



# jamk

## Ketjukiristimen tuotekehitys

Esa Leino

Opinnäytetyö, AMK

Maaliskuu 2024

Insinööri (AMK), Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**Leino, Esa**

## **Ketjukiristimen tuotekehitys**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Maaliskuu 2024**, 34 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

## **Tiivistelmä**

Opinnäytetyö oli tuotekehitysprojekti Valmet Technologies Oy:lle. Tuotteelle tuli tarve paperi- ja kartonkikoneiden konelevyysien yleistyessä isompaan kokoluokkaan. Tuotteesta on kaksi edeltävää tuotemallia ja ilmeni tarve välimallin teholuokalle. Työssä myös on huomioitava, että kyseinen ketjukiristin tyyppi tuodaan myös puristinosan käyttöön eli ympäristövaatimukset muuttuvat aiemmista toimintakohteista.

Tutkimusasetelmana tässä työssä toimii tuotekehitystyö. Tuotteen kehittämisessä hyödynnettiin aiempaa kokemusta sekä uusia näkökulmia tuotteen toimivuuden takaamiseksi.

Työssä luotiin kaksi tuotekonfiguroitua 3D-tuotemallia, jotka ovat parametrisoituja. Tuotteista on lukuisia variaatioita, joita voidaan ohjata parametreillä. Tuotteella voidaan vaikuttaa kokonaiskustannuksiin suunnittelun ja valmistuksen osalta. 3D-tuotemalli nopeuttaa suunnitteluvaihetta merkittävästi. Toistuva samankaltaisten tuotteiden valmistaminen edistää valmistusprosessia. Variaatioilla voidaan myös rajata virheiden mahdollisuutta pienemmäksi. Tuotteen käyttöä helpottamaan on luotu koko tuotteen kattavat ohjeet.

Johtopäätöksenä työssä onnistuttiin luomaan mallit kuivatusosan ja puristinosan kiristimille, jotka ovat yksinkertaisia käyttää. Tavoitteena oli luoda toimiva, helppokäyttöinen ja työtä nopeuttava välimallin 3D-tuotemalli ja siinä tehtävässä on onnistuttu.

Tahdon kiittää Valmet Technologies Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä kyseinen tuotekehitystyö. Haluan myös kiittää projektissa mukana olleita asiantuntijoita.

## **Avainsanat (asiasanat)**

Tuotekehitys, Paperikoneet, Kartonkikoneet, Valmet Technologies Oy, Paperiteknologia, Kiristin, Paperi, Kartonki, Puristinosa, Kuivatusosa, 3D-suunnittelu

## **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Leino, Esa**

### **Product development of chain stretcher**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, March 2024, 34 pages

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

This thesis was a product development project for Valmet Technologies Oy. Product development became necessary because cross width of paper and board machines have increased in larger size class. There are two previous product models of chain stretcher but now there is need for middle size chain stretcher. In this project we must pay attention of new surrounding of chain stretcher. Chain stretchers haven't been used in press section before.

Study design of this project was a product development. This development project used previous knowledge and data from previous chain stretchers. There were also improvements from previous chain stretchers.

In this project we developed two parametrical 3D-product models. Products have numerous variants which are controlled by parameters. With these 3D-product models we can lower cost of design and manufacturing chain stretchers. 3D-product models lower the designing time significantly. Also repeated manufacturing of same kind of models lowers manufacturing time of products. With less variants we can lower possibility of mistakes in 3D-design. To easier design of models, we made comprehensive user manuals.

In this project we successful made a simple to use 3D-product model for press section and dryer section chain stretchers. Our goal was to make simple to use 3D-product model which shortens the design time of these middle size chain stretchers.

I want to thank Valmet Technologies Oy for opportunity to be part of this development project. I also want to thank specialists that took part of this product development.

### **Keywords/tags (subjects)**

Product development, Paper machines, Board machines, Valmet Technologies Oy, Paper industry, Stretchers, Paper, Carton, Press section, Dryer section, 3D-design

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>5</b>
1.1	Valmet Technologies Oy.....	6
1.2	Kehitystyön tavoitteet.....	7
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>7</b>
2.1	Tuotekehittämistyö .....	7
2.2	Tutkimusasetelma .....	7
2.3	Tutkimusaineisto .....	9
2.4	Luotettavuusvarauma .....	9
2.5	Eettiset periaatteet .....	10
2.6	Aiheen rajaus.....	10
<b>3</b>	<b>Tuotekonfigurointi</b> .....	<b>10</b>
3.1	Tuotekonfiguroinnin työvaiheet .....	11
3.2	Tuoteparametrointi.....	12
3.3	Modulointi.....	13
<b>4</b>	<b>Nykytilanne</b> .....	<b>16</b>
4.1	Mikä kiristin on?.....	16
4.2	Tuotemalli .....	21
<b>5</b>	<b>Tuotekehityksen eteneminen</b> .....	<b>22</b>
5.1	Lähtötietojen kerääminen.....	23
5.2	Laskenta.....	24
5.3	Mallintaminen .....	29
5.4	Käyttöohjeet.....	31
<b>6</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>33</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>35</b>

## Kuviot

Kuvio 1	Valmet Oyj logo (Valmet n.d.).....	6
Kuvio 2	DSM taulukko. (Design Structure Matrix (DSM) n.d.) .....	14
Kuvio 3	MFD menetelmän vaiheet. (Modular Function Deployment(MFD) n.d.) .....	15
Kuvio 4	Gunnar Erixonin luoma MIM kaavio pölynimurista. (Erixon 1996.) .....	15
Kuvio 5	Kaksi huopa kiertoa puristin osalla. Kuvaan vahvistettu vihreällä huopakiertojen reitit ja punaisella kiristimen sijainti. (Valmet roll cover applications n.d.) .....	17

Kuvio 6 Valmetin OptiRun Single kuivatusosa. Kuusi kuivatusryhmää. Kiristimen paikka osoitettu vihreällä nuolella. (Dryer Stetchers Sales n.d.) .....	18
Kuvio 7 Paperikoneen hammastankokiristin. (Maintenance and operation of press stretchers and guides 2022.).....	19
Kuvio 8 Ketjukiristimen toimintaperiaate. (Valmet Stretchers Sales n.d.) .....	20
Kuvio 9 Ketjukiristin. ....	21
Kuvio 10 Akseli. ....	24
Kuvio 11 Akselin heikoin kohta. ....	25
Kuvio 12 Loven muotoluku arvon määrittäminen (Stress Concentration Factors for Shafts and Cylinders n.d.) .....	26
Kuvio 13 Esimerkki variaation valitsemisesta .....	29
Kuvio 14 Valmiiksi mallinettu puristimen ketjukiristin variaatio ilman lisävarusteita. ....	31

## **Taulukot**

Taulukko 1 Konfiguroinnin vaatimusryhmät. (Martio 2015, 188-189).....	12
Taulukko 2 Käyttöakselin varmuuskertoimen laskenta eri materiaaleilla.....	28

## Käsitteet

### Parametri

Parametrinen 3D-malli elää automaattisesti asetettujen arvojen mukaisesti. Yksittäisellä parametrimallilla voidaan ohjata esimerkiksi kappaleen kokonaispituutta ilman että muutetaan yksitellen josta osaa tai reikien lukumäärää, jolloin se muuttuu kappaleessa ja vastakappaleessa samanaikaisesti. (Langnau n.d.)

### Mekaaninen massa

Mekaaninen massa on paperikoneessa käytettävä raaka-aine. (KnowPap n.d.)

### Kemiallinen massa

Kemiallinen massa on paperikoneessa käytettävä raaka-aine. Mekaanisesta massasta poikkeen sulfiittikäsittely. (KnowPap n.d.)

### Puristinosa

Puristinosan tehtävä paperikoneessa on puristaa kosteutta pois rainasta. Puristus tapahtuu nippejä, imu- ja Sym-teloja hyödyntämällä. Puristinosaalla on saatava kuiva-aineistoisuus 40–55 prosenttiin. (Valmet Pressing n.d.)

### Kuivatusosa

Kuivatusosa kuivattaa paperia tai kartonkia haihuttamalla vettä. Haihuttamiseen tuleva lämpö tulee joko johtamalla, lämmönsiirtovälineitä käyttämällä tai säteilyn avulla. (KnowPap n.d.)

### Variantti

Variantit tai variaatiot kuvaavat samankaltaisen tuotteen pieniä eroavaisuuksia. Eroavaisuudet voivat olla esimerkiksi värissä, koossa, valmistusmateriaalissa, kokoonpanossa tai rakenteessa. Eroavaisuuksia voi olla useita mikä tarkoittaa, että samankaltainen kokoonpano eri variaatioissa voi sisältää eri osia, mutta silti säilyttää pääalueet sekä toimintatavat samankaltaisina. (Martio 2015, 83–84.)

**Huopakierto**

Huopakierrossa huopa kiertää puristinosalla imien vettä pois massasta. (KnowPap n.d.)

**Raina**

Raina on puristinosalla kulkeva kuitumatto, joka kuljettaa massaa. (KnowPap n.d.)

**Nippi**

Nippi on kahden telan välinen puristus. (KnowPap n.d.)

**FEM**

Westerlundin mukaisesti ”FEM-laskenta eli FEM-analyysi (Finite Element Method) on menetelmä, jolla voidaan tutkia rakenteiden ominaisuuksia ja selvittää esimerkiksi niiden jännitykset, siirtymät ja värähtelyominaisuudet.” (Westerlund n.d.). Toisin sanoen, tuotteelle tehdään lujuuslaskennallinen tarkastelu, jonka avulla voidaan havaita tuotteessa olevat jännityskeskittymät. (Huld n.d.)

# 1 Johdanto

Tässä työssä teemme tuotekehitystyön ketjukiristimelle. Kyseisiä toimilaitteita on tehty yrityksessä aiemminkin, mutta nyt on ilmennyt tarve uudelle teholuokalle. Kiristimet ovat oleellinen osa paperi- ja kartonkikoneiden toimintaa. Tästä syystä kyseisiä tuotteita kehitetään toimimaan paremmin asiakkaiden tarpeisiin. Kiristimiä on paperi- ja kartonkikoneissa useita eli tuotteen valmistus- ja huoltokustannuksien pienentäminen tuo merkittävää etua yritykselle ja yrityksen asiakkaille.

Tämä työ toteutettiin uusien innovaatioiden ja modularisoimisen tueksi. Työssä suunnittelemme ja mallinamme uuden teholuokan ketjukiristimen. Uudessa ketjukiristimessä muutamme kiristysvoiman lisäksi telan siirtovaunun liikkumisnopeutta. Tuotteen fyysinen koko pidetään samana kuin alemman teholuokan ketjukiristimessä, poissulkien laakeriväli. Tästä syystä tuotteeseen tehdään lujuuslaskentoja sekä tarvittavia materiaalimuutoksia kestävyuden takaamiseksi.

Tuotekehityksen tavoite on saada tuotemalli uudesta kiristimen teholuokasta, jossa on aiempaa nopeampi vaunun siirtonopeus. Tuotemallin on oltava helppokäyttöinen ja suunnittelua nopeuttava. Tuotteen käyttöä varten luodaan käyttöohjeet, joiden avulla voidaan kopioida tuote tuotemallista projektimalliksi. Ohjeessa myös käydään läpi, kuinka mallia käytetään tavoitellun lopputuloksen saamiseksi.

Projektin rakenne on kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa tuotteesta tehdään alustavaa tiedonkeruuta sekä laskentaa. Toinen vaihe on varsinainen 3D-mallintamis- ja suunnitteluvaihe. Kolmannessa vaiheessa tehdään tuotteen käyttöohjeistus. Tuotteesta kerätään materiaalit talteen yrityksen verkkoon myöhempiä jatkotoimia tai tulevia tuotekehityksiä varten, sekä niiden tueksi.

Opinnäytetyö rajataan kuvaamaan projektin kulkua. Lisäksi opinnäytetyössä kuvataan teoriapohjaisesti oleellisia tuotteeseen liittyviä asioita. Työhön oleellisesti liittyviä asioita ovat käyttöohjeet, tuotemallit sekä itse tuote.



