

Kantajan automaattinen kokoonpano- linjasto

Tuulivoimavaihteiston osakokoonpano

Niko Korhonen

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Korhonen, Niko Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 03/2018
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi Kantajan automaattinen kokoonpanolinjasto Tuulivoimavaihteiston osakokoonpano		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Ari Kuisma		
Toimeksiantaja(t) Moventas Gears Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa selvitystyö toimeksiantajalle kokoonpanolinjaston automatisoinnista. Työn toisena tavoitteena oli vähentää manuaalisia työvaiheita kantajan kokoonpanon yhteydessä. Automatisointi ja osakokoonpanon tuotantokapasiteetin nostaminen tuli ajankohtaiseksi kokonaistuotantokapasiteetin noustessa tehtaan laajennusosan valmistumisen myötä.</p> <p>Opinnäytetyössä on tehty ratkaisuita automatisoinnin kustannustehokkaasta toteutuksesta ja eritelty erilaisia mahdollisuuksia manuaalisten työvaiheiden vähentämiseksi. Työssä otetaan myös huomioon nouseva tuotantokapasiteetti ja sen kokoonpanolinjastolle mukanaan tuomat vaatimukset.</p> <p>Työssä on kuvattu pinnallisesti tuulivoimavaihteiston rakennetta ja syvällisemmin planeetankantajan rakenne. Materiaaleja työhön löytyi kirjallisuudesta ja internetistä. Osa työssä käytetyistä tiedoista on selvinnyt laitetoimittajien tapaamisissa tai keskustelemalla työntekijöiden kanssa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksina saatiin suunnitelma linjaston automatisoinnin toteuttamiseksi: toimintakuvaus, layout suunnitelma ja investointilaskelma. Työn tuloksena syntynyttä toimintakuvausta voi hyödyntää tulevaisuudessa muita osakokoonpanoja mahdollisesti automatisoitaessa tai automatisointia selvitettäessä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) automaatio, kokoonpano, ohjelmoitava logiikka, tuulivoima, vaihteisto		

Author(s) Korhonen, Niko Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 03/2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 56	Permission for web publication: yes
Title of publication Automated construction line for planet carrier Partial assembly of windmills gearbox		
Degree programme Automation technology		
Supervisor(s) Kuisma Ari		
Assigned by Moventas Gears Oy		
Abstract <p>The aim of the thesis assigned by Moventas Gears was to produce a study for automation of an assembly line. The second aim was to reduce manual work stages in connection with the assembly of the carrier. Automating and increasing the production capacity became topical since the total production capacity increased as the plant expanded.</p> <p>The thesis deals with cost-effective implementation of automation and different possibilities for reducing manual work stages. The study also takes into the increasing production capacity and the requirements for its assembly line.</p> <p>The study describes the structure of the wind turbine gearbox superficially and, the structure of the planet carrier more in depth. The material for the study was found in relevant literature and the internet. Some of the information used in thesis has been gathered from meetings with equipment vendors and by discussing the topic with employees.</p> <p>The thesis resulted in a plan made to implement the line automation: function description, layout plan and investment calculation. The results can be utilized in the future by other sub-assemblies in the event of automation.</p>		
Keywords/tags (subjects) assembly, automation, gearbox, programmable logic controller, windmill,		

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Tietoperusta.....	7
2.1	Hammasvaihde	8
2.2	Planeettavaihteisto	9
2.3	Planeetankantaja.....	10
2.4	Nostolaitteet.....	10
2.5	Linjastoautomaatio.....	12
2.5.1	Servo	13
2.6	Liike.....	14
2.6.1	Rullarata.....	14
2.6.2	Hydraulisylinteri.....	14
2.6.3	Lineaariaktuaattori	14
2.6.4	Kuularuuvi.....	15
2.6.5	Linearijohde	15
2.7	Pesukone	16
2.8	Maalaus	17
2.9	Atmosphères explosibles - ATEX	19
3	Kantajan kokoonpano ilman automatisoitua linjastoa.....	20
4	Suunnittelutyö.....	22
4.1	Automaattisen kokoonpanolinjaston toimintakuvaus.....	23
4.2	Turvallisuus.....	24
4.3	Layout	25
4.4	Kokoonpanolinjaston vaiheet.....	29
4.4.1	Panostus	29
4.4.2	Kuljetin.....	32

	2
4.4.3 Pesu.....	34
4.4.4 Maalaus	38
4.4.5 Laakerointi	40
4.4.6 Asennus.....	42
4.5 Automaatio.....	46
5 Tulokset	46
6 Pohdinta.....	47
Lähteet	49
Liitteet	51

Kuviot

Kuvio 1. Tuulivoimavaihteisto	9
Kuvio 2. Pieni planeettavaihteisto ja kehä	9
Kuvio 3. Planeetankantaja	10
Kuvio 4. Siltanosturi.....	11
Kuvio 5. Puolipukkinosturi.....	12
Kuvio 6. Kuularuuvi (Litemaster, 2017.).....	15
Kuvio 7. Pesukoneen sisusta	16
Kuvio 8. Pesukoneen putkisto, jossa suuttimet	17
Kuvio 9. Kosketusväri maalattuna hammaspyörän hampaalle.....	18
Kuvio 10. Kosketusväri kuvattuna koeajon jälkeen.....	18
Kuvio 11. Pienen kantajan hammaspyörän vaatimat manuaaliset työvaiheet	21
Kuvio 12. Ison kantajan hammaspyörän manuaaliset työvaiheet	21
Kuvio 13. Manuaalisesti tehtävät työvaiheet automaattisen linjaston yhteydessä	23
Kuvio 14. Layout-versio 1	26
Kuvio 15. Layout-versio 2	26
Kuvio 16. Layout-versio 3	27
Kuvio 17. Layoutversio 4	28
Kuvio 18. Karkea yleishahmotelma linjastosta (Kuvio: Tero Sellman, Moventas Oy) .	29
Kuvio 19. Vihivaunu.....	31
Kuvio 20. Portaalirobotin tarttuja	32
Kuvio 21. Rullarataa	34
Kuvio 22. Veejet suutin	36
Kuvio 23. Pesukone	37
Kuvio 24. Iso pesukone.....	37
Kuvio 25. Vaihtoehdon 4. mukainen maalauskuone (Kuvio: Matti Paaso, Sakoni Oy) ..	39
Kuvio 26. Maalauskuonion (Kuvio: Matti Paaso, Sakoni Oy)	39
Kuvio 27. Laakerin nostolaite, kiinni Kuvio 28. Laakerin nostolaite, auki	41
Kuvio 29. Nykyisessä linjassa käytössä oleva pyörityspöytä.....	42
Kuvio 30. Hydraulisylinterissä kiinni oleva työlaite.....	44
Kuvio 31. Vaihteisto, jossa holkkiliitoskantaja	45
Kuvio 32. Vaihteisto, jossa pulttiliitoskantaja	45

Sanasto	
Akkumuloiva	Automaattisesti edellä siirtyvä virtuaalinen varastopaikka
Aurinkoakseli	Planeettavaihteiston keskellä pyörivä akseli
CAD	Computer Aided Design, Tietokoneavusteinen suunnittelu
Kantaja	Tässä: Planeettavaihteiston sisäosa, joka kantaa ja jakaa kuorman tasaisesti
Kehä	Hammastettu ”runko”, jota vasten planeettavaihteisto pyörii
Konenäkö	Ohjelmallisesti analysoitava kamerajärjestelmä
Kosketusväri	Kulumista indikoiva värikalvo
Krymppiliitos	Kutistusliitos
Kuularuuvi	Lineaariliikkeen mahdollistava laite, joka liukuu kuu- lien varassa kierretankoa vasten.
Layout	Tässä: Tehtaan pohjapiirustus
Lineaariaktuaattori	Lineaarisen liikkeen tekevä toimilaite
Lineaarijohde	Lineaarisen vapaan liikkeen tekevä liukukisko
Manipulaattori	Kappaleeseen vaikuttava toimilaite
Planeettaporras	Planeettavaihteisto
Planeettapyörä	Hammaspyörä, joka asennetaan planeettavaihteis- toon
PLC-järjestelmä	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiik- kajärjestelmä.
Riski	Tässä: Tapahtumasarja, jonka seurauksena on onnet- tomuus tai tapaturma
Servo	Takaisinkytkennällä varustettu sähkömoottori
Tuuliturbiini	Laitteisto, joka muuntaa tuulen sisältämän energian sähköenergiaksi
Valoverho	Infrapunasäteistä muodostuva näkymätön turva-aita

Vihivaunu	Automaattitrukki, joka kulkee sille ennalta määritettyä reittiä pitkin ja kuljettaa materiaaleja varastosta työpisteille
Vääntömomentti	Kappaleeseen kohdistuva voima

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Moventas Gears Oy, joka on yksi maailman suurimmista tuuliturbiinivaihteiden valmistajista. Sillä on kokemusta tuulivoimavaihteistoista vuodesta 1980 lähtien. Yrityksellä on maailmanlaajuisesti asennettuja tuulivoimavaihteistoja yli 14 000. Moventaksella on toimintaa seitsemässä eri maassa ja työntekijöitä on n. 500, joista 387 on Suomessa. Yrityksen päätoimipaikka on Jyväskylässä, jossa on kaksi toimipistettä; Rautpohjassa pienempi tehdas, jossa kootaan kilowattivaihteistot, sekä päätoimipaikka Ikolassa Keljonkankaalla, jossa megawattivaihteistojen kokoonpano. Ikolan tehdas on maailman modernein tuuliturbiinivaihteidetehdas. (Moventas Gears Oy yritysesittely 2014.)

Moventas Gears valmistaa pääasiassa tuuliturbiinivaihteistoja, lisäksi yritys huoltaa muiden valmistajien vaihteistoja sekä tuottaa vanhojen vaihteistojen modernisointipalveluita. (Moventas Gears Oy yritysesittely 2014.)

Opinnäytetyön aiheena on kantajan automaattinen kokoonpanolinjaston suunnittelu Ikolan tehtaalle. Ikolan tehdasta laajennettiin tuotantokapasiteetin lisäämiseksi, jonka seurauksena tehtaalle tarvittiin nopeampi tuotantolinjasto osakokoonpanoon. Uuden tuotantolinjaston valinnassa päädyttiin automaattiseen linjastoon, sillä se keventää työntekijöiden kuormitusta, vapauttaa henkilöstöresursseja muuhun käyttöön, vähentää kokoonpanoon kuluvaa aikaa ja näin ollen on kustannustehokkaampaa.

Opinnäytetyön tavoitteeksi muodostui toimivan automaattisen kokoonpanolinjaston suunnittelu. Työssä perehdytään kokoonpanolinjaston peruseräiteisiin, laitteiston toimintakuvaukseen sekä layoutsuunnitteluun. Suunnittelutyö sisälsi kokoonpanolinjaston toimintakuvauksen laatimisen, tarvittavien komponenttien selvittämisen, laitetuottajien etsimisen, tarjouspyyntöjen lähettämisen ja kustannusarvion koostamisen.

2 Tietoperusta

Tuulivoimavaihteiston toiminnan periaate on päällisin puolin suhteellisen yksinkertainen: tuulen aiheuttama lapojen hidas pyörkiminen muunnetaan generaattorin puolelle nopeaksi pyöriväksi liikkeeksi hammaspyörien ja planeettavaihteistojen avulla. Tuulivoimavaihteisto on esimerkiksi auton vaihdelaatikkoon verrattuna verrattain yksinkertainen laite. Siinä on yksi kiinteä välitys, ja vaihteisto pysäytetään sekä liian hitaalla tuulella että liian kovalla tuulella. Tähän verrattuna auton vaihteistossa on useita eri välityksiä (vaihteet) ja sitä pyöritetään useilla eri nopeuksilla.

Tuulivoimavaihteistot suunnitellaan kestäväksi suuria voimia, ja usein vaihteiston läpi kulkeva vääntömomentti onkin useita tuhansia newtonmetrejä (Nm). Vaihteistosta saadaan kestävä, kun toleranssit ovat tarpeeksi tarkat ja varmistetaan, että osat sopivat hyvin yhteen. Jokainen hammaspyörä menee koneistuksen jälkeen mittakoneeseen, jossa hammaspyörästä mitataan koneistuksen aiheuttamat pintajännitykset sekä fyysiset mitat. Hammaspyörien sopivuus tarkistetaan mittauspöytäkirjoista. Pintajännityksiä mitataan Stresstech Oy:n valmistamalla barkhausen kohinaan perustuvalla mittalaitteella. Mittalaite mittaa hammaspyörästä myös koneistuksessa syntyvän lämmön vaikutuksen metallin ulimpiin molekyylikerroksiin. (Stresstech, 2018.) Hammaspyörän hammastuksen pintajännityksen tulee olla ulospäin jännittynyt, jotta se on kestävä. Sisäänpäin oleva pintajännitys tarkoittaa sitä, että liian suuren rasituksen tai kolhun aiheuttamana jännitys ikään kuin imaisee metalliin lommon.

Lisäksi kokoonpanossa hammaspyöriin maalataan kosketusväri, Dykem Red Steel, jonka kuluminen tarkistetaan koeajon jälkeen endoskoopilla. Hammaspyörän hampaalle maalatun kosketusväripinnan tulee olla kulunut tasaisesti koko hampaan mitalta. Näin hammaspyörä kuluu käytössä tasaisesti eikä aiheuta sivusuuntaisia kampeavia tai vääntäviä voimia akseleille.

