



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)

# Arkkileikkurin reunanauhasysteemin uusiminen ja kustannusarvio

Jere Latva-Kokko

Opinnäytetyö, joulukuu 2022

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
joulukuu 2022  
konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Jere Latva-Kokko

Nimeke  
Arkkileikkurin reunanauhasysteemin uusiminen ja kustannusarvio

Toimeksiantaja  
Stora Enso Oyj

#### Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemin uusiminen ja kustannusarvio Stora Enso Oyj:n Inkeröisten kartonkitehtaalle. Inkeröisten kartonkitehtaalla arkkileikkurin 4:n reunanauhasysteemi oli elinkaaripäivityksen tarpeessa, ja se oli tarkoitus vaihtaa tämän suunnitelman mukaisesti vuonna 2023. Työn aikana tehtiin uudesta reunanauhasysteemistä myös alustava kustannusarvio.

Tämän työn tavoitteena oli saada kyseiselle leikkurille uusi toimivampi reunanauhasysteemi, joka mahdollistaa useampia uusia tilauskantoja. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että uudet putkistot pystyvät imemään leveämpää reunanauhaa kuin aiemmat.

Suunnittelun apuna käytettiin systemaattista suunnittelumetodia VDI 2221, Ulrich & Eppinger -tuotekehitysmenetelmän mukaista tuotekehitysprosessin mallia sekä Stora Enso Oyj:n kehitysprosessimallia. Kirjallisuuskatsausosuudessa käsitellään näiden menetelmien eri vaiheet.

Opinnäytetyön lopputuloksena kehitettiin toimiva ja turvallinen reunanauhasysteemi. Systeemille asetetut tavoitteet saavutettiin ja prosessi oli onnistunut.

Kieli  
suomi

Sivuja 73  
Liitteet 8  
Liitesivumäärä 10

Asiasanat  
arkkileikkuri, kustannusarvio, reunanauhasysteemi, tuotekehitys



**THESIS**  
**December 2022**  
**Degree Programme in Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Jere Latva-Kokko

Title  
Replacement and Cost Estimate of the Edge Trimming System of a Sheet Cutter.

Commissioned by  
Stora Enso Oyj

#### Abstract

The topic of the thesis was the replacement and cost estimate of the sheet cutter 4 edge trimming system for Stora Enso Oyj's board mill in Inkeroinen. The edge trimming system of the 4 sheet cutter at the Inkeroinen paperboard mill was in need of a life cycle update and was to be replaced according to this plan in 2023. During the work, a preliminary cost estimate was also made for the new edge trimming system.

The goal of this work was to get a new, more functional edge strip system for the cutter, which would enable more new outstanding orders. In practice, this meant that the new pipelines would be able to absorb a wider edge strip than the previous ones.

The design was assisted by the systematic design method VDI 2221, the product development process model according to the Ulrich & Eppinger product development method, and the Stora Enso Oyj development process model. The literature review section goes through the different stages of these methods.

As a result of the thesis, a functional and safe edge strip system was developed. The goals set for the system were achieved and the process was successful.

Language  
Finnish

Pages 73  
Appendices 8  
Pages of Appendices 10

Keywords  
sheet cutter, cost estimate, edge trimming system, product development

# Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Opinnäytetyön alustus ja aihe .....	5
1.2	Stora Enso Oyj.....	6
1.3	Opinnäytetyön toimeksianto.....	8
1.4	Opinnäytetyön rajaus .....	8
1.5	Opinnäytetyön tavoitteet.....	9
2	Tuotekehitystoiminta .....	10
2.1	Yleistä tietoa.....	10
2.2	Tuotekehitystoiminnan menestystekijät.....	12
3	Systemaattisen tuotesuunnittelun ohjeisto VDI 2221 .....	12
3.1	Yleistä tietoa.....	12
3.2	Tehtävän asettelun selvitys.....	14
3.3	Luonnostelu .....	15
3.3.1	Abstrahointi .....	15
3.3.2	Toimintorakenteen laatiminen .....	16
3.3.3	Vaikutuseriaatteiden haku.....	17
3.3.4	Vaikutuseriaatteiden yhdistäminen .....	17
3.3.5	Ratkaisumuunnelmien valinta ja pistearviointi .....	17
3.4	Kehittely .....	19
3.5	Viimeistely .....	20
4	Ulrich & Eppinger -tuotekehitysprosessimalli .....	20
4.1	Yleistä tietoa.....	20
4.2	Suunnittelu .....	21
4.3	konseptin kehittäminen.....	21
4.3.1	Käyttäjien tarpeiden tunnistaminen.....	22
4.3.2	Teknisten tietojen laatiminen.....	22
4.3.3	Konseptin luominen ja valinta.....	22
4.3.4	Konseptin testaus .....	23
4.3.5	Loppuyksityiskohtien päättäminen ja projektisuunnitelman teko.....	23
4.4	Järjestelmätason suunnittelu.....	23
4.5	Yksityiskohtainen suunnittelu .....	24
4.6	Testaus ja jalostus .....	24
4.7	Tuotannon käynnistäminen .....	25
5	Stora Enso Oyj:n projekti kehitysprosessimalli .....	25
5.1	Yleinen periaate.....	25
5.2	Idea .....	25
5.3	Konseptointi.....	26
5.4	Esiselvitys .....	27
5.5	Esisuunnittelu .....	27
6	Reunanauhassysteemin suunnitteluprosessi .....	28
6.1	Suunnitteluprosessin johdanto .....	28
6.2	Tehtävän selvittely .....	28
6.2.1	Vaatimuslista .....	29
6.3	Luonnostelu .....	30
6.3.1	Tuotespesifikaatio .....	30
6.3.2	QFD-laatukaavio .....	31
6.3.3	Osatoimintoihin jako ja toimintorakenteen muodostaminen .....	32

6.3.4	Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot .....	33
6.3.5	FMEA-riskianalyysi.....	34
6.4	Järjestelmätason suunnittelu.....	36
6.5	Kehittely .....	41
6.5.1	Käyttöympäristö .....	41
6.5.2	Turvallisuus .....	42
6.5.3	Sumppujen muodostumiseen vaikuttavat tekijät .....	43
6.5.4	Elementtien valinta ja hankinta.....	44
6.5.5	Huolto ja käyttö.....	50
6.6	Viimeistely .....	51
7	Opinnäytetyön lopputulos .....	51
7.1	Lopputuloksen koonti .....	51
7.2	Reunanauhasteemin kokoonpano .....	52
7.3	Kustannusarvio .....	56
8	Yhteenveto.....	58
9	Lähteet .....	60

## **Liitteet**

Liite 1	Alustava vaatimuslista
Liite 2	Päivitetty vaatimuslista
Liite 3	Alustava tuotespesifikaatio
Liite 4	QFD-laatukskaavio
Liite 5	FMEA-riskianalyysi
Liite 6	Osatoimintojen ideointi
Liite 7	Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot
Liite 8	Ratkaisuvaihtoehtojen pisteytystaulukko

## Lyhenteet ja standardit

MFD	Suunnittelujärjestelmä, jolla pyritään suunnittelemaan modulointia. [10, 122.]
WBS-koodit	Menetelmä, jossa työ jaetaan pienempiin osiin. Tällä pyritään selkeyttämään prosessia. [19.]
QFD-laatukaavio	Tuotteiden ja palveluiden kehitysjärjestelmä. Painotus on asiakaslähtöisyydessä. [10, 81.]
FMEA-riskianalyysi	Vika- ja vaikutusanalyysi, jolla on tarkoitus tutkia vikoja ja riskejä. [20.]

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön alustus ja aihe

Stora Enso Oyj:n Inkeröisten kartonkitehtaan arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemi on elinkaaripäivityksen tarpeessa, ja se on tarkoitus vaihtaa tämän suunnitelman mukaisesti vuonna 2023. Tästä johtuen työn aikana tehtiin uudesta reunanauhasysteemistä myös alustava kustannusarvio. Tämän työn tavoitteena on saada kyseiselle leikkurille uusi toimivampi reunanauhasysteemi, jolla on laajemmat mahdollisuudet asiakastilausleveyksien suhteen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että uudet putkistot pystyvät imemään leveämpää reunanauhaa kuin aiemmat. Uudella reunanauhasysteemillä pyritään parantamaan ja helpottamaan arkkileikkurilla työskentelevien operaattorien vuoron kulkua. Sumput ja jumit hankaloittavat operaattorien työskentelyä vuoron aikana.

Opinnäytetyön aiheena on arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemin uusiminen ja kustannusarvio Stora Enso Oyj:n Inkeröisten kartonkitehtaalalle. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Stora Enso Oyj, jonka käyttöön suunnittelutyö tehtiin.

Aihe tuli ajankohtaiseksi 2022 kesällä, kun opinnäytetyön tekijä ilmaisi mielenkiintoa toimeksiantajaa kohtaan. Toimeksiantaja ehdotti aihetta kesän lopulla ja samalla päätettiin aikataulusta ja muista käytännön asioista. Työn tekeminen alkoi heti syyskuun alusta. Alustava valmistumisaika oli 2023 helmikuun loppu. Toimeksiantosopimukseen kirjattiin päättymispäiväksi 28.2.2023.

Opinnäytetyöhön kuuluvassa teoriaosuudessa käsitellään tuotekehitystoimintaa. Tässä osuudessa syvennytään paremmin VDI 2221 -standardiin, Ulrich & Eppinger -tuotekehitysprosessimalliin sekä Stora Enso Oyj:n projekti kehitysprosessimalliin. Tämän työn toteutusvaiheessa seurataan

reunanauhasysteemin suunnitteluprosessin sekä tähän liittyvän kustannusarvion kehittymistä.

## 1.2 Stora Enso Oyj

Stora Enso Oyj on suomalais-ruotsalainen metsäteollisuuden panostava yritys. Stora Enso Oyj on biomateriaali-, pakkaus-, puu- ja paperiteollisuuden tuotteiden toimittaja. Yritys syntyi suomalaisen Enso-Gutzeit Oy:n ja ruotsalaisen Stora AB:n yhdistyessä vuonna 1998. Yrityksellä on noin 22000 työntekijää yli 50 eri maassa. Näistä 46 prosenttia työskentelee Suomessa ja Ruotsissa. Stora Enso Oyj:n suurimpia omistajia ovat Solidium, Kansaneläkelaitos, Ilmarinen ja Varma. [1, 2.]

Stora Enso Oyj:n Inkeröisten tehtaalla tehdään taivekartonkia erilaisiin kuluttajapakkauksiin. Näitä ovat lääke-, makeis- ja elintarvikepakkaukset. Inkeröisten tehdas on perustettu vuonna 1892. Henkilöstöä tehtaalla on noin 200 ja vuotuinen kapasiteetti on 310000 tonnia. Inkeröisten tehtaalla tavaramerkkinä on tunnettu Tamfold- ja Tambrite-kartonki. Tamfold-kartonkipakkaus näkyy kuvassa 1. [3.]



Kuva 1. Inkeröisten kartonkitehtaalla valmistettua Tamfold-kartonkia [4.]



Inkeröisten kartonkitehtaalla jälkikäsitteilyn puolella toimii 5 eri arkkileikkuria. Näistä 4 ovat pienempiä arkkileikkureita, joiden suurin rataleveys on noin 2,5 metriä. Pienemmät arkkileikkurit ajavat pituusleikkurilta tulevia kartonkirullia. Pienten arkkileikkurien lisäksi, Inkeröisistä löytyy yksi suurempi arkkileikkuri, jonka rataleveys on maksimissaan noin 4,6 metriä. Tällä arkkileikkurilla voidaan käsitellä suoraan kartonkikoneelta valmistuvaa konerullaa. Tälle suuremmalle, maailman suurimmalle Jagenberg-merkkiselle arkkileikkurille suunnitellaan tässä opinnäytetyössä uusi reunanauhasysteemi. Kuvassa 2 on esitetty Jagenberg-merkinen arkkileikkuri.



Kuva 2. Jagenberg-merkinen arkkileikkuri [5.]

Arkkileikkurilla tehdään pituussuuntaisten terien ja poikkileikkausterän avulla kartonkirullista asiakkaan toiveiden mukaisia ja kokoisia arkkeja. Tuotteena on neliskulmaisia tarkoilla mitoilla varustettuja kartonkiarkkeja, jotka pinotaan puulavoille. Tämän jälkeen ne pakataan ja lähetetään asiakkaille erilaisia logistiikan ajoneuvoja hyväksikäyttäen.

### 1.3 Opinnäytetyön toimeksianto

Opinnäytetyön toimeksiantona oli suunnitella reunanauhasysteemi, jonka avulla pystyttäisiin operoimaan erilaisia uusia tilauskantoja. Tarkoituksena oli parantaa uuteen systeemiin vanhassa olevia ongelmakohtia.

Mietittäviä asioita oli useita: putkistojen mitoitus, kiinnitys ja muodon valinta, repijän/puhaltimen tarpeellisuuden miettiminen (kyllä vai ei), puhaltimien määrä ja sijainti. Nämä kaikki tulee toimia keskenään moitteettomasti. Valmiin reunanauhasysteemi suunnitelman pohjalta tehdään alustava kustannusarvio. Toimeksiantaja tulee tämän opinnäytetyön pohjalta tekemään arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemin vaihdon vuonna 2023.

### 1.4 Opinnäytetyön rajaus

Toimeksiantaja antoi opinnäytetyölle muutamia reunaehtoja. Näiden ehtojen mukaan suunnitteluprosessi eteni. Ehdot liittyivät reunanauhasysteemin fyysisiin ominaisuuksiin ja käytettäviin voimiin.

Ehtona pidettiin sitä, että erillistä reunanauhamattoa ei käytetä vaan systeemi perustuu putkistoihin. Vanhaan systeemiin kuului reunanauharepijä, jonka tarpeellisuutta mietittiin uudelleen. Itse arkkileikkuri pysyi paikoillaan, joten reunanauhasysteemille oli käytössä sama vanha tila. Reunanauhasysteemin mittoja rajaaviksi tekijöiksi muodostui käytettävä tila. Reunanauhaputkistot sijoittuvat kahteen kerrokseen, ylempään kerrokseen, jossa leikkuri sijaitsee ja alempaan, jossa putkistot yhdistyvät ja missä mahdollinen repijä on.

Rajoittavaksi tekijäksi siis muodostui ylemmän kerroksen lattiassa olevien reikien sijainti ja ulkomitat. Näistä rei'istä mahdollistettaisiin reunanauhaputkistojen kulku kerrosten välillä.

Toimeksiantajan vaatimukset perustuivat reunanauhasysteemin toimivuuteen. Systeemin tulisi olla toimintavarmempi kuin edellinen. Tämä tarkoittaa sitä, että kartonkisumppuja ei saisi enää ilmestyä ollenkaan. Vaatimuksena oli myös, että

opinnäytetyön pohjalta voitaisiin suoraan kustantaa ja rakentaa uusi reunanauhasysteemin. Tämän takia opinnäytetyöhön kuului myös alustava kustannusarvio.

### **1.5 Opinnäytetyön tavoitteet**

Stora Enso Oyj asetti opinnäytetyön tavoitteeksi uuden paremmaksi päivitetyn reunanauhasysteemin kokonaisvaltaisen suunnittelun, johon kuului myös alustava kustannusarvio. Suurimmat tavoitteet olivat saada putkistot imemään leveämpää reunanauhaa sekä sumppujen minimointi. Putkistojen muotoja, sijainteja ja kokoja valittaessa oli edellä mainittuihin asioihin käytettävä paljon huomiota.

Sekä opinnäytetyön tekijän että Stora Enso Oyj:n yhtenä tärkeimpänä arvona oli turvallisuus ja ympäristöystävällisyys. Suunnittelutyötä tehdessä hyödynnettiin yleisiä standardeja. Mahdollisimman todenmukaisen ja parhaimman mahdollisen ratkaisun saavuttamiseksi oli etsittävä paljon erilaista tietoa itse suunnitteluprosessia ja kustannusarviota varten.

Opinnäytetyön tekijän tavoitteena oli saada tehtyä mahdollisimman viimeistelty suunnitelma annettavaksi Stora Enso Oyj:lle. Tärkeätä oli myös saada kokemusta kokonaan omasta projektista tulevaa työelämää varten. Tämä oli myös insinööriopintojen viimeinen vaihe, joten tämän jälkeen opinnäytetyön tekijä olisi valmis koneinsinööri.

## 2 Tuotekehitystoiminta

### 2.1 Yleistä tietoa

Tuotekehitys on erilaisten uusien tuotteiden ja palveluiden kehittämistä tai vaihtoehtoisesti nykyisten tuotteiden parantamista. Tuotekehitystoiminnan tärkein asia on täyttää asetetut tavoitteet teknisesti ja taloudellisesti mahdollisimman hyvin. Tuotekehitys jaetaan neljään eri toimintavaiheeseen käynnistämiseen, luonnosteluun, kehittämiseen ja viimeistelyyn. [6.]

Toimiva tuotekehitystoiminta on yrityksen yksi tärkeimmistä tukipilareista. Mikäli tuotekehityksestä ei huolehdita, tuotteet eivät pysy ajan tasalla ja täten loppujen lopuksi myynti loppuu kokonaan. Yrityksen tulee huolehtia omasta tuotekehitystoiminnastaan säilyäkseen markkinoilla. [6, 7.]

Tuotekehitys voi tarkoittaa täysin uuden tuotteen suunnittelemista tai vaihtoehtoisesti tällä hetkellä jo olemassa olevan tuotteen kehittämistä siten, että tuotteesta tulee teknisesti parempi tai halvempi valmistaa. Yleensä taustalla on jokin ongelma, joka pyritään kokonaan hävittämään tai muokkaamaan parempaan suuntaan. Tuotekehitystoiminnan kulku on esitetty kuviossa 1. [6.]