## 1.1 Valmet Technologies Oy



Kuvio 1 Valmet Oyj logo (Valmet n.d.)

Valmet on maailman johtava energia-, sellu- ja paperiteollisuuden teknologia-, automaatio- ja palvelutoimittaja. Valmet pystyy toimittamaan kaikki paperin tai kartongin valmistamiseen vaadittavat palvelut. Valmet tarjoaa sellutuotelinjoja asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Sellutehtaisiin tarjotaan älykkäitä, integroituja ja kokonaisia prosesseja mekaanisen ja kemiallisen massan valmistukseen Valmetin kehittyneen kuituteknologian ansiosta. Valmet on toimittanut yli 900 paperikonetta ja 700 kartonkikonetta globaalisti asiakkaille. Valmet tarjoaa konelinjojen lisäksi myös apua asiakkaille tuotannon suunnittelussa, toteutuksessa, asennuksessa ja koulutuksessa. (Valmet n.d.)

Valmet Technologies Oy on Valmet Oyj:n teknologiapuolen tytäryhtiö, eri työnantaja. Valmet Technologies Oy tarjoaa palveluita sellu-, kuitu-, kartonki-, paperi-, pehmopaperi- ja energiateollisuuteen. Valmet Technologies mahdollistaa suorituskyvyn maksimoimisen yhdistämällä prosessiteknologiat, automaatiot sekä luotettavuus- ja suorituskykypalvelut. Valmet Technologies Oy toimii Jyväskylässä Rautpohjan toimitiloissa. (Valmet Teknologiat n.d.)

Valmet Oyj:n ensimmäiset askeleet ovat 1750-luvulta. 1750-luvulla Viaporin linnoituksessa toimi allastelakka, joka myöhemmin 1900-luvulla päättyi Suomen valtiolle. Myös toinen yritys nimeltä Tamfelt Oy (perustettu vuonna 1797) on päätynyt osaksi Valmetin Palvelut liiketoimintaa. Tämän jälkeen Valmet on laajentanut osaamistaan ostamalla ja yhdistämällä yrityksiä omaan toimintaansa. Muutamia paperi- ja kartonkikoneisiin vaikuttavia yrityksiä ovat esimerkiksi Beloit Corporation Inc. ja AB Karlstad Mekaniska Werkstad. (Valmet historia n.d.)

Valmet aloitti paperikoneiden valmistuksen Jyväskylän Rautpohjassa 1950-luvulla ja toimitti ensimmäisen paperikoneensa vuonna 1953. Vuonna 1960 Valmet oli jo kansainvälisesti merkittävä paperikoneiden valmistaja. 1980- ja 1990-luvulla Valmet luopui laivanrakennuksesta, traktoreiden sekä hissien- ja kiskokalustuksen valmistamisesta. Valmet alkoi keskittämään osaamistaan voimakkaasti paperikoneisiin ja niiden teknologioihin. (Valmet historia n.d.)

## **1.2 Kehitystyön tavoitteet**

Tavoitteena kehitystyössä on saavuttaa taloudellisia säästöjä ja lopputuotteen laadunparantamista. Taloudellisia säästöjä tulee konelinjan tuotteiden valmistuksesta, yhtenäistämistä sekä suunnittelunopeuden lisäämisessä. Tuotteen ollessa parametrisoitu 3D-tuotemalli, sen suunnittelunopeus kasvaa merkittävästi. Tuotemallit vaikuttavat myös valmistus- ja asennuskuluihin pienentävästi. Tuotteen samankaltaisuus tuo nopeutta tuotteiden valmistamiseen ja asennukseen.

## **2 Tutkimusasetelma**

### **2.1 Tuotekehittämistyö**

Tutkimus tehdään tuotteen kehittämistyönä. Opinnäytetyö pohjautuu projektiin, jossa luodaan uusi tuote osaksi tuoteperhettä. Tuotteesta tehdään tuotemalli, jota voidaan hyödyntää yrityksen projekteissa. Tuote tulee uutena tuotteena puristinosalle. Kuivatusosalla tuote tulee osaksi tuoteperhettä. Kuivatusosalla on vastaavaa tuotetta käytetty eri teholuokissa.

Tuotteen kehittämistyöllä pyritään saavuttamaan taloudellista ja teknistä hyötyä yritykselle ja yrityksen asiakkaille uusissa konelinjoissa ja konelinjojen uusinoissa. Tuotekehityksessä sovelletaan aiemmin kerättyä tietoa tuotteen hyötyjen maksimoimiseen. (Tilastokeskus n.d.)

### **2.2 Tutkimusasetelma**

Tutkimus toteutetaan tuotekehittämistyönä. Tässä työssä tuotekehitystyöllä tarkoitetaan olemassa olevien tulosten ja käytäntöjen perusteella havaittuja tarpeita luoda uusi tuote nykyisiin koneityyppeihin (Tutkimus- ja kehittämistoiminta n.d.).

Tuotekehitys on prosessi, jossa luodaan uusi tuote auttamaan yritystä tai yrityksen asiakkaita saamaan tuotannostaan tehokkaampaa tai tuotteestaan paremman. Tuotekehitys on asiakkaan tai yrityksen tarpeiden edistämistä, jolla yleensä haetaan hyötyä kustannustehokkuudessa tuotteen, asiakkaan tai yrityksen vaatimusten mukaisesti. Prosessina tuotekehitys on joukko erilaisia toisiinsa liittyviä työvaiheita. Työvaiheet kulkevat suunnittelun ja valmistuksen välillä samalla huomioiden tuotteen kustannuksia ja tuotteesta saatavaa taloudellista hyötyä. Tuotekehityksessä hyödynnetään aiemmin kerättyä tietoa tuotteista tai palveluista. Tuotekehitys tässä työssä on perinteisempi eli uuden tuotteen luomista, mutta tuotekehitys on nykyaikana myös tietoteknisten ohjelmistojen ja palveluiden kehittämistä. (Mynott 2012.)

Tuotekehitys on tärkeä osa menestyviä yrityksiä, jotka tuottavat omia tuotteitaan. Tuotekehitystyö on ollut olennainen osa yritystoimintaa jo kymmeniä vuosia. Tuotekehitys on yleistynyt 90-luvun jälkeen ja on nykyaikana joidenkin yritysten ainoa toimeentulo. Tuotekehityksen yleistyminen on tullut suureen rooliin nykyajan nopean tuotannon vaatimusten ansiosta. Tuotannon maksimointi vaatii jatkuvaa tuotteiden kehitystä. (Mynott 2012.)

Tuotekehityksen alkuvaihe on markkinoinnin selvitys asiakkaiden tarpeista ja vaatimuksista sekä markkinointisuunnitelman tekeminen. Tuotekehityksen lopputuloksena on luonnokset, laskelmat, työpiirustukset, osaluettelot, materiaalivalinnat ja valmiiseen tuotteeseen liittyvät tarvittavat dokumentoinnit. Tuotekehitys on pääsääntöisesti insinööriyön ja markkinoinnin vastuulla. Myös Mynott (2012) toteaa samoin kuin Simula, Lehtimäki, Salo ja Malinen (2009), että tuotekehityksellä ei aina haeta markkinoiden johtoasemaa, vaan asiakkaiden tarpeiden täyttämistä. (Simula, Lehtimäki, Salo & Malinen 2009, 17–18.)

Tässä työssä on kyse aiemman muuttamisesta vastaamaan nykyisiä vaatimuksia eli tutkimusasetelmana on muunnos aiemmasta. Nykyisten konelevyyksien ja teholuokkien vaatimusten mukaisesti on tehtävä tuote, joka vastaa tarpeeseen. Tuotteen suunnittelussa on siis vahvasti paneuduttu muiden teholuokkien vastaaviin komponentteihin, jotta voidaan pitää yllä samankaltaista tuotteen käytettävyyttä ja suunnittelua. Tuotteiden samankaltaisuus tuo hyötyä tuotemallien ylläpidon, suunnittelun ja valmistuksen kanssa. (Vesterinen n.d.)

## 2.3 Tutkimusaineisto

Pääsääntöisenä aineistona tutkimuksessa toimii yrityksen aiemmat kokemukset ja tulokset. Vastaavia tuotteita on käytetty useita vuosia Valmet Oyj:n valmistamissa paperikoneissa. Tutkimusaineistoa on kerätty vuosien ajan, ja läpi tutkimuksen olemme tehneet tiivistä yhteistyötä suunnittelun ja tuotepäälliköiden kanssa. Tutkimuksessa käytettävä tutkimusaineisto on pääsääntöisesti yrityksen sisäistä dataa, joka on kriittistä yritystoiminnan johtoaseman ylläpitämiseen kyseisien tuotteiden parissa. Tästä syystä yrityksen sisäistä dataa jaetaan työhön harvasanaisesti yrityssalaisuuksien säilyttämiseksi.

Aineistonkeruuta on tehty teema- ja avoinhaastattelutyypillisesti viikoittaisissa palavereissa. Haastatteluiden kysymykset ovat määräytyneet suunnitteluprosessin edetessä tulleissa kysymyksistä. Haastatteluissa on ollut paikalla muun muassa kiristimien tuotepäällikkö ja pääsuunnittelijoita. Haastatteluilla on pystytty tarkentamaan ongelmat ja niiden ratkaisut.

Teoriaosuuden aineisto on kerätty luotettavista lähteistä yrityksiltä, jotka ovat erikoistuneet kyseisiin tuotteisiin, tai tutkimuksista, jotka liittyvät näihin tuotteisiin tai toimintatapoihin. Aineistoja tutkiessa on suhtauduttu kriittisesti tietojen pitävyyteen ja pyritty tarkistamaan tutkitut asiat useammasta lähteestä.

## 2.4 Luotettavuusvarauma

Tutkimuksessa käytettyjä ulkoisia lähteitä on tulkittu kriittisesti ja perehdytty käsitteisiin eri lähteitä vertailemalla. Työntekijä on kokenut suunnittelija ja työssä on ollut jatkuva viikoittainen seuranta, jossa tuotepäälliköt ja pääsuunnittelijat ovat voineet todeta tuotekehitykseen liittyvän aineiston olevan luotettavaa. Käsitteiden ja toimintatapojen selventämiseen käytetyt lähteet ovat tarkoin harkittuja ja valittuja. Yrityksen sisäisistä materiaaleista ei jaeta yrityksen ulkopuoliseen tietoon muuta, kuin yleisistä verkkojulkaisuista löytyvää tietoa.

Lähteiden valinnassa hyödynnetään pitkää kokemusta kyseisistä työtehtävistä. Lähdekriittisyyttä yritykseltä saataviin tuotetietoihin on arvioinut myös työntekijä sekä muut kokeneet suunnittelijat.

Lähdekriittisyyttä on arvioitu myös yritykseltä saadun tiedon kohdalla. Tietoa on pyritty vertaamaan muihin lähteisiin lähdetiedon varmentamiseksi. Tuotteeseen liittyvää materiaalia on vain suppeasti jaossa, joka vaikuttaa negatiivisesti lähdetietojen kriittiseen arviointiin.

## 2.5 Eettiset periaatteet

Opinnäytetyössä noudatetaan opinnäytetöihin kuuluvia eettisiä ja hyvän tutkimuksen periaatteita. Opinnäytetyössä on huolehdittu, ettei yrityksen salassa pidettäviä tietoja jaeta yrityksen ulkopuolelle. Työ sisältää kuvia toimilaitteista, jotka on hyväksytetty yrityksen vastuuhenkilöllä. Tutkimuksessa suoritettuja haastatteluita on tehty viikoittaisissa palavereissa. Nämä haastattelut ovat opinnäytetyössä anonyymeja.

## 2.6 Aiheen rajaus

Aiheen rajaaminen tässä työssä on hankalaa. Siitä syystä aiheen rajaus on tehtävä työssä alusta alkaen selkeäksi. Kiristin on oleellinen osa puristin- ja kuivatusosaa paperikoneissa eli ympäristökäsitteetkin ovat laajoja. Työssä keskitytään itse tuotteen ulkopuolisiin asioihin vain pintapuoleisesti, niiltä osin, kun tuotteen toiminnan selittämisen kannalta katsotaan järkeväksi. Aihe rajataan kyseiseen tuotteeseen, tuotteen lopputulokseen, tuotteen kehittämisen eri vaiheisiin sekä tuotteen välittömään läheisyyteen.

