



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samu Mäkinen

STAATTORILEVYJENLADONNAN AUTOMATISOINTISELVITYS

Tekniikka ja liikenne

2011

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyönä ABB Vaasan Motors Oy:lle vuoden 2011 keväänä.

Työntilaajan puolesta yhdyshenkilönä on toiminut tuotantopäällikkö Jani Palssi. Vaasan ammattikorkeakoululta työtä ohjasi lehtori Mika Billing

Kiitokset haluan antaa opinnäytetyön ohjaajalleni lehtori Mika Billingille, joka on ollut hyvin kannustava työn joka vaiheessa. Kiitokset kuuluvat myös Motorsin mukana olleille toimihenkilöille ja työntekijöille. Ilman heidän tietojaan ja taitojaan olisi moni asia jäänyt huomioimatta. Erityiskiitokset Jani Palssille, työn tarjoamisesta ja uskomisesta kykyihini.

Vaasassa 1.6.2011

Samu Mäkinen

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Samu Mäkinen
Opinnäytetyön nimi	Staattorilevyjenladonnan automatisointiselvitys
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 7 Liitettä
Ohjaaja	Mika Billing

Työn tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia staattorilevyjen ladonnan automatisointiin. Ladontatyö on fyysisesti erittäin raskasta. Samaa ongelmaa on selvitetty aikaisemminkin, mutta toimivaa ratkaisua ei olla löydetty. Työssä paneudutaan myös ergonomian tärkeyteen nykypäivän työelämässä.

Työn alkuvaiheessa kartoitettiin tuotannon nykytila ja asetettiin työlle tavoitteet. Esiselvitysvaiheessa hyödynnettiin haastattelu- sekä tilannetutkimusmenetelmiä. Esiselvitysten pohjalta lähetettiin tarjouspyyntö kotimaisille automatisointiin erikoistuneille yrityksille.

Tarjouspyyntö tuotti muutamia vastauksia, joita työssä vertailtiin painoarvotaulukkoa hyödyntäen. Ehdotuksissa oli melko paljon samankaltaisuutta. Vertailun tuloksena Aj - Automationin ehdotus sai parhaat pisteet niukalla erolla ABB Roboticsin ehdotukseen verrattuna.

Lopputuloksena ei saavutettu valmista ratkaisumallia ongelmaan. Paras kehitysehdotus tuli talon sisältä. Tässä mallissa urituskoneen perään rakennettaisiin piste, jossa staattoripaketit hitsataan valmiiksi paketiiksi. Tehty selvitystyö antaa hyvän pohjan lopullisen päätöksen teolle ladontasolun tulevaisuudesta.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Samu Mäkinen
Title	Study on Automated Stacking of Stator Plates
Year	2011
Language	Finnish
Pages	49 + 7 Appendices
Name of Supervisor	Mika Billing

This thesis was made for ABB Finland Department of Motors and Generators. The purpose of this thesis was to determine the possibilities of automated stacking of stator plates. The stacking of stator plates is very heavy work physically. The same issue has been surveyed before, but a feasible method has not been found yet. The importance of ergonomics in the working environment was looked into as well.

The making of thesis began by surveying the present situation in the production and by setting the objective for this thesis. Interviews and situation method were used in the preliminary study. Based on the findings of the preliminary study Finnish companies specializing in automation systems were sent invitations to tender.

The invitations to tender produced some replies, which were compared in this thesis. The table of importance helped in the comparison. The proposals were very similar. The proposal from Aj – Automations scored the highest points and the proposal from ABB Robotics came second.

As a result of the thesis, a final solution to the problem was not found. The best development suggestion came from inside the company. This model integrates a station as a continuation to the groove-cutting machine where the stator cores would be welded. This thesis gives a very good template for definite resolutions regarding the future of the stator stacking cells.

Keywords ABB, stacking, robotics, compare

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Työn tavoitteet.....	9
1.2	Työn eteneminen	10
2	ABB	11
3	STAATTORIN LADONTASOLU	13
3.1	Konekanta	15
3.2	Rainasta staattoripaketiksi.....	17
4	AUTOMATISOINTI.....	22
4.1	Automaatio	22
4.2	Automatisointi	22
4.3	Robottiikan synty.....	23
4.4	Robotin määritelmä.....	24
4.5	Ihmisen ja koneen yhteistoiminta	25
4.6	Automatisoinnin standardit	26
5	TYÖERGONOMIA.....	27
5.1	Mitä on ergonomia?.....	27
5.1.1	Fyysinen ergonomia.....	27
5.1.2	Kognitiivinen ergonomia	28
5.1.3	Organisatorinen ergonomia.....	28
5.2	Ergonomia Motorsilla	28

5.3	Ergonomian standardeja.....	30
6	TYÖSSÄ KÄYTETYT SUUNNITTELUPROSESSIT	31
6.1	Esitutkimus	31
6.1.1	Haastattelumenetelmät.....	31
6.1.2	Tilannetutkimus	33
6.2	Tuotteen spesifiointi	34
6.3	Vertailut	35
6.4	Suunnittelu	36
7	TYÖN TOTEUTUS.....	37
7.1	Esitutkimus	37
7.2	Alustava tarjouspyyntö	37
7.3	Yhteydenotot	38
7.4	Oma kehittäminen	38
7.5	Kehityskohteet tuotannossa.....	39
8	VERTAILU	43
8.1	Ehdotus 1.....	43
8.2	Ehdotus 2.....	44
8.3	Ehdotus 3.....	44
8.4	Vertailun tulokset	45
9	YHTEENVETO.....	47
	LÄHDELUETTELO.....	49

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

ABB	= Asea Brown Boveri, yritys
IFR	= International Federation of Robotics
Juroca	= Sidontalaite
KUKA	= Keller und Knappich Augsburg, yritys
kW	=kilowatti, tehon yksikkö
MRP	= Material Requirements Planning, suunnittelutyökalu
NIOSH	= National Institute of Occupational Safety and Health
Raina	= Peltilevyrulla
Runkokoot 56 – 450	= Sähkömoottorin koko, akselin keskipisteen etäisyys millimetreinä lattiapinnasta
SAP	= Eräs ERP – järjestelmä Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
TA1	= Sidontalaite
TA2	= Sidontalaite

LIITELUETTELO

LIITE 1. Ladontasolun layout - kuva

LIITE 2. Ergonomiakoulutuksen kalvosarja

LIITE 3. Alustava tarjouspyyntö

LIITE 4. Aj-Automation Oy:n ehdotus

LIITE 5. Fastems Oy:n ehdotus + layout - kuva

LIITE 6. ABB Roboticsin ehdotus

LIITE 7. Painoarvotaulukko

1 JOHDANTO

Teollisuuden kiristynyt kilpailutilanne vaatii yrityksiä jatkuvaan kehitykseen. Uusien joustavampien ja miellyttävämpien työtapojen merkitys on suuri nykyajan työssä. Työntekijöiden hyvinvointi on kasvattanut merkitystään jatkuvasti. ABB:llä joustavuutta on parannettu muun muassa työaikojen liukumalla. Kehitysosastot tekevät jatkuvasti töitä työolojen parantamiseksi, työntekijöiden toiveiden mukaan.

ABB Motors haluaa olla omassa ydinosaamisessaan edelläkävijä myös tulevaisuudessa. Tilausmäärät pysyvät Motorsilla melko vakioina. Automatisointia ajatellen tämä on erittäin hyvä asia. Automatisoinnin toimiva sovellus ei välttämättä vaadi nopeaa tahtiaikaa, kunhan tuotantovirta on jatkuvaa.

Työn tarkoituksena on selvittää, onko kannattavaa tai edes mahdollista toteuttaa staattorilevyjen ladontatyötä automaattisesti. Työssä selvitettiin työn nykytila haastattelujen ja tilannetutkimusten avulla. Kerättyjen tietojen pohjalta otettiin yhteyttä kotimaisiin automatisointiin erikoistuneisiin yrityksiin. Niiden toimesta tehtyjä toimintaehdotuksia arviotiin ja vertailtiin. Vertailut suoritettiin painoarvotaulukon ja yleisen pohdinnan keinoin.

1.1 Työn tavoitteet

Motorsin kehitysosasto on useampaan otteeseen kehitellyt samaista automatisointiongelmia, mutta toimivaa ratkaisua ei vielä olla löydetty. Työntekijöiden keskuudessa automatisointisovellus olisi enemmän kuin toivottu. Työ on fyysisesti erittäin raskasta toistotyötä. Tavoitteena olisi tuoda esille uusia mahdollisuuksia ladontatyöhön.

1.2 Työn eteneminen

Alkutilanteessa perehdyttiin ladontasolun nykytilaan ja tiedossa oleviin suurimpiin haasteisiin. Toimihenkilöitä haastatteleamalla ja ladontasolussa työtä seuraamalla moni asia selkiintyi.

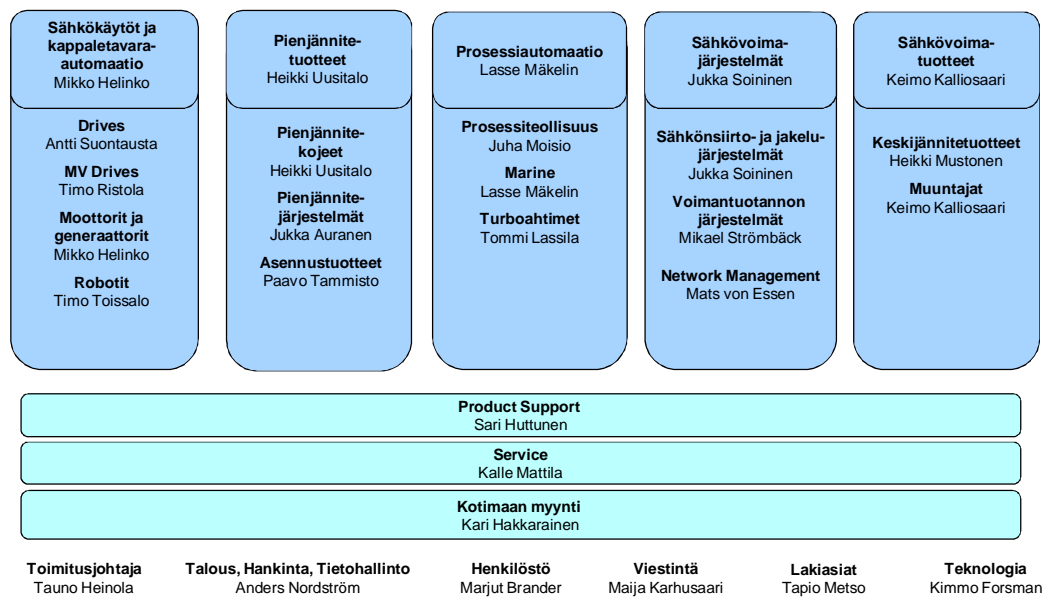
Selvitysten pohjalta rakennettiin kattava tarjouspyyntö automatisointiin erikoistuneille yrityksille. Tarjouspyyntö herätti muutaman yrityksen mielenkiinnon, joiden kanssa tavattiin nykytilan tarkastelun merkeissä.

Käyntien perusteella solun toteutuksesta tuli muutamia tarjouksia. Näitä on työssä vertailtu painoarvotaulukon avulla. Ehdotuksissa on paljon hyvää, mutta myös harmaita kohtia. Ehdotuksien jatkojalostus kohti toimivaa ratkaisua jatkuu päättötöön ulkopuolella. Tämä tutkimus on hyvä pohja tälle kehittelylle.

2 ABB

ABB on saanut alkunsa yli 120 vuotta sitten Gottfrid Srömbergin toimesta. ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. Yrityksen palveluksessa työskentelee yli 124 00 työntekijää noin 100 maassa. Suomessa pääpaino on Helsingissä ja Vaasassa, yhteensä toimintaa on kuitenkin noin 40 paikkakunnalla. Suomessa on yhteensä noin 7000 työntekijää. Ydinliiketoiminta ABB:llä on keskittynyt viiteen osa-alueeseen: sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitustuotteet ja prosessiautomaatio. Tämä organisaatio on esitetty alla olevassa kaaviossa vastuuhenkilöineen. **(Kuva 1.)**

ABB Oy:n organisaatio



01.01.2011



Kuva 1. ABB Oy:n organisaatiokaavio.

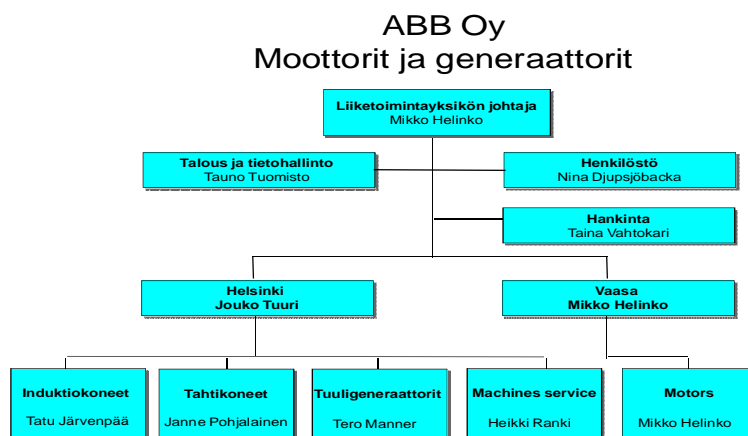
ABB:n toimintaperiaatteisiin kuuluu kestävä kehitys, joka on otettu huomioon seitsemän painopisteen määrittelyllä: energiatehokkuus, ilmastonmuutos,

ympäristövaikutusten hallinta, työterveys ja -turvallisuus, yritysvastuu, tuoteinnovaatiot ja toimintaketjun vakaus.

Liikevaihto vuonna 2010 oli koko ABB konsernissa 32 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Suomessa liikevaihto oli 2,2 miljardia euroa. Tutkimus- ja tuotekehitystoimintaan ABB sijoitti vuonna 2010 yhteensä noin miljardi Yhdysvaltain dollaria. Suomessa vastaava luku oli 139 miljoonaa euroa.

Motors kuuluu sähkökäytöt - ja kappaletavara-automaatioidivisioonaan. Motors työllisti Vaasassa vuoden 2010 lopussa 557 työntekijää. Muita avainlukuja vuonna 2010 oli liikevaihto 194 M€sekä tuotantomäärä 34 160 moottoria.

Vaasan Motorsilla valmistetaan erikoismoottoreita. Moottorit tehdään tilausten perusteella asiakkaan toiveiden mukaisesti riippumatta koosta, virrasta tai sovelluksesta. Räjähdystiloihin tehtävät moottorit ovat yksi erikoisosaamisen ala Vaasassa. Tutkimus ja kehitysohjelmien jatkuva aktiivinen toiminta varmistaa viimeisimmän teknologian ja materiaalien käytön. Tehoalueeltaan Vaasassa tehdyt moottorit ovat 0,55 – 1000 kW:n väliltä. Moottorit ovat runkokooltaan 56:sta 450:een. Moottorit ja generaattorit - organisaatio, johon myös Motors kuuluu, on kuvattu seuraavassa kaaviossa vastuuhenkilöineen. /1/ /2/ (**Kuva 2.**)



Kuva 2. Moottorit ja generaattorit - organisaatiokaavio.

3 STAATTORIN LADONTASOLU

Ladontasolussa työskentelee yhdeksän työntekijää. Sidontakoneita on neljä, joista yhdessä on kaksi ladontapistettä. Töitä tehdään vuoro- ja päivätyönä. Ladontasolun layout on esitetty liitteessä työn lopussa. (LIITE 1.) Layoutin muuttaminen automatisointia varten ei ole poissuljettu, mikäli muutoksella saavutetaan kuluja suurempi hyöty tai se on välttämätöntä sovelluksen toteuttamiseksi. Ladontapisteen on nimetty sidontakoneiden mukaan. Nimet ovat hitsaus, juroca, TA1 ja TA2. Jokaisesta pisteestä on tarkempi kuvaus myöhemmin. Yksittäinen ladontapiste koostuu:

- rullaradasta, jota pitkin levytavat tulevat ladontapisteeseen korkeavarastosta.
- saksipöydästä, jolla latoja voi säätää levypinon korkeutta sopivaksi ja lisäksi pyörittää lavaa itselleen edulliseen asentoon.
- selvityslaitteesta, jolla levyjen orientaatio saavutetaan (ei TA2:lla).
- ladontatuurnasta, johon levyjä ladotaan.
- sidontakoneesta, jolla paketit puristetaan ja sidotaan.
- manipulaattorista, jolla sidotut paketit nostetaan pois tuurnalta (ei hitsauksessa).

Ainoa osa joka mahdollisesti muuttuu solussa paketin tyyppin muuttuessa, on tuurna kiiloineen sekä mahdollisesti puristimen osat. Tuurna määräytyy staattoripaketin sisähalkaisijan mukaan. Oikean tuurnan lisäksi on tuurna valittava oikeat kiilat, joilla levyt ohjautuvat samaan orientaatioon. Kiilat määräytyvät levyissä olevien urien mukaan. Puristinosat määräytyvät paketin ulkohalkaisijan mukaan. Kuvassa 3 selviää tuurnan rakenne. Kiilojen merkitys käy ilmi kuvasta 4. Kiiloja on aina kolme, pakettityypistä riippumatta.



Kuva 3. TA2 - sidontakoneen tuurna.



Kuva 4. Lähikuva tuurnassa olevasta kiilasta, joka ohjaa levyjä.

3.1 Konekanta

Suurimmat staattoripaketit ladotaan TA2 koneella. Pakettien runkokoot tällä koneella on pääasiassa 450 ja 400. Näiden pakettien ulkohalkaisijat ovat 679 mm ja 769 mm. Pakettien keskimääräinen pituus on noin 715 mm. Pisimillään paketit ovat kuitenkin jopa 880 mm. TA2:lla töitä tehdään päivätyönä kahden miehen voimin. Päivän aikana valmistuu keskimäärin 6-8 pakettia, riippuen pakettien pituuksista ja työkierrossa olevista odotusajoista. Näitä odotusaikoja tulee paketin sidonnasta, tuurnan vaihdosta ja levy-lavan tilauksesta korkeavarastosta. Uuden täyden lavan vaihtaminen tyhjän tilalle voi kestää viidestä kahteenkymmeneen minuuttiin. Yhden paketin tekoon voidaan vaatia kolme levy-lavan tilausta, mikäli ensimmäinen lava on melko tyhjä ja valmistettava paketti erittäin pitkä.

TA1:llä tehdään paketit runkokooltaan 280, 315 ja 355. Näiden ulkohalkaisijat ovat 459 mm, 519 mm ja 599 mm. Paketit ovat huomattavasti lyhyempiä kuin TA2:lla. Keskimääräinen pituus on noin 522 mm. Paketteja valmistuu työvuoron aikana yhtä latojaa kohden noin 10 kappaletta. Tällä koneella töitä tehdään kahdessa vuorossa. Koneessa on kaksi ladontapistettä, mutta vain yksi sidontalaitteisto. Töissä on siis kaksi latojaa samanaikaisesti. Ladonnassa on samat odotusajat kuin TA2:lla. Lisäksi odotusaikaa saattaa tulla sidontaan pääsystä.

Staattoripakettien runkokoot Jurocalla on pääasiassa 220, 250, 280 ja 315. Näiden ulkohalkaisijat ovat 363 mm, 410 mm, 459 mm ja 519 mm. Pakettien keskimääräinen pituus on noin 327 mm. Työtä tehdään kahdessa vuorossa. Vuoron aikana latojia on yksi. Paketteja valmistuu työvuoron aikana keskimäärin 20 kappaletta. Jurocan kohdalla on meneillään selvitys koneen uudistamisesta tai vaihtamisesta uudempaan.

Hitsauskoneen ladontapiste on muista selvästi poikkeava. Sidonnan tilalla on hitsausautomaatti, joka hitsaa paketit kiinni. Hitsaten valmistetaan pienimmät staattoripaketit sekä osa vinouraisista paketeista. Tämä työpiste ei ole korkeavaraston yhteydessä, joten lavat tuodaan tuurnan läheisyyteen trukilla. Pakettien runkokoot hitsauskoneella ovat yleisesti 200, 220, 250 ja 280. Näiden pakettien ulkohalkaisijat

ovat 322 mm, 363 mm, 410 mm ja 459 mm. Pakettien keskimääräinen pituus on noin 257 mm. Työtä tehdään päivävuorossa. Vuorossa on normaalisti yksi latoja. Paketteja valmistuu vuoron aikana keskimäärin 19 kappaletta.

Taulukossa 1 on koneiden avainluvut esitettyinä. Luvut ovat vain keskiarvoja, joten pakettien valmistusmäärät saattavat vaihdella melko rajusti. Myös valmistettavat pakettikoot vaihtelevat. Sidontakoneissa on valmiudet myös muihin pakettikokoihin tiettyyn rajaan saakka. Esimerkiksi jos TA1:n on huollossa, voidaan sillä tehtäviä paketteja valmistaa TA2:lla.

Taulukko 1. Ladontasolun konekanta avainlukuineen.

