

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikka

Aleksi Ahtiainen

PE3-Pituusleikkurin pitorullien modifiointi

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Aleksi Ahtiainen

PE3-Pituusleikkurin pitorullien modifiointi, 39 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Simo Sinko, LAB-ammattikorkeakoulu, käyttöpäällikkö Tuomo Veteläinen, Stora Enso Oyj

Opinnäytetyö tehtiin Stora Enso Imatran tehtaiden PE3-muovipäälystykoneen pituusleikkurin toiminnan kehittämiseksi. Opinnäytetyö oli osa isompaa kokonaisuutta, Autonomous Management -projektia. AM-projektissa keskityttiin kehittämään pituusleikkurin toimintoja, henkilöstön käyttäytymismalleja ja työkaluja tuotavuuden, turvallisuuden sekä kunnossapidon parantamiseksi. Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui pituusleikkurin katkaisukourun pitorullat, jotka aiheuttivat suuria ongelmia pituusleikkurilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli analysoida katkaisukourun ja pitorullien ongelmakohdat. Pitorullat eivät pitäneet kartonkirataa kunnolla paikallaan ja olivat herkkiä hajoamaan mekaanisesti. Katkaisukourun säätäminen optimaaliseen kohtaan oli hankalaa, joka ollessaan väärissä säädöissä kuormitti pitorullia huomattavasti enemmän kuin normaalisti.

Pitorullien runkorakennetta modifioitiin mekaanisen hajoamisen estämiseksi. Katkaisukouruun lisättiin uusia reikiä ja suunniteltiin leveämmät uudet pitorullat vanhojen lisäksi pitämään kartonkirataa paremmin paikoillaan. Käyttöhenkilökunnan AM-kierrokseen lisättiin pitorullien kunnontarkastus ja tarvittaessa niiden vaihto.

Asiasanat: pituusleikkuri, kehitys, pitorullat, muovipäälystys

Abstract

Aleksi Ahtiainen

Modifying PE3 winders holding rolls, Number of Pages 39, Number of Appendices 1

LAB University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Mechanical and production engineering

Maintenance

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr Simo Sinkko, Senior Lecturer LAB University of Applied Sciences; Mr Tuomo Veteläinen, Operations Manager, Stora Enso Oyj

The thesis was made for Stora Enso Imatra Mills PE3-extrusion coating machines winder to improve it. The thesis was part of a larger project, the Autonomous Management project for Stora Enso Oyj. The AM-project focused on developing winder functions, staff behavior patterns and tools to improve productivity, safety and maintenance. The topic of the thesis was the holding rolls and cutting channel of the winder, which caused great problems with usability of the winder.

The aim of this thesis was to analyze the problem points of the winder and mechanical parts it has. The winder had some mechanical parts that did not meet the expectation in durability and had to design again to last longer.

The rollers that hold the board track were modified wider to endure more stress and some new holes for rollers were made to the cutting machinery. Also, preventive maintenance plans for personnel were introduced.

Keywords: winder, extrusion coating, performance

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Stora Enso Oyj.....	5
2.1	Stora Enso Imatran Tehtaat.....	6
2.2	PE3-konelinja.....	8
2.3	PE3-pituusleikkuri	9
3	Projektihallinta	13
3.1	Autonomous Management.....	14
4	Datan keruu ja analysointi.....	17
4.1	PE3-pituusleikkurin häiriödata ja sen analysointi	17
5	Pituusleikkurin ongelmat.....	19
5.1	Radanpitorullat.....	22
5.2	Pitorullien muutos	27
6	Katkaisukouru	29
6.1	Kourun modifiointi	31
6.2	Uudet pitorullat.....	33
7	Prosessihenkilöstön pituusleikkurin tarkastuskierrros	35
8	Yhteenveto ja pohdinta	36
	Lähteet.....	39

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee Stora Enso Oyj:n Imatran tehtaiden PE3-muovi-päälystyslinjan pituusleikkuria ja siihen kohdistuneita parannuksia. Opinnäytetyön tavoitteena on analysoida pituusleikkurin ongelmalliset kohdat ja pullonkaulat sekä kehittää pituusleikkurin toimintaa näiden tulosten perusteella. Analysoitava data kerätään Imatran tehtaiden tietojärjestelmästä (SEITTI, tuotannon-ohjausjärjestelmän lyhenne). Pituusleikkurin työntekijöitä haastatellaan leikkurin ongelmista ja puutteista, sekä leikkurin toimintaan tutustutaan paikan päällä. Pituusleikkurin ennakkohuoltoihin ja korjauksiin perehdytään Efora Oy:n kanssa SAP-tietojärjestelmästä löytyvän datan pohjalta.

Opinnäytetyö on osa Stora Enson Autonomous Management (AM)-projektia, jonka tavoitteena on palauttaa laitteet alkuperäiseen kuntoon ja kehittää niitä sen jälkeen. Projektin aikana selvitetään ongelmakohdat ja kehitetään näitä ongelmakohtia, jotta laitteesta saadaan turvallisempi, tuottavampi ja toimintavarmempi tuotannon ja kunnossapidon näkökannalta.

Tämä opinnäytetyö keskittyy muutamaan mekaaniseen kehityskohteeseen, jotka valitaan datan analysoinnin jälkeen kriittisimmiksi pituusleikkurin toiminnan kannalta. Datan analysoinnissa ilmenee, että pituusleikkurin katkaisukouru ja siihen kuuluvat pitorullat haittaavat pituusleikkurin normaalia toimintaa ja datan perusteella ovat täten tärkeimmät kehityskohteet.

2 Stora Enso Oyj

Stora Enso on kansainvälinen metsäteollisuusyhtiö, joka toimii pakkaus-, biomaateriaali-, puutuote- ja paperiteollisuuden parissa. Stora Ensolla on noin 26 000 työntekijää yli 30 maassa ympäri maailmaa, joista Suomessa noin 6700 henkilöä. Stora Enso on listattu Helsingin ja Tukholman pörseissä ja yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 10,1 miljardia euroa, josta suurin osa Euroopassa (73 %). Yhtiön vuoden 2019 operatiivinen liikevoitto oli noin miljardi euroa. (Stora Enso Oyj. 2020a.)

Stora Enson liiketoiminta koostuu kuudesta eri toimialueesta, joita ovat:

- Packaging Materials -divisioona, tuottaa kuitupohjaista kartonkia. Kuluttaja- ja teollisuuspakkauksia monenlaisiin käyttökohteisiin.
- Packaging Solutions -divisioona, kehittää ja myy kuitupohjaisia pakkaus tuotteita ja palveluja.
- Biomaterials-divisioona, keskittyy valmistamaan biotuotteita, kuten erilaisia sellulaatuja paperin, kartongin, pehmopapereiden valmistukseen sekä tekstiilejä ja hygienia tuotteita.
- Wood Products -divisioona, tarjoaa puupohjaisia ratkaisuja rakentamiseen, kuten massiivipuu elementit ja puukomponentit. Laaja sahatavara sekä biokomposiittien tuotevalikoima.
- Forest-divisioona, vuoden 2020 alusta toimintansa aloittanut. Käsittää Stora Enson metsäomaisuuden Ruotsissa ja 41 prosentin osuuden Tornatorista. Tähän kuuluvat myös puunhankintatoiminnot. Stora Enso on yksi maailman suurimpia yksityisiä metsänomistajia.
- Paper-divisioona, toiseksi suurin paperinvalmistaja Euroopassa. Valmistaa laajan valikoiman paino- sekä toimistotuotteita. (Stora Enso Oyj. 2020a.)

2.1 Stora Enso Imatran Tehtaat

Imatran tehtaat kuuluu Stora Enson Packaging Materials -divisioonaan, jossa kartonkia valmistetaan 8 tehtaassa Suomessa, Ruotsissa, Puolassa ja Kiinassa. Tehtaiden yhteenlaskettu kokonaisvuosituotanto vuonna 2019 oli 4.8 miljoonaa tonnia kartonkia. Imatran tehtaat on Stora Enson suurin tehdas, Suomen suurin kartongintuottaja ja yksi Euroopan suurimmista metsäteollisuusintegraateista. Imatran tehtaisiin kuuluu kaksi vierekkäistä tehdasyksikköä, Kaukopää ja Tainionkoski. Kuvassa 1 on Kaukopään tehdasalue ilmasta. (Stora Enso Oyj. 2020b)



Kuva 1. Stora Enso Imatran tehtaat – Kaukopää (Stora Enso Oyj. 2020b)

Tehtailla valmistetaan nestepakkaus- ja elintarvikepakkauksia ja graafisia kartonkeja sekä joustopakkauspapereita yhteensä noin miljoona tonnia vuodessa, itse valmistetusta sellusta ja kemikumahierteestä (CTMP). Niistä löytyy yhteensä neljä kartonkikonetta (KA1, KA2, KA4 ja KA5), kaksi paperikonetta (PK6 suljettu joulukuussa 2019 ja PK7) sekä neljä kalvopäällistyskonetta (PE2, PE3, PE5 ja PE6). Tehtaat työllistävät noin 1000 henkilöä suoraan ja monia paikallisia yrityksiä lisäksi. Kuvassa 2 kartonkikone KA4 pituusleikkurilta päin.

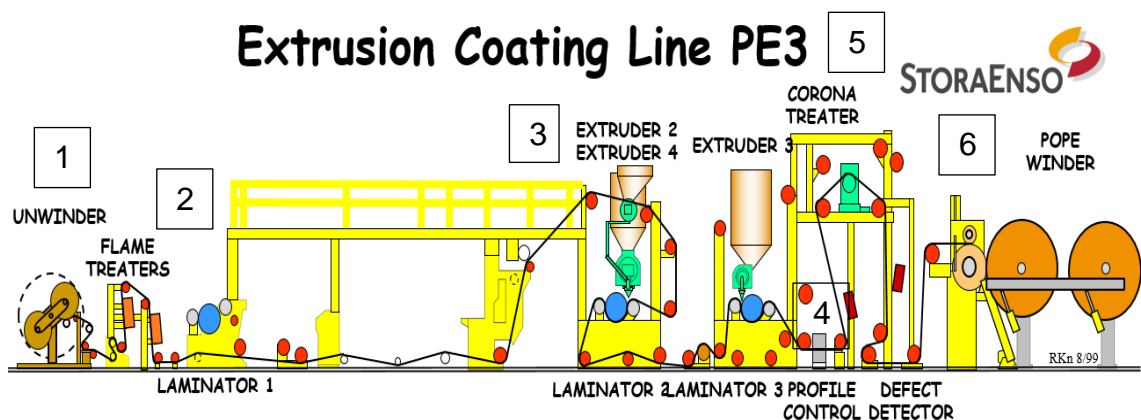


Kuva 2. KA4-kartonkikone (Stora Enso Oyj. 2020b)

2.2 PE3-konelinja

PE3-muovipäällystyskone on päällystystehtaan vanhempi muovikone, jolla päällystetään kuppi- ja pakkauskartonkia PE- ja PET-muovipäällysteellä erinäisiin asiakastuotteisiin. Näitä muovipäällystettyjä kartonkeja käytetään pitkän ja lyhyen säilytysajan vaativille nestemäisille tuotteille kuten maito, mehu, vesi ja keitot. Tuotevalikoimaan kuuluu myös erikoismuovipinnoitetut kartonkituotteet, joita käytetään lopputuotteisiin, kuten jogurtit, viinit ja pesuaineet. PE3-koneella tehdään myös perinteistä yksipuolisella PE-muovilla päällystettyä kartonkia esimerkiksi juomakuppeihin, jogurttipikareihin sekä muihin elintarvikepakkauksiin ja vuokamuotoisiin pakkauksiin.

Muovipäällystyslinja 3 otettiin käyttöön vuonna 1971. Päällystettävän kartonkiran leveys on väliltä 1500 mm – 2300 mm ja tuotantonopeudet vaihtelevat 200 m/min – 400 m/min välillä riippuen ajettavasta muovilaadusta ja muovimäärästä. Vuosittainen maksimikapasiteetti on noin 90 000 tonnia muovipäällystettyä kartonkia. Kuvassa 3 yleiskuva koneen rakenteesta ja numeroidut selostukset. (Stora Enso Oyj. 2020a.)