## 3 Tuotekonfigurointi

Tuotekonfigurointi on tapa tehdä malleja, joita voi hyödyntää useisiin eri toimintakohteisiin. Tuotekonfigurointi sisältää yleisesti modularisoituja osia tai kokoonpanoja, parametrisesti ohjattuja toimintoja sekä variaatioita. Tässä työssä tuotekonfigurointia on paljon. Tuote on joustava ja sitä ohjataan parametreilla sekä varianteilla. Tuote itsessään on myös modulaarisesti yhteensopiva ympäristön kanssa. Tuotekonfiguroinnissa on kaksi tasoa. Konfigurointi taso on vain 3D-malli, piirustukset ja osaluettelo, kun taas tuotekonfigurointi taso on parametreilla ohjattava tuotemalli, jota voidaan muovata asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaiseksi. Konfiguroidulla tuotemallilla voidaan saavuttaa asiakkaan vaatimukset sekä koneen toiminnan kannalta oleelliset rajoitukset helposti ja nopeasti. Tuotekonfiguroitua mallia ohjataan vain parametrisesti säätämällä. (Martio 2015, 187.)

### 3.1 Tuotekonfiguroinnin työvaiheet

Tuotekonfigurointi suunnittelu jaetaan eri työvaiheisiin. Vaiheiden noudattaminen ei kuitenkaan mene aina suoraan listan mukaisesti. Suunnittelun vaiheiden järjestys saattaa muuttua tai edeltäviin saatetaan palata myöhemmässä vaiheessa.

- Tuoteperheen spesifikaation ja parametrien määrittäminen
- Tuotearkitehtuurin määrittäminen
- Tuotemodulointi – alikokoonpanojen määrittäminen
- Tuoteperherakenteen määrittäminen
- Komponenttien valintasääntöjen määrittäminen
- Myyntimallin määrittäminen
- Tuotemallien verifiointi ja testaus

Yleisiä vaiheiden välillä siirtymisen syitä on virheiden tai muutostarpeiden huomaaminen ennalta sekä päätöksien teko aiemmassa työvaiheessa. Vaiheiden välillä siirtely johtuu siis ketterän kehityksen periaatteesta. Ketterä kehitys saadaan hyvän kommunikaation sekä esityön avulla. (Martio 2015, 187.)

Tuotekonfigurointi aloitetaan määrittelemällä tuotteen tuoteperhe. Tässä työssä tehtiin yksi tuotemalli jo olemassa olevaan tuoteperheeseen. Tuoteperheiden määrittäminen yrityksessä voi olla iso osa tuotannon suuntaamista uuteen toimintaan tai se voi olla yksittäisten komponenttien yhtenäistämistä. Tuoteperhe käsitteenä on laaja, eli sillä voidaan tarkoittaa kokonaista liiketoimintaa tai pelkästään yhdenlaisia komponentteja. Tuoteperhe määritellään tuotteen toiminnan samankaltaisuuden avulla. (Martio 2015, 187–189.)

Taulukko 1 Konfiguroinnin vaatimusryhmät. (Martio 2015, 188-189).

Ryhmä	Selite/esimerkki
Yleiset ominaisuudet.	Tuotteen tausta ja asema yrityksen tuotevalikoimassa, sekä sen tehtävät ja toiminnot.
Myynnilliset ominaisuudet.	Asiakasryhmät ja -kriteerit, kilpailu, markkina-alue, katetavoite.
Suorituskyky.	Suorituskykyarvot, käyttöastetavoite, kapasiteetti, energian kulutus, käyttörajoitteet, keskimääräinen vikaväli, elinaikaennuste.
Teknilliset ominaisuudet.	Päämoduulit, uudelleen käytettävät moduulit, asemointikaavio, tärkeimmät mitat ja massat, tarvittavat uudet teknologiat.
Visuaaliset ominaisuudet.	Värit, muodot jne.
Liittymämäärittelyt.	Tärkeimmät sisäiset liittymät, liittyminen ulkoiseen järjestelmään.
Käyttö- ja ylläpitovaatimukset.	Käyttö- ja ylläpitohenkilökunnalta vaadittava koulutus, huoltoaikataulu.
Täytettävät viranomaisuusmääräykset.	EU-säädökset, ISO-, teollisuus- ja yritysstandardit.
Ympäristövaatimukset.	Syöttöenergialta vaadittavat toleranssit, lämpötila, kosteus, korkeus merenpinnasta, värinä- ja iskukestävyys, varastointivaatimukset, asennuksen vaatimat olosuhteet ja tilat.
Vaatimukset tuotteen tuottamille häiriöille.	Melu, sähköverkkoon aiheutuvat häiriöt, sähkömagneettinen säteily, tuotteen aiheuttama lämpökuorma.
Dokumentointivaatimukset.	Käyttöohjeille, valmistus-, asennus-, varaosa-, vianetsintä- ja huoltodokumentaatiolle asetettavat vaatimukset.
Hinta- ja kustannusvaatimukset.	Taloudelliset määrittelyt.
Laatuvaatimukset.	Vaatimukset testaukselle ja riskienhallinnalle.
Valinnaiset ja vaihtoehtoiset toiminnot.	Luettelo optio-ominaisuuksista, niiden sallitusta arvoista ja arvojen välisistä rajoitteista.
Vaatimukset tuotteeseen liittyville prosesseille.	Aikataulu- ja laadulliset vaatimukset mm. seuraavilla prosesseilla: tuotekehitys, pilotointi, valmistus, pakkaus, asennus, huolto, hajotus, kierrätys.

### 3.2 Tuoteparametrointi

Tuotekonfiguroinnissa oleellinen osa on tuoteparametrit. Tuoteparametrit voivat olla tuotteen toimintaan tai kokoon vaikuttavia määrittelyjä. Parametreillä voidaan vaikuttaa tuotteen fyysiseen kokoon tai ominaisuuskapasiteettiin. Parametreinä toimii myös niin sanotut 'on/off' valinnat eli optiot. Tuotteissa olevia ominaisuuksia voidaan ottaa käyttöön tai poistaa asiakkaan tarpeiden tai

suunnittelun tarpeiden mukaisesti. Kyseisiä ominaisuuksia voi olla vaikka tuotteessa fyysisesti kiinni oleva suojaus, jota ei tarvita tuotteen ollessa ulkoisesti suojattu. Tämän kiristimen tapauksessa on jo vahvasti tiedossa tarpeet, joita asiakkaat tarvitsevat kiristimiinsä eli voidaan jo vahvasti määrittellä tarpeelliset optiot sekä variaatiot. Variointia helpottaa, jos tuotteen muuttuvat osat olisivat modularisoituja ratkaisuja. Näin voitaisiin hyödyntää sama kiinnitystä variaatioista riippumatta. (Martio 2015, 190–191.)

### 3.3 Modulointi

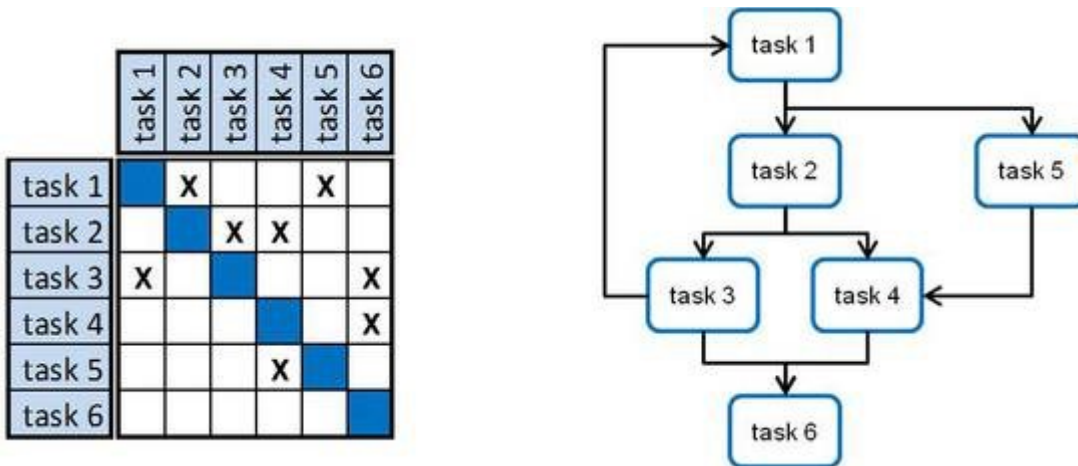
Moduloinnilla voidaan vaikuttaa tuotteiden suunnitteluun, valmistukseen ja asennukseen kuluvaan aikaan. Konelinjan moduloinnilla voidaan nopeuttaa tuotteen toimitusaikaa merkittävästi. Moduloidut rakenteet ovat toisiinsa helposti liitettäviä. Moduloinnin hyötyjä on myös yhtenäiset osat. Näitä voidaan hyödyntää varaosa tilanteissa tai valmistuksessa. Samoja osia käyttäessä voidaan tilata suuri määrä osia, jolloin osan kappale hinta laskee. Myös vakio osien ja liitännöiden käyttäminen nopeuttaa valmistamista, sillä työvaiheet pysyvät yhtenäisinä projektista riippumatta. Varaosa tilanteissa voidaan käyttää samaa varaosaa useissa eri tuotteissa pitkin konelinjaa, jolloin saadaan säästettyä varaosien määrässä sekä varastointitilan käytössä. (Martio 2015 192–203.)

Moduloinnissa on erilaisia menetelmiä. Yleisimmät modulointi menetelmät ovat yhteinen komponentti modulaarisuus, vaihtoehtoinen komponentti modulaarisuus, leikkausmodulaarisuus, sekoitusmodulaarisuus, väylämodulaarisuus ja palapelimodulaarisuus. Yhteinen komponentti modulointi eli samaa komponenttia käytetään useissa tuotteissa. Vaihtoehtoinen komponentti modulaarisuudessa voidaan liittää pääkomponenttiin moduuleja, joilla saavutetaan vaihtuva toimienpide. Leikkausmodulaarisuudella tarkoitetaan, että tuotteen päät ovat samanlaiset, kun taas tuotteen keskikohta voi kasvaa tai siinä voi olla T-kappale. Sekoitusmodulaarisuudessa yhdistellään eri asioita keskenään, esimerkiksi tehdään kahdesta maalista yhdistelmä. Väylämodularisuudessa yhdistetään yhteen peruskomponentti väylään erilaisia komponentteja. Palapelimodulaarisuudessa tarkoittaa kokonaisuutta, jossa luodaan tuote käyttämällä vakiokomponentteja. (Martio 2015, 193.)