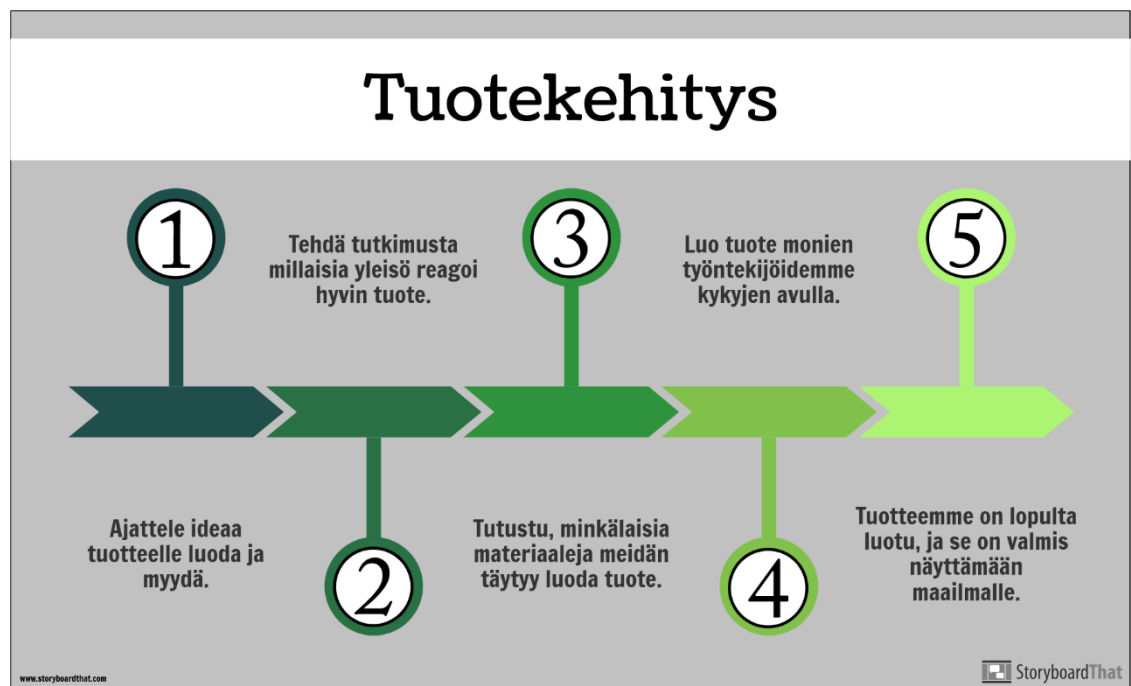
Tuotekehitystoiminnan ensimmäinen vaihe on hankkeen käynnistäminen. Tähän vaiheeseen liittyy monia tärkeitä erilaisia tehtäviä, jotka tulee selvittää. Nämä ovat markkinointitilanne, tuotot, kehittämiskustannukset ja erilaiset eettiset kysymykset. [6.]

Käynnistämisen jälkeen tulee luonnosteluvaihe. Tämän vaiheen tärkeimpänä asiana on keksiä tuotteelle vaatimukset ja tavoitteet. Useasti tässä vaiheessa tulee ilmi uusia asioita, joista tulee keskustella uudestaan käynnistämisvaiheen henkilöiden kanssa. [6.]

Kehittelyvaiheen tärkein pointti on poistaa tuotteen taloudellisesti ja teknisesti heikot kohdat. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteen taloudellisesti ja teknisesti

merkittävimmät osat pyritään optimoimaan esimerkiksi vaihtoehtoisilla raaka-aineilla. [6.]

Tuotekehityksen viimeisessä vaiheessa tehdään tuotteesta piirustukset, osaluettelot ja käyttöohjeet. Tätä vaihetta kutsutaan viimeistelyksi. Yleensä tähän vaiheeseen liittyy myös prototyypin valmistus. Viimeistelyvaiheen päätteeksi tehdään päätös tuotannon aloittamisesta. [6.]



Luo oma kello Storyboard That

Kuvio 1. Tuotekehitystoiminta [9.]

Nykyään tuotekehityksessä on käytössä erilaisia prosessimalleja. Prosessimalleja käytetään suunnittelun apuna. Kaikille tuotteille ei sovi sama prosessimalli, vaan jokaiselle tuotteelle on löydettävä oma paras mahdollinen prosessimalli. Usein prosessimalleihin liittyy samoja peruspiirteitä. Näitä ovat esimerkiksi tarpeen tunnistaminen, ongelman määrittely, synteesi, analyysi, optimointi, testaus, tuotannon käynnistäminen ja arviointi. Tunnetuimpia prosessimalleja ovat Lean, VDI 2221 ja Ulrich & Eppinger. [10, 11.]

## **2.2 Tuotekehitystoiminnan menestystekijät**

Menestyksekkään tuotekehitystoiminnan taustalla on aina oikeanlainen tuoteorganisaatiosuunnitelma, jolla pyritään mahdollisimman laajaan lähestymistapaan. On tärkeää muodostaa laaja kokonaiskuva tuotteesta. Nykypäivänä on tärkeää perustaa tuotekehitys asiakaslähtöiseksi, tuotteen täytyy vastata asiakkaan vaatimuksiin menestyäkseen. Muita tärkeitä menestyksekkään tuotekehitystoiminnan perusarvoja ovat sisukkuus, pitkäjänteisyys ja motivoitunut työskentely. [8.]

Monet eri syyt johtavat siihen, että tuotekehitysprojektit epäonnistuvat. Yrityksellä voi olla hyvät prosessit ja johto käytössä, mutta silti keskittyä väärin projekteihin. Menestyksen tukipilarina on keskittyä nimenomaan projekteihin, jotka tuottavat voittoa. [12.]

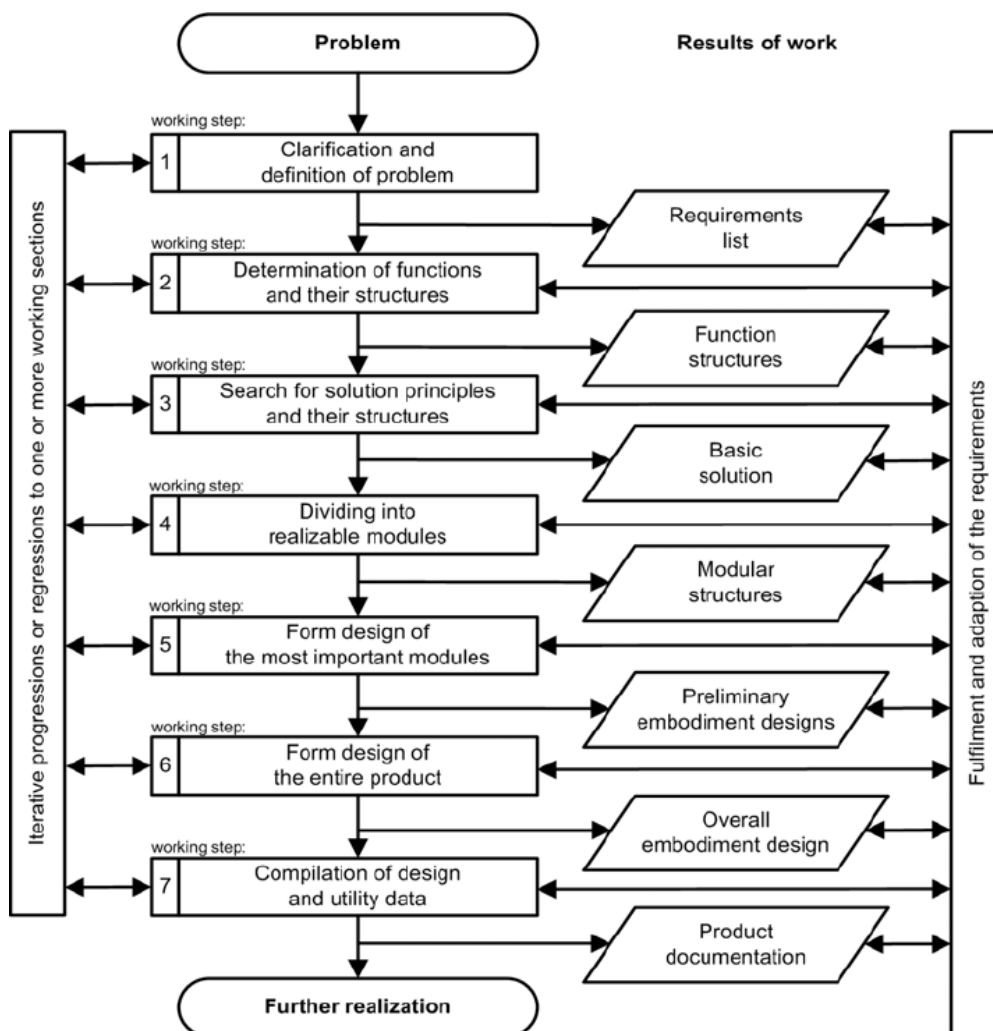
Toisena merkittävänä syynä tuotekehitysprojektien epäonnistumisille on käytössä olevien resurssien väärinkäyttö. Useasti omien resurssien määrä yliarvioidaan ja tästä johtuen tehdään liian monia projekteja samanaikaisesti todellisuudessa liian pienillä resursseilla. Resurssien väärinkäytön seurauksena on esimerkiksi laadun heikkeneminen ja myöhästymiset. Tähän liittyen resursseista puhuessa tarkoitetaan muun muassa rahaa, työntekijöitä, työkaluja ja aikaa. [12.]

## **3 Systemaattisen tuotesuunnittelun ohjeisto VDI 2221**

### **3.1 Yleistä tietoa**

VDI 2221 on vuonna 1993 ilmestynyt suunnittelumalli. Tätä suunnittelumallia kutsutaan teknisten järjestelmien ja tuotteiden systemaattiseksi kehitys- ja suunnittelumalliksi. Se korvasi edeltäjänsä VDI 2222 -standardin ja täten VDI 2221 perustuu hyvin pitkälle edeltäjänsä. Saksan insinööriliitto kehitti VDI 2221 -standardin teknistä suunnittelua varten. [13.]

Sana VDI tulee suoraan saksan kielestä sanoista Verein Deutscher Ingenieure. Tämä tarkoittaa Saksan insinööriiliittoa. Tätä mallia käytetään erityisesti koneenrakennuksessa, hienomekaniikassa, elektroniikka kytkennöissä, prosessiteknisten laitteiden suunnittelussa ja ohjelmistojen kehittämisessä. VDI 2221 -standardiin perustuvaa mallia pidetään turvallisena, koska sen työvaiheita voi käydä useasti lävitse. Tällainen prosessi on helppo keskeyttää nopeasti. VDI 2221 -standardiin perustuva tuotekehitysprosessimalli on esitetty kuvassa 3. [14.]



Kuva 3. VDI 2221 -standardiin perustuva tuotekehitysprosessimalli [13.]

VDI 2221 -standardiin perustuva malli sisältää seitsemänportaisen työnkulun. Nämä vaiheet ovat [14, 47.]:

- tehtävänasettelun selvitys ja täsmennys
- toimintojen ja niiden rakenteiden selvittäminen
- ratkaisuperiaatteiden ja niiden rakenteiden etsintä
- jäsentely toteutuskelpoisiin moduuleihin
- mittoja määrittävien moduulien rakennemuotoilu
- tuotekokonaisuuden rakennemuotoilu
- valmistus- ja käyttöohjeiden laadinta.

Edellä mainituista työvaiheista syntyy seuraavanlaisia lopputuloksia [14, 47.]:

- vaatimuslista
- toimintorakenne
- periaatteellinen ratkaisu
- modulaarinen rakenne
- esisuunnitelmia
- konstruktioehdotus
- tuotedokumentaatio.

VDI 2221 -tuotekehitysprosessimallin vaiheet voidaan jakaa neljään eri päävaiheeseen. Nämä ovat tehtävän asettelun selvitys, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. [14, 47.]

### **3.2 Tehtävän asettelun selvitys**

Tehtävän asettelun selvityksessä etsitään tietoa ratkaisusta, ratkaisun vaatimuksista ja niiden merkityksestä. Tehtävän asettelun selvitykseen kuuluu myös tuotekehitystyön aikataulun ja kustannusrakenteen suunnittelu. Näiden avulla pystytään tekemään vaatimusten määrittely. Tästä kyseisestä tiedosta syntyy vaatimuslista. Vaatimuslistaa päivitetään koko tuotekehitysprosessin ajan. Vaatimuslistan avulla pystytään aloittamaan seuraava tuotekehitysprosessin päävaihe, luonnostelu. [14, 62 - 63.]



### 3.3 Luonnostelu

Luonnosteluvaihe alkaa määrittelemällä periaatteellinen ratkaisu.

Periaatteellinen ratkaisu saadaan kehittämällä erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ja yhdistelemällä ratkaisuvaihtoehdot kokonaisuudeksi. Periaatteellinen ratkaisu voi olla esimerkiksi lohkokaavio, kytkentäkaavio tai kulkukaavio. [14, 71.]

VDI 2221:n mukaiset luonnosteluvaiheen työvaiheet ovat [14, 72.]:

1. abstrahointi oleellisten ongelmien tunnistamiseksi
2. toimintorakenteen esittäminen (kokonaistoiminto ja osatoiminnot)
3. vaikutusperiaatteiden haku osatoimintojen toteuttamista varten
4. vaikutusperiaatteiden yhdistäminen vaikutusrakenteeksi
5. sopivimpien yhdistelmien valinta
6. periaatteellisten ratkaisumuunnelmien konkretisointi
7. arvostelu teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan
8. periaatteellisen ratkaisun vahvistaminen.

#### 3.3.1 Abstrahointi

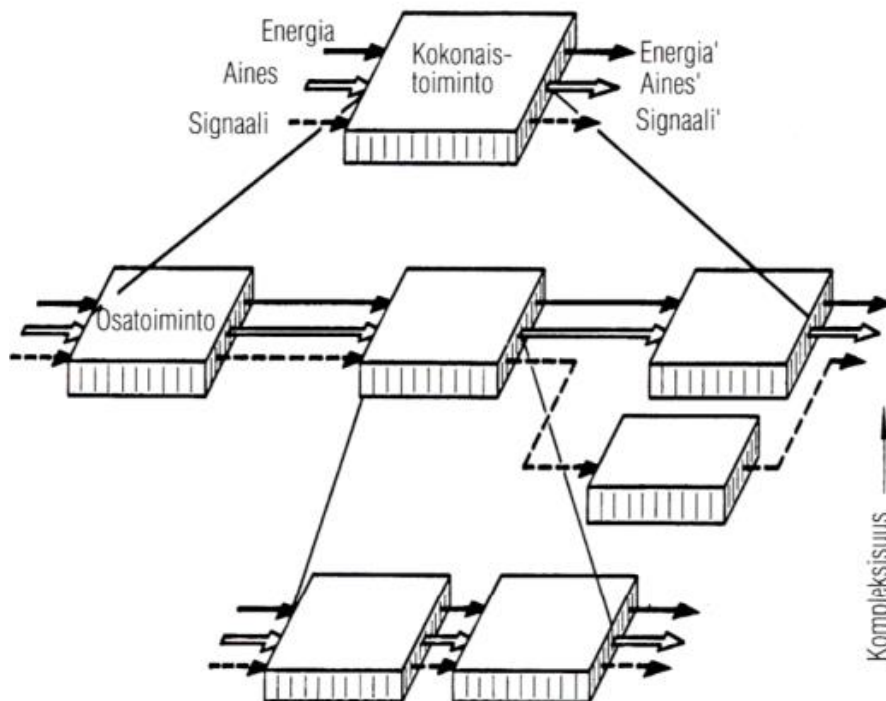
Abstrahointi tarkoittaa mahdollisimman yksinkertaisesti selitettynä yksiselitteistämistä. Tärkeintä abstrahoinnissa on keskittyä vain olennaiseen asiaan, kaikki toissijainen jätetään taka-alalle. Vaatimusluettelo on hyvä apukeino abstrahoinnissa. [14, 74.]

Abstrahoinnin tapoja on monia. Tärkeimpänä on toivomuksien jättäminen pois kokonaan kyseisestä asiasta. Keskitytään vain olennaiseen faktatietoon. Toisena hyvänä tapana on jo tiedossa olevan informaation laajentaminen. Tarkoittaa sitä, että syvennetään tiedossa olevaa informaatiota sekä etsitään

sen tueksi uutta. Viimeisenä tärkeänä tapana on määrällisten toteamuksien muuttaminen laadullisiksi ja supistaminen oleellisiksi lausumiksi. [14, 74.]

### 3.3.2 Toimintorakenteen laatiminen

Toimintorakenteen laatimisella tarkoitetaan kokonaistoiminnon kuvausta. Kokonaistoiminto voidaan esittää lohkokaaavion avulla. Lohkokaavio tulee esittää mahdollisimman konkreettisesti. Toimintorakenteen muodostaa yksittäiset osatoiminnot, jotka ovat havainnoillistettuna kuvassa 4. [14, 83.]



Kuva 4. Toimintorakenteen muodostaminen osatoimintoihin jaolla [14, 82.]

Joissain tilanteissa voi olla järkevää jakaa osatoiminto vielä pienempään ja yksinkertaisempaan osaan. Toimintorakenteen tekeminen auttaa myös tuotteen tunnettuja tai kehitettäviä osasysteemejä eroteltaessa. Tällaisella toimintamallilla säästetään kustannuksia ja aikaa. [14, 83.]

### **3.3.3 Vaikutusperiaatteiden haku**

Osatoiminnoille on löydettävä vaikutusperiaatteita. Näistä tulee vaikutusrakenne. Jokaiselle osatoiminnoille tulee löytää useampi eri ratkaisuvaihtoehto. Ratkaisuvaihtoehdoista pitää löytyä tietyt tarkat ominaispiirteet. Näitä ovat geometriset ja aineelliset tunnusmerkit sekä fysikaaliset ilmiöt. [14, 99.]

### **3.3.4 Vaikutusperiaatteiden yhdistäminen**

Kokonaistoiminnon toteuttamiseksi vaikutusperiaatteiden avulla on etsittävä kokonaisratkaisuja yhdistelemällä vaikutusperiaatteita. Vaikutusperiaatteiden yhdistäminen ei yleensä ole helppo prosessi. Tämä johtuu siitä, että osatoiminnoilla on useita hyviä ratkaisuehdotuksia. [14, 131 - 133.]

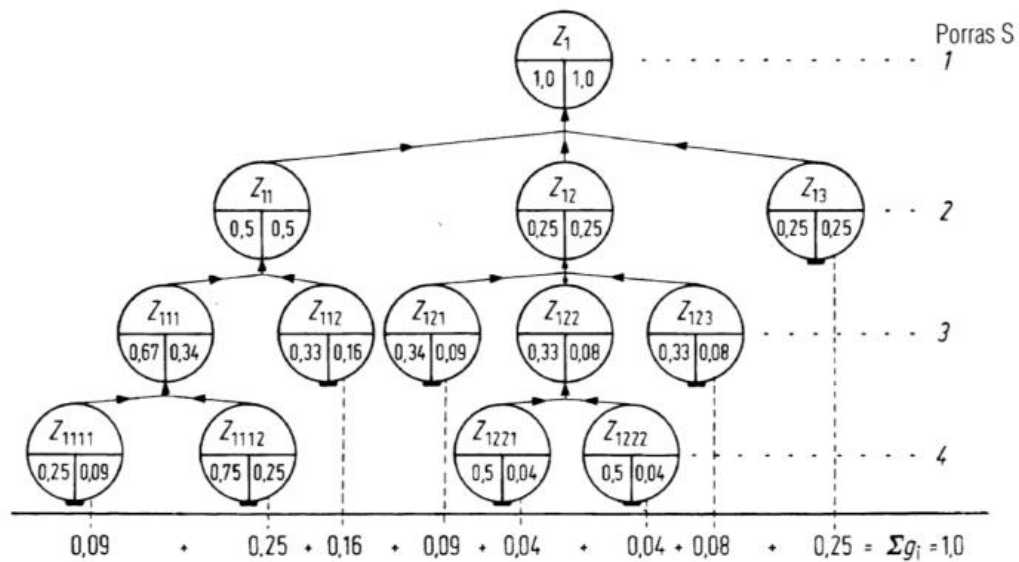
Kokonaisratkaisujen järkevän määrän saamiseksi tulee löytää osatoiminnoista parhaimmat ja mielenkiintoisimmat ratkaisuvaihtoehdot. Kaikki ratkaisuvaihtoehdot eivät ole toimivia, joten osaan niistä tulee suhtautua kriittisesti ja poistaa ne koko prosessista. [14, 131 - 133.]