Kuva 3. PE3 päällystyskone (Stora Enso Oyj. 2007)

Päällystyskoneen toimintaperiaate voidaan esittää kuudella eri vaiheella:

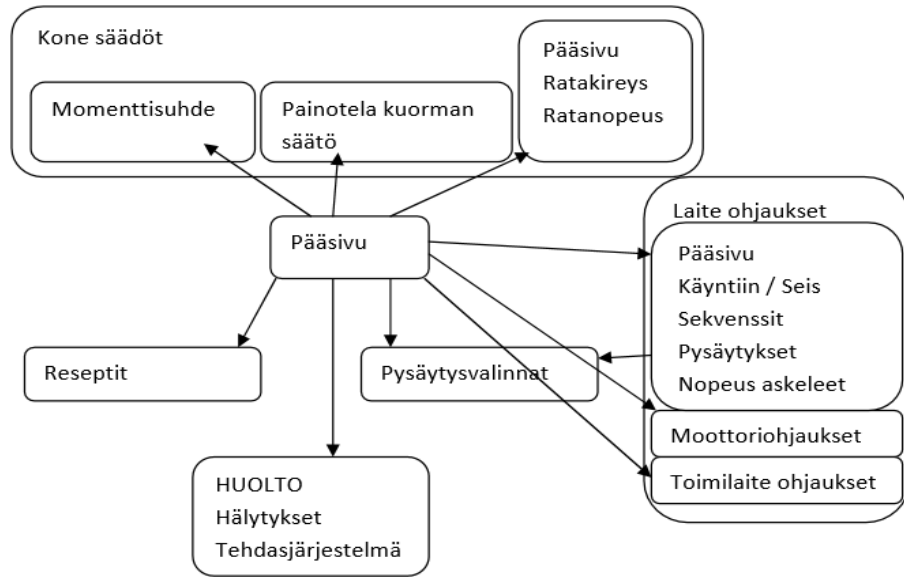
1. Aukirullaus: Päällystettävät kartonkirullat asetetaan aukirullauspukkiin, jossa kartonkirulla rullataan auki. Rullan vaihtaminen tehdään konetta pysäyttämättä eli "lentävin liitoksin". Aukirullaimessa on liitoslaite, joka yhdistää loppuvan ja alkavan rullan teippiliitoksella.

2. Esikäsitteily: Päälysteen tarttumista kartonkirataan (adheesio) parannetaan esikäsittelemällä kartonki liekkikäsitteilyllä, eli lämmittämällä kaasuliekillä kartongin pintaa.
3. Päälystys: Muovigranulaatit sulatetaan ekstruuderissa, josta sula muovi johdetaan suuttimeen. Suuttimessa muodostuu radan levyinen sula muovifilmi, joka puristetaan yhdessä kartongin kanssa jäädytystelaa vasten.
4. Profiilinmittaus ja –säätö: Päälysteen määrää mitataan IR-profiilimittauksella. Profiilimittauksen perusteella säädetään muoviprofiilia sekä muovimäärää.
5. Jälkikäsitteily: Muovipinta käsitellään koronakäsittelyllä, jolloin muovi hapettuu ja sen pintaenergia nousee. Käsitteily tehdään painovärin tarttuvuuden, saumattavuuden ja liimattavuuden parantamiseksi.
6. Kiinnirullaus: Päälystetty kartonki rullataan rullaussylinterillä konerulliksi, jotka siirretään pituusleikkurille asiakasrullien leikkaamista varten.

2.3 PE3-pituusleikkuri

Pituusleikkuri on Valmet-Wärtsilän valmistama ja se otettiin käyttöön vuonna 1971 samaan aikaan kuin PE3. Pituusleikkuri on modernisoitu vuonna 2010, jolloin leikkuriin tehtiin rakenteellisia muutoksia. Käytöt uusittiin, radanvientiä yksinkertaistettiin, hylsylvukot automatisoitiin, painotelan kiinnitys ja kuormitussylinterit uusittiin vastaamaan säätöohjausta, lisättiin pölynpoistopalkki ja ohjaus digitalisoitiin PC-sovellukseen. Samalla vanhaan pituusleikkuriin päivitettiin turvalogiikka ja turvallisuustoimintoja nykyaikaistettiin. WINCC PC-ohjauksen ansiosta saatiin tuotantoa paljon jouhevammaksi automatisoiduilla liikkeillä ja valmiiksi asetetuilla portaittain muuttuvilla nopeus- ja kireyskäyrillä. (Stora Enso Oyj. 2020c.)

Pituusleikkurin rataleveys on väliltä 1600 – 2400 mm ja maksimi ratanopeus 1500 m/min. Aukirullauksen maksimi rullahalkaisija 3200 mm ja kiinnirullauksen 1800 mm. Kiinnirullauksen rullamassa on maksimissaan 6000 kg ja kiinnirullausta voidaan tehdä neljällä erikokoisella hylsykoolla. Kuvassa 4 ohjaussovelluksen ominaisuudet ja kuvassa 5 yleiskuva pituusleikkurista aukirullauksesta päin otettuna. (Stora Enso Oyj. 2020a.)



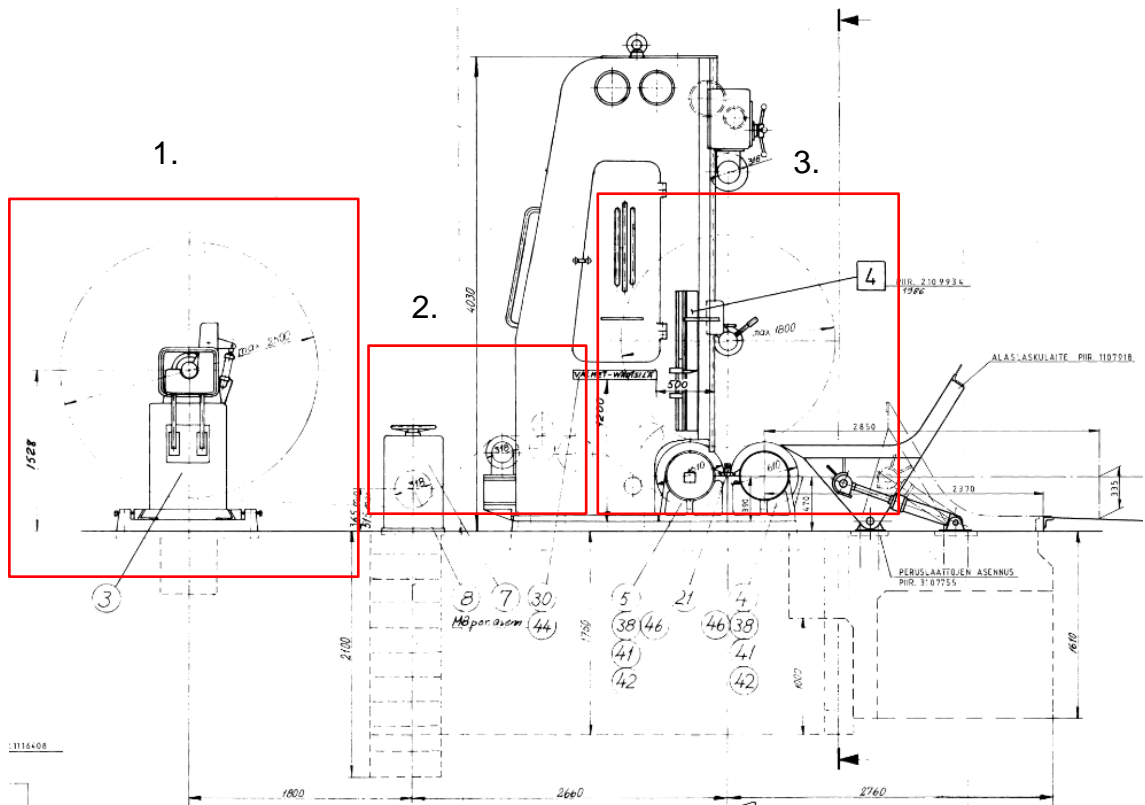
Kuva 4. WINCC-ohjausjärjestelmän ominaisuuskartta (Quattrotec. 2010)



Kuva 5. Yleiskuva pituusleikkurista aukirullauksesta päin

Pituusleikkuri koostuu kolmesta osasta: aukirullauksesta, leikkuuosasta ja kiinnirullauksesta. Aukirullauksessa nimensä mukaan aukirullataan tambuurilla olevaa konerullaa. Konerulla asetetaan pukeille ja sähkökäytössä oleva päästä hammastettu akseli työnnetään tambuurin hammastettuun ulokkeeseen, näin rullaa voidaan pyörittää. Leikkausosassa kartonki leikataan pituussuunnassa kapeammiksi radoiksi ylä- ja alateräyksiköiden väliin muodostuvan terävän nipin avulla. Yläteräyksiköissä on niin sanottu kuluva leikkuuterä, joka säädetään sopivaan kulmaan leikkaavaksi alateräyksikköä kohden. Yläteräyksikkö toimii paineilmalla,

jossa toimintoina sivuttaissiirto ja ylös-alasliike leikkauksen operointiin. Alateräyksikössä on terän vastakappale kiinni pyöritysmoottorissa, joka pyörittää leikkaavaa nippiä eli molempia, terää sekä vastakappaletta. Kiinnirullauksessa leikattu kartonki rullataan asiakasrulliksi asiakkaan tilaamaan mittaan erillisille hylsyille. Hylsyt pyörivät kantotelojen päällä hylsylukkojen pitäessä ne paikoillaan ja painotelan painaessa hylsyä pitääkseen kartongin kireällä kiinnirullauksen aikana. Saavutettuaan halutun asiakasrullan koon halkaisijan tai asetetut metrit, leikkuri pysähtyy ja katkaisuterä katkaisee radan poikki. Valmiit rullat työnnyvät ulos pituusleikkurista ja uudet asiakasrullat voidaan leikata. Kuvassa 6 poikkileikkaus pituusleikkurista ja merkattu numeroilla 1. aukirullaus, 2. leikkausosa ja 3. kiinnirullaus.



Kuva 6. Poikkileikkauspiirustus PE3-pituusleikkurista (Stora Enso SAP. 2020)

3 Projektihallinta

Projekti määritellään väliaikaiseksi tehtäväksi, jolla on yksilöllinen tavoite tai maali. Oli projekti iso tai pieni, sillä on aina kolme pääkomponenttia: tietty päämäärä tavoitteena, aikataulus jolla on alku ja loppu sekä tietty määrä resursseja eli henkilöstöä, rahoitusta ja tietotaitoa (Graham & Portny. 2013, 10.; Kuster, Huber, Lippmann, Schmid, Schneider, Witschi & Wüst. 2015, 5.). Nämä kolme komponenttia vaikuttavat kaikki toisiinsa. Esimerkiksi, lisättäessä päämäärään uusia tavoitteita. Se vaikuttaa aikataulun pitenemiseen tai vaatii enemmän resursseja, jotta projekti voidaan suorittaa annetussa ajassa. Aikataulun pidentäminen taas vähentää resurssien tarvetta, vaikka tavoite pysyisi samana, mutta moni muu asia vaikuttaa projektin tehokkuuteen. Nämä kolme komponenttia luovat pohjan projektin määritelmälle. (Graham & Portny. 2013, 10.)

Projektilla on aina neljä vaihetta, oli se minkä kokoinen tai pituinen tahansa. Ensimmäisenä täytyy aloittaa projekti, joka lähtee tarpeesta tuottaa jotakin, mikä vaatii arvioimista, rajaamista ja yksityiskohtaista suunnittelua. Tämän vaiheen tuloksiin voi kuulua karkea arvio projektin ajasta ja resursseista, data miksi projektia tarvitaan ja sen hyödyt/tavoite ja alustava lista henkilöistä, jotka liittyvät projektiin ja keihin se vaikuttaa. (Graham & Portny. 2013, 12–13.)

Toisessa vaiheessa organisoidaan ja valmistellaan projekti, eli tehdään suunnitelma, jossa käy ilmi yksityiskohtainen tavoite, mitä tehdään, aika, kustannukset ja muut tarvittavat resurssit. Suunnitelmassa on hyvä ottaa huomioon myös projektin riskit ja ”mitä jos” -skenaariot. Tämän vaiheen jälkeen pitäisi olla projektin suunnitelma yksityiskohtaisesti dokumentoituna tarvittavilla tiedoilla projektin päämäärästä, aikataulusta, resursoinneista ja tarvittavista tukevista prosesseista projektin toteuttamiseksi. (Graham & Portny. 2013, 13.)