Modulointimenetelmien tarpeen arvioimiseen on kehitetty eri menetelmiä. Don Steward on luonut taulukon nimeltä DSM (Design Structure Matrix). Tällä menetelmällä luodaan taulukko, jolla pyritään selvittämään komponenttien väliset yhteydet. Taulukossa käydään läpi, jos vaihdetaan

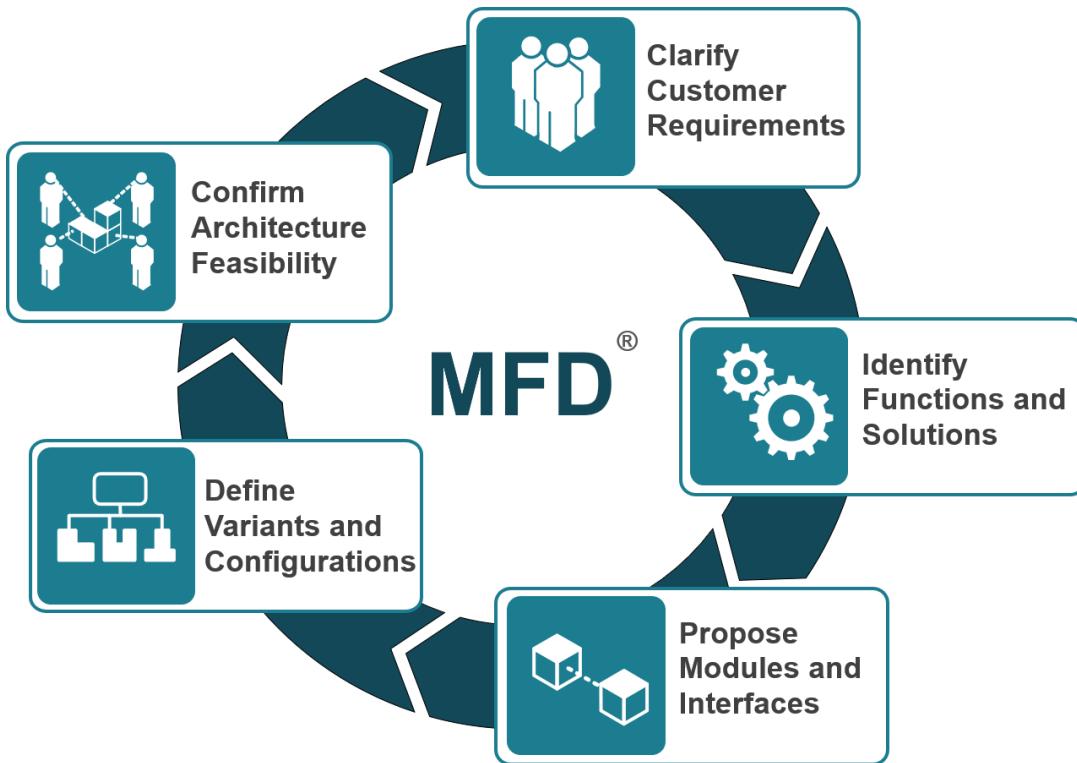


"task 1" niin mitä toimenpiteitä se vaatii "task x" kanssa. Menetelmällä voidaan käydä läpi keskinäisiä vaikutuksia. (Design Structure Matrix (DSM) n.d.)



Kuvio 2 DSM taulukko. (Design Structure Matrix (DSM) n.d.)

Toinen yleisesti käytetty moduloinnintutkimusmenetelmä on MFD (Modular Function Deployment). Gunnar Erixonin kehittämä menetelmä MFD perustuu tuotteen jakamisen viiteen eri vaiheeseen. Vaiheet alkavat asiakkaan vaatimusten analysoimalla, tämän jälkeen siirrytään teknisten vaatimusten kartoittamiseen. Ensimmäisen kahden vaiheen jälkeen luodaan moduulien määrittämissuunnitelma MIM (Module Indication Matrix). MIM taulukolla selvitetään komponenttien keskinäiset vaikutukset kuvion 4 mukaisesti. MIM taulukon pohjalta tehdään moduuli ja variaatio määrittelyitä. Lopuksi päätetään tarvittavat moduulit, jotka tuotteeseen halutaan ottaa käyttöön. (Erixon 1996.)



Kuvio 3 MFD menetelmän vaiheet. (Modular Function Deployment(MFD) n.d.)

Function carrier		Module driver																							
		Fan	Noise absorbent, fan	Electric motor	Damper	Noise absorbent, motor	Chassis	Bag	Filter	Tristor+knob	Switch+knob	Housing	Wire+contact	Grip	Rear wheel	Front wheel	Accessories	Bumper	Cover	Indicator	Seal, cover	O-ring	Wire collector	Bag lock	Brake+knob
Design and Development	Carry-over	●		●					●	○		○	○			●	○			●		●		○	
	Technology push							●	●																
	Product Planning																								
Variance	Diff. specification	○	○	○					○	○	○	○	○	○											
	Styling								●	●	●	●	●	●	○					●					●
Manuf.	Common unit	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Process/Org.	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Quality	Separate testing			●			●	●				●													
Purchase	Black-box engineer.							●	●		○		●												
	Service/maint.			○					○	○	○														
	Upgrading							●																	
Alter sales	Recycling		●			●						●											○		
	Weight of Driver vertically summarised	22	4	43	9	9	27	27	32	34	18	27	16	9	4	18	10	9	9	18	9	9	19	9	15
Module candidates		√		√			√	√	√	√		√											√		

Kuvio 4 Gunnar Erixonin luoma MIM kaavio pölynimurista. (Erixon 1996.)

## 4 Nykytilanne

Tuotekehityksen tarve ilmeni tiettyjen koneleveyksien yleistyessä. Leveiden koneleveyksien yleistyessä on välimallin tarve suuri. Tällä hetkellä tuotteesta on olemassa kaksi teholuokkaa, joista pienempi ei sovellu nykyään yleistyneille koneille ja suurempi teholuokka soveltuu paremmin erikoisleveille koneille. Tuotekehityksen tarpeeseen vaikuttavat myös uudet innovaatiot. Uusia innovaatioita ei saada toimimaan optimaalisella tavalla vanhalla vaunun siirtonopeudella. Tästä syystä kehittämistyölle oli pakottava tarve. Telavaunun siirtonopeuden lisäksi innovaatiotuote vaatii suuremman kiristysvoiman. Kehitystyö mahdollistaa suuria taloudellisia säästöjä ja parantaa lopputuotteen laatua.

Ketjukiristimiä ei ole aiemmin käytetty puristinosalla, joten tällä tuotteella voidaan korvata aiemmin käytössä olevia hammastankokiristimiä. Tuote tulee uutena tuotteena puristinosalle. Kuivatusosalla on vastaavia ketjukiristimiä käytetty eri teholuokassa. Kiristimien yhtenäistäminen tuo etua varaosien ja huoltojen osalla myös. Tuotteisiin on mahdollista käyttää samoja varaosia tietyissä tapauksissa. Samojen tuotteiden käyttäminen puristin osalla ja kuivatus osalla helpottaa myös huollon tehtäviä.

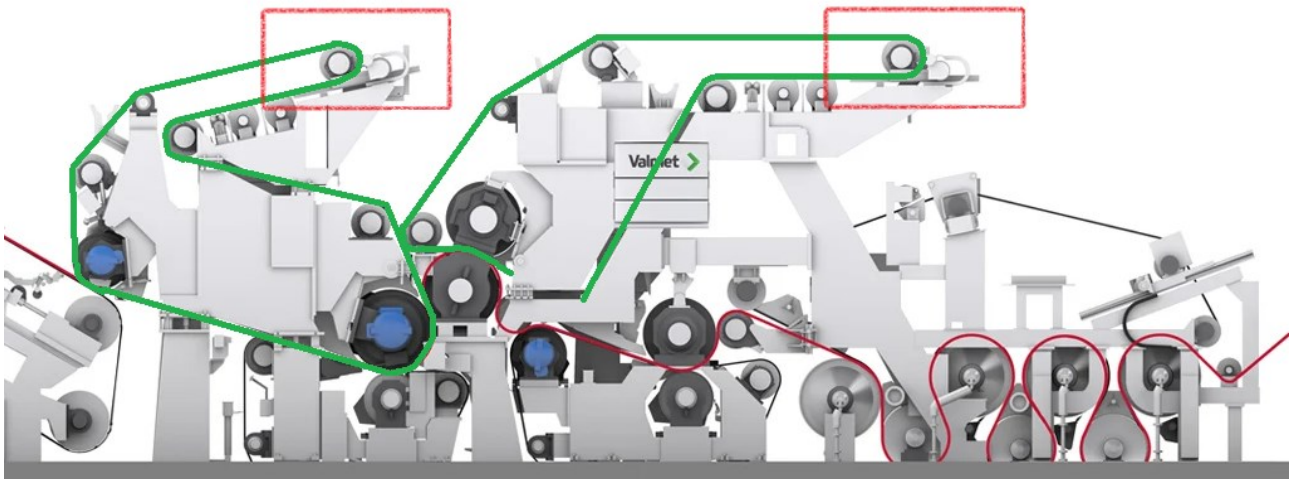
Kiristimiä käytetään kaikissa konelinjoissa. Kiristimeen liittyviä materiaalikustannuksia pystytään pienentämään käyttämällä välitehokuokan kiristintä. Pienemmät kiristimet myös tuovat etua runkosuunnittelussa.

Tuotteen koko on rajattu pysymään päämitoiltaan samana kuin alemman tehokuokan kiristin. Tuotteeseen joudutaan tekemään pieniä muutoksia puristinosan telanvaihtojen mahdollistamiseksi. Tuotteen tehokuokka on ennalta määritetty ja siinä on pysyttävä ilman että muutetaan akselien halkaisijoita.

### 4.1 Mikä kiristin on?

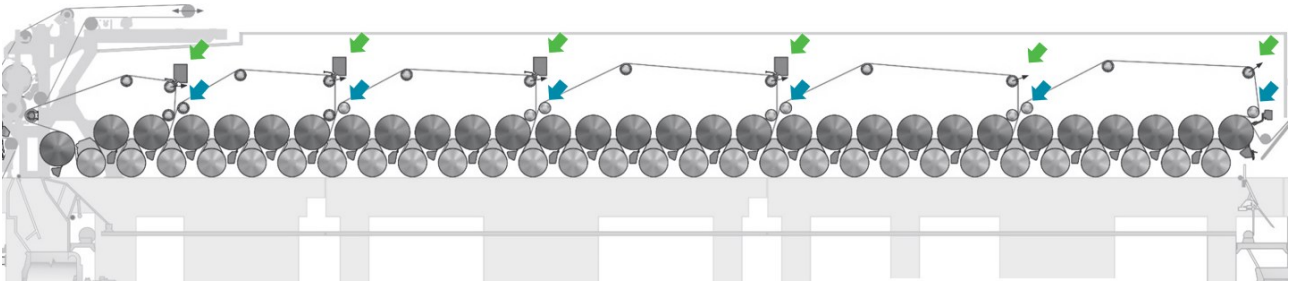
Kiristin on tuote, jolla säädetään kireyttä ja ohjataan radan kulkua. Paperikoneen radan kireyttä säädetään paperi- tai kartonkilaadun parantamiseksi ja huollettavuuden tehostamiseksi. Puristinosalla kiristimillä säädetään huopakierroksen kireyttä. Paperikoneessa on puristinosalla huopakierroksia kuvion 5 mukaisesti. Kiristin on kuviossa 5 sijoitettu punaisella neliöllä näytettyyn paikkaan.

Huovalla voidaan kuivata rainaa puristamalla rainaa huopaa vasten. Raina puristuu huopaa vasten telojen nippien ansiosta. Huovan on oltava kireä, jotta massa kulkee suunniteltua reittiä nopeasti ja sulavasti. Huovan kireyttä on pystyttävä löysentämään, jotta tuotteeseen voidaan tehdä huoltoja. (Press Fabrics 2014, 2–8.)