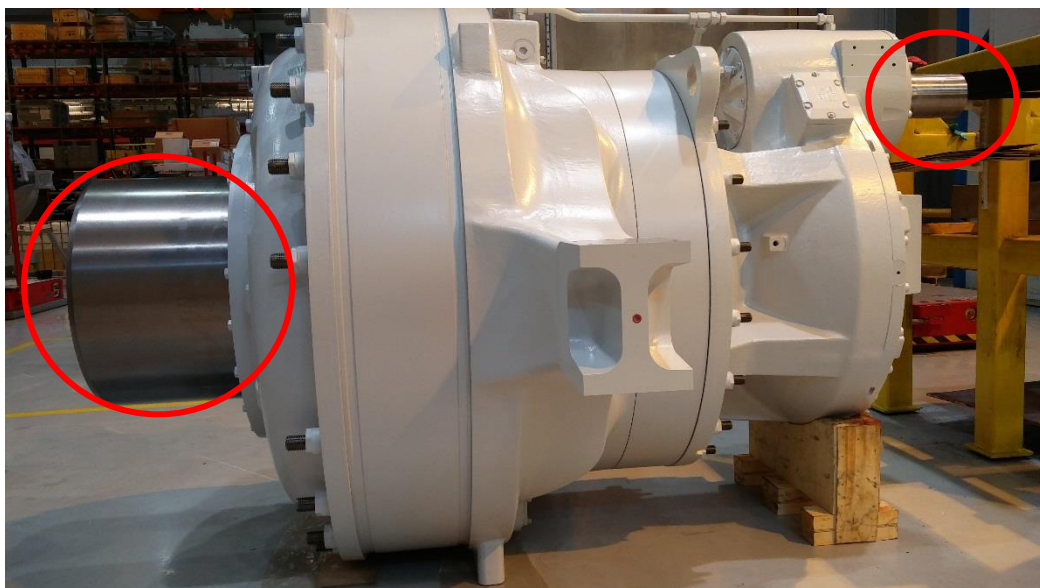
Tuulivoimavaihteiston ostaja, yleensä tuulipuisto tai muu energiatuottaja, voi halutessaan valita lisävarusteena vaihteistoon asennettavan kunnonvalvontayksikön, jonka hallintakeskus sijaitsee Keljonkankaalla Ikolan tehtaassa yhteydessä. Kunnonvalvontayksikkö asennetaan viimeisenä työvaiheena ennen valmiin vaihteen lähettämistä asiakkaalle. Sen asennus ei vaikuta opinnäytetyön aiheena olevan kantajan kasaamiseen. Kunnonvalvontayksikkö tarkkailee X-, Y- ja Z-akselin suuntaisia värinöitä,

ja niistä pystytään päättelemään jonkin laakerin mahdollinen vikaantuminen, ennen kuin se aiheuttaa pysyviä vaurioita. Lisäksi kunnonvalvontayksikkö valvoo vaihteistossa olevan öljyn laatua partikkelilaskurilla. Mikäli yksikkö havaitsee liikaa partikkeleita mitattavassa öljymäärässä, se antaa hälytyksen ja vaurioiden välttämiseksi koko tuulimylly voidaan pysäyttää etäohjauksella.

2.1 Hammasvaihde

Tuuliturbiini on laitteisto, joka muuntaa tuulen sisältämän liike-energian pyöriväksi liikkeeksi. Tuulivoimala sisältää roottorin, pääakselin, hammasvaihteiston ja generaattorin.

Hammasvaihteisto perustuu kierrosnopeuden muutokseen tuulen aiheuttaman vääntömomentin avulla. Vaihteistossa on kaksi planeettavaihteistoa peräkkäin, joilla muutetaan roottorin puoleinen hitaan akselin (kantajan) hidasta pyörimisnopeutta (Kuviossa 4. hidas puoli on vasemmalla) generaattorin puolelle (Kuviossa 4. nopea akseli on oikealla puolella oleva pieni akseli) nopean akselin suuremmaksi nopeudeksi. Generaattori on kone, joka muuntaa liike-energian sähköenergiaksi. Planeettavaihteistojen takia voidaan vaihteiston läpi välittää suurempi vääntömomentti, jolloin generaattorille siirtyvä tehokin on suurempi. Lisäksi vaihteistossa on oma öljykierto ja suurten voimien aiheuttaman lämpenemisen vuoksi öljyn jäähdytysjärjestelmä. Lisäksi vaihteistossa on öljyn esilämmitin kylmien olosuhteiden asennusta varten.



Kuvio 1. Tuulivoimavaihteisto

2.2 Planeettavaihteisto

Megawattiluokan vaihteistoissa on kaksi planeettavaihteistoa peräkkäin. Ensimmäistä eli isoa planeettavaihteistoa ja planeetankantajaa (kts. Kuvio 3.) pyörittää tuulivoimalan pääakseli ja pääakselia pyörittää roottori ja tuuli. Ison planeettavaihteiston keskellä oleva aurinkoakseli on pienen kantajan ns. kantajan kaula. Pienessä planeettavaihteistossa (kts. Kuvio 2. Pieni planeettavaihteisto ja kehäKuvio 2.) on kolme planeettapyörää. Pienen planeetankantajan aurinkoakselin pyöriminen välitetään hammaspyörien avulla vaihteiston nopealle akselille generaattorin vaatimaan nopeuteen. (Saariaho, 2016.)



Kuvio 2. Pieni planeettavaihteisto ja kehä



Kuvio 3. Planeetankantaja

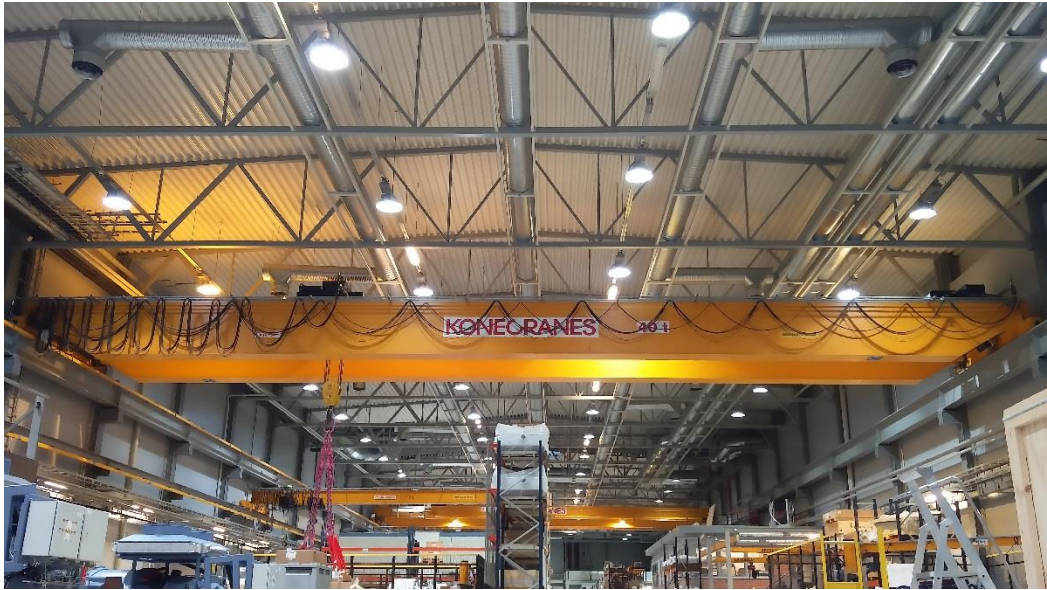
2.3 Planeetankantaja

Planeetankantaja on tuuliturbiinin vaihteiston kokoonpanon osa, jota valmiissa vaihteessa pyörittää turbiinissa oleva pääakseli. Pääakseli menee kantajan onton kaulan sisään ja ne lukitaan yhteen puristuskytkimellä. Kantaja perustuu planeettavaihteiston toimintaan ja siinä on itsessään laakeroituna kolmesta viiteen hammaspyörää, jotka pyörivät kehää vasten. Kantaja on valuosa, joka koneistetaan valmiiksi, kantajan kaula ja planeettapyörien asennuspaikat ovat koneistettuja pintoja.

2.4 Nostolaitteet

Nostureita käytetään teollisuudessa raskaiden kappaleiden nostamiseen, asentamiseen ja siirtelyyn. Ikolassa on käytössä siltanosturi, joka on nimensä mukaisesti silta, joka kulkee poikittain hallin läpi katon tuntumassa. Kyseistä nosturityyppiä käytetään raskaiden massojen nosteluun. Esimerkkinä alla olevassa kuviossa oleva siltanosturi jaksaa nostaa 40 tonnia. Moventaksella isoja siltanostureita käytetään vaihteiston

osakokoonpanoja toisiinsa liitettäessä sekä valmiiden vaihteistojen siirtelyssä. Kokoonpanolinjaston yhteydessä siltanosturia käytetään panostusvaiheessa.



Kuvio 4. Siltanosturi

Puolipukkinosturi

Puolipukkinosturia käytetään kokoonpanossa, kun vaihteistoon asennetaan raskaita kappaleita kuten akseleita. Alla olevasta kuviosta huomataan, että puolipukkinosturi kulkee yläpäästä seinässä olevalla kiskolla ja alapäässä nosturia on a-pukki, joka kulkee lattiassa olevalla kiskolla. Samanlailla kuin siltanosturia, puolipukkinosturia voidaan käyttää osakokoonpanoja toisiinsa liitettäessä.



Kuvio 5. Puolipukkinosturi

Kevennin

Kevennin toimii nostolaitteena painaville kappaleille joita pitää liikutella nopeasti ja tarkasti. Keventimellä nostettaessa kappale tuntuu työntekijälle painottomalta. Keventimen nopeuden ja tarkkuuden vuoksi sen avulla voidaan nostaa tuottavuutta ja lyhentää vaadittua aikaa nostoa vaativissa työvaiheissa. (Konecranes, 2017.) Kokoonpanolinjaston yhteydessä keventimellä nostetaan laakerit laakerointipisteelle. Lisäksi keventimellä voidaan nostaa akselitapit paikalleen, kun hammaspyörät on asennettu kantajaan.

2.5 Linjastoautomaatio

Tehtaista puhuttaessa automaatiolla tarkoitetaan yleensä järjestelmää, joka toimii logiikkatietokoneen ohjaamana siihen luodun ohjelman mukaisesti. Automaatiota käytettäessä pystytään vaikuttamaan tehtaassa tuotettavan tuotteen laatuun, työtehtävien kuormittavuuteen ja -vaarallisuuteen sekä parantamaan tuotannossa käytettävien laitteiden käyttösuhdetta miehittämättömien ajosten vuoksi ja varmistamaan tuotteen tasainen laatu. Automaatiojärjestelmän tehokas käyttö teollisuudessa vaatii koko käytävältä organisaatiolta panostuksia järjestelmään.

Automaation avulla voidaan tehostaa tuotantoa tehtaassa, keventää työntekijöiden kuormaa sekä saavuttaa säästöjä henkilöstökuluissa. Ohjelmoitavalla logiikalla toimiva prosessi toimii tarkemmin ja varmemmin kuin ihmisen käyttämä prosessi. Ohjelmoitava logiikka on tietokone joka ohjaa toimilaitteita käyttäjän luoman ohjelmiston mukaisesti, perustuen kentällä sijaitsevien antureiden antamaan tietoon. (Häkkinen, 2016.)

Konenäkö

Konenäkö käsitteenä sisältää kameran, mahdollisen valonlähteen, tietokoneen ja kuvankäsittelyohjelman. Kamera kuvaa kohdetta ja välittää kuvan tietokoneelle, jossa kuvankäsittelyohjelma tunnistaa kuvasta kohteen ja siitä halutut tiedot esim. korkeuden, leveyden sekä kappaleiden lukumäärän. Konenäköjärjestelmää voidaan käyttää ohjelmoitavan logiikan kenttäanturina tai omana ohjaavana järjestelmänä. (Flykman, 2017.)

Valoverho

Valoverho on turvalaite joka luo infrapunaverkon lähettimen ja vastaanottimen välille. Infrapunaverkon katketessa esim. käden, muun ruumiinosan tai kappaleen vaikutuksesta ohjataan vaarallinen laite turvalliseen tilaan.

Valoverho voi olla myös mittaava. Tällöin lähettimen ja vastaanottimen välillä on tiheämpi infrapunaverkko ja voidaan tunnistaa läpimenevän kappaleen mitta katkenneiden säteiden perusteella. Näissä laitteistoissa voidaan päästä jopa millimetrin mittaustarkkuuteen riippuen lähetin-vastaanotinparin signaalien määrästä ja näiden välimatkasta. (Mittaavat valoverhot, 2018.)

2.5.1 Servo

Servojärjestelmä sisältää servomoottorin, takaisinkytkennän ja servo-ohjaimen. Takaisinkytkentä on yleensä toteutettu akselissa olevalla pulssikiekolla, josta tunnustetaan pyörimissuunta, nopeus ja pyörähdysten määrä. Servo-ohjain lukee takaisinkytkennästä moottorin paikkatiedon ja pyrkii ajamaan moottoria haluttuun asemaan.

2.6 Liike

2.6.1 Rullarata

Rullarata koostuu sylinterin muotoisista rullista, jotka on laakeroitu molemmista päistä radan runkoon. Rullaradassa on sähkömoottori joka pyörittää rullastoa, moottoreita voi olla useita riippuen radan pituudesta sekä liikuteltavan kappaleen massasta. Rullat ovat yhteydessä toisiinsa ketjuilla, jotta ne pyörivät samaan suuntaan ja samaan aikaan. Rullaratoja yhdistelemällä saadaan tuotettua tehtaaseen tuotantolinjasto, jota voidaan ohjata PLC-järjestelmällä. (Ratkaisut, 2017.)