Kone	Hitsaus	Juroca	TA1	TA2
Sisähalkaisija, mm	190, 215,235 ja 260	260, 295 ja 330	295, 330, 380 ja 420	380, 420, 465, 480 ja 525
Ulkohalkaisija, mm	322, 363 ja 410	410, 459 ja 519	459, 519 ja 599	679 ja 769
Paketin pituus keski- määrin, mm	257	327	522	715
Paketteja/vuoro, kpl	17 - 21	15 - 23	10 - 15	6 - 8
Työntekijöitä vuorossa	1	1	2	2
Vuoroja	1	2	2	1
Käyttöönotto vuosi	1989	1994	1997	2007

Osa työntekijöistä osaa monen eri koneen käytön ja he vaihtelevat työpistettään sen mukaan missä on suurin tarve. Latojat saattavat myös auttaa sorvarien työtä, mikäli tuotanto tätä vaatii.

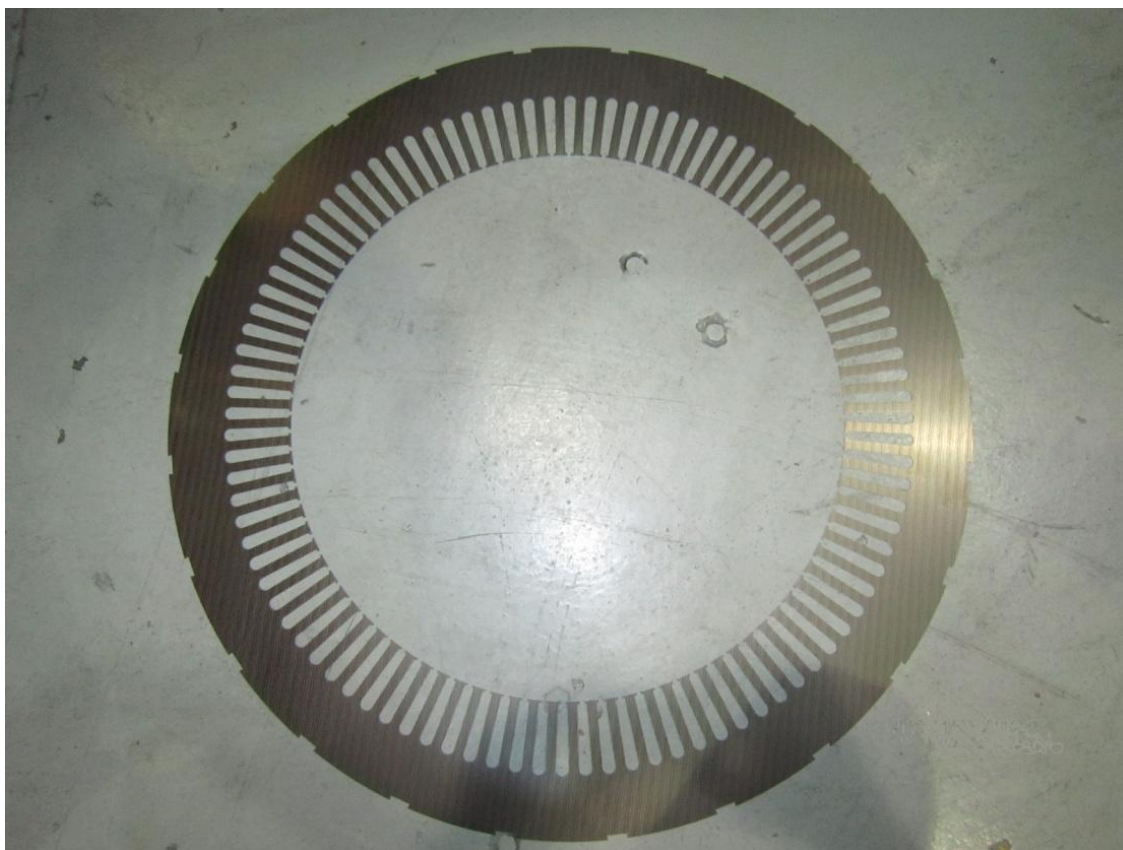
3.2 Rainasta staattoripaketiksi

Staattorin valmistus alkaa oikean levytyypin rainasta, josta urittamon koneet valmistavat uritettuja levyjä. Levyjen tekoon saadaan impulssi yleisesti kääminnän varastosta. Varastopaikkoihin on annettu tilauspiste, ja mikäli taso alittuu yöllisen MRP-ajon seurauksena, levyn valmistuksen työjonoon tulee kyseisen levyn tilaus. Toinen tapa levyjen tekoon on suora tilaus tarpeen mukaan. Varastoon tehtäviä staattorilevyjä, joita TA2:lla ladotaan on 12 erilaista. Muut levytyypit valmistetaan aina asiakkaiden tilausten pohjalta. Eri levytyyppien sekä pakettientyyppien määrät ovat esitettyinä taulukossa 2.

Taulukko 2. Levy- ja pakettityyppien määrät runkokokojen mukaan.

Levykoko	315	355	400	450	200-280
Levymallit	46	61	60	30	63
Pakettimallit	143	213	195	117	137

Kuvassa 5 on esimerkki valmiista staattorilevystä. Levyn vahvuus on 0,5 mm. Levyssä on ohut eristekerros, jolla rajoitetaan moottorin rautahäviöitä. Oikeanlaisten levyjen valmistuttua levyt varastoidaan välivarastoon kuormalavoille. Välivarastona toimii Fastemsin korkeavarastohyllystö. Ladontasoluihin tilataan SAP -tietojärjestelmän työjonossa olevan paketin vaatimaa levytyyppiä. Levyistä tehdään tilauksen mukainen staattoripaketti tuurnalle. Moniin pakettityyppeihin tulee päätylevyt, jotka ovat vahvuudeltaan 5 mm ja näin estävät levyissä olevien ohuiden kielien vääntymisen. Levyistä ladottu oikean mittainen paketti kuitataan sidontaan. Tuurna kääntyy sidontaan, jossa levypinoa puristetaan ensin puristusaineella ja tämän jälkeen kevennetään puristusta sidontapaineeseen. Paineet vaihtelevat paketeittain. Paketin ulkokehällä on lohennykset, joihin sidontanauhat kiilautuvat. Sidonnan jälkeen paketti jatkaa tuotantoketjussa eteenpäin. Seuraavana vaiheena on paketin sorvaus. Paketin valmistusprosessi on havainnollistettu kuvissa 6 ja 7.



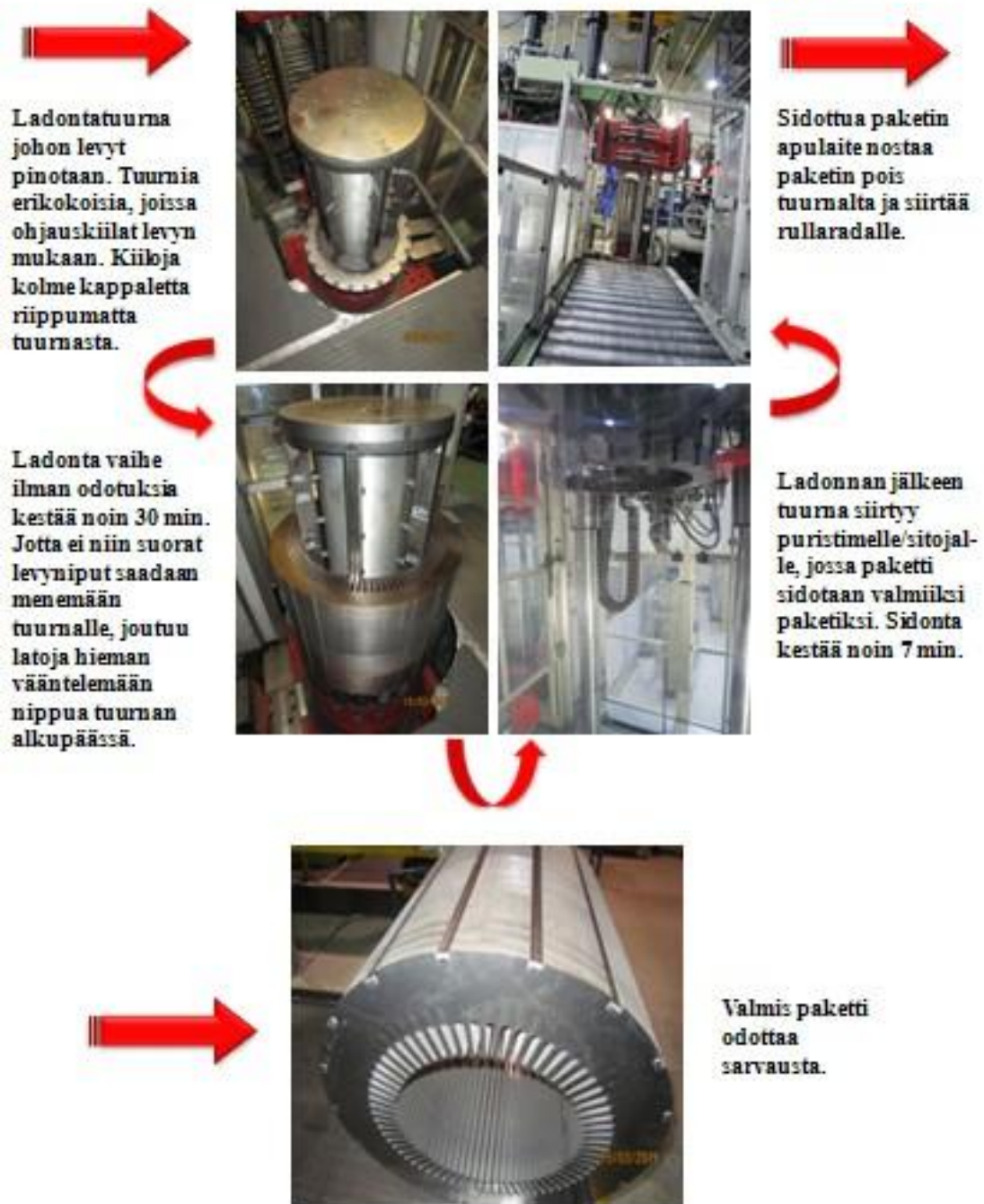
Kuva 5. Staattorilevy.

Työvaiheet urituskoneelta valmiiksi paketiiksi 1/2



Kuva 6. Staattoripaketin työvaiheet levyaihiosta sorvaukseen meneväksi paketiiksi osa 1/2.

Työvaiheet urituskoneelta valmiiksi paketiiksi 2/2



Kuva 7. Staattoripaketin työvaiheet levyaihiosta sorvaukseen meneväksi paketiiksi osa 2/2.

Työ keskittyy TA2:lla tehtävän ladonnan kehittämiseen. Tämä valittiin fyysisesti raskaimman ja hankalimman työn perusteilla. TA2:lla ladottavia levyjä tulee päivässä 8 000 – 10 000 kappaletta. Tulevalla automatisointiratkaisulla on päästävä vähintäänkin tähän tehokkuuteen. Ajatuksena on myös soveltaa hyvä toimintamalli muille ladontapisteille.

Solulla on tarkoitus parantaa työntekijöiden työhyvinvointia sekä ylläpitää tai jopa parantaa työn tasalaatuisuutta. Varmasti toimivalla automatisointisovelluksella on myös pr-arvoa, mikäli solussa on käytetty ABB:n automaatiolaitteistoja.

4 AUTOMATISOINTI

Luvussa käsitellään automatisoinnin historiaa, nykyhetkeä ja lähitulevaisuutta. Luvun tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys mitä automatisointi käsittää ja mitä kaikkea se mahdollistaa nykypäivänä ja tulevaisuudessa. Luku painottuu vahvasti robotteihin, koska ne ovat tutkimuksessa tärkeitä.

4.1 Automaatio

Suomessa automaatio - sana tuli käyttöön jo 1950-luvun alussa. Sanan sisällön määrittelemisen ei kuitenkaan alkuun luonnistunut, joten automaatio-termin käyttö laantui 1950-luvun lopulla ja tilalle tuli hieman rajumpia termejä. Uusia termejä olivat muun muassa: mittaus- ja säätötekniikka, servotekniikka, teollisuusinstrumentointi, tietokoneohjaus, analysaattoritekniikka, logiikkajärjestelmät ja systeemitekniikka. Mikroprosessorin keksiminen mahdollisti automatisoinnin kehittymisen uudelle tasolle. Tämä kehitys alkoi 1970-luvun alussa. Automaatio-termi palasi käyttöön 1980-luvulla, jolloin kouluissa opiskeltiin automatisointiin liittyviä linjoja sekä ammattioppilaitoksissa että teknillisissä oppilaitoksissa.

Automaatiolla tarkoitetaan automaattisten tuotantolaitteiden ja -laitosten suunnittelua ja toteuttamista sekä pitkälle automatisoitujen koneiden ja tuotantolinjojen käyttöä.
/5, 7/

4.2 Automatisointi

Automatisointi tarkoittaa jonkin suoritettavan tehtävän muuntamista automaattiseksi toiminnaksi. Edellytyksenä automatisointiin on kyky mitata, säätää ja toteuttaa ennakkoon, ihmisen asettamien vaatimusten mukaisesti, jokin haluttu toimenpide. Monia jokapäiväisiä askareita on helpotettu automatisoimalla, esimerkiksi pankki-, virvoitusjuoma- ja polttoaineautomaatteja. Automatisointi kattaa nämä edellä

mainitut jokapäiväisen elämän melko yksinkertaiset sovellukset ja myös erittäin haastavat, jopa kokonaiset tuotantolaitokset, joissa tuotanto on täysin automatisoitua.

Teollisuuden jatkuva kilpailun koveneminen aiheuttaa tuotannolle paineita olla jatkuvasti tehokkaampi ja luotettavampi. Automatisointi on yksi nykyaikainen mahdollisuus parantaa kilpailukykyä. Automatisoinnilla saadaan tuotantoa joustavammaksi, eikä se vaadi ihmisen jatkuvaa läsnäoloa. Joustavuuden etuja ovat:

- tuotteiden läpimenoaikojen lyheneminen, jolloin raha, joka on sijoitettu keskeneräiseen tuotantoon, ei veny turhan pitkäksi.
- valmistukseen tarvittavat tiedot on mahdollista siirtää suoraan suunnittelusta valmistukseen. Esimerkiksi suunnittelusta tulevan mallin siirto suoraan työstökoneen ohjelmaksi, joka nostaa koneen käyttöastetta, koska ohjelmointiaika on normaalisti koneen tuottavasta työstä pois.
- miehittämätön ajo, vaikka yöaikaan on mahdollista oikein toteutettuna.

Anturitekniikka kehittyy kovaa vauhtia. Se mahdollistaa järjestelmän oman havainnoinnin ympäristöstä ja näin voi toimia havaintojensa pohjalta itsenäisesti. Automatisointiin on suhtauduttu melko kriittisesti monissa piireissä. Tämä johtuu usein sen tuomasta kuvasta työpaikkojen viejänä. /6/ /11, 9-14/

4.3 Robottiikan synty

Teollisuusrobottien historian katsotaan alkaneen vuonna 1954, jolloin amerikkalainen George C. Devol haki patenttia ohjelmoitavalle manipulaattorille. Teollisuuteen ensimmäinen tämän tyyppinen robotti myytiin vuonna 1959. Tästä vuoden kuluttua Devol kehitti yhdessä Joseph F. Engelbergin kanssa Unimate-robotin. Kyseinen robotti toimitettiin General Motorsin tehtaalle valukoneen avuksi vuonna 1961.

Japani meni nopeasti Amerikan ohi robottien kehittämisessä. Japanilaiset hankkivat aluksi lisenssin Unimaten valmistukseen. Robottien korkeat hinnat hidastivat yleistymistä 1960–70-luvulla, koska työvoimakustannukset olivat vielä huomattavasti alhaisempia verrattuna robottien kustannuksiin. Amerikkalaisten jääminen

käyttämään vanhanaikaisia analogiasovelluksia, muun maailman siirtyessä digitaalisiin robottiohjauksiin, vaikutti Japanin ja Euroopan nopeampaan kehittymiseen. Digitalisoitumisen jälkeen robottiohjauksen seuraava suuri mullistus oli ohjauksen muuttuminen PC-pohjaiseksi. Tämän toi ensimmäisenä markkinoille KUKA.

Alkuun ajateltiin, että suunniteltaisiin yksi teollisuusrobottityyppi, jolla olisi mahdollista suorittaa kaikki halutut tehtävät. Pian kuitenkin todettiin, että eri tehtäviin kannattaa suunnitella erilaisia teollisuusrobotteja. Teollisuusrobottien valmistajia on tullut markkinoille vuosien mittaan useita. Valmistajat haluavat tuoda markkinoille jatkuvasti uusia mahdollisuuksia ja laajentaa robottityyppien määrää. Erilaisia teollisuusrobotteja on useita satoja ja vuoden 2009 loppuun mennessä teollisuusrobotteja arvioitiin olevan käytössä 1 020 700 kappaletta (IFR, 2009). /6, 108-110/ /10, 1-2/

4.4 Robotin määritelmä

Tähän päivään mennessä robotille ei olla kyetty määrittelemään yhtä tiettyä kuvausta. Määritelmässä on pieniä eroja maanosien ja eri lähteiden välillä. Japanissa robotin määritelmä on jonkin verran väljempi. Japanissa automaattisesti avautuvia oviakin ollaan kutsuttu roboteiksi.

Tämän hetkinen robotin määritelmä on kuvattu SFS-EN ISO 10218-1 standardissa seuraavasti: ”Teollisuuden automaatio-sovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva”. Määritelmiä kehitetään ja muunnellaan jatkuvasti. Robotteihin kehitellään jatkuvasti lisää tehoa ja älyä. Yllä mainittu standardi on vain yksittäistä robottia varten. Kehitteillä on kokonaisia robottijärjestelmiä koskeva standardi, mutta sitä ei olla vielä julkaistu. /10, 1-2/

4.5 Ihmisen ja koneen yhteistoiminta

Automatisointia suunniteltaessa on mietittävä työnjakoa ihmisen ja koneen välillä. On päätettävä mitkä tehtävät prosessissa soveltuvat paremmin koneelle ja mitkä ihmiselle. Yksityiskohtaista jakoa tehtävien soveltuvuudesta koneelle ja ihmiselle on vertailtu standardissa SFS-EN 894-1. Standardin ydinajatuksat tiivistetysti ovat:

”Koneelle sopivia tehtäviä ovat sellaiset, jotka vaativat

- rutiininomaista tarkkaan määritettyjen havaintojen tekoa.
- samanlaisena toistuvien vaiheiden suorittamista.
- väsymätöntä työtä nopealla tahdilla.
- suuren voiman tuottoa.

Ihmiselle sopivia tehtäviä ovat sellaiset, jotka vaativat

- vaihtelevan havaintoaineiston käsittelyä.
- monimutkaisten, tarkkaan määrittelemättömien tehtävien suorittamista.
- harkintaa, vaihtoehtojen pohtimista ja ratkaisutapojen valintaa.” /8/

Nämä periaatteet eivät ole ehdottomia totuuksia. Tekniikka kehittyy jatkuvasti ja koneiden äly sekä arviontikyky kasvaa jatkuvasti. Se mahdollistaa koneiden omatoimisen päättelyn havaintojensa perusteella. Myös ihmiselle on nykyään vielä jätetty erilaisten syiden takia yksinkertaisia ja toistuvia työtehtäviä, esimerkiksi pakkaustehtäviä.

Nykyään suurin osa robottisoluista on suljettu ihmiseltä aidoilla tai seinillä turvallisuuden takaamiseksi. Markkinoille on tuotu turvallisuuslaitteita, jotka mahdollistavat ihmisen menemisen robotin lähelle turvallisesti. Tämä mahdollistaa aivan uuden tavan työskennellä robotin kanssa. Näin hyödynnetään robotin ja ihmisen hyvät ominaisuudet, jotka voimistavat toisen osapuolen heikkouksia. Tämän ominaisuuden on tuonut markkinoille ainakin ABB Robotics tuotenimellä SafeMove,

jossa käytetään SICKin laserskanneria ja sen lisäksi valoverhoa valvomassa robotin toimintaympäristöä.

Robottitekniikassa on myös tuotu mahdollisuus ihmisen talutettavaan robottiohjaukseen. Tätä kutsutaan voimaohjatuksi robotiksi. Tämä sovellus vaatii ehdottoman tarkkaa ja toimivaa turvajärjestelmää, jotta sen käyttö on taluttajalle sekä muulle lähiympäristölle turvallista. /6, 18-22/ /8/ /10, 36-45/

4.6 Automatisoinnin standardit

Automatisointiin liittyy paljon eri standardeja. Ala kehittyy hurjaa vauhtia ja tämä johtaa myös standardien nopeaan vanhenemiseen ja sitä kautta uudistamiseen. Standardeja on hyvä olla ja niiden tulee vastata nykyajan menetelmiä. Näin helpottuu turvallisten laitteiden ja solujen valmistus. Kokonaisen automaatiosovelluksen kattavaa standardia ei vielä olla julkaistu, mutta se on työn alla. Nyt näihin sovelluksiin joudutaan soveltamaan konedirektiivien eri osioita, mikä on melko työlästä.

5 TYÖERGONOMIA

Tässä luvussa käsitellään työergonomiaa yleisesti ja mihin kaikkeen se vaikuttaa sekä miten sitä voidaan kehittää. Luvussa kerrotaan myös hieman siitä, kuinka ABB Motorsilla asiaan on puututtu.

5.1 Mitä on ergonomia?

Ergonomia määritellään työterveyslaitoksen verkkosivuilla seuraavasti: ”Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi”.