### **3.3.5 Ratkaisumuunnelmien valinta ja pistearviointi**

Ratkaisumuunnelmien valintamenetelmänä voidaan käyttää kahta toimintaa: "hylätä" ja "suosia". Ratkaisumuunnelmien suuren määrän takia on järkevää aloittaa sopimattomien hylkäämisellä. Tällöin saadaan suuresta määrästä karsittua paljon ehdotuksia pois. Tämän jälkeen tulee suosia jäljelle jääneistä parhaimpia ehdotuksia ja konkretisoida sekä arvostella ne. [14, 133.]

Valintalistaan kerätään koko suunnitteluprosessin tärkeimpiä kriteereitä. Valintalistaan merkitään, kuinka hyvin ratkaisumuunnemat täyttävät edellä mainitut kriteerit. Valintalista on siitä hyvä dokumentti, että sen avulla voidaan päättää, tuleeko esimerkiksi muunnelmaa muokata tai karsia kokonaan pois listalta. [14, 133.]

Pistearviointi on toimiva metodi siinä tilanteessa, kun halutaan objektiivinen peruste päätöksenteolle. Tavoitteille sekä osakriteereille annetaan painokertoimet. Näiden avulla saadaan varsinainen painoarvo kertomalla painokertoimet keskenään. Kuvassa 5 on esitettyä painokertoimien määrittäminen. [14, 140.]



Kuva 5. Tavoitteiden painokertoimien portaittainen määrittäminen [14, 143.]

Ratkaisumuunnelmien pisteytykseen käytetään pisteytystaulukkoa. Jokainen ratkaisumuunnelma pisteytetään arvostelukriteereihin nähden ja tämän jälkeen luku kerrotaan edellisen vaiheen painokertoimella. Jokaisen ratkaisumuunnelman painotetut arvot ja arvostelupisteet lasketaan yhteen. Tästä saadaan lopputulokseksi kokonaispisteet. [14, 142 - 143.]

### 3.4 Kehittely

Kehitysvaiheessa valmistetaan alustavia luonnoksia eli prototyyppejä.

Luonnosten joukosta on tarkoitus löytää parhaiten sopiva ratkaisu niin teknisesti kuin kustanteisestikin. Alustavia luonnoksia tehdään useita ja niitä verrataan keskenään hyvin tarkasti. Valittua luonnosta aletaan kehittämään lopulliseksi konstruktioksi. Lopullisessa konstruktiossa on tarkastettu, että kestävyden, toimintojen ja kustannuksien vaatimukset täyttyvät. [14, 177 - 179.]

Kehittelyn työvaiheet voidaan jakaa kolmeen eri päävaiheeseen. Nämä ovat [14, 178.]:

- karkeasuunnittelu
- hienosuunnittelu
- täydentäminen ja tarkastaminen.

Karkeasuunnitteluun kuuluu rakennemuotoilua määräävien vaatimusten tunnistaminen, tilaehtojen selvittäminen, jäsentely rakennemuotoilua määräävien päätoiminnon toteuttajiin, rakennemuotoilua määräävien päätoimintojen toteuttajien karkeasuunnittelu, sopivien kehitelmien valinta ja muiden päätoiminnon toteuttajien karkeasuunnittelu. [14, 178.]

Hienosuunnitteluun sisältyy ratkaisujen haku sivutoiminnoille, päätoiminnon toteuttajien hienosuunnittelu ottaen huomioon sivutoimintojen toteuttajat, sivutoimintojen toteuttajien hienosuunnittelu ja alustavien ehdotusten täydentäminen sekä arvostelu teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan. [14, 178.]

Täydentämisen ja tarkastamisen vaiheeseen kuuluu optimoiva ja viimeistelevä rakennemuotoilu, häiriösuureiden vaikutusten ja virheiden tarkastus ja täydentäminen alustavilla osaluetteloilla, valmistus- ja asennusohjeilla. [14, 178.]

### **3.5 Viimeistely**

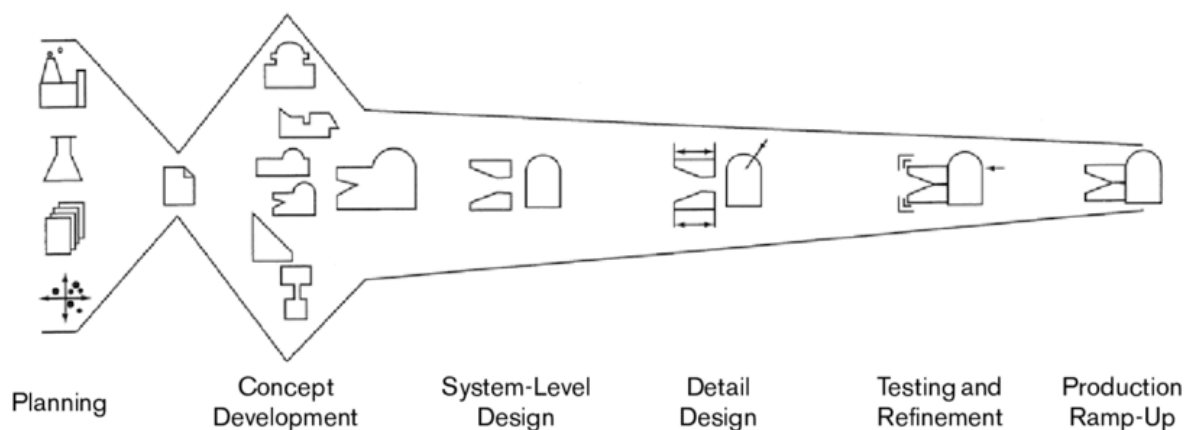
Tuotekehitysprosessin viimeinen päävaihe on viimeistely. Tähän sisältyy konstruktion liittyvien asennus-, valmistus-, kuljetus- ja käyttöohjeiden laatiminen. [14, 458 – 459.]

Viimeistelyvaiheen lopputuloksena valmistusmenetelmät päätetään lopullisesti ja laaditaan kokonaisuudessaan tuotedokumentaatio. Käytännössä viimeistelyn tavoitteena on saattaa tuote tarkasti valmiiksi. Viimeistelyvaiheen päätteeksi voidaan antaa lupa tuotteen valmistuksen aloittamisesta. Mikäli huomataan vielä ongelmia edellisten työvaiheiden yksityiskohdissa, on syytä vielä palata muuttamaan niitä. [14, 458 - 459.]

## **4 Ulrich & Eppinger -tuotekehitysprosessimalli**

### **4.1 Yleistä tietoa**

Professorit Karl Ulrich ja Steve Eppinger kehittivät yleisen tuotekehitysprosessimallin. He kirjoittivat teoksen ”Product Design and Development”, jonka ensimmäinen painos ilmestyi vuonna 1995. Viimeisin painos ilmestyi vuonna 2012. Kuviossa 2 on kuvattu tuotekehitysprosessimallin vaiheet. [15, 13 - 16.]



Kuvio 2. Ulrich & Eppinger -tuotekehitysprosessimallin vaiheet [15, 14.]

Itse tuotekehitysprosessimalli sisältää kuusi eri päävaihetta. Nämä ovat suunnittelu, konseptin kehittäminen, järjestelmätason suunnittelu, yksityiskohtainen suunnittelu, testaus ja jalostus sekä tuotannon käynnistäminen. Nämä vaiheet menevät usein limittäin, joten edellisen vaiheen ollessa käynnissä, toista vaihetta voidaan jo aloittaa. [15, 13 - 16.]

## 4.2 Suunnittelu

Tuotekehitysprosessimalli lähtee liikenteeseen tuotteen suunnittelulla eli niin sanotulla nollavaiheella. Tässä vaiheessa määritellään käytännössä kaikkien projektin vaiheiden resurssit. Tämän lisäksi suunnitteluvaiheessa arvioidaan tuotteen teknologiaa ja markkinoita. [16, 384.]

Lopputuloksena pitäisi olla tuotteelle toiminta-ajatus, jossa määritetään liiketoimintatavoitteet, projektin rajoitteet sekä tavoitemarkkinat. Päätös tuotekehitystoiminnan käynnistämisestä tehdään suunnitteluvaiheen lopuksi. [16, 384.]

## 4.3 konseptin kehittäminen

Konseptin kehittäminen on yksi tärkeimmistä vaiheista koko tuotekehitysprosessin aikana. Tässä vaiheessa selvitetään kohdemarkkinoiden

asiakastarpeet ja näiden pohjalta kehitetään eri tuotekonsepteja. On tärkeää vertailla eri tuotekonsepteja keskenään. Vaiheen aikana valitaan yksi tai useampi tuotekonsepti, joita kehitetään ja testataan. Konseptin kehitys voidaan jakaa eri vaiheisiin. [16, 16.]

#### **4.3.1 Käyttäjien tarpeiden tunnistaminen**

Tuotekehitysporukan tavoite on ymmärtää asiakkaiden haluja ja vaatimuksia. Käyttäjien tarpeiden selvittämisessä voidaan käyttää esimerkiksi haastatteluja ja kyselyitä. Tämä on erittäin tärkeää, koska asiakkaiden antama kokemusperäinen tieto on arvokasta. Lopputuloksena on erinäinen määrä asiakkaiden tarpeita lajiteltuna esimerkiksi taulukkoon. [15, 118 - 119.]

#### **4.3.2 Teknisten tietojen laatiminen**

Teknisistä tiedoista voidaan päätellä asiakkaiden tarpeet tekniikan osa-alueelta. Tekniset tiedot kertovat tarkasti siitä, mitä tuote pitää sisällään. Teknisistä tiedoista tulee muistaa se, että jokainen tekninen tieto tulee olla jollakin tavalla mitattavissa. [16, 16.]

#### **4.3.3 Konseptin luominen ja valinta**

On hyvinkin mahdollista, että tässä vaiheessa saadaan yli 10 eri konseptia. Näistä parhaita aletaan jatkojalostamaan kohti lopullista tuotetta. Konseptin luomisella pyritään etsimään erilaisia vaihtoehtoja. Tavoitteena on löytää paras tapa täyttää asiakkaiden tarpeet. Konseptin valinnassa tutkitaan konseptin luonnissa syntyneitä konsepteja ja valitaan parhaimmat. Parhaat konseptit kehitetään tuotteiksi. [16, 16.]



#### 4.3.4 Konseptin testaus

On tärkeää testata valitut konseptit, jotta saadaan selville asiakkaiden tarpeiden täyttö ja tuotteen muu potentiaali. Samalla selviää konseptien mahdolliset viat ja vaivallaisuudet. Jos tilanne sitä vaatii, tässä vaiheessa on mahdollista vielä palata edellisiin vaiheisiin ja miettiä konsepteja uudemman kerran. [16, 16.]

#### 4.3.5 Loppuyksityiskohtien päättäminen ja projektisuunnitelman teko

Tässä vaiheessa valitaan tuotteen lopulliset tekniset tiedot. Tätä ennen on syytä käydä vielä tarkasti läpi aikaisemmin luodut tekniset tavoitteet. Lopullisten teknisten tietojen valinnan jälkeen päälinjaukset tulevat pysymään samana koko projektin ajan. [16, 384.]

Viimeisenä vaiheena on projektisuunnitelman teko. Projektisuunnitelmaan tulee kuulua projektin aikataulu, valittu konsepti, toiminta-ajatus, asiakkaiden tarpeet sekä projektin budjetti. [16, 384.]

### 4.4 Järjestelmätason suunnittelu

Järjestelmätason suunnittelun tavoitteena on saada selville tuotteen kokoonpanot, osat ja osakokonaisuudet. On hyvä samalla myös miettiä, mitä valmistetaan itse ja mitä hommataan muualta. [10, 121.]

Tuote on tarkoitus jakaa osiin eli moduuleihin. Moduuleihin jako antaa monia erilaisia hyötyjä esimerkiksi tuotteiden massaräätälöinti helpottuu ja tuotteita on helpompi valmistaa monelle erilaiselle asiakkaalle. Moduuleissa tulee huomioida valmistustekniikka ja turvallisuus. MFD (Modular Function Deployment) on systemaattinen moduloinnin suunnittelujärjestelmä. Tätä

voidaan käyttää hyväksi modulointia suunniteltaessa. MFD:n avulla kehitetään modulaarisia tuoteperheitä. [10, 122.]

#### **4.5 Yksityiskohtainen suunnittelu**

Yksityiskohtainen suunnittelu eli niin sanottu detaljisuunnittelu on vaihe, jolloin valmistuksessa olevat yksityiskohtaiset suunnitelmat muovautuvat. Kaikki tarvittavat mitoitukset, toleranssit ja materiaalit tulee asettaa oikeiksi. Tässä vaiheessa suoritetaan myös 3D-mallinnus. 3D-mallien valmistuttua tehdään niiden dokumentaatio, johon kuuluu piirustusten teko. Piirustuksiin kuuluu kokoonpano-, osakokoonpano- ja osapiirustukset. [10, 131.]

Kaikkien tuotteen piirustusten lisäksi yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa syntyy muitakin tuotedokumentteja. Tärkeänä tuotedokumenttina voidaan pitää esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohjeita. Nämä muut tuotedokumentit tulee arkistoida. [10, 148.]

#### **4.6 Testaus ja jalostus**

Ennen kuin tuote siirretään tuotantoon, se on hyvä testata. Tällöin havainnoidaan mahdolliset virheet ja voidaan reagoida niihin. Tavoitteena on, että tuote täyttää asiakkaan vaatimukset. Mikäli prototyyppiä ei ole valmistettu, voidaan tuotetta testata simuloinnin avulla. [10, 195.]

Prototyyppi on mikä tahansa tuotteen approksimaatio. Tuotteesta voidaan tehdä myös tietyissä tilanteissa pienoismalli, jonka tarkoitus on kuvata tuotetta. Voidaan myös valmistaa tuotteen tärkeimpiä osia ja testata niitä erikseen. [10, 197.]

Tuotteen testaus tehdään erilaisissa ympäristöissä, niin sanotussa oikeassa käyttöympäristössä sekä myöskin laboratoriossa. Testauksesta saatujen

tulosten perusteella tehdään päätös mahdollisesta tuotannon käynnistämisestä. [16, 17 - 19.]

#### **4.7 Tuotannon käynnistäminen**

Tuotannon käynnistämisvaiheessa aloitetaan itse tuotteen valmistus sekä työntekijöiden koulutus. Tässä vaiheessa on erittäin tärkeää löytää itse tuotteeseen tai sen valmistukseen liittyvät virheet ja viat. Tämä on edellytyksenä sille, että varsinainen tuotanto saadaan käynnistettyä. Tässä vaiheessa on myös syytä julkaista tuote markkinoille. Projektin viimeisenä tehtävänä on viimeistellä dokumentaatio ja päättää projekti. [16, 17 - 19.]

### **5 Stora Enso Oyj:n projekti kehitysprosessimalli**

#### **5.1 Yleinen periaate**

Stora Enso Oyj:llä on käytössään omille projekteilleen kehitysprosessimalli. Tämän projektin suunnitteluprosessia koskee tämän mallin neljä ensimmäistä osuutta. Nämä ovat idea, konseptointi, esiselvitys ja esisuunnittelu. Näitä neljää vaihetta käsitellään seuraavaksi.

#### **5.2 Idea**

Ideointivaiheessa on tärkeää miettiä projektin soveltuvuutta investoinniksi. Onko projektin idea sillä tasolla, että se on järkevää toimeenpanna. Ideointivaiheessa mietitään myös projektin parannusvaikutuksia. Millä tavalla saadaan tuotettua entistä parempi tuote tai suunnitelma. Turvallisuus on kaiken perusta projektia suunniteltaessa. Ideointivaiheessa mietitään vaihtoehtoja, jolla saadaan projekti suoritettua turvallisesti loppuun. [18.]

Kustannukset, aikataulu ja resurssit ovat asioita, jotka kuuluvat ideointivaiheeseen. Projektille täytyy luoda alustavat aikataulu- ja kustannusarviot. Stora Enso Oyj pyrkii ideointivaiheessa miettimään omia resurssejaan ja sitä kautta toteuttamaan projektinsa. [18.]

Tähän kehitysprosessimalliin kuuluu myös projektin elinkaaren ennakointi ja miettiminen. Elinkaareen liittyen varaosista on otettava selvää. On mietittävä, mistä niitä saa ja mihin hintaan. Varaosien saatavuus on hyvin tärkeää projektin kannattavuuden kannalta. [18.]

### **5.3 Konseptointi**

Konseptointivaihe alkaa toiminnallisten tavoitteiden määrittämisellä. Mietitään koko projektin päätavoitteita ja valitaan niistä tärkeimmät. Tässä kohdassa on syytä miettiä isossa kuvassa tavoitteita. Tavoitteiden miettimisen jälkeen kaikki projektiin kuuluvat osapuolet tehdään tietoiseksi projektin kulusta. Käsitellään myös koko kehitysprosessimalli. [18.]

Kun kaikki projektiin kuuluvat henkilöt ovat ajan tasalla, valitaan projektiryhmä, tukiryhmä ja näiden vastuutehtävät. Tällä vältetään turhalta työltä ja ajan haaskaukselta. Tässä vaiheessa jokaisen tulee tietää, mihin ryhmään kuuluu ja mitä vastuita kyseisellä ryhmällä on. [18.]

Konseptointivaiheeseen kuuluu projektikokonaisuuden riskiarvion teko. Riskiarviossa kartoitetaan kaikki projektiin liittyvät riskitapaukset ja niiden suuruus. Riskiarvion jälkeen määritetään suunnittelun lähtötiedot. [18.]

Suunnittelun lähtötietojen ollessa tiedossa voidaan miettiä potentiaalisia toimittajia. Toimittajista selvitetään tarjonta, saatavuus ja hinta. Ideointivaiheessa luotua kustannusarviota tulee päivittää jatkuvasti projektin kuluessa. Lopuksi tehdään vielä projektin ensimmäinen lay-out. [18.]