2.6.2 Hydraulisyylinteri

Hydraulisyylintereillä pystytään helposti tuottamaan isoja voimia. Hydraulisyylintereitä on kahdentyyppisiä, yksi- ja kaksitoimisia. Yksitoiminen sylinteri tuottaa voiman yhteen liikkeen suuntaan ja sylinterin sisällä oleva jousi palauttaa sylinterin männän alkuasentoon. Kaksitoimisessa sylinterissä voima voidaan tuottaa molempiin liikkeen suuntiin ja sylinteri pysyy siinä asennossa mihin se jää liikkeen suorittamisen jälkeen. (Ansaharju 2009, 257.)

2.6.3 Lineaariaktuaattori

Lineaariaktuaattori toimii servomoottorin avulla. Aktuaattorissa on kuularuuvi, jota pyöritetään servolla. Servon ansiosta aktuaattorissa on takaisinkytkentä ja koska valmistajat ilmoittavat kuularuuvien nousun, saadaan siitä karan tarkka asentotieto. Aktuaattorilla voidaan korvata hydraulisyylinteri voiman puolesta ja paineilmasylinteri nopeuden puolesta. Lisäksi servokäyttöiset aktuaattorit on toimintavarmoja sekä niiden huollontarve on pieni. (Aktuaattorit Exlar, 2017.)

2.6.4 Kuularuuvi

Kuularuuvi (kts. Kuvio 6) on järjestelmä joka muuntaa pyörivän liikkeen lineaarisiksi liikkeeksi, tai päinvastoin. Järjestelmä koostuu ruuvista ja kuulamutterista, jonka sisällä on kuulaketju. Kuulien ansiosta kuularuuvilla on pieni kitkakerroin ja ne omaavat yleisesti hyvän hyötysuhteen. Siirrettävät voimat jakautuvat usean kuulan kesken, joten yhdelle kuulalle tuleva massa on pieni. (Thomsonlinear, 2017.)



Kuvio 6. Kuularuuvi (Litemaster, 2017.)

2.6.5 Linearijohde

Linearijohde on kisko, jossa liikkuu laakeroitu kelkka. Laakerointi voi olla rullalaakeri tai kuulalaakeri. Kelkkaan on mahdollista kiinnittää työlaitteita tai toisia liikkuvia komponentteja sovelluksen vaatimusten mukaisesti. Linearijohteessa ei kuitenkaan yleensä ole omaa liikkeen mahdollistajaa vaan kelkka tarvitsee liikkuakseen ulkoisen vaikuttajan, esim. paineilmasylinterin tai servomoottorin ja hammashihnan. (Kuularjohteet Hiwin, 2017.)

2.7 Pesukone

Pesukone toimii automaattisesti osana linjastoa. Pesukone pesee kappaleet puhtaiksi veden ja pesuaineen avulla. Lisäksi pesukoneessa voi olla kuivaustoiminto joka puhalttaa lämmintä ilmaa kappaleen pinnalle ja vie veden pois. Huolellisella kuivaamisella pystytään välttämään korroosiota.

Teollisuuspesukoneita (kts. Kuvio 7) käytetään tuotantoteollisuudessa kappaleiden pesemiseen ennen niiden käsittelyä. Pesukoneita on monenlaisia, yleensä pesu on yksivaiheinen. Kaksivaiheista pesukonetta käytetään, kun vaaditaan korkeaa pesulaa-
tua ja -jälkeä. Kaksivaiheisessa pesukoneessa on erilliset säiliöt pesunesteelle ja huuhtelunesteelle, vastaavasti yksivaiheisessa pesukoneessa on vain yksi nestesäiliö jossa voi olla pieni määrä pesunestettä tai pelkkää huuhtelunestettä. Pesukoneissa on erillinen öljyn- ja lianerotin, joilla pystytään pitämään pesunesteet käyttökelpoisina pidempään. Pesukoneeseen tuotetaan vedenpaine mekaanisella pumpulla, joka johdetaan putkistoa pitkin suuttimiin, jotka suihkuttavat veden tai pesunesteen pestävän kappaleen päälle. Pesukoneen sisällä oleva putkisto (kts. Kuvio 8) sekä siinä olevat suuttimet pyörivät ja pesevät kappaleen joka puolelta. (Aquaclean Multi, 2018.)



Kuvio 7. Pesukoneen sisusta



Kuvio 8. Pesukoneen putkisto, jossa suuttimet

2.8 Maalaus

Maalaus on toimintaa, jossa käsittelyn seurauksena annetaan kappaleelle korroosiolta ja kulumiselta suojaava pinta (Korroosionestomaalauksen käsikirja, 2013). Kanta-jan kokoonpanossa maalataan hammaspyörän hampaille ohut kalvo kosketusväriä, joka kuluessaan ilmaisee hampaiden kosketuksen oikeellisuuden.



Kuvio 9. Kosketusväri maalattuna hammaspyörän hampaalle



Kuvio 10. Kosketusväri kuvattuna koeajon jälkeen

Kuten kuvioista 9 ja 10 nähdään, kosketusväri kuluu pois siltä alueelta missä hammaspyörät koskettavat toisiinsa. Kuviossa 10 näkyvät hampaan suuntaiset vaakata-

soiset raidat kertovat hyvästä ja tasaisesta kosketuksesta koko hampaan mitalla. Mikäli raita katkeaa tai tekee mutkan jossain kohtaa hammasta, ei kosketus ole hyvä. Hampaassa ei myöskään saa olla naarmuja tai muita liiallisen kulumisen jälkiä koeajon jälkeen.

2.9 Atmosphères explosibles - ATEX

ATEX-tilalla tarkoitetaan tilaa, jossa on todettu räjähdysvaara siellä käsiteltävien aineiden takia. ATEX-laitteella tarkoitetaan laitetta, jonka suojaukset on testattu ja hyväksytty käytettäväksi ATEX-luokitellussa tilassa aiheuttama kipinöitä tai muuta syttymistä aiheuttavaa. (ATEX-laitedirektiivi, 2017.)

ATEX-direktiivi määrittelee laitteet kahteen eri ryhmään, ryhmään I, jonka laitteita käytetään kaivoksissa ja niiden ympäristössä ja ryhmään II jonka laitteita käytetään muualla missä räjähdysvaara on läsnä. Tässä tapauksessa on kyse ryhmän II laitteista ja maaliumun sekä siinä olevien liuotainaineiden aiheuttamasta räjähdysvaarasta. ATEX-luokitus tehdään tilassa käytettävien aineiden perusteella ja luokitus kertoo siellä käytettävien laitteiden suojausvaatimukset. (ATEX-laitedirektiivi, 2017.)

ATEX-direktiivin vaatimukset koskevat räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä sähköisiä ja mekaanisia laitteita, näiden laitteiden tulee täyttää direktiivin asettamat vaatimukset. ATEX-luokitus voi siis olla yleisesti tilalla sekä laitteilla. ATEX-luokiteltuun tilaan ei saa viedä luokittelemattomia työkaluja tai työlaitteita. ATEX-luokiteltuja työkaluja ja työlaitteita kuitenkin saa käyttää muussa ympäristössä kuin pelkästään ATEX-tiloissa. (ATEX-laitedirektiivi, 2017.)

ATEX-direktiivin laatii EU-komissio ja direktiivin noudattamista sekä laitteiden ATEX-merkintöjä Suomessa valvoo TUKES; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (ATEX-laitedirektiivi, 2017.)

Aina kun on mahdollisuus, että tilassa voi syntyä räjähtävä seos, tulee tehdä räjähdysuojasasiakirja, jossa käydään kaikki mahdolliset räjähdysvaaraa aiheuttavat tilanteet läpi. Mikäli asiakirjan laatimisen jälkeen voidaan todeta, että räjähtävää

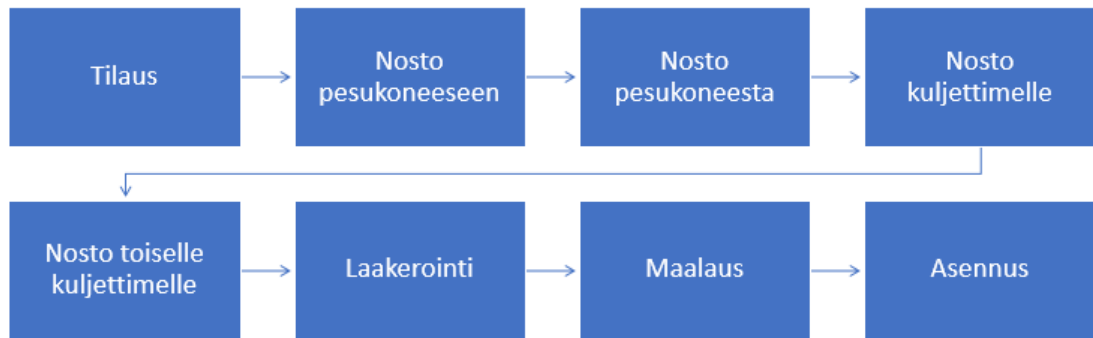
seosta ei synny normaalissa toimintatilanteessa, ei ATEX-tilaa tarvitse tehdä. (ATEX-soveltamisohje, 2018.)

3 Kantajan kokoonpano ilman automatisoitua linjastoa

Nykytilanteessa kantajan kokoonpanoon kuuluu valmistelevia työvaiheita sekä itse kokoonpanovaihe. Valmistelevia työvaiheita ovat osien tilaus varastosta, niiden silmämääräinen tarkastus, osien pesu ja siirtäminen kokoonpanopisteelle. Tässä työssä suunnittelemani kokoonpanolinjasto kuljettaa hammaspyörät automaattisesti kokoonpanopisteelle saakka. Koska työn tavoitteena oli vähentää hammaspyörän vaatimia manuaalisia työvaiheita, on oleellista esitellä hammaspyörän vaatimat työvaiheet manuaalisesti tehtynä.

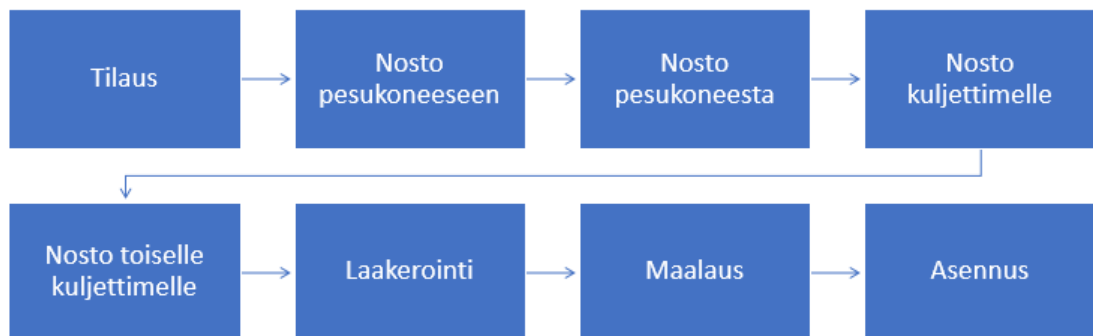
Osien tilauksen jälkeen vihivaunu toimittaa työntekijän varastosta tilaamat hammaspyörät automaattisesti pesupaikalle. Tässä vaiheessa työntekijä nostaa nosturilla hammaspyörät pesukoneeseen joka pesee yhden kantajan tarvitsemat hammaspyörät ja aurinkoakselin. Kaikki varastosta tulevat materiaalit kulkevat pesukoneen kautta ennen kokoonpanohalliin siirtoa. Pesukoneessa osista pestään pois varastoinnin ajaksi niiden päälle ruiskutettava suoja öljy, varastoinnin aikana öljyn keräämä pöly sekä muut epäpuhtaudet. Pesun jälkeen metalliin paljain käsin koskeminen on ehdottomasti kielletty käden kosteuspitoisuuden aiheuttaman ruostumisvaaran takia.

Pesuvaiheen jälkeen pienet hammaspyörät nostetaan kuljettimelle, joka kuljettaa pyörät kokoonpanohalliin kantajan kokoonpanopisteelle. Kuljettimella ollessa hammaspyöriin asennetaan laakerit ja niihin maalataan kosketusväri. Kaikki nostot tapahtuvat nosturilla ja vaativat nostosilmukoiden kiinnittämisen hammaspyörään ennen nostoa ja niiden irrottamisen noston jälkeen. Pienen kantajan hammaspyörän vaatimat työvaiheet on kuvattu kuviossa 11.



Kuvio 11. Pienen kantajan hammaspyörän vaatimat manuaaliset työvaiheet

Ison kantajan hammaspyörät siirretään kokoonpanohalliin pesukoneessa olevan kuljetinalustan päällä. Hammaspyörät laakeroidaan siinä vaiheessa, kun ne siirretään pesukoneen kuljettimelta rullaradan päälle odottamaan asennusta. Ison kantajan hammaspyörän työvaiheet kuvattuna kuviossa 12.