Ergonomian tarkoituksena on sopeuttaa työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintajärjestelmä vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Hyvä ergonomia parantaa ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia. Ergonomialla voidaan edistää järjestelmän häiriötöntä ja tehokasta toimintaa.

Ergonomia - asioiden parantamiseen käytetään usein käyttäjien kokemukseräisiä tunteuksia. Ergonomiassa on otettava huomioon, että saavutetaan ominaisuudet, jotka vastaavat mahdollisimman laajaa käyttäjäkuntaa, unohtamatta ikääntyviä ja muuten rajoittuneita käyttäjiä. Tällä lisätään myös tasa-arvoa ja kasvatetaan käyttäjäkuntaa entisestään.

Ergonomia voidaan kategoroida muutamaa eri osa-alueeseen. Nämä osa-alueet ovat: fyysinen, kognitiivinen ja organisatorinen ergonomia. Seuraavaksi hieman tarkemmin näistä osa-alueista. /7/

5.1.1 Fyysinen ergonomia

Fyysinen ergonomia tarkoittaa työympäristöön, työpisteisiin, työvälineisiin ja työmenetelmiin keskittymistä suunnittelussa. Suunnittelussa on huomioitava ihmisen anatomiset ja fysiologiset ominaisuudet. Näin voidaan sopeuttaa järjestelmät ja käyttöliittymät näiden ominaisuuksien mukaan. /7/

5.1.2 Kognitiivinen ergonomia

Kognitiivisella ergonomialla käsitetään järjestelmien ja niiden käyttöliittymien sopeuttamista vastaamaan ihmisten tiedonkäsittelyn ominaispiirteitä. Kognitiivista ergonomiaa sovelletaan järjestelmien, niiden käyttöliittymien ja tiedon esittämistapojen suunnittelussa. Näitä seikkoja on syytä ottaa huomioon suunniteltaessa ohjaimia ja näyttöjä. Helppokäyttöisyys tehostaa toimintaa ja lisää työn mielekkyyttä ja näin työssä viihtymistä. /7/

5.1.3 Organisatorinen ergonomia

Organisatorinen ergonomia käsittää teknisen järjestelmän ja sosiaalisen järjestelmän yhteensovittamisen. Organisatorinen ergonomia näkyy muun muassa henkilöstön, työprosessien, työkonekokonaisuuksien ja työaikajärjestelyjen suunnittelussa. Organisatorinen ergonomia heijastuu myös tuotannon, palveluiden ja henkilöstön yhteistyön kehittämiseen. /7/

5.2 Ergonomia Motorsilla

Työhyvinvointiin on panostettu ABB Oy:n toiminnassa jatkuvasti. On tärkeää, että työntekijät voivat työssään hyvin. Se lisää työn mielekkyyttä ja sitä kautta myös tuottavuutta ja tehokkuutta. Ergonomia on osa työhyvinvointia sekä fyysisesti että psyykkisesti.

Motorsilla ladontasolun työntekijöille aiheesta on tehty viimeisin perehdytys vuonna 2007. Perehdytyksessä keskityttiin riskikartoitukseen, käsintehtävien nostojen arviointiin, NIOSH:n nostokaavan avulla analysointiin, nostotyön riskien vähentämiseen ja elpymiseen.

Ladonnassa yleisimpiä vaivoja ovat selän, yläraajojen ja niskan erilaiset oireet. Ladontatyö sisältää monia tekijöitä, jotka tekevät työstä haastavaa. Työ on fyysisesti raskasta ja toistuvaa, sisältää kääntöliikkeitä ja hankalia työasentoja. Riskien vähentämisessä keskityttiin säätölaitteiden sijaintien parantamiseen, lava-alustan

ominaisuuksiin, omiin työtapoihin ja elpymismahdollisuuksiin. Perekötyksen kalvosarja on liitteenä työn lopussa, josta voi katsoa käsiteltyjä asioita tarkemmin. (LIITE 2.)

Ladontatyötä on paranneltu monin apulaittein, joilla nostomatka olisi mahdollisimman lyhyt ja yksinkertainen. Levylavat ovat ladontapisteessä saksipöydällä, jonka korkeutta voi säätää latojalle mieluisaksi. Lava on myös pyöritelävissä, jotta nostettava levypino on mahdollisimman lähellä vietävää tuurnaa tai selvityslaitetta.

Työterveydestä saatujen tietojen mukaan staattorinladonnassa olevien työntekijöiden sairaspöissaolat, joihin työnrasitukset ovat olleet syynä viimeisen 3 vuoden aikana, ovat olleet melko vähäisiä. Poissaolopäiviä on työntekijöiden keskuudessa ollut yhteensä 27 päivää vuosina 2008 - 2010. Syyt näihin sairaspöissaoloihin ovat olleet selän ja olkapäiden kiputiloista johtuvia.

Päivistä voidaan laskea menetetty volyyymi valmistuksesta. Volyymin menetys vaihtelee riippuen minkä koneen latoja on ollut kyseessä. Yhden työntekijän kustannukset yritykselle on noin XX €/tunti eli päivässä XXX €. Tämä kun kerrotaan sairaspöissaoloilla eli 27 päivällä tulee menetetyksi kustannukseksi XXXX €. Näin yksiselitteistä tämä laskenta ei kuitenkaan ole, vaan on laskettava menetetty volyyymi tuotannosta ja miten tämä volyymin pudotus on korvattu, mahdollisesti ylitöillä tai muiden kiristävällä työtahdilla. Levymäärä TA2:lla on päivässä keskimäärin noin 9200 levyä, joten levyjä on jäänyt latomatta 27 päivässä 248 400 kappaletta. Tästä levymäärästä tehdään noin 170 valmista staattoripakettia. Menetetty volyyymi on tämän laskelman mukaan 170 staattoripakettia. Mikäli sama laskenta tehtäisiin jonkin muun ladontakoneen työntekijän mukaan, luvuista tulisi vielä suurempia. Levykoot ovat muilla koneilla pienempiä, mutta levyjä ladotaan määrällisesti enemmän samassa ajassa.

Työntekijöiden puheista käy melko selvästi ilmi työn keventämisen tarve. Monet toivovat, että viimeinkin monien yritysten jälkeen saataisiin toimiva ratkaisu

keventämään raskasta työtä. Latojien mielteet ovat asian suhteen toiveikkaat, mutta myös epäilyt toimivan ja riittävän tehokkaan ratkaisun toteutuksesta ovat suuret.

5.3 Ergonomian standardeja

Ergonomia on määritelty useassa eri yhteydessä muun muassa kansainvälisen työjärjestön (ILO) ja kansainvälisen ergonomiayhdistyksen (IEA) toimesta. Myös ergonomiakäsite on löytänyt paikkansa ergonomian eurooppalaisen perustandardin SFS-EN 614-1 johdanto luvusta. Ergonomiaa sivutaan monessa eri standardissa, kuten edellä mainitussa SFS-EN 614-1 (2006) Koneturvallisuuden standardissa, SFS-EN 614-2 (2001) koneturvallisuus ja SFS-EN ISO 6385 (2004) Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet standardissa. /6/

6 TYÖSSÄ KÄYTETYT SUUNNITTELUPROSESSIT

Luvussa läpikäydään työn eri vaiheissa käytettäviä menetelmiä ja se miksi juuri kyseiset menetelmät on valittu.

6.1 Esitutkimus

Esitutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa toiminnan nykytila. Tähän tiedonkeruuseen käytetään monenlaisia menetelmiä. Tässä työssä on keskitytty tiedonkeruuseen enimmäkseen haastatteluja ja tilannetutkimusta käyttäen. Nämä tutkimusmenetelmät tuntuivat luonnollisilta valinnoilta. Haastateltavia avainhenkilöitä on sopivan pieni määrä. Tutkittavan solun toiminta ja ongelmat olivat tutkijalle entuudestaan hieman tuttuja.

6.1.1 Haastattelumenetelmät

Haastattelemisen on käsitteenä monimuotoinen. Haastattelun päällimmäisenä tarkoituksena on kerätä tietoa kielellisen vuorovaikutuksen avulla. Nykyään haastatteluja voidaan käydä myös erilaisten kommunikatiivälineiden avulla, kuten puhelimitse.

Nykyajan ihmisistä lähes jokainen on ollut tekemisissä haastattelujen kanssa joko haastattelijana, haastateltavana tai tuloksien lukijana/kuulijana. Haastattelun toteuttamismenetelmiä ja -tyyppiä on monia. Tämä mahdollistaa haastattelun monipuolisuuden ja useissa eri tilanteissa käytettäväksi tutkimusmenetelmäksi.

Haastattelutyyppeihin jako haastattelumenetelmien perusteella voidaan määrittellä sen mukaan kuinka ennalta rajattu haastattelu tulee olemaan. Rajaukseen vaikuttaa ennalta suunnitellut kysymykset ja kuinka ne kontrolloivat haastattelun etenemistä. Hirsijärvi ja Hurme (2001) lajittelevat haastattelumenetelmät avoimiin, teema- ja lomakehaastatteluihin.

Avoim haastattelu on tyypeistä vapaamuotoisin. Tämä haastattelutyyppi vaatii haastattelijalta kokemusta ja reagointikykyä haastateltavan vastausten perusteella. Avoin haastattelu on keskustelunomainen tilanne, jonka aihe on jollain muotoa ennalta määritelty. Avoimen haastattelun hyviä puolia on sen mahdollisuus tuoda esiin asioita, joita haastattelijalle ei ennalta ollut tullut mieleen kysyä. Materiaali, jota avoimesta haastattelusta saadaan, on rikasta ja vaihtelevaa eri haastateltavien kesken. Tämä vaikeuttaa ja työllistää tulosten analysointia huomattavasti. Tämä haastattelutyyppi sopii menetelmäksi jos haastateltavia on vähän ja heidän vastauksensa ja tietonsa on ennalta tiedettävästi hyvin erilaisia.

Lomakehaastattelu on menetelmä, jossa haastattelu etenee täysin ennalta määriteltyjen kysymysten mukaan. Erona lomakehaastattelussa kyselyyn verrattuna on haastattelijan suullisesti esittämät kysymykset ja kirjaaminen lomakkeeseen. Kyselyssä vastaaja vastaa kirjallisesti kysymksiin, jotka hän lomakkeesta itse lukee. Lomakehaastattelun vaikeus on lomakkeen teossa ja oikeiden kysymysten muodostamisessa. Helppous on tulosten analysoinnissa. Tulokset ovat samantyyppisiä, joten suurtenkin ryhmien haastattelu ja tulosten analysointi on melko vaivatonta. Tämän haastattelumenetelmän käyttö on suositeltavaa kun tutkimuksen tavoite on selvästi ymmärrettävissä ja tärkeimmät kysymykset ovat tunnistettavissa. Saadut tulokset voidaan analysoida myös tilastoimalla.

Teemahaastattelu on edellämainittujen menetelmien välimuoto. Teemahaastattelussa haastattelu etenee ennalta mietityn rungon mukaan, mutta on mukautumiskykyinen tilanteen mukaan. Haastattelulle on ennalta määritelty jokin teema, jonka puitteissa pysytään. Nämä ennalta määritellyt teemat erottavat teemahaastattelun avoimesta haastattelusta. Teemahaastattelu on hyvin samankaltainen kuin avoin haastattelu, näin ollen muistuttaa huomattavasti enemmän avointa kuin lomakehaastattelua.

Näistä menetelmistä tässä työssä on käytetty avointa haastattelua ja teemahaastattelua. Näiden valintaan vaikutti tutkittavan aiheen aikaisempi tuntemus ja pienen ydinryhmän osallisuus tiedonkeruuseen. /11, 37-51/

6.1.2 Tilannetutkimus

Tilannetutkimuksessa jalkaudutaan työpisteen läheisyyteen jota tutkimus koskee. Tilannetutkimus on kenttätutkimusmenetelmä, jonka tarkoitus on kartuttaa yksityiskohtaista tietoa käyttäjistä ja heidän työskentelytavoistaan ja –ympäristöstään. Kenttätutkimuksen tukena voidaan käyttää haastattelumenetelmiä. Kenttätutkimus soveltuu erinomaisesti esitutkimusvaiheeseen ja olemassa olevan tuotteen paranteluun.

Tilannetutkimus toteutetaan kentällä tiedonkeruumenetelmänä, jossa keskitytään tutkimaan muutaman harkitusti valitun käyttäjän ominaisuuksia ja toimintatapoja. Tuloksena tilannetutkimuksesta tulisi saada selville millaisia todelliset käyttäjät ovat ja miten he todella työskentelevät. Neljä tärkeintä periaatetta, joiden tulisi ohjata tutkijan toimintaa tilannetutkimusmenetelmää käytettäessä ovat:

- ”Konteksti: tietojen kerääminen tapahtuu käyttäjän kontekstissa eli käyttäjän aidossa toimintaympäristössä.
- Tasavertainen suhde: tutkimuksen tekijä ja tutkimukseen osallistuva käyttäjä ovat tasavertaisia.
- Fokus: tutkimus perustuu selvästi määriteltyyn fokukseen eli rajattuun aiheeseen.
- Yhteinen tulkinta: tavoitteena on yhteisen ymmärryksen ja tulkinnan muodostaminen yhdessä käyttäjän kanssa.” /4/

Näitä peruseriaatteita noudattaen tutkimuksen tuloksista tulee mahdollisimman hyvät ja oikeaa tietoa tuottavat. Nämä periaatteet mahdollistavat hyvän ympäristön tutkimukselle. Ympäristössä on avoin tunnelma ja keskitytään oikeisiin asioihin tehokkaasti.

Tutkimuksen tekeminen käyttäjän toimintaympäristössä mahdollistaa monien sellaisten asioiden havaitsemisen, joita ei muussa työympäristössä olisi mahdollista havaita tai tulisi mieleen ottaa huomioon.

Muihin haastattelumenetelmiin verrattuna tilannetutkimuksessa tehtävä haastattelu on tasavertaista. Haastattelu muuttuu keskustelunkaltaiseksi ajatustenvaihdoksi. Tutkimuksen tekijä yrittää oppia käyttäjältä kaiken olennaisen tutkittavasta kohteesta kysellen ja havainnoiden käyttäjän toimia. Käyttäjälle on luotava tunne olevansa tasavertainen, jotta hän käyttäytyisi mahdollisimman normaalisti. Jos tutkijan ja käyttäjän välinen suhde ei ole tasa-arvoinen, voi tulokset helposti vääristyä käyttäjän vastausten oikeellisuuden vääristymisen takia. Tavoitteena on käyttää hyvien tulosten saamiseksi molempien osapuolien asiantuntemusta, näin on mahdollista yhdessä parantaa ja kehittää tutkittavaa kohdetta paremmaksi ja toimivammaksi. /11,79-98/

6.2 Tuotteen spesifiointi

Tuotteen spesifioinnilla tarkoitetaan esiselvitysten perusteella luotavaa tuotekuvausta, joka määrittää kehitettävälle tuotteelle reunaehdot ja liikkumavaran olemassaolon ja kohteen. Tuotespesifikaation tulee kuvata yksiselitteisesti tuotteelle asetetut vaatimukset. Tehokas ja yksinkertainen tapa kuvata tuotteen vaatimukset on tehdä vaatimuslista tuotteelle.

Tässä työssä esitellään VDI 2222 mukainen vaatimuslista. Kyseisessä vaatimuslistassa tavoitteet luokitellaan kolmeen tyyppiin; kiinteisiin - ja vähimmäisvaatimuksiin sekä toivomuksiin. Kiinteät vaatimukset (KV) ovat ehdottomia ja vähimmäisvaatimukset (VV) voidaan ylittää positiivisesti. Tällaisesta vaatimuksesta hyvä esimerkki on paino tai hinta, jotka voivat ylittyä joissain rajoissa. Toiveet eivät ole välttämättömiä, mutta niiden toteuttaminen tuo tuotteelle jonkinlaista lisäarvoa. Vaatimuslistan määrittelyjen on oltava täsmällisiä, määrällisesti ja laadullisesti. Vaatimukset on esitettävä sellaisessa muodossa, että ne joko toteutuvat tai eivät toteudu. Määrittelyksi ei kelpaa vaatimus: tuotteen on oltava

halpa tai tuotteen on oltava kevyt, vaan muodon on oltava seuraavan tyyppistä:
tuotteen paino < 2,5 kg. /9/

6.3 Vertailut

Työhön kuuluu olennaisesti vaihtoehtojen vertailu. Vertailun voi suorittaa monin eri tavoin. Jos vertailtavia kohteita on useita, on syytä aloittaa vertailu melko karkeasti. Ensin poistetaan joukosta vaihtoehdot, jotka eivät täytä vaatimuslistan ehtoja. Tähän karkeaan vertailuun soveltuu hyvin karkean valinnan taulukko, esimerkiksi Pughin matriisi, jossa yksi ideoista otetaan referenssiksi. Muita vaihtoehtoja verrataan tähän referenssiksi valittuun vaihtoehtoon. Referenssiksi valitaan uuden tuotteen kehityksessä varma valinta jatkoon, kun taas vanhan tuotteen kehityksessä valitaan vanha tuote referenssiksi. Vertailukriteereihin on paneuduttava tarkkaan, ettei mikään tärkeä valintaan vaikuttava tekijä jää pois, eikä mikään näistä tekijöistä saa painottua liikaa.

Karkean vertailun jälkeen jatkokehitykseen jatkaa muutama parhaiten selvinnyt vaihtoehto. Seuraavana arviontimenetelmänä voidaan käyttää arvoanalyysitaulukkoa, jossa vertailu perustuu arvoanalyysin peruskaavaan: $\text{arvo} = \text{toiminnot} / \text{kustannukset}$.

Jos arvoanalyysin tuloksissa on tasavertaisuutta havaittavissa, voidaan näiden välillä tarkastelua jatkaa tukitoimintojen näkökulmasta. Tukitoiminnot on asetettava tärkeysjärjestykseen, koska ne eivät ole välttämättömiä vaatimuksia. Näiden tukitoimintojen perusteella tehdään vastaava arvoanalyysitaulukko, joka ratkaisee lopullisen voittajan.

Toinen vertailukeino karkean vertailun jälkeen on painoarvotaulukko. Painoarvotaulukossa eritellään arvostelukriteereitä. Jokaiselle kriteerille annetaan painoarvokerroin. Kriteerit pisteytetään vaihtoehtojen ominaisuuksien mukaan. Näin jokainen vaihtoehto saa loppupisteensä ja painotetut pisteet kertoimien avulla. Taulukkoa voidaan tarkastella usealla tavalla. Joko kokonaispisteitä tai painotettuja

pisteitä tarkastelemalla. Tarkastelu parhaiden tai huonoimpien ominaisuuksien mukaan tietyssä kriteerissä, on myös eräs tapa lukea painoarvotaulukkoa.

Analyysien antamia tuloksia on osattava myös lukea ja arvioida oikein. Analyyseissäkin on olemassa virhemahdollisuus. Varsinkin jos analyysien teko on kehitysryhmälle vierasta, voi vertailusta jäädä jokin tärkeä kriteeri huomioimatta, mikä vääristää lopullista tulosta.

Työhön valittiin vertailukeinoksi painoarvotaulukko. Arvoanalyysi on tarkoitettu enemmän tuotekehitykseen kuin kokonaisen solun suunnitteluun. Arvoanalyysissä on myös tiedettävä kustannuksien määrät huomattavasti tarkemmin. Tarjouksissa on melko karkeasti arvioitu kustannuksia, joten vertailussa olisi joutunut arvioimaan monia tekijöitä. Karkea arvio tuntui tarpeettomalta, koska vaihtoehtoja oli vain muutama, eikä näiden vaihtoehtojen vertailu suoraan painoarvotaulukolla olisi liian työlästä. /9/

6.4 Suunnittelu

Suunnittelu jätetään automatisointisovelluksiin keskittyneille yrityksille. Niiltä toivotaan kokonaisvastuuta projektin toteuttamisesta ja solun suunnittelusta käyttöönottoon saakka. Myös testiajot sekä huoltotoimet ovat toivottuja. Suunnittelussa toimittajille annetaan kuvaus ratkaistavasta ongelmasta ja joitain rajaehjoja joiden mukaan toimitaan.

7 TYÖN TOTEUTUS

Luvussa kerrotaan kuinka työ eteni vaihe vaiheelta. Työssä käytettiin tiettyjä menetelmiä, joista on kerrottu teoriaosuuksissa.

7.1 Esitutkimus

Ensimmäinen vaihe työssä oli kartoittaa työn tärkeimmät kriteerit ja mihin työllä pyritään. Esitutkimus toteutettiin haastatteluin ja tilannetutkimuksin. Haastateltaviksi valittiin kehitysinsinööreistä kaksi työn tilaajan puolesta. Heillä oli tutkittavasta ongelmasta aikaisempaa kokemusta. Myös ladontasolun työnjohtajia haastateltiin. Ergonomia asioissa otettiin yhteys työterveyteen. Työterveydestä saatiin tieto sairaslomapäivien määrästä, joihin ladontatyö oli suoranaisesti vaikuttanut. Tämä tieto oli viimeisen kolmen vuoden ajalta.

Tilannetutkimuksessa ladontasolun toimintaan perehdyttiin katselemalla ja kyselemällä työntekijöiden mielipiteitä ja tuntemuksia. Moni asia selkiintyi tässä tutkimusmuodossa. Solussa on vain yhdeksän työntekijää, ja jokaisella hieman erilainen käsitys työstä. Ryhmän ollessa näin pieni tutkimusta suoritettiin kulloinkin vuorossa olevan työntekijän kanssa. Normaalisti tilannetutkimukseen valitaan etukäteen tietyt henkilöt joita seurataan ja haastatellaan.