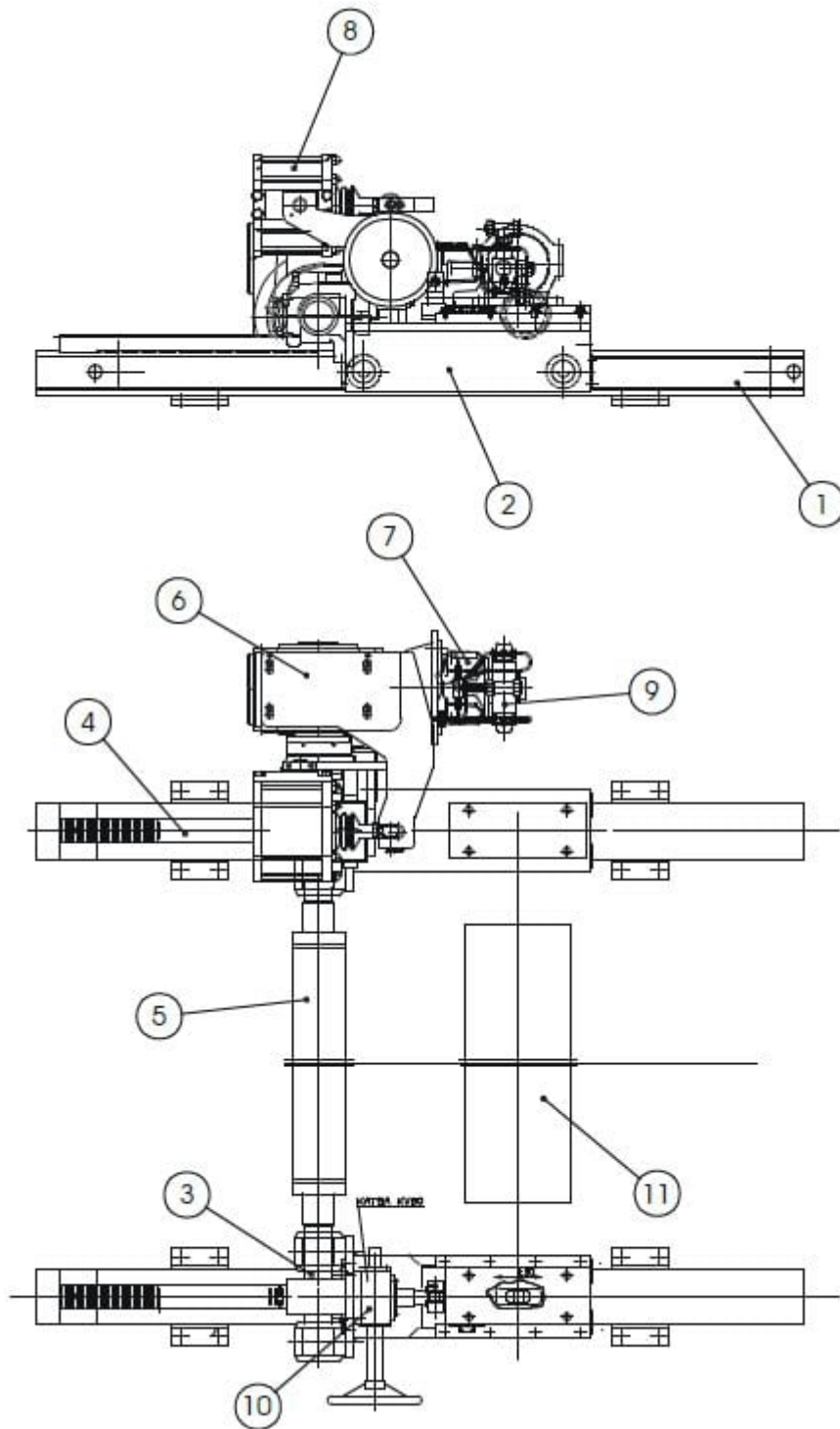
Kuvio 5 Kaksi huopa kiertoa puristin osalla. Kuvaan vahvistettu vihreällä huopakierrojen reitit ja punaisella kiristimen sijainti. (Valmet roll cover applications n.d.)

Kuivatusosalla kiristimiä käytetään viirakierron kiristämiseen. Viirakierron täytyy olla kireä telojen ja radan liikkumisen vuoksi. Yksiviirakierrolla tulee yksi kiristin kuvion 6 mukaisesti kuivatussylintereiden yläpuolelle kuivatusryhmän loppupäähän. Kuviossa 6 on kiristimen sijoituspaikaksi määritetty kuivatussylintereiden yläpuolella oleva tela (osoitettu vihreällä nuolella), jossa pieni nuoli osoittaa kiristyksen suunnan ryhmissä 5 ja 6. Jokaiselle viirakierrolle tulee oma kiristin, jolloin voidaan määrittää viirakireys sopivaksi ryhmäkohtaisesti. Ensimmäisessä neljässä ryhmässä on kiristimeen kiinnitetty myös viirapesuri, jolla voidaan puhdistaa kuivatusryhmän viiraa. (Dryer Fabrics 2014, 9–16)



Kuvio 6 Valmetin OptiRun Single kuivatusosa. Kuusi kuivatusryhmää. Kiristimen paikka osoitettu vihreällä nuolella. (Dryer Stetchers Sales n.d.)

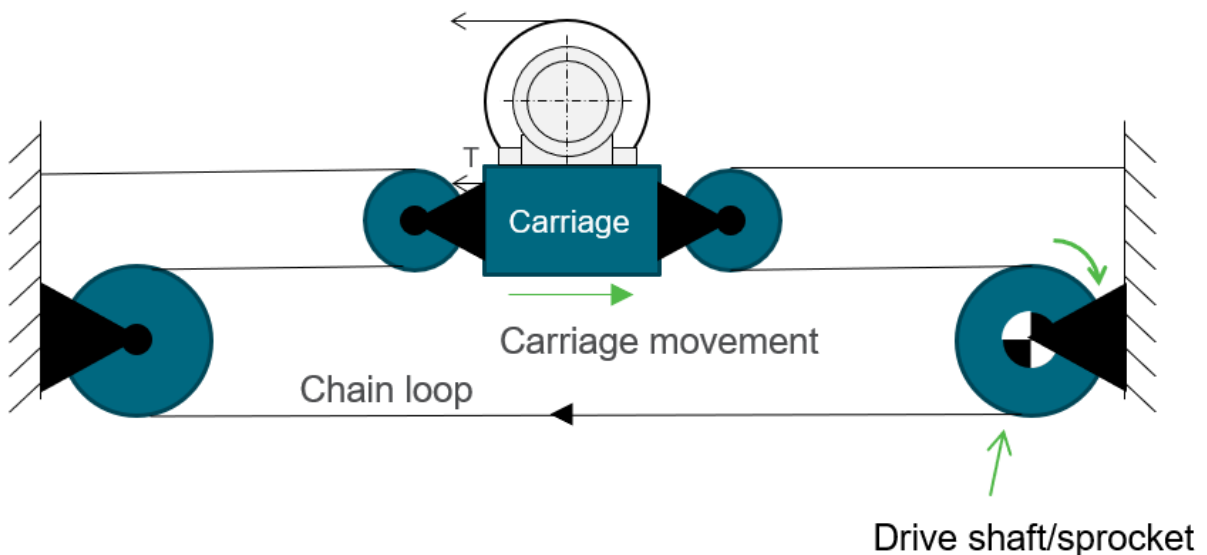
Kiristimen kiristysalueen pituus määräytyy kiristimen sijainnista. Kiristyspituus on yleensä 1200 mm ja 3000 mm välillä. Kiristin voi olla vaakasuorassa, pystysuorassa, ylösalaisin tai kulmassa, riippuen käyttökohteesta ja tarpeesta. Kiristystä säädetään paperiradan ohjaamiseksi ja kuivaimiseksi. Kiristimellä löysennetään huopa tai viira, jotta voidaan tehdä tarpeellisia huolto- ja vaihtotoimenpiteitä. Huovalla voidaan liikuttaa rainaa samalla, kun sitä kuivataan imutelojen sekä nippien avulla. Kuivatusosan viiralla voidaan paperirata ohjata pysymään kuivatussylintereissä ja VAC-teloissa kiinni. Kiristimen telaa, kuvio 7 osa 11, siirretään kiristimen vaunuilla, kuvio 7 osa 2. Tela kiinnitetään laakeripukeista vaunuihin. Tela on irrotettavissa huoltojen mahdollistamiseksi. Kiristimen vaunuja liikutetaan kireyden lisäämiseksi huovan tai viiran venyessä tai vaunuja voidaan liikuttaa viiran tai huovan vaihdon helpottamiseksi. (Maintenance and operation of press stertchers and guides 2022.)



Kuvio 7 Paperikoneen hammastankokiristin. (Maintenance and operation of press stretchers and guides 2022.)

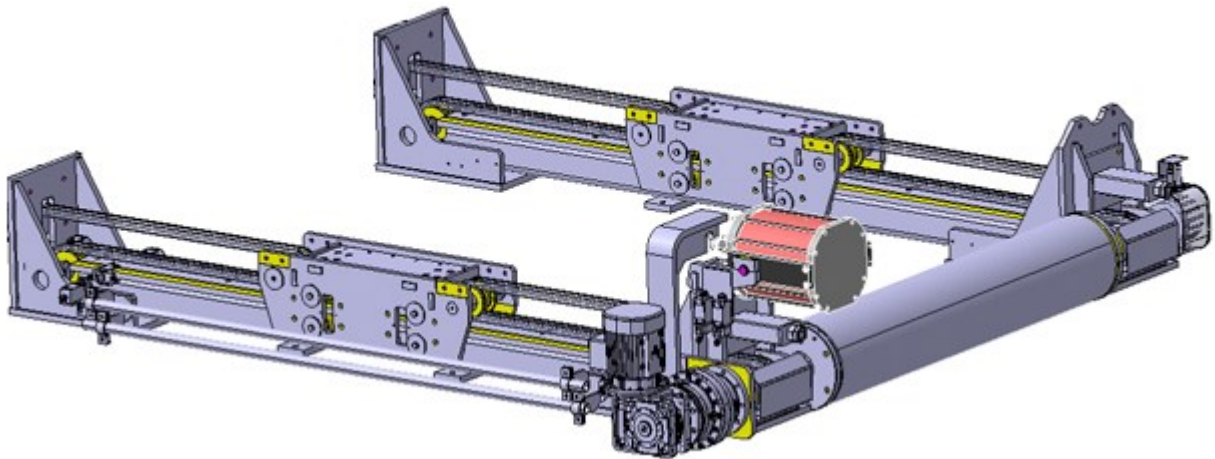
1. Beam
2. Carriage
3. Toothed shaft
4. Toothed rack
5. Cross shaft
6. Worm gear
7. Air motor
8. Pneumatic cylinder
9. Remote control valve
10. Seam straightening device
11. Roll

Ketjukiristin poikkeaa kuvion 7 hammastankokiristimestä vaunun siirrosta. Molempia kiristimiä käytetään samojen tulosten saavuttamiseen. Yllä olevassa kuviossa kelkkaa siirretään hammastan-koa pitkin, kun taas ketjukiristimessä siirretään kelkkaa ketjua liikuttamalla. Kuviossa 8 näkyy ketjukiristimen toimintaperiaate.



Kuvio 8 Ketjukiristimen toimintaperiaate. (Valmet Stretchers Sales n.d.)

Ketjukiristimiä on olemassa pneumaattisia, elektromeaanisia sekä uutena tulevissa tuotemalleissa myös hydraulisia. Ketjukiristimen etuja on yksinkertaisuus, ei ole välttämätöntä automatisoida, tarkka kireyden mittaaminen automatisoituna, modulaarisuus sekä helppo huollettavuus.



Kuvio 9 Ketjukiristin.

## 4.2 Tuotemalli

Tuotemallista ei ole yhtä selkeää kuvausta olemassa. Tuotemallia on kuitenkin määritelty Martion mukaan ”Tuotteen tiettyä tarkoitusta varten tehtyä määrämuotoista kuvausta.” (Martio, A.). Tuotemallilla voidaan tarkoittaa tuotetta, josta tehdään yksi iso malli, jota voidaan kopioida ja muuttaa käyttökohteeseen sopivaksi. (Martio 2015, 111–114.)

Tässä työssä tuotemallina toimii kaksi päämallia, joita voidaan kopioida projektikohtaiseksi projektimalliksi. Tuotemalli sisältää kaikki käytössä olevat variaatiot ja osaluettelot. Tuotemallista kopioidun projektimallin kokoa muutetaan parametrisesti sopivaksi käyttökohteeseen.

Tuotemallien käyttö on yleistä yrityksessä. Yritys on luonut vuosien varrella useita eri tuotemalleja useista eri komponenteista. Tuotemalleja voi olla yksinkertaisista ratakatkoleikkureista tai monimutkaisista imuteloista. Tuotemallien käyttöön kannustetaan ja niiden käyttöä tuetaan. Tuotemalleista luodaan ohjeita, jotka jaetaan suunnittelijoille. Ohjeet sisältävät tarvittavat tiedot mallin kopioimiseen, muuttamiseen sekä hallintaan. Monimutkaisissa malleissa, kuten imutelan tuotemallissa, on myös muita suunnitteluohjeita, sillä kaikkea tarvittavaa tietoa ei ole koottu tuotemallin ohjeistukseen.