Kolmas vaihe projektissa on itse työn suorittaminen. Tässä vaiheessa perustetaan projektitiimi ja tukitoiminnot, jonka jälkeen aloitetaan suorittamaan suunniteltua työtä, valvomaan työn etenemistä aikataulussa ja varmistetaan suunnitelman mukaisuus sekä tarvittaessa puututaan odottamattomiin suunnitteluvirheisiin. Projektin etenemisen valvonta on projektin onnistumisen kannalta yksi tär-

keimmistä tekijöistä. Tämän vaiheen jälkeen saadaan projektin tulokset, työnvaiheiden raportit ja muu dokumentointi itse projektin tekemisestä. (Graham & Portny. 2013, 13.)

Viimeinen ja neljäs vaihe on projektin sulkeminen. Tässä vaiheessa tarkastellaan yksityiskohtaisesti projektin tulokset ja hankitaan asiakashyväksynät projektin suorittamisesta. Tässä vaiheessa myös vapautetaan projektiryhmä projektista ja suoritetaan taloudelliset maksupostit. Lisäksi sovitaan projektinjälkeisestä arvioinnista tietyn ajan jälkeen, jos tarvetta. Tämän vaiheen jälkeen projekti on valmis ja saadaan seuraaviin samanlaisiin projekteihin viimeiset, hyväksytyt projektin tulokset, suositukset ja korvattavat asiat, jotka projektista on opittu. (Graham & Portny. 2013, 13.)

Projektinhallinta on projektin viemistä alusta loppuun edellä kuvattujen vaiheiden mukaisesti. Menestyksekkäs projektinhallinta vaatii projektille tarkoituksenmukaista dataa, jonka avulla voidaan suunnitella, seurata ja arvioida projektia. Myös selkeä, avoin ja oikea-aikainen kommunikointi projektihenkilöstön välillä on tärkeää projektinhallinnassa. Lisäksi on tärkeää, että henkilöstö on sitoutunut projektin toteuttamiseen, jolloin projekti pysyy määritellyissä aika- ja budjettirajoissa. (Graham & Portny. 2013, 14–15.)

3.1 Autonomous Management

Autonomous Management (jatkossa AM) on Stora Enson lanseeraama projektimalli, jossa ennalta määrättyjen ”askelten” mukaan jokin tuotantoa haittaava laite tai laitteen osa otetaan projektin kohteeksi. Askeleet antavat projektin vetäjälle rungon, jonka mukaan lähteä toteuttamaan projektia. Jokaiselle askeleelle on määritetty pituudeksi noin neljä viikkoa, jonka jälkeen suoritetaan auditointi. Näitä askelia on tässä vaiheessa projektimallia neljä kappaletta, mutta tulevaisuudessa enemmän mitä pidemmälle autonomous management-ajattelumallia viedään. Ajattelumallin tavoitteena on kasvattaa henkilöstön laiteymmärrystä, kehittää häiriköiviä laitteita sekä parantaa niiden käyttövarmuutta. Tällä laiteymmärryksen kasvatuksella tavoitellaan tilannetta, jossa operointihenkilöstö tietäisi laitteen toimintaan kriittisesti vaikuttavat osat ja osaisi huoltaa ja tehdä pieniä korjauksia itsenäisesti niihin. (Stora Enso Oyj. 2020b.)

AM-projekti alkaa askeleesta nolla, jossa projektin vetäjä kerää projektin kohteen rajaamiseksi dataa häiriötilastoista, laiterikoista ja muista häiriötekijöistä tuotannon tehokkuudelle. Lisäksi projektin rajaukseen kuuluu käyttöhenkilöstön haastattelu sekä mahdollinen uuden datan keräys aiheen rajaukseksi, datan laadun varmistamiseksi ja tarkentamiseksi. Seuraavaksi määritetään projektitiimi. Tässä vaiheessa selvitetään, minkälaista osaamista kyseiseen projektiin tarvitaan kunnossapidon ja tuotannon puolelta. Laitteiden käyttäjät ovat ensiarvoisen tärkeitä laitteiden kehittämisen ja olemassa olevien ongelmien esiintuomiseksi. Henkilömäärä kannattaa harkita tarkkaan ja resursoida henkilöt oikein, koska jos projektissa on liian vähän henkilöitä, projektin on mahdotonta onnistua. Toisaalta liikaa ei henkilöitä kannata kiinnittää projektiin, työaika on muualta pois eikä kaikilla ole välttämättä järkevää annettavaa projektin etenemiselle. Projektille on myös aluksi määritettävä tavoitteet, mittarit onnistumista mittaamaan sekä tuotannon kehityspotentiaali euroina antamaan suuntaa, kuinka hyödyllinen projekti on ja kuinka paljon resursseja siihen kannattaa kiinnittää. Toiseksi viimeiseksi etsitään kaikki perustiedot laitteesta (huolto- ja käyttöohjeet, ennakkohuolto- ja tarkastuskierrokset, ABC-kriittisyysluokittelu, PI-kaaviot, toimintamallit, nykyiset ohjeet ja aiemmat projektit jos tehty). Viimeisenä luodaan projektille aikataulu alusta loppuun, ettei se veny hallitsemattomasti. Kaikki projektipalaverit ja askelten vaiheet aikataulutetaan Microsoft Projectiin helpottamaan projektin aikataulun seuraamista sekä projektihenkilöstön informoimiseksi. (Stora Enso Oyj. 2020b.)

Askel yksi aloitetaan palauttamalla laite peruskuntoon huoltamalla ja korjaamalla vikaantuneet osat laitteesta, jonka jälkeen puhdistetaan (lika piilottaa laitevikoja) ja tarkastetaan loputkin. Näin saadaan kyky havaita, korjata ja ehkäistä epänormaaleja tilanteita sekä parantaa tuoteturvallisuutta, sillä lika voi pahimmillaan päätyä asiakkaalle asti. Perusolosuhteiden palauttaminen ja laitteen normaali toiminta vaikuttavat turvallisuuteen (vähemmän riskejä ja helpompi poikkeamien havainnointi), laatuun (tasaisempi laatu ja parempi tuoteturvallisuus), koneisiin (vähemmän käyttövirheitä, pidempi osien kestoikä ja ongelmien havaitseminen ajoissa) sekä psyykkisiin tekijöihin (kehittää henkilöstön taitoa havaita ongelmia, lisää koneiden tuntemusta, parantaa viihtyvyyttä ja lisää kurinalaista toimintaa). Seuraavaksi kartoitetaan laitteen ongelmakohdat ja perehdytään siihen, miten

laite on suunniteltu toimivan, jonka jälkeen voidaan aloittaa kehittämään parannuksia alueelle/laitteelle. Askeleen yksi lopuksi määritetään ylläpidettävä taso laitteen kunnossa ja laaditaan alustavat tarkastuskierrokset, ennakkohuoltokohteet ja ohjeet. (Stora Enso Oyj. 2020b.)

Askeleessa kaksi keskitytään kehittämään häiriköiviä laitteita ja ymmärtämään niiden toimintaa syvällisemmin sekä jakamaan tätä tietoutta käyttökäyttökunnalle. Analysoidaan laitteen ongelmat juurisyyanalyysillä ja kehitetään toimivat ratkaisut, jotta ongelmat saadaan eliminoitua tai jos siihen ei pystytä niin vähennettyä. Tässä askeleessa tehdään myös mahdolliset koeajot/testit, jotka liittyvät laitteen kehitykseen ja tehdään parannuksia helpottamaan ja optimoimaan huollettavuutta ja tarkastuksia, esimerkiksi visualisoidaan mittareita, huoltoreittejä ja -kohteita. Laitteiden toimittaja kannattaa myös ottaa mukaan tässä vaiheessa, heiltä löytyy ensikäden tietoa ja ammattitaitoa laitteen toiminnasta. (Stora Enso Oyj. 2020b.)

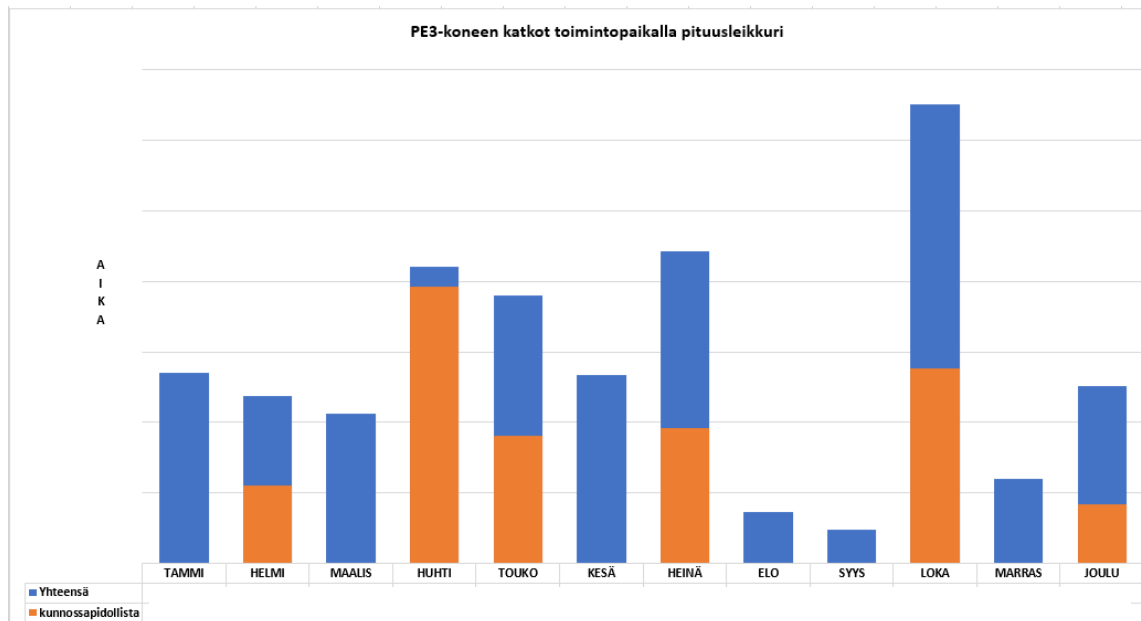
Kolmannessa ja viimeisessä askeleessa viimeistellään kokonaisuus ja hiotaan standardit kohdalleen. Aloitetaan tekemällä lopulliset ohjeet ja jalkauttamaan ne kentälle sekä kouluttamalla henkilöstölle päivitetyt laitteet ja ohjeet, otetaan rutiinitehtävät arkijohtamiseen. Lisätään muutokset olemassa oleviin tarkastus- ja huoltokierroksiin, päivitetään varaston varaosat ja viedään eteenpäin mahdolliset jatkoinvestoinnit, joita kyseisessä projektissa ei saatu suoritettua. Viimeisenä pidetään loppuauditointi, tarkastetaan projektin alussa luodut mittarit, tavoitteisiin pääsy ja jatketaan seuranta projektin kannattavuuden seuraamiseksi. (Stora Enso Oyj. 2020b.)

4 Datan keruu ja analysointi

Datankeruuseen hyödynnettiin Stora Enson olemassa olevia toiminnanohjausjärjestelmiä. Tuotannon Imatran tehtaiden oma SEITTI-järjestelmä kerää koneiden käyntitietoja ja siihen tallentuu kattava määrä trendejä, tehokkuuslukuja ja teknistä dataa mitä analysoida. SAP-järjestelmästä löytyy laitteiden kunnossapidolliset ilmoitukset ja data, josta näkee esimerkiksi häiriöilmoitusten määrän tietyille laitteelle. Myös laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmat ja toteumat löytyvät SAP-järjestelmästä sekä kaikki laitteille tehdyt kunnossapitotyöt SAP-järjestelmän käyttöönnoton jälkeen. Näistä pystytään keräämään koko konelinjan häiriköivimmät ja tuotannon tehokkuudelle haitallisimmat laitteet yhteen taulukkoon tarkempaa tarkastelua varten. Näin saadaan tarkkaa dataa aika- ja materiaalihäviöistä pitkältä aikaväliltä, esimerkiksi koko vuodelta. Nämä häviöt voidaan jakaa eri laitteiden aiheuttamiksi analysoimalla SEITTI-kirjauksia ja SAP:ia, jolloin saadaan lista, josta pitäisi nousta esiin suurimmat hukan aiheuttajat. Näistä eniten potentiaalia tuotannon tehokkuuden lisäämiseksi omaavat valitaan prioriteeteiksi ja kehitysprojekteiksi (AM).

