

Manu Suomalainen

Väliseinäelementtitehtaan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.4.2017

Tekijä(t) Otsikko	Manu Suomalainen Järjestelmäseinäelementtitehtaan tuotannonohjaus ja -suunnittelu
Sivumäärä Aika	38 sivua + 4 liitettä 25.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotanto
Ohjaaja(t)	Rakentamisen tuotannon & projektihallinnan yliopettaja Mika Lindholm Talouspäällikkö Tarja Vorho
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kustannustehokkaampi tuotantoprosessi yrityksen väliseinäelementtituotantoon sekä luoda prosessikuvaus tuotannon toiminnasta.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin aluksi tuotannonohjauksen ja -suunnittelun teoriaan yleisesti. Tämän jälkeen luotiin kuvaukset nykyisen Inline-väliseinäelementtituoteperheen tuotteista sekä elementtien valmistusprosessista.</p> <p>Tuotannon ja tuotantolinjaston nykytilaa arvioitiin tuotannon työntekijöille tehdyllä teema-haastattelulla jonka perusteella mietittiin vanhan linjaston kehityskohtia. Näitä kehityskohtia parantamalla luotiin uusi kustannustehokkaampi tuotantolinjasto. Kustannustehokkuutta vertailtiin vanhan ja uuden linjaston välillä sekä laskettiin uuden linjaston investoinnin takaisinmaksuaika.</p> <p>Työn tuloksena saatiin pohja uuden kustannustehokkaan väliseinäelementtilinjaston rakentamiselle.</p>	
Avainsanat	tuotannonohjaus, tuotannosuunnittelu, väliseinäelementti

Author(s) Title Number of Pages Date	Manu Suomalainen Production management at a partition element factory 38 pages + 4 appendices 25 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Production
Instructor(s)	Mika Lindholm, Principal Lecturer Tarja Vorho, Finance Manager
<p>This thesis was commissioned by Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy. The purpose of this thesis was to create a more cost-efficient process for manufacturing partition elements and to create a process overview of how the production works.</p> <p>The theoretical section discusses the theory of production management and production planning in general. After this, it describes the current Inline product family and the manufacturing process.</p> <p>The current state of the production and manufacturing process was evaluated by arranging an interview for the production staff. The development needs were considered based on the interviews. By bettering these development points in production, a new, more cost-efficient manufacturing process was planned.</p> <p>The cost-efficiency was compared between the old and the new manufacturing process. The repayment time of the investment in a new manufacturing line was calculated on the basis of the quotation.</p> <p>A good base for building the new cost-effective production line was gained as a result.</p>	
Keywords	production management, production planning, inner wall element

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Rakennustoimisto Insinööriinija Oy	3
1.2	Tausta ja tavoitteet	3
1.3	Tutkimusmenetelmät	5
2	Tuotannonohjaus ja -suunnittelu	7
2.1	Karkea- ja hieno-ohjaus	8
2.2	Työntö- ja imuohjaus	9
2.3	Tilauksen kohdennuspiste	10
2.3.1	Varasto-ohjautuva tuotanto	11
2.3.2	Tilauksesta kokoonpano	11
2.3.3	Tilauksesta valmistus	11
2.3.4	Tilauksesta suunnittelu	11
2.3.5	Lean ja JIT	12
2.4	Läpimenoaika	12
3	InLine-väliseinäelementti	14
3.1	InLine-väliseinäelementtien perusominaisuudet	14
3.1.1	Elementtien liittäminen toisiinsa	16
3.2	Elementtityypit	18
3.2.1	Peruselementti	18
3.2.2	Ääntä eristävä elementti	18
3.2.3	Turvaseinäelementit	19
3.2.4	Palonkestävä elementti	20
4	Tuotantoprosessin kehittäminen	21
4.1	Prosessikuvaus	21
4.1.1	Nykyinen tuotantoprosessi	21
4.2	Vanhan tuotantolinjan kehitystarpeet	25
4.2.1	Raakamateriaalin vastaanotto ja varastointi	25
4.2.2	Tilauksen vastaanotto ja suunnitelmien tekeminen	26
4.2.3	Aisojen teko ja elementin kasaus	27

4.2.4	Elementin liimaus ja puristus	27
4.2.5	Elementin särmäys	28
4.2.6	Vaarnauran ja varjourien jyrshintä	28
4.2.7	Maalaus	29
4.3	Uusi tuotantolinja	30
4.3.1	Raakamateriaalin vastaanotto ja varastointi	31
4.3.2	Tilauksen vastaanotto ja suunnitelmien tekeminen	31
4.3.3	Aisojen teko ja elementin kasaus	33
4.3.4	Elementin liimaus ja puristus	34
4.3.5	Elementin särmäys	35
4.3.6	Vaarnauran ja varjourien jyrshintä	36
4.3.7	Maalaus	36
4.4	Uuden tuotantolinjan kustannusvaikutukset	37
5	Johtopäätökset	38
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Työntekijöiden teemahaastattelu	
	Liite 2. Uuden tuotantolinjaston layout	
	Liite 3. Uuden tuotantolinjaston kustannusarvio	
	Liite 4. Uuden tuotantolinjaston kustannusvaikutukset	

1. Johdanto

1.1 Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy

Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy on vuonna 1993 perustettu rakennusalan yritys. Sen liikevaihto vuonna 2015 oli 9,8 miljoonaa euroa ja se työllistää noin 25 henkilöä. Yrityksen toimisto- ja tuotantotilat sijaitsevat Pyhtään Siltakylässä. Yrityksen päätoimialat ovat rakentamisliiketoiminta sekä seinäelementtituotanto. Rakentamisalalla se tekee töitä sekä yksityisellä, että julkisella sektorilla ja sen erikoisalaa on liike- ja toimitilarakentaminen.¹

Seinäelementtituotanto käsittää rakennuksen ulkoseinäelementtien sekä kevyiden väliseinäelementtien tuotantoa. Molempia valmistetaan tuotantotiloissa jotka ovat yhteispinta-alaltaan noin 1500 m². Tuotantotilat on jaettu metallityöverstaaseen, väliseinäelementtilinjastoon, maalaamoon sekä uuteen tuotantohalliin, jossa valmistetaan ulkoseinäelementtejä sekä jatkossa väliseinäelementtejä.

1.2 Tausta ja tavoitteet

Insinöörilinja Oy on päättänyt panostaa omien tuotteiden ja tuotannon kehittämiseen voimakkaasti vuosien 2015–2017 ajanjaksolla, jotta yrityksen asettamat kasvutavoitteet voidaan täyttää ja henkilöstön työllisyys turvata epävakailta rakennustuotemarkkinoilla.

Muuttuneiden asiakas- ja viranomaisvaatimusten takia yrityksen omaan InLine-tuoteperheen kehitykseen halutaan panostaa jotta kilpailukyky voidaan säilyttää sekä asiakastarpeet tyydyttää. Tämä vaatii tuotannon ja tuotteiden kehitystyön lisäksi runsaasti erilaisia testauksia (esimerkiksi palonkestävyys, äänieristys, säteily ja lujuus), jotta tuotteet täyttäisivät tämän päivän ja tulevaisuuden vaatimukset.

Tuotekehityksellä lisätään väliseinäelementtien käyttötarkoituksia muun muassa parantamalla palo- ja ääneneristävyysluokituksia sekä estetiikkaa. Tuotteille tullaan hakemaan tulevaisuudessa CE-merkintä. Sertifioiduilla tuotteilla nähdään olevan kysyntää

¹ Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy, internetsivut <http://www.insinoorilinja.fi/>

myös kansainvälisillä markkinoilla, josta kasvua mahdollisesti haetaan, mikäli markkinaselvitys osoittaa että tuotteille on kysyntää myös kotimaan ulkopuolella.

Yritys on laajentanut tuotantotilojaan uudella tuotantohallilla jossa valmistetaan muun muassa InLine-väliseinäelementtejä. Tuotantotiloihin ei ole vielä tehty väliseinäelementtien osalta suunnitelmia koneiden sekä muiden tuotantolaitteiden asettelusta ja muutenkin tuotantoprosessi on vielä hyvin tehostamaton. Väliseinäelementtien valmistuksen osalta uuden tuotantohallin tehdassuunnittelu on toteuttava hyvin ennen tuotannon käynnistämistä. Tällä taataan kilpailukykyinen, tehokas ja logistisesti sujuva tuotanto.