Esitutkimuksen tuloksena työlle saatiin pohja johon nojautua. Tiedot täydentyivät työn edetessä pidemmälle. Huomioitavia asioita tuli jatkuvasti lisää.

7.2 Alustava tarjouspyyntö

Esitutkimusten pohjalta laadittiin alustava tarjouspyyntö kotimaisille automatisointisovellusten toimittajille. Näitä toimittajia löytyi 15, joista valittiin työryhmän kesken 9 varteenotettavinta, joille lähetettiin sähköisesti alustava tarjouspyyntö. Tämän tarjouspyynnön tehtävä oli selvittää toimittajien kiinnostusta ja kykyä toimittaa kyseistä kokonaisuutta. Tarjouspyynnössä oli esitutkimuksen pohjalta selvitetty reunaehdot solun kapasiteetista, tuotannon nykytilasta ja toiveista solun

automatisointiin liittyen. Tarjouspyyntöön ei asetettu liian tarkkoja määräytyksiä, joilla toimittajien ideointia rajoitettaisiin. Tarjouspyyntö toimii työssä spesifiointina, jonka mukainen solun tulisi olla. Alustava tarjouspyyntö on liitteenä työn lopussa. (LIITE 3.)

7.3 Yhteydenotot

Alustavan tarjouspyynnön perusteella yhteydenottoja tuli 3. Heidän toiveenaan oli päästä tutustumaan solun nykytilaan tarkemmin. Tämä toive oli odotettavissa ja jopa toivottuakin. Sopivan aikataulun löydyttyä tapaamiset sovittiin sekä toteutettiin. Tapaamisissa toimittaja kierrätettiin ladontasolussa ja pidettiin palaveri tämän pohjalta. Jokainen paikan päällä käynyt toimittaja halusi jatkaa kehittelyä. Toimittajille annettiin neljä viikkoa aikaa tehdä alustava tarjous ja idea solun toteutustavasta.

Muita yhteyttä ottavia osapuolia ilmaantui työn myöhemmässä vaiheessa. Näistä yhden kanssa sovittiin tapaaminen, jotta myös heidän näkemyksensä kuultaisiin.

7.4 Oma kehittäminen

Alussa vaikeuksia tuotti liika innokkuus keksiä tapa ratkaista koko ongelma. Monia ratkaisumalleja työn alkuvaiheessa tulikin mieleen. Toimittajat jotka kävivät nykytilaa katsomassa, esittivät ensin omat mielikuvansa, joiden jälkeen toimme omia näkemyksiämme varovasti esille, pois sulkematta kuitenkaan toimittajien omia visioita.

Omat ideoinnit olivat melko samankaltasia kuin toimittajien ajatukset. Alkuvaiheessa pöydällä oli kolme erilaista toimintamallia, joilla ongelma voitaisiin ratkaista. Näitä pohdittiin työryhmän kesken. Pohdinoissa yksi toimintamalli tuntui muita paremmalta.

Toimintamalleista ensimmäinen on samankaltainen jota on kehitelty aikaisemmin. Tässä ajatuksessa levyjä poimitaan robotin tarttujalla suoraan lavalta. Ongelmaksi

tulee levynippujen tartunta. Jotenkin on varmistuttava, että nippussa on tietty määrä levyjä. Levymäärän on myös oltava sama joka suunnalta. Poiminnan jälkeen levynippu saatettaisiin suoraan tuurnalle. Tässä sovelluksessa ei myöskään voida hyödyntää odotusaikoja, joita työkierrossa esiintyy.

Toinen toimintamalli toteutettaisiin voima ohjatulla robotilla. Tämä sovellus olisi puoliautomaattinen. Latoja taluttaisi robottia, auttaakseen robottia levynipun tartunnassa sekä saatossa tuurnalle.

Kolmas toimintamalli, joka tuntui heti alkuun parhaalta, oli kahdella tai kolmella robotilla toteutettu sovellus. Ensimmäinen robotti nostelisi levyjä yksitellen lavalta. Robotti veisi levyjä kuljettimelle, johon levyt pinottaisi samaan orientaatioon sopiviksi pinoiksi. Pinot liikkuisivat kuljettimella eteenpäin. Kuljettimen toisessa päässä olisi toinen robotti, joka nostaisi valmiit pinot kuljettimelta tuurnalle.

Ajatusmalleja käytiin työryhmän kanssa läpi. Ideointi jäi hieman vähemmälle, kun toimittajat alkoivat vastailla lähetettyyn tarjouspyyntöön. Näitä ajatuksia käytiin läpi myös toimittajatapaamisissa. Kahden toimittajan kuvaus solun toiminnasta, oli hyvin samankaltainen, oman kehittelyn kolmanteen malliin verrattuna.

7.5 Kehityskohteet tuotannossa

Jotta solun automatisointi olisi mahdollista, on myös tuotannon alkupäässä tapahduttava joitain parannuksia. Levypinojen suoruudet on saatava riittävällä varmuudella tasalaatuisiksi. Ladontasolussa työtä on vaikeuttanut levyjen pinnoille valunut öljy. Öljy on peräisin urituskoneiden hydraulisyntereistä. Ongelma on vähentynyt, mutta aina tilanne voisi olla parempi.

Jäysteiset levyt tuottavat myös lisähaasteita ladonassa ja sen automatisoinnissa. Jäyste tekee levypinoista vinoja, mikä vaikeuttaa levyjen automatisoitua käsittelyä. Jäyste on myös osasyy miksi levyjen ladonassa käännetään ladontasuuntaa 120° välein. Kääntö tehdään kolmessa osassa. Paketin pituus jaetaan kolmeen osaan ja jokainen kolmannes ladotaan eri käännöllä. Ilman kääntöä paketista tulisi jäysteen takia vino.

Vinoutteen vaikuttaa myös levyn paksuuserot. Levyrainana on reunoista ohuempaa kuin keskeltä. Käännöllä kompensoidaan paksuuseroja. Mikään ei estä rakentamasta pakettia siten, että kääntö tehtäisiin joka levyn välissä. Levyjen uramäärät ovat aina kolmella jaolliset, joten kääntö olisi helposti toteutettavissa.

Levyjen orientointi riittävällä tarkkuudella tuottaa pulmia automaattisessa levyjen käsittelyssä. Urittamossa orientointi on tarkasti selvillä. Voitaisiinko tämä orientointi tieto säilyttää ladontapisteeseen saakka. Tällä hetkellä levyt putoavat lavalle toisinaan hyvin, toisinaan hieman huonommin orinetoituina. Mikäli lavoihin tehtäisiin ohjaintangot, joita voisi vaihtaa levymallin mukaan. Näin orientointi säilytettäisiin ladontaan saakka riittävällä tarkkuudella. Mikäli lavalle tehtäisiin pinoja hieman limittäin, voisi limitettyjen nippujen käsittely olla mahdollista automaattisessa sovelluksessa. Nykyisistä lavapinoista on erittäin haastavaa saada suoraan tietyn suuruisia nippuja käsiteltäväksi.

Esitutkimuksissa kävi ilmi myös mahdollisuus sijoittaa urituskoneen loppupäähän hitsauspiste, joka poistaisi ladontavaiheen tuotannosta kokonaan. Nykyisen lavalle pudotuksen tilalle tulisikin pudotus suoraan tuurnalle. Tässä sovelluksessa olisi kaksi tuurnaa joista toista täytetään, toisen ollessa hitsausasemassa. Tässäkin ratkaisussa on omat ongelmansa. Hitsauksesta ollaan valmistuksessa montaa mieltä, mutta sitä kuitenkin käytetään myös Vaasan Motorsilla pienten pakettien tekoon, joten hitsaus ei voi olla täysin poissuljettu kiinnitystapa.

Uusia tapoja kiinnitykseen on myös teollisuusliimat, jotka ovat kehittyneet. Mikäli hitsauksesta halutaan päästä eroon, tämä saattaisi olla yksi vaihtoehto. Tämän vaihtoehdon etuja ovat muun muassa levyjen varastoinnin poistuminen ja levyjen kääntö suoraan servo-ohjauksen avulla. Mikäli sidonta korvattaisiin hitsauksella, voitaisiin lohenvyrstöura muuttaa puoliympyräksi. Meisteissä pyöreät muodot ovat huomattavasti kestävämpiä kuin terävät kulmat. Urituskoneeseen tehtävät muutokset olisivat melko suuret ohjelmallisesti sekä fyysisesti, mutta muutokset maksaisi itsensä

takaisin kohtalaisella maksuajalla. Muutos poistaisi ladontatyön kokonaan koneen tuottamilta levyiltä, myös varastointi kustannukset pienenisivät.

Ladonnassa käytettävä selvityslaitte tuottaa ladontaan lisärasitusta levyjen käännön vuoksi. Lavalta nostettavat levyt käännetään pystyyn selvityslaitteelle. Ja tästä tuurnalle jälleen kääntäen takaisin lappeelleen. Mikäli selvityslaitteen saisi käännetyksi hieman kallelleen, olisi levyjen asettaminen tähän huomattavasti miellyttävämpää. Painovoima on osa laitteen toimintaa, joten sen toiminta on kyseenalaista muussa asennossa. Laitteen toimintaa muussa asennossa olisi kuitenkin syytä tutkia. Vaatisiko laitteen kääntö miellyttävämpään asentoon suuria rakenteellisia muutoksia.

Tuotannon virtauksessa on saavutettava sellainen tila, ettei keskeneräistä tuotantoa juurikaan ole. Uritetut levyt olisi syytä saada mahdollisimman nopeasti valmiiksi paketeiksi, ja tätä kautta mailmalle. Mikäli ladontatyötä automatisoidaan, on tuotantomäärän pysyttävä melko vakiona, ettei kallis automatisointi järjestelmä joudu tyhjäkäynnille.

Fastemsin toimittaman korkeavaraston optimointi on myös syytä selvittää. Odotusajat lavojen tilaukseen ovat aivan liian pitkät. Tällä hetkellä uuden lavan tuleminen latausasemalla saattaa pahimmillaan kestää 20 minuuttia. Tämä aika on suoraan pois ladonta-ajasta. Optimoinnilla tehtäisiin prioriteettieroja tilauksiin, jotta tilausjonoista tärkeimpiä palveltaisiin ensimmäisenä. Nykyjärjestelmässä tilaukset käsitellään tilausjärjestyksen mukaan. Hissin toiminta pitäisi priorisoida, esimerkiksi kolmeen eri tasoon, joiden mukaan tilausjono muodostuisi. Jos tällä optimoinnilla ei saavuteta riittävää nopeutta on mahdollista tehdä hissiin toinen lavapaikka tyhjälle lavalle. Tällä poistettaisiin pelkän tyhjän lavan kanssa liikkuminen. Tuotaessa uutta lavaa ladontapisteeseen, voi hissi ensin poistaa tyhjän lavan uuteen haarukkaan, jonka jälkeen uuden lavan asetus onnistuisi vanhasta haarukasta. Uuden haarukan asennus ei vaatisi suuria rakenteellisia muutoksia. Haarukalle ei ole niin suuria

lujuusvaatimuksia, eikä se vaadi myöskään kurottumisominaisuutta taaempaan lavapaikkaan.

Sidontalaitteen käyttöaste on todella pieni nykyisellä toiminalla. Mikäli sidontakoneessa olisi kaksi tuurnaa, joista toista täytettäisi toisen ollessa sidonnassa, niin se nostaisi käyttöastetta. Mikäli käyttöastetta näin nostettaisiin on oltava varma, että tuotannossa on tarvetta suuremmalle kapasiteetille. Myös tuurnan nopeampi täyttö mahdollistaisi käyttöasteen nousun.

8 VERTAILU

Vertailun lähtökohtana on mahdollisimman samantasoiset ehdotukset. Jos ehdotukset ovat toisistaan suuresti eri tasoisia tiedoiltaan, on näitä mahdotonta vertailla tasapuolisesti. Puuttuvia ominaisuuksia täytyy joko arvailla tai selvittää lisää. Mikä tekee vertailusta työlästä.

Tarjousten saavuttua näihin perehdyttiin aluksi kehitysryhmän kesken. Saadut ideat olivat melko samankaltaisia. Jokaisessa on periaate samankaltainen, mutta toteutustavassa on hienoisia eroja.

Luvussa esitellään kaikki saadut ehdotukset. Tämän jälkeen on kerrottu vertailun etenemisestä sekä tuloksesta.

8.1 Ehdotus 1

Ensimmäinen ehdotus on AJ-Automationin toimittama. Järjestelmässä on kolme robottia, joista kaksi selvittää levyjä yksitellen ja kolmas siirtelee selviteltyjä nippuja tuurnalle. Ensimmäinen roboteista nostaa levyn lavalta tarkastusasemaan. Toinen siirtää levyt tarkastusasemasta paletille, johon kerätään levyt samaan orientaatioon. Levyt varastoidaan bufferiin, josta paletit kutsutaan tuurnan läheisyyteen tarvittaessa. Kolmas robotti siirtää paletilta levyniput saattaen turnalle.

Sovelluksessa on hyödynnetty konenäköä levylavan paikantamisessa sekä levyn orientoinnissa. Levyjen yksittäisessä erottelussa on hyödynnetty samaa periaatetta kuin urituskoneissa. Levyjä irroitellaan toisistaan erottelumagneeteilla. Ilman väliinpuhallus on myös mahdollista, sillä varauksella ettei levyt muuten irtoa toisistaan. Paleteissa on käytössä saattomuisti, jotta jokainen paletti sisältöineen on tiedossa. Ohjaukseen ja tiedon käsittelyyn käytetään erillistä MES-ohjelmistoa. Ohjelmistolla voidaan käsitellä eri tuotevariaatiot, bufferointi, palettien reititykset sekä robottien ohjelmat.

Sovellus ylittää tavoitenopeuden yli kaksinkerteisesti. Levyä kohden haluttu käsittelyaika on laskennallisesti keskimäärin 3,2 sekuntia. Tällä sovelluksella päästään noin 7 sekunnin käsittelyaikaan. Tämä tarkoittaa selvitysaseman toimintaa kahdessa vuorossa. Aikaan on laskettu myös asetus- ja odotusajat. Työn lopussa on Aj- Automationin toimittama ehdotus liitteenä. (LIITE 4.)

8.2 Ehdotus 2

Tämä ehdotus on Fastemsin toimittama. Järjestelmässä on kaksi teollisuusrobotia, neljä konenäkökameraa, säädettävä tarttuja ja muut tarvittavat tarvikkeet. Myös suoja-aitaus oltiin mainittu tarjouksessa. Tässä sovelluksessa molemmat robotit tekevät samaa työtä vuorotahdilla. Kiertoon kuuluu robotin varressa olevalla kameralla karkea kuvaus lavalla olevasta levypinosta, yksittäisen levyn tartunta, vienti kiinteälle kameralle, joka kuvaa orientaation sekä mittaa levyn keskiön. Viimeisenä vaiheena on levyn pudotus tuurnalle ilman saattoa. Oletuksena on levyn putoaminen alas painovoiman avulla.

Tässä sovelluksessa ei olla hyödynnetty odotusaikoja, joita työkierrossa tällä hetkellä tulee sidonta-ajasta sekä uuden levytävän odotuksesta. Sovellus pääsee lähes toivottuun tahtiaikaan. Levyä kohden Fastems lupaa ajaksi 3,6 sekuntia. Aika on melko hyvä, mutta odotusaikoja on saatava pienemmiksi, jotta sovelluksesta saataisiin kaikki hyöty irti. Robotit asennetaan sidontakoneen läheisyyteen, joten manuaalisen ladonnan tila jää kovin vähäiseksi. Fastemsin tarjous on työn lopussa liitteenä. (LIITE 5)

8.3 Ehdotus 3

Kolmas ehdotus on ABB Roboticsin toimittama. Järjestelmässä on kolme robotia, joista kaksi selvittää levyjä. Kolmas robotti lataa tehdyt pinot tuurnalle. Selvittelijärobotit tekevät molemmat samaa tehtävää. Levyt ladotaan suunniteltuihin kantoalustoihin. Kantoalustoissa on ohjaustapit, joilla saavutetaan pinojen suoruus. Toinen tapeista on kiinteä ja toinen säädettävä levyn mukaan sopivaksi.

Kantoalustojen rakenne riippuu välivarastoinnista. Mikäli käytetään nykyistä korkeavarastoa, tulee alustoista monimutkaisemmat. Alustoihin tehdään pinoamistuet, jotta alustoja voidaan asettaa päällekkäin. Toinen vaihtoehto on hankkia oma varastointiautomaatti, johon alustat varastoidaan. Tämän edut olisivat yksinkertaisempi alustan rakenne, vasteajan lyheneminen ja miehittämätön ajo olisi helpommin toteutettavissa. Pinotut staattorilevyt tuodaan välivarastosta tuurnan läheisyyteen, jossa on robotti latomassa pinoja tuurnalle.

Ehdotuksessa ei ole ilmoitettu arviota kapasiteetista. Lisäselvitysten pohjalta selvitettiin kapasiteetiksi vaadittu määrä, mikäli selvittelyasema toimii vähintään tunnin miehittämättömänä työpäivän päätteeksi. Toimittajan ehdotuksessa on vielä monta esiselvitystä vaativaa kohtaa, jotta todellinen toimiva kokonaisuus löytyisi.

Ajatusmalli on kuitenkin toimivan oloinen ja jatkokehitystä tullaan varmasti tekemään opinnäytetyön ulkopuolella. Suurimmat lisäselvityksen kohteet tässä ovat tuurnalle saaton toteutus, kantoalustan vaatimukset, välivarastoinnin toteutustapa, konenäön toiminta sekä kapasiteetin selvitys simuloiden ja testien. Selvitystä vaatii myös mahdollisuus kantoalustojen suora täyttö urituskoneella. Mikäli mahdollista voitaisiin alustat täyttää urituskoneen viimeisessä vaiheessa lavalle pudotuksen sijaan. Urituskoneen yhteyteen tulisi varmasti robotti tai manipulaattori asettamaan tyhjiä alustoja lavalle. Myös tämä ehdotus löytyy liitteenä työn lopusta. (LIITE 6.)

8.4 Vertailun tulokset

Vertailu aloitettiin mukana olleiden kehitysinsinöörien kanssa. Ehdotusmalleja arvioitiin ja pohdittiin niiden hyviä ja huonoja puolia, sekä käytännössä ehdotusten toimivuutta. Levyä kohden arvioitu käsittelyaika ei täysin vertailuryhmää miellyttänyt. Myös robottien määrä arvelutti. Työn edetessä ryhmälle oli piirtynyt ratkaisusta kuva, jossa yksittäisen levyn käsittely olisi lähes välttämätöntä toimivassa ratkaisussa. Luotettavuustekijät puolsivat tätä ajatusta. Ehdotuksista jokaisessa tätä tapaa oltiinkin käytetty levyjen käsittelyssä. Fastemsin ehdotus erosi muista välivarastottomuudellaan, eli tässä levyt pudoteltaisiin suoraan tuurnalle. Muissa

ehdotuksissa tehdään levynippuja, joita varastoitaisiin välivarastoon. Tämä välivarasto totutettaisiin joko vanhalla korkeavarastolla tai uudella varastointijärjestelmällä. Fastemsin sovellus on tyhjäkäynnillä aina paketin ollessa sidonnassa, tai kun levylava on tyhjänä, kun taas muissa ehdotuksissa tuurna ja selvitysvaiheet on eriytetty toisistaan. Tämä antaa järjestelmälle enemmän aikaa yksittäiseen levyn käsittelyyn. Myös miehittämätön ajo on eriytetyissä järjestelmissä helpommin toteutettavissa. Ladontasoluissa on rajallinen tila ladonta työhön. Fastemsin ehdotuksessa tuurnan läheisyyteen asennettaisiin kaksi robottia, jotka veisivät tilaa solussa liikkumiselta. Yksi kriteeri solussa on, manuaalisen ladonnan säilyttäminen.

Painoarvotaulukko antoi Aj-Automationille niukasti parhaat pisteet ennen ABB Roboticsia. Ehdotukset olivat hyvin samankaltaiset, joten tasavertaisuus ei tullut yllätyksenä. Fastems jäi selvästi heikoimmaksi vertailussa. Tähän suurimpana vaikuttajana on varmasti miehittämättömän ajon vaikeus. Tahtiajaltaan levyä kohden Fastemsin ehdotus oli kuitenkin paras. Kaikissa ratkaisuissa tahtiajat olivat vain teoreettisia arvioita, joten tähän ei voi ennen testejä nojautua. Ajat saattavat muuttua radikaalistikin todellisuudessa sekä parempaan, että huonompaan suuntaan. Fastemsin ehdotuksessa on käytetty Fanukin robotteja. Robottivalmistajan ollessa yksi kriteeri painoarvotaulukoossa, tuotti Fanukin robotit huonommat pisteet verrattuna ABB:n robotteihin. Tämä on varmasti osa syy Fastemsin heikompaan pisteytykseen. Painoarvotaulukko on työn lopussa liitteenä. (LIITE 7)

Mikään ehdotuksista ei nouse selvästi yli muiden. Osasyynä tähän on ehdotusten keskeneräisyys sekä samankaltaisuus. Jokaisen toimittajan kanssa idean jatkojalostus on tarpeellista ennen varsinaisen sovelluksen toteuttamista.