## 5.4 Esiselvitys

Konseptointivaiheen jälkeen siirrytään esiselvitykseen. Esiselvitys alkaa teknisen toteutuksen päätöksellä. Toteutuksen päätöksen jälkeen projekti tulee jakaa eri osiin. Jokainen osa hoitaa omaa vastuualuettaan. Näin maksimoidaan projektin onnistuminen. Tässä apuna voidaan käyttää WBS-koodeja (Work Breakdown Structure), joilla työ jaetaan pienempiin osiin tunnistamisen ja luokittelamisen parantamiseksi. [19.]

Esiselvitysvaiheeseen liittyy konseptointivaiheessa tehdyn riskiarvion päivittäminen. Se tarkoittaa sitä, että mikäli edelliskerran jälkeen on muodostunut uusia riskejä, ne tulee lisätä riskiarvioon. Aiemmin tehtyjen riskien päivittäminen on myös mahdollista. Riskien arvioinnin lisäksi myös suunnittelun lähtötiedot tulee päivittää ajan tasalle. [18.]

Potentiaalisista toimittajista valitaan sopivimmat ja tehdään alustavat tarjousvertailut. Tässä vaiheessa on asiallista informoida paikallista ostoa toimittajien kontaktoinnista. Toimittajien ja tarjouksien vertailun jälkeen pyydetään sitovat tarjoukset. Tarjousten saannin jälkeen tiedetään taloudellisista asioista enemmän, joten on syytä samalla päivittää kustannusarviota. [18.]

## 5.5 Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheen ensimmäisenä asiana on tarkentaa konseptointivaiheessa määritetyt toiminnalliset tavoitteet. Konseptointivaiheessa luotujen projektiryhmän ja tukiryhmän lisäksi luodaan tässä vaiheessa auditointiryhmä sekä masterdata tukiryhmä. [18.]

Alustavan aikataulun korvaa tässä vaiheessa projektille tehtävä aikatauluehdotus. Esisuunnitteluvaiheeseen kuuluu monia samoja tehtäviä kuin edelliseen esiselvitysvaiheeseenkin. Täytyy esimerkiksi päivittää riskiarvio sekä suunnittelun lähtötiedot ja tarkentaa kustannusarviota. Uutena asiana on

hankintastrategian luonti paikallisen oston kanssa. Tässä vaiheessa tehdään päälaitehankintasopimukset. [18.]

Lopuksi tehdään vielä investointiesitys, jossa määritellään kaikki tulevat hankinnat ja niiden kustannukset. Tällä saadaan hyvä kokonaiskuva koko projektiin kuluvista menoista. Investointiehdotuksen lisäksi voidaan mahdollisesti määritellä projektin vaikeusaste. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka haasteellista tämän projektin teko on firmalle. [18.]

## **6 Reunanauhasysteemin suunnitteluprosessi**

### **6.1 Suunnitteluprosessin johdanto**

Stora Enso Oyj:n Inkeröisten kartonkitehtaan arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemin suunnitteluprosessi aloitettiin jo kesän aikana toimeksiantajan aihe-ehdotuksen jälkeen. Suunnitteluprosessin rungoksi otettiin Ulrich & Eppinger -tuotekehitysmenetelmä ja VDI 2221 -standardiin perustuva suunnittelumetodi. Lisäksi Stora Enso Oyj:n projektin kehitysprosessimallista otettiin muutamia tärkeitä työvaiheita kahden edellä mainitun menetelmän tueksi. Kirjallisuusosiota käytettiin siis hyödyksi reunanauhasysteemin suunnitteluprosessia tehdessä. Seuraavaksi on esitetty suunnitteluprosessin vaiheet kronologisessa järjestyksessä.

### **6.2 Tehtävän selvittely**

Suunnitteluprosessi aloitettiin tehtävän selvityksellä. Tarkoituksena oli miettiä reunanauhasysteemin tärkeitä ja haluttuja ominaisuuksia. Tässä vaiheessa oli tärkeää miettiä myös vanhan systeemin heikkouksia ja sitä, millaiseksi ne muutetaan uuteen systeemiin. Toimeksiantajan kanssa pidettiin kokous siitä, miten he koko prosessin näkivät ja millaisen reunanauhasysteemin halusivat arkkileikkurilleen.

Suunniteltava systeemi oli tarkoitus uusia jo vuonna 2023, joten oli tärkeää suunnitella systeemille alustava kustannusarvio.

Reunanauha itsessään tarkoittaa kartonkirullan molemmista reunoista leikattavaa vähintään 10 mm levyistä suikaletta. Reunanauhaa leikataan siitä syystä, että kartonkirullan sivuissa oleva materiaali ei ole tasalaatuista ja toisaalta myös siksi, että saadaan reunasta tasainen hyvän leikkausjäljen myötä. Sitä ei voi päästää asiakkaalle. Itse reunanauhan leikkaaminen onnistuu siis pituussuuntaisten leikkuuterien ansiosta. Radan tullessa pituussuuntaisten terien kohdalle reunanauhat ajautuvat putkistoihin muun radan jatkaessa matkaa arkkileikkurilla. Putkistoissa reunanauha liikkuu repijälle, jossa se silppuuntuu kartonkisilpuksi. Tämän jälkeen reunanauhasilppu kulkeutuu putkistoa pitkin pulpperiin, jossa siitä tulee kartonkimassaa. Kartonkimassaa voidaan uudelleen käyttää kartongin tuotannossa.

Inkeröiden tehtaalla olevan arkkileikkuri 4:n reunanauhasysteemi pystyi toimimaan maksimissaan noin 150 mm reunanauhan kanssa. Tarkoittaa siis sitä, että vanhalla systeemillä reunanauha oli 10 - 150 mm tilauksesta riippuen. Yhtenä suurena tavoitteena tällä opinnäytetyöllä oli kasvattaa reunanauhan maksimileveyttä mahdollisuuksien mukaan.

### **6.2.1 Vaatimuslista**

Vaatimuslistaa varten käytiin monia kokouksia Stora Enso Oyj:n henkilöstön kanssa. Kokouksissa pyrittiin selvittämään yrityksen vaatimukset kyseiseen projektiin ja sen lopputulokseen. Tämä vaatimuslista on esitetty liitteessä 1. Opinnäytetyön tekijälle oli myös tärkeää kuulla toimeksiantajan toiveita ja ohjeita työtä silmällä pitäen. Opinnäytetyön tekijä oli edellisen kesän töissä kyseisellä arkkileikkurilla, joten näkemys projektista oli jo alkuvaiheessa hyvä. Alussa kokoukset olivatkin Teams -sovelluksen kautta. Projektin edetessä tuli kuitenkin tarve käydä tehtaalla paikan päällä katsomassa arkkileikkuria ja vanhaa reunanauhasysteemiä.

Vaatimuslista päädyttiin jakamaan 11 eri osaan. Itse reunanauhasysteemin toiminnan kannalta tärkeimmät osat olivat geometria, kunnossapito ja valmistus. Jokainen eri vaatimus jaoteltiin kiinteisiin vaatimuksiin, vähimmäisvaatimuksiin ja toivomuksiin. Toimintorakenteen kannalta oli hyvinkin tärkeää miettiä näitä asioita.

Stora Enso Oyj:n kanssa pidettyjen kokousten seurauksena vaatimuslistaa korjailtiin ja täydennettiin prosessin edetessä, joten päätettiin tehdä toinen päivitetty vaatimuslista. Tämä löytyy liitteestä 2.

### **6.3 Luonnostelu**

Luonnosteluvaiheessa reunanauhasysteemin ratkaisuja mietittiin. Reunanauhasysteemiin kuuluu monia eri elementtejä, joten jokaiselle elementille kehiteltiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja.

#### **6.3.1 Tuotespesifikaatio**

Tuotespesifikaatio laadittiin vaatimusluettelon pohjalta. Tuotespesifikaatiossa oli tarkoituksena muodostaa mahdollisuuksien mukaan kaikille vaatimuksille mitattava arvo eli spesifikaatio.

Tässä tapauksessa jokaiselle vaatimukselle ei kyetty määrittämään mitattavaa arvoa, joten osa vaatimuksista jätettiin tuotespesifikaation ulkopuolelle. Alustava tuotespesifikaatio on esitetty liitteessä 3.

Alustavaan tuotespesifikaatioon löydettiin kolmelle eri spesifikaatioille tavoitearvot. Materiaalikustannuksille tavoitearvot laskettiin alustavaan kustannusarvioon, joka on osana koko tätä opinnäytetyötä. Sumppujen minimoinnille tavoitearvo oli 0 % eli kartonkisumppuja ei pitäisi ilmaantua tämän suunnitteluprosessin mukaan tehtyyn reunanauhasysteemiin. Ergonomisuuden



tavoitearvo oli vähemmän työtapaturmia. Stora Enso Oyj laskee jatkuvasti työtapaturmien ja sairaspoissaolojen määrää, joten ergonomisuus vaikuttaa suoraan tähän laskettuun arvoon.

### 6.3.2 QFD-laatukaavio

QFD-laatukaavio tehtiin Stora Enso Oyj:n tarpeiden tunnistamiseen. Tämän avulla tarpeita ja tuotteen teknisiä sekä toiminnallisia ominaisuuksia verrattiin keskenään. Laatukaaviota tehdessä käytettiin hyväksi jo aiemmin tehtyjä tuotespesifikaatioita. Tämän projektin QFD-laatukaavio on nähtävissä liitteessä 4.

QFD-laatukaaviolla pyrittiin vähentämään prosessin kustannuksia ja kehitysaikaa. Reunanauhasysteemi tuli vain Stora Enso Oyj:n Inkeröisten kartonkitehtaalle, joten kilpailuanalyysien teko jätettiin pois kokonaan. Tämä johtuu siitä, että tuote ei tule yleisille markkinoille.

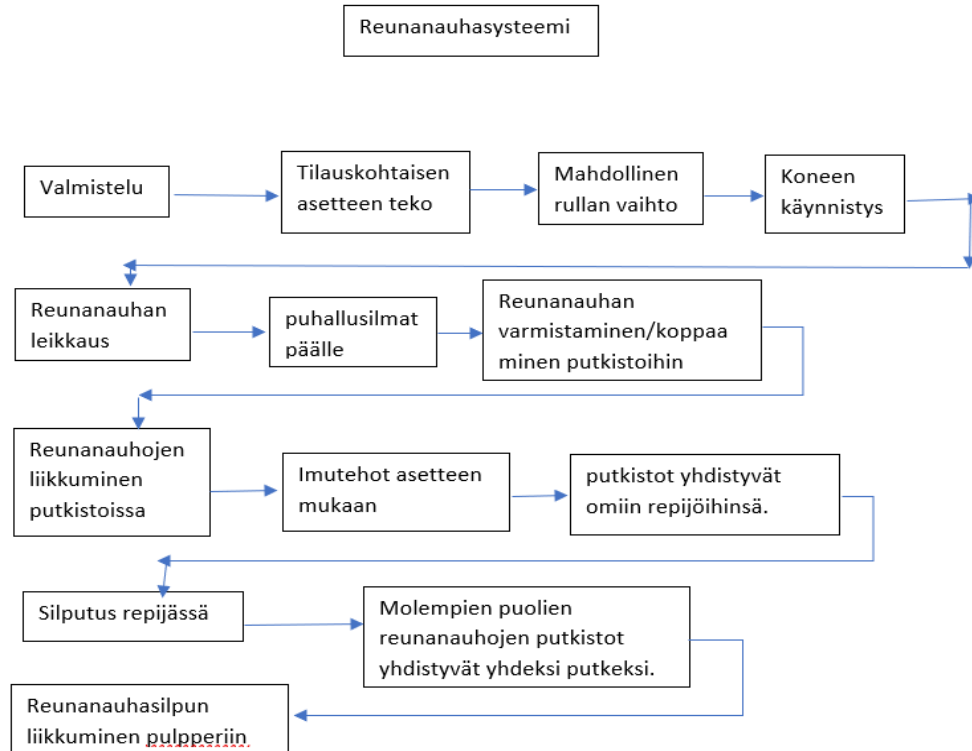
Asiakkaan tarpeet laitettiin vasemmalle vaakariville ja niitä vastaavat spesifikaatiot ylhäälle pystysarakkeisiin. Asiakkaan tarpeita ja spesifikaatioita verrattiin toisiinsa ja ne arvioitiin. Arviointi suoritettiin asteikolla heikko, neutraali ja vahva. Mikäli asiakkaan tarpeilla ja spesifikaatioilla ei ollut mitään yhteyttä, ei sen kohdalle merkitty mitään. Teknisten ominaisuuksien kohdalle merkittiin kehityksen suunta. Tällä tarkoitetaan sitä, että halutaanko kyseinen arvo maksimoida vai minimoida.

Laatukaavio paljasti, että 3 tärkeintä ominaisuutta olivat sumppujen minimointi, puhallusvoima ja imuteho. Nämä ominaisuudet painottuivat siis suoraan systeemin toimivuuteen. Laatukaavion perusteella näitä kolmea ominaisuutta painotettiin suunnittelun edetessä.

### 6.3.3 Osatoimintoihin jako ja toimintorakenteen muodostaminen

Toimintorakenne eli kokonaistoiminnon kuvaaminen mietittiin käyttäen apuna vanhaa reunanauhasysteemiä. Toimintorakenteen muodostumisen jälkeen, se jaettiin osatoimintoihin. Osatoimintojen avulla kuvattiin laitekokonaisuuden osaprosesseja. Osatoimintojen jako helpotti ja paransi projektin ajankäyttöä ja kustannuksia. Tämän jälkeen osatoiminnot eriteltiin ja alettiin kehittämään niistä parempia.

Reunanauhasysteemin rakennetta ja toimintaa kuvattiin käsitekarttojen avulla. Käsitekartoissa kuvattiin osatoimintoja. Käsitekartat ovat kuvattuna liitteessä 6. Osatoiminnoista valittiin toimivimmat ja parhaimmat, näistä saatiin luotua reunanauhasysteemille alustava toimintorakenne. Kuvassa 6 on esitetty reunanauhasysteemin toimintorakenne.



Kuva 6. Reunanauhasysteemin toimintorakenne

Toimintorakenne jaettiin viiteen eri osatoimintoon valmisteluun, reunanauhan leikkaukseen, reunanauhan liikkumiseen putkistoissa, silputukseen repijässä ja reunanauhasilpun liikkumiseen pulpperiin. Jokaiseen näistä viidestä osatoiminnosta liittyi lisätoimintoja, joiden vaikutusta mietittiin toimintorakenteeseen.

### **6.3.4 Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot**

Tässä vaiheessa tärkeintä oli löytää mahdollisimman paljon erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja kaikille osatoiminnoille. Ratkaisuvaihtoehtojen löytyttyä oli mahdollista erottaa parhaimmat ideat ja kirjata ne ylös. Stora Enso Oyj:n vastuuhenkilöt helpottivat ratkaisuvaihtoehtojen valitsemisen kanssa kertomalla omat näkemyksensä.

Parhaimmille ja toimivimmille ratkaisuvaihtoehdoille luotiin taulukko, johon ne merkittiin. Ratkaisuvaihtoehtotaulukko löytyy liitteestä 7. Taulukkoon muodostuneilla ratkaisuvaihtoehdoilla luotiin kolme eri luonnosehdotusta. Ratkaisuvaihtoehdot lisättiin taulukkoon ja pisteytettiin asteikolla 1 - 5. 5 pistettä sai paras ratkaisuvaihtoehto ja huonoin ratkaisuvaihtoehto sai 1 pistettä. Tämän jälkeen jokaiselle kolmelle luonnosehdotukselle laskettiin pisteet ja valittiin parhaat pisteet saanut vaihtoehto. Jokainen luonnosehdotus on merkitty ratkaisuvaihtoehtotaulukkoon omalla värillään. Ensimmäinen ehdotus on sinisellä, toinen punaisella ja kolmas keltaisella. Kuvassa 7 on esitetty kolme eri luonnosehdotusta reunanauhasysteemille.

Osatoiminto	Ratkaisuvaihtoehdot		
	1.	2.	3.
Tilauskohtaisen asetteen teko	Yhteisen tekotavan mukaan	Itselleen parhaimman tavon mukaan.	Jaetaan tehtävät 2 operaattorin kesken.
Mahdollinen rullan vaihto	Ennen asetteen tekoa	Jälkeen asetteen teon	-
Koneen käynnistys	Ohjeen mukaan	-	-
Puhallusilmat päälle	Yksi puhallin	kaksi puhallinta	
Reunanauhan koppaaminen putkistoihin	Putkistojen päät lähemmäksi rataa sekä 2. ja 3. vaihtoehto	Puhallussuuttimien vaihto.	Repijöiden imuteho säätö
Imutehot kohdalleen	Manuaalinen	Automaattinen	Manuaalinen ja automaattinen
Putkistojen yhdistyminen repijöihin	yksi repijä	kaksi repijää	
Putkistojen yhdistyminen ennen pulpperia	kyllä	ei	-

Kuva 7. Reunanauhasysteemin luonnosehdotukset

Ratkaisuvaihtoehtoja verrattiin vaatimuslistaan, laatukaavioon, koneturvallisuuteen ja käyttöympäristöön. Jokaiselle vaihtoehdolle laskettiin keskiarvo näistä neljästä osa-alueesta. Keskiarvoja hyväksikäyttäen saatiin laskettua jokaiselle luonnosehdotukselle kokonaispisteet. Ratkaisuvaihtoehtotaulukossa olevista luonnosehdotuksista sininen vaihtoehto sai parhaimmat pisteet (36,25 pistettä), punainen toiseksi parhaimmat pisteet (32,5 pistettä) ja keltainen huonoimmat pisteet (32 pistettä). Ratkaisuvaihtoehtojen pisteytystaulukko löytyy liitteestä 8.

### 6.3.5 FMEA-riskianalyysi

FMEA-riskianalyysi (Failure Mode and Effects Analysis) on vika- ja vaikutusanalyysi. Tällä analyysillä oli tarkoitus tutkia vikatiloja ja riskejä prosessissa, tuotteessa tai organisaatiossa. Reunanauhasysteemiin liittyviä riskejä on esitetty liitteessä 5. FMEA-riskianalyysin perimmäinen idea oli ennaltaehkäistä virheet ja vikatilat. Tärkeää oli löytää ongelmat jo suunnitteluvaiheessa. [20.]

FMEA-riskianalyysiin täytettiin projektin jokainen haluttu prosessin kuvaus. Tarkoituksena oli löytää kuvatuille prosesseille mahdollinen virhe ja sen seuraus. Tämän jälkeen mahdolliselle seuraukselle tuli määrittää merkitysarvo väliltä 1 - 10. 1 tarkoitti, että seurauksella ei ole minkäänlaista vaikutusta ja 10 tarkoitti kriittistä vikamuotoa. Seurauksen merkitysarvojen lisäämisen jälkeen piti miettiä, kuinka todennäköinen tapahtuma oli. Esiintymiselle lisättiin arvo väliltä 1 - 10. 1 tarkoitti, että virhe oli hyvin epätodennäköinen ja 10 tarkoitti, että virhe oli lähes väistämätön. Tämän jälkeen määritettiin virheen löytymisen mahdollisuus ja tälle arvo samalla periaatteella väliltä 1 - 10 kuin aiemminkin. 1 tarkoitti täysin varmaa ja 10 täysin epävarmaa. Arvioinnin perusteella muodostui virheen riskiluku, joka kertoo riskin luonteesta ja vakavuudesta. [11.]