Rakennustoimisto Insinööri linja näkee laadunvalvonnan merkityksen korostuvan lähitulevaisuudessa asiakkaiden vaatimusten kautta, minkä vuoksi sertifioidun laatujärjestelmän toimintaedellytyksiä halutaan parantaa. Laatujärjestelmään keskeisenä kuuluva toiminnan kuvaaminen tukee henkilöstön työhyvinvointia täsmentyneiden työohjeiden ja kokonaisuuden hahmottamisen kautta jolloin tuotannon johtaminen ja seuranta helpottuu. Lisäksi laatujärjestelmä tukee yrityksen kansainvälistymisasiakeita. Tällä hetkellä prosessikuvaukset väliseinäelementtien valmistuksesta puuttuvat ja asentajille ei ole tehty kirjallista ohjeistusta asennuksesta.

Edellä mainittujen toimintojen lisäksi Insinööri linja haluaa kehittää yrityksen markkinointia, joka tukee merkittävästi erityisesti omien tuotteiden kysynnän lisäämistä. Tällä hetkellä suunnitelmallista markkinointia näkyvyyden parantamiseksi ei juurikaan tehdä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda suunnitelma tuotantolinjasta, jolla yritys tekee väliseinäelementtejä. Reunaehtona linjalle on se, että yritys pystyy täyttämään tilattujen elementtien vaatimukset laadusta, määrästä ja toimitusajasta.

Opinnäytetyössä luodaan kirjallinen kuvaus inline-väliseinäelementtituoteporheesta, ja lisäksi luodaan prosessikaavio vanhasta tuotantoprosessista. Teoriaan perustuvan tiedon ja tuotannon työntekijöiden haastatteluiden pohjalta laaditaan uusi tuotantoprosessi olemassa olevia koneita ja välineitä käyttäen. Uuteen tuotantohalliin siirretään koneet vanhasta tuotantolinjastosta ja kustannustehokkuutta sekä tuotantonopeutta pyritään parantamaan näiden uudelleen sijoittelulla sekä kehittämällä uusia työmenetelmiä. Uusia tuotantokoneita ei ole tarkoitus hankkia vielä tässä vaiheessa vaan niiden tarpeellisuutta tarkastellaan myöhemmin.

Väliseinäelementtituotannon ISO 9001 -laatujärjestelmän suunnittelu- ja rakentaminen aloitetaan soveltuvien osin tämän opinnäytetyön pohjalta.

Lisäksi selvitetään kuinka väliseinäelementtituotanto voi osaltaan tukea myös yrityksen muuta rakennustoimintaa, esimerkiksi tarjoamalla tilaajalle vaihtoehtoja väliseiniin ja tilanjakoelementteihin. Opinnäytetyön materiaaleja voidaan käyttää tukimateriaalina yrityksen markkinointitarkoituksiin.

Tutkimuksen tuloksena saadaan uusi tuotantomalli, jonka perusteella yritys muokkaa omia käytäntöjään. Prosessikuvauksien tarkoituksena on tuottaa yrityksen työntekijöille ohjeet, kuinka väliseinäelementin valmistus voidaan tehdä mahdollisimman tehokkaasti, huomioon ottaen myös varastointi sekä logistiikka tuotantohallilta asennuskohteeseen.

Näkökulma tässä tutkimuksessa on Rakennustoimisto Insinööriinjan väliseinäelementtituotannon toteutuksessa sen omassa tuotantohallissa Pyhtäällä. Tämä tutkimus ei sovellu suoraan muiden yritysten elementtituotantoon.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusaineistona työssä käytetään tuotannosuunnittelusta ja -ohjauksesta tehtyä kirjallisuutta, uusista tuotantotiloista tehtyä projekti- ja liiketoimintasuunnitelmaa, yrityksen työntekijöiden haastatteluja sekä mahdollisuuksien mukaan yritetään käydä tutustumassa samansuuntaisia tuotteita tekevien yritysten tuotantotiloihin ja toimintajärjestelmiin.

Tutkimuksessa tutustutaan olemassa olevaan kirjallisuuteen tuotannonohjauksesta ja -suunnittelusta ja teoriaa sovelletaan käytännössä tuotantohallin järjestelyissä. Teoriaa sovelletaan niin, että tuotantohallin tehokkuus saadaan maksimoitua ja täten kustannuksia leikattua mahdollisimman pieneksi. Olemassa olevat koneet tulee sijoittaa tuotantohalliin teoriaan ja käytännön kokemukseen perustuen.

Prosessikuvaukset päivitetään käyttämällä vanhoja prosessikuvauksia sekä haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä jotka ovat aiemmin tehneet elementtejä vanhassa tuotantohallissa. Uusissa prosessikuvauksissa otetaan huomioon muuttuneet tuotanto-

olosuhteet. Lisäksi otetaan osaa väliseinäelementin valmistukseen ja valmistusprosessi dokumentoidaan valokuvoin. Valokuvia käytetään osaltaan prosessikuvauksessa.

2 Tuotannonohjaus ja -suunnittelu

Liiketoiminnassa tuotannonohjauksen käsite voidaan liittää kaikkeen toimintaan, jossa henkilö- ja/tai koneresursseja käytetään tuotteiden tai palveluiden tuottamiseksi asiakkaalle. Kone- ja henkilöresurssien suhde voi vaihdella huomattavasti riippuen siitä, kuinka paljon käsityötä joudutaan käyttämään tuotteen valmistuksessa. Käsityövaltaisessa tuotannossa palkkakustannukset sivukuluineen ovat luonteeltaan muuttuvia kustannuksia kun taas pitkälle automatisoidussa tehtaassa tuotannon investointien kustannukset ovat luonteeltaan kiinteitä ja ne ovat olemassa vaikka tuotantoa ei syntyisi.²

Valmistusyrietyksessä tuotantotoimintaan liittyy aina myös materiaalivirta, eli raaka-aineita ostetaan tehtaalle jossa niistä jalostetaan lopputuote. Materiaalivirtausta tapahtuu henkilö- tai koneresurssien käyttämisen yhteydessä ja koska materiaalit aiheuttavat sekä suoria, että välillisiä kustannuksia, on niiden hankkimisen ja käytön ohjaus liitettävä kone- ja henkilöresurssien ohjaukseen.³

Tuotannonohjauksen kolme tärkeintä tavoitetta on varmistaa toimintavarmuus, kapasiteetin korkea käyttöaste sekä minimoida sitoutunut vaihto-omaisuus. Asiakassuuntautunut markkinointi asettaa tuotannonohjaukselle lisäksi ulkoisia tavoitteita:

- Tuotantokustannusten sopeutus kilpailutilanteeseen
- Tuotteiden tulee mukautua rakennemuutoksiin
- Toimitusaikojen tulee olla nopeita ja täsmällisiä
- Laadun tulee vastata asiakkaan odotuksia⁴

Tuotannonohjausjärjestelmä on usein yritysکوhtainen ratkaisu, joka voi olla joko manuaalinen tai tietokonepohjainen sovellus tai niiden sekoitus. Se on informaatiojärjestelmä, jonka tehtävänä on tuottaa kaikki tuotannonohjauspäätösten pohjana oleva informaatio. Jos tuotantoprosessi on monimutkainen, on sitä vastaava tuotannonohjausjärjestelmäkin monimutkainen. Jos taas prosessi on yksinkertainen, pärjätään yksinkertaisemmalla ohjausjärjestelmällä.⁵

^{2,3} Häkkinen, Kai. 2004. *Tuotannonohjaus pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa*. s.15

⁴ Häkkinen, Kai. 2004. *Tuotannonohjaus pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa*. s.16

⁵ Häkkinen, Kai. 2004. *Tuotannonohjaus pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa*. s.18

Tuotannonohjausmuodot voivat vaihdella yrityksen sisällä riippuen läpimenoajasta ja toimitusaikavaatimuksista. Ohjausmuoto voi vaihtua myös tuotteittain, valmistusvaiheittain sekä kysynnän mukaan.⁶

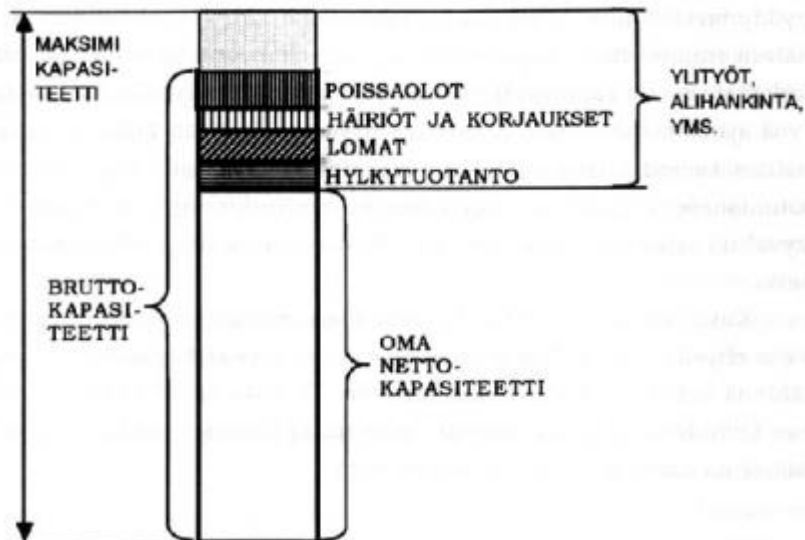
2.1 Karkea- ja hieno-ohjaus

Tuotannonohjaus voidaan jakaa kahtia karkeaohjaukseen sekä hieno-ohjaukseen.