9 YHTEENVETO

Työ aloitettiin ladontasolun toimintaan tutustumisella. Solusta selvitettiin läpimenevä kapasiteetti ja tuotevariaatioiden määrät. Esiselvitysvaiheen pohjalta tehtiin tarjouspyyntö automatisointiin erikoistuneille yrityksille. Yrityksistä kolme kiinnostui ongelman ratkaisusta. Näiden toimittajien kanssa tavattiin ladontasoluun tutustumisen merkeissä. Näiden tapaamisten pohjalta toimittajat saivat muutaman viikon aikaa pohtia ratkaisua. Kaikki kolme toimittajaa lähettivät oman ehdotuksensa sovelluksen toimintamallista. Näitä ehdotuksia vertailtiin työryhmän kesken painoarvotaulokon avustuksella.

Ehdotukset olivat osittain puutteellisia, joka ei luonut täyttä uskoa toimivan ratkaisun löytymisestä. Kaikissa ehdotuksissa on omat hyvät ja huonot puolensa. Levyn yksittäinkäsittelyntarve toimivassa ratkaisussa on vahvistunut työn edetessä entisestään. Lavalla olevat pinot ovat jäysteen ja levyn vahvuuserojen takia epäsymmetrisiä, joten siitä ei voida varmuudella ottaa tietyn levymäärän nippua suoraan. Toimivan ratkaisun löytyttyä olisi tarkoitus monistaa toimintaa myös pienempiin levykokoihin. Ehdotuksiin, joissa selvittely on eriytetty, voidaan helposti jatkaa selvitystä pienempiin levykokoihin, mikäli isompia levyjä ei ole tehtynä varastoon selviteltäviksi.

Luotettavuus on yksi iso osa automatisoitua solua. Mikäli solussa on toistuvia häiriöitä ei haluttuun kapasiteettiin mitenkään voida yltää. Ratkaisumalleista jokainen on teoriassa erittäin luotettava. Aj-Automationin ehdotuksessa luotettavuuteen oltiin kuitenkin kiinnitetty eniten huomiota, varmasti johtuen aiemmasta kokemuksesta ohutlevyjen käsittelystä.

Kehityskohteet ja vaihtoehdot ladontasolun automatisoinnin tilalle on myös tarkasteltava ennen lopullista päätöstä. ABB Motorsin on nyt päätettävä mihin suuntaan haluavat tuotantoaan kehittää. Automatisointi varmasti onnistuu näistä jokaisella ehdotuksella. Toinen asia on kuinka kannattavaa se tulisi olemaan. Halutaanko ajatella ergonomiaa tärkeimpänä kriteerinä solun toteutuksessa.

Takaisinmaksuaika soluilla varmasti nousee yli kahteen vuoteen, jota voidaan pitää jonkinlaisena takarajana. Suuri kysymys on myös tuotantomäärä. Halutaanko kapasiteettia nostaa vai onko tuotantomäärät jopa laskussa. Automatisoitu solu on mitoitettava oikein, jotta käyttöaste uusille kalliille laitteille saadaan riittävän hyvälle tasolle.

Työn aikana paras eteen tullut vaihtoehto mielestäni on ladonnan poistaminen kokonaan. Suoraan urituskoneen perään tuleva paketin latauspiste kuulostaa toimivalta ratkaisulta. Tämä vaatisi suuria muutoksia urittamossa, mutta varmasti maksaisi itsensä takaisin nopeammin kuin uuden solun teko korvaamaan ladontasolua, ja vieläpä niin, ettei vanhan manuaalisen ladontasolun toiminta poistuisi kokonaan käytöstä. Tämä kuitenkin poistaisi joustavuutta tuotannolta. Ymmärtääkseni levyjä ei aloiteta valmistamaan juurikaan ennen asiakkaalta tullutta tilausta. Joten kun levyn leikkuu aloitetaan, on paketille ostaja valmiina. Läpimenoaika valmiille staattorille lyhenisi tällä toimintamallilla. Välivarastoiden määrää voitaisiin pienentää, kun ei levy-lavoja tarvitsi enää varastoida. Lähes sata prosenttia isoimmista Vaasassa valmistettavista staattorilevyistä valmistetaan yhdellä urituskoneella, joten vain tähän koneeseen tehtävät muutokset parantaisivat tilannetta ergonomian kannalta huomattavasti.

Täysin en työssä päässyt toivomaani lopputulokseen. Ehkä asetin tavoitteet itselleni liian korkeiksi täydellisen ratkaisun löytämisestä. Olen kuitenkin tulokseen tyytyväinen. Moni asia on nyt ladontasolun tiimoilta samojen kansien sisällä koottuna. Uskon työn tuloksista olevan apua ehdotusten jatkojalostamiseen sekä lopullisen päätöksen tekemiseen.

Oppimisarvoltaan työ on todella suuri. Kehityin itsenäisen työn tekemisessä suuresti työn aikana. Alussa aikataulun teko tuotti ongelmia, mutta sen tekeminen ja siinä pysyminen auttoi työn etenemistä. Pysyin mielestäni hyvin laatimassani aikataulussa ja saavutin työn tilaajan toiveet.

LÄHDELUETTELO

- /1/ ABB Oy, 2011. ORGANISAATIO. [siteerattu 6.4.2011]. Saatavilla Internetistä:
URL<<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00091/78c8cea27258e3d1c2256b90004275d0.aspx>>.
- /2/ ABB Oy, 2011. PROFILIMME. [siteerattu 6.4.2011]. Saatavilla Internetistä:
URL<<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00091/1df7e46b9d32de33c2256b9000426ea2.aspx>>.
- /3/ Anttila, Juhani & Santala, Jukka-Pekka (1990) Peruskurssi AUTOMAATIOTEKNIikka. Porvoo. WSOY
- /4/ Beyer, Hugh & Holtzblatt, Karen. (1998) Contextua Design: Defining customer-centered systems. San Francisco. Morgan Kaufmann publishers.
- /5/ Fonselius, Jaakko & Pekkola, Kari & Selasmaa, Seppo & Ström, Markku & Välimaa, Taisto (1996). Koneautomaatio AUTOMAATTI LAITTEET. Helsinki. OY EDITA AB
- /6/ Heininkoski, Risto & Asp, Risto & Hyppönen, Heikki (2008) AUTOMAATIO-HELPPOA ELÄMÄÄ? Vammala. Vammalan kirjapaino Oy
- /7/ Jääskeläinen, Kirsi (2011). Mitä on ergonomia? Helsinki. Työterveyslaitos. [siteerattu 24.3.2011]. Saatavilla Internetistä:
URL< http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/Sivut/default.aspx>.
- /8/ Launis, Martti & Lehtelä Jouni (2006). Ergonomiaopas koneiden ja työvälineiden hankintaan, käyttöön ja tarkastamiseen. 2. painos. Vammala. Vammalan Kirjapaino.
- /9/ Makkonen, Matti (2011) Tuotekehitys 2011. Tuotekehityskurssin oppimateriaali tuotevertailu osiot. Vaasa. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /10/ Malm, Timo & Viitaniemi, Juhani & Martsio, Ilari & Toivonen, Sirra & Koskinen, Jukka & Venho Outi & Salmi, Timo (2008) Vuorovaikutteisen robotikan turvallisuus. Helsinki. Hakapaino Oy
- /11/ Ovaska, Saila & Aula, Anne & Marjaranta, Päivi (2005). Käytettävyyystutkimuksen menetelmät. Tampere. Tietojenkäsittelytieteiden laitos Tampereen yliopisto.

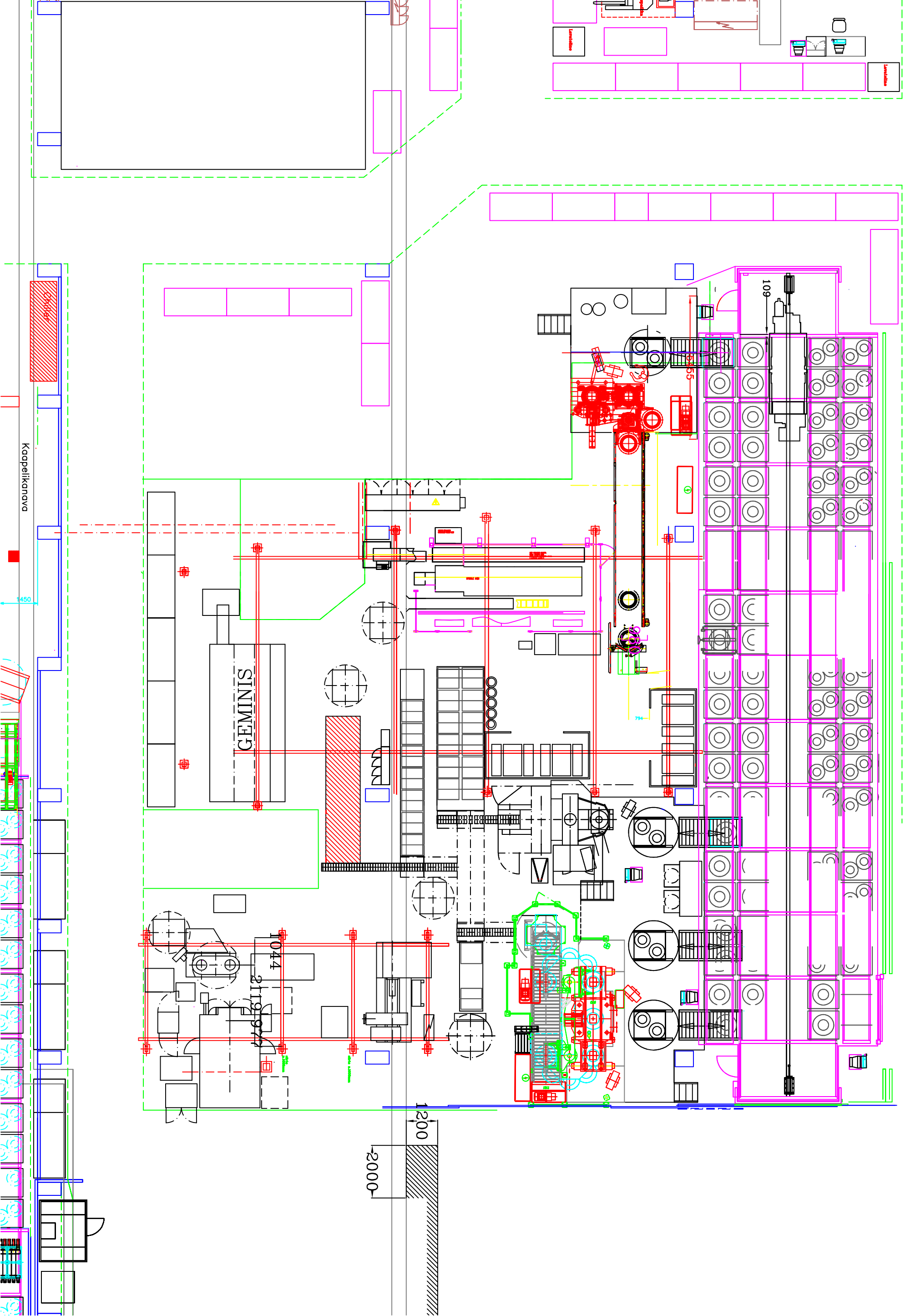
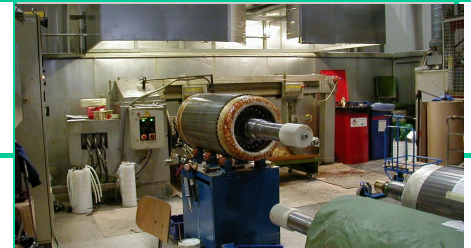
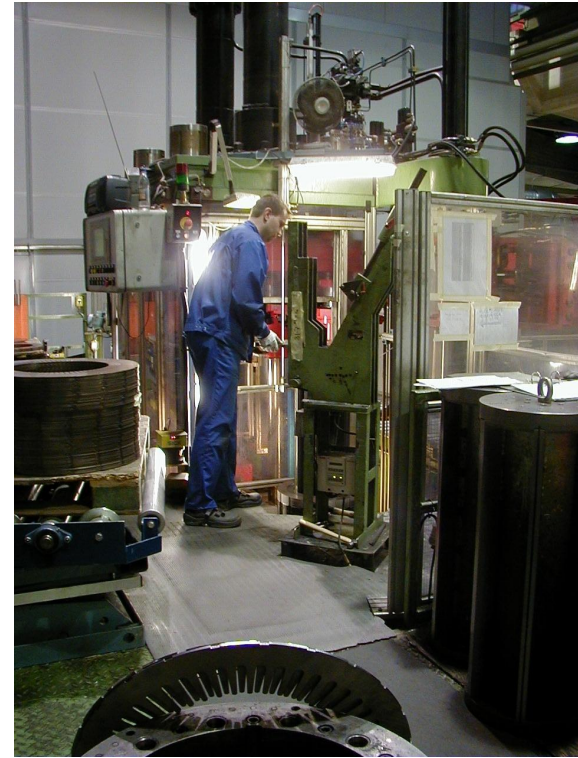


ABB Motors, MLT 550 Staattoripaketin ladonta



Keskustelevan koulutustilaisuuden aiheet

- ✘ riskikartoituksen esittely
- ✘ TULE- oireilu tilastojen valossa
- ✘ käsin tehtävien nostojen arviointia
- ✘ ladonnan nostojen arviointia
- ✘ NIOSH:n nostokaavan avulla analyysia
- ✘ nostotyön riskien vähentäminen
- ✘ elpyminen



Latojen TULE- oireilu

- Prosenttiosuus vaihtelee eri vuosina (kts. liitetiedosto)
- Selkä oireita
- Yläraajaoireita
- niskaoireita



Ladontatyön fyysisen kuormituksen karkea arviointi TIKKA- menetelmällä

(Työn integroitu kokonaiskuormituksen arviointimenetelmä)

- Onko työpiste mitoitettu ja säädetty oikein?
Ei kunnossa
- Ovatko käsityövälineet tarkoituksenmukaiset?
Kunnossa
- Ovatko koneet ja laitteet tarkoituksen mukaiset?
Ei kunnossa
- Onko työ fyysisesti raskasta?
Ei kunnossa
- Onko työ fyysisesti monipuolista?
Ei kunnossa
- Onko työ toistotyötä?
Ei kunnossa
- Onko työssä hankalia asentoja?
Ei kunnossa
- Onko työssä haittaavia lämpöolosuhteita?
Kunnossa



Nostotyön arvioinnin taustaa

- ILO 1960, 35-55 miehet, 20-35 naiset
- ETA ja EU direktiivit
- Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä 1993, ei tarkkoja kilomääriä
- NIOSH (National Institute of Occupational safety and Health) perustaakkasuositus 23 kg
- Kansainvälisen työryhmä perustaakkasuositus 25 kg

NIOSH:n nostokaava

- Uusittu 1991,(Waters ym. soveltamisopas 1994)
- Kuvaa enimmäistäakkasuosituksen ja nostoindeksin arvioitavassa nostotilanteessa
- Olettaa, että muita käsin tehtäviä siirtoja, kannatteluja, työntämistä, vetämistä, kävelyä ja kiipeämistä on vähän
- Ei huomioi lämpöolosuhteita tai ympäristön aiheuttamia vaaratilanteita
- Ei yhden käden nostoihin, istuen tai polvillaan tehtäviin nostoihin

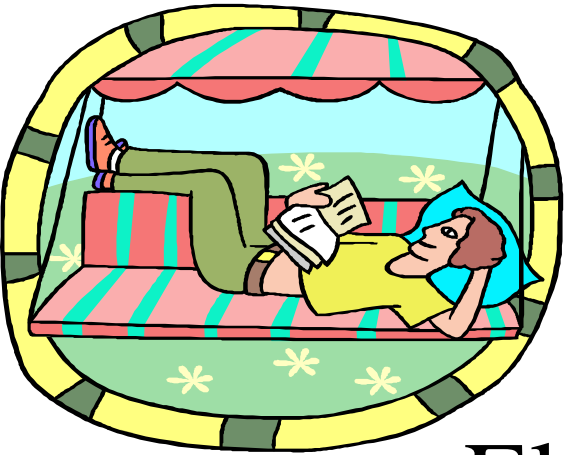
Noston arvioinnin muuttujat NIOSH

- Taakan paino
 - Nostoetäisyys
 - Noston korkeusero
 - Epäsymmetria
 - Ote
 - Toistuvuus
 - Nostotyön kesto
- (Kts. tarkemmin
nostolaskuri- liitetiedosto)



Ladonnan nostotyön riskien vähentäminen

- Säätolaitteiden sijainti sellaiseksi, että korkeussäätö on helppo toteuttaa
- Nostimen kehittäminen ja selvittäjän kehittäminen
- Muun prosessin kehittäminen tukemaan hyviä nosto-olosuhteita
- Levyjen säilytystapa lavoilla niin, että nostoetäisyys tulee mahdollisimman pieneksi
- Lava-alustan moottori huonontaa jossain vaiheessa nostoetäisyyttä, voidaanko sijoittaa niin, että työntekijä pääsee mahdollisimman lähelle lavaa kaikilta suunnilta?
- Työskentelytapa ladontapisteissä, työpisteen vaihtelu nostoasentojen vaihtelemiseksi
- Oma työskentelytekniikka- nostoasento, painonsiirron hyväksikäyttö, käyntiasento
- Työskentelytason alustan kehittäminen, tuurna-aukot liian suuret
- Työnkierron kehittäminen (sorvit, ladonta, muu?)
- Elpymismahdollisuuksien kehittäminen



Elpymisen mahdollisuudet

- Lyhyet tauot prosessissa selän elpymiseen
- Seisomatyössä vaadittavan tuolin ominaisuudet sellaiseksi, että selän kuormitusta voidaan vähentää taukojen aikana
- Rentouttava ja elastisuutta parantava elpymisliikunta päivittäiseksi tavaksi
- Riipuntatanko tai muut vastaavat välineet

Elpymisliikkeitä

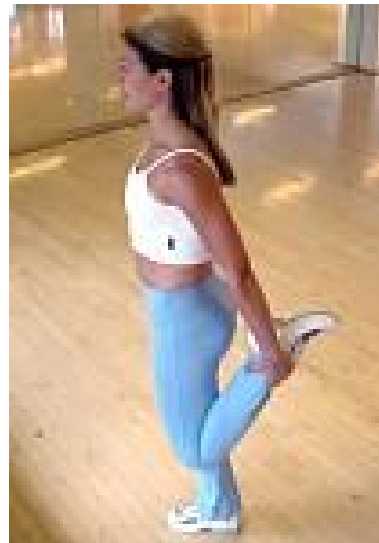
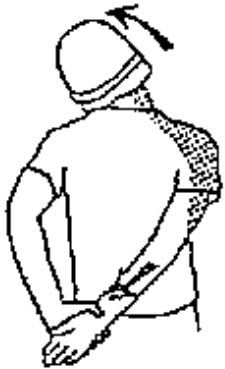


ABB Motors and Generators
MLT500-KOMPONENTTIVALMISTUS
Strömberginpuistotie 5
65320 VAASA
Samu Mäkinen
+358 (0)50-3347426
samu.makinen@fi.abb.com

TARJOUSPYYNTÖ
15.3.11

Olen Samu Mäkinen Vaasan ammattikorkeakoulussa Kone- ja tuotantotekniikkaa opiskeleva nuorukainen. Nyt teen opintoihin liittyvää päättötyötä ABB motorssille Vaasan tehtaalla. Tämän työn tiimoilta toivoisin Teiltä yhteydenottoa.

Pyydämme alustavaa tarjoustanne automatisointisovelluksen suunnittelusta ja toteutuksesta avaimetkäteen menetelmällä. Liitteenä tarkempi erittely nykytilanteesta, vaatimuksista ja toiveista. Tämän tarjouspyynnön perusteella ei ole tarkoitus vielä täydellistä kokonaisuutta tarjota, vaan on tarkoitus kartoittaa toimittajia, joilla on resursseja ja motivaatiota työn jatkojalostamiselle. Karkean kustannusarvionkin voi liittää tarjoukseen, mutta ei tässä vaiheessa ole välttämätön.

Pyydämme toimittamaan alustavat tarjoukset omien ehdotuksien kera sähköisesti alla olevaan osoitteeseen 30.03.2011 klo 10:00 mennessä.
samu.makinen@fi.abb.com

Mahdollisia lisätietoja alustavan tarjouksen sisällöstä voi tiedustella allekirjoittaneelta. Tarvittaessa on mahdollista tulla katsomaan nykyistä toimintaa tarkemmin paikan päälle.

Kunnioittaen

Samu Mäkinen
Samu Mäkinen

Liitteet: 2 sivua + 7 kuvaa

Tilanteen kuvaus

Tarkoituksena olisi automatisoida levynladontasolu, joka tällä hetkellä toteutetaan ihmisen toimesta. Työ on fyysisesti raskasta, joten jonkinmoinen työn keventäminen/automatisointi olisi enemmän kuin toivottua.

Levyt valmistetaan urittamossa samaisessa tehtaassa, josta uritetut levyt tiputellaan lavoille enemmän tai vähemmän hyviin pinoihin. Lavat kuljetetaan trukeilla korkeavarastoon, josta ne kutsutaan ladonta pisteisiin. Ladonta pisteessä latoja nostaa levyt sopivin pinoin selvittäjälle, jossa levyt pyörivät samaan orientaatioon. Tämän jälkeen levyt nostetaan tuurnalle. Tuurnaan ladotaan oikea määrä levyjä, jonka jälkeen tuurna siirtyy sidottavaksi sidontalaitteelle ja eteenpäin tuotannossa. Tyhjä tuurna palaa takaisin ja uusi ladonta alkaa.