4.1 PE3-pituusleikkurin häiriödata ja sen analysointi

PE3-muovipäälystyskoneen katkotiedoista SEITTI:stä kerättiin kattava Excel-taulukko vuoden 2018 katkosyistä, joista pituusleikkuri ja sen kapasiteetti nousivat hyvin suuriksi. Kaikki PE-koneen katkot leikkurin takia merkittiin samalla tavalla, joka sinänsä helpotti leikkurin ottamista projektikohteeksi, mutta samalla aiheutti lisätyötä. Katkotiedoiksi oli merkattu vain ”pituusleikkuri”, joten ei suoraan tiennyt mikä pituusleikkurissa aiheutti katkoja. Seuraavaksi piti aloittaa kahlaamaan SEITTI-kirjauksia ja katselemaan SAP-järjestelmästä pituusleikkuriin liittyviä häiriöilmoituksia. Katkotiedot täydennettiin SEITTI-kirjauksien ja häiriöilmoitusten mukaan Excel-listaan ja niistä tehtiin kuvan 7 mukainen kuvaaja, jossa katkot määriteltiin kunnossapidollisiin ja kaikkiin muihin. Kaikkiin muihin kuuluu pituusleikkurista johtuvat kapasiteetti-, käyttötekniset- ja tuotantotekniset-ongelmat. Tuntimäärät häivytetty tuotantodatan salassapitovelvollisuuksien vuoksi.



Kuva 7. Pituusleikkurista aiheutuneet katkot PE3-koneella

Valitettavasti Excel-listaa ei opinnäytetyöhön pystynyt lisäämään tuotannollisista syistä, mutta Excel-listasta saatiin yksityiskohtaiset datat, joista pystyttiin analysoimaan suurimmaksi yksittäiseksi tekijäksi leikkurin kapasiteetin, joka johtui radanpidon ongelmista (näitä ongelmia selitetään paremmin seuraavassa kappaleessa). Kyseiset ongelmat aiheuttivat myös huomattavan määrän materiaalihäviötä, kun vertailee hylytys- ja sekundasyitä. Jos jätetään huomioimatta PE-koneesta johtuvat syyt, nämä leikkurin radanpidosta johtuvat syyt kuten ”rullat yhdessä” olivat ylivoimaisesti kärjessä materiaalihävikin syinä ja kyseiset ongelmat aiheuttivat myös ajallisesti tappiota kuten seuraavassa kappaleessa selviää.

5 Pituusleikkurin ongelmat

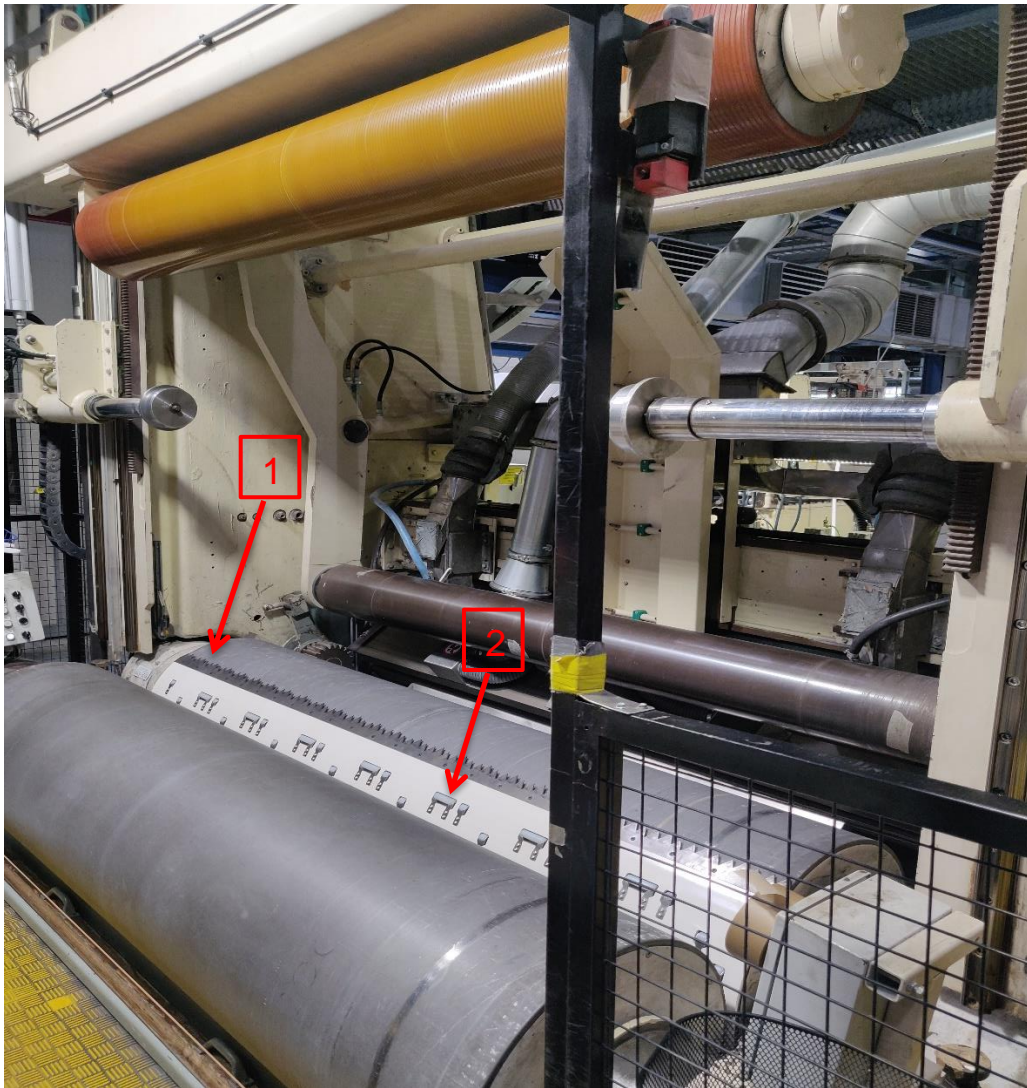
PE3-pituusleikkurilla on ongelmia radan pitämisessä paikoillaan rullia leikatessa konerullista pienemmiksi asiakasrulliksi, joka aiheuttaa päänvaivaa pituusleikkurihenkilökunnalle sekä tuotannon menetyksiä. Kuten aikaisemmassa datassa huomattiin, pituusleikkurilla tulee yhteen menneiden asiakasrullien takia rullahylkyä ja sekundarullia kiilan jäljistä, kun rullia irrotetaan toisistaan. Tämä rullien yhteen meneminen aiheutuu radan liikkumisesta hylsyjen päällä kiinnirullauksessa, kun leikatut kartonkiradat vaeltavat viereiselle hylsulle toistensa päälle tai rata siirtyy toisen hylsyn päälle. Joissain tapauksissa rata on vain pohjalta kiinni toisessa rullassa ja oikenee kireyksien ja rullausnopeuden noustessa, jolloin rullat saadaan irrotettua toisistaan lyömällä puukiilaa niiden väliin. Rulliin tulee kuitenkin jälkiä ja kosmeettisia vaurioita, mistä johtuen ne joudutaan myymään sekundaan eteenpäin. Jos rullat ovat niin tiukasti kiinni toisissaan, ettei niitä saada irrotettua, ne merkataan hylkyksi ja tuotantomenetykseksi. Molemmat tapaukset merkataan materiaalihävikiksi ja ne vaikuttavat suoraan tuotannon tehokkuusmittareihin materiaalihyötysuhteen muodossa. Kuvassa 8 on asiakasrulla, jossa pohja on lähtenyt vaeltamaan mutta irronnut toisesta rullasta. Tässä rullassa ei ole tarvinnut turvautua kiilalla lyömällä irrotukseen, niin vähän kerroksia kerennyt pyörähtää sivuun ennen oikenemista, että irronnut erottamalla rullat eri suuntiin.



Kuva 8. Asiakasrulla, jossa rata on päässyt liikkumaan pohjalla

Tämän radanliikkumisen todettiin myös aiheuttavan aikahäviöitä tuotantotehokkuudessa henkilöstön joutuessa tekemään ylimääräistä työtä pituusleikkurilla. Muutonvaihtojen yhteydessä leikattujen kartonkiratojen hännät tippuvat pois paikoiltaan ja niitä täytyy käydä nykimässä paikalleen ennen seuraavien asiakasrullien leikkausta. Yhteen menneet rullat sitovat henkilöstön pois pituusleikkurin operoinnista rullien irrotukseen ja hylkäykseen, jos rullat ovat pahasti kiinni toisissaan. Tämä pahimmassa tapauksessa hidastaa konerullien leikkausaikaa niin paljon, että PE3-muovipäälystyskoneen ja pituusleikkurin väli täyttyy valmiista konerullista. PE3-koneen tambuuriraudat loppuvat ja muovipäälystyskone pitää pysäyttää leikkurin kapasiteetin takia, koska vapaata tambuurirautaa valmistuvalle päälystetylle kartongille ei ole.

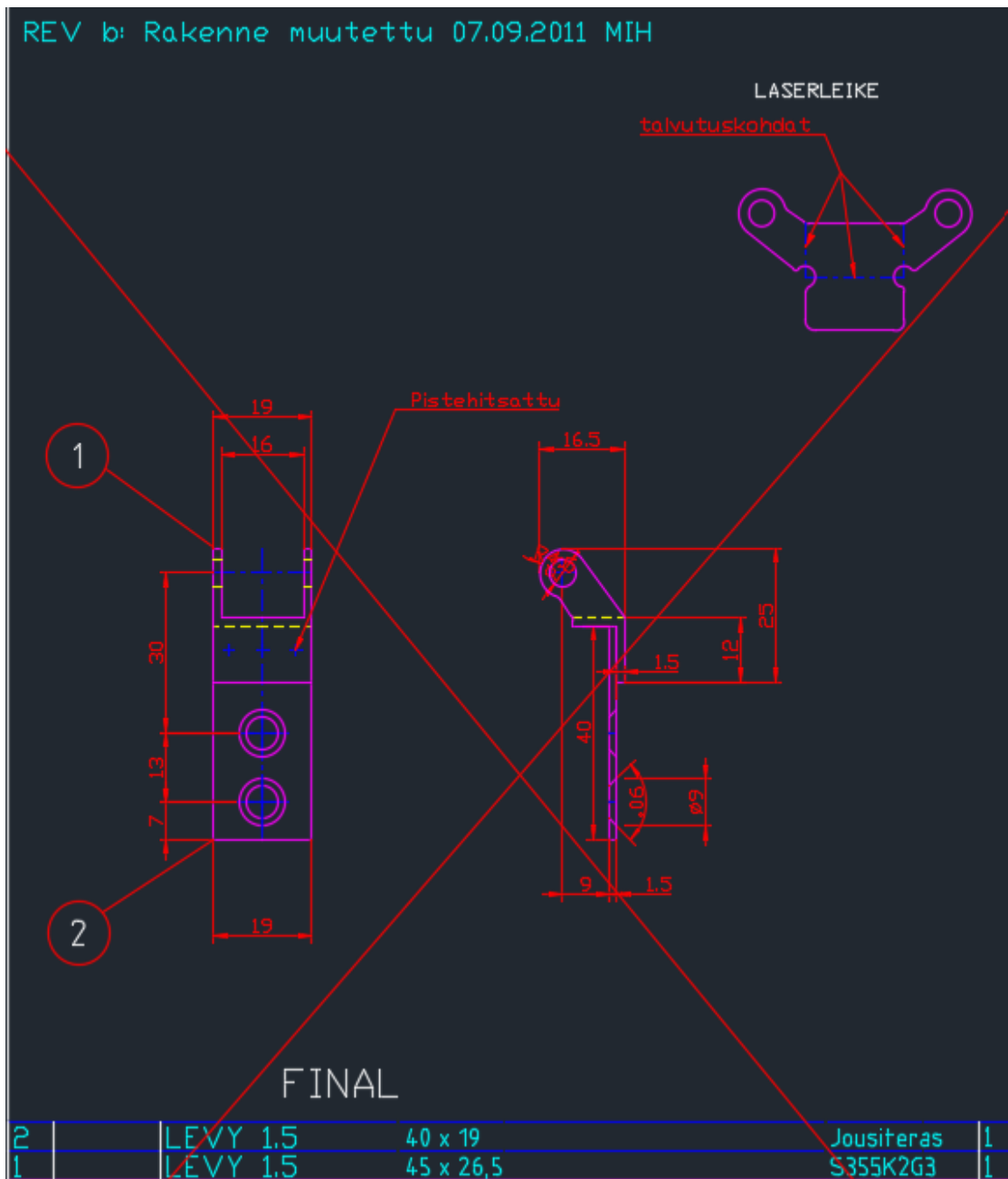
Tämä ongelma nousi ihan datankin valossa suureksi, ja projektitiimi halusi keskittää voimavaransa sen ratkaisemiseen. Tuotantokapasiteetin ylläpito ja materiaalihyötysuhteen kasvattaminen parantavat tehokkuutta ja tuovat säästöjä. Kuten ylempänä datassa kuvassa 7 näkyi, PE3-kone on seisonut pituusleikkurista johtuen monia tunteja vuonna 2019, ja tätä haluttiin saada pienemmäksi muutoksilla laitteissa ja niiden huollossa. Suurimmiksi yksittäisiksi tekijöiksi näihin ongelmiin haastatteluiden, tuotannon seuraamisen ja piirustusten tutkimisen perusteella todettiin pituusleikkurin katkaisukouru sekä siihen liittyvät radanpitorullat. Näihin mekaanisiin laitteisiin paneuduttiin seuraavaksi syvemmin, tavoitteena parantaa niiden toimintaa. Kuvassa 9 on yleiskuva pituusleikkurin kiinnirullauksesta katkaisukouru ylhäällä, merkattuna nuolilla ja numeroilla 1. katkaisuterä ja 2. pitorulla.