Tuotemallien käyttäminen on yksinkertaista ja nopeuttaa työtä. Tuotemallin rakentaminen vie suunnittelulta aikaa, mutta käytetty aika saadaan takaisin tulevilla projekteilla. Tuotemallista kopiointi projektimalliksi on nopeaa ja vaikuttaa tuotteen suunnitteluun kuluvaan aikaan merkittävästi. Tuotemallien käyttäminen myös edistää osien uudelleen käyttöä. Vakio osien käyttäminen auttaa suunnittelun nopeuttamisen lisäksi myös tuotteiden valmistusta sekä kokoonpanoa.

Tuotemallien ohjeistusta päivitetään säännöllisin väliajoin. Nykyään tehtäviin tuotemallien ohjeisiin on lisättävä päivämäärä, jolloin tuotemalliohjetta on päivitettävä. Jokainen ohje sisältää myös revisioluettelon, josta voi tarkistaa milloin ohjetta on päivitetty sekä miten ohjetta on päivitetty.

Kiristimistä voidaan käyttää myös termiä ”tuoteperhe”, sillä tuotemalleja löytyy useampaan eri teholuokkaan ja kiristimiä on saatavilla sekä hammastankokiristiminä että ketjukiristiminä. Tuoteperheellä kuvataan siis kaikkia kiristimien tuotemalleja yhdessä.

## 5 Tuotekehityksen eteneminen

Tuotekehitys jakautui neljään päävaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on tietojen kerääminen. Tätä kehitystyötä varten on alettu keräämään tarvittavia tietoja jo vuonna 2021. Tietoja kerättiin toisen innovaation mahdollistamiseksi. Lähtötietojen keräämistä jatkettiin vuoden 2023 keväällä.

Toisessa vaiheessa aloimme laskea lähtötietojen perusteella materiaalivalintoja kriittisille osille. Tuotteen fyysisen koon pysyessä samana kuin alemman teholuokan kiristimessä, oli selvää, että materiaalimuutoksia on tehtävä erinäisille osille.

Kolmannessa vaiheessa siirryimme tuotteen 3D-mallintamiseen. Tuotteesta päädyttiin tekemään kaksi erilaista mallia. Ensimmäinen tulee puristinosalle ja toinen kuivatusosalle. Puristinosalla tarvitaan erilaisia materiaaleja käyttöolosuhteiden takia. Puristinosalla vallitsee suuri kosteus, joka tuo korroosiota. Korroosion hallitsemiseksi päädyimme käyttämään haponkestävää terästä EN 1.4404 runko-osissa, kyseistä materiaalia käytetään muutenkin yleisesti puristinosassa. Kuivatusosalla vallitsee suurempi lämpötila, yli 80°C kuivatusosan loppupäässä, sekä matalampi kosteus. Kuivatusosalla korroosion estoon riittää maalaus ei ruostumattoman teräksen päällä.

Neljännessä vaiheessa aloimme tekemään tuotteelle suunnittelun käyttöohjetta. Käyttöohjeeseen kirjataan 3D-tuotemallin kopioimiseen ja käyttämiseen liittyvää tarvittavaa tietoa. Käyttöohjeiden on oltava selkeä ja helppolukuinen. Kuivatusosan kiristimen 3D-tuotemallissa on 26 variaatiota, joiden lisäksi voidaan tuotteeseen lisätä karvinkääntölaite tai nippisuojat. Tuotemallin käytön ohjeistaminen tehtiin Valmet Oyj:n muiden ohjeiden mukaisiksi selkeyttääksemme ohjeen rakennetta mahdollisimman paljon.

Valmis tuote on yksinkertainen käyttää ja soveltuu uusiin moduloituihin projekteihin ongelmitta. Tuote siirtyy seuraavaksi testivaiheeseen oikeaan projektiin. Tuotteen tulo markkinoille riippuu sopivien projektien tulemisesta. Tuotetta ensin testataan pienessä mittakaavassa, jonka jälkeen tuotetta aletaan käyttämään suurimmassa osassa uusista soveltuvista projekteista.

## 5.1 Lähtötietojen kerääminen

Lähtötietoja saimme kerättyä vanhojen projektien ja tutkimusten avulla. Tuotetta on käytetty useiden vuosien ajan paperi- ja kartonkikoneissa, ja tästä syystä tuotteista löytyy suuri määrä aineistoa. Projektia on ensimmäisen kerran alettu suunnittelemaan vuonna 2021, eli lähtötietojen rajaaminen oli tehty tarkoin ennen projektin uudelleen aloittamista. Lähtötiedoista oli saatu rajattua pois tapaukselle merkityksetön tieto ennen uudelleen aloittamista.

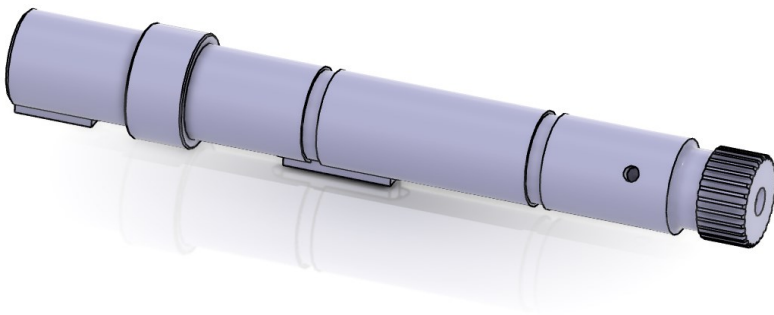
Lähtötietojen perusteella tehtiin alustavat laskelmat tuotteen kriittisille osille, joiden pohjilta voitiin tehdä tarvittavia materiaalimuutoksia. Materiaalimuutoksia tuli myös käyttökohteen asettamien vaatimusten takia. Kyseisiä tuotteita ei ole aiemmin käytetty puristin osan korroosio vaatimusten mukaisissa olosuhteissa. Tästä syystä puristinosan materiaalit valittiin kestämään ympäröivät vaatimukset. Puristimen kiristimien sijoittelu myös mahdollisti, että tuotteesta voidaan jättää pois energiansiirtoketju ja se korvataan vain kaukalomaisella kaapeleita ja letkuja ohjaavalla ohjurilla.

Lähtötilanteessa käytiin läpi myös moottoreiden vaatimuksia. Tuotteeseen pyritään saamaan moottori, jota voi käyttää sekä puristimen kosteissa ja haastavissa oloissa että kuivatusosan korkeissa lämpötiloissa. Moottoreita on onneksi käytetty kyseisissä ja vastaavissa komponenteissa paljon, joten moottoreiden sekä planeetta vaihteen määrittäminen onnistui yhteistyökumppaneiden avulla.

## 5.2 Laskenta

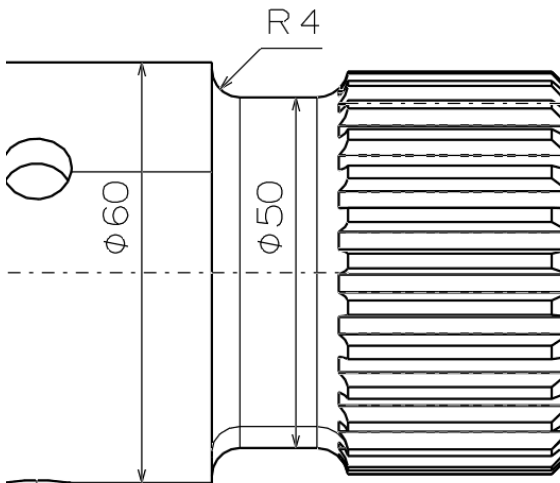
Tuotekehitystyössä laskettiin projektin alkuvaiheessa mahdollisia materiaalimuutoksia osille. Alustavaa laskentaa tehtiin laipoille, akseleille, hammaspyörille ja holkeille. Akselin laskennasta esimerkki esitetään tässä luvussa. Akselin laskenta perustuu aiemmin vastaavaan kappaleeseen tehtyyn laskentaan.

Laskenta jakautuu kahteen vaiheeseen. Tuotteen alussa tehtävään alustavaan laskentaan, jolla määritellään alustavat materiaalivaatimukset. Tuotteelle tehdään FEM-analyysi varmistamaan tuotteiden kestävyys todenmukaisissa tilanteissa. FEM-analyysi tulee Valmet Oy:n yhteistyökumppanilta. FEM-analyysi tehdään koko tuotteelle. FEM-analyysijä tehdään useita, sillä ne tehdään eri moottorien ja materiaalivalintojen pohjalta. Asiakkaalla on mahdollisuus valita haluamansa moottorivaihtoehto ja kiristimen sijoituspaikka määrittelee materiaalivalinnan.



Kuvio 10 Akseli.

Kuvion 10 mukaisen akselin heikoin kohta on pienimmän ulkohalkaisijan pyöristys (kuvio 11). Tässä tapauksessa akselin arvoina toimivat pienempihalkaisija (d)  $\varnothing 50\text{mm}$ , suurempi halkaisija (D)  $\varnothing 60\text{mm}$  ja pyöristys (r) 4 mm. Vääntömomentin (T) laskimme tuotteen kiristysvoima- ja hammaspyörän vaatimusten avulla. Vääntömomentiksi saimme 3316 Nm. Myötörajat ( $R_e$ ) valitsimme saatavilla olevista materiaaleista. EN materiaalien myötörajat ( $R_e$ ) katsoimme standardista SFS-EN 10088-2 ja Corrax materiaalille Uddeholm Oyu Ab jakamasta materiaalista valitsemallamme karkaisuasteella.



Kuvio 11 Akselin heikoin kohta.

Ensin aloitettiin laskemalla leikkausjännitys ( $\tau$ ) kaavalla 1. Leikkausjännityksen arvoksi saadaan 135.1 MPa. (Airila & Kivioja 1995, 327.)

$$\tau = \frac{16 * T * 1000}{\pi * d^3} \quad (1)$$

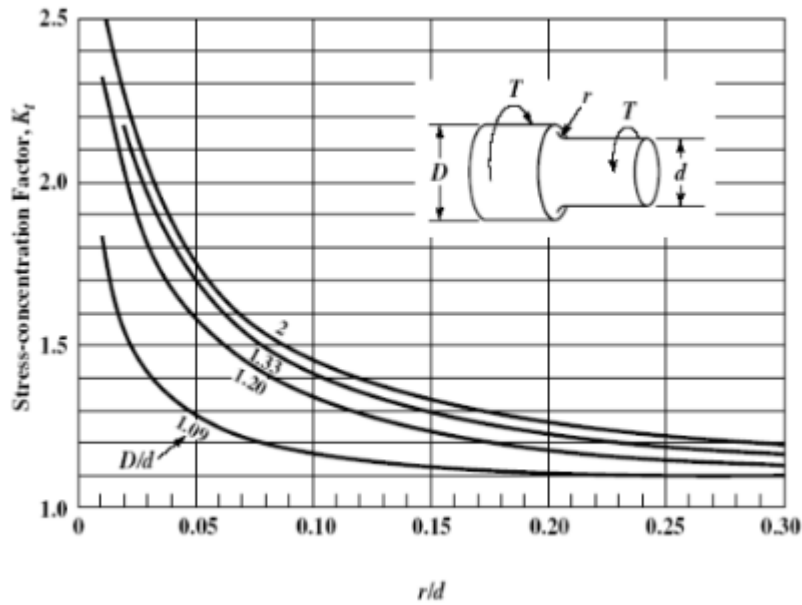
missä  $\tau$  = leikkausjännitys

$T$  = vääntömomentti

$d$  = akselin pienempi halkaisija

$$\tau = \frac{16 * 3316 \text{ Nm} * 1000}{\pi * 50 \text{ mm}^3} = 135.1 \text{ MPa}$$

Seuraavaksi määritellään loven muotoluku ( $K_t$ ) laskemalla kaavoilla 2 ja 3 saatavat tulokset. Kaavoilla 2 ja 3 saadut tulokset verrataan taulukkoon, näin saadaan taulukosta  $K_t$  arvo. Loven muotoluvun arvo voidaan lukea kuviosta 12. (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miittinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa 1995, 328.)



Kuvio 12 Loven muotoluku arvon määrittäminen (Stress Concentration Factors for Shafts and Cylinders n.d.)