Riskiluvun saannin jälkeen tuli keksiä jokaiselle prosessivirheelle korjaavat toimet. Korjaavista toimenpiteistä johtuen riskituloon johtaneet arvot tuli miettiä uudestaan ja merkitä ne analyysiin. Tämän jälkeen riskitulo arvo laskettiin uudestaan ja sen tuli olla parempi kuin alkuperäinen. [11.]

Reunanauhasysteemille tehdystä riskianalyysistä saaduista riskituloista voitiin päätellä, että kaikista suurimmat riskit prosessissa olivat projektin määrittäminen, projektin toimivuus konkreettisesti sekä repijöiden että puhaltimien puhallusvoimien/imutehojen riittämättömyys.

Projektin määrittämisen erityisen riskialttiiksi teki se, että toimeksiantajan ja opinnäytetyöntekijän visiot olisivat voineet olla tietämättään hyvin erilaiset. Tällöin lopputulos olisi "vääränlainen". Tämä riski vältettiin hyvällä kommunikaatiolla ja tarvittaessa järjestetyillä kokouksilla, joissa käsiteltiin projektin kulkua. Näissä kokouksissa oli helppo huomata, mikäli toivottua asiaa ei löytynyt projektista.

Projektin toimivuus konkreettisesti on hyvin laaja käsite. Repijät ja puhaltimet kuuluvat tähän kokonaisuuteen. Tällä kokonaisuudella tarkoitetaan sitä, että suunnitelmanmukainen reunanauhasysteemi ei toimikkaan halutulla tavalla.

Tässä kokonaisuudessa on tärkeää tehdä kaikki siihen liittyvät prosessit niin hyvin kuin mahdollista, esimerkiksi repijöiden imutehojen miettiminen. On hyvä muistaa, että koko systeemi ei voi toimia, jos sen yksikin osatoiminto ei toimi.

#### **6.4 Järjestelmätason suunnittelu**

Järjestelmätason suunnittelussa koko reunanauhasysteemi kokoonpano jaettiin osiin. Suunniteltavaan reunanauhasysteemiin kuuluu ilmapuhaltimet, putkistot ja puhallin/repijä.

Ilmapuhaltimia miettiessä tärkein kysymys oli määrä. Yksi vai kaksi puhallinta per puoli. Projektissa päädyttiin yhteen puhaltimeen per puoli, joka nähdään kuvassa 8. Vanhoihin puhaltimiin nähden suuttimet vaihdettiin. Tämä johtui siitä, että puhallus kohdistui vanhassa systeemissä liian pienelle alueelle. Tämä aiheutti taas sen, että reunanauhat eivät ajautuneet putkistoihin vaan jatkoivat matkaa rataa pitkin tai suoraan lattialle. Haluttiin siis puhalluspaineen kohdistuvan leveämmälle alueelle reunanauhassa, jotta reunanauha varmasti suuntautuisi putkistoihin leveydestä huolimatta.



Kuva 8. Arkkileikkuri 4:n ilmapuhallin (Kuva: Jere Latva-Kokko)

Reunanauhaputkistot vaativat eniten miettimistä koko systeemistä. Kuvassa 9 näkyy vanhan systeemin putkistot. Sumpujen minimoimiseksi putkistojen muodoksi valikoitui nelikanttinen. Neliskanttisille putkistoille oli valmiina kulkureitit vanhasta systeemistä leikkurikerroksen ja repijäkerroksen välillä. Kulkureitiksi valikoitunut reikä näkyy kuvassa 10. Putkistojen kiinnitys järjestettiin hyväksikäyttämällä metallipaloja, jotka hitsattiin kiinni putkistoihin. Metallipalat pultattiin kiinni betonilattiaan. Aikaisempiin putkistojen sijaintiin verrattaessa putkistojen päät tuodaan lähemmäs reunanauhateriä siten, että ne ovat kiinni ohjausraudoissa. Tällä tavalla lisätään varmuutta siitä, että reunanauhat menevät suoraan reunanauhaputkistoihin. Putkistojen mitoituksia muutettiin. Korkeus pysyi samana (105 mm) ja leveyteen lisättiin 20 mm (yhteensä 320 mm). Tämä mahdollistaa leveämpien reunanauhojen helpomman liikkumisen putkistoissa.



Kuva 9. Arkkileikkuri 4:n vanhat reunanauhaputkistot (Kuva: Jere Latva-Kokko)





Kuva 10. Reunanauhaputkiston kulkureitti kerrosten välillä (Kuva: Jere Latva-Kokko)

Repijän/puhaltimen tarkoitus on silputa reunanauhat pienemmiksi paloiksi, jotta ne liikkuisivat helpommin putkistossa ja sekoittuisivat paremmin pulpperissa kartonkimassaan. Vielä tärkeämpää on, että puhallin tuottaa pyöriessään imutehoa, jonka avulla reunanauhat liikkuvat putkistoissa. Projektissa päädyttiin siihen, että repijä pidetään systeemissä mukana. Vanhan systeemin puhallin/repijä on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Vanhan systeemin puhallin/repijä (Kuva: Jere Latva-Kokko)

Muutoksena edelliseen systeemiin on se, että yhden repijän sijasta niitä tulee kaksi, molemmille putkistoille omat repijät. Repijöiden yhteyteen kytketään taajuusmuuttaja säätämään puhaltimien imutehoa. Repijöiden jälkeen molemminpuoliset putkistot yhdistyvät yhdeksi putkeksi. Tällä tavalla molempien puolien reunanauhat jatkavat matkaa yhtä putkea pitkin kohti pulpperia.

## 6.5 Kehittely

Reunanauhasysteemi-prosessin varsinainen suunnitteluvaihe alkoi, kun siirryttiin kehittelyvaiheeseen. Kehittelyvaiheen lopputuloksena saatiin lopulliset ratkaisut. Ratkaisut mallinnettiin Creo 6 -sovellusta hyväksikäyttäen. Valmiista malleista tehtiin samalla sovelluksella myös piirustukset, joita apuna käyttäen koko uusi reunanauhasysteemi rakennettiin.

### 6.5.1 Käyttöympäristö

Uusi reunanauhasysteemi on suunniteltu Stora Enso Oyj:n Inkeröiden kartonkitehtaan jälkikäsittelyn tiloihin. Tarkemmin se tulisi arkkileikkuri 4:n yhteyteen, vanhan reunanauhasysteemin tilalle. Tila on siis rajattu ja ulottuu kahteen eri kerrokseen. Suunniteltavan reunanauhasysteemin mitat ovat siis suunniteltava siten, että se mahtuisi jo valmiina olevaan tilaan.

Reunanauhasysteemin putkistot kiinnitetään kerroksien välissä olevaan lattiaan. Lattiassa on myös molemmille putkille reiät, joista ne kulkevat ylemmästä kerroksesta (arkkileikkurin kerroksesta) alempaan kerrokseen (putkien yhdistymis- ja repijäkerros).

Jälkikäsittelylle tarkoitettu tila on suhteellisen pieni, joten koko arkkileikkuria ei ollut mahdollista lähteä siirtämään. Tehtävän kannalta on siis selvää, että suunniteltava laitteisto tulisi nykyisiin tiloihin. Uusi reunanauhasysteemi istuu hyvin vanhalle tarkoitettuun tilaan.

Reunanauhasysteemi rakennetaan arkkileikkuri 4:n yhteyteen, osaksi koko leikkuria. Reunanauhasysteemin jokaiseen eri osaan on mahdollisuus päästä käsiksi, joten rakentaminen ja huolto on suhteellisen helppoa.

## 6.5.2 Turvallisuus

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta säätää koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Asetus on annettu 12.6.2008 ja se on tullut voimaan 29.12.2009. Olennaista on myös se, että asetus käsittelee koneiden käyttöönottoa ja vaatimustenmukaisuutta. [17.]

Stora Enso Oyj:n on ennen koneen käyttöönottoa varmistettava seuraavat asiat [17.]:

- kone täyttää sitä koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset
- kone on varustettava ohjekirjalla
- tekninen tiedosto on käytettävissä
- huolehdittava asianmukaisesta vaatimustenmukaisuudesta
- CE-merkintä liitettynä koneeseen
- EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Ensimmäisen luvun 2 § käsitellään asetuksen sovellettavuutta erilaisiin teknisiin koneisiin ja laitteisiin. Reunanauhasyteemi kuuluu pykälän ensimmäiseen ja toiseen momenttiin eli puhutaan koneista ja vaihdettavista laitteista. Tämä tarkoittaa, että kyseinen koneturvallisuusasetus koskee tätä suunnitteluprosessia. [17.]

Suurimmat turvallisuusriskit liittyvät systeemin asennukseen. Arkkileikkurissa on monia erilaisia riskitekijöitä esimerkiksi teräviä kulmia ja erilaisia pudotuksia. Vaikka suunnitteluprosessi tehdään vaan Stora Enso Oyj:n omaan käyttöön, on tärkeää kiinnittää eritoten huomiota koneturvallisuuteen. Asennuksen lisäksi, arkkileikkuria käyttäessä on monia turvallisuusriskejä. Suurimmat ovat puristumisvaara ja leikkuuterät. Reunanauhaputkistot sijaitsevat pituussuuntaisten leikkuuterien välittömässä läheisyydessä.

Reunanauhasysteemin läheisyydessä on myös teloja, joissa on puristumisvaaroja. Reunanauhasysteemi ulottuu kahteen eri kerrokseen. Tämä tarkoittaa sitä, että koneenkäyttöön liittyy korkeuseroja. Putoamisvaara on pidettävä jatkuvasti mielessä.

### **6.5.3 Sumppujen muodostumiseen vaikuttavat tekijät**

Sumppujen muodostumisella tarkoitetaan reunanauhan ongelmallisesta liikkumisesta aiheutuvaa lopputulosta. Reunanauha ei syystä tai toisesta pääse liikkumaan mutkattomasti heti leikkuuprosessin jälkeen aina pulperiin saakka. Tähän asiaan vaikuttavat monet erilaiset tekijät, joita käsitellään seuraavaksi.

Arkkileikkuri 4:n sumppujen minimoimiseksi käsiteltiin kaikki siihen vaikuttavat elementit ja suunniteltiin ne mahdollisimman toimintavarmiksi.

Reunanauhaputkistoja levennettiin nauhan maksimileveyden suurentamiseksi ja nauhan mutkattoman liikkumisen varmistamiseksi. Putkistojen alkupäät tuotiin kiinni ohjausrautojen alapäihin, jotta reunanauha varmasti suuntautuisi putkistoon.

Puhaltimen/repijän tarkoitus oli tuottaa pyöriessään imutehoa, jolla reunanauha liikkuisi putkistoissa aina repijälle asti. Molemmille putkistoille suunniteltiin vastaavanlaiset puhaltimet/repijät. Tällä varmistettiin imutehon riittävyys, niin ettei reunanauha pääse tukkomaan putkistoja. Reunanauhan saapuessa repijälle, se silppuaa reunanauhan pieniksi paloiksi, jonka jälkeen molempien puolien putkistot yhdistyvät yhdeksi putkeksi. Repijällä on suuri merkitys sumppujen minimoimiseen myös sen takia, että molempien puolien reunanauhojen on huomattavasti helpompaa liikkua yhteisessä putkessa silppuuntumisen jälkeen.

Reunanauhasumpun muodostumisen välttämisen heti leikkauksen jälkeen varmistavat molemminpuoliset ilmapuhaltimet, joiden tarkoitus oli puhaltaa ilmaa yläpuolelta reunanauhaa kohti. Tällöin reunanauhan päät liikkusivat paineen ansiosta putkistoihin.

Reunanauhasumpun muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat kaikki yllä mainitut elementit ja niiden toiminta. Tärkeintä on kaikkien elementtien yhteistoiminta. Jos yksikin elementti ei ole toiminnassa, se nostaa sumpun muodostumisen riskiä huomattavasti.

#### **6.5.4 Elementtien valinta ja hankinta**

Kaikkia reunanauhasysteemin elementtejä ei hankittu samalta alihankkijalta. Projektissa käytettiin hyväksi useampaa eri alihankkijaa. Eri vaihtoehtoja vertailtiin ja parhaaksi nähdyt valittiin mukaan projektiin. Projektia varten hommattiin vanhan repijän/puhaltimen tilalle kaksi uutta sekä näille taajuusmuuttaja. Molemmat reunanauhaputkistot vaihdettiin uusiin ja molempiin ilmapuhaltimiin vaihdettiin suuttimet.

Repijä/puhallin on koko reunanauhasysteemin toimivuuden kannalta erittäin tärkeä elementti. Uuteen reunanauhasysteemiin valittiin yhden sijasta kaksi puhallinta. Molemmille puolille samanlaiset. Merkiksi valikoitui Santa Lucia. Inkeroisten kartonkitehtaan 2 leikkurilla käytetty malli on TR-20. Tämä malli on esitetty kuvassa 12. Voimaa näissä puhaltimissa on 20 hevosvoimaa ja kierrosnopeus on 3000 kierrosta minuutissa. Kyseisestä valmistajasta ei löytynyt mitään tietoja, joten mallia ei valittu. Sen tulisi olla pykälää tehokkaampi edelle mainitusta.



Kuva 12. Santa Lucia TR-20 puhallin/repijä (Kuva: Jere Latva-Kokko)

Puhaltimille on tarkoitus asentaa taajuusmuuttaja säätämään sähkömoottorin taajuutta ja jännitettä tarpeellisuuden mukaan. Tähän tehtävään valittiin merkiksi ABB, jolta valittiin sopiva taajuusmuuttaja. Tämä malli on ACS880. Alla olevassa kuvassa 13 on kyseinen malli esitettynä.

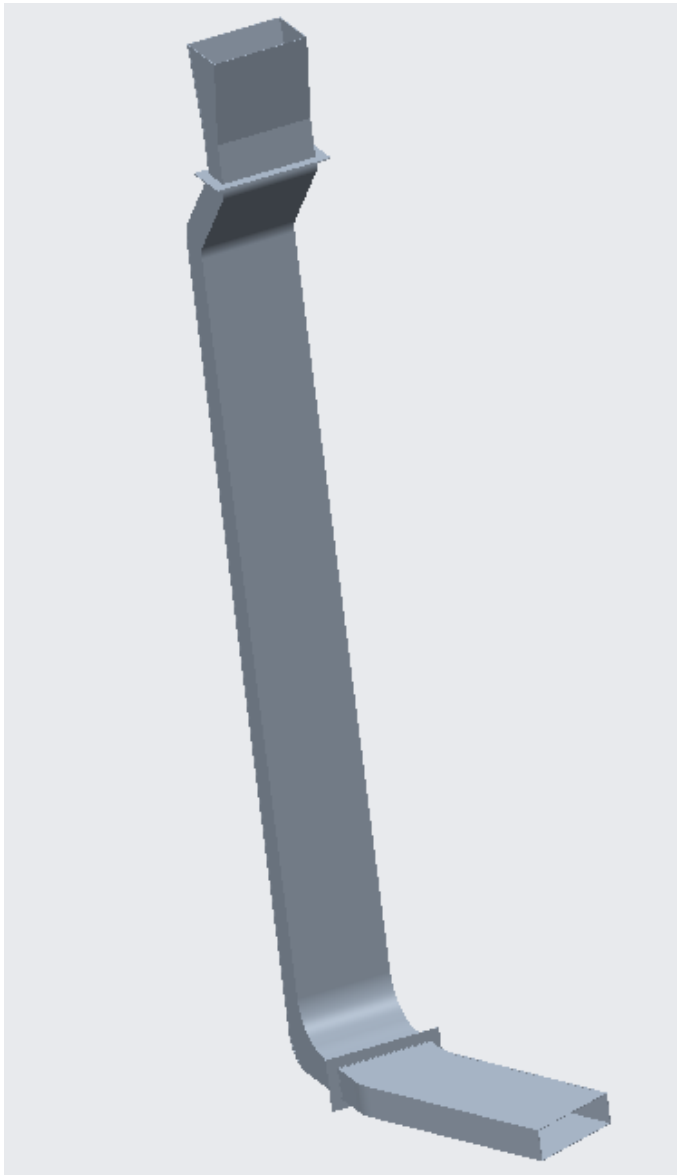


Kuva 13. Systeemiin valittu taajuusmuuttaja [22.]