Karkeaohjaus antaa kuvan yrityksen kapasiteetista ja kapasiteetin käytöstä. Karkeaohjaukseen liittyy kaikki tuotantoon vaikuttavat muuttujat, kuten henkilökunta, laitteet ja raaka-aineet (kuva 1). Siinä suunnittelua tehdään pitkällä aikavälillä ja usein se pohjautuu ennusteisiin sekä tiedossa oleviin projekteihin perustuen.

Sen osatehtävinä on:

- Työllisyysennusteiden laatiminen
- Kuormitusilanteen seuraaminen
- Valmistusohjelmien laatiminen
- Pitkää toimitusaikaa vaativien raaka-aineiden tilaaminen
- Tilauksia koskevien tietojen toimittaminen markkinoille
- Valmistuksen aloittamisen ja päättymisen valvominen.



Kuva 1. Kapasiteetin osatekijät⁷

⁶ Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkojulkaisu.

⁷ Kilpeläinen, Tauno.2011. *Tuotantotalouden peruskäsitteet*. s.186

Helposti ohjattavassa tuotannossa karkeaohjaus voi olla täysin riittävä tuotannon tehokkaalle hoitamiselle.⁸

Hieno-ohjausta käytetään lyhyen ajan tuotannosuunnitteluun silloin, kun karkeaohjaus ei ole riittävän kattava tuotannonohjausta ajatellen. Hieno-ohjauksen perustana toimii tehokas karkeaohjaus, jota tarkennetaan yksityiskohtaisesti työvaiheiden ja kuormitusryhmien mukaan. Sen tuloksena saadaan tarkka valmistusohjelma joka voidaan tarvittaessa jakaa vielä ajo-ohjelmiksi. Hieno-ohjauksen suunnittelussa tulee tietää valmistusmäärä, tuoterakenne, työvaihetiedot sekä kuvata materiaalin hallinta. Näistä materiaalin hallinta on ensisijaisen tärkeää, jotta osat tulevat kokoonpanoon juuri oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. Tämä taas pitää läpimenoajat mahdollisimman lyhyinä ja kuormituksen tasaisena.⁹

2.2 Työntö- ja imuohjaus

Työntöohjaus ja imuohjaus ovat tunnetuimmat tuotannon ohjausperiaatteet.

Työntöohjauksessa ennakoidaan materiaalitoimitukset sekä varastontäydennykset perustuen suunniteltuun valmistusaikatauluun. Siinä edellinen työvaihe ohjaa aina seuraavaa, eli seuraava työvaihe käynnistyy kun edellinen työvaihe on valmis. Se soveltuu hyvin käyttöön silloin, kun materiaaleja tai kapasiteettia on rajoitetusti ja resurssien käyttö on optimoitava. Siinä hyödynnetään materiaaltarvesuunnittelua tai -laskentaa ja sen edellytyksenä on, että kysyntä tiedetään vähintään viikkotasolla. Siksi sen hyödyntäminen on vaikeaa silloin, kun kysyntä tai menekki vaihtelee paljon.¹⁰

Imuohjauksessa materiaalivirtaa hallinnoidaan tulevaisuuden tarpeen mukaan. Siinä tuotteet valmistetaan vain kysynnän mukaisesti ja varastoja täydennetään välittömän tarpeen perusteella. Imuperiaatteella toimitaan silloin kun materiaaleja ja kapasiteettia on riittävästi.

⁸ Kilpeläinen, Tauno.2011. *Tuotantotalouden peruskäsitteet*. s.185

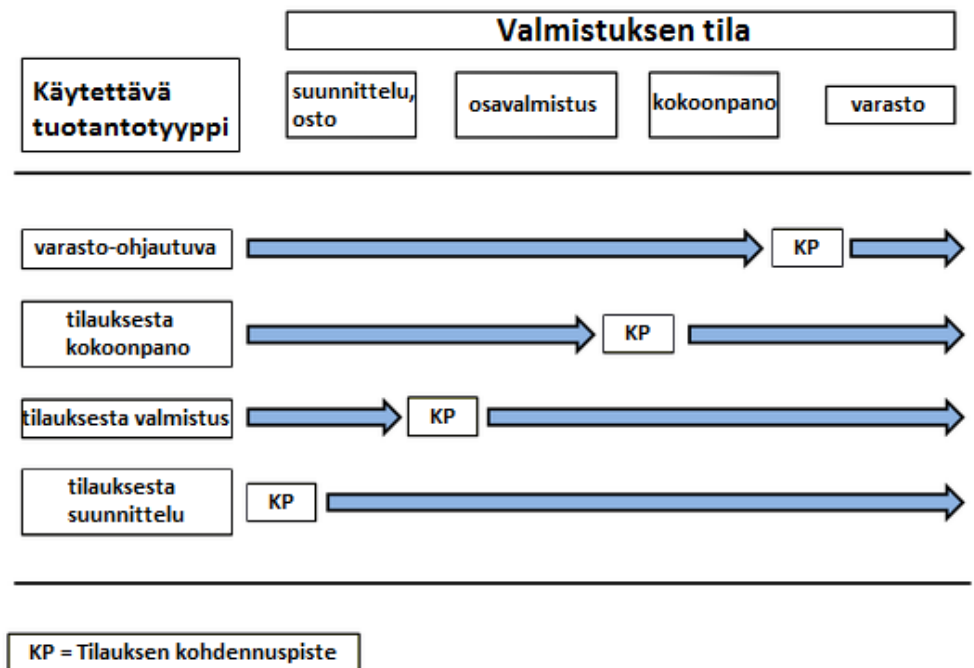
⁹ Kilpeläinen, Tauno.2011. *Tuotantotalouden peruskäsitteet*. s.197

¹⁰ Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkajulkaisu.

Työntö- ja imuohjauksen erona on, että työntöohjauksessa tavaroita valmistetaan varastoon tuotantosuunnitelman perusteella, kun taas imuohjauksessa tavaroita tehdään asiakastilausten mukaan.¹¹

2.3 Tilauksen kohdennuspiste

Kohdennuspiste on se kohta materiaalivirrassa, jossa tuote kiinnitetään asiakkaalle (kuva 2). Niiden perusteella määräytyy kyseistä kohdennuspistettä vastaava tuotantotyyppi. Näitä tuotantotyyppisiä on varasto-ohjautuva tuotanto, tilauksesta kokoonpano, tilauksesta valmistus ja tilauksesta suunnittelu.¹²



Kuva 2. Tilauksen kohdennuspisteen vaikutus käytettävään tuotantotyyppiin.

Mitä lähempänä asiakasta (kuvassa oikealla) kohdennuspiste on, sitä lyhyempi on tilauksen toimitusaika.

^{11,12} Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkojulkaisu.