Kuva 9. Pituusleikkuri katkaisulaite ylhäällä

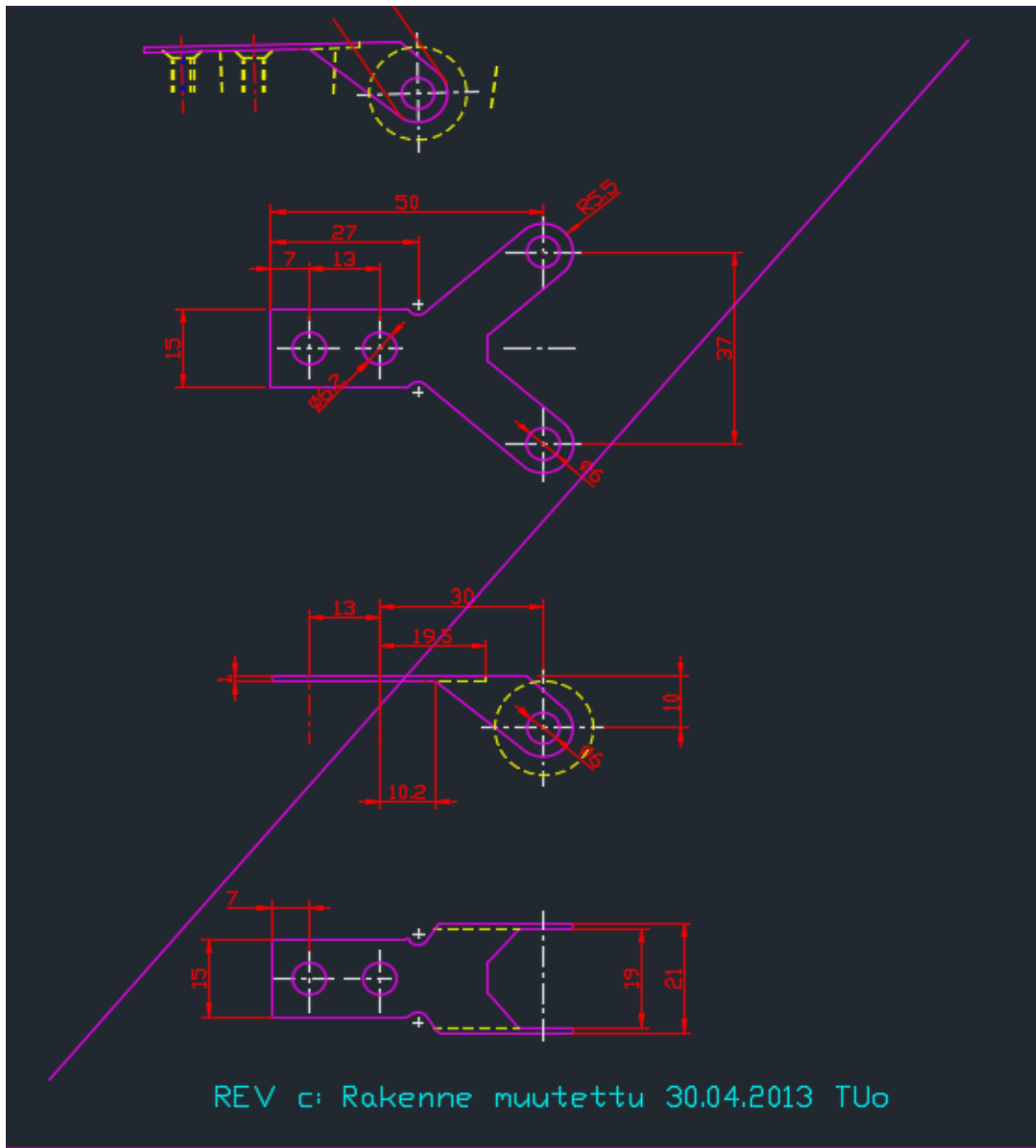
5.1 Radanpitorullat

Pituusleikkurissa kartonkiratoja pitävät paikallaan pitorullat, jotka on kiinnitetty katkaisukouruun. Kouruun on tehty reikiä, joiden läpi rullat tulevat ja painavat kartonkirataa kantoteloja vasten muutonvaihdossa, ajon aloituksessa ja päänviennessä pitäen sen paikallaan. Tällä hetkellä käytössä oleva pitorulla on tehty laserleikatusta 1 mm paksuisesta S355K2G3-lattateräksestä, josta korvakkeet on taivutettu alaspäin. Korvakkeiden välissä on nylonista tehty 18 mm halkaisijaltaan oleva rulla, joka kiinnitetään tyssäämällä 6 mm halkaisijalla olevaa terästankoa päistä. Aikaisemmat kokeilut ovat olleet hieman mitoitukseltaan erilaisia, erimuotoisia ja eri materiaalejakin on kokeiltu vaihtelevin tuloksin. Ensimmäiset versiot oli tehty jousiteräksestä, mutta ne eivät puristaneet tarpeeksi kartonkia kantotelaa vasten ja olivat muutenkin tehtyjä kahdesta eri osasta, jotka pistehitsattiin toisiinsa kiinni. Ensimmäisestä revisiosta A ei SAP-järjestelmästä löytynyt kuvaa, mutta kyseinen revisio korvattiin melkein välittömästi revisiolla B sen toimimattomuuden vuoksi. Kuvassa 10 on pitorulla revisio B, jossa kouruun kiinnitettävä rakenne on 1,5 mm paksuista S355K2G3 terästä ja rullan puoli saman paksuista jousiterästä. Nämä hitsattiin kiinni toisiinsa pistehitsillä, joka murtui ainaisesta taivuttelusta ja sadoista liikkeistä päivän aikana. Kyseisellä mallilla menttiin muutama vuosi. (Quattrotec. 2020; Stora Enso Oyj. 2020c.)



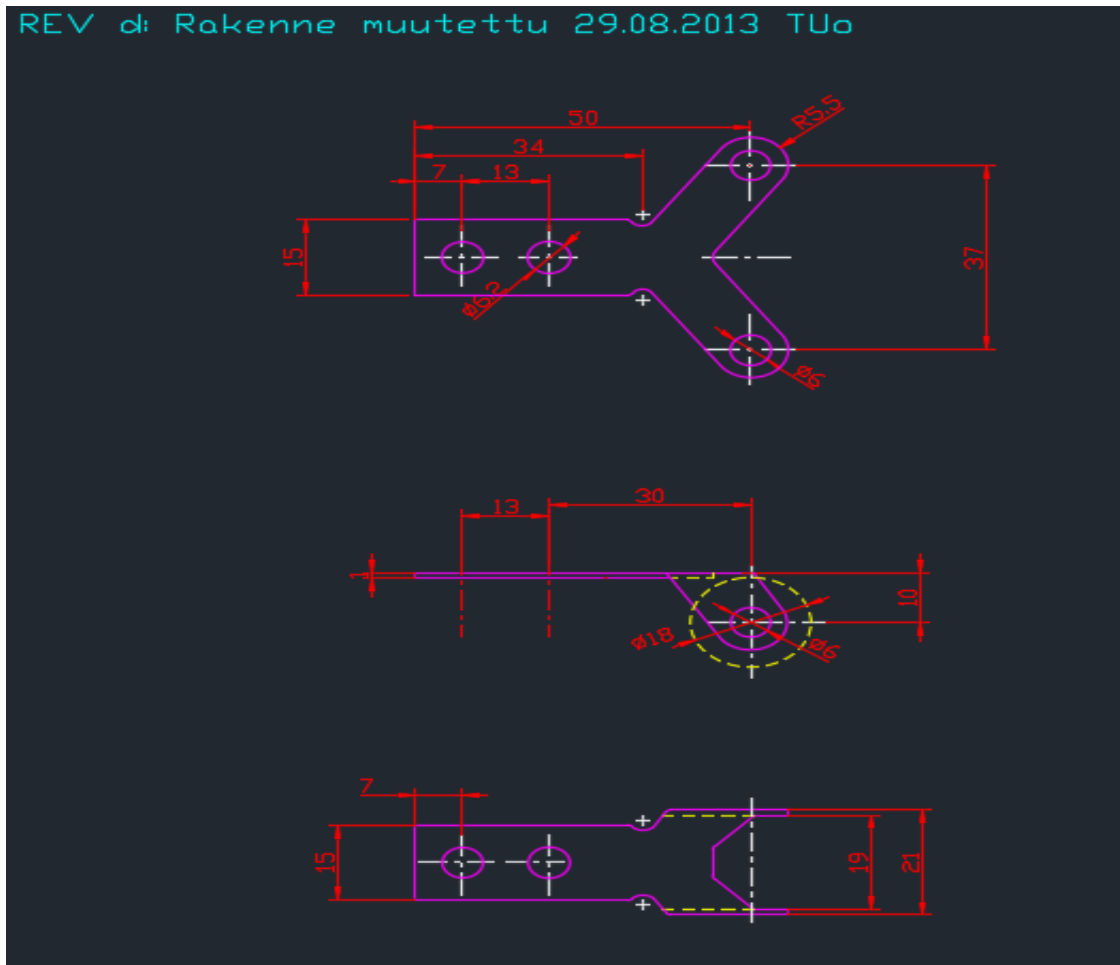
Kuva 10. Pitorulla revisio B (Stora Enso SAP-järjestelmä. 2020)

Siirryttäessä yhtenäiseen jäykkään S355K2G3-teräkseen, joka on jännityksessä, saatiin puristusta lisää ja radanpito toimi rullien ollessa uusia. Revisiossa C ajan myötä rakenne rupesi murtumaan, runko napsahti poikki ja uusia vaihdettiin tilalle jatkuvasti. Revisiossa C nylonrullan kiinnityskorvakkeet tulivat liian pitkälle ja rakenne taipui poikki, tämä kuvassa 11 oleva revision C korvattiin nopeasti neljän kuukauden kokeilun jälkeen päivitetyllä revisiolla D. (Quattrotec. 2020; Stora Enso Oyj. 2020d.)