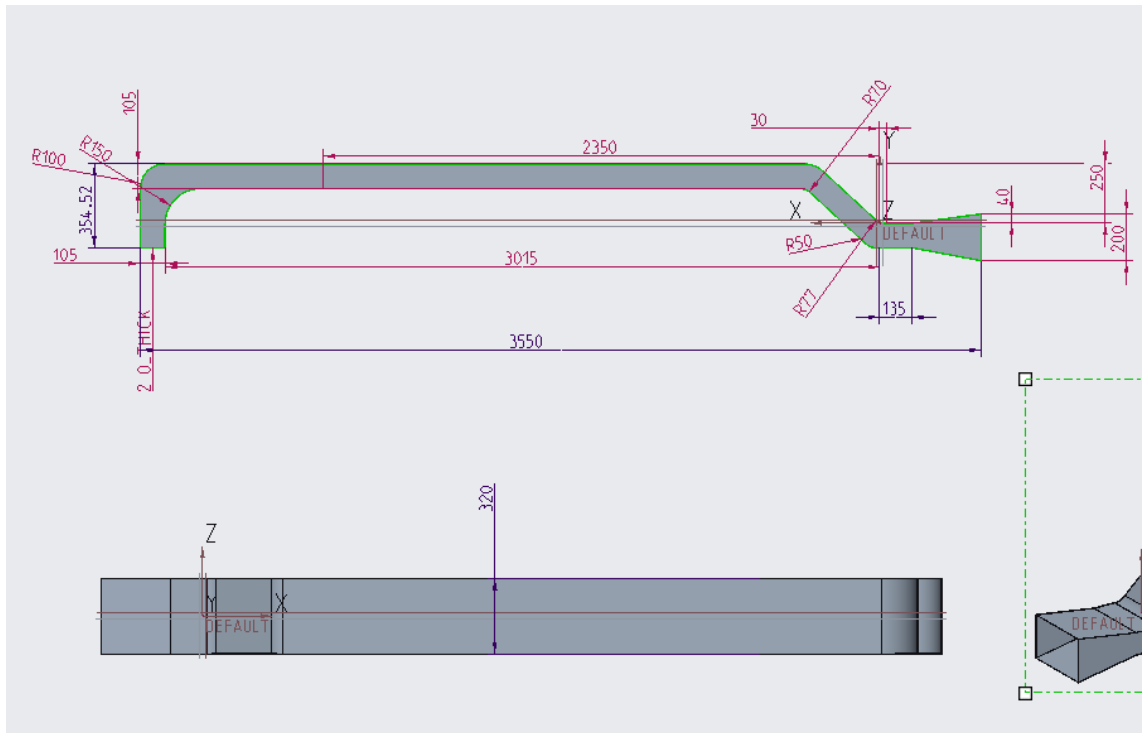
Reunanauhaputkistot suunniteltiin identtisiksi molemmille puolille. Putkiston muodoksi valikoitui neliskanttinen. Leveyden arvoksi valittiin 320 mm ja korkeudeksi 105 mm. Putkistojen alkupäät ovat leveydeltään 400 mm, jonka jälkeen ne kapenevat 320 mm:iin. Putkistojen korkeusmitta kokonaisuudessaan on 3550 mm. Tämän jälkeen ne kääntyvät 90 astetta korkeussuunnasta lattiatasoon ja pienen matkan jälkeen sisäänpäin noin 150 astetta pystysuuntaan nähden. Tämän jälkeen ne kulkevat noin 700 mm repijöihin. Repijöiden jälkeen putkistot yhdistyvät ja jatkavat yhtenä putkenä pulpperiin. Putkistojen materiaalivahvuudeksi valittiin 2 mm, jotta se kestäisi vaadittua räsitusta. Reunanauhaputkistot suunniteltiin kolmesta osasta. Ensimmäisenä



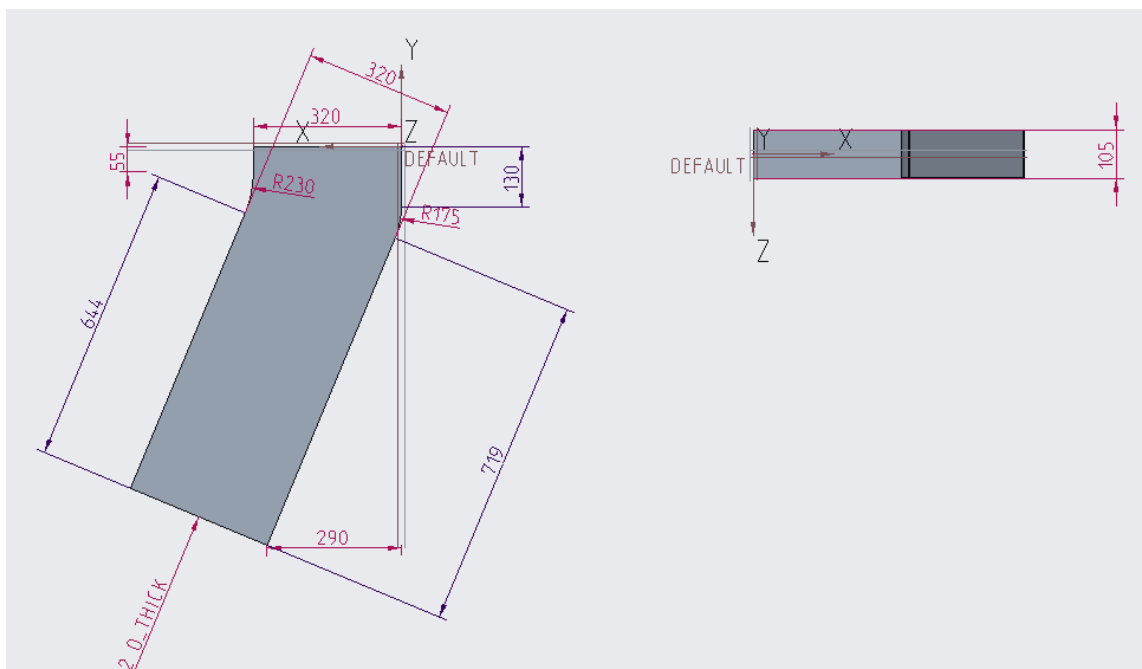
yläosa (leveämpi osuus), toisena pisin osa (korkeussuuntainen) ja viimeisenä kääntyvä osa (lattiatason suuntainen). Putkistojen osat kiinnitettiin toisiinsa pultteja hyväksikäyttäen levennyksiin tehtyjen reikien avulla. Osiksi jakaminen tehtiin kasauksen helpottamiseksi ja mahdollisten sumppujen korjaamiseksi. Kuvassa 14 on esitetty 3D-malli reunanauhaputkistosta repijälle asti. Reunanauhaputkiston piirustukset ovat esitettynä kuvissa 15 ja 16.



Kuva 14. Creo 6 -sovelluksella tehty 3D-malli putkistosta



Kuva 15. Creo 6 -sovelluksella tehty piirustus putkistosta



Kuva 16. Creo 6 -sovelluksella tehty piirustus putkistosta

Vanhassa reunanauhasysteemissä olevat ilmapuhaltimet päätettiin jättää uuteen systeemiin. Käytännössä putkien yläpäiden siirron ansiosta

ilmapuhaltimia ei välttämättä olisi enää tarvinnut, mutta varmuuden vuoksi ne päätettiin jättää uuteen systeemiin. Ilmapuhaltimien sijaintia ja kohdistusta muutettiin paremmaksi. Kuvassa 17 näkyy ilmapuhaltimien uudet suuttimet.

# NF

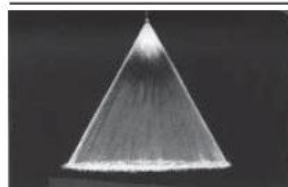
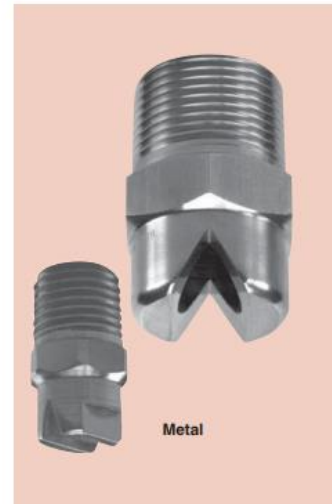
## Standard Fan Nozzle

### DESIGN FEATURES

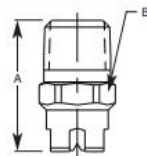
- One-piece construction
- No internal parts
- Sizes for all applications
- Male connection

### SPRAY CHARACTERISTICS

- High impact
  - Uniform distribution with tapered edges for overlapping sprays
  - Extra-wide angles available
- Spray pattern:** Fan and Straight Jet  
**Spray angles:** 0° to 120°  
**Flow rates:** 0.161 to 3430 l/min



Fan 50°



3/8" - 2" Metal

Call BETE to verify spray angle performance at operating pressures above 5 bar.

Dimensions are approximate. Check with BETE for critical dimension applications.

NF Flow Rates											NF Dimensions					
Call BETE to verify spray angle performance at operating pressures above 5 bar.											BSP or NPT					
Fan and Straight Jet, 0°, 15°, 30°, 50°, 65°, 80°, 90°, 110°, and 120° Spray Angles, 1/8" to 2" Pipe Sizes																
Male Pipe Size	Nozzle Number	K Factor	LITERS PER MINUTE @ BAR								Equivalent Orifice Dia. (mm)	Pipe Size	Dim. for Metal Only (mm)		Wt. (g) Metal Plas.	
			0.5 bar	0.7 bar	1 bar	2 bar	3 bar	5 bar	10 bar	30 bar			A	B		
1/8 or	NF01	0.228	0.16	0.19	0.23	0.32	0.39	0.51	0.72	1.25	0.66	1/8	22.2	11.1	28.4	7.09
	NF015	0.342	0.24	0.29	0.34	0.48	0.59	0.76	1.08	1.87						
	NF02	0.455	0.32	0.38	0.46	0.64	0.79	1.02	1.44	2.49						
	NF025	0.569	0.40	0.48	0.57	0.81	0.99	1.27	1.80	3.12						
	NF03	0.683	0.48	0.57	0.68	0.97	1.18	1.53	2.16	3.74						
1/4	NF04	0.911	0.64	0.76	0.91	1.29	1.58	2.04	2.88	4.99	1.32	1/4	27.0	14.3	42.5	10.6
	NF05	1.14	0.81	0.95	1.14	1.61	1.97	2.55	3.60	6.24	1.45					
	NF06	1.37	0.97	1.14	1.37	1.93	2.37	3.06	4.33	7.49	1.57					
	NF08	1.82	1.28	1.52	1.82	2.57	3.15	4.06	5.74	9.95	1.83					

Kuva 17. Valitut ilmapuhaltimien suuttimet [21.]

Molempiin ilmapuhaltimiin hankittiin uudet suuttimet, joilla ilmanpaine levittäytyy suuremmalle alueelle. Suuttimet hankittiin alihankkijalta nimeltä Hansa Engineering Oy.

### 6.5.5 Huolto ja käyttö

Reunanauhasysteemin huoltoa varten mietittiin ratkaisut sen hoitamiseksi. Suunnitelmassa päädyttiin siihen, että systeemin huolto on pääasiassa Stora Enso Oyj:n henkilöstön vastuulla. Tämä tarkoittaa sitä, että firman oma kunnossapito huoltaa resurssiensa mukaan koko leikkuria ja siihen liittyvää koneistoa. Mikäli resurssit eivät riitä, tässä tapauksessa huollosta vastaa ulkopuolinen taho.

Reunanauhasysteemiin liittyy useampia huoltokohteita. Reunanauhaputkistot oletettiin suhteellisen kestäviksi. Ainoiksi putkistojen huollettaviksi kohteiksi määritettiin kartonkisumput ja putkistojen kiinnitys. Putkistojen yleinen puhtaus oli syytä lisätä huoltoon.

Repijän/puhaltimen toiminnan varmistamiseksi laitteen huoltoon lisättiin puhaltimen sähkömoottorin huolto, repijän terien vaihto sekä koko laitteen puhtaus pölystä. Käyttöympäristönä oli halli ja käsiteltävänä materiaalina kartonki, joten on syytä miettiä pölyn poistamista jokaisesta laitteen elementistä. Ilmapuhaltimien huolto on yksinkertaista suorittaa. Puhaltimet tulee avata ja puhdistaa ylimääräisestä liasta, jotta ilma pääsee kulkemaan kanavia ja suuttimia pitkin mutkattomasti.

Kokonaisuudessaan koko systeemin huolto on suhteellisen helppo toteuttaa. Suurimpana ongelmana havaittiin liiallinen pölyisyys. Myös muu lika esimerkiksi öljy voi tuottaa ongelmia systeemin toimivuuden kanssa. Tästä johtuen ylimääräisen huollon lisäksi on syytä siivota koko arkkileikkuria liasta useamman kerran viikossa. Hyväksi keinoksi määritettiin ilmapistooleilla pölyn poistaminen ja tämän jälkeen imuroiminen. Tämä on helppo ja nopea keino pitää koko systeemi toimintakuntoisena.

Reunanauhasysteemin käyttöä varten määritettiin ohjeistus ja toimintaperiaatteet. Systemi suunniteltiin ylipäättänsä käyttäjäystävälliseksi. Tämän seurauksena käyttäjälle kohdistetut vastuut minimoitiin.

Reunanauhasysteemi toimii koneen ollessa käynnissä itsenäisesti. Käyttäjän vastuulle jää ilmapuhaltimien kytkeminen päälle tarvittaessa. Repijöiden yhteyteen asennettiin taajuusmuuttaja, jonka säätö asetteen mukaan on käyttäjän vastuulla.

## **6.6 Viimeistely**

Reunanauhasysteemin viimeistelyvaiheessa 3D-malli päivitettiin lopulliseen versioonsa. Tämän 3D-mallin pohjalta tehtiin osapiirustus sekä kokoonpanopiirustus. Osiin elementeistä tehtiin vielä pieniä muutoksia, esimerkiksi ilmapuhaltimien suuttimien valinnan kanssa.

Viimeistelyvaiheen aikana valituista elementeistä tehtiin kyselyitä toimittajille ja alihankkijoille. Näiden kyselyiden pohjalta saatiin aikaiseksi tarjouspyynnöt. Vielä tässä vaiheessa ei elementtejä tilattu, koska koko suunnitteluprosessi on tarkoitus tehdä vasta vuonna 2023. Tarjouspyyntöjen avulla pystyttiin tekemään koko suunnitteluprosessille karkea ja alustava kustannusarvio. Kustannusarvio kokonaisuudessaan tehtiin varsinaisen suunnitteluprosessin jälkeen omana kokonaisuutenaan. Tämä kokonaisuus löytyy opinnäytetyön lopusta.

## **7 Opinnäytetyön lopputulos**

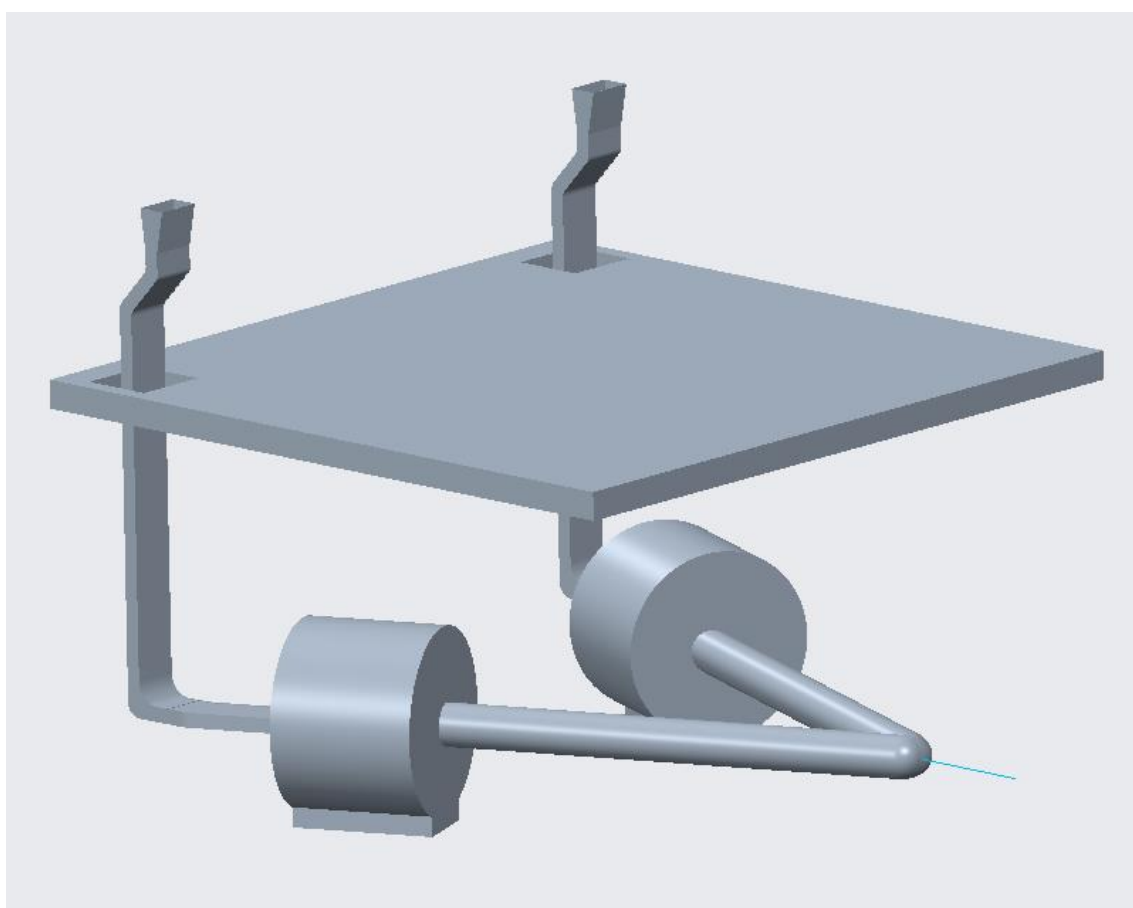
### **7.1 Lopputuloksen koonti**

Opinnäytetyön lopputuloksena muodostui suunnitelma reunanauhasysteemille, johon kuuluu reunanauhaputkistot, ilmapuhaltimet, repijät/puhaltimet ja taajuusmuuttaja. Tämän lisäksi reunanauhasysteemille suunniteltiin alustava

kustannusarvio. Kustannusarvio tehtiin tarjouskyselyiden ja jo olemassa olevan tietotaidon perusteella.

## 7.2 Reunanauhasysteemin kokoonpano

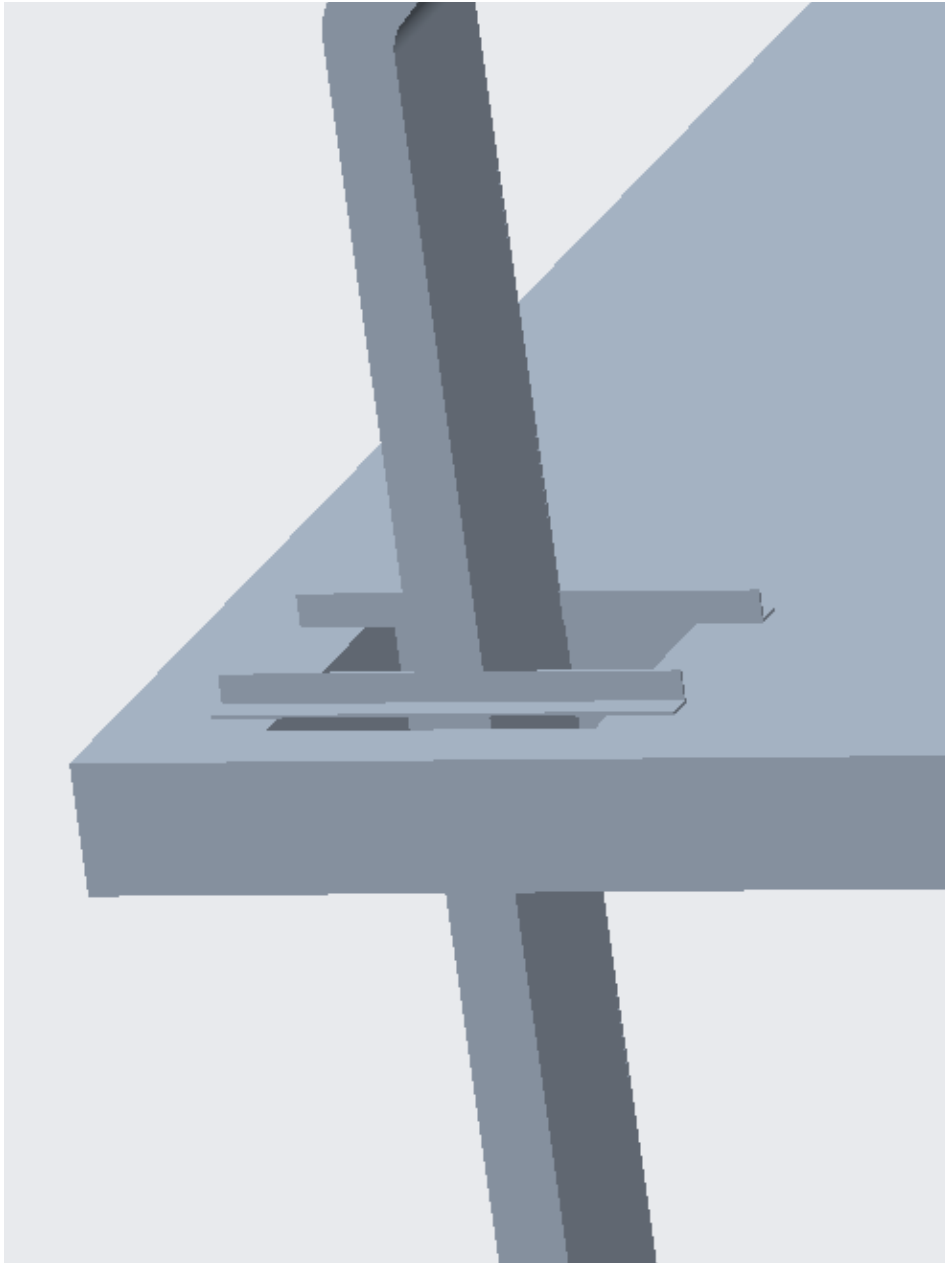
Lopputuloksena tuotettiin reunanauhasysteemin kokoonpanokuvat. Reunanauhasysteemin kokoonpano on esitettyä kuvassa 18. Kokoonpanoon on mallinnettu tilanteen havainnollistamiseksi kerrosten välillä oleva lattiarakenne sekä repijöiltä lähtevät putket.