2.3.1 Varasto-ohjautuva tuotanto

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa kohdennuspiste on loppuvarastossa ja asiakkaalle toimitetaan tuote suoraan varastosta. Kun varastosta lähtee tavaraa, alkaa korvaavan tuotteen valmistus. Tilauksen kohdennuspiste on lähinnä asiakasta ja toimitusajat ovat lyhyitä. Varasto-ohjautuva tuotanto sopii tilanteisiin, joissa toimitusajan tulee olla lyhyt ja tuotteen menekin ennustettavuus on hyvä. Jos ennusteet eivät osu kohdalleen, on tuloksena varastossa seisovaa tavaraa johon on sidottu pääomaa.¹³

2.3.2 Tilauksesta kokoonpano

Tilauksesta kokoonpano tarkoittaa sitä, että kun asiakas tekee tilauksen alkaa tuotantolaitoksessa lopputuotteen kasaus puolivalmisteista. Sitä käytetään tapauksissa, joissa lopputuote koostuu moduleista, joista voidaan yhdistellä sopiva lopputuote. Toimitusaika on lyhyehkö ja asiakkaalla on mahdollisuus yhdistellä haluamansa ominaisuudet eri modulivaihtoehdoista. Lisäksi varastoon on sidottu vähemmän pääomaa, koska moduleita on vähemmän kuin niistä saatavia kombinaatioita.¹⁴

2.3.3 Tilauksesta valmistus

Tilauksesta valmistuksessa tuotteen valmistus alkaa vasta kun asiakas tilaa tuotteen ja lopputuotevarastoa ei ole vaan tuotannon varastoissa on keskeneräistä tuotantoa sekä materiaaleja, komponentteja ja osia. Sitä käytetään, kun tuotettava määrä on suhteellisen pieni verrattuna eri lopputuotevarianttien määrään. Tällöin kaikkien eri vaihtoehtojen pitäminen varastossa sitoisi suhteettoman paljon pääomaa verrattuna menekkiin. Tilausajat ovat suhteellisen pitkiä, mutta toisaalta taas tuotevalikoima voidaan pitää erittäin laajana.¹⁵

2.3.4 Tilauksesta suunnittelu

Tilauksesta suunnittelussa kohdennuspiste sijaitsee kauimpana asiakkaasta. Siinä tuote valmistetaan asiakkaan tilauksesta, mutta tilaus sisältää myös tuotesuunnittelua. Tarvittavat materiaalit ja komponentit hankitaan asiakkaan tilauksen mukaan. Näin voi-

^{13,14,15} Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkojulkaisu.

daan valmistaa täysin yksilöllisiä tuotteita asiakkaalle. Tilausaika kyseisessä on kaikkein pisin näistä neljästä.¹⁶

2.3.5 Lean ja JIT

Näiden neljän lisäksi on olemassa vielä vaihtoehtoisia tuotantotyyppisiä, joista tunnetuimmat ovat Lean ja JIT. Nämä molemmat ovat asiakasohjautuvia tuotantomuotoja.

Lean-periaatetta käytetään sellaisten tuotteiden valmistuksessa, joiden elinkaari on pitkä ja joiden kysyntä on ennustettavaa. Tyypillisesti tällaisten tuotteiden katteet ovat melko pienet ja siksi pyritäänkin minimoimaan kaikki turhat osat tuotantoprosessista. Siinä tuotannon läpimenoaikaa pyritään minimoimaan niin, että tilauspohjainen tuotanto on mahdollista ja tuote toimitetaan suoraan asiakkaalle, jolloin esimerkiksi varastointikustannukset jäävät mahdollisimman alhaisiksi.

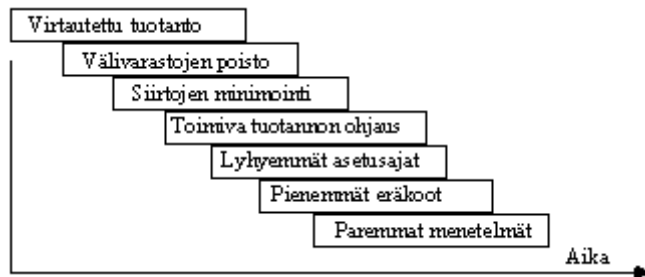
Myös JIT-tuotannossa varastoinnin määrää pyritään vähentämään sekä saavuttamaan tasapaino kysynnän ja tarjonnan välillä. Sen ideana on poistaa kaikki turhat toimenpiteet, tuhlaus ja virheet, nopeuttaa läpimenoaikoja, lyhentää tai poistaa odotusajat, parantaa laatua sekä pienentää eräkokoja ja varastoja. Tarvittavat materiaalit hankitaan tuotannon tarvitsemisessa erissä. Sitä käytetään suuria määriä valmistavissa kokoonpanotehtaissa ja se ei sovi tuotantolaitoksiin, joiden asiakkaat haluavat vaihtelevia tuotteita ja tuotteiden kysyntä ei ole tasaista.

2.4 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka tuotteella kestää mennä tuotantolinjan alusta loppuun, eli siis kuinka kauan tuotteen valmistus kestää (kuva 3). Suurin osa läpimenoajasta on yleensä odotusaikaa ja vain pieni osa siitä on itse valmistustyötä. Mitä monimutkaisempi tuotantoprosessi on ja mitä enemmän siinä on työvaiheita, niin sitä enemmän siinä on myös odotusaikaa ja täten läpimenoaikakin on pidempi. Läpimenoaika onkin yksi tärkeimmistä mittareista vertaillessa tuotantojärjestelmien tehokkuutta.

¹⁶ Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkojulkaisu.

Tuotannossa koneiden tuotantonopeus on usein määräävä tekijä läpimenoajalle ja koneet voivat olla pitkään varattuina ainoastaan yhden vaiheen tekemisessä. Tästä syystä koneiden tulisi olla sellaisia, että niillä voidaan tehdä useampi vaihe kerrallaan tai vaihtoehtoisesti useampi kappale kerrallaan.



Kuva 3. Läpäisyajan lyhentämisen keinoja¹⁷

¹⁷ Peltonen, Aarne. 1998. *Tuottava tehdas*. Verkkojulkaisu.

3 InLine-väliseinäelementti

Rakennustoimisto InsinööriLinja Oy:n oma tuotanto käsittää väliseinäelementtien, turvaseinien, asiakaspalvelupisteiden (kalusteet), kennolevyjen ja säteilyturvaseinien valmistusta.

3.1 InLine-väliseinäelementtien perusominaisuudet

Siirreltäviä InLine-väliseinäelementtejä käytetään tilanjakoon esimerkiksi liiketiloissa ja kauppakeskuksissa. Niitä voidaan käyttää vaihtoehtona perinteisille väliseinille silloin, kun tilojen käyttötarkoitus muuttuu säännöllisesti ja tilojen muokattavuus tulee olla nopeaa. Niitä voidaan käyttää myös esimerkiksi suojaseininä rakennustyömailla silloin kun suojaseinän teko ei saa häiritä asiakasliikennettä, aiheuttaa meluhaittaa tai pölyä ja roskaa. Elementit ovat purettavissa ja uudelleen käytettävissä.

Elementit ovat monikerroksisia sandwich-rakenteita, joiden osat ovat liimattu ja puristettu kiinni toisiinsa (kuva 4). MDF-levyjen ja rungon väliin voidaan asentaa käyttötarkpeesta riippuen erilaisia materiaaleja jotta toivotut seinäelementin ominaisuudet saavutetaan. Tällä hetkellä mallistossa on tavalliset, äänieristetyt, palosuojatut, säteilyä estävät sekä luodinkestävät väliseinäelementit. Elementin pintana voidaan käyttää erilaisia pinnoitettuja levyjä kuten puuviilut, jalopuujäljitelmät ynnä muut. Ääneneristystä tai palosuojasta haettaessa eristeivillana käytetään kunkin elementin runkopaksuuteen sopivaa kivivillaa.



Kuva 4. Inline-väliseinäelementtien pienoismalleja

Elementtien vakiokoko on 900x2790x60mm. Elementtien paksuus-, leveys- tai korkeusmittoja voidaan muuttaa tarpeen mukaan seuraavin ehdoin:

- elementin korkeutta voidaan pienentää
- elementin paksuutta voidaan kasvattaa
- elementin materiaaleja voidaan paksuntaa
- elementin muita sivumittoja voidaan pienentää, paitsi paksuutta.

Elementtijärjestelmään kuuluvilla alumiinisilla listoilla voidaan seinään muodostaa 90 tai 135 asteen kulmia, jolloin erimuotoisten huoneiden ja seinäkkeiden teko on mahdollista.

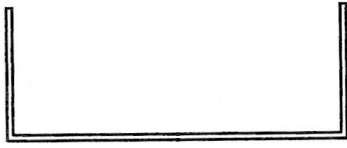
3.1.1 Elementtien liittäminen toisiinsa

Elementit liitetään toisiinsa ruuvaamalla. Lisäksi elementtien väliseen uraan asennetaan mdf-soiro, jota kutsutaan vaarnalistaksi. Elementtien ala- ja yläpäät kohdistetaan toisiinsa U-listoilla jotka tukevoittavat rakenteen, estävät elementtejä liikkumasta sivuttaissuunnassa ja toimivat samalla jalkalistana (kuva 5). Elementtiseinän alapää on mahdollista tehdä myös piilokiinnityksellä jolloin elementin alapäähän ajetaan asennusura jyrkimellä ja elementti kiinnitetään maahan mdf-vaarnalistan avulla. Jos seinärakenteessa tulee kuljettaa talotekniikkaan liittyviä johtoja tai putkia, on tätä tarkoitusta varten kehitetty tekniikkakourulla varustettu pohjalista. Tekniikkakourullista listaa voidaan käyttää myös seinän yläpäähän kiinnitykseen. Tarvittavat talotekniikan putkitukset ja rasiot voidaan asentaa jo elementin valmistusvaiheessa elementin sisään, jolloin tarvittavat johtotiet on seinässä valmiina eikä pintavetoja tarvita.