Taulukosta määritellään oikea käyrä halkaisijoiden ja pyöristyksen avulla. Laskennan tulosten perusteella näemmä taulukosta Jännityksen keskittymiskertoimen arvon olevan 1.4.

$$r/d = \frac{r}{d} \quad (2)$$

missä  $r$ =pyöristys halkaisijamuutosten välillä

$d$ =akselin pienempi halkaisija

$$\frac{r}{d} = \frac{4\text{mm}}{50\text{mm}} = 0,08$$

$$D/d = \frac{D}{d} \quad (3)$$

missä  $D$ =akselin suurempi halkaisija

$d$ =akselin pienempi halkaisija

$$\frac{D}{d} = \frac{60}{50} = 1,2$$

Leikkausjännityksen ja loven muotoluvun avulla voimme laskea kappaleeseen kohdistuvan todellisen jännityksen ( $\tau_{\text{true}}$ ) kaavalla 5. Arvoksi saadaan 189,1MPa. Alustavassa laskennassa päädyimme käyttämään loven muotolukua loven vaikutusluvun sijasta, sillä karkaisu vaikutti materiaalien loviherkkyyden lukuarvioihin. Arvot pysyivät kuitenkin alle yhden, joten päädyin käyttämään arvoa 1. Loven vaikutusluvun ( $K_f$ ) kaava (4) pitää  $K_t$  arvon ja  $K_f$  arvon samana.

$$K_f = 1 + q (K_t - 1) \quad (4)$$

missä  $K_f$ = Loven vaikutusluku

$K_t$ =Loven muotoluku

$q$ =Loviherkkyys

$$K_f = 1 + 1(1,4 - 1) = 1,4$$

$$\tau_{\text{true}} = K_t * \tau \quad (5)$$

missä  $\tau_{\text{true}}$  = todellinen jännitys

$K_t$  =Loven muotoluku

$\tau$  =leikkausjännitys

$$\tau_{\text{true}} = 135,1\text{MPa} * 1,4 = 189,1\text{MPa}$$

Todellisen jännityksen arvolla pystymme laskemaan Von Mises jännityksen ( $\sigma_{mises}$ ). Von Mises jännitys huomioi normaalit ja leikkausjännitykset. Kaavalla 6 saamme arvoksi 327,6MPa.

$$\sigma_{mises} = \sqrt{3 * \tau_{true}^2} \quad (6)$$

missä  $\sigma_{mises}$  = Von Mises jännitys

$\tau_{true}$  = todellinen jännitys

$$\sigma_{mises} = \sqrt{3 * 189,1MPa^2} = 327,6MPa$$

Saatuamme Von Mises jännityksen selville voimme määritellä varmuuskertoimen vertaamalla Von Mises jännitystä eri materiaalien myötörajoihin ( $R_e$ ) taulukossa 2. Tuotteen kuormituksen ollessa vaihtokuormitusta joissakin erikoistilanteissa, emme laskeneet jännitysamplitudeja. Aiemmin hyväksytty varmuuskerroin on 1.8 näin ollen saatu varmuuskerroin pitää olla sama tai suurempi kuin aiempi varmuuskerroin. Näin päädyimme vaihtamaan alkuperäisen materiaalin EN 1.4460 materiaaliin Corrax.

Taulukko 2 Käyttöakselin varmuuskertoimen laskenta eri materiaaleilla.

Material	S235JR	EN 1.4460	EN 1.4542	Corrax
T (Nm)	3316	3316	3316	3316
d (mm)	50	50	50	50
D (mm)	60	60	60	60
r (mm)	4	4	4	4
$R_e$ (Nmm <sup>2</sup> )	235	450	520	700
Nominal shear stress (MPa)	135.106	135.106	135.106	135.106
Stress concentration factor $K_t$	1.4	1.4	1.4	1.4
True stress $T_{true}$	189.1484	189.1484	189.1484	189.1484
Von mises stress $\sigma_{mises}$	327.6146	327.6146	327.6146	327.6146
Safety Factor	0.717306	1.373565	1.587231	2.136657
<b>OLD SAFETY FACTOR WAS 1.8</b>				

### 5.3 Mallintaminen

Mallintamisen pohjana työssä käytettiin pienemmän teholuokan ketjukiristintä. Pienemmän teholuokan kiristimessä olevia epäkohtia korjattiin ja toivottuja muutoksia tehtiin läpi koko mallintamistyön. Tuotteesta luotiin kaksi eri versiota aiemman yhden yleisversion sijaan. Tuotteelle on erilaiset vaatimukset eri osissa konetta, joten tuotteen yksinkertaistamiseksi valitsimme kaksi mallia. Tuotteen jatkokehittäminen ja ylläpitäminen vaikeutuu mallien lukumäärän lisäämisen takia, mutta muutosten ollessa harvoin ja pieniä, voidaan tämä hyväksyä.

3D-mallintaminen suoritettiin Catia V6 ohjelmistolla käyttäen. Mallintaminen tehtiin pääsääntöisesti Catia V6 perustyökaluilla, lisäksi käytettiin Sheet Metal ja Product Table ominaisuuksia. Tuotteen suojarusteet toteutettiin Sheet Metalilla helpottamaan valmistusta. Product Table ominaisuudella mahdollistettiin variaatioiden ja lisävarusteiden valikoiminen. Product Tablella luotiin Kuvion 13 mukainen Product Table, josta voidaan valita haluttu variaatio. Product Table luo helpokäyttöisen valitsimen lisäksi Excelin, joka linkittyy tuotteeseen ja tallentuu tuotteen kanssa samalle serverille. Mallintamisessa noudatettiin yrityksen toimintatapoja.

Identifier	Kappale 1 prd...(Kappale 1.1)	Kappale 2 prd...(Kappale 2.1)	Kappale 3 prd-... (Kappale 3.1)	Alikokoonpano 1 prd-... (Alikokoonpano 1.1)
ALL	true	true	true	true
Variation 1	true	false	false	true
Variation 2	true	false	true	true
Variation 3	false	true	false	true

Kuvio 13 Esimerkki variaation valitsemisesta

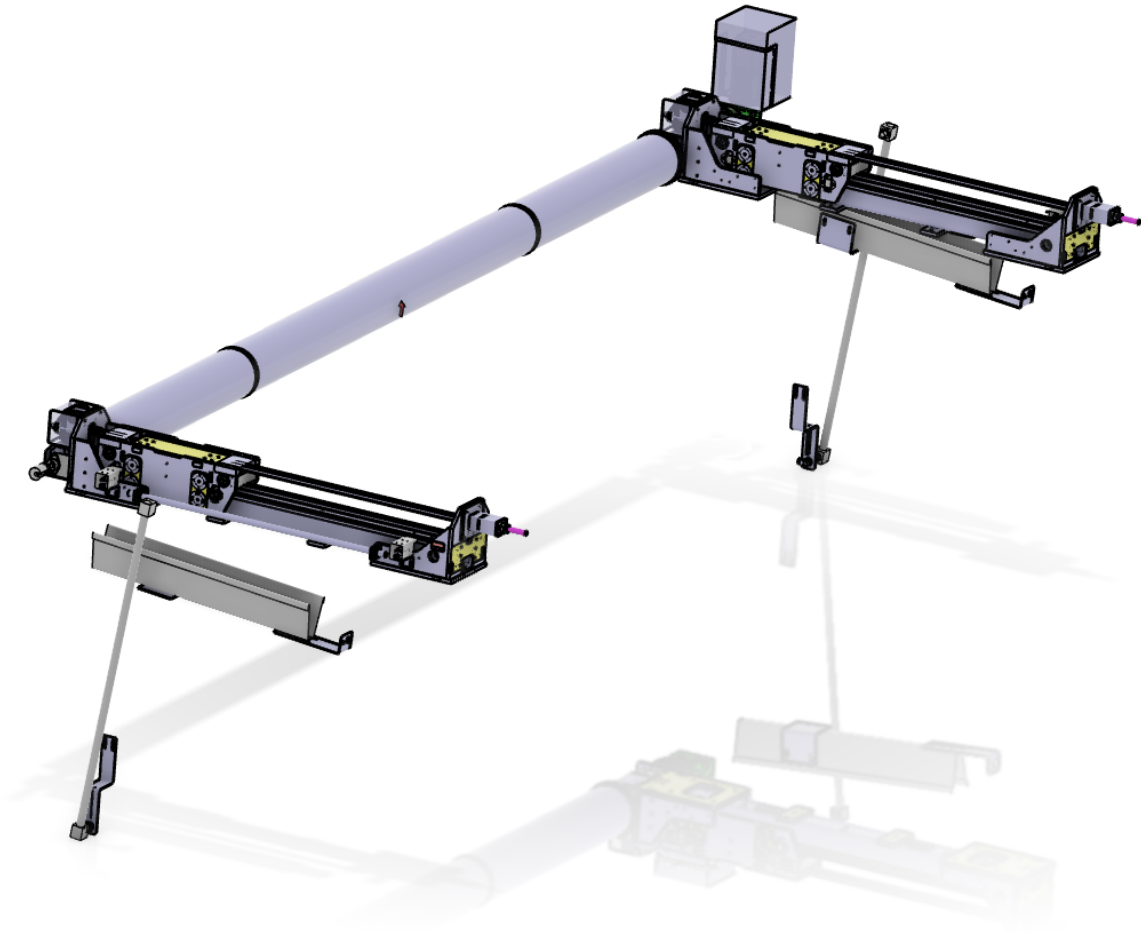
Mallintamisen aloituksessa tein kartoituksen työtehtävistä. Työtehtävien kartoittaminen jatkui läpi projektin. Ensimmäisenä päätin tehdä tuotteen mahdollisimman pitkälle ennen kuin se muutetaan kahdeksi erilliseksi kiristimeksi. Puristimen ja kuivatusosan tuotteiden samankaltaisuuden takia



tuote pystyttiin tekemään todella pitkälle yhtenä työnä, mikä vähensi merkittävästi mallintamiseen ja piirustusten tekoon vaadittavan ajan. Tuotteen vaatimusten kartoittaminen johti työlisyyttä, jota pidin itsenäisesti yllä. Tuotteen listaan tuli muutoksia viikoittaisten palavereiden myötä.

Mallintaminen aloitettiin muuttamalla tuotteen kiinnitys runkoihin toistuvasti samanlaiseksi. Tuotteen kiinnityksen ollessa samassa koossa aina samanlainen projektista riippumatta, helpottaa tuotteen kiinnitykseen tehtävien runkojen suunnittelua. Tuotteesta poistettiin tarpeettomia ominaisuuksia ja osia pienennettiin tilan sekä materiaalikulujen säästämisen takia. Tuote rakennettiin parametripohjaiseksi. Tuotteessa olevat projektikohtaiset osat säädetään parametrien, kuten poikkiakselin halkaisijan tai laakerivälin, mukaan. Tuotteen 3D-mallien sketsit muuttuvat parametrien mukaisiksi tehden tuotteesta helppo- ja nopeakäyttöisen.

Tuote koostuu neljästä isosta kokonaisuudesta. Isoja kokonaisuuksia ovat runko molemmin puolin, jotka ohjaavat vaunuja. Vaunut ohjautuvat ketjulla runko osien päällä kuljettaen kiristimen telaa. Poikkiakseli pyörittää käyttöakseleita pitäen molemmin puolin tasaisessa liikkeessä vaunut käyttäen vain yhtä moottoria. Moottorin, planeettavaihteen ja kierukkavaihteen muodostama moottoripaketti. Moottoripaketilla siirretään telaa tarpeen mukaisesti.



Kuvio 14 Valmiiksi mallinettu puristimen ketjukirstin variaatio ilman lisävarusteita.

## 5.4 Käyttöohjeet

Käyttöohjeissa noudatettiin yrityksen käyttämiä toimintatapoja. Käyttö-ohjeet tehtiin Valmet Oyj:n omaan PowerPoint-pohjaan. Käyttöohjeista pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeät. Selkeät käyttöohjeet pienentävät suunnitteluun kuluvaan aikaa. Käyttöohjeet pitävät sisällään tuotteen käyttöön tarvittavat toimenpiteet ja toimenpiteet, joita tuotteelle ei saa tehdä. Käyttöohjeessa käytetään kuvakaappauksia mallista ja rakennepuusta, tuotteen eri kohtien selittämiseen. Ohjeista tehdään visuaalisesti selkeät ja ohjeet ovat englanninkieliset. Käyttöohjeiden rakenne on seuraavanlainen.