Kuvio 12. Ison kantajan hammaspyörän manuaaliset työvaiheet

Asennusvaiheessa kantajaa pyöritetään kääntöpöydällä ja hammaspyörät asennetaan yksi kerrallaan oikeille paikoille. Hammaspyörät lukitaan paikalleen nestemäisessä työssä kutistetuilla akselitapeilla. Typen vaikutuksen lakattua ja akselitapin saavuttaessa taas saman lämpötilan kantajan kanssa akselin halkaisija palautuu normaaliksi ja lukittuu paikalleen lämpölaajenemisen seurauksena. Laajenemisen aiheuttamaa kutistusliitosta kutsutaan krymppäämiseksi. Kutistusliitos tehdään yleensä lämmittämällä tai kylmentämällä pienemmän massan omaavaa kappaletta (Ansharju 2010, 68). Tässä tapauksessa akselitappia kylmennetään sen halkaisijan kutistamiseksi ja asennuksen onnistumiseksi.

4 Suunnittelutyö

Automaattisen linjaston suunnittelussa tulee ottaa huomioon linjaston käyttäjät, tuote (kantaja), vaarat ja materiaalivirrat (layout). Kantajan automaattisen kokoonpanolinjaston suunnittelu alkoi aloituspalaverilla, johon osallistuivat tehtaan työjohto sekä asennuspaikan työntekijä. Toimihenkilöiltä saatiin tieto linjaston tarvittavasta tuotantokapasiteetista ja työntekijä toi näkemystä linjaston hyvästä toiminnasta ja työntekijän manuaalisista osuuksista. Näin uuden linjaston käyttäjät saatiin otettua huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Palaverissa keskusteltiin linjastoa koskevista vaatimuksista, asetettiin työlle tavoitteet ja tehtiin toimintasuunnitelma, jonka pohjalta työtä lähdettiin tekemään.

Kokoonpanolinjaston suunnitteluun tutustuessani hain tietoa laitevalmistajien verkkosivuilta, messuilta sekä kirjallisuudesta. Kantajan ja hammaspyörien asettamat vaatimukset tarkentuivat, kun alettiin miettimään niille kuljetinratkaisua. Erilaisia valmistajia automaattisen linjaston kuljetinosuuden toimittamiseen on useita, mutta linjastoissa on eroja kuormitettavuuden suhteen. Suurimman vaihteiston ison kantajan planeettapyörät ovat massaltaan 1000 kilogramman luokkaa ja tämä asetti kuljetinlaitteistolle vaatimukset tarpeeksi kestävästä rungosta. Suuri osa kuljetinvalmistajista valmistaa kuljettimia kevyiden kappaleiden siirtelyyn, esimerkkinä postin terminaali, jossa on pitkiä kuljettimia, joita käytetään kirjelaatikoiden siirtelyyn. Lisäksi huomasin selvitystä tehdessä, että läheskään kaikki rullaratoihin tarkoitetut rullat eivät kestä niin suuria massoja. Kuljetinlaitteiston selvitystyössä tultiin toimeksiantajan kanssa siihen tulokseen, että linjasto kannattaa hankkia laitetoimittajalta jolla on kokemusta suurista massoista liikuttelevista linjastoista.

Konedirektiivin mukaisesti laitteen rakennus ja suunnittelu tulee tehdä turvallisuus huomioon ottaen. Laitteiston turvallisuudessa täytyy ottaa huomioon laitteen ja käyttäjien aiheuttamat riskit ja pyrkiä pienentämään riski hyväksyttävälle tasolle. Mikäli tähän ei pystytä, tulee riskejä aiheuttava prosessin kohta pilkkoa pienempiin ja hallittavampiin osiin, joissa pystytään pienentämään riski hyväksyttäväksi. (Konedirektiivi 2006/42/EY). Linjastoa suunnitellessa turvallisuus otettiin huomioon heti alkuvaiheessa.

Tehtaan layout on keskeisessä roolissa koko tehtaan toimivuuden kannalta. Työn alkuvaiheessa linjaston layout kuvia suunniteltiin ja hahmoteltiin useaan otteeseen, sekä ideoitiin erilaisia lähestymistapoja, jotta suunnitelmasta saataisiin tehtaassa jo olemassa olevan layoutin kannalta toimiva ja turvallinen.

4.1 Automaattisen kokoonpanolinjaston toimintakuvaus

Lopullinen laitteisto toimii automaattisesti laakerointipistettä ja asennusvaihetta lukuun ottamatta. Kantajan kokoonpanon alkaessa työntekijä tilaa vihivaunun tuomaan valmistuotevarastosta hammaspyörät linjaston alkupään makasiinialueelle, josta ne lastataan rullaradalle. Ennen pesukonetta olevalle rullaradan ja makasiinialueen osiolle mahtuu kantajan valmistukseen tarvittavat hammaspyörät. Tällä voidaan välttää jatkuva kappaleiden nostelu linjastolle, jolloin työntekijä voi tehdä tärkeämpiä työtehtäviä pidempään keskeytyksettä (kts. Kuvio 13). Toisaalta linjastolla olevan puskurin takia on yhden hammaspyörän läpimenoaika kasvaa, jolloin yhden individuaalin kantajan kasaaminen kestää hieman pidempään.



Kuvio 13. Manuaalisesti tehtävät työvaiheet automaattisen linjaston yhteydessä

Linjastoon asennettavassa pesukoneessa on kaksivaiheinen pesu. Kaksivaiheinen pesu tarkoittaa sitä, että pesukoneessa on kaksi eri pesuvaihetta, jolloin pesussa käytettävät vedet pysyvät puhtausrajojen sisällä pidempään. Pesukonetoimittajan antamassa suunnitelmassa on lyhyt osuus pesukoneen oman ohjausjärjestelmän ohjaamaa ketjukuljetinta ennen pesukonetta. Tämä tulee ottaa huomioon rullaradan ohjauksen suunnittelussa ja liikenopeuden määrittämisessä. Pesukone on kaksitoiminen, joka tarkoittaa sitä, että koneessa on kuivausominaisuus. Integroidun kuivauksen takia linjastoon ei tarvitse lisätä kuivausasemaa erikseen, jolloin syntyy säästöjä sekä tilankäytössä että kustannuksissa.

Pesun ja kuivauksen jälkeen rullarata kuljettaa hammaspyörää eteenpäin maalaus-kammioon, jossa hammaspyörän pintaan maalataan kosketusväri 120 asteen välein noin 10cm leveänä raitana koko hammaspyörän korkeudelta. Maalauuskammion ohjaus on laitteiston toimittajan omalla ohjelmoitavalla logiikalla, joka liitetään linjaston ohjausjärjestelmään. Kammion ohjausjärjestelmä ohjaa maaliruiskua, lineaarikiskoja, ruiskuja pyörittävää moottoria sekä kammion ovia.

Maalauksaseman jälkeen linjassa on laakerointipiste. Tässä työvaiheessa tarvitaan ihmismillän tuomaa tarkkuutta. Laakerointiasemalla hammaspyörään asennetaan rullalaakerit ylä- ja alapuolelle, sekä väliholkki laakereiden väliin. Väliholkin tehtävänä on pitää laakereiden koolit erossa toisistaan.

Laakeroinnin jälkeen hammaspyörä kuljetetaan rullaradalla pyörän yhdelle asennuspisteistä, jossa se asennetaan paikalleen kantajaan. Linjaston loppuun tulee kaksi asennuspistettä, joissa voidaan asentaa hammaspyörät paikalleen planeetankantajaan.

Asennuspisteessä kantaja seisoo kaula alaspäin, jolloin planeettavaihteiston puoli on yläpuolella. Kantaja asetetaan pyörityspöydän päälle, jotta sitä voidaan kääntää helposti ilman nosturia. Pyörityspöytään jätetään optio kuularuuveille, jotta pöydästä voidaan muokata helposti ylös-alas suunnassa liikkuva lisäämällä kuularuuvit. Hammaspyörät työnnetään rullaradalta kantajan sisään sopivalla työlaiteella, joka on kiinnitetty lineaariaktuaattoriin tai hydraulisynteriin.

4.2 Turvallisuus

Automaation tavoitteena on nopeuttaa tuotantoa ja vähentää ihmisen tekemän työn osuutta. Ihmisen osuutta vähentämällä pystytään vähentämään oleellisesti loukkaantumisen riskiä ja tästä välillisesti aiheutuvia kustannuksia. (Aaltonen & Torvinen, 1997.)

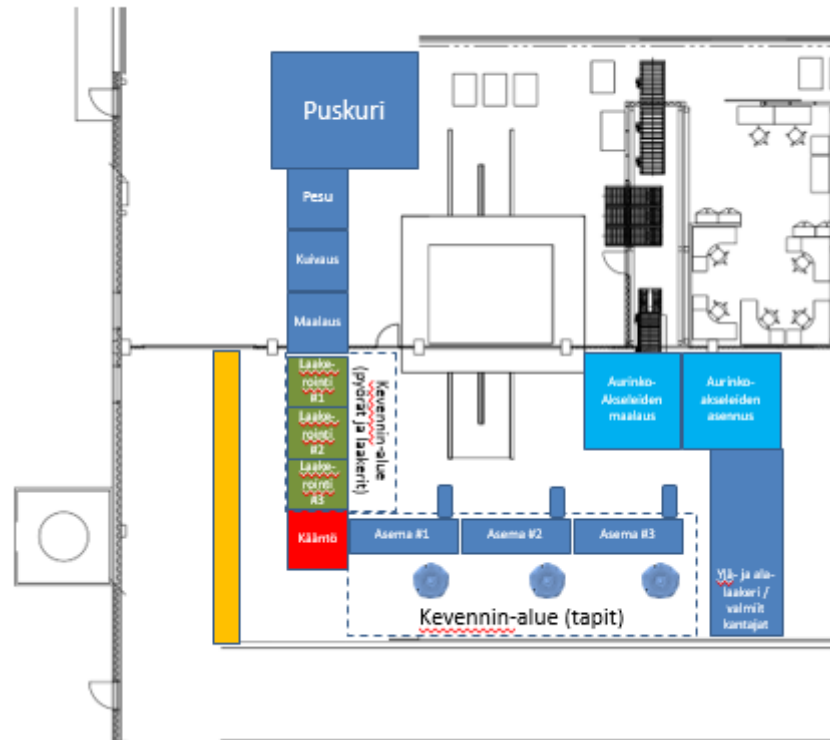
Vaaran paikkoja linjastolla ovat pyörivät rullat ja liikkuvat raskaat massat. Työntekijän tuoma inhimillinen tekijä on vaikeaa ennustaa, koska työntekijöillä voi olla työvaiheissa ja -tavoissa eroja, vaikka kasataan samaa osakokoonpanoa. Vaarat pyritään

minimoimaan koteloimalla kuljettimelta kaikki ne osuudet joissa ihmisen ei tarvitse koskea kappaleeseen. Lisäksi työntekijän turvallisuutta voidaan parantaa turvarajoilla ja valoverhoilla, jotka katketessaan pysäyttää linjaston liikkeen. Liikkuvan massan aiheuttamaan litistymisvaaraan riittää myös kotelointi ja liikkeen salliva kuittausnappi.

4.3 Layout

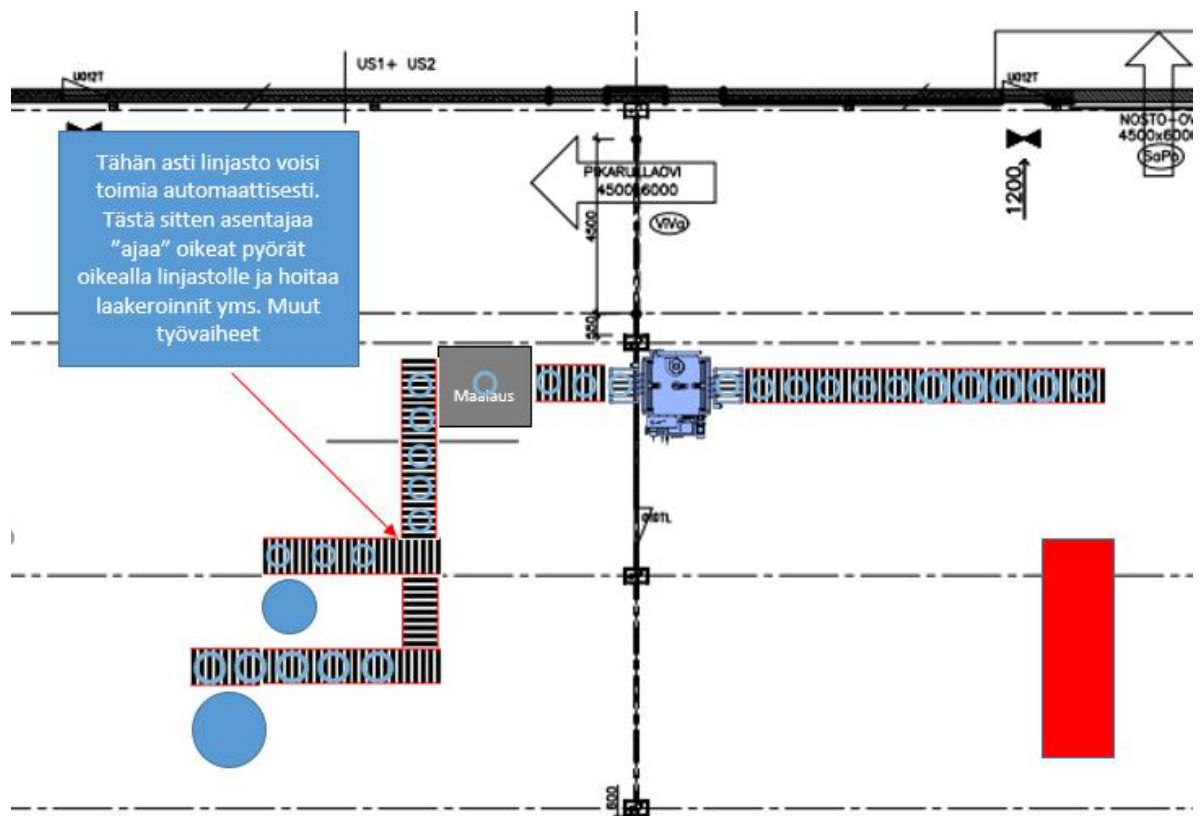
Layout-suunnittelun periaatteena on saada tehtaan tuotanto toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla. Hyvä layout on turvallinen työntekijöille, pitää tuotteiden läpimenoajan pienenä, hyödyntää käytettävissä olevan tilan tehokkaasti, minimoi ylimääräiset nostot ja liikkeet. Layout on yleensä suunniteltu tuotteen kokoamisjärjestyksen mukaisesti, jolloin linjan alkupäähän syötetään kokoonpanon vaatimat osat ja loppupäästä tulee ulos valmis tuote, joka voidaan pakata ja toimittaa asiakkaalle tai varastoida väliaikaisesti.