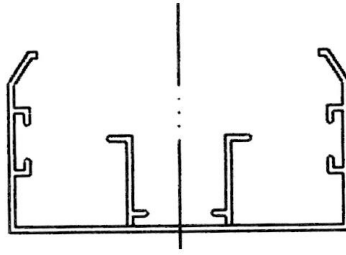
Jos rakenteen tulee olla korkeampi kuin 2790 mm, käytetään elementtien vaaka-sauman välissä I-listaa, jolla elementit sidotaan toisiinsa. Elementeistä voidaan valmistaa myös välipohjarakenteita käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyjä hattulistoja.

Seinien suositeltava korkeus on alle 3000 mm ja elementti kantaa ilman tukia katossa 3000 mm jännevälin. Välitukina voidaan käyttää teräskehiä tai väliseiniä.

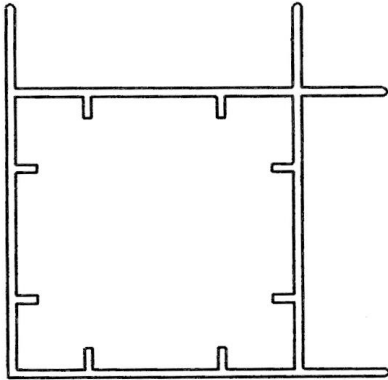
Pohjalista (tavallinen U)



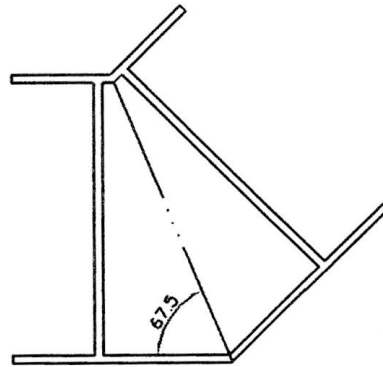
Pohjalista (tekniikkakourulla)



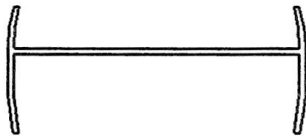
Nurkkatolppa 90 astetta



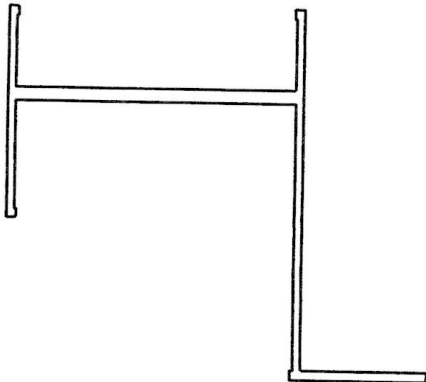
Nurkkatolppa 45 astetta



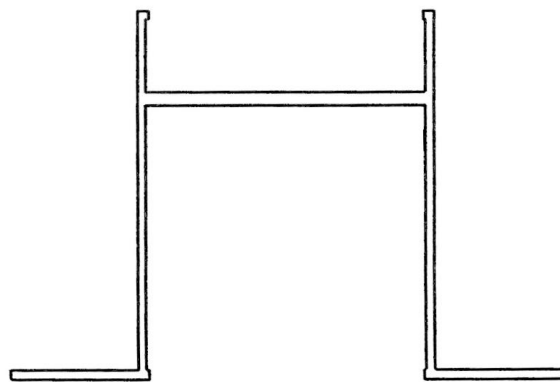
I-profiili (väilijasta)



Yksipuoleinen hattulista



kaksipuoleinen hattulista

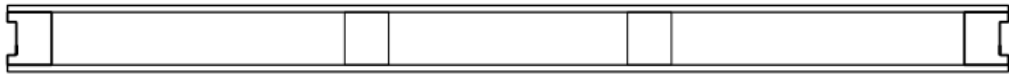


Kuva 5. Väli- ja pohjalistamallit

3.2 Elementtityypit

3.2.1 Peruselementti

Peruselementti koostuu kahdesta 6 mm paksusta MDF-levystä, joiden välissä on 48 mm leveä MDF-runko (kuva 6). Peruselementti on eristämätön ja sitä käytetään koh-teissa, joissa ei ole erityisiä vaatimuksia palonkestolle tai ääneneristävyydelle.



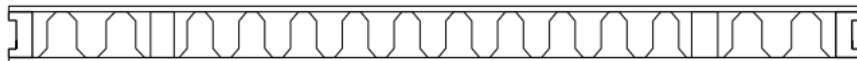
Rakenne:

1. 6mm MDF
2. 48x40mm MDF-runko
3. 6mm MDF

Kuva 6. Väliseinäelementin rakenne

3.2.2 Ääntä eristävä elementti

Vaadittaessa seinän ääneneristävyyttä on peruselementin sisään lisättävä villakerros ja kaikki elementti- sekä listasaumat kitattava puolielastisella massalla (kuva 7). Ääneneristäviä väliseiniä käytetään esimerkiksi toimistotiloissa ja kouluissa. Äänieristetyille väliseinäelementille ei vielä ole haettu standardin mukaista ääneneristyssertifikaattia, mutta sertifikaatin hakeminen kuuluu Rakennustoimisto Insinööriinjan lähivuosien tuotekehitysohjelmaan.



Rakenne:

1. 6mm MDF
2. 48x40mm MDF-runko, vuorivilla 50mm
3. 6mm MDF

Kuva 7. Eristetyn väliseinäelementin rakenne

3.2.3 Turvaseinäelementit

Murtosuojattu seinäelementti koostuu MDF-rungosta jonka molemmin puolin on asennettu koivuvaneri sekä MDF-levyt (kuva 8 ja 9). Murtosuojatut seinäelementit on tarkoitettu tiloihin murron varalle. Murtosuojatun elementin välivaarna on leveämpi ja tästä syystä myös välivaarnan ura on syvempi kuin peruselementissä. Leveämmällä vaarnalla saavutetaan huomattavasti suurempi murtolujuus elementtien saumakohtiin. Vanerivahvistettu murtosuojaelementti täyttää finanssialan keskusliiton standardin mukaiset murtoluokan 2 väliseinän vaatimukset.

Turvaseinäelementtejä voidaan valmistaa erilaisilla lujuuksilla tapauskohtaisesti. Vaadittaessa suurempaa murtoluokkaa tai luodinkestävyyttä suojaamaan esimerkiksi kauppojen kassapistettä tai pankkikonttoria äkilliseltä ryöstöltä voidaan elementtiin lisätä teräsvahvistus tai teräsverkko vanerin ja rungon väliin. Lisäksi elementin sisään asennettuun teräsverkkoon voidaan liittää myös sähköinen murtohälytin joka laukeaa jos elementti murretaan. Luodinkestävälle turvaelementille on tehty ammutakokeet poliisin tekniikkakeskuksessa ja se on hyödyllisyysmallisuoja.

Jos seinältä vaaditaan säteilynkestoa, on väliin mahdollista asentaa myös lyijylevyt. Tällaisia elementtejä käytetään esimerkiksi sairaaloissa röntgenhuoneiden väliseinäinä.



Rakenne:

1. 6mm MDF
2. 9mm Vaneri
3. 30x40mm MDF–runko, ilmaväli 30mm
4. 9mm Vaneri
5. 6mm MDF

Kuva 8. Murtosuojaelementin rakenne



Rakenne:

1. 6mm MDF
2. 9mm Vaneri
3. 30x40mm MDF–runko, vuorivilla 30mm
4. 9mm Vaneri
5. 6mm MDF

Kuva 9. Eristetyn murtosuojaelementin rakenne

3.2.4 Palonkestävä elementti

Palonkestävää väliseinäelementtiä (kuva 10) käytetään esimerkiksi poistumisteiden kohdalla silloin kun väliseinärakenteelta vaaditaan palonkestoa. Elementtien väli-vaarnana käytetään palo mdf-levystä sahattuja vaarvoja. Palonkestävän seinän kaikki saumat kitataan Würth Sealfire W800 tiivistysmassalla. Palonkestävälle InLine-väliseinäelementille on tehty standardin EN 13501-2:2007 + A1:2009 mukaiset polttokokeet ja sille on myönnetty EI30 palonkestävyysluokitus. Tulevaisuudessa elementille on tarkoitus hakea EI60 luokan palonkestävyysluokitus.