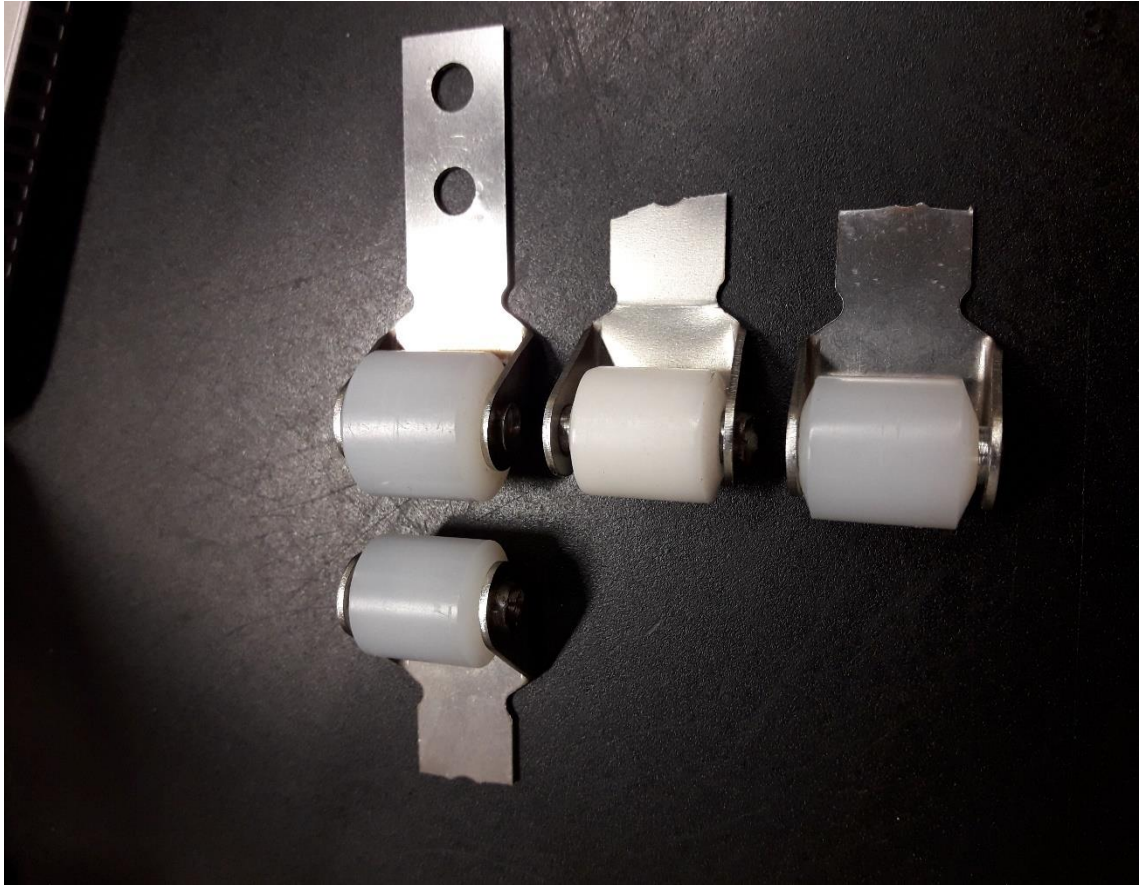
Kuva 11. Pitorulla revisio C (Stora Enso SAP-järjestelmä. 2020)

Revisio D:hen korvakkeita lyhennettiin ja lattaosaa pidennettiin kestävyuden parantamiseksi. Pultinreiät olivat nyt vähän kauempana taivutuskohdasta, mikä antoi teräkselle vähän enemmän tilaa elää ja taipua. Kuvassa 12 on revision D piirustus, jota käytetään tällä hetkellä pituusleikkurissa. (Quattrotec. 2020; Stora Enso Oyj. 2020d.)



Kuva 12. Pitorulla revisio D (Stora Enso SAP-järjestelmä. 2020)

Kourussa on 25 pitorullaa ja koko ajan sai olla vaihtamassa uusia. Näiden katkenneiden pitorullien kohdalta kartonkirataa ei pitänyt mikään paikallaan. Pituusleikkurin alapuoleinen monttu oli ainut paikka, mistä pitorullien kuntoa pääsee tarkastelemaan lähemmin. Pitorullia mentiin tutkimaan vasta, kun rata ei kestänyt paikoillaan eikä ajamisesta tullut mitään jokaisen rullan mennessä ristiin viereisen kanssa (Stora Enso Oyj. 2020d). Projektin yhteydessä perehdyttiin pitorullien käyttäytymiseen paremmin ja ajohenkilökunnalle ohjeistettiin pitorullien tarkkailua viikoittain ja rikkinäisten kerääminen talteen. Kuvassa 13 on kolme hajonnutta revisio D pitorullaa ja yksi ehjä uusi. Huomiona, että kaikki hajonneet samasta kohdasta. Taulukossa yksi vielä pitorullien erilaisten revisioiden yhteenveto.



Kuva 13. Ehjä ja hajonneita pitorullia

Revisio	Materiaali	Ainevahvuus	Ominaisuudet	Ongelmat
A	Jousiteräs	1 mm	Kolme kiinnitysreikää lattarungossa. 20 mm pidempi runko kuin muissa revisiossa.	Huono pitovoima, taipui mukana pitkän varren johdosta.
B	"Jousiteräs"+S355K2G3	1,5 mm	Kaksi kappaletta hitsattu toisiinsa pistehitsillä.	kestävyys, hitsisauma ei kestänyt.
C	S355K2G3	1 mm	Yhtenäinen taivutettu teräs rakenne.	kestävyys, nylonrullan korvakkeet heikot.
D	S355K2G3	1 mm	Edellisestä muutettu mittoja hieman.	Kestävyys, väsymismurtumat ruuvireikien kohdalta.

Taulukko 1. Yhteenveto eri pitorullarevisiosta

5.2 Pitorullien muutos

Revision D pitorullien suurin ongelma oli niiden katkeaminen ylemmän kiinnitysreiän kohdalta jännityksestä (Kuva 13). Melkein kaikki kerätyt pitorullat olivat katkenneet kyseisestä kohdasta, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Nämä poikkeukset, joita oli parin kuukauden otannalla 2/20, olivat murtuneet kavennuskohdasta. Näitä rullia on käytetty vuodesta 2013, ja ne on todettu toimiviksi radanpidossa, mutta ne eivät kestä. Pitorullan runko siis piti saada kestävämpään paremmin muuttamatta liikaa toimivaksi todettua rakennetta.

Tähän pitorullan kehitystyöhön otettiin mukaan laitteiden valmistaja, jolta löytyi tarvittavat lähtötiedot kehitykseen monien muutettujen pitorullien kokemuksella. Jos lähtötietoja ei olisi ollut ja pitorullia olisi pitänyt lähteä tyhjästä kehittämään kestävimmitiksi, olisi täytynyt käyttää muutoksen suunnitteluun huomattavasti enemmän resursseja. Suurimmassa osassa pitorullista katkeaminen tapahtui teräksen väsymisestä johtuvasta murtumasta pitorullien työskennellessä tauotta pituusleikkurin sisällä pitäen rullia kiinni joka muutonvaihdossa. Aina paineilmasynterierien ajaessa kourun kiinni, pitorullat taipuivat hieman kantotelaa vasten. Tätä samaa taipumaa toistettaessa lukemattomia kertoja putkeen oli väsymismurtuma valmis ja revisiossa D oli vielä ohut seinämäisessä lattarakenteessa reikä, joka edesauttaa väsymistä lovivaikutuksen periaatteen mukaan (Adámková. 2018). Eri kartonkilaatujen paksuuden vaihdellessa pitorullan jännitysamplitudi myös vaihtelee hieman mikä vaikuttaa myös väsymiseen.

Yksinkertainen FEM-mallinnus kuormituksella, joka olisi laskettu vapaakappalekuvan mukaisilla maksimikuormituksilla, olisi myös kertonut, mikä kohta pitorullan rakenteessa antaa periksi ja mistä kohdin rakennetta pitäisi vahvistaa. Esimerkiksi Ansys analysointi- ja simulointiohjelmalla ja jollain CAD-ohjelmalla pitorullasta olisi voinut tehdä 3D-mallin, jota simuloida rakenneanalyysillä vaihdellen pitorullan mittoja halutunlaisiksi (Ansys Inc. 2020). Leikkurin olosuhteita simuloimalla jännittämällä pitorullaa jaksoittain vaihteleva amplitudisella jännityksellä lukemattomia kertoja päästäisiin haluttuun kestävyteen lopputuloksena. Vaihtoehtoisesti, jos mittasuhteet karkaisivat liian suuriksi, myös rakenteen materiaalia pystyttäisiin muuttamaan sitkeämmäksi säilyttäen mitoitusrajoitukset.

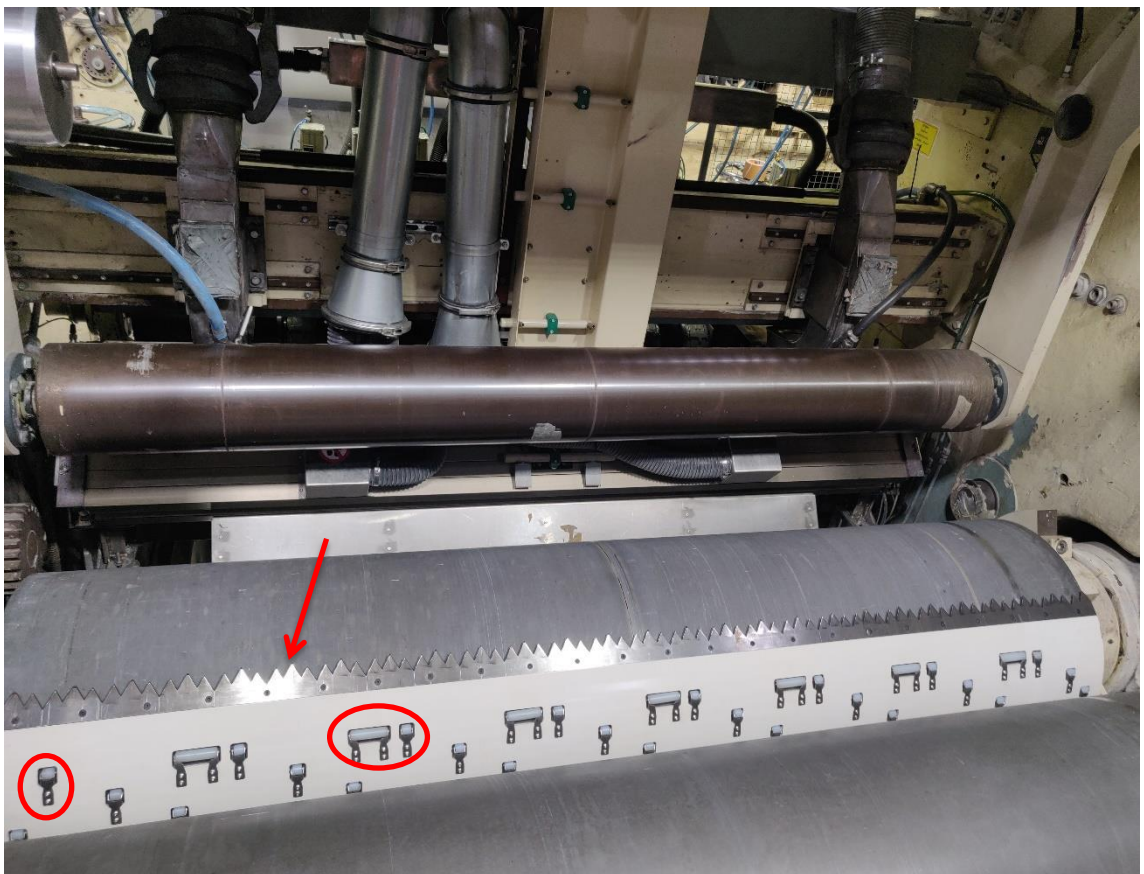
Tosin nyt toimittiin yhteistyössä valmistajan kanssa, jolta löytyi valmiiksi tarvittava tieto, ja hajonneiden pitorullien perusteella pääteltiin yhdessä, että lattarakennetta levennetään 1 mm puoleltaan materiaalivahvuuden jäädessä vähäiseksi reikien kohdalta. Myös rakenteen muotoa muutettiin hieman suoraviivaisemmaksi loven kohdalta kuvan 14 mukaisesti. Kuvassa 14 on kehityksen tuloksena revision E pitorulla, mutta valitettavasti lopullista piirustusta ei opinnäytetyön tekohetkellä vielä ole saatavilla. Valmistajan mukaan materiaalia ei tarvitsisi lähteä vaihtamaan, mutta sitä on pidettävä vaihtoehtona, jos on tarpeen. Tämä niin sanottu "trial & error -metodi", jossa kokeillaan erilaisia keinoja niin kauan ennen kuin onnistutaan tai lopetetaan yrittämästä, ei varmasti ole viisain. Jos tämäkään pitorulla ei kestä enempää, on otettava Ansys-ohjelma esiin ja suunniteltava alusta asti pitorulla kestäväksi uudella rakenteella ja materiaalilla.