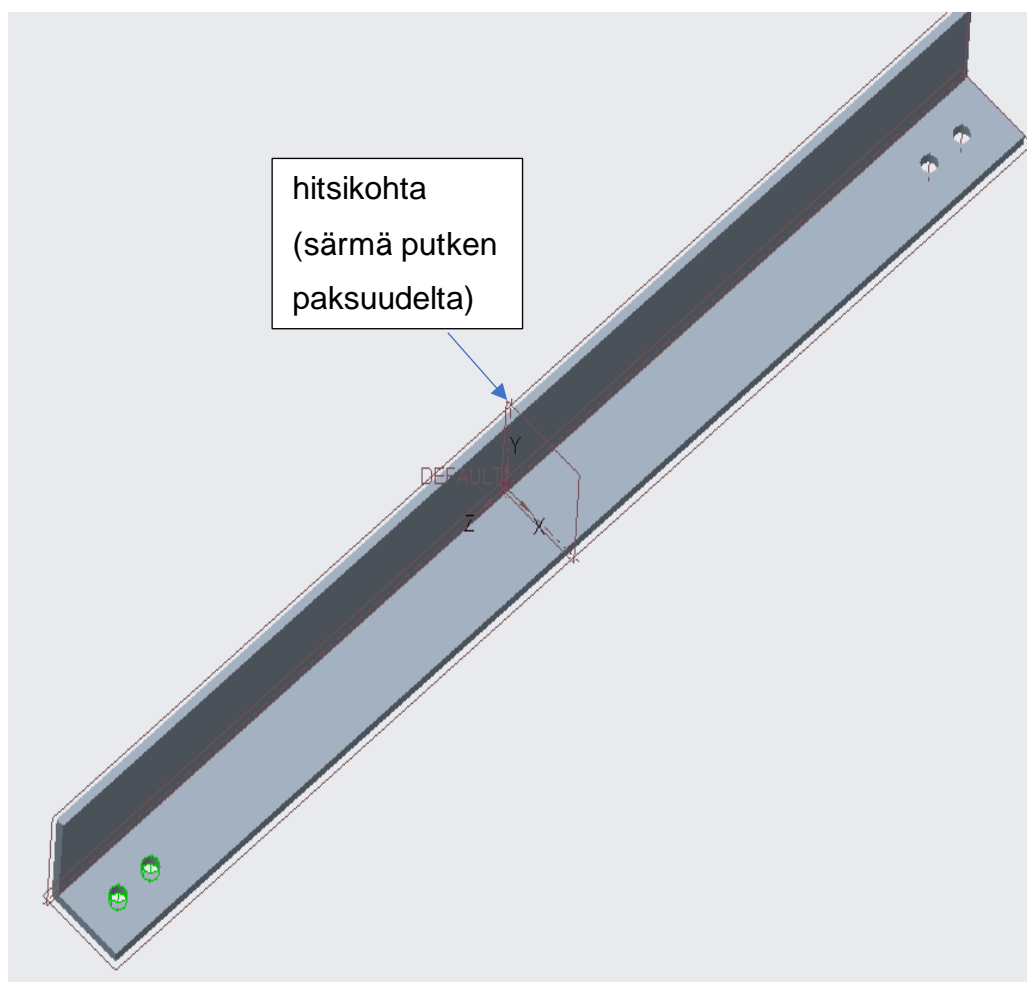
Kuva 18. Creo 6 -sovelluksella mallinnettu reunanauhasysteemi

Reunanauhasysteemin kokoonpano muodostuu putkistoista, repijöistä/puhaltimista ja ilmapuhaltimista. Ensimmäisenä kootaan reunanauhaputkistot repijöihin asti näille tarkoitettuihin tiloihin ja reitteihin. Reunanauhaputkistot kiinnitetään lattiaan metallipaloja hyödyntäen. Metallipalat

hitsataan putkistojen särmiin kiinni, jonka jälkeen palat pultataan lattiaan. Putkistot ja niiden kiinnitys on nähtävissä kuvissa 19 ja 20.



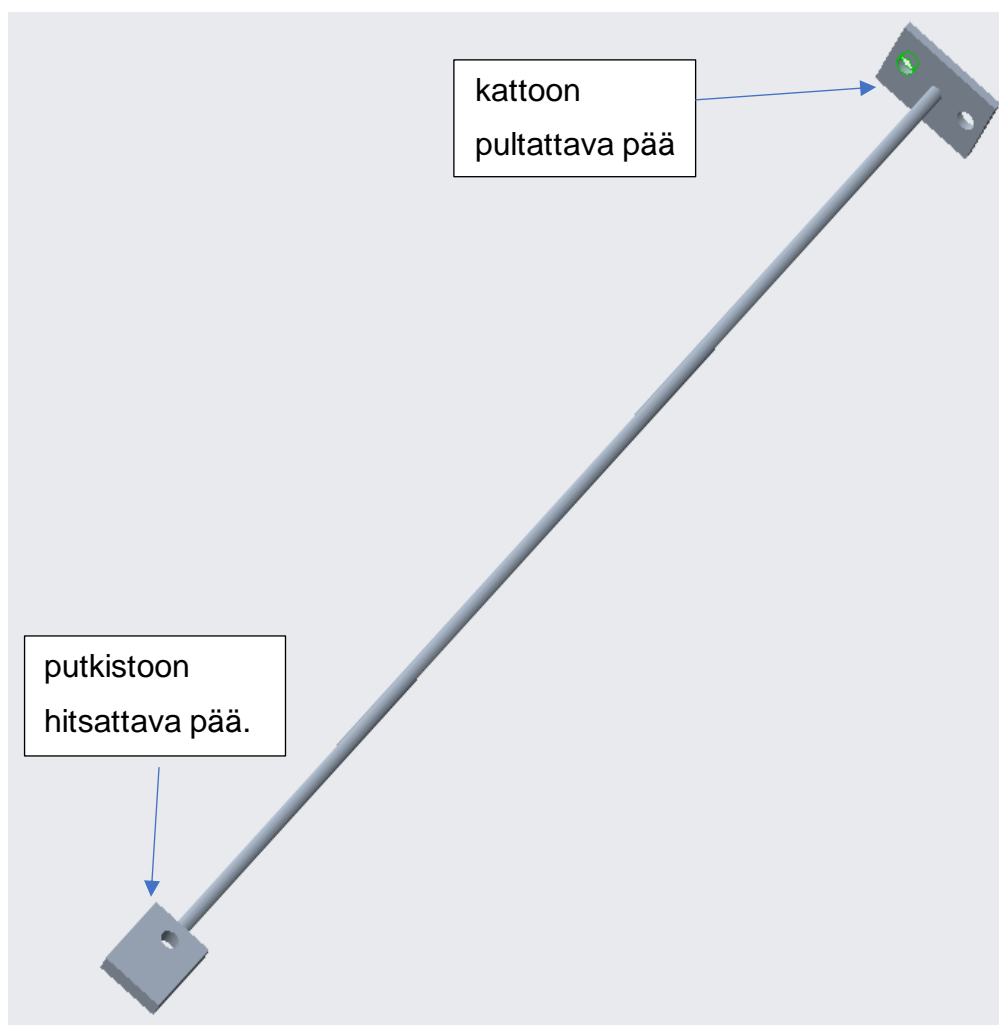
Kuva 19. Putkistojen kiinnitys lattiarakenteeseen.



Kuva 20. Creo 6 -sovelluksella mallinnettu kiinnitysmetallipala

Metallipala kiinnityksen lisäksi lattiatason suuntaiseen putkiston osaan suunniteltiin katossa kiinni oleva kiinnityssysteemi. Alla olevassa kuvassa 21 on esitetty kiinnityskappale.





Kuva 21. Creo 6 -sovelluksella suunniteltu kiinnityskappale

Putkistojen asennuksen ja kiinnityksen jälkeen repijät/puhaltimet kootaan omille paikoilleen ja kiinnitetään putkistojen alapäihin. Puhaltimien yhteyteen liitetään ja asennetaan samalla taajuusmuuttaja. Kuvassa 18 on esitetty molemmat kuvitteelliset repijät omilla paikoillaan. Mallinnuksessa ei käytetty oikeita repijöitä. Oikea kuva repijästä/puhaltimesta löytyy aiemmin tässä opinnäytetyössä.

Tämän jälkeen kiinnitetään loppuputkisto aina pulpperille asti. Putkiston alkupäät kiinnitetään molempiin puhaltimiin ja sen jälkeen yhdistyneet putket kiinnitetään pulpperiin. Kuvassa 18 on mallinnettu reunanauhasysteemin repijöiltä lähtevien putkistojen yhdistyminen. Tämä ei ole lopullinen ratkaisu. Stora Enso Oyj tekee omat ratkaisunsa tämän suhteen, joten se ei kuulu tähän opinnäytetyöhön.

Viimeisenä työvaiheena on jo olemassa olevien ilmapuhaltimien suuttimien vaihtaminen. Vanhojen suuttimien irrottaminen ja uusien asennus. Suuttimien materiaali on metalli kestävyysn ansiosta.

### 7.3 Kustannusarvio

Reunanauhasysteemiin kuuluvia kustannuksia ovat materiaalikustannukset ja työvoimakustannukset. Kaikki systeemiin kuuluvat elementit hankittiin alihankkijoilta. Hinnat muodostuivat karkeasti ajateltuna, koska tarkkojen hintojen saaminen on erittäin vaikeaa. Alla olevassa kuvassa 22 Excel- taulukkoon on laskettu kaikki projektiin liittyvät kustannukset.

Kustannuskohde	hinta (€)
putkistot (kpl)	2500
repijä/puhallin (kpl)	15000
suuttimet (kpl)	20
loppuputkisto	1500
taajuusmuuttaja	3000
asennustyö	2240
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>41780</b>

Kuva 22. Excel-taulukkoon tehty projektin alustava kustannusarvio

Putkistojen hinta-arvio perustuu teräsputken mittahintaan. Hinnan päälle on lisätty työlle karkea hinta-arvio. Kokonaisuudessaan putkistojen hinnaksi arvioitiin 2500 euroa kappaleelta.

Puhaltimen hinta-arvio jouduttiin päättelemään todella karkeasti. Asiasta jo aiemminkin mainittuna halutulla valmistajalla ei löytynyt tietoja tuotteistaan ulkopuolisille, joten hinta-arvio perustuu vanhaan Stora Enso Oyj:n saamaan tarjouspyyntöön. Santa Lucia TR-20 mallin hinta on ollut toukokuussa 2021 10225 euroa. Kustannusarvioon hinnaksi pykälää suuremmalle ja tehokkaammalle puhaltimelle kirjattiin 15000 euroa.

Suuttimien hinta vastaa todellisuutta. Hinta on noin 20 euroa jokaista suutinta kohden. Opinnäytetyön tekijä oli yhteydessä Hansa Engineering Oy:n toimihenkilöön, joka suositteli valittua suutinmallia. Taajuusmuuttajan hinta vastaa myös todellisuutta. Valittu taajuusmuuttaja maksaa noin 3000 euroa.

Loppuputkiston hinta perustuu ympyränmuotoisen teräsputken metrihintaan. Reunanauhasysteemiin tarvittavaksi määräksi arvioitiin noin neljä metriä. Tällöin loppuputkiston hinnaksi arvioitiin 1500 euroa. Tähän on lisätty kustannukset putkiston työstämisestä.

Asennustyön hinta perustuu tuntihintaan. Työn kestoksi arvioitiin 2 työpäivää kahdelta työmieheltä. Tämä tarkoittaa 32 tuntia. Työtunnin hinnaksi arvioitiin 70 euroa. Tämä hinta perustuu aiempaan kokemukseen samantyyilisestä työstä. Asennustyön hinta on kokonaisuudessaan 2240 euroa.

Reunanauhasysteemi muodostui kahdesta reunanauhaputkistosta, kahdesta puhaltimesta, kahdesta suuttimesta, loppuputkistosta ja taajuusmuuttajasta. Näiden materiaalikustannusten lisäksi työlle saatiin hinta-arvio. Kokonaisuudessaan projektin alustavaksi kustannusarvioiksi saatiin 38929 euroa.

## 8 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella uusi reunanauhasysteemi vanhan toimimattoman tilalle sekä lisäksi suunniteltiin reunanauhasysteemille alustava kustannusarvio. Työn suurimpana tavoitteena oli parantaa Inkeröisten kartonkitehtaan arkkileikkuri 4:n toimivuutta.

Suunnitteluprosessin pohjana käytettiin kirjallisuusosiossa esiteltyjä tuotekehitysmetodeja. VDI 2221, Ulrich & Eppinger -tuotekehitysprosessimalli ja Stora Enso Oyj:n kehitysprosessimalli toimivat koko reunanauhasysteemin suunnitteluprosessin pohjana. Kaikkia kolmea metodia hyödynnettiin työn aikana.

Elementtien suunnittelun apuna hyödynnettiin Creo 6 3D-mallinnusohjelmaa. Opinnäytetyötä tehdessä mallinnusohjelman käyttäminen tuli tutummaksi ja piirustusten tekoa tuli harjoiteltua. Ohjelmalla tehtyjä malleja ja piirustuksia hyväksikäyttäen valmistui projektille alustava kustannusarvio.

Tämä suunnitteluprosessi eteni omasta mielestäni isossa kuvassa kaikin puolin hyvin ja vaivattomasti. Prosessin aikana ilmeni muutama ongelmakohta, mutta niistä selvittiin hyödyntäen ohjaajieni ammattitaitoa. Suurimmat haasteet olivat uusien elementtien valinnassa. Tämä johtui siitä, että vanhan systeemin elementit olivat useita kymmeniä vuosia vanhoja, joten niiden tietoja ei löytynyt mistään. Tämä ongelma selvitettiin vertailemalla Inkeröisten kartonkitehtaan muita arkkileikkureita ja niiden elementtejä. Niiden avulla saatiin osviittaa siitä, minkälaisia elementtejä arkkileikkuri 4:lle olisi syytä hankkia. Toinen ongelma ilmeni uusien elementtien hommattaessa. Ongelmana oli alihankkijoiden valinta ja niiden kyvykyys tuottaa vaadittua lopputulosta.

Reunanauhasysteemin suunnitteluprosessista syntyi siihen liittyvän vaatimuslistan mukainen. Kaikki listan vaatimukset saavutettiin päivitetyn vaatimuslistan mukaisesti. Suunnitteluprosessin aikana tehtyjä muitakin

dokumentteja käytettiin hyväksi, esimerkiksi FMEA-riskianalyysiä ja ratkaisuvaihtoehtojen pisteytystaulukkoa tuli miettiä suunnittelutyötä tehdessä.

Jokaisesta projektista löytyy parannettavaa, tämä ei ollut poikkeus. Mielestäni suurin parannuksen kohde olisi voinut olla tarkempi kustannusarvio. Laadittu kustannusarvio oli hyvin ympäröidyllä summilla varustettu. Tämä johtui käytännössä siitä, että Stora Enso Oyj ei ollut vielä hankintavaiheessa, joten opinnäytetyöntekijä muodosti tässä vaiheessa vasta karkean arvion kustannuksista.

Reunanauhasysteemin suunnitteluprosessi oli ensimmäinen oikea projekti opinnäytetyöntekijälle. Kokemus oli erittäin opettava ja auttaa varmasti tulevaisuutta silmällä pitäen. Koko opinnäytetyön aikana sain ohjausta sekä toimeksiantajan että koulun puolelta. Tästä on syytä kiittää opinnäytetyön ohjaajaani Marko Tiaista sekä Stora Enso Oyj:n edustajia Esa Luomaa ja Esa Toikkaa.

## 9 Lähteet

1. Stora Enso. Stora Enso Oyj kotisivu. 2022. Päivitetty 23.09.2022. [Viitattu 28.09.2022.] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>
2. Stora Enso. Stora Enso Oyj kotisivu. 2022. Päivitetty 23.09.2022. [Viitattu 28.09.2022.] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/our-history>
3. Stora Enso. Stora Enso Oyj kotisivu. 2022. Päivitetty 23.09.2022. [Viitattu 28.09.2022.] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/ingerois-mill>
4. Stora Enso. Stora Enso Oyj kotisivu. 2022. Päivitetty 23.09.2022. [Viitattu 29.09.2022.] Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/products/paperboard-materials/food-service-and-packaging>
5. Jagenberg Paper. Jagenberg Paper kotisivu. 2022. Päivitetty 25.05.2022. [Viitattu 29.09.2022.] Saatavissa: <https://www.jagenberg-paper.com/retrofit/sheeters/>
6. Jokinen, T. Tuotekehitys. Aalto-yliopisto. 2010. Päivitetty 24.08.2012. [Viitattu 30.09.2022.] Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>
7. Osaava Yrittäjä. Osaava Yrittäjä kotisivu. 2022. Päivitetty 18.09.2022. [Viitattu 30.09.2022.] Saatavissa: <https://www.osaavayrittaja.fi/yritystoiminnan-kehitt%C3%A4minen/tuotekehitys>
8. Eficode. Eficode kotisivu. 2022. Päivitetty 22.09.2022. [Viitattu 01.10.2022] Saatavissa: <https://www.eficode.com/fi/ratkaisut/tuotekehityksen-tehostamisen-palvelut>
9. StoryboardThat. StoryboardThat kotisivu. 2022. Päivitetty 01.10.2022. [Viitattu 01.10.2022] Saatavissa: <https://www.storyboardthat.com/fi/luo/infographics-tuotekehitys>
10. Hietikko, E. Tuotekehitystoiminta. Helsinki: Books on Demand. 2015. ISBN: 978-952-330-065-1.
11. Mertanen, J. Kurssimateriaali: Tuotekehitys koneenrakentamisessa. Karelia-ammattikorkeakoulu. 2019.
12. Piironen, V. Diplomityö: Tuotekehitysprosessin suorituskyvyn parantaminen pienikokoisessa tuotekehitysorganisaatiossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2015.
13. Jänsch, J. & Birkhofer, H. The Development of The Guideline VDI 2221 - The Change of Direction. 2006. Päivitetty 20.01.2021. [Viitattu 03.10.2022.] Saatavissa: [file:///C:/Users/Omistaja/Downloads/ds36\\_348%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Omistaja/Downloads/ds36_348%20(1).pdf)
14. Pahl, G. & Beitz, W. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Suomen Metall-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto. 1990. ISBN: 951-817-468-7.
15. Eppinger, S. D. & Ulrich, K. T. Product Design and Development - 5th Edition. New York: McGraw-Hill. 2012. ISBN: 978-0-07-340477-6.
16. Ulrich, Karl T. & Eppinger, Steven D. Product Design and Development. Singapore, 2012. 415 s. ISBN 978-007- 108695.