Rakenne:

1. 6mm palo MDF
2. 48x16mm MDF–runko k225, Paroc FPS17 palovilla
3. 6mm palo MDF

Kuva 10. Palonkestävän väliseinäelementin rakenne

4 Tuotantoprosessin kehittäminen

4.1 Prosessikuvaus

Väliseinäelementtituotannon prosessikuvausta ei oltu tehty lainkaan ja työohjeet olivat osittain vanhentuneet. Prosessikuvaus päivitettiin vastaamaan nykyistä tuoteperhettä ja tuotteet mallinnettiin uudelleen CADS planner -ohjelmistolla.

Tehtaalla ei ole käytössä nykyaikaista tuotannonohjausjärjestelmää eikä tuotantoon ole palkattu erillistä henkilöä joka vastaa tuotannonohjauksesta ja -suunnittelusta.

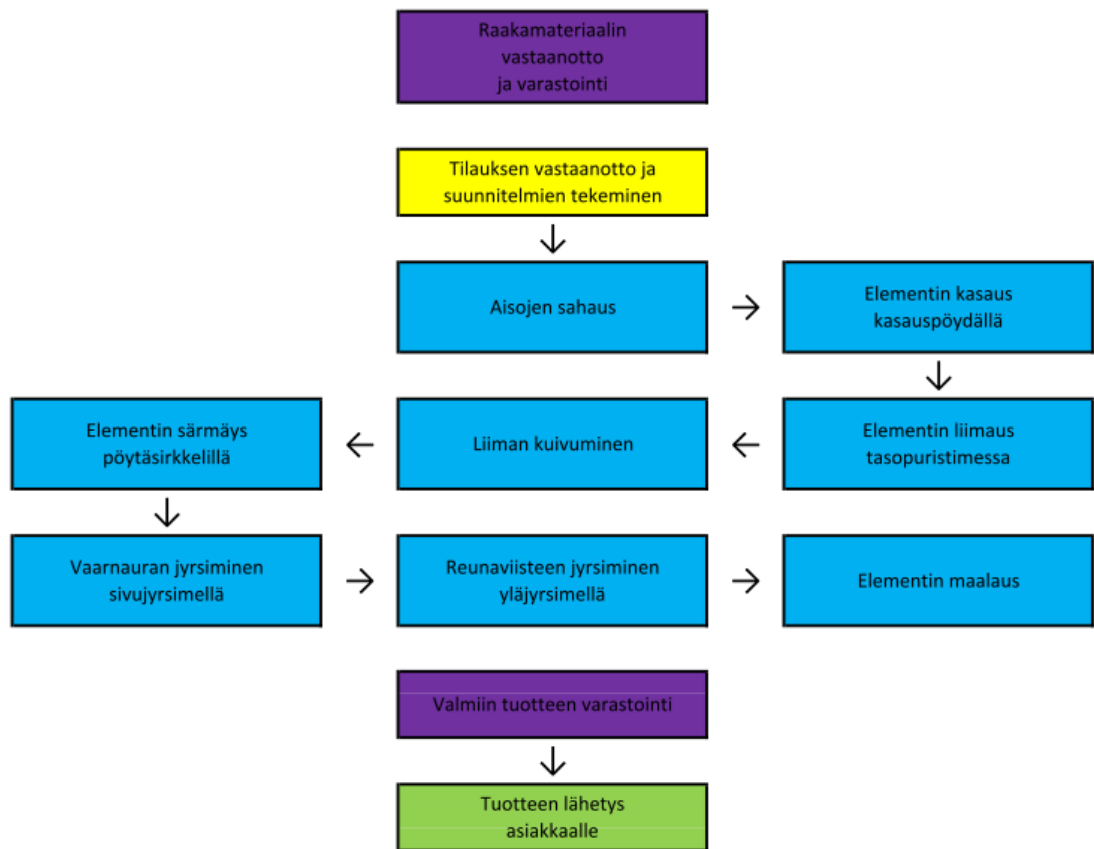
4.1.1 Nykyinen tuotantoprosessi

Yrityksellä on tällä hetkellä väliseinäelementtituotannossa kolme työntekijää. Näistä kaksi henkilöä kasaa elementit ja yksi toimii maalarina. Lisätyövoimaa voidaan tarvittaessa ottaa rakennustyöntekijöistä tai ulkopuolisena ostopalveluna. Tuotannon huippu-aikoina elementtejä on kasattu kuuden työntekijän voimin kahdessa vuorossa.

Elementtituotannon perusraaka-aineet tilataan joko suoraan toimittajilta tai tukkuliikkeistä. MDF-levyt tilataan valmiiksi mittaan sahattuina, jotta vältetään ylimääräisiltä työvaiheilta tuotannossa. Vaneritoimittajana käytetään tukkuliikkeitä, joiden kanssa on tehty vuosisopimukset rakennustarvikkeiden toimituksesta. Listoina käytettävät alumiiniprofiilit tilataan Purso Oy:ltä.

InLine väliseinäelementtituotantoon tarvittavia koneita ovat pöytäsiirkeli, tasopuristin, sivujyrsin sekä yläjyrsin. Lisäksi tarvitaan ruiskumaalausvälineet sekä maalausammio. Tuotannossa on käytössä seuraavat koneet: liukupöytäsiirkeli, tasopuristin, sivujyrsin ja yläjyrsin. Näiden lisäksi tarvitaan erilaista siirtokalustoa sekä maalaamo.

Elementin tuotantoprosessi tapahtuu tällä hetkellä alla olevan kaavion osoittamassa järjestyksessä.



Kuva 11. Tuotantojärjestys

Tehtaalle saapunut raaka-aine tarkastetaan silmämääräisesti ja samalla tarkastetaan, että määrä vastaa tilattua. Raaka-aine varastoidaan odottamaan käyttöä niille osoitettuun varastointitilaan. Varaston inventaarioita tehdään satunnaisesti noin kerran vuodessa, jonka vuoksi tarkat varastomäärät eivät ole aina tiedossa.

Asiakastilauksen saapuessa käy joko työnjohtaja tai toimiston muu henkilökunta viemässä tilauksen tuotantoon. Tilaus on usein suullinen ja vain harvoin tuotannon puolel-le toimitetaan kunnollinen määräluettelo josta selviää valmistettavien elementtien määrä, laatu sekä koko. Tuotanto aloitetaan tehdyn tilauksen perusteella.

Elementtirungon raaka-aineena toimii mdf-levy, josta sahataan tuotantohallissa aisoja. Sahaukseen käytetään pöytäsiirkeliä ja valmiiksi sahatut aisat varastoidaan tämän

jälkeen odottamaan käyttöä. Aisoja sahataan valmiiksi varastoon, sillä niiden teko on aikaa vievää ja niitä kannattaa tästä syystä valmistaa kerralla suuria määriä. Lisäksi nykyisellä miehityksellä aisojen sahaus keskeyttää muita työvaiheita, koska pöytäsiirkeliä tarvitaan elementtien särmäyksessä. Eri elementtityypeissä käytetään eripaksuisia aisoja ja näitä tulee olla valmiina varastossa riittävä määrä.

Elementin kasaaminen alkaa rungon liimaamisella mdf-levyihin (kuva 12). Mdf-levy nostetaan kasauspöydän päälle, jonka jälkeen aisoihin levitetään liima tähän tarkoitukseen kehitetyllä telalla. Liimaa levitetään aisojen särmiin jonka jälkeen ne asetellaan oikeaan muotoon levyn päälle. Liimana käytetään Cascol 3326 -yksikomponenttiliimaa. Tämän jälkeen rungon muodon pysyminen varmistetaan nitomalla rungon kulmat toisiinsa. Liimaa levitetään myös aisojen yläpuolen särmiin jonka jälkeen päälle nostetaan toinen mdf-levy. Normaalisti elementtejä kasataan kasauspöydälle kolmen nipussa, sillä tämän verran elementtejä saadaan valmiiksi odotettaessa edellisen nipun liimauksen kuivumista puristimessa. Vanerivahvisteisia elementtejä tehdessä mdf-levy ja vaneri liimataan etukäteen yhteen ja ne tuodaan kasauspöydälle yhtenä pakettina.



Kuva 12. Äänieristetyin elementin rungon kasausta/liimausta. Alla näkyy elementin siirtoon tarkoitettu mdf-levystä valmistettu ”kelkka”.