1. Tuotemallin kopioiminen projektimalliksi
2. Parametrit ja niiden käyttäminen
3. Variaatiot
4. Lisävaruste 1
5. Lisävaruste 2
6. Lisävaruste 3
7. Kireyden mittaust

Käyttöohjeet tehtiin ”kohta kerrallaan” periaatteella. Tuotteessa käydään alussa läpi, kuinka 3D-tuotemalli duplikoidaan, eli kopioidaan oikein uudelle tunnisteelle, niin ettei alkuperäinen tuotemalli muutu. Alkuperäisen tuotemallin tai -mallin osien muuttaminen tuo ongelmia kaikkiin kiristymiin, joissa on käytetty tuotemallia, tästä syystä kyseinen kohta on oltava selkeästi ohjeistettu. Vain tuotemallista kopioituun projektimalliin saa tehdä muutoksia. Projektimallissa on oltava tarkkana, ettei muuta osia, jotka eivät ole kopioitunut projektimalleiksi.

Kohdassa kaksi käydään läpi parametrit, mitä saa muuttaa ja mihin ei saa koskea, ellei projekti vaadi, että poiketaan normaalista rakenteesta. Muutettavia parametrejä ovat esimerkiksi tuotteen iskupituus tai telan laakeriväli. Parametrejä, joihin ei kosketa ovat parametrejä, jotka muuttuvat sitä mukaa, kun säädetään iskupituutta tai laakeriväliä. Kolmannessa kohdassa käydään variaatiot ja niiden sisältämät varusteet läpi.

Variaatiot osuudessa käydään läpi eri variaatiot ja kuinka ne poikkeavat toisistaan. Jokaisesta variaatiosta on kuva ja selite, kuinka variaatio poikkeaa muista. Poikkeavia asioita ovat esimerkiksi pyörimissuunta, kiristysten mittaust tai kumpaan suuntaan kiristysvoima vaikuttaa.

Kohdissa 4–6 käydään läpi lisävarusteet, mitä ne ovat ja kuinka ne lisätään tuotteeseen. Lisävarusteissa opastetaan niiden käyttöönotto mallissa. Käyttöohjeissa myös esitetään mitä tuotteissa saa muuttaa ja mitä ei, näin saadaan pidettyä malli toimivana myös myöhempiä duplikointeja varten.

Seitsemännessä kohdassa käydään läpi kireyden mittaukseen liittyviä tuotteita suunnittelijan tuotteen ymmärtämisen avuksi. Kireyden mittaukseen liittyviä tuotteita vaihdetaan tarpeen ja myytyjen toimintojen takia.

## 6 Pohdinta

Projektissa onnistuttiin hyvin. Projekti oli pitkäkestoinen ja haastava, mutta työryhmä oli tehokas ja ammattitaitoinen. Tuotekehitys projektin lopputuotteena olevat uusien ketjukiristimien 3D-tuotemallit toimivat moitteettomasti. Ketjukiristintä päästään pilotoimaan vasta myöhemmässä vaiheessa, joten pilotoinnin tuloksia emme näe ennen kuin tuote on käytössä paperi- tai kartonkikoneessa.

3D-tuotemallilla saadaan tiputettua testiolosuhteissa ilman kopioimista 3D-suunnitteluun kuluva aika alle 30 minuuttiin, sekä piirustusten luomiseen kuluva aika 60 minuuttiin. Tuotteessa olevien piirustusten sekä osaluetteloiden muuttamiseen menevä aika vaihtelee projektikohtaisesti, sillä suoraan valmiita piirustuksia ei voida tehdä näin suureen variaatiomäärään. Kokonaisen mallin luomiseen ilman tuotemallia kuluisi usean viikon työtunnit. Tuotemalli siis lyhentää suunnitteluun kuluvaan aikaan merkittävästi. Myös tuotemalleilla saadaan vähennettyä valmistukseen kuluvaan aikaan toistuvuuden ansiosta.

3D-tuotemallin käyttö on tuotekonfiguroitu, niin että tuotemallin muuttamiseen täytyy muuttaa vain projektikohtaiset parametrit. 3D-tuotemalliin valitaan laakeriväli, variaatio sekä tarpeelliset lisävarusteet. Tuotemallin muuttaminen projektimalliksi ei vaadi mallintamista parametrien muuttamisen lisäksi.

3D-tuotemalleja on kaksi kappaletta. Puristimen kiristimen 3D-tuotemallissa on 10 eri variaatiota ja kuivatusosan kiristimen 3D-tuotemallissa on 28 eri variaatiota. Variaatioiden määrä poikkeaa merkittävästi, sillä kuivatusosalla viiramatto voi kiertää poikkiakselin, kun taas puristimella tämä ei ole mahdollista tai tarpeellista. Puristinosalla kiristin kulma vaihtelee vaakatason sekä 90° kulman välillä. Kuivatusosalla kiristin vaihtelee vaakatason ja 180° kulman välillä. Variaatioiden määrää lisää myös koneen käisyys, moottorin tyyppi sekä kireydenmittauksen menetelmä.

Variaatioiden määrä voi tuoda ongelmia suunnitteluun. Tästä syystä tuotteesta on selkeät käyttöohjeet, joissa nähdään selkeästi variaatioiden väliset eroavaisuudet. Variaatioiden valintaan osallistuvat myös suunnittelijan lisäksi muita tahoja, jotta voidaan olla varma, että variaatio tulee oikeaksi. Väärän variaation valinta voi olla merkittävä ongelma koneen toiminnan kannalta. Tästä syystä variaatioiden määrää on pyritty pienentämään. Variaatioiden määrä on yksi syy minkä takia

päätimme toteuttaa mallinnuksen jakamisen kahteen 3D-tuotemalliin. Tuotemalleissa on myös muita eroavaisuuksia esimerkiksi fyysisissä mitoissa sekä materiaaleissa, mikä edesauttoi valinnan tekemisessä. Tuotteen sijoittaminen puristinosalla ja kuivatusosalla on erilaiset tilavarausten taakia. Puristinosa on useimmiten hyvin ahdas, mikä tuo ongelmia muun muassa telanvaihtojen kanssa. Kuivatusosalla tilaa voi olla hyvin koneen yläpuolella pitkissä kuivatusryhmissä, mutta lyhyissä kuivatusryhmissä sijoittaminen voi olla erittäin ongelmallista.

Tuotteesta löytyvää materiaalia löytyi pääsääntöisesti yrityksen sisäisestä dokumentaatiosta. Vastaavia tuotteita on käytetty jo vuosien ajan, joten dokumentaatiota on kertynyt hyvin. Työryhmässä on myös kiristimien tuotepäällikkö sekä muita kyseisen tuotteen asiantuntijoita mukana, eli tuotteen toiminnan ja sijoittamisen osalta oli valtavasti ammattitaitoa. Tuotteesta löytyvää materiaalia olisin kaivannut myös ulkoisista lähteistä. Tuotteesta saatavaa materiaalia olisin kaivannut monipuolisemmin. Monesta lähteestä saatavaa materiaalia olisi voinut verrata toisiinsa. Vertaamalla lähteiden materiaaleja voidaan paremmin arvioida lähteiden luotettavuutta ja saada monipuolisempi kuva tuotteesta. Materiaalia tuotekonfiguroinnista löytyi hyvin ja monipuolisesti. Lähteiden luotettavuuden arviointi oli hankalaa käsitteen ollessa laaja, mutta koen löytäneeni luotettavat lähteet.

Seuraava jatkotoimenpide tuotteelle on pilotointi. Tuotteelle pyritään etsimään projekti, jossa voidaan pilotoida. Muita jatkotoimenpiteitä ei ole tuotteelle tiedossa vielä. Tuotteelle voidaan myöhemmässä vaiheessa tehdä EBOM (Engineering Bill of Materials, automaattinen osaluettelon luonti 3D-suunnittelun yhteydessä) valmius. 3D-tuotemalli on luotu niin että EBOM siirtymä on tehtävissä pienillä muutoksilla.

## Lähteet

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja S., Kleimola M., Martikka H., Miettinen J., Niemi E., Ranta A., Rinkinen J., Salonen P., Verho A., Vilenuis M. & Välimaa V. 1995. Koneenosien suunnittelu. Porvoo: WSOY, 1997.

Design Structure Matrix (DSM). N.d. The Design Structure Matrix (DSM). Viitattu 27.12.2023. <https://dsmweb.org/design-structure-matrix-dsm/>

Dryer Fabrics. 2014. Valmet Technical Paper Series. 2014. Valmet Oyj. Julkaistu 16.5.2014. Viitattu 28.9.2023. [https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp\\_fabricsdryer.pdf](https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_fabricsdryer.pdf)

Dryer Stretchers sales. Valmet myyntiesite. N.d. Viitattu 21.11.2023.

Erixon, G. 1996. Modular Fuction Deployment, Support for Good Product Structure Creation. Viitattu 25.12.2023. [https://www.designsociety.org/download-publication/28057/modular\\_function\\_development\\_mfd\\_support\\_for\\_good\\_product\\_structure\\_creation](https://www.designsociety.org/download-publication/28057/modular_function_development_mfd_support_for_good_product_structure_creation)

KnowPap : paperinvalmistuksen oppimisympäristö. N.d. Prowledge Oy, taitotalo. Viitattu 20.12.2023. <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993188454806251>

Käsitteet ja määritelmät. N.d. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 22.10.2023 <https://www.stat.fi/til/tkker/kas.html>

Langnau, L. N.d. What is parametric modeling? Design World Online Viitattu 22.10.2023. <https://www.designworldonline.com/what-is-parametric-modeling/>

Maintenance and operation of press stretchers and guides. 2022. Valmet Oyj. Julkaistu 29.3.2022. Viitattu 1.10.2023. <https://www.valmet.com/insights/articles/up-and-running/reliability/MaintOperStretcherGuides/>

Modular Fuction Deployment (MFD). N.d. Modular Management. Viitattu 27.12.2023 <https://www.modularmanagement.com/fi/modular-function-deployment>

Mynott, C. 2012. Lean product development - a manager's guide. London: Institution of Engineering and Technology.

Press Fabrics. 2014. Valmet Technchnical Paper Series. Valmet Oyj. Julkaistu 14.3.2014. Viitattu 28.9.2023. [https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp\\_fabricspress.pdf](https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_fabricspress.pdf)

Simula, H., Lehtimäki, T., Salo, J. & Malinen, P. 2009. Uuden B2B-tuotteen menestyksekkäs kaupallistaminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy

Stress Concentration Factors for Shafts and Cylinders. N.d. Engineers edge. Viitattu 11.3.2024. [https://www.engineersedge.com/material\\_science/stress\\_concentration\\_factors\\_14174.htm](https://www.engineersedge.com/material_science/stress_concentration_factors_14174.htm)

Tutkimus- ja kehittämistoiminta. N.d.. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 26.10.2023 [https://www.stat.fi/meta/kas/t\\_ktoiminta.html](https://www.stat.fi/meta/kas/t_ktoiminta.html)

Valmet Pressing. N.d. Viitattu 5.12.2023. <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/pressing/>

Valmet roll cover applications. N.d. Viitattu 20.10.2023. <https://www.valmet.com/rollcovers/paper.html>

Valmet Teknologiat. N.d. Viitattu 16.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/teknologiat/>

Valmet yrityksenä. N.d. Viitattu 7.11.2023. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/historia2/>

Valmet. N.d. Yrityksen kotisivut. Viitattu 16.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/>

Vesterinen, Veli-Matti. Tutkimusmenetelmät ja – aineistot. N.d. Viitattu 26.12.2023. <https://tiedelukutaito.mooc.fi/part-3/2-tutkimuskysymyksen-valinta>

Westerlund, V. N.d. Tekninen laskenta – tietoa päätöksenteon tueksi. Huld kotisivut. Viitattu 22.10.2023. <https://huld.io/fi/mita-teemme/tuotemuotoilu-ja-kehitys/tekninen-laskenta/>