Liitteen lopussa havainnoillistavia kuvia levypinoista, selvittäjästä ja tuurnasta. Sekä omana tiedostona kuva yksittäisestä levystä, jossa kuvattu myös levyn mittoja ja selvitysura.

Vaatimukset/toiveet

Tavoitteena olisi poistaa tämä varsinainen levyjen siirtotyö ihmisiltä roboteille/keventäjille. Levyjen siirron tulisi olla niin tehokasta, että tuotanto määrä pysyisi vähintäänkin nykyisellä tasolla. Ratkaistavia ongelmia on levyjen orientointi, robotin tarttuja ja koko ladonta solun toiminta/layout.

Orientointi

Vaihtoehtoja orinetaation saavuttamiseksi olisi mukava tarjouksessa olevan. Tapahtuuko orientointi jo urittamossa vai vasta ladonta asemassa ja kuinka toteutetaan.

Tarttuajat

Melko varmasti jossain vaiheessa levyjä käsitelään yksi kerrallaan, joten tähän toimiva tarttuja olisi yksi osa tarjousta. Toinen tarttuja mahdollisesti käsittelisi levypinoja, joten tähän vaadittaisiin toisenlainen tarttuja.

Robotit

Levy kerrallaan siirrossa olisi varmasti flex picker tai scara tyyppinen robotti omiaan nopeutensa takia. Kun taas pinojen siirtoon tavallisempi teollisuusrobotti soveltuisi varmasti hyvin. Myös talutettava robotti on käynyt mielessämme, jolloin solusta tulisi varmasti puoliautomaattinen. Tässä tapauksessa robotti toimisi ikään kuin keventimenä.

Aistit

Solussa varmasti tarvitaan monenlaista aistia luotettavan toiminnan varmistamiseksi. Konenäköä haluaisimme tarjouksessa näkevämme. Muita aisteja unohtamatta.

Kuljettimet

Tila solussa on rajoitettu, joka varmasti sulkee jotain vaihtoehtoja pois.

Lisälaitteet

Soluun varmasti tarvitaan monenmoista apulaitetta kuten tuurnalle jonkinmoinen hidastaja/saattaja ettei levypinot tipu kovin korkealta tuurnan pohjalle.

Yleistä

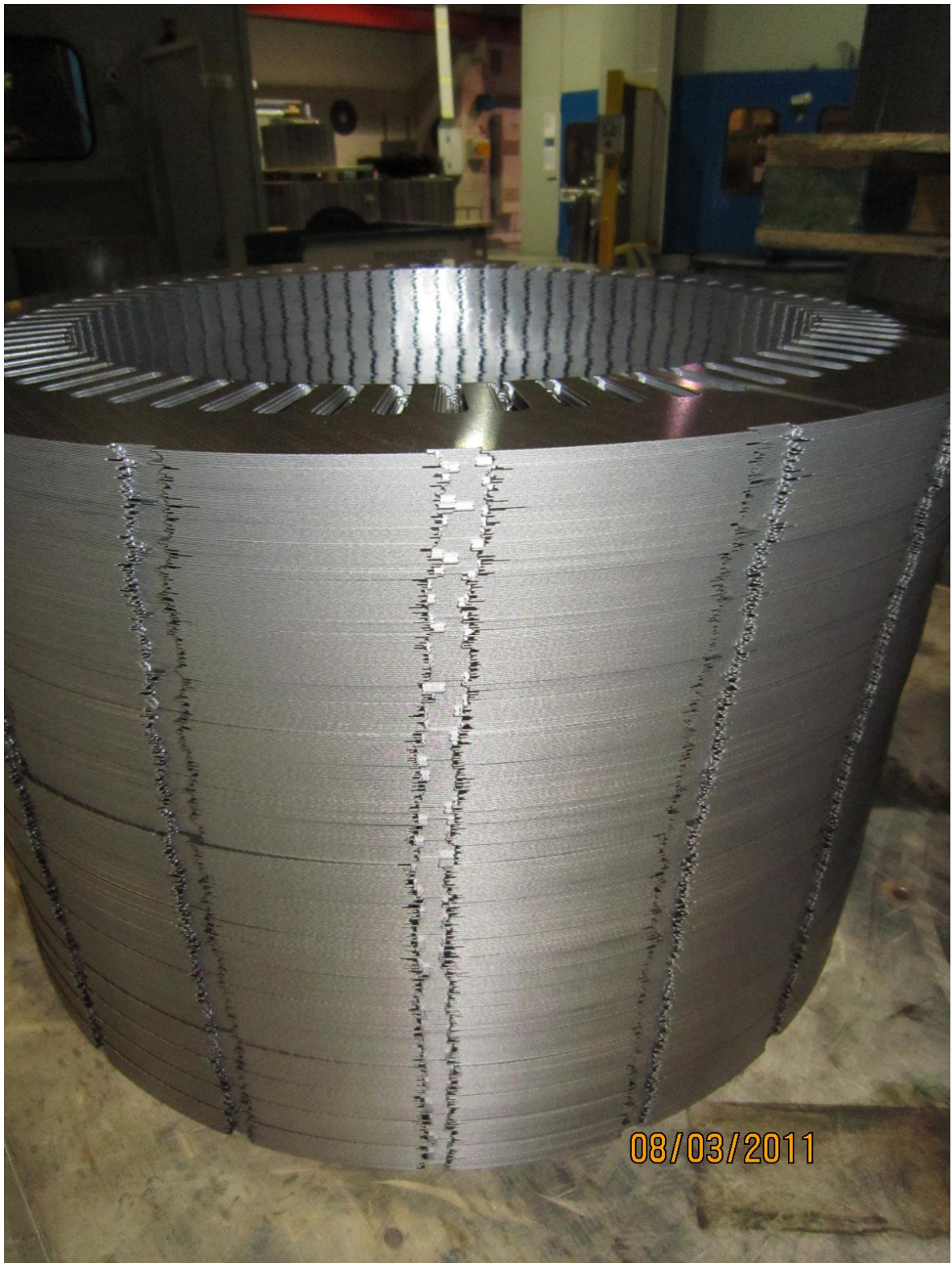
Ladonta pisteitä on useita, mutta alkuun keskitytään haastavimpaan eli isoimpiin levykokoihin. Näiden strategiset tiedot ovat:

- Halkaisijat
 - ulko: 679 ja 769 mm
 - sisä : 380-525 mm
- Ohuin ehyt levynreuna noin 25 mm
- Variaatioita monia näillä halkaisijoilla ja uratyyppellä on useita
- Levynvahvuus 0,5 mm
- Painavin yksittäinen levy 1,2 kg
- Levyjä ladotaan tällä hetkellä keskimäärin noin 8200 levyä/päivässä kahdella miehellä yhdessä vuorossa. Laskenta tulevan solun kapasiteetissa on joko kahdessa tai kolmessa vuorossa.

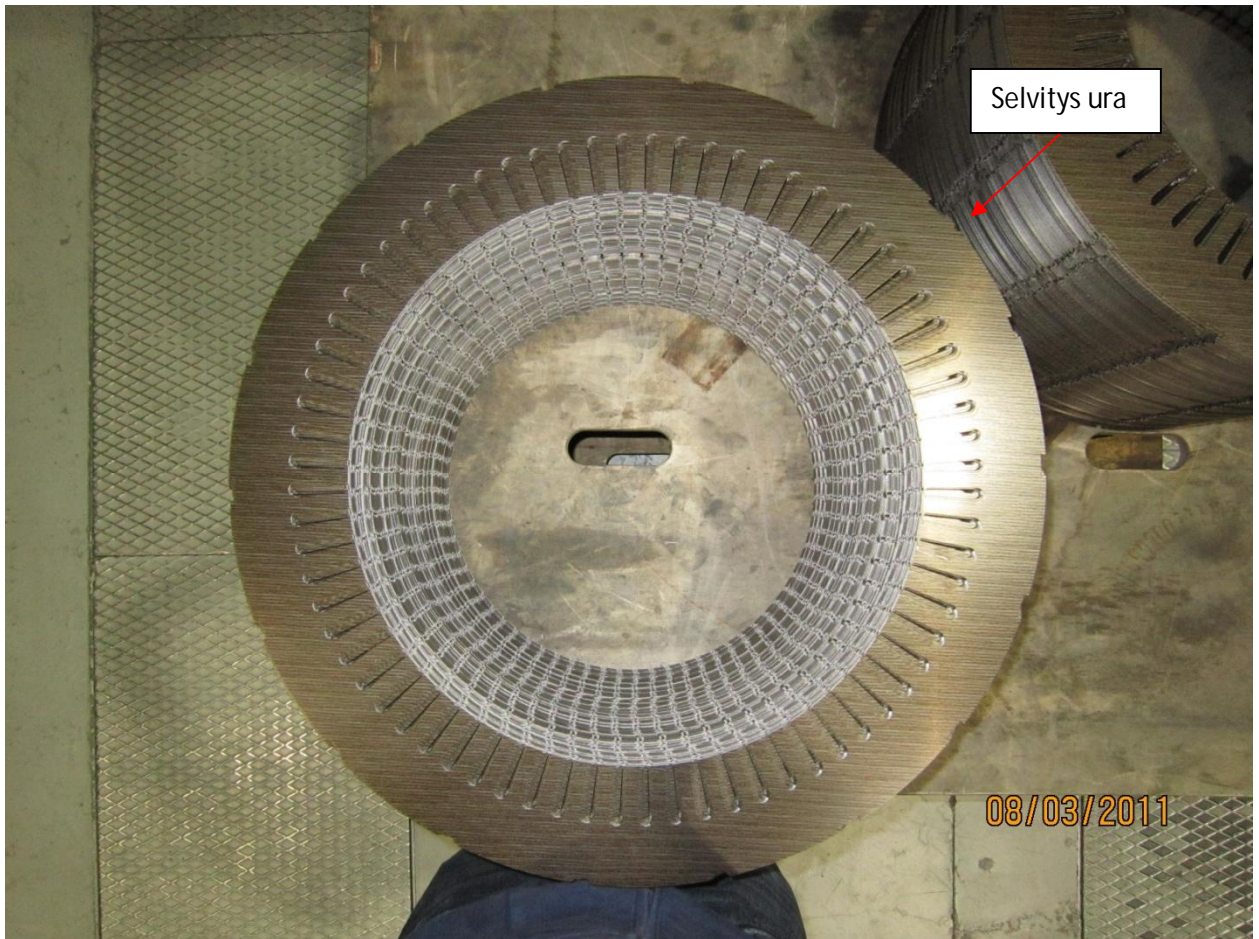
Edellämainitut vaatimukset/toiveet eivät ole ehdottomia totuuksia, joilla haluamme luovuutenne työstää. Avoimin mielin odotamme toimivia kokonaisuuksia. Toimivan ratkaisun löydyttyä soluja varmasti tehdään useampi samantyyppinen sovellus erikokoisille levyille.

Mahdolliset haasteet/ongelmat

- Levyissä on toisinaan urittamon koneista valunutta öljyä, joka liimaa levyjä yhteen. Jollain täytyisi kuitenkin varmistaa ettei mahdollisessa yksittäin siirrossa levyt ole toisissaan kiinni.
- Lavoilla on noin 350 mm pinoja, ja valmiit paketit ovat erimittaisia, joten miten varmistetaan oikean levymäärän tartunta.
- Jos pinosta otetaan jokin haluttu määrä niin miten varmistetaan että ollaan otettu sama määrä levyjä, sillä pinot saattavat jäysteen takia olla useita millejä vinoja.



Kuva 1 Melko hyvä pino pienellä orientoinnilla saavutetaan riittävä tarkkuus tuurnalle vientiin.

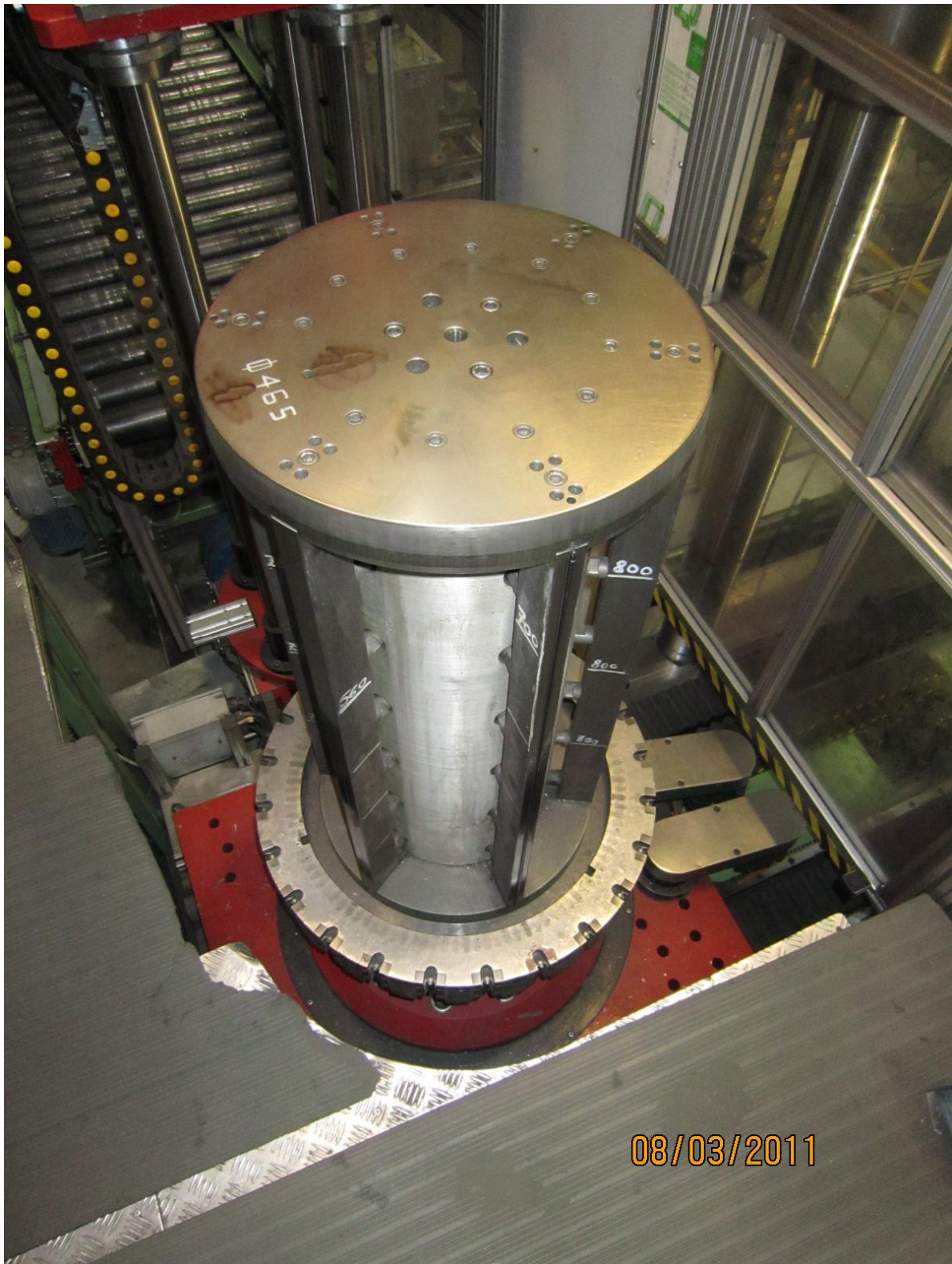


Kuva 2 Pino kuvattuna ylhäältä. Onko nykyisillä kameroilla mahdollista tunnistaa päällimmäisen levyn orientaatio.



Tanko joka pysäyttää
levyt selvitys uran avulla

Kuva 3 Nykyinen selvittäjä, jossa levyt pyörivät kunnes putoavat selvitysuraan.



Kuva 4 Tuurna, johon levyt viedään, riittävän levymäärän saavutettua tuurna siirtyy käskystä sidontaan ja valmis paketti pois tuurnalta.



Kuva 5 Tuurnalle ladottu levyjä



Kuva 6 Kiiloja on kolme tuurnalla, ja ne vaihdetaan levyssä olevien urien mukaan. Kiilat paisutetaan nippujen ladonnan aikana ulos päin, jolla varmistetaan pinon suora kasaantuminen.



Kuva 7 Valmis sidottu paketti.



Levyjen ladonta- ja selvitys

Järjestelmän kuvaus.

Levyjen ladonta ja levypinkkojen "selvittely" tulisi mielestäni eriyttää toisistaan. Eräs vaihtoehto olisi rakentaa erillinen tuotantolinja. Linja sisältää selvittelyasemia, jossa levyt selvitetään joko manuaalisesti tai robottien avulla. Selvitetyt levyt asemoidaan erillisille paletille, jossa on luettava tunniste. Paletille selvitetään levykoosta riippuen joko yksi tai kaksi pinkkaa levyä. Selvittelyn jälkeen paletti ohjataan bufferiin, joka fyysisesti on levykoon mukaisen tuurna-aseman lähellä.

Samaan bufferiin voidaan ajaa eri tuotteita, koska palettien tunnistuksen avulla voidaan tuotetiedot hallita.

Kun tuurnausasemalla kutsutaan ladottavaksi tietty levykoko, puretaan paletit bufferista peräkkäin tuurnausasemalle. Tuurnausasemalla on paletin tarkka paikoitus, josta robotti voi tarttua levynippuun (n. 50 levyä) ja asettaa sen tuurnalle. Robotin tarttuja on suunniteltu siten, että levyt voidaan saattaa tuurnalla.

Levyjen selvitysasema.

Levyjen selvitysasema toimii siten, että korkeavarastosta tilataan selvitettävä levynippu. Kun levynippu on asemassa, voidaan tilata jo seuraava levynippu odottamaa. Selvitysaseman kuljetin on toteutettu siten, että vuoroaan odottava lava nostetaan n. 200 mm ylös kuljettimelta. Silloin tyhjä lava voidaan ajaa korkeavarastoon odottavan lavan ali. Näin lavan vaihto ei kestä kun n. 30 - 45 s.

Robottiselvittely

Kun levynippu on paikoitettu, nipun paikka lavalla tunnistetaan joko kameralla tai robotin tarttujan anturoinnin avulla.

Levyjen irroituksessa käytetään apuna irroitusmagneetteja. Magneetit ovat säädettävä varren päässä. Kun levynippu on paikoillaan, asettaa robotti magneetit oikeaan asemaan. Lisäksi irroituksen apuna voidaan käyttää tarvittaessa paineilmapuhallusta.

Asemassa on kaksi robottia. Robotti 1 poimii levyn nipusta ja asettaa sen tarkistusasemaan. Tarkistusasemassa tarkistetaan että levyä ei ole monta päällekkäin. Konenäön avulla levyn orientaatio tarkastetaan ja robotti 2 lataa levyt paletille.

Paletilla on säädettävät ohjaimet, joilla varmistetaan että levyt pysyvät paikoillaan liikuttelun aikana. Robotti 2 säätää ohjurit levykoon mukaiseksi. Paletin tieto luetaan, jolloin tiedetään mikä tuote paletilla on aikaisemmin ollut. Tämän tiedon saatuaan, robotti tietää ohjureiden nykyaseman, tarttuu niihin ja säätää ne oikealle kohdalle. Levyssä oleva paikoitusuran paikka on paletilla aina vakio.

Jotta edellä kuvattu asema pystyy selvittämään riittävästi levyjä, on sen toimittava kahdessa vuorossa, jotta tavoite 8200 levyä päivässä voi toteutua. Tällöin yhden levyn käsittelyaika on n. 7 s, joka sisältää myös paletin ja irroitusmagneettien säädöt, sekä lavan ja paletin vaihtoajat.

Palettien kuljetus bufferiin

Paletit siirtyvät bufferiin kuljettimien avulla. Kuljettimissa on risteysasemia, jossa palettien tunnistetieto aina luetaan. Näin saadaan paletit ohjautumaan oikeaan bufferiin.

Dynamic Assembly System DAS FlexLink Assembly Automation

Product Carrier MDP

A FlexLink standard solution 5240EN-2

Effective base for transportation and assembly



DAS Product Carrier is composed of a plastic frame and an aluminum plate.
The Product Carrier is equipped with coned holes for accurate positioning and an escort memory for guiding the product through the process. A product-specific fixture or contact block can be mounted on the Product Carrier.

Standard features

- Available in three standard sizes
- Equipped with positioning holes
- Equipped with escort memory
- Meets ESD requirements
- CE-safety compliant as a part of DAS system

Dynamic Assembly System DAS FlexLink Assembly Automation

Lifter MDUL

A FlexLink standard solution 5235EN-2

Basic module for creating vertical material flow loops



Lifter forms an essential part of the material flow looping function.

An End Lifter transports product carriers from the upper conveyor to the lower one or vice versa. It can be used at the ends of a production line or between production zones.

An Interspace Lifter transports product carriers from the upper conveyor to the lower one and vice versa. It can be used to separate larger systems into smaller production zones, leading into faster function of the Dynamic Buffer and less traffic on the line.