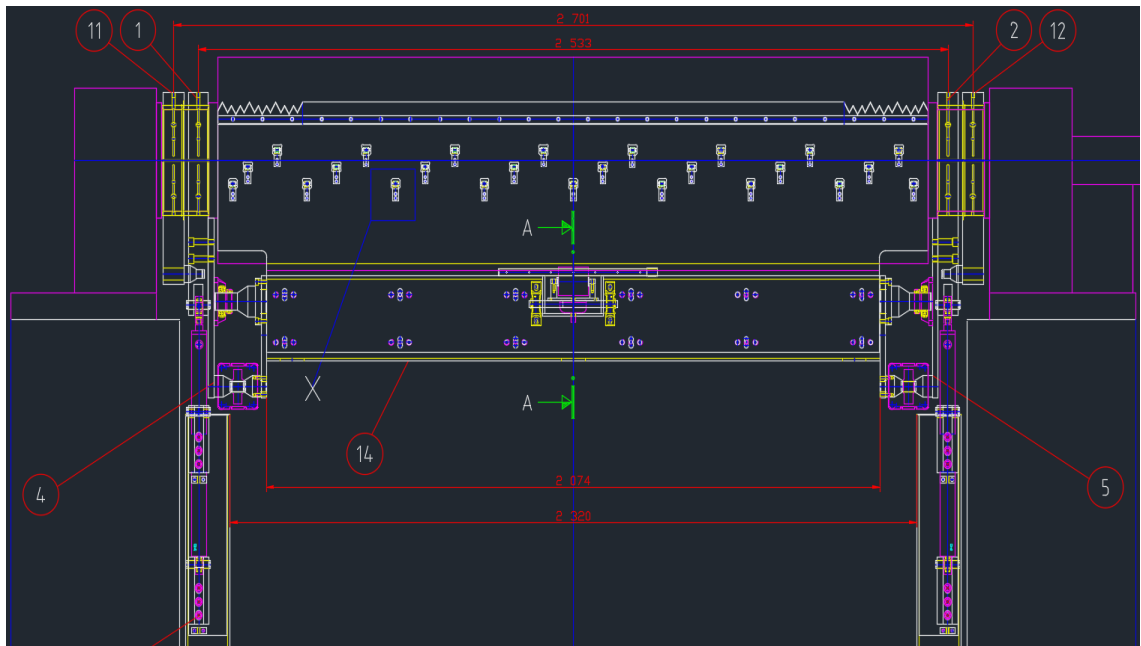
Kuva 14. Uusi modifioitu revision E pitorulla

6 Katkaisukouru

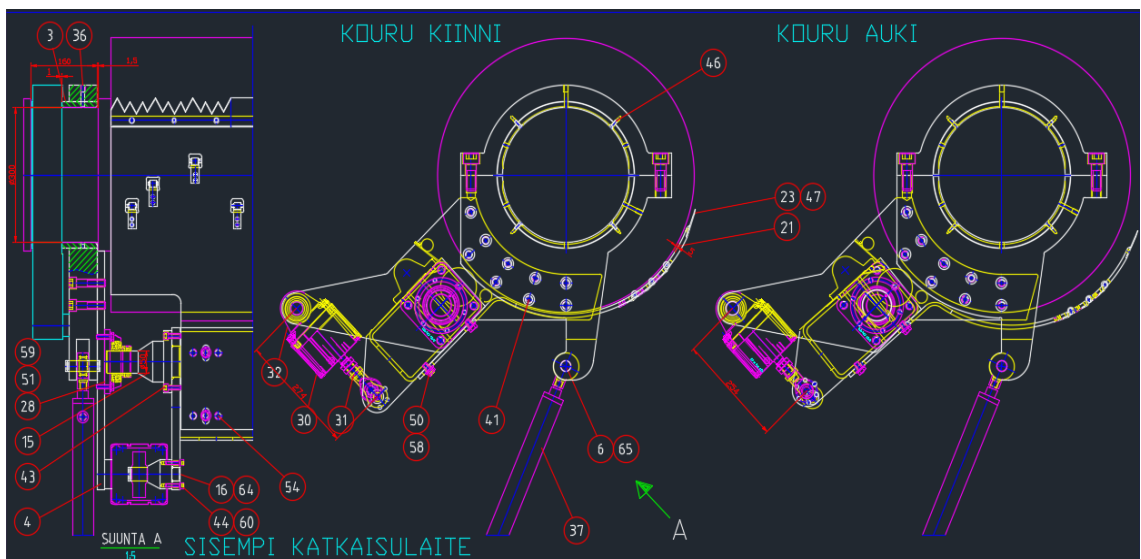
Katkaisukouru on osa pituusleikkurin katkaisulaitteistoa, ja se on laitteiston niin sanottu runko. Katkaisukourun päähän on kiinnitetty katkaisuterä, joka katkaisee kartonkiradan muutonvaihdossa. Katkaisukouruun katkaisuterän alapuolelle on kiinnitetty pitorullat, joita on yhteensä 25 kappaletta. Kuvassa 15 on katkaisukouru, josta nuolella osoitettu katkaisuterä ja pitorullat ympyröity. Hydraulisylinterit liikuttavat koko katkaisukourua etukantotelan kehän suuntaisesti terän painuessa kireää rataa vasten katkaisten sen. Katkaisukourussa on myös paineilmasylinterit, jotka liikuttavat kourua säteis-suuntaisesti avaten ja sulkien kourun. Kourun avaaminen irrottaa pitorullat kantotelasta ja vapauttaa radan liikkeelle. Kouru on auki, kun leikkuri on ajolla. Katkaisukouru sulkeutuu asiakasrullan valmistuksessa ja muutonvaihdon alkaessa pitorullien painaessa kartonkia kantotelaa vasten, ettei se pääse karkaamaan. Kuvassa 16 on kokoonpanopiirustus katkaisulaitteistosta ja kuvassa 17 on leikkauskuva A, jossa näkyy kouru auki ja kouru kiinni.



Kuva 15. Katkaisukouru ylhäällä



Kuva 16. Katkaisulaitteiston kokoonpanopiirustus (Stora Enso Oyj. 2020c)



Kuva 17. Leikkauskuva A katkaisulaitteistosta (Stora Enso Oyj. 2020c)

Katkaisukourun kiinnitys akselipalkkiin on toteutettu rei'illä, joita pitkin katkaisukourun etäisyyttä ja kohdistusta kantotelaan voidaan säätää. Samalla siitä säädetään, kuinka paljon pitorullat ottavat kiinni kantotelaan. Liian lähelle laittaessa kartonki ei mene enää välistä ja pitorullat napsuvat poikki, taas liian kaukana pitorullat eivät pidä kartonkia ollenkaan. Kouru on siis tarkka säädöstään ja vaihdettaessa esimerkiksi vääntynyt kouru uuteen on ajettava testirullia, joilla säädetään kouru kohdalleen.

6.1 Kourun modifiointi

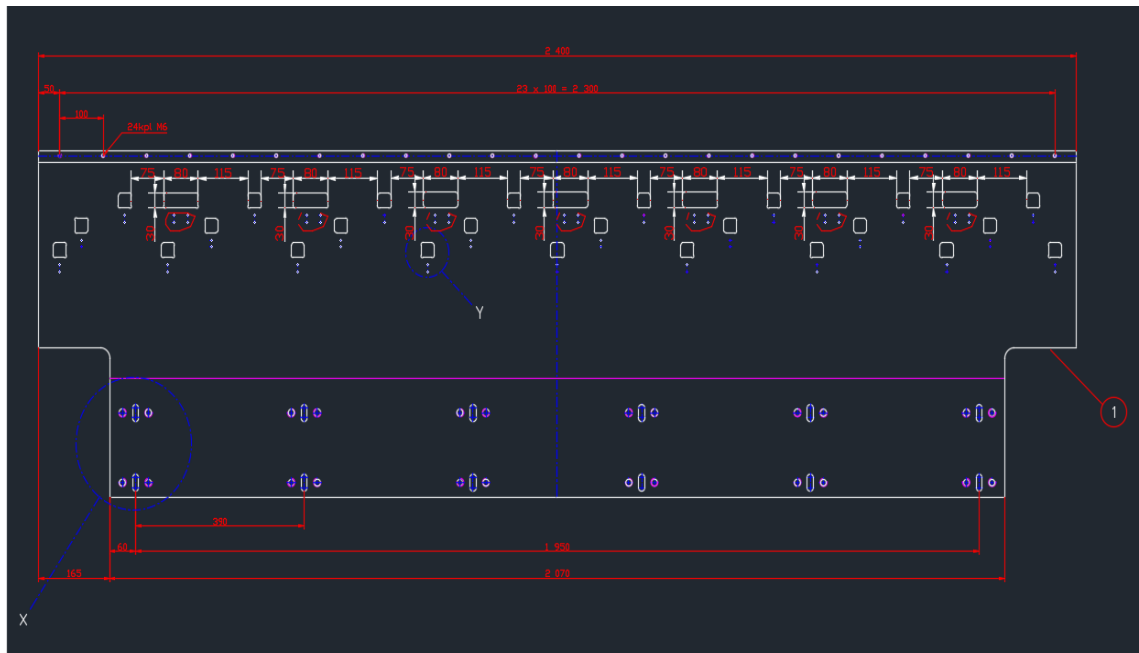
Radanpitoa parantamaan ja ehkäisemään radan liikkumista kartoitettiin erilaisia ratkaisuja. Olemassa olevaa rakennetta ei kuitenkaan päätetty radikaalisti muuttaa, vaan mietittiin millä nykyistä mekaanista rakennetta pystyisi parantamaan niin, että rata kestäisi paremmin paikoillaan. Prosessihenkilöstön haastatteluista ja kerätystä datasta pystyi päättämään, että varsinkin monen kapean asiakasrullan ajoilla (8 rullaa, 270 mm leveitä) nykyiset pitorullat eivät riitä pitämään ratoja paikallaan niiden sattuessa huonosti pitorullien kohdille. Tämä taas aiheutti rullien yhteen menoja ja ylimääräistä työtä kuten aikaisemmin todettiin. Yksinkertaisena ratkaisuna ajateltiin lisätä pitopinta-alaa, jotta yksittäinen kartonkirata osuisi paremmin pitorullien kohdalle. Tätä pitopinta-alaa sai tietenkin lisäämällä lisää pitorullia, joka tarkoitti vanhojen reikien kasvattamista kourussa tai uusien reikien tekemistä kouruun. Pitovoiman kasvattamista mietittiin myös, mutta tilanne ei oletettavasti hirveästi sillä parantuisi, koska vain pieni osa rullasta osuisi rataan ja todennäköisesti rata vain repeäisi siltä kohdalta ja lopputulos olisi sama.

Projektissa päädyttiin pohdinnan jälkeen tekemään uusia reikiä kouruun, koska vanhoja pieniä pitorullia oli varastossa vielä ja toiminnan varmistamiseksi tulevat uudet pitorullat pystyttäisiin ruuvaamaan irti, jos ne eivät toimitaisikaan. Ennen reikien tekoa konsultoitiin taas valmistajaa, että kestäähän kourun rakenne ylimääräisten reikien teon ja lähetettiin kuvan 18 mukainen hahmotelma uusista rei'istä kyselyn mukaan.



Kuva 18. Uuden reiän hahmottelua

Valmistajan mukaan suunnitelma oli toteuttamiskelpoinen ja päätettiin toteuttaa. Uudenlaisia isompia reikiä leikattiin kouruun seitsemän kappaletta ylimpään reikärivistöön. Samalla mietittiin myös optio leikata alimpaan riviin leveämmät reiät tai levittää olemassa olevat reiät muilta reikäriveiltä yhtä leveiksi kuin uudet. Kuvassa 19 olevaan piirustukseen on mitoitettu uudet leveät reiät ja punakynällä kiinnitysreiät pitorullille, koska ei ollut vielä varmuutta reikien kohdista ennen uusien pitorullien lopullista mitoittamista ja tekemistä.