Seuraava työvaihe on nipun asettaminen tasopuristimeen. Tällä varmistetaan liiman tarttuvuus koko aisan matkalta sekä varmistetaan siitä, että elementti on paksuudeltaan tasainen. Tasopuristimen puristusaine on 100 kp/cm^2 (9,8 MPa) ja elementtiä

puristetaan puristimella 10 min ajan (kuva 13). Puristamisen jälkeen elementit siirretään välivarastoon kuivumaan 8 tunniksi.



Kuva 13. Elementtien liimaus tasopuristimessa

Tarvittavan kuivumisajan täyttymisen jälkeen elementit särmätään oikeisiin mittoihin käyttäen pöytäsiirkeliä (kuva 14). Elementin vakiokoko on 2790mm x 900mm. Elementti särmätään jokaiselta sivultaan. Särmäyksessä poistuu myös puristusvaiheessa elementin saumoista ylipursunnut liima.



Kuva 14. Elementin särmäys liukupöytäsiirkelillä

Särmäyksen jälkeen elementtiin ajetaan vaurnaurat sivujyrsimellä sekä varjoviisteet yläjyrsimellä. Vaurnaurien oikea koko testataan vaurnakappaleella ja jos vaurnaura on liian tiukka, tulee se hioa oikean kokoiseksi. Vanerivahvisteisiin elementteihin ei tehdä vaurnauraa ollenkaan vaan se tehdään asettamalla sivuaise sisemmäs levyn ulkoreunaan nähden, jolloin reunoille syntyy vaurnaurat.

Viimeinen vaihe on elementin maalaus. Elementtien päihin porataan reiät, joihin asennetaan rullat. Elementit nostetaan kuormalavalta pyörillä varustetun, tätä tarkoitusta varten tehdyn pukin päälle. Elementit lepäävät pukin päällä päissä olevien rullien varassa ja niiden avulla elementtiä voidaan tarvittaessa pyörittää akselinsa ympäri pukilla. Elementit maalataan ruiskulla kahteen kertaan: ensin pohjaväri ja sitten pintaväri. Pohjavärin ja pintavärin välissä elementin pinta vielä hiotaan ja kitataan tarvittaessa jotta pinnasta tulee täysin tasainen. Maaleina käytetään liuotinhenteisiä maaleja.

Maalauksen jälkeen elementit siirretään loppuvarastoon odottamaan niiden lähetystä asiakkaalle.

4.2 Vanhan tuotantolinjan kehitystarpeet

Tuotannon työntekijöille pidettiin teemahaastattelu ja sen perusteella kartoitettiin vanhan tuotantolinjan ongelmakohtia ja parannusehdotuksia. Teemahaastattelu löytyy kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteenä 1.

Vanhan tuotantolinjan kapasiteetti ei ole enää kilpailukykyinen jos tilausmäärä kasvaa nykyisestä. Teemahaastattelu paljasti, että osa työtavoista ja välineistä ovat vanhoja ja niitä tulisi päivittää nykyaikaisemmiksi. Teemahaastattelun keskeiset tulokset on esitelty luvuissa 4.2.1 – 4.2.7.

4.2.1 Raakamateriaalin vastaanotto ja varastointi

Tällä hetkellä Rakennustoimisto Insinööriin tuotanto tapahtuu erätuotantona, eli samaa tuotetta valmistetaan toistuvasti, muttei kuitenkaan jatkuvasti. Tämä on seurausta projektiluontoisesta käytöstä, sillä vakiintunutta ja jatkuvaa asiakaskuntaa tuotteille ei vielä ole. Tarkoitus olisi kehittää tuotantoa siihen suuntaan, että tuotannosta saataisi jatkuvaa. Koska tuotanto on tällä hetkellä satunnaista eikä yhtäjaksoista tilaus-

kantaa ole, on myös raaka-aineiden tilaus satunnaista. Tämä nostaa raaka-aineen hintaa, sillä toimittajille ei voida taata tiettyä vuositilauksmäärää.

Raaka-aineen laatu vaihtelee toimittajien materiaalien mukaan. Mdf-levy valmistetaan havupuukuiduista sekä sideaineista. Havupuun laatu vaikuttaa lopputuotteeseen, esimerkiksi pihkaisemmat puulajit ovat vaikeampia työstää kuin vähäpihkaisemmat. Pihkaisissa levyissä puukuidut nousevat maalausvaiheessa helpommin pintaan ja jyr-sintä/hionta tukkeuttaa työvälineet nopeammin. Asiakas ei voi kuitenkaan tietää etukäteen mitä puulajia levyjen valmistukseen on käytetty ja onkin arpapeliä, mitä toimittajilta tulee. Vanerien osalta tulee käyttää ainoastaan koivuvaneria, sillä sen mittatarkkuus on huomattavasti parempi kuin havuvanerissa. Havuvaneria on kokeiltu käyttää, mutta tällöin elementeissä esiintyi paksuusvaihtelua.

Raakamateriaalivarastot ovat liian kaukana työpisteistä ja niiden hakemiseen kuluu aikaa. Varastoissa varastoidaan muutakin kuin elementtien tekoon vaadittavaa materiaalia. Tämä aiheuttaa sen, että levynippuja joudutaan kaivamaan muiden tavarapinojen takaa. Tähän kuluu turhaa työaikaa, usein jopa tunteja jos levynippu on oikein pahasti muiden tavaroiden takana hyllyillä. Työpisteiden ympärillä ei ole tarpeeksi tilaa materiaalien säilytykseen ja esimerkiksi kasauspöydällä vaadittavat levyniput ovat sahauspisteen tiellä. Vanhan tuotantolinjan kapasiteetti on noin 20 elementtiä päivässä ja tästä syystä on jouduttu pitämään suurta määrää valmiita elementtejä varastossa, jotta tilauksen tullessa ei toimitusaika ole kohonnut mahdollisimman pitkäksi. Varastoon sidottu pääoma on varastoinnin ajan aina tuottamatonta ja aiheuttaa vain kustannuksia. Valmisvaraston artikkelimäärä tulisi täten minimoida.

Varastoille ei pidetä inventaarioita kuin erittäin harvoin, noin kerran vuodessa. Tämä aiheuttaa sen, ettei raakamateriaalin sekä valmiiden elementtien määrä ole tiedossa. Lisäksi raakamateriaalivarastot halutaan pitää mahdollisimman pieninä, jottei niihin ole sidottu turhaa pääomaa. Nämä yhdessä aiheuttavat sen, että materiaalivirran organisointi on vaikeaa ja levyt tai aisamateriaali loppuvat kesken.

4.2.2 Tilauksen vastaanotto ja suunnitelmien tekeminen

Tuotannon tilaukset tulevat pääosin suullisesti mikä aiheuttaa välillä virheitä tuotannossa. Materiaalia tilataan vääriä määriä, elementtien koot tai materiaalit ovat vääriä. Jos

tilaukset tulisivat kirjallisina ja niissä olisi riittävät määrä, koko ja laatu tiedot olisi oikeanlaisten elementtien tuottaminen helpompaa. Lisäksi muutokset tilauksiin eivät aina ole menneet tuotantoon asti ja tuloksena on jälleen virheellinen lopputuote-erä.

4.2.3 Aisojen teko ja elementin kasaaminen

Aisamateriaalin sahaamiseen menee paljon aikaa ja tämä keskeyttää särmäystyön sillä sahaus tehdään samalla sirkkelillä kuin särmäys. Aisat joudutaan sahaamaan kahteen suuntaan sillä levyn pituus ei ole sopiva aisoja varten.

Kasauspöytä on liian leveä ja täten liimaus on hankalaa toiselta puolelta pöytää. Tämä aiheuttaa kurkottelua ja huonoja työasentoja kasaajille. Kasauspöydän ympäri ei pääse kävelemään sillä toisessa päässä on hyllykkö jossa säilytetään työkaluja. Pöydän ympäri tulee päästä kävelemään, jotta kasaaminen yksin olisi mahdollista.

Levyjen kohdistamisen kanssa on ollut ongelmia sillä levyt kohdistetaan ”vapaalla kädellä”. Kohdistamiseen vaaditaan kaksi työntekijää. Kohdistamiseen olisi hyvä kehittää jokin työkalu, jotta se olisi nopeampaa eikä siihen tarvittaisi kahta henkilöä.

Rungon kasaaminen pöydän päällä yksittäisistä aisoista on hidasta sillä ne joudutaan asettelemaan oikeisiin kohtiin yksi kerrallaan. Valmiin runkopaketin käyttö nopeuttaisi kasaustyötä, mutta nykyisillä välineillä se ei ole mahdollista, sillä liima pitää saada levitettyä molemmin puolin aisoja ja suuren paketin pyörittely pöydällä on vaikeaa.