17. Oikeusministeriö. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 2008. Päivitetty 06.10.2022. [Viitattu 13.10.2022.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400#a400-2008>
18. Stora Enso. Excel -esitys. Stora Enso Oyj EEM -malli. 2022.
19. Microsoft. Microsoft Tuki. WBS-koodien luominen Projectin työpöytäversiossa. 2022. Päivitetty 05.10.2022. [Viitattu 16.10.2022.] Saatavissa: <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/wbs-koodien-luominen-projectin-ty%C3%B6p%C3%B6yt%C3%A4versiossa-bb6a61aa-debd-4e38-8c04-8e2c1ae3cbda>
20. Ratekoulutus. Ratekoulutus.fi. Yleinen riskikartoitus (FMEA). 2019. Päivitetty 21.08.2019. [Viitattu 19.10.2022.] Saatavissa: <https://www.ratekoulutus.fi/koulutus/yleinen-riskikartoitus-fmea-1-pv/>
21. Hansa engineering. hansa-engineering.se. BETE katalogi. 2022. [Viitattu 03.12.2022.] Saatavissa: <https://hansa-engineering.se/content/uploads/2014/05/NF.pdf>
22. ABB. new.abb.com. Taajuusmuuttaja. 2022. Päivitetty: 02.12.2022. [Viitattu 03.12.2022.] Saatavissa: <https://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/acs880-single-drives>

## Alustava vaatimuslista

Muutos PMV.	KV, VV, T	Vaatus	Tärkeys
11.10.2022		GEOMETRIA	
	KV	systeemi on mahduttava nykyiseen työtilaan.	
	KV	Putkistojen oltava niin suuret, että reunanauhat eivät tee sumppuja.	
	KV	Putkistot oltava halkaisijaltaan oikeankokoiset mahtuakseen lattiassa olevista reistä.	
	KV	Putkistojen päät tulee olla lähempänä pituussuuntaisia teriä, jotta reunanauha pääsee mutkattomasti putkistoihin.	
11.10.2022		MATERIAALI	
	KV	Rasituksen kestävä rakenne.	
11.10.2022		TURVALLISUUS	
	KV	Systeemin turvallinen kiinnitys varmistettava.	
11.10.2022		KÄYTTÖYMPÄRISTÖ	
	VV	Käyttöympäristönä sisätilat.	
	VV	Kestettävä pölyä ja tärinää.	
11.10.2022		KUNNOSSAPITO	
	T	Helppo ja kätevä huoltaa ja korjata.	
12.10.2022		KOMPONENTIT	
	T	Ensisijaisesti kaikki komponentit omasta tai alihankkijan firmasta.	
	KV	Puhallus sekä terät samasta paineilmasta.	
12.10.2022		KÄYTTÖ	
	KV	Sumppujen poisto varmistettava.	
	KV	Käyttö oltava kaikilta osin turvallista.	
	KV	Reunanauhan päästävä putkistoihin pelkästään puhalluksen avulla.	
12.10.2022		VALMISTUS	
	KV	3 D-mallien ja niistä tehtyjen piirustusten mukaan	
12.10.2022		KUNNOSSAPITO	
	KV	Helposti siivottavissa	
	VV	Putkistot ja repijä avattavissa.	
	KV	Sumppujen poisto helposti tehtävissä.	
	T	Huoltovapaa	
12.10.2022		TARKASTUS	



	KV	tarkastus aina samalla kun kone pyörii.	
12.10.2022		KUSTANNUKSET	
	T	Materiaalikustannukset	
12.10.2022		AIKATAULU	
	VV	Suunnitteluprosessi valmis viimeistään 28.02.2022	

### **Vaatimusluettelo**

**KV= kiinteä vaatimus, VV= vähimmäisvaatimus, T=toivomus**

## Päivitetty vaatimuslista

Muutos PMV.	KV, VV, T	Vaatusmus	Tärkeys
11.10.2022		GEOMETRIA	
	KV	systemi on mahduttava nykyiseen työtilaan	
	KV	Putkistojen oltava niin suuret, että reunanauhat eivät tee sumppuja	
	KV	Putkistot oltava halkaisijaltaan oikeankokoiset mahtuakseen lattiassa olevista reistä	
	KV	Putkistojen päät tulee olla lähempänä pituussuuntaisia teriä, jotta reunanauha pääsee mutkattomasti putkistoihin	
26.10.2022	KV	Putkistojen päät tulee olla kiinni ohjausraudoissa	
11.10.2022		MATERIAALI	
	KV	Rasituksen kestävä rakenne	
26.10.2022	KV	Putkistoihin ei liian raskas materiaali	
11.10.2022		TURVALLISUUS	
	KV	Systemin turvallinen kiinnitys varmistettava	
11.10.2022		KÄYTTÖYMPÄRISTÖ	
	VV	Käyttöympäristönä sisätilat	
	VV	Kestettävä pölyä ja tärinää	
26.10.2022	KV	Käyttöympäristö jakautuu kahteen eri kerrokseen.	
11.10.2022		KUNNOSSAPITO	
	T	Helppo ja kätevä huoltaa ja korjata	
12.10.2022		KOMPONENTIT	
	T	Ensisijaisesti kaikki komponentit omasta tai alihankkijan firmasta	
	KV	Puhallus sekä terät samasta paineilmasta	
26.10.2022	VV	Repijöiden/puhaltimien imuteho oltava riittävä ja säädettävissä taajuusmuuntajalla	
	VV	Komponentit oltava mahdollisimman toimivia tähän systemiin	
	VV	Puhalluspaineen oltava suunnattuna mahdollisimman leveälle reunanauhassa	
12.10.2022		KÄYTTÖ	
	KV	Sumppujen poisto varmistettava	

	KV	Käyttö oltava kaikilta osin turvallista	
	KV	Reunanauhan päästävä putkistoihin pelkäästään puhalluksen avulla.	
26.10.2022	KV	Reunanauhan päästävä putkistoon puhaltimen puhalluspaineen sekä repijän imutehon avulla	
	T	Käyttö oltava mahdollisimman ergonomista työntekijöille	
12.10.2022		VALMISTUS	
	KV	3 D-mallien ja niistä tehtyjen piirustusten mukaan	
12.10.2022		KUNNOSSAPITO	
	KV	Helposti siivottavissa	
	VV	Putkistot ja repijä avattavissa	
	KV	Sumppujen poisto helposti tehtävissä	
	T	Huoltovapaa	
26.10.2022	VV	Kunnossapito on ulkopuolisen sekä firman sisäisen toimen käsissä	
12.10.2022		TARKASTUS	
	KV	tarkastus aina samalla kun kone pyörii	
12.10.2022		KUSTANNUKSET	
	T	Materiaalikustannukset	
	KV	kokoamiskustannukset	
12.10.2022		AIKATAULU	
	VV	Suunnitteluprosessi valmis viimeistään 28.02.2022	
26.10.2022	VV	Suunnitelma käytössä 2023 investointikorjauksessa	

### **Vaatimusluettelo**

**KV= kiinteä vaatimus, VV= vähimmäisvaatimus, T=toivomus**

## Alustava tuotespesifikaatio

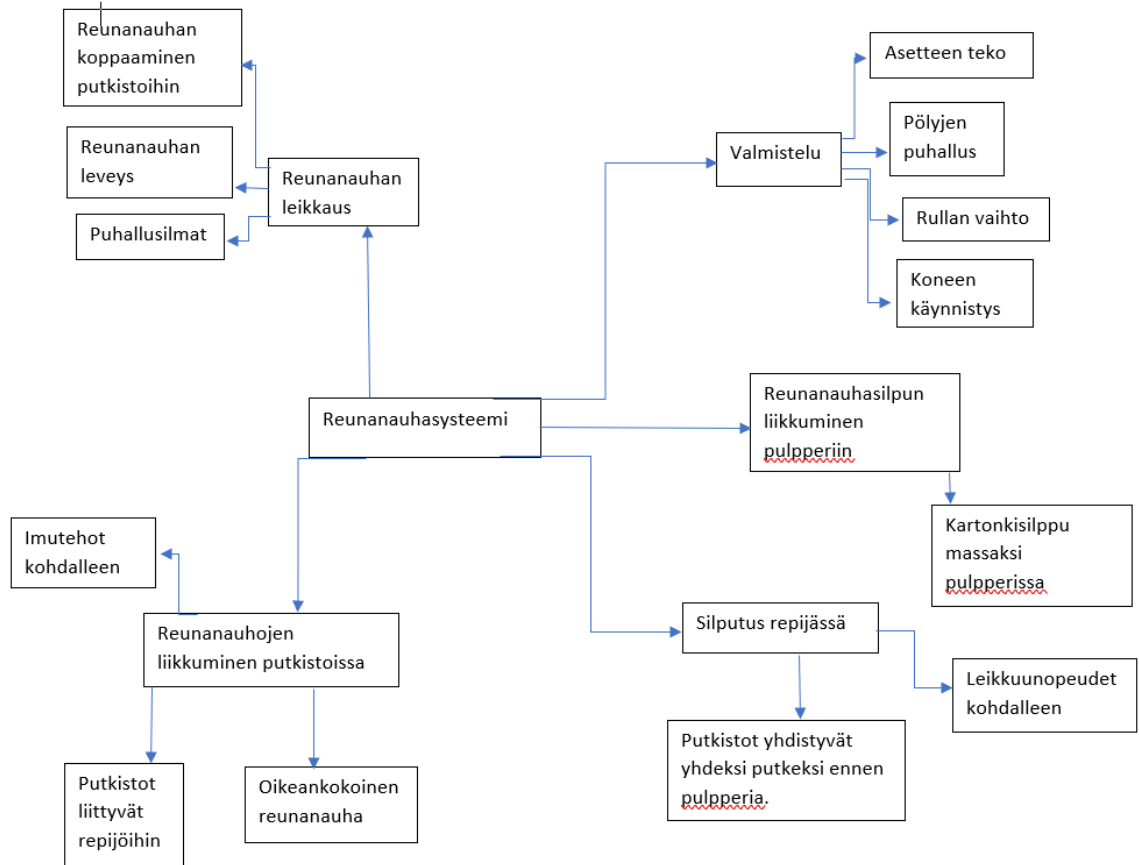
Vaatus	Spesifikaatio	Yksikkö	Tavoitearvo
Kustannukset	Materiaalikustannukset	€	kustannusarvio
Sumppujen mahdollisuus olematon	Sumppujen minimointi	%	0 %
Puhallusvoima riittävä	Puhallusvoima	N	
Helppo asentaa	Massa	kg	
Kiinnitettävissä lattiaan	Kiinnitystapa	Subj.	
Reunanauhojen koppaaminen teriltä mutkattomasti	Ulottuvuus	mm	
Ergonominen	Ergonomisuus	Subj.	Vähemmän työtaturmia



# FMEA-riskianalyysi

FMEA		Asiakas: <b>Stora Enso Oyj</b>		Osaajajäät: <b>Jere Laita-Kokko</b>												
Tuote: <b>Reunaurahasyseemi</b>		Pvm. laati: <b>19.10.2022</b>		Pvm. laati: <b>19.10.2022</b>												
Tuotteen:		Viim. muutos: <b>20.10.2022</b>														
Prosessin kuvaus	Mahdollinen virhe	Mahdollinen seuraus / merkitys	S	Mahdollinen esiintyminen / syy	D	Löytöminen / Tarkasusmenet.	D	R	Korjaukset toimet	Aikataulu-Yastuu	Tehy	S	O	D	D	R
projektin valinta	liian vaikea projekti	Opinneyhteisö ei saa projektia tehtyä ja Stora Enso joutuu tekemään sen itse.	5	ei koinn todemakoista, mutta sopivissa olosuhteissa mahdollinen.	2	Harataan varmasti opinneyhteisöjen tai toimeskintajan puolelta.	1	8	Opinneyhteisöjä mietti emien aiheen nähdään resurssiejan.	Opinneyhteisöjä	2	2	2	1	4	
Projektin määräys	ei määritellä kunnolla	opinneyhteisöjä ei saa eripäeeksi tieto aiheesta ehkäiseen projektin tai tiedon lmmäärityvään.	7	Voit helposti jäädä tekemättä perusteellisesti.	4	Ei koinn helposti haraita, etenkin jos määräys on tehty, mutta ei kunnolla lmmäärityvään.	7	106	Laaditaan ohjeistus, opinneyhteisöjä kysytään tarhteassa ja tehdään lmmäärityvään.	Toimeskintajaa (Stora Enso Oyj)	5	3	3	5	75	
Projektin aikataulu	jäädään jälkeen aikataulusta	projekti viivästyy	3	Epätodemakoinen	1	lmmäärityvään on haraitavissa varmasti.	1	3	lmyyvet viikkopöytävään.	Opinneyhteisöjä	2	1	1	10	20	
Projektin toimivuus konkreettisesti käytämissä	Ei pystytä todentamaan toimivaksi käytämissä	Toimintatodentaminen reunaurahasyseemillä	10	Epätodemakoinen mutta mahdollinen	4	Toimintatodentaminen vastata jalki käteen	3	120	Vanhan reunaurahasyseemillä hyväksikäyttö ja viikkopöytävään.	Opinneyhteisöjä ja toimeskintajaa	8	3	3	6	144	
Toimeskintajien	Ei vastaa kotoitua lmmäärityvään	projekti venyy, budjetti ylittyy, projekti väliäinen	7	Epätodemakoinen	3	Haraitavissa melko varmasti projektiin olessa liian pitkällä	2	42	Pajon yhteistyötä toimeskintajien ja viikkopöytävään.	Opinneyhteisöjä ja toimeskintajaa	6	2	2	1	12	
Reppojen lmmäärityvään	väärät reppät lmmäärityvään	suunnit	8	Mahdollinen mutta okeilla näinnoilla väitetävissä	4	Haraitavissa melko varmasti projektiin olessa liian pitkällä	2	64	Verrataan vanhan systeemin reppään ja käytetään hyviä näinnoitä.	Opinneyhteisöjä	7	3	3	1	21	
Praktiinen puhallusvoima ei nää	liian tehottomat puhallusvoimat	suunnit	8	Mahdollinen mutta okeilla näinnoilla väitetävissä	4	Haraitavissa melko varmasti projektiin olessa liian pitkällä	2	64	Laskeetaan puhallusvoimat	Opinneyhteisöjä	7	2	2	1	14	
Puikkujen määrittäminen	liian ahtaat tai puutteelliset	suunnit ei mahdu haluttuun tilaan	9	Mahdollinen mutta okeilla näinnoilla väitetävissä	3	Harataan varmasti toimeskintajan puolelta.	1	27	Laskeetaan puikkujen määrittäminen uudelle max reunaurahalle.	Opinneyhteisöjä	7	2	2	1	14	

# Osatoimintojen ideointi



## Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot

Osatoiminto	Ratkaisuvaihtoehdot		
	1.	2.	3.
Tilauskohtaisen asetteen teko	Yhteisen tekotavan mukaan	Itselleen parhaimman tavan mukaan.	Jaetaan tehtävät 2 operaattorin kesken.
Mahdollinen rullan vaihto	Ennen asetteen tekoa	Jälkeen asetteen teon	-
Koneen käynnistys	Ohjeen mukaan	-	-
Puhallusilmat päälle	Yksi puhallin	kaksi puhallinta	
Reunanauhan koppaaminen putkistoihin	Putkistojen päät lähemmäksi rataa sekä 2. ja 3. vaihtoehto	Puhallussuuttimien vaihto.	Repijöiden imuteho säätö
Imutehot kohdalleen	Manuaalinen	Automaattinen	Manuaalinen ja automaattinen
Putkistojen yhdistyminen repijöihin	yksi repijä	kaksi repijää	
Putkistojen yhdistyminen ennen pulpperia	kyllä	ei	-



# Ratkaisuvaihtoehtojen pisteytystaulukko

		Vaatimuslista	Laatukaavio	Koneturvallisuus	Käyttöympäristö	KA
<i>Tilauskohtaisen asetteen teko</i>	Yhteinen tapa	4	3	5	3	3,75
	Sopivin itselle	4	4	4	4	4
	Jaetaan tehtävät	5	4	5	4	4,5
<i>Mahdollinen rullan vaihto</i>	Ennen asetetta	4	3	5	5	4,25
	Jälkeen asetteen	4	2	4	5	3,75
<i>koneen käynnistys</i>	Ohjeen mukaan	5	5	5	5	5
<i>Puhallusilmat</i>	yksi puhallin	4	3	4	4	3,75
	kaksi puhallinta	5	4	4	4	4,25
<i>Reunanauhan koppaaminen</i>	Putkistojen päät lähemmäksi rataa+2 ja 3 vaihtoehto	5	5	5	5	5
	Puhallussuuttimien vaihto	3	4	3	4	3,5
	Repijöiden imutehon säätö	4	3	4	4	3,75
<i>Imutehot</i>	Manuaalinen	3	3	2	3	2,75
	Automaattinen	4	3	3	3	3,25
	Molemmat	5	4	5	4	4,5
<i>Putkistojen yhdistyminen repijöihin</i>	Yksi repijä	3	4	3	4	3,5
	Kaksi repijää	5	5	4	4	4,5
<i>Putkistojen yhdistyminen ennen pulperia</i>	Kyllä	5	4	5	5	4,75
	Ei	2	3	2	2	2,25

1=Toteutuu hyvin vähäisesti

2=Toteutuu osittain

3=Toteutuu suurimmalta osaltaan

4=Toteutuu lähes täysin

5=Toteutuu täysin