Kuva 19. Modifioidun katkaisukourun punakynäpiirustus

6.2 Uudet pitorullat

Kouruun työstettyihin uusiin isompiin reikiin tarvittiin uudenlaiset leveät pitorullat. Näiden 80 mm leveiden reikien kohdalle täytyi siis suunnitella uuden malliset rullat, jotka toimisivat yhdessä vanhojen kanssa parantaen kartonkiradan paikallaan pitoa muutosvaihtotilanteessa. Lähtökohtana rullien täytyi toimia samalla tavalla kuin vanhojen rullien, joten suurempia rakenteellisia muutoksia ei lähdetty suunnittelemaan rullia mietittäessä. Toimintaperiaatteeltaan vanhat rullat toimivat, mutta niiden kestävyudessa oli parantamisen varaa, kuten ylempänä on mainittu. Myös prosessihenkilöt muistelivat, että pitorullien painaessa liikaa säteittäistä voimaa kantotelaan kartonki ei mene läpi rullien ja telan muodostamasta nipistä (Stora Enso Oyj. 2020d). Koska pitovoimaa ei valmistajan mukaan laskettu paperille vaan pitorullat testattiin toimiviksi testipenkissä, ei vaikuttavaa voimaa ollut järkevää selvittää (Quattrotec. 2010).

Vanhoja rullia muutettiin jo kestävämmiksi, joten päädyimme käyttämään niitä ensimmäisen revision aihioina. Kahdesta uuden mallisesta 1 mm leveämmästä pitorullan rungosta leikattiin vastakkaiset korvakkeet irti. Näin saatiin korvakkei-

den väliin samalainen nylonrulla kuin alkuperäisissä pitorullissa mutta 70 mm leveänä. Kuvassa 20 on kourusta irrotettu uusi leveä pitorulla valmiina testiä varten.



Kuva 20. Uusi leveä pitorulla irtonaisena kädessä

Näitä uudentyyppisiä leveämpiä pitorullia päädyimme testaamaan katkaisukouruun tehtyihin uusiin reikiin. Tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä olemme juuri päässeet vaihtamaan vanhan vinon kourun uuteen modifioituun kouruun, vallitsevan koronatilanteen vuoksi tätä ei voinut tehdä aikaisemmin. Tästä johtuen uusien pitorullien testausta ei ole tehty vielä kuin pari viikkoa ja voi hyvinkin olla, että revisiota A joudutaan muuttamaan kestävämmäksi tai toimimattomuuden takia. Olettamuksena niiden pitäisi toimia, mutta voi olla, että rakenne katkeaa samoin kuin vanhat pitorullat tai että akseli menee poikki kiinnityskohdasta. Taipumaan akseli ei pääse, koska nylonrulla pitää sen suorana. Kuvassa 21 on modifioitu kouru uuden mallisin vanhojen pitorullin ja uusien leveiden rullien kanssa odottamassa asennusta. Parin viikon tuotannon perusteella kehitystyö on siinä määrin onnistunut, että laite toimii toistaiseksi. Aika näyttää, kestävätkö pitorullat

pidemmässä käytössä, mutta varsinainen benchmark-testaus kapeilla asiakasrullilla osoittautui onnistuneeksi. Yksikään rulla ei mennyt ristiin ja kartonkiradat kestivät omilla paikoillaan. Vielä on testaamatta vaativimman PET-lajin kapeiden asiakasrullien ajot, mutta lyhyellä otannalla modifikaatio toimii erinomaisesti.



Kuva 21. Modifioitu kouru lisätyillä rei'illä ja uusilla pitorullilla

7 Prosessihenkilöstön pituusleikkurin tarkastuskierros

Jotta pituusleikkurin toiminnot säilyisivät vastaavalla tasolla, johon ne on projektin aikana tuotu, täytyy prosessihenkilöille tehdä ajoittainen huolto- ja tarkastuskier-

ros. Tällä kierroksella haluttiin varmistua, että kaikki sisäistivät ja ymmärsivät laitteiden käyttötarkoituksen ja sen, kuinka tärkeää on pitää ne kunnossa. Tähän kierrokseen otettiin keskeisempiä asioita, joiden tiedettiin haitanneen tuotantoa ja jotka olivat helposti ja nopeasti prosessihenkilön tarkastettavissa. Osaa näistä asioista tehtiin jo normaaliin tuotantotyöhön kuuluvana, mutta henkilöstöä haluttiin ohjata tekemään kyseisiä tarkastuksia ennakoivasti ja järjestelmällisesti tietyn aikavälein. Kierroksen tavoiteltu tarkastustaajuus on viikon välein ja kierroksen suoritus ja poikkeamat kirjataan toistaiseksi SEITTI:in, mutta tulevaisuudessa kierros tehdään tabletilla samalla sovelluksella kuin tuotannon 5S-kierrokset.

Tämän opinnäytetyön kannalta tärkein tarkastuskierroksen kohde liittyy varmasti pituusleikkurin montussa oleviin pitorulliin. Tarkastuskierroksessa annettiin kyseisten rullien tarkastukseen ohjeistus ja pelkästään säännöllinen tarkastus ja rikkiäisten pitorullien vaihto tiputti yhteen menneiden rullien määrää huomattavasti, kun kaikki pitorullat olivat suurimman osan ajasta ehjiä. Henkilöstö niitä vaihtoikin tarkastusten yhteydessä uusiin ja näin siitä saadaan pidemmän aikavälin rutiini, vaikka modifioitu katkaisukouru uusien pitorullien asennetaankin tulevassa seisokissa vanhan tilalle.

Liitteenä 1 on kuvallinen tarkastuskierrosohje, jota prosessihenkilöstö käyttää ylläpitääkseen pituusleikkurin toiminnallisuutta, siisteyttä sekä tuoteturvallisuutta.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyö antoi kokemusta projektihallintaan ja projektien vetämiseen osana Autonomous Management -projektia. Opinnäytetyöhön otettiin projektista mekaanisia аспекteja, mitkä liittyivät konetekniikan koulutukseen. Projekti antoi uusia näkökulmia siihen, mitä kaikkea projektissa pitää ottaa huomioon ja miten paljon asioita vaikuttaa toisiinsa. Lisäksi pituusleikkurin toiminnan analysoiminen ja ongelmien selvittämien AM-rungon mukaan oli mielekästä ja kiintoisaa.

Opinnäytetyö alkoi datan keräämisestä ja ongelmien analysoinnista, josta siirryttiin pituusleikkurin pitorullien ja katkaisukourun ongelmien ratkaisuun. Ratkaisuna

pitorullien kestävyysongelmaan niiden rakennetta muutettiin olettaen niiden kestävän uudella rakenteella paremmin. Harmillisesti opinnäytetyön kirjoitushetkellä ei ole vielä saatu pitorullien kestävydestä dataa, sillä uusi kouru on ollut asennettuna vasta muutamia viikkoja. Suuntaa antavia tuloksia tosin saatiin, ja kaikki pitorullat ovat toistaiseksi kunnossa ja toimivat kuten suunniteltu. Myös katkaisukouruun lisättiin uusia reikiä ja leveämpiä pitorullia radanpito-ongelmien vuoksi. Lisäämällä pitopinta-alaa ajateltiin radan kestävän paremmin paikallaan ja toistaiseksi tulosten valossa näin onkin. Kartonkiradat ovat kestäneet paikoillaan ja yhtään rullaa ei ole vielä mennyt ristiin radanpito-ongelmien vuoksi. Yksi kapeiden kiekkojen ajokin on jo takana, eikä siinäkään ilmennyt ongelmia. Modifioinnin voidaan sanoa onnistuneen radanpidollisesti tarkasteltuna.

Myös pituusleikkurin yläteräpaketeilla on monia ongelmia mutta niihin ei tässä opinnäytetyössä paneuduttu sen tarkemmin. Pakettien liikkeet eivät ole lähellekään yhtäaikaisia ja niiden kestävyys on heikolla tasolla niiden mekaanisen kunnon takia. Yläteräpaketteja on aikojen saatossa korjattu moneen otteeseen, ja ne ovatkin olleet käytössä vuosikymmeniä ja leikanneet miljoonia metrejä kartonkia.

Pituusleikkurin yläteräyksiköiden kanssa päädyttiin siihen ratkaisuun, että jotain niille on pakko tehdä toiminnan varmistamiseksi. Ongelmiin tarvittiin toimenpiteitä, ja vaihtoehdot olivat joko kunnostaa olemassa olevat vanhat yläteräyksiköt niiden mekaanisen kulumisen takia tai investoida kokonaan uusiin yksiköihin. Kaikkien yksiköiden kunnostaminen merkitsi käytännössä niiden sisuskalujen korvaamista uusilla säilyttäen vain vanhat rungot. Terien valmistajalta pyydettiin tarjoukset korvaavista yläteräpaketeista ja vanhojen pakettien kunnostuksesta. Molempien tarjouksien hinta oli likimain sama, joten päätettiin tilata testiksi molempiin reunoihin yhdet paketit (erikätisiä), jotta uudet toimivat varmasti samalla tavalla kuin vanhat. Näin tehtiin sen takia, koska vanhoja teräpaketteja pystyi vielä hyödyntämään varaosiksi toiselle muovipäällystyskoneelle, joten samalla hinnalla saadaan uudistettua teräyksiköt yhdelle koneelle ja toiselle lisää varaosia.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä yläteräpakettien kanssa ei vielä olla pidemmälle päästy. Uudet testiksi tilatut yläteräyksiköt odottavat seisokkia ja asennusta, mutta koronaviruksen takia valmistajan ulkomainen edustaja ei pääse niiden

käyttöönottoa tekemään. Kuitenkin, jos reunateräpaketit todetaan toimiviksi ja kaikin puolin paremmiksi kuin vanhat, ne vaihdetaan kaikki kaksitoista kappaletta ja vanhat siirretään varaosiksi toiselle pituusleikkurille. Uusien yläteräpakettien rakenne on pohjaltaan samanlainen kuin vanhojen ja ne tulevat samalta valmistajalta, mutta uudet ovat modernimpia paremmalla toteutuksella ja työturvallisuutta ajateltu enemmän, joka nykyajan teollisuudessa on ykkösasia.

Tuotannollisen datan keräämistä jatkettiin opinnäytetyön jälkeenkin ja pidemmän aikavälin jälkeen nähdään, tuottivatko muutokset tulosta tilastojen valossa. Työn yhteydessä perehdyttiin ennakkohuoltoihin ja varmistettiin niiden ajantasaisuus ja tehtiin paljon muita asioita, esimerkiksi liitteenä oleva AM-tarkastuskierros, jota henkilöstö käyttää jo arjessa leikkurin ylläpidossa toimintavarmuuden säilyttämiseksi. Projektin aikana suunnittelu ja aikatalutus olivat onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää, niin kuin myös projektiryhmän omistautuminen tekemiselle.

Lähteet

Ansys, Inc. Internet-sivut. www.ansys.com luettu 20.04.2020.

Dr. Ing. Adámková L. 2018. Fatigue of material. Ostravan teknillinen yliopisto. Sovellettu mekaniikka. Luentomuistiinpanot.

Graham, N. & Portny, S. 2013 Project Management for Dummies, 2. painos. Chichestr: John Wiley & Sons.

Kuster, J., Huber, E., Lippmann, R., Schmid, A., Schneider, E., Witschi, U. & Wüst, R. 2015 Project Management Handbook. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Quattrotec. PE3 pituusleikkurin modernisoinnin toiminnankuvaus 2010. Luettu 26.2.2020.

Stora Enso Imatran Tehtaiden Toiminnanohjausjärjestelmä SEITTI, 2020.

Stora Enso Oyj. 2020a. intranet. <https://storaenso.sharepoint.com/sites/weshare-home>

Stora Enso Oyj. 2020b. Sisäinen viestintä.

Stora Enso Oyj. 2020c. SAP-tietojärjestelmä.

Stora Enso Oyj. 2020d. Imatra, tuotantohenkilöstön haastattelut.