Standard features

- Completely electrically driven
- Meets ESD requirements
- Stand-alone module control

Dynamic Assembly System DAS FlexLink Assembly Automation

Main Line MDUM

A FlexLink standard solution 5232EN-2

Main module for transporting carriers and controlling material flow



Main Line consists of non-accumulating conveyor(s).
Main Line can be equipped with Transfer Units to move product carriers sideways to alternative routes and transporting product carriers from one work phase to another. Main Line can also have conveyors in two levels allowing return line function in minimal footprint. Main Line forms a part of the Dynamic Buffer.

The electrically driven maintenance free conveyors and Transfer Units offer clean and silent working conditions.

Standard features

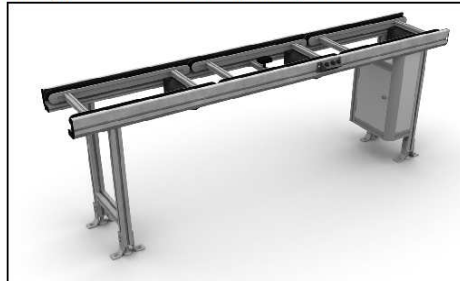
- Non-accumulating conveyor(s)
- Completely electrically driven
- Meets ESD requirements
- CE-safety compliant as a part of DAS system
- Pallet buffering capability
- Production flow control
- Stand-alone module control

Dynamic Assembly System DAS FlexLink Assembly Automation

Workstation MDUW

A FlexLink standard solution 5233EN-2

Working place for manual assembly and inspection



Workstation provides the operator with an efficient working place for manual tasks such as assembly, inspection, and packing.

Pallet is conveyed automatically to the working place. There can be buffer place(s) before and after the working place, depending on the number of conveyor segments in the Workstation.

The Workstation can be equipped with a Rotation Unit. FlexLink software can be installed in the workstation to provide the operator with instructions and to collect product- and production-related data.

Standard features

- Non-accumulating conveyor(s)
- Completely electrically driven
- Meets ESD requirements
- Stand-alone module control
- Repair route support
- Track and tracing support
- CE-safety compliant as a part of DAS system

Palettien bufferointi

Palettit voidaan bufferoida esim. bufferilifteriin. Yhteen bufferilifteriin voidaan bufferoida n. 1500-2000 levyä. Buffereita voi olla tuurna-aseman vieressä useampia.



Tyhjät palettit myös bufferoidaan, jotta palettiliikenne ei ruuhkaudu.

Toinen vaihtoehto on :

AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

The automated buffer provides an effective and ergonomic system for product buffering.

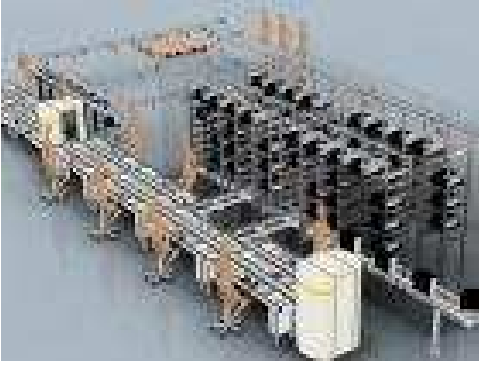


Production buffer

The rack is typically used as production buffer and in testing and sorting applications. The automated storage and retrieval system (ASRS) can be used for intelligent buffering, balancing of process flow, kitting, test and burn-in solutions or as storage for different items.

Full production control

The solution organizes production processes and factory facilities with maximum control of the production and is designed to respond quickly and efficiently to rapidly changing production requirements. The rack is a vertically built framework with a built-in fully automated manipulator with loading and unloading functions.



Configurable

The design and configurability allows cost effective manufacturing, short delivery times and high re-usability. The system meets ESD requirements and is CE safety compliant.

Ladontasolu

Kun tuurna on valmiina ladottavaksi, kutsutaan oikea levykoko asemalle. Robotti poimii levynipun paletilta ja asettaa sen tuurnalle. Kun levynippu on poimittu, siirtyy tyhjä paletti kiertoon ja seuraava paletti paikottuu asemaan. Paletin vaihto tehdään samanaikaisesti kun robotti asettaa levyjä tuurnalle. Kun tuurna on täynnä, voidaan ladontaa jatkaa seuraavalle tuurnalle. Kun paletit tilataan tuurnausasemalle, niin silloin voidaan määrittää kuinka paljon ladottavia levynippuja tarvitaan.

Ladontarobotti ehtii tahtiajan puitteissa palvella esim. kahta tai jopa kolmeakin tuurnausasemaa, mikäli layout on mahdollista toteuttaa siten että robotin työalue riittää.

Tuotevariaatioiden ja valmistuksen hallinta

Jotta järjestelmää voidaan käyttää tehokkaasti, on valmistusta ohjattava erillisellä MES ohjelmistolla. Tällöin eri tuotevariaatiot ja niihin liittyvät palettireitit, bufferointi ja myös robottiohjelmat voidaan keskitetysti hoitaa.

MES SOFTWARE

Youtilize® is a production logistics Manufacturing Execution System software. It manages all resources available in the assembly process: operators, machines and parts as well as data and information needed for production and quality assurance.

Software and controls



Youtilize® enables you to organize an optimal utilization of all resources available in the line and enhance overall line efficiency significantly. It integrates the functions between escort memories (RFID tags), hardware controls (PLC) and business application software (ERP etc).

The application includes functionality for:

- Order handling
- Product configurations
- Planning, routing and balancing
- Mixed production
- Batch size one
- Buffering
- Operator instructions, drawings etc.
- Built in interface for test equipment
- Built in interface for machines
- Repair functionality
- Possibility to interrupt and resume a batch
- Traceability
- Storage of production data
- Handling of Key Performance Indicators (KPI)

Youtilize® is based on standard Microsoft technology using Microsoft SQL database.

Alustava järjestelmäkuvaus

Staattoripaketin ladontasolu

Asiakas : ABB Oy Moottorit ja generaattorit Vaasa

Asiak. ref : Tarjouspyyntö 15.3.11, Samu Mäkinen

TH-Tools ref : E13900

	Budjettitarjous	20.4.2011	AYH	
Versio	Tarkoitus	Päiväys	Tekijä	Hvähksyjä

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		2 (9)

SISÄLLYSLUETTELO

1. Yleistä	3
SÄÄNNÖT JA MÄÄRÄYKSET	3
YMPÄRISTÖOLOSUHTEET	3
DOKUMENTAATIO	3
LINJAN MEKANIikka, RAKENNE JA VÄRITYS.....	3
2 Toimituksen sisältö	5
2.1 Järjestelmän positiot / osakokonaisuudet	5
2.3 Luovutushyväksyntä	5
3 Järjestelmän kuvaus	6
YLEINEN KUVAUS	6
3.1 Yleiset Tekniset ominaisuudet	6
SÄHKÖ JA AUTOMAATIO	6
PAINEILMA	6
LAITTEIDEN VÄLINEN KÄTTELY.....	6
3.2 Positiokohtaiset Tekniset ominaisuudet	7
3.2.1. Mekaniikka.....	7
3.2.2. Suoja-aita.....	8
3.2.3. Ohjausjärjestelmä	8
4 Alustava layout.....	9

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		3 (9)

1. YLEISTÄ

SÄÄNNÖT JA MÄÄRÄYKSET

- Direktiivit : Konedirektiivi 2006/42/EY, EMC-direktiivi 2004/108/EY, sekä valtioneuvoston asetus 400/2008.
- Sovelletut päästandardit: SFS-EN 12100-1, 12100-2, 60204-1

YMPÄRISTÖOLOSUHTEET

Ympäristölämpötila	20 – 30 °C
Erillinen jäähdytys tarve	ei ole
Suhteellinen kosteus	50 – 60 %

DOKUMENTAATIO

Tekninen dokumentaatio toimitetaan suomen kielellä ja laitekohtainen dokumentaatio sen alkuperäiskielellä. Dokumentaatio toimitetaan tilaajalle paperitulosteina ja siihen sisältyy: Järjestelmäkuvaus, käyttö- ja huolto-ohje, layout-piirustus, kokoonpanopiirustukset ja osaluettelot, paineilmakaavio, sähkökaaviot liitteineen, ohjelmalistaukset liitteineen sekä vaatimustenmukaisuusvakuutus siltä osin, kuin laitteisto on meidän toimittamamme. Dokumentaatio toimitetaan kahtena kappaleena.

LINJAN MEKANIikka, RAKENNE JA VÄRITYS

Laitteisto toimitetaan toimittajan yleisesti käyttämällä rakenteella ja sen osat ovat vapaasti asennettavissa ja ne kiinnitetään lattiaan. Turvasuojien ovet varustetaan turvarajoilla, joissa on tarvittaessa sähkölukot. Sähkökaapin ovet avataan erikoisavaimella, muut ovet ja suojapellit standardityökaluilla. Ohjausjärjestelmä asennetaan erilliseen ohjauskeskukseen.

TH-Tools Oy Vaasan toimittamat linjat:

Rungon materiaali:	Teräs
Pöytälevyt:	Kylmäsinkitty FE52 tai vastaava, tasokoneistettu
Rungon väri:	Sininen RAL 5012, voidaan myös sopia erikseen
Metalliset suojat:	Rungon värinen / keltainen / musta
Plexiset suojat:	Savunharmaa / kirkas
Saranat:	Mustat / rungon väri
Yleinen kuljetinkorkeus:	900 +/- 60mm.
Sähkö:	400V / 50Hz
Paineilma:	> 5,5 bar, kuiva öljytön paineilma

Kaikki oikeudet tähän asiakirjaan kuuluvat TH-Tools OY:lle. Sen jäljentäminen tai muulla tavoin käyttäminen ilman TH-Tools OY:n kirjallista lupaa on kielletty.

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		4 (9)

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		5 (9)

2 TOIMITUKSEN SISÄLTÖ

Toimittaja valmistaa ja testaa laitteiston tehtaallansa Vaasassa. Tilaaja toimittaa erikseen sovitut laitteet toimittajalle yhteisesti sovittujen aikataulujen mukaisesti.

2.1 JÄRJESTELMÄN POSITIOT / OSAKOKONAISUUDET

Mekaniikka
Suoja-aita
Ohjausjärjestelmä

2.3 LUOVUTUSHYVÄKSYNTÄ

Laitteisto katsotaan hyväksytyksi toimitetuksi, kun tilaaja hyväksyy sen vastaanottokoeajossa.

Hyväksymiskriteerit:

- Koeajoaika: 4 tuntia
- Ajettavat kappaleet: 4000 staattorilevyä
- Koeajossa saavutettu keskim. konetahti aika: 3,6 s/staattorilevy
- Linjan häiriöaika saa olla enintään koeajoajasta: 15 %

Tilaajan toimittamista laitteista johtuvia häiriöitä ei lasketa häiriöaikaan eikä konetahti aikaan.

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		6 (9)

3 JÄRJESTELMÄN KUVAUS

YLEINEN KUVAUS

Laitteiston tarkoituksena on latoa staattorilevyjä tuurnalle käyttäjän määrittelemä määrä. Käyttäjä määrittelee ladottavan levyn tyyppin ja lukumäärän tuurnalla. Käyttäjä tekee tarkastusmittauksen jälkeinen mahdollisen levyjen lukumäärän säätämisen.

Materiaalin käsittely linjassa:

- Staattorilevyt automaattivarastosta robotin ulottuville

3.1 YLEISET TEKNISET OMINAISUUDET

SÄHKÖ JA AUTOMAATIO

Ohjausjärjestelmä:	Robotin ohjain
Robotit:	Fanuc, tai niin sovittaessa ABB
Anturointi:	Omron
Välireleet:	Omron
Sähkökomponentit 400/230 VAC:	ABB/Omron/Telemecanique
Ohjauspainikkeet:	ABB/Telemecanique
Merkinantolaitteet:	Werma
Turvarajakytkimet:	Omron/Schmersal/Quard-Master

PAINEILMA

Venttiilit:	SMC/FESTO
Sylinterit:	SMC/FESTO
Muut komponentit:	SMC/FESTO

LAITTEIDEN VÄLINEN KÄTTELY

Laitteiston kaikkien laitteiden kättely tapahtuu digitaalitulojen ja –lähtöjen välityksellä. Liitynnät ulkopuolisiin järjestelmiin eivät kuulu toimitukseemme.

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		7 (9)

3.2 POSITIOKOHTAISET TEKNISET OMINAISUUDET

3.2.1. Mekaniikka		RISKIT
Prosessi-kuvaus	<p>Ladonta tapahtuu kahdella teollisuusrobotilla. Robotit asennetaan lattiaan kiinnitettävälle jalustoille.</p> <p>Robotit poimivat vuorotellen automaattivaraston purkupaikalla olevasta levypinosta staattorilevyjä yksi kerrallaan. Pinon paikka tarkastetaan karkeasti konenäön avulla.</p> <p>Levy siirretään kiinteän kameran päälle tarkempaa kuvausta varten, jossa selvitysuran paikka ja levyn keskiö mitataan.</p> <p>Robotti siirtää levyn tuurnalle kiilojen yläosaan ja päästää levystä irti. Levyn oletetaan putoavan siitä alaspäin itsestään.</p> <p>Robotteja ja konenäköjärjestelmiä on kaksi kappaletta.</p> <p>Robotin tarttujassa on säätömahdollisuus kahdelle eri staattorilevyn ulkohalkaisijalle.</p>	
Laitteet	<ul style="list-style-type: none"> • Teollisuusrobotti Fanuc MM-20iA, 2 kpl • Konenäkökamera robotissa, 2 kpl • Tarttuja robotille, 2 kpl • Kiinteä konenäkökamera solussa, 2 kpl 	
Asiakas toimittaa	<ul style="list-style-type: none"> • Sähköinen liityntä automaattivarastoon 	

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		8 (9)

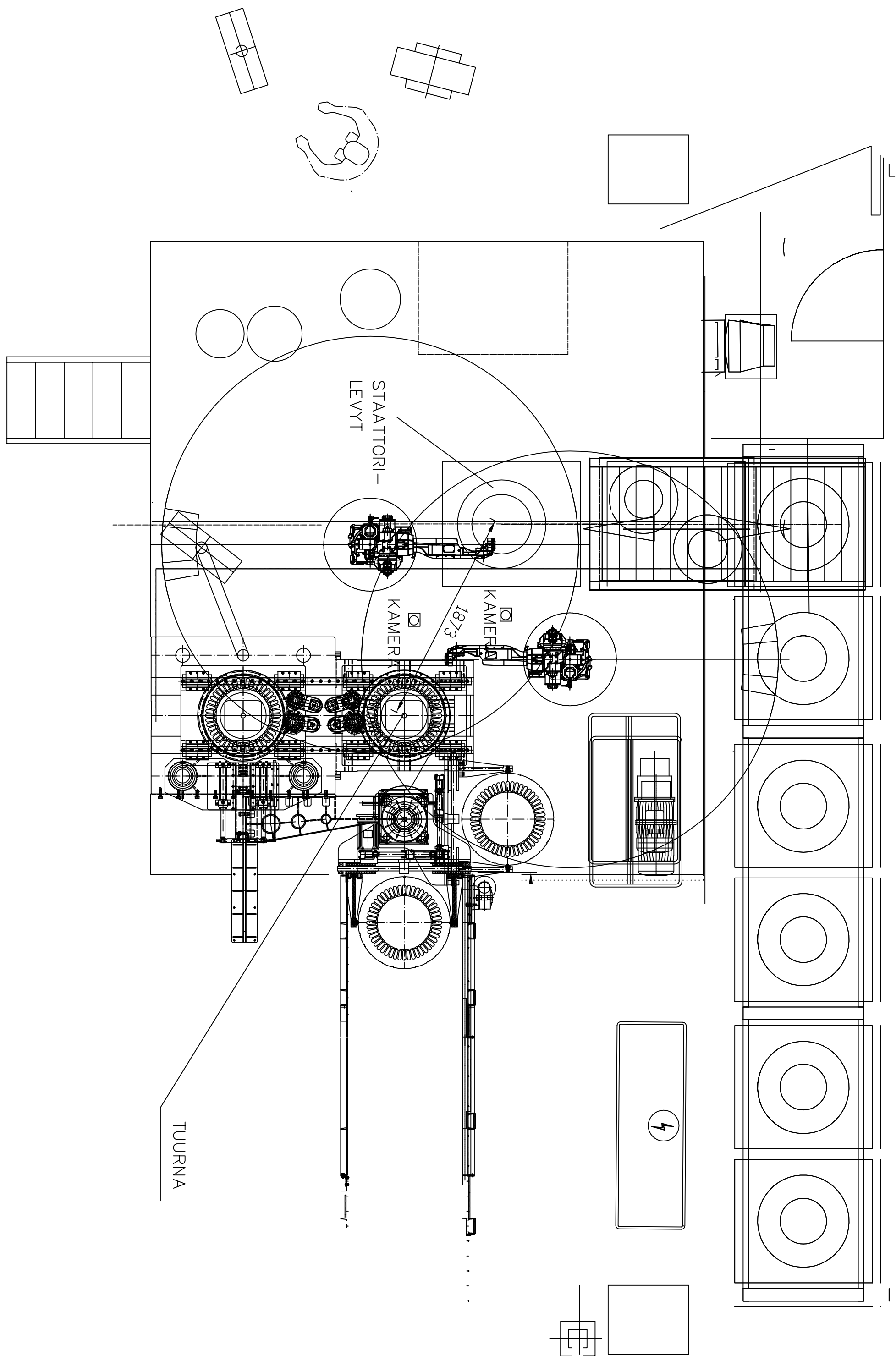
3.2.2. Suoja-aita		RISKIT
Prosessi-kuvaus	Solu suojataan teräsverkkoaidalla, jossa on kaksi käyntiovea, joiden kohdalla on painonappikotelot, joissa on painikkeet solun pysäyttämiseksi ja uudelleen käynnistämiseksi.	
Laitteet	<ul style="list-style-type: none"> • Teräsverkkoaita, korkeus 2 m ja alla siivoustila 0,2 m • Käyntiovet 2 kpl, leveys 0,8 m • Turvalukot avattavissa ovissa • Ohjauspainikkeet 	
Asiakas toimittaa		

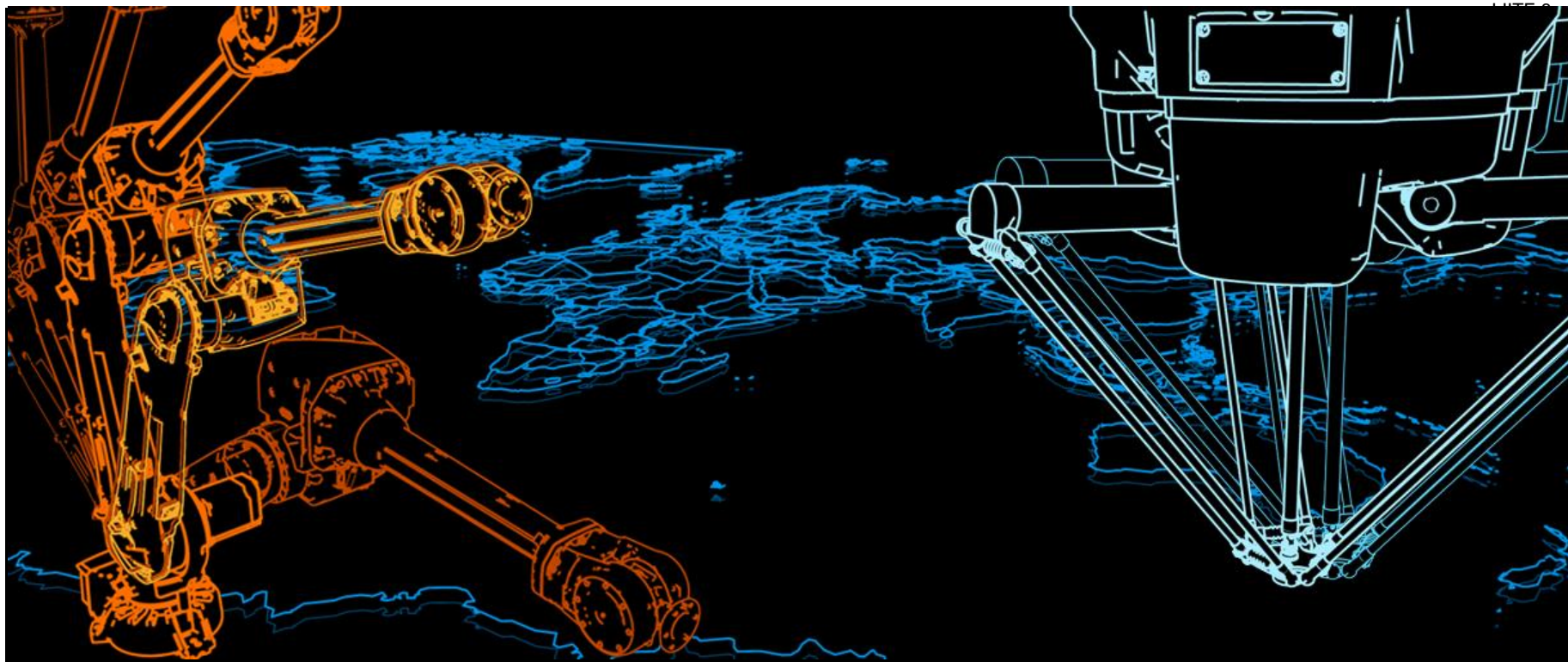
3.2.3. Ohjausjärjestelmä		RISKIT
Prosessi-kuvaus	Ohjausjärjestelmänä käytetään robotin ohjainta. Käyttöliittymänä on robotin käsiohjain. Tuotekohtaiset ohjelmat valitaan näytöltä ja siihen ohjelmoidaan myös solun virheilmoitukset. Solun laitteet yhdistetään toisiinsa digitaalisen I/O:n avulla.	
Laitteet	<ul style="list-style-type: none"> • 	
Asiakas toimittaa	<ul style="list-style-type: none"> • Tarvittavat sähkö- ja paineilmasyötöt 	

TH-Tools Oy Vaasa	JÄRJESTELMÄKUVAUS Staattoripaketin ladontasolu		Proj. No.	
Tekijä	Päiväys	Asiakas	Versio	Sivu
Arto Ylä-Häkkinen	20.4.2011	ABB Oy		9 (9)

4 ALUSTAVA LAYOUT

Liitteenä on erillinen layout-piirustus.