Layout-suunnittelun alkaessa linjaston lopullinen toimintatapa ja siihen sisältyvät komponentit alkoivat olla melko hyvin selvillä. Layout-suunnittelussa ei ollut hirveästi varaa muutoksiin, johtuen tehtaassa jo olemassa olevasta layoutista ja sen vuoksi tilan rajallisuudesta. Työnantajan kanssa käydyissä palavereissa hahmottelimme muutamia eri vaihtoehtoja linjaston parhaan muodon löytämiseksi ja uskon että löysimme toimivan ratkaisun, jonka perusteella linjasto saadaan toimimaan tehokkaasti ja käytettävissä oleva tila hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla (kts. Kuvio 17).



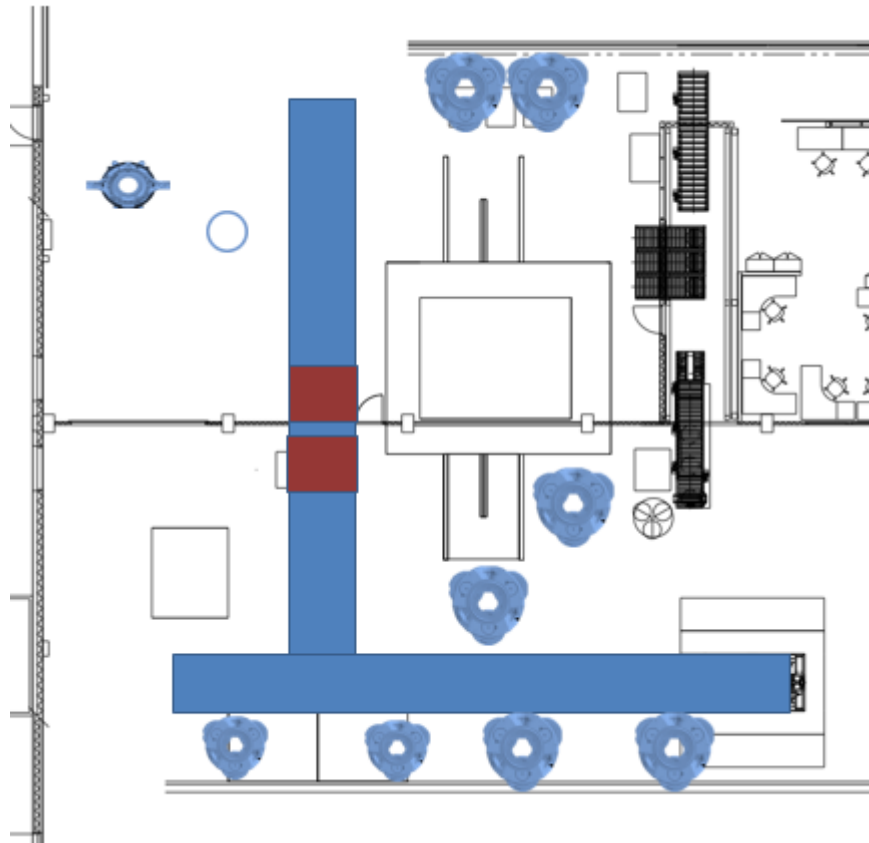
Kuvio 14. Layout-versio 1

Kuviossa 14 esitellyssä layout suunnitelman versiossa on eritelty kokoonpanolinjaston vaiheet ja mietitty asennuspisteiden paikkoja. Lopulta tultiin kuitenkin siihen tulokseen, että tuotantomäärän kannalta yksi asennuspaikka on riittävä.



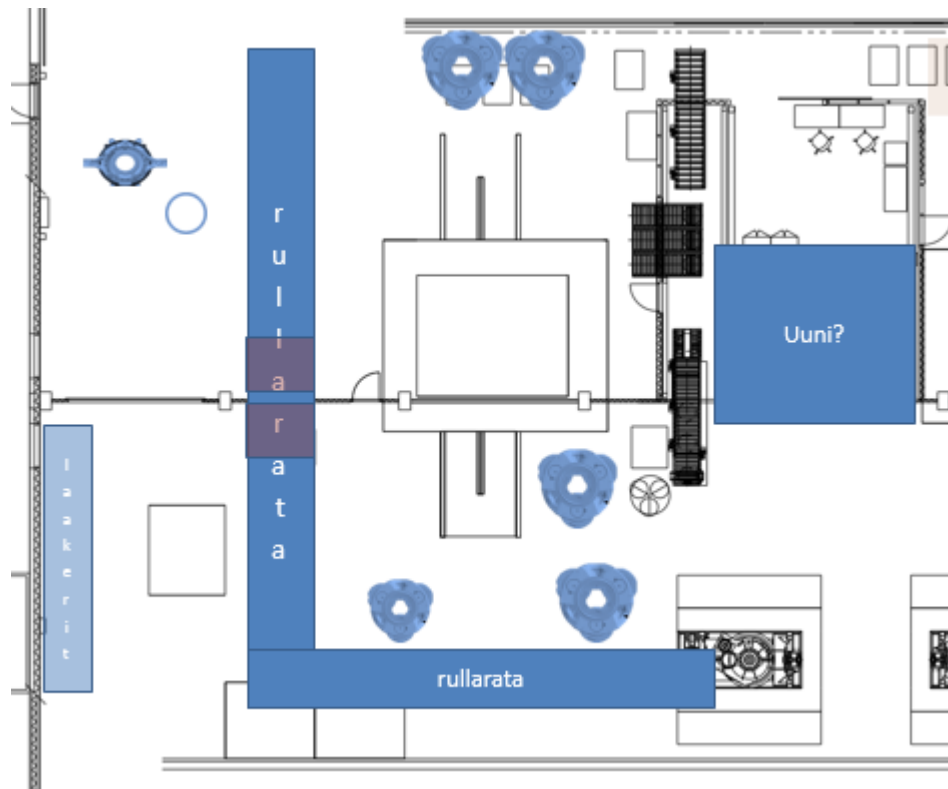
Kuvio 15. Layout-versio 2

Kuviossa 15. olevassa layout versiossa on otettu mukaan linjaston vaatimia mittoja, sekä mietitty mahdollisia asennuspisteiden sijoituspaikkoja kääntämällä linjaston loppu ja asennuspiste sivuhaaraan.



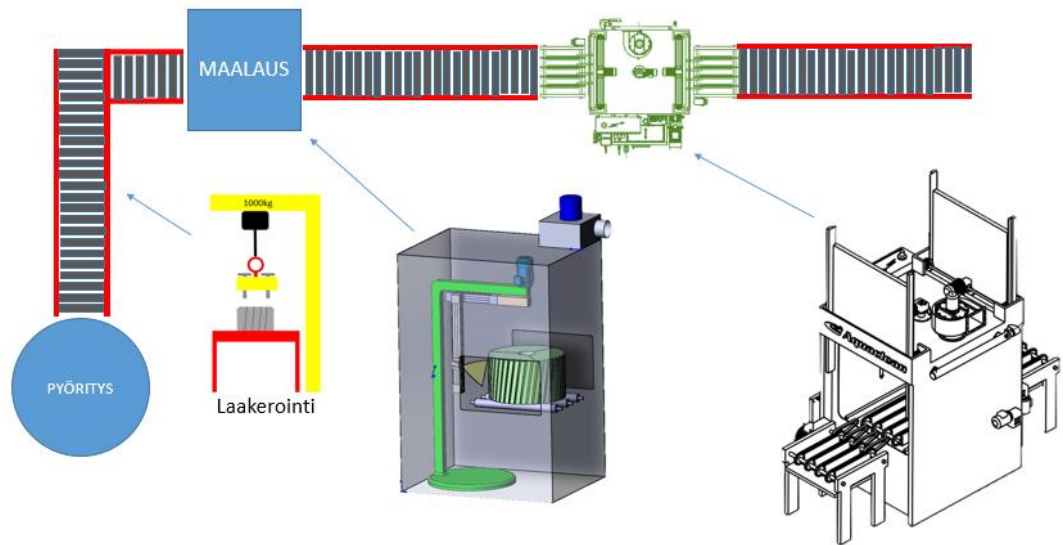
Kuvio 16. Layout-versio 3

Kuviossa 16 olevassa layout versiossa hahmoteltiin asennuspaikan sijaintia (kuviossa vaakatasossa olevan palkin alapuolella olevat siniset kuviot) kun huomattiin että sivuhaarassa oleva asennuspiste vie liikaa tilaa.



Kuvio 17. Layoutversio 4

Kuviossa 17 olevassa layout versiossa mietittiin tarvittavien materiaalien varastointia ja niiden sijoituspaikkaa. Tämä layoutversio on lähimpänä lopullista toteutusta, sillä siinä on vain yksi asennuspaikka ja linjastossa on vain yksi mutka. Lisäksi kuvaan on sijoitettu mahdollinen positio uunille, mikäli uusien tuotteiden kantajia joudutaan lämmittämään akselitappien asennusta varten.



Kuvio 18. Karkea yleishahmotelma linjastosta (Kuvio: Tero Sellman, Moventas Oy)

Kuviossa 18.nähdään karkea hahmotelma linjastoon tulevista laitteistoista. Kuvaan on hahmoteltu myös kokoonpanovaiheiden väliset kuljetinosuudet.

4.4 Kokoonpanolinjaston vaiheet

4.4.1 Panostus

Panostukseen mietittiin erilaisia keinoja saada hammaspyörä automaattivaraston kuormalavalta linjaston rullaradalle helppoiten. Aluksi ajatuksena oli asentaa rullaradan päälle portaalirobotti ja tähän työlaite, jolla pystyisi nostamaan kaiken kokoiset hammaspyörät lavalta linjalle. Portaalirobotin hinta ja sen johdosta takaisinmaksuajan pidentyminen pudottivat sen pois suunnitelmista.

Seuraava ajatus oli automaattinen nosturi. Kuitenkin keskusteltuani Automaatio -17 messuilla Konecranesin edustajan kanssa, tultiin siihen tulokseen, että nosturin koukku, joka roikkuu vaijereiden päässä, on liian epävarma heilunnan ja ohjauksen suhteen. Lisäksi koukkuun pitäisi teettää työlaite, joka tarttuisi hammaspyörään, tämä lisäisi koukun painoa ja heiluriliikkeen mahdollisuutta. Mikäli panostuksen to-

teuttaisi automaattisella nosturilla, liikkeistä tulisi ohjelmoida mahdollisimman hitaita ja lisätä heilunnanpoisto jokaisen liikkeen jälkeen, jotta pystytään varmistamaan turvallinen työskentely nostoalueen ympäristössä.

Eräs vaihtoehto, jota lähdimme työnantajapuolen ohjaajan kanssa kehittämään, oli automaattisen planeettapyörävaraston kuormalavan päälle asennettavat nylonkiskot, jotka korottavat hammaspyörän sen verran ilmaan, että pyörän alle mahtuu trukin piikki. Tämä piikki olisi kantajalinjaston ohjauksessa ja tulisi linjan rullaston tasalta päädyistä ”läpi”. Piikki nostaisi hammaspyörän ilmaan lavalta, vetäytyisi sisäasentoon ja laskeutuisi ala-asentoon, jolloin hammaspyörä jäisi rullaston päälle ja se voitaisiin kuljettaa eteenpäin linjalla.

Toinen kehittämiskelpoinen idea hammaspyörän siirtämiseen pois lavalta on saksilavanostin, jolla asetetaan lavan yläpinta rullaradan kanssa tasalle ja hydraulisyliinterillä työnnetään pyörä lavalta rullaradalle. Tässä ratkaisussa kuitenkin on vaarana hammaspyörän alapinnan naarmuuntuminen, hammaspinnan kolahtaminen rullaradan reunaan, rullaan ja laakeripinnan kolhiintuminen. Näistä syistä tämä ajatus jätettiin myöhempään selvitykseen, mikäli hammaspyörän rakennetta muutetaan niin että alapintaan tulee pulttiliitoksella oleva laakeripinta, silloin naarmuuntuminen ei olisi niin suuri uhka.

Lisäksi mietittiin vihivaunun (kts. Kuvio 19) trukkipiikkien vaihtamista tarttujaan, joka nostaisi hammaspyörän ilman kuormalavaa. Tarttuja voisi olla samankaltainen kuin portaalirobotin tarttuja (kts. Kuvio 20), kolme levittyvää sakaraa joissa on pieni pykälä, joka tarttuu hammaspyörän reiässä olevaan kaulukseen.