4.2.4 Elementin liimaus ja puristus

Elementin liimauksessa käytetään levitystela. Telasta tulee ylimääräistä liimaa rungon ja levyn väliin, joka sitten pursuaa puristusvaiheessa ulos. Ylimääräisen liiman käyttö lisää hukkaa ja liima pursuaa puristimeen, mikä taas aiheuttaa siivouskustannuksia.

Koska puristusvaihe on nykyisellä linjastolla hidaskuva vaihe, se tahdistaa kasaustyötä ja usein joudutaankin odottelemaan puristusvaiheen valmistumista. Tällä hetkellä puristimeen mahtuu kerrallaan kolme elementtiä ja keskimääräinen liimausaika on 10 minuuttia. Keskimäärin yhden elementin liimaukseen ja kasaukseen menee 3 minuuttia, joten

kolmen elementin kasauksen jälkeen jää 1 minuutti odotusaikaa ennen kuin edelliset elementit voidaan ottaa pois puristimesta. Jos puristusaikaa lyhennetään, jää rungon ja levyjen välinen liimasauma heikoksi ja levyt irtoilevat rungosta. Irtoilua on esiintynyt myös, jos elementtien ei anneta kuivua puristusvaiheen jälkeen tarpeeksi pitkään varastossa, vaan särmäysvaihe aloitetaan liian aikaisin. Kun elementtejä kasataan kolme päällekkäin, vaatii niiden puristimeen siirto jälleen kaksi työntekijää, sillä ne painavat niin paljon, ettei niitä jaksaa siirtää yksin. Puristusvaiheen nopeuttamiseksi on kokeiltu nopeammin kuivuvaa liimaa, mutta sen avoin aika ei ollut riittävä ja liima ehti kovettua levitystelaan.

4.2.5 Elementin särmäys

Elementin särmäysvaiheeseen vaaditaan tällä hetkellä kaksi henkilöä nostamaan ja siirtämään elementtejä sirkkelin päälle. Myös itse sirkkelöintiin tarvitaan kaksi työntekijää pitämään elementin päitä paikoillaan. Nykyinen sirkkeli ei mahdollista kuin yhden sivun särmäämisen kerrallaan, jolloin elementille tulee noston lisäksi 3 kääntökertaa. Tämä hidastaa särmäystä huomattavasti.

Sahauspisteen lähistöllä ei ole riittävästi varastointitilaa särmäykseen tuleville elementeille jos tuotantomäärä nousee nykyistä suuremmaksi. Sahauspisteen ympärille tulee saada mahtumaan vähintään kaksi lavaa, joista toisessa on särmäämättömät elementit ja toiselle nostetaan särmätyt elementit.

4.2.6 Vaarnauran ja varjourien jyrästä

Koska vanerivahvisteisiin elementteihin ei jyrästä vaarnauria, on niissä ollut ongelmia. Vanerin paksuuden heittäminen varsinkin havuvanerilla on aiheuttanut sen, ettei työmaille toimitetut vaarnat ole mahtuneet niille tarkoitettuihin uriin. Jos kaikkiin elementteihin tehtäisiin vaarnaura aina jyrästä, välttyttäisiin edellisen kaltaisilta ongelmilta, sillä jyrästä tehty ura on aina mittatarkka.

Vaikka itse jyrsimisvaiheeseen ei vaadita kuin yksi työntekijä, tarvitsee elementti kääntää kertaalleen ympäri, sillä jyrsin jyrsii vain toisen sivun kerrallaan. Tähän vaaditaan toinen työntekijä avuksi.

Varjourien jyrsiminen tapahtuu irrallisella käsijyrsimellä johon liitetty purunpoistoon tarkoitettu imuri. Tällä hetkellä imurin letku sekä koneen oma sähköjohto roikkuvat lattialla ja niitä joutuu siirtämään pois edestä.

4.2.7 Maalaus

Maalaustyö on käsin ruiskutettaessa suhteellisen hidasta ja 20 elementin maalaustyö vie välihiontoineen maalarilta yhteensä 2 työpäivää. Lisäksi maalarin tarvitsee elementtien siirtoon apua toiselta työntekijältä. Nykyiseen maalaamoon ei mahdu kuin 12 elementtiä kerrallaan maalattavaksi ja lisäksi maalatun elementin tulee kuivua maalauksessa pölykuivaksi jotta ympäristössä oleva pöly ei tartu maalipintaan. Tämän jälkeen elementin voi siirtää ulos maalaamosta varastoon jossa maalin tulee kuivua seuraavaan päivään ennen kuin pintamaalikerros voidaan ruiskuttaa. Nykyisessä maalauksessa ei mahdu maalaamaan yli 3050 mm pitkiä elementtejä.

Elementit pitää maalata kahteen kertaan sillä pohjamaalikerros nostaa mdf-levyn kuidut pystyyn, jos levy on huonolaatuista. Lisäksi pohjamaalikerroksen jälkeen levyn pinnassa olevat muut virheet näkyvät paremmin ja nämä kitataan näkymättömiin. Levymateriaalin ollessa hyvälaatuista ja virheetöntä riittäisi periaatteessa pelkkä yksi maalikerros.

Maalattavien elementtien siirtoon lavalta pyörällisille pukeille vaaditaan kaksi työntekijää. Yleensä toinen työntekijä keskeyttää työnsä elementtilinjastolla ja tulee maalarin avuksi, jolloin aiemmat prosessit pysähtyy. Maalarin työasennot ovat huonot ja epäergonomiset, mistä on aiheutunut lihassärkyä.

Myös maalaamon ympäristön varastointitilat ovat täynnä muuta materiaalia ja täten elementit eivät meinaa mahtua kunnolla niille varatulle alueelle.

4.3 Uusi tuotantolinja

Yritys rakentaa uutta tuotantolinjaa Pyhtäälle vanhojen tuotantotilojen ja toimiston yhteyteen. Se käsittää noin 900 m² uusia tuotantotiloja. Tuotantotiloissa tullaan valmistamaan myös puisia taloelementtejä sekä muita yrityksen liiketoimintaan kuuluvia tuotteita. Vanhan tuotantolinjan koneet tullaan siirtämään uuteen tuotantohalliin ja niiden uudelleensijoittelulla sekä pienellä muokkauksella pyritään saamaan läpimenoaikaa lyhyemmäksi ja samalla kustannuksia pienennettyä.

Nykyisellään Insinööriin valmistamat väliseinäelementtituotteet jaotellaan vakio- ja erikoistuotteisiin. Vakioelementtituotteet on lueteltu luvussa 4. Erikoistuotteita tehdään tilaajan toiveiden mukaisesti vaihtaen esimerkiksi elementin pintamateriaalia.

Koska kyseessä on erittäin monikäyttöinen ja -muotoinen tuote, ei pelkän varasto-ohjautuvan mallin käyttö ole mahdollista. Varaston koosta tulisi todella suuri, eikä siltikään voitaisi taata että sieltä löytyisi juuri asiakkaan haluama malli. Toisaalta perusmalli elementistä on vakiotyyppiä ja sen valmistukseen tarvittavia raaka-aineita tulee olla riittävä määrä kokoajan varastossa. Perusraaka-aineiden toimituksesta tulee solmia vuosisopimus toimittajien kanssa, jolloin myös raaka-aineen hintaa saadaan painettua alemmas. Erikoistuotteiden kohdalla materiaalit tilataan tuotekohtaisesti.

Jatkuvassa tuotannossa työn tarkka organisointi on tärkein tekijä kustannustehokkuutta hakiessa. Jatkuvan tuotannon kannalta tulee löytää tuotantolinjan kannalta paras tuotantojärjestys, laitteiden ja työpisteiden layout sekä koordinoita materiaalien käyttö tarkasti tuotantojärjestyksen mukaisesti.¹⁸

Tuotantotyyppiä tulee valita tilauksesta kokoonpanon ja varasto-ohjautuvan mallin hybridiksi. Hybridissä varasto tulee optimoida siten, että tarvittaessa varastosta löytyisi sekä puolivalmiita moduuleita, että valmiita elementtejä. Loppuvarastoon tulee tehdä valmiiksi pieni määrä pohjamaalattuja väliseinäelementtejä eri ominaisuuksilla jotta asiakastilauksen tullessa toimitusaika ei venyisi liian pitkäksi. Vakiokokoisia eristämättömiä elementtejä on puolet valmisvaraston määrästä ja villalla eristettyjä sekä turvaelementtejä on kumpaakin neljäsosa varastosta. Erikoispinta-aiset elementit valmistetaan aina tilausperusteisesti.

¹⁸ Reijo Rautauoman säätiö.2014. *Tuotanto 