Tapio Lindevall

ABB Motors, Roottorilevyjen ladonta

Yleistä

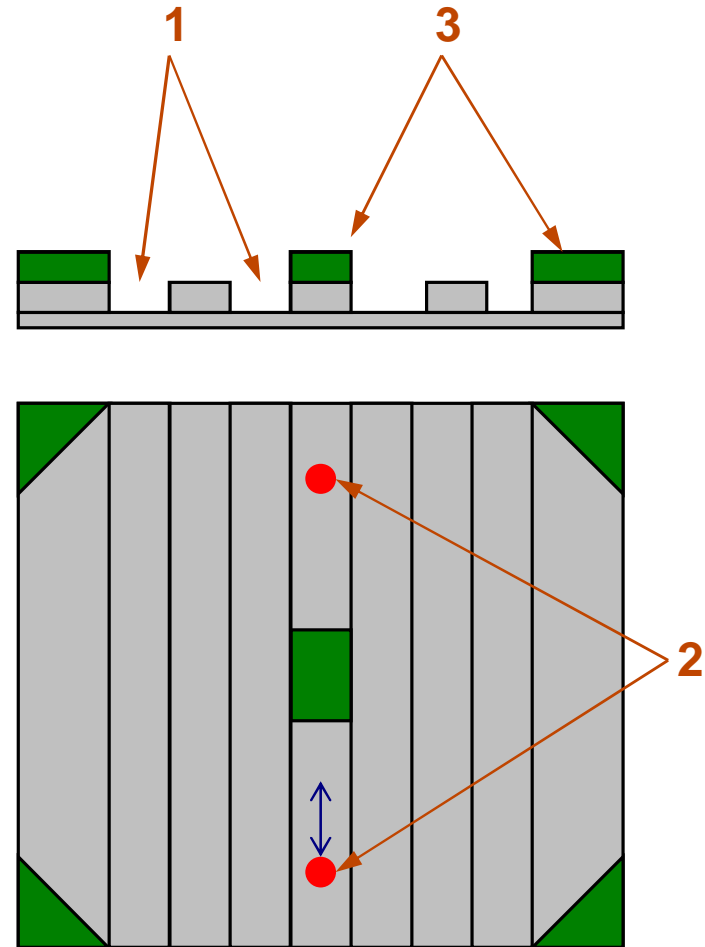
- Tässä dokumentissa kuvataan yksi mahdollinen toteutustapa automaatiojärjestelmälle roottorilevyjen selvittämiseksi ja niiden asettamiseksi tuurnalle
- Tavoitteena on ollut mahdollisimman luotettava järjestelmä ja siksi roottorilevyjen käsittelyprosessi on jaettu kahteen erilliseen osuuteen, jotka voivat toimia täysin toisistaan riippumatta
- Roottorilevyjen selvittely on hidas prosessi ja siksi siihen tarvitaan kaksi robottia
- Roottorilevyjen asetus tuurnalle on nopeampaa ja siksi tässä työvaiheessa on vain yksi robotti

Tarvittava apulaite, eli roottorilevyn kantoalusta

- Koska prosessi on jaettu kahteen erilliseen osuuteen, niin näiden vaiheiden välissä roottorilevyjen on pysyttävä tarkasti oikeassa järjestyksessä keskenään
- Idea on, että käytetään ohutlevystä tehtyjä säädettäviä ja pinottavia alustoja roottorilevypinojen välivarastointiin
- Roottorilevypinojen korkeus on vapaasti valittavissa, mutta sitä rajoittavat seuraavat muuttujat:
 - Paino, eli ei mielellään yli 100 kg per pino
 - Kuinka tiheästi tuurnalle ladottaessa halutaan pinojen vaihesiirtojen olevan
 - Koska tuurnalle asetettaessa robotti käsittelee vain täysiä pinoja, niin kuinka paljon halutaan jättää operaattorille täydennettävää tai tyhjennettävää, jotta haluttu roottorin pituus saavutetaan

Roottorilevyn kantoalusta

1. Urat, jotka mahdollistavat koko pinon poiminnan tuurnalle asetusvaiheessa
2. Kiinteä ja säädettävä keskitintappi, jotka varmistavat roottorilevyjen kohdistuksen välivarastoinnin aikana. Sääto voidaan tehdä käyttämällä roottorilevyä apuna, eli ei tarvita tarkkaa mittaamista tai erillisiä säätötulkkeja
3. Kantoalustojen pinoamistuet, jotka kantavat painon ettei roottorilevyjä vahingoiteta (ei tarvita jos käytetään varastoautomaattia välivarastona)
4. Kolot robotin tarttujalle tyhjiä alustojen käsittelyä varten (ei tarvita jos käytetään varastoautomaattia välivarastona)

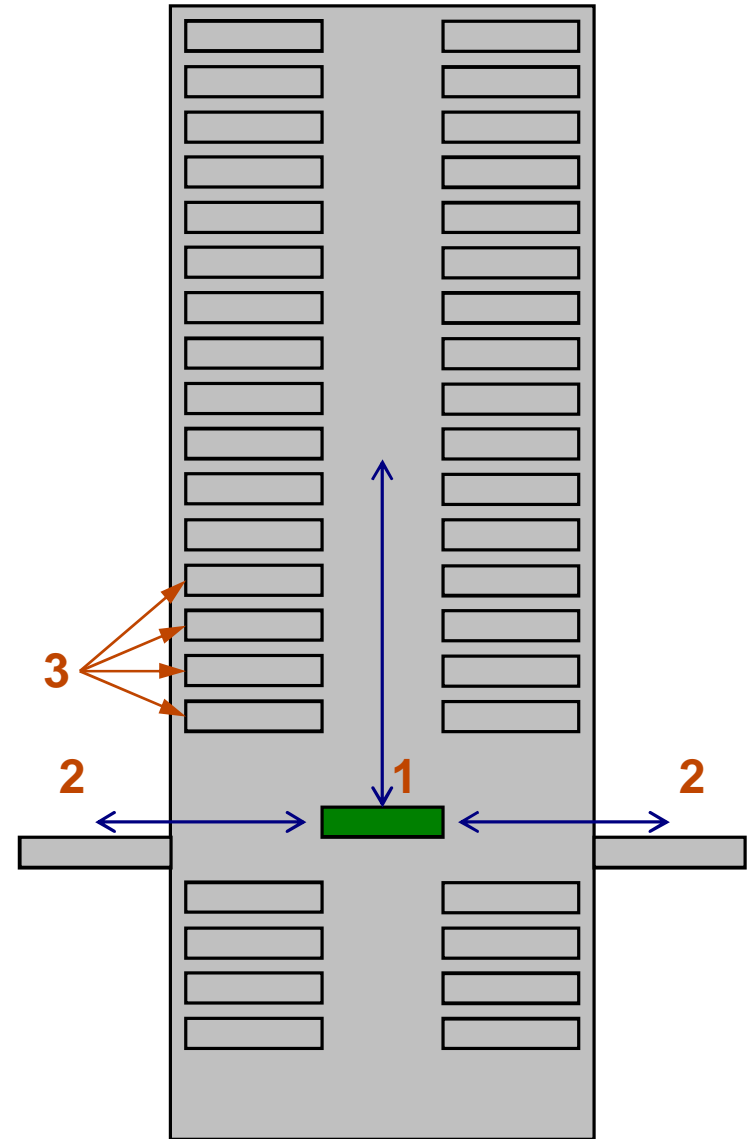


Varastoautomaatti

- Mahdollinen, mutta ei välttämätön, apulaite välivarastointia varten
- Nykyinen hyllystöhissi voi toimia välivarastona
- Varastoautomaatin edut prosessille:
 - Vasteaika, eli koska laitteella ei muuta käyttötarkoitusta niin kaikki kapasiteetti on roottorilevyjen käytössä
 - Roottorilevyn kantoalustasta voi tehdä yksinkertaisemman, koska sen ei tarvitse olla pinottavissa
 - Roottorilevyjä ei käsitellä roboteilla eikä käsin, siksi ne pysyvät pidempään kunnossa
 - Roottorilevyjen selvittelyn miehittämätön ajo on helpommin toteutettavissa

Varastoautomaatti

1. Hyllystöhissi, joka kuljettaa hyllytasoja varastopaikoilta poimintaluukuille ja takaisin
2. Kaksi poimintaluukua, toinen selvittelyroboteille ja toinen tuurnalle asetusta varten
3. Hyllyjen varastopaikat molemmilla puolilla automaattia

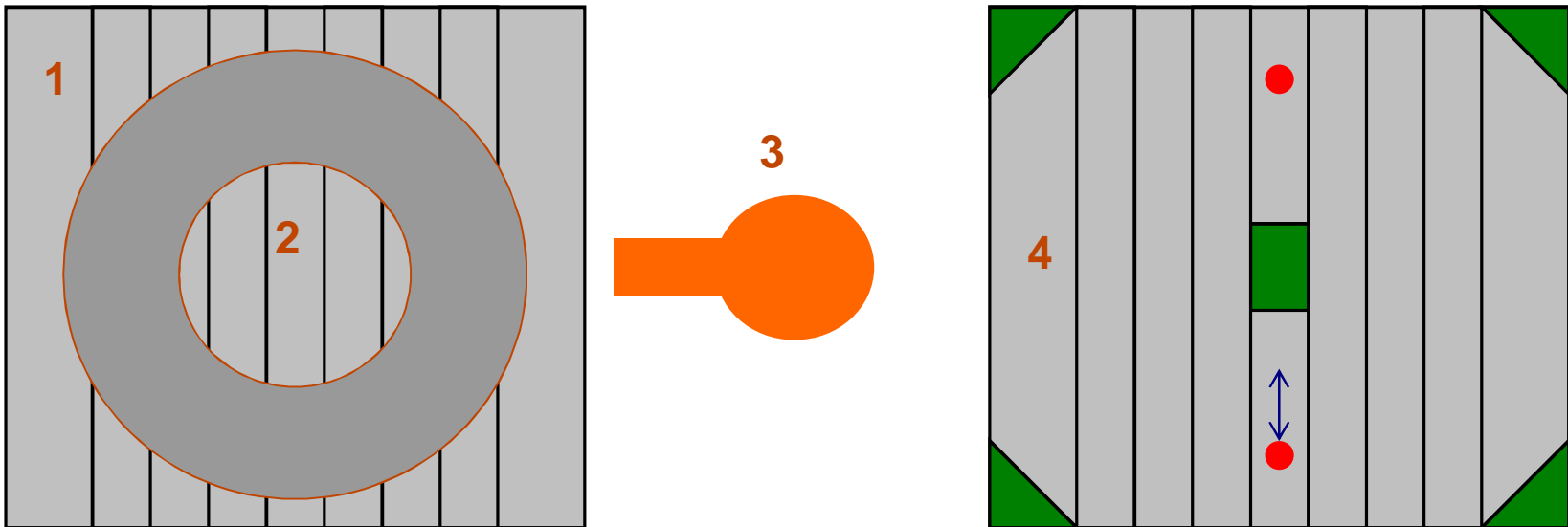


Roottorilevyjen selvittely

- Prosessin kulku:
 - Operaattori tuo selviteltävän lavan robottiasemaan
 - Ylin levy kuvataan ja sen paikka sekä rotaatitieto annetaan robotille
 - Robotti poimii ylimmän levyn
 - Robotti asettaa poimimansa levyn kantoalustalle kameran antamien paikkatietojen avulla (kantoalustan keskitintapit ovat kartiomaiset yläpäästään ja ohjaavat levyä tarvittaessa)
 - Poimintasykliä toistetaan kunnes selvitettäväksi tuotu lava on tyhjä
 - Mikäli varastoautomaatti ei ole käytössä yksi vaihtoehto kantoalustojen vaihdolle on se, että robotti poimii tyhjiä kantoalustojen pinosta aina uuden alustan kun edellinen on täyttynyt ja pinoaa näin päällekkäin monta täyttä kantoalustaa

Roottorilevyjen selvittelyrobotit, 2 kpl

1. Lava josta roottorilevyt poimitaan, alla saksipöytä, jotta kameran kuvauskorkeus pysyy aina samana. Voi olla myös kaksi lavaa per roboti, jos miehittämättömän ajon tarve on suurempi
2. Kamera tarkistamassa ylimmän roottorilevyn tarkka asema (kamera joko kiinteästi lavapaikan päällä tai kiinni robotin tarttujassa. Kiinnitys robottiin vaatii sovellustestin, mutta jos se onnistuu säästyy saksipöydän hinta koska sitä ei siinä tapauksessa tarvita)
3. Robotti "ravistavalla imutarttujalla"
4. Roottorilevyn kantoalusta jonne levyt ladotaan



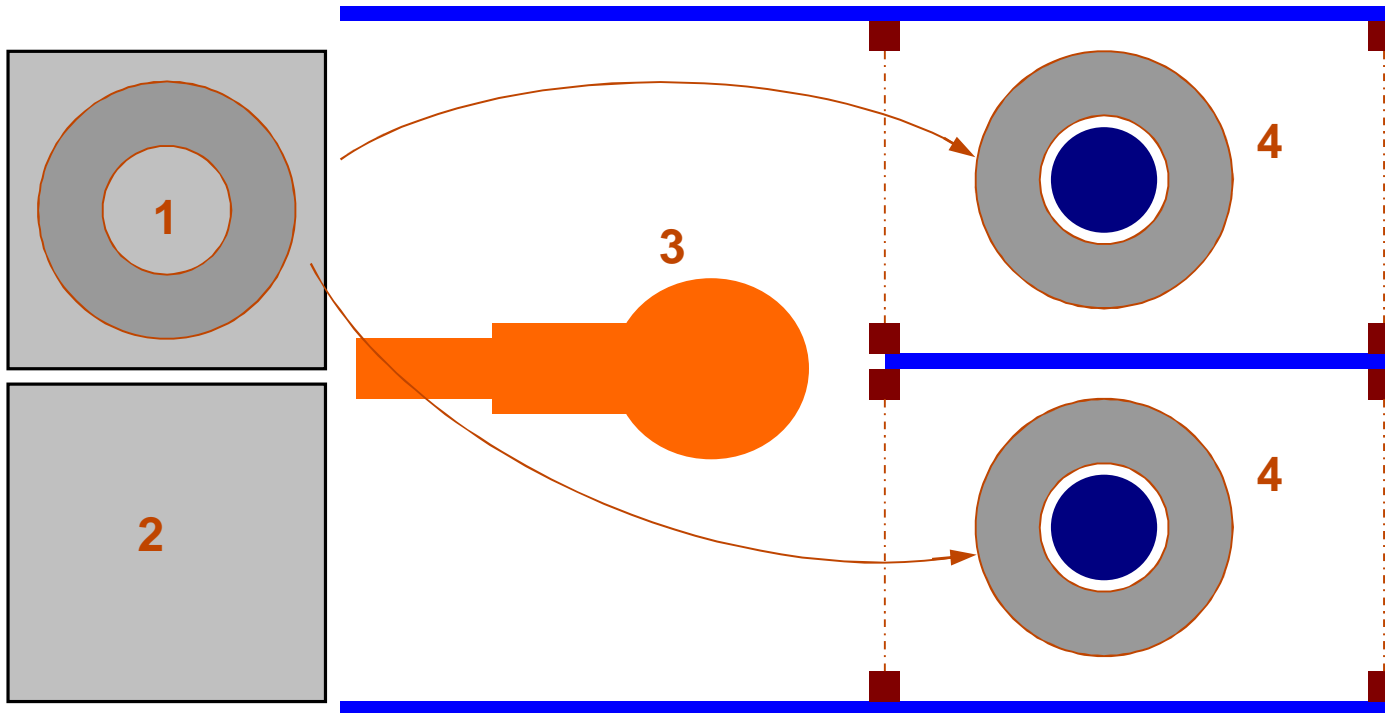
Roottorilevypinon tuurnalle asetus

- Prosessin kulku:
 - Nykyinen hyllystöhissi (tai varastoautomaatti) tuo robotin ulottuville lavan jossa pinottuja kantoalustoja (tai hyllyn jossa kolme kantoalustaa vierekkäin)
 - Robotin tarttuja paikoittaa kantoalustan ennen roottorilevypinon tartuntaa. Näin saavutetaan tarvittava tarkkuus roottorilevypinon tartunnassa. Esisuunnittelun tuloksena voi löytyä muitakin tapoja saada tarkkuus pinon tartuntaan tai esim. mitata se ennen tuurnalle asetusta
 - Robotti poimii levypinon
 - Robotti asettaa poimimansa levypinon tuurnalle
 - Tuurna tekee keskitysliikkeen ennen seuraavan pinon asetusta
 - Poimintasykliä toistetaan kunnes tuurna on täytetty ohjelmoituun mittaan

Roottorilevypinon asetusrobotti

1. Roottorilevyn kantoalustapino josta roottorilevypinot noudetaan (tai varastoautomaatin hyllytaso jossa kolme alustaa vierekkäin)
2. Tyhjien kantoalustojen pino (ei tarvetta jos käytetään varastoautomaattia)
3. Robotti (säädettävällä tarttujalla) joka poimii levypinot alustalta ja asettaa ne tuurnalle
4. Roottorituurna. Jos käyttötarkoitus laajenee, niin sama robotti kahdella tuurnapaikalla ehtii vähintään kaksinkertaiseen kapasiteettiin nykyiseen tarpeeseen verrattuna

Robotti ohjaa tuurnan liikkeitä asettelun aikana!



Esisuunnittelu

- Suosittelemme, että ennen varsinaista tarjousvaihetta tehtäisiin esisuunnittelu seuraavien asioiden varmistamiseksi:
 - Kantoalustan toimintaperiaate
 - Välivaraston toteutus (nykyinen hyllystöhissi vai varastoautomaatti)
 - Molempien robottien tarttijat (saadaanko säätötarve kokonaan poistettua ja olisiko esim. kaksi vaihtotarttujaa parempi kuin yksi säädettävä tarttuja)
 - Konenäkö kiinni robottiin. Säästettäisiin saksipöytä ja sen ohjaus jos kamera voitaisiin kiinnittää robottiin
 - Kapasiteetti, eli molempien vaiheiden simulointi tarkan kapasiteetin määrittämiseksi

Power and productivity
for a better world™



Arvostelukriteeri	Painoarvo	AJ-Automation		
		ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet
Asennus	0,05	vaikea	1	0,05
Automatisointi aste	0,1	korkea	3	0,3
Ergonomia	0,1	hyvä	2	0,2
Kapasiteetti s/levy	0,15	noin 7	1	0,15
Käytetyt robottimerkit	0,1	ABB	3	0,3
Luotettavuus	0,1	erinomainen	3	0,3
Manuaalinen ladonta	0,05	hyvä	2	0,1
Miehittämätön ajo	0,1	mahdollista	2	0,2
Muunneltavuus	0,1	hyvä	3	0,3
Robottien määrä	0,05	3	2	0,1
Turvallisuus	0,1	hyvä	2	0,2
Yhteensä	1,00		24	2,2

Arvostelukriteeri	Painoarvo	Fastems		
		ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet
Asennus	0,05	kohtalainen	2	0,1
Automatisointi aste	0,1	kohtalainen	1	0,1
Ergonomia	0,1	hyvä	2	0,2
Kapasiteetti s/levy	0,15	noin 3,6	2	0,3
Käytetyt robottimerkit	0,1	Fanuc	1	0,1
Luotettavuus	0,1	hyvä	2	0,2
Manuaalinen ladonta	0,05	huono	1	0,05
Miehittämätön ajo	0,1	huono	1	0,1
Muunneltavuus	0,1	huono	1	0,1
Robottien määrä	0,05	2	2	0,1
Turvallisuus	0,1	hyvä	2	0,2
Yhteensä	1,00		17	1,55

Arvostelukriteeri	Painoarvo	ABB Robotics		
		ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet
Asennus	0,05	vaikea	1	0,05
Automatisointi aste	0,1	hyvä	2	0,2
Ergonomia	0,1	hyvä	2	0,2
Kapasiteetti s/levy	0,15	noin 4	2	0,3
Käytetyt robottimerkit	0,1	ABB	3	0,3
Luotettavuus	0,1	erinomainen	3	0,3
Manuaalinen ladonta	0,05	hyvä	2	0,1
Miehittämätön ajo	0,1	mahdollista	2	0,2
Muunneltavuus	0,1	kohtalainen	2	0,2
Robottien määrä	0,05	3	2	0,1
Turvallisuus	0,1	hyvä	2	0,2
Yhteensä	1,00		23	2,15