Panostus tulee kuitenkin tapahtumaan kokoonpanolinjastossa työntekijän toimesta manuaalisesti. Manuaalisesti tehtynä panostuksen yhteydessä tulee tarkistaa hammaspyörässä olevat kierrereiät. Kierrereikien tarkastuksen tarkoituksena on varmistaa, ettei reikien pohjalla ole esimerkiksi hiekkaa valumuotista tai lastuja koneistuksen jäljiltä.

Linjaston suunnitteluvaiheessa esiintyneet ideat panostuksen automatisoimiseksi jää kuitenkin työn suunnitelmaan niin, että linjaan voidaan lisätä automaattinen panostus myöhemmin.



Kuvio 19. Vihivaunu



Kuvio 20. Portaalirobotin tarttuja

4.4.2 Kuljetin

Kuljetinta selvitetessä, moni laitetoimittaja tarjosi riippukuljetinta, johon kappaleet laitettaisiin roikkumaan ketjujen varaan. Tässä tapauksessa riippukuljetin ei kuitenkaan ole toimiva ratkaisu, koska alapuolinen laakeri ei pysy paikallaan ilman alapuolista tukea. Lisäksi asennus kantajaan ei onnistu, jos hammaspyörässä on nostosilmukat kiinni yläpuolella.

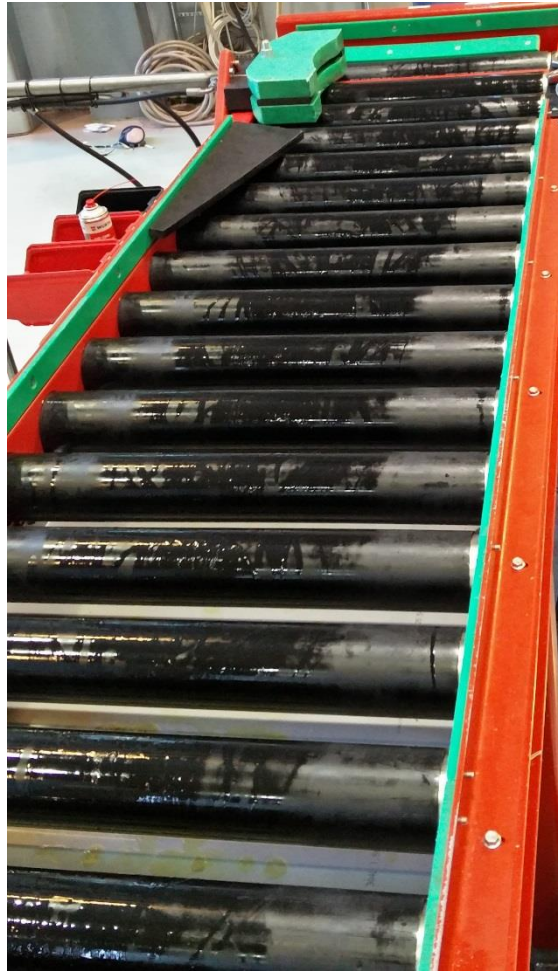
Toimivin ja varmin ratkaisu on kumipinnoitteinen rullarata, jossa on taajuusmuuttajakäyttö. Taajuusmuuttajan avulla voidaan rampittaa linjaston liikkeelle lähtö ja pysäytys, näin ehkäistään hammaspyörien liukumista rullien päällä ja mahdollista toisiinsa kolhiutumista. Kuitenkin eräässä palaverissa heräsi ajatuksia kumipinnoitteisten rullien puhtaanapidon vaikeudesta, sillä kumipintaan voi painua pieniä partikkeleita

(esimerkiksi metallilastuja, pieniä ruuveja tai muuta sellaista), jotka hankaisivat hammaspyörien alapintaa ja voisivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa lommon hammaspyörän pintaan. Linjastolle pitää siis tehdä puhdistussuunnitelma, jolla pystytään takaamaan riittävä puhtaus kokoonpanolle.

Kuljettimen päälle, kohtiin joissa ei tarvitse manuaalisia työvaiheita, asennetaan polykarbonaatista tehdyt suojat. Kuitenkin niin, että suojat ovat työkaluja apuna käyttäen irrotettavissa huoltotoimenpiteitä varten. Polykarbonaatti on materiaalina melko kestävä ja läpinäkyvä, joten se soveltuu suojien materiaaliksi hyvin. Läpinäkyvyyden ansiosta voidaan tarkastaa linjalla olevien hammaspyörien sarjanumeroita, määriä ja nähdään, ettei linjalla ole mitään ylimääräistä.

Kuljettimen ohjauksesta voidaan tehdä akkumuloiva, jolloin linjalle luodaan virtuaaliset varastopaikat. Näin linjan logiikalle voidaan kertoa panostusvaiheessa tiettyyn varastopaikkaan nostettavan hammaspyörän tiedot, ja linjan liikuessa eteenpäin myös tiedot liikkuvat logiikan muistissa virtuaalisissa varastopaikoissa. Näin ollen voidaan välttää hammaspyörän mittaaminen esim. mittaavalla valoverholla maalausta varten, koska tiedot voidaan lukea logiikalta. Mahdollisen ongelman tälle menettely tavalle luo tilanne, jossa joudutaan syystä tai toisesta nostamaan jo linjalla käsittelyssä oleva hammaspyörä sivuun. Sitä varten linjalle tulee kosketusnäyttö, johon tehdään helpokäyttöinen käyttöliittymä, jonka kautta pystytään hallitsemaan virtuaalisia varastopaikkoja ja poistamaan tarvittaessa tiedot, ajamaan linjaa käsikäytöllä, siirtämään linjalla olevia hammaspyöriä eteenpäin poistetun tilalle ja muita sellaisia hallintatoimenpiteitä.

Lisäksi eräs laitetoimittaja esitti lamellikuljetinta yhdeksi vaihtoehdoksi, mutta totesimme rullaradan paremmaksi vaihtoehdoksi käytettävyyden ja huollon kannalta. Lisäksi rullaradan (kts. Kuvio 21) arvioitu kustannus on hieman maltillisempi, joten investoinnin kuoletusaika pysyy kohtuullisena.



Kuvio 21. Rullarataa

4.4.3 Pesu

Opinnäytetyön alkaessa Moventas oli pyytänyt tarjouksen pesukoneesta, jolla pestäisiin hammaspyöriä Ikolan tehtaalla kantajan kokoonpanopisteelle. Opinnäytetyön aiheita ja kokonaisuutta pohdittaessa tultiin siihen tulokseen, että pesukone kannattaa liittää osaksi automaattista kokoonpanolinjastoa. Kun pesukone on liitetty osaksi linjastoa, nostojen tarve vähenee ja ympäristö on turvallisempi työskennellä. Olemassa olleen tarjouksen perusteella pystyttiin siis tarkentamaan linjaston asettamia vaatimuksia pesukoneesta pesukonevalmistajalle ja näin luomaan toimiva suunnitelma linjaston pesuvaiheen toteuttamiseen.

Pesukoneen toiminta on logiikkaohjattua. Pesukoneen oma logiikka ohjaa myös pesukoneen sisällä olevaa kuljetinlaitteistoa. Kuviossa 10 näkyy hieman pesukoneen edustalla kehikon päällä kulkevaa kuljetinkehikkoa. Kehikko kulkee kiskoilla laakeroituna moottorin ja hammaspyörän avulla. Pesukone on niin sanotusti läpiajettava, eli pesualustan voi ajaa kummallekin puolelle pesukonetta ja lastata tai purkaa kummalta puolelta tarvitsee.

Linjastoon asennettava pesukone on hyvin pitkälti samanlainen kuin Kuviossa 10., mutta linjaston pesukoneeseen tulee kuivausominaisuus, jota Kuviossa 10. olevassa pesukoneessa ei ole. Linjassa olevaan pesukoneeseen syötetään rullarataa pitkin varaston puolelta likaisia komponentteja ja kokoonpanon puolella pesukoneesta purkautuu puhtaat pestyt komponentit.

Kuvio 24 Kuvio 23näkyvällä isommalla pesukoneella pestään koottavat kantajat ja aurinkoakselit. Tämä pesukone toimii samalla tavalla ilman kuivaustoimintoa kuin pienempi pesukone joka esiteltiin Kuvio 23. **ssa**

Pesussa käytetään 60 celsiusasteista vettä, jolloin osa vedestä haihtuu lämmön vaikutuksesta ja veitsipuhalluksella saadaan loppu vesi pois hammaspyörän pinnalta.

Veitsipuhallus on samantapainen kuin autopesulassa viimeisenä oleva kuivauspuhallin. Ilmaa puhalletaan veitsimäisessä muodossa korkealla paineella ja vettä ”vyörytetään” ilman edellä pois kuivattavalta pinnalta. Pesukoneessa olevassa kuivaustoiminnossa ilma puhalletaan samojen suutinten läpi, joista pesuvaiheessa syötetään vesi. Suuttimet ovat veejet tyypisiä (kts. Kuvio 22), joista lähtevä suihku on leveäksi viuhkaksi muodostuva.



Kuvio 22. Veejet suutin

Kaksivaiheinen pesu tarkoittaa, että pesuainetta sisältävä vesi ja huuhteluvesi pidetään eri säiliöissä. Näin pystytään pitämään vedet puhtaampana pidempään eikä vesiä tarvitse vaihtaa niin usein. Lisäksi säiliöihin voidaan asentaa omalla pumpulla ja -kierrolla oleva suodatus, jolla voidaan suodattaa partikkelit pois.



Kuvio 23. Pesukone



Kuvio 24. Iso pesukone

4.4.4 Maalaus

Hammaspyörän maalauksen toteuttaminen osoittautui luultua vaikeammaksi, sillä maalauksen toteuttamiseen on useita eri vaihtoehtoja. Alla kuvattuna maalaukseen parhaiten soveltuvat ratkaisut.

Vaihtoehto 1

Lineaarijohteilla liikkuvat maalaussuuttimet 120 asteen välein. Pystysuunta ja vaakasuunta toisiinsa kiinnitetyillä johteilla joiden liike toteutetaan esimerkiksi paineilmasylintereillä. Paineilman etu maalauskammiossa on ATEX-määräysten täyttyminen.

Vaihtoehto 2

Robottimaalaus on paras ja varmin vaihtoehto, joskin kallein esiin tulleista ratkaisuista. Robottiin voidaan ohjelmoida eri ohjelmat erilaisille hammaspyörille ja maalauksen jälki on aina tasalaatuinen. Mahdolliset ATEX-vaatimukset nostavat robotin hankintakustannuksia.

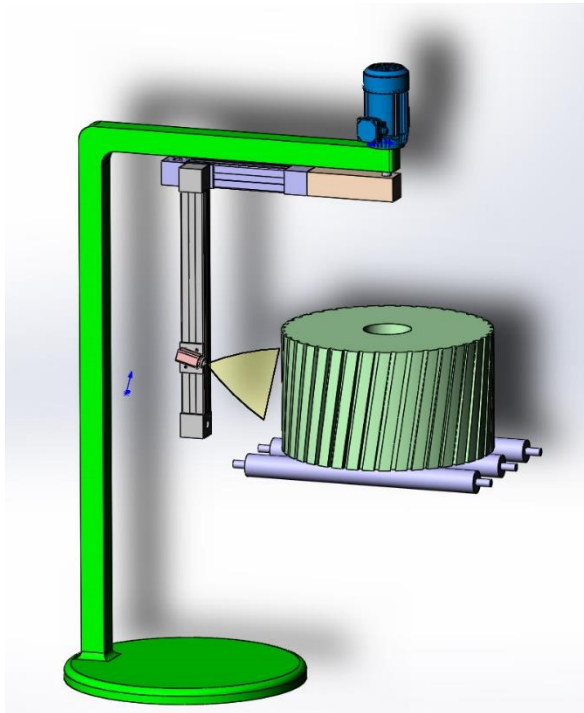
Vaihtoehto 3

Käsin maalaus maalauskammiossa jonka läpi rullarata kulkee. Maalauskammiossa olisi suljettavat ovet ja katolla kiinteä poistoilmamuri. Kammion seinässä olisi ikkuna sekä reiät, joissa olisi kumirukkaset. Hammaspyörä ajetaan linjastoa pitkin kammioon ja pysäytetään sinne. Työntekijä työntää kädet rukkasiin ja maalaa kosketusväriraidat spraypullolla. Tässä tuli esille kammioon asennettava pyörityspöytä joka kääntäisi hammaspyörää kammiossa automaattisesti. Kuitenkin pyörityspöydän ja rullakuljettimen yhdistäminen osoittautui kalliiksi ratkaisuksi, joten tämä ratkaisu tällaisenaan jätettiin pois suunnittelusta.

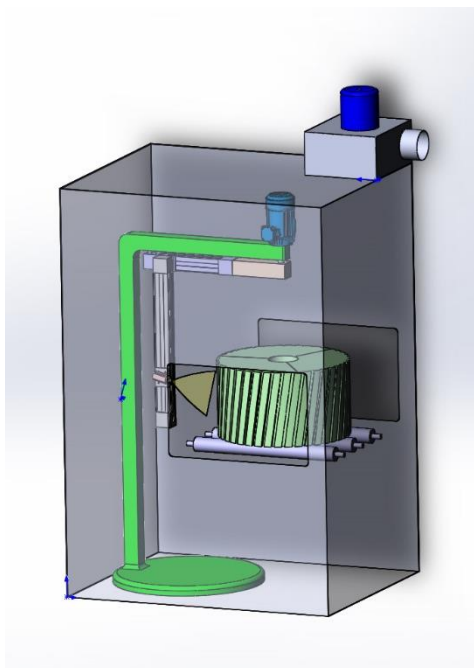
Vaihtoehto 4

Pyörivä vaakatasoinen lineaarijohde, jonka kelkkaan kiinnitetään pystyakselilla liikkuva lineaarijohde ja tähän pystysuuntaiseen johteeseen kiinnitetään maaliruisku. Pyöritys voidaan toteuttaa servolla tai normaalilla sähkömoottorilla. Koko laitteistoa

ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla. Pyörivän ruiskupään johdosta voidaan tarvittaessa kosketusväri maalata koko hammaspyörän ympäri, esim. prototyyppien testejä varten. Katso Kuvio 25 & Kuvio 26.



Kuvio 25. Vaihtoehdon 4. mukainen maalaus kone (Kuvio: Matti Paaso, Sakoni Oy)



Kuvio 26. Maalaus kammio (Kuvio: Matti Paaso, Sakoni Oy)

Maalausammion katolle asennetaan suodattimella varustettu poistoilmamuri, joka poistaa liuotinhöyryt kammioista. Lisäksi kammion pohjaan asennetaan ohiruiskutuksen keräys, joka kerää mahdollisen ohi menevän sumun talteen ja pois kammioista.

Näiden edellä mainittujen esitysten perusteella neljäs vaihtoehto vaikuttaa parhaiten soveltuvalta. Lisäksi neljännen vaihtoehdon hinta on kohtuullinen verrattuna esimerkiksi robottiin ja sillä pystytään kuitenkin automatisoimaan yksi työvaihe lisää.

4.4.5 Laakerointi

Alapuolisen laakeroinnin toteutukseen tuli toimeksiantajan kanssa käytyjen palaverien perusteella muutamia hyviä ideoita, mutta kustannus- ja varmuussyistä ne jäivät pois selvitystyöstä. Hammaspyörän alapuolisen laakerin asennus osoittautui haasteelliseksi johtuen hammaspyörien kokojen vaihtelusta. Käytännössä alapuolista asennusta varten linjastossa täytyisi olla reikä josta laakeri nostetaan paikalleen hammaspyörään mutta isoimman asennettavan laakerin vaatima reikä on halkaisijaltaan niin iso, että halkaisijaltaan pienin hammaspyörä putoaa reiästä läpi. Tämä olisi ratkaistavissa siirrettävällä kelmalla tai sovitteilla joissa olisi erikokoisia reikiä mutta niiden tilavaade on suhteellisen suuri verrattuna käytettävissä olevaan tilaan.

Laakerin asennus kannattaa siis tehdä jatkossa samalla tavalla kuin tähänkin asti, nostamalla hammaspyörä ilmaan, liu'uttamalla laakeri rullia pitkin hammaspyörän alle ja laskemalla hammaspyörä laakerin päälle. Tämän takia laakerointipisteen kohdalla rullaradassa tulee olla kytkimellä moottorista erotettava osuus, jotta laakeri voidaan työntää vaivattomasti hammaspyörän alle. Laakerin nostoa varten laakerointipisteelle asennetaan kevennin ja tähän tarttumatyölaite (kts. Kuvio 27 & Kuvio 28), jolla voidaan nostaa erikokoisia laakereita.



Kuvio 27. Laakerin nostolaite, kiinni

Kuvio 28. Laakerin nostolaite, auki

Laakerit ovat valmiiksi paritettuja valmistajan toimesta. Laakereiden välykset on mitattu valmistajan toimesta, samoilla arvoilla olevat laakerit paritettu ja laitettu samaan toimitukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdessä laakerilaatikossa on A ja B-laakerit, jotka tulee asentaa samaan hammaspyörään. Yhteen kantajaan asennettavien hammaspyörien laakereiden tulee olla toleranssien sisässä, niin ettei välyksissä ole liikaa eroja. Näin toimimalla varmistutaan siitä, että hammaspyörien laakerit kuluvat samalla tavalla ja kestävät pidempään.

4.4.6 Asennus

Hammaspyörän asennus kantajaan on Linjan viimeinen työvaihe ennen kantajan siirtämistä kokoonpanossa eteenpäin ja sen asentamista vaihteistoon. Linjastoon tulee yksi asennuspiste, jossa laakeroitu hammaspyörä asennetaan paikalleen kantajaan. Linjasto on kuitenkin suunniteltu niin että, tarpeen vaatiessa voidaan linjaa jatkaa ja lisätä asennuspisteitä loppupäähän.

Asennuspisteelle tulee oma pyörityspöytä (kts. Kuvio 29), jolla kantaja käännetään oikeaan asentoon hammaspyörän asentamista varten. Pyöritysliike tapahtuu pöydän reunaan asennettavan hammaskehän avulla. Hammaskehää voidaan pyörittää esimerkiksi servomoottorin avulla, jolloin servo-ohjaimen takaisinkytkennästä saadaan laskettua pyörivän liikkeen tarkka asteluku. Tällainen PLC:llä ohjattu pyöritys voidaan toteuttaa ilman enempää anturointia, kun pyörityspöytään merkataan niin sanottu nollakohta, jonka mukaan suunnataan yksi hammaspyörien rei'istä, tällöin riittää pelkkä astemääräinen pyöritys.



Kuvio 29. Nykyisessä linjassa käytössä oleva pyörityspöytä

Kantajan paikoitus voidaan toteuttaa myös konenäön avulla, jolloin kameran avulla tunnistetaan kantajasta hammaspyörän reiän keskikohta suhteessa asennuslinjaan. Tämä vaihtoehto lisää kuitenkin kustannuksia ja tuotteen mahdollisesti muuttuessa vaatisi uudelleen ohjelmointia, joten se jätettiin pois suunnitelmasta.

Pyörityspöytä voidaan varustaa myös kuularuuveilla, jotta sitä voidaan liikuttaa ylös- alas suunnassa oikean asennuskorkeuden saavuttamiseksi niin, että siinä voidaan

asentaa hammaspyörät sekä holkkiliitoskantajaan (kts. Kuvio 31) että pulttiliitoskantajaan (kts. Kuvio 32). Liike mahdollistetaan asentamalla kuularuuvit pyörityspöydän jokaiseen kulmaan. Kuularuuvien etuna on niiden tarkkuus ja ohjelmallisesti yhdistettävä liike, joten pöytä saadaan nousemaan varmasti suorassa.

Toinen vaihtoehto on asennuspisteeseen asennettava kiinteä pyörityspöytä, johon tehdään tarvittavat sovitekappaleet niissä kasattavia kantajia varten. Sovitteet kuitenkin vievät tilaa silloin kun ne eivät ole käytössä, joten niitä kaikkia ei kannata tehdä kahta kappaletta. Hammaspyörän asennuspisteitä voi tarvittaessa lisätä linjaston loppuun vielä linjan valmistumisen jälkeenkin lisäämällä pyörityspöydän ja työntävän sylinterin.

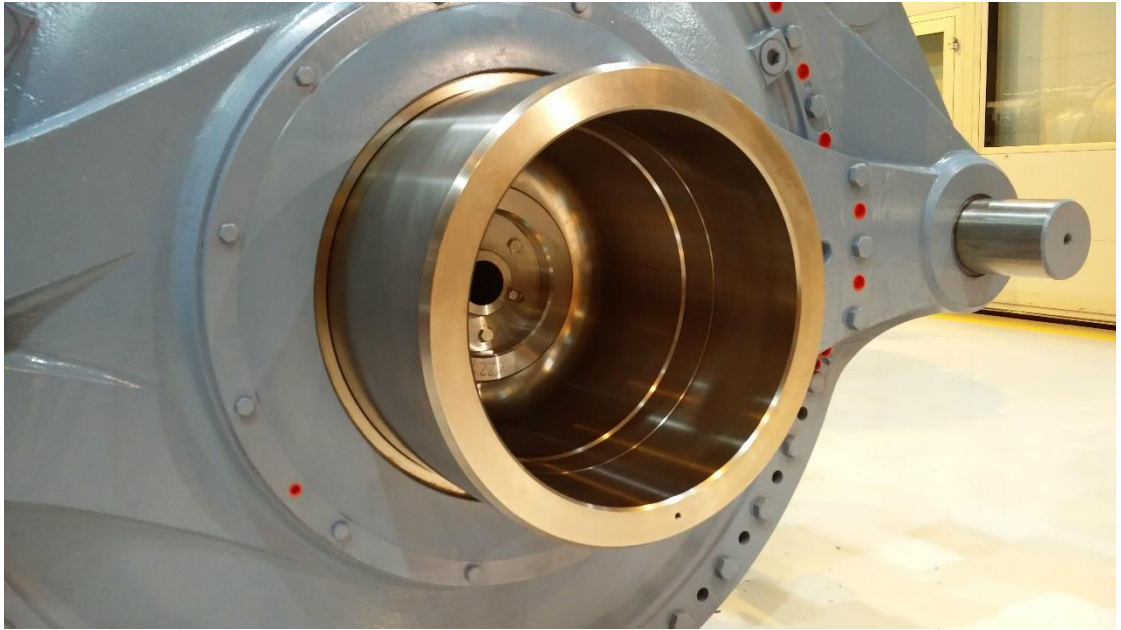
Kantajien koon vaihtelun vuoksi pyörityspöydän keskipisteen etäisyyden tulee olla muutettavissa suhteessa rullarataan. Etäisyyden muutokseen voidaan käyttää esimerkiksi rullaradassa olevaa pientä liikkuvaa ”lippaa”, jota liikuttamalla rullaradan ja kantajan välinen rako kapenee. Liikkuva taso täytyy tukea kunnolla rullarataan niin, ettei se notkahda hammaspyörän painon alla jolloin hammaspyörä olisi asennusvaiheessa vinossa ja voisi vaurioittaa kantajaa. Toisena vaihtoehtona pyörityspöydät voi asentaa kiskoille. Kiskoilla olevat pyörityspöydät liikkuisivat lineaarijohteiden avulla, jolloin paikoitus on tarkka.

Hammaspyörän asennus kantajaan toteutetaan hydraulisynterillä tai lineaariaktu-aattorilla aiheuttamalla liikuttava voima hammaspyörään ja liu’uttamalla hammaspyörä kantajaan paikalleen. Sylinterin/lineaariaktu-aattorin varren päässä on työlaite (kts. Kuvio 30), jolla hammaspyörä on turvallista työntää kantajaan paikalleen. Työlaiteessa on nylonista tehty sovite joka ottaa kolhut vastaan ja näin estää hammaspyörän hammastuksen vaurioitumisen.

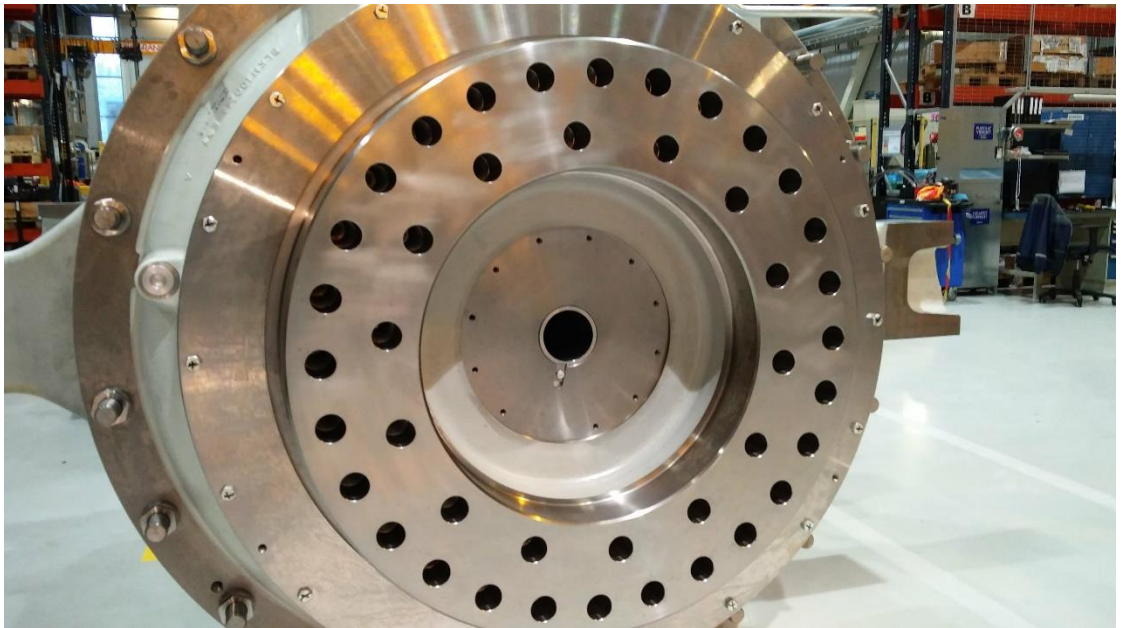


Kuvio 30. Hydraulisyliinterissä kiinni oleva työlaite

Hammaspyörän liu'utus linjalta kantajaan mahdollistetaan pinnoittamalla rullaradan rullat asennuspisteen kohdalta sopivalla materiaalilla, jonka päällä hammaspyörä luistaa kantajaan mutta ei linjaston liikkeessa. Nykyisessä linjastossa rullaradan rullat on pinnoitettu PVC-muovilla ja sen on todettu toimivan hyvin, joten tämän uskotaan toimivan myös uudessakin linjastossa. Lisäksi rullien pinnoitteen kulumiseen varaudutaan varastoimalla vaihtorullia niin, että asennuspisteiden kohdalle voidaan tarvittaessa vaihtaa uudet rullat kuluneiden tilalle. Tällöin ei pääse syntymään tilannetta, jossa liukupinta olisi niin kulunut, että se vaurioittaisi hammaspyörän pintaa.



Kuvio 31. Vaihteisto, jossa holkkiliitoskantaja



Kuvio 32. Vaihteisto, jossa pulttiliitoskantaja

4.5 Automaatio

Automaation osuus linjastossa on merkittävä. Kokoonpanolinjastoa ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla, tutustuin seuraavien yritysten tarjoamiin vaihtoehtoihin: Siemens S-sarja tai Beckhoff Industrial PC ja EtherCAT hajautettu I/O. Ohjelmoitava logiikka ohjaa linjastossa rullarataa, pesukonetta ja maalauskammiota. Laakerointi ja asennus tapahtuvat manuaalisesti. Asennuspisteiden pyörityspöydät voidaan liittää ohjelmoitavaan logiikkaan niin, että pöytää pyöritetään tietty asteluku, kun asentaja antaa käyntiluvan pyörityspöydälle.

Automaation näkökannalta linjasto on hyvinkin yksinkertainen laitteisto, input tieto voidaan toteuttaa induktiivisilla ja kapasitiivisilla antureilla, koska kyseessä on metallikappaletta liikuttava linja. Output-puolella taajuusmuuttajaohjaus tai servo-ohjain jolla linjan liikkuminen mahdollistetaan.

Ohjelmoinnin osuus on hieman haastavampi johtuen virtuaalisista varastopaikoista. Varastopaikkoja luotaessa täytyy olla tarkkana, että oikeaan varastopaikkaan liitetään oikean anturin I/O-tieto, niin ettei täyttää varastopaikkaa voi yrittää täyttää uudelleen, tämä johtaisi hammaspyörien osumiseen toisiinsa ja mahdollisesti rikkoutumiseen.

5 Tulokset

Opinnäytetyön lopputuloksena tuotettiin toteuttamiskelpoinen suunnitelma kokoonpanolinjaston automatisoimiseksi. Suunnitelma saatiin valmiiksi ja sen perusteella pyydettiin tarjouksia eri laitetoimittajilta ja tilanteen niin vaatiessa voidaan tarjoukset hyväksyä ja tehdä tilaus linjastosta. Opinnäytetyön aikana tutustuttiin ja selvitettiin automatisoinnin vaatimuksiin ja tarvittaviin komponentteihin.

Toimintakuvauksen tuottamisessa onnistuttiin hyvin ja siinä otettiin huomioon työnantajan tuotantovaatimukset sekä työntekijöiden mielipiteet linjaston käytettävyydestä. Toteutuessaan kokoonpanolinjaston automatisointi vähentää manuaalisia työvaiheita ja sillä pystytään vapauttamaan henkilöresursseja muihin työvaiheisiin. Toimintakuvauksen yhteydessä luotiin laskelma (kts. Liite 1) tuotantokapasiteetista ja

tätä laskelmaa pystyttiin hyödyntämään layout suunnittelun yhteydessä materiaali-tarpeita laskettaessa.

Opinnäytetyössä saatiin tuotettua toimiva ratkaisu linjaston layoutiksi ja se otettiin huomioon tarjouspyyntöjä lähetettäessä. Linjaston mahdolliset toimittajat antoivat tarjoukset layout suunnitelman ja toimintakuvauksen perusteella. Layout-suunnitel-mien yhteydessä tuotettiin laskelma materiaali-tarpeista ja niiden varastointipaikasta kokoonpanolinjaston yhteydessä.

Kokoonpanolinjaston automatisointisuunnitelman ja toimintakuvauksen pohjalta luotiin investointilaskelma (kts. Liite 2, luvut salattu), jonka avulla voitiin laskea linjaston kokonaiskustannuksia. Investointilaskelma pystytään esittämään hankintaa perustel-taessa. Lisäksi luotiin kustannuksia vertaileva laskelma automatisoinnin ja nykyisen tavan välillä (kts. Liite 3) jonka avulla pystyttiin laskemaan investoinnin kuoletusaika.

6 Pohdinta

Opinnäytetyötä pystytään hyödyntämään automaattista kokoonpanoa mietittäessä jo olemassa olevaan tehtaaseen. Työn raportoinnin perusteella voidaan tehdä selvi-tyksiä automatisoinnin kannattavuudesta. Opinnäytetyötä tehdessä tavattiin laitetoimittajien edustajia ja keskusteltiin heidän kanssaan linjaston toimituksesta. Tapaami-sia pitää ajatella hieman kriittisesti koska myyntihenkilöt haluavat myydä omaa tuo-tettaan.

Opinnäytetyön aihe käsittelee ajankohtaista asiaa kaikessa teollisuudessa: automati-sointi ja sen kustannustehokas toteuttaminen sekä sen avulla saavutettavat hyödyt. Työssä löydettiin ratkaisut kustannustehokkaaseen toteuttamiseen ja automatisoin-nilla saavutettaviin hyötyihin.

Opinnäytetyön tekemistä helpotti tuulivoimavaihteiston rakenteen tunteminen en-nestään. Mikäli rakenteeseen ja kokoonpanoon olisi pitänyt tutustua alusta alkaen, olisi se vienyt aikaa työn alusta. Nyt tuo aika pystyttiin hyödyntämään linjaston suun-nitteluun ja laitetoimittajien kontaktointiin.

Opinnäytetyö on pääosin kehitystyötä uuden laitteiston suunnittelemiseksi ja rakentamiseksi. Automaattisia linjastoja on kyllä olemassa mutta työn kohteena oleva kantajan kokoonpanolinjasto asetti omat vaatimuksensa. Vaatimukset otettiin huomioon ja niihin pystyttiin mukautumaan niin että työssä löydettiin toimiva ratkaisu linjaston toteuttamiseksi. Työn alku sujui joutuisasti erilaisiin automaattisiin ratkaisuihin perehtyessä ja niitä tähän kohteeseen soveltamalla. Opinnäytetyötä voisi jatkaa vielä pidemmällekin ja esitellä kaikki mahdolliset ratkaisut, työssä on esitelty toimivat ja kustannustehokkaat ratkaisut.

Opinnäytetyö on osittain hyödynnettävissä tuotantolinjan automatisointia miettivälle yritykselle. Työstä voi selvittää huomioon otettavia asioita ja kuinka ne on tässä työssä ratkaistu. Opinnäytetyön aikana huomattiin, että kokonainen suunnittelutyö pitää sisällään paljon enemmän kuin mitä lopuksi paperille kirjoitetaan; esimerkiksi seinät ja rakenteet joita tarvitsee muokata linjaston läpiviemiseksi. Varsinkin luotaessa uutta kokoonpanolinjastoa jo olemassa olevan kokoonpanopisteen tilalle, huomioonotettavia asioita on paljon.

Tämän opinnäytetyön valmistuessa työssä on valmis suunnitelma linjaston toteuttamiseksi, mutta työtä voi myös jatkaa esimerkiksi käyttöohjeiden teolla, turvallisuus selvityksellä tai perehtymällä linjaston ohjelmointiin ja ohjelmoitaviin logiikoihin syvemmin.

Lähteet

Aaltonen, K. & Tovinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.

ABB, Sähkömoottorit ja generaattorit, 5.1.2018. <http://new.abb.com/motors-generators/fi>

Algol <http://www.algoltechnics.fi/automaattivarastot-ja-kuljetinratkaisut/kuljetinjarjestelmat/>

Ansaharju, T. 2010. Koneenasennus ja kunnossapito. 1.-2. p. Porvoo: WSOY.

ATEX-direktiivin(2014/34/EU) soveltamisopas.pdf

Aquaclean Multi. Aquaclean, 2018. Viitattu 5.1.2018.

<http://www.aquaclean.fi/fi/tuotteet/teollisuuspesukoneet/multi>

Beckhoff Automation http://www.beckhoff.de/english.asp?industrial_pc/cp62xx.htm

Beckhoff Ethercat I/O <https://infosys.beckhoff.com/>

Beckhoff Motion control <https://infosys.beckhoff.com/>

Beckhoff Servo motor <https://infosys.beckhoff.com/>

Flyktman, T. 2017. Konenäkö-kurssimateriaali.

Häkkinen, V. 2016. Ohjelmoitavat logiikat-kurssimateriaali.

Konedirektiivi 2006/42/EY, 2017,

Konestandardi SFS ISO 12100, 30.11.2017,

Kuularuuvikomponentit. Litemaster Porin elektroniikkatarvike, 2017. Tuotesivu. Viitattu 30.11.2017. <http://lm.fi/index.php?page=lineaaritekniikka-kuularuuvikomponentit>

Mittaavat valoverhot. 2018. Viitattu 5.1.2018. <https://www.sick.com/fi/fi/automaatiovaloverhot/mittaavat-valoverhot/c/g186351>

Moventas Yritysesittely.pdf. 2014. 2017

Kuulajohteet Hiwin. Movetec, 2017. Viitattu 6.11.2017. <https://www.move-tec.fi/fi/tuotteet/lineaariliikkeen-mekaniikka/lineaarijohteet/kuulajohteet/kuulajohteet-hiwin>

Ratkaisut. Ferroplan, 2017. Viitattu 30.11.2017. <https://www.ferroplan.fi/fi/ratkaisut/solutions>

Aktuaattorit Exlar. SKS Group, 2017. Viitattu 6.11.2017.

http://www.sks.fi/www/Sahkomoottorit&id=Aktuaattorit_Exlar

Stresstech Oy, 2018, Barkhausen mittalaitteisto

<http://www.stresstech.com/en-fi/products/barkhausen-noise-equipment/for-gears/automated-gears/>

Korroosionestomaalauksen käsikirja. Teknos, 2013. PDF-tiedosto. Viitattu 18.2.2018.
https://www.teknos.com/globalassets/teknos.fi/teollisuus/downloads/fi_korroosionestomaalauksen_kasikirja_2013.pdf

Ball screws. Thomsonlinear, 2017. Datalehti. Viitattu 30.11.2017.
https://www.thomsonlinear.com/website/com/eng/products/ball_screws_and_lead_screws/ball_screws_literature.php

TUKES Sähkölaitteet ATEX-direktiivi <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajadysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>

Liitteet

Liite 1. Linjaston teoreettinen kapasiteetti

Kapasiteetti/Volyymi
40 Vaihdetta viikossa

Linjasto

Hammaspyörien teoreettinen määrä	
6 kpl/h	10min tahtiaika
48 kpl/vuoro	
96 kpl/päivä	
480 kpl/viikko	
24000 kpl/vuosi	

Kantajat	
Isot	Pienet
8	8 Vuorossa
16	16 Päivässä
80	80 Viikossa
4000	4000 Vuodessa

Oletuksena työpäiviä

250 /vuosi

Isot hampaat	Hammaspyörien Volyymiarviot			Yhteensä
	2018	2019	2020	
Acciona 2900.2 AW3000	1415	800	0	2215
Acciona 2900.2C	185	500	0	685
Acciona PPLH-3000	10	200	1500	1710
Doosan	45	100	0	145
Herkules	785	1000	925	2710
Nordex	60	750	900	1710
GE	20	250	1750	2020
YHT. Isot hammaspyörät	2520	3600	5075	11195

Pienet hampaat				
Acciona	849	480	0	1329
Acciona 2900.2C	111	300	0	411
Acciona PPLH-3000	6	120	900	1026
Doosan	27	60	0	87
Herkules	471	600	555	1626
Nordex	36	450	540	1026
GE	12	150	1050	1212
YHT. Pienet hammaspyörät	1512	2160	3045	6717
YHT. Kaikki hammaspyörät	4032	5760	8120	17912

Vaihteeseen menevät hammaspyörät

Iso	5
Pieni	3
	8

Liite 2. Investointilaskelman pohja (luvut salattu).

9.2.2018
Rullarata pesukoneelle
Hinta ferroplanilta
Lavojen muokkaus
Nylon kiskot/lava
Uusi lava
Panostus (optio)
Työnnin hydraulinen
Hydraulikoneikko
Työnnin sähköinen
Teline
Kiinteä
Vihien ohjelmointi
Pesukone
kuivaava tunnelipesukone
30 000 € ?
Rullarata maalausammioon
5 metriä
Maalauskone (optio)
Sakoni Oy
Rullakuljetin maalausammioista kääntöpöydälle
Laakerointi
Nostolaite pyörälle
Kevennin laakerille
100kg
Rullakuljetin/kääntöpöytä
Rullarata kääntöpöydältä
10 metriä
Pyöräasennus
Hydraulikoneikko
Työnnin
Pyörityspöytä
Asennus
Työkalut
Kevennin asennuspaikalle
Valmiin kantajan käsittely
Työpiste
Alalaakerin asennus (optio 1)
Kuljetusteline (optio 2)
Rakennustekniset muutokset
Reikä seinään
Poistoilmapuhallin
Ilmastoinnin kanavointi
Timanttityöt
Linjaston automaatio
Asennukset

Liite 3. Investoinnin kuoletusaika

	1	2	3	4	5
Kumulatiivinen vuosittainen kulu, investointi	420 846,35 €	643 200,35 €	865 554,35 €	1 087 908,35 €	1 310 262,35 €
Kumulatiivinen vuosittainen kulu, ei investointia	382 590,00 €	765 180,00 €	1 147 770,00 €	1 530 360,00 €	1 912 950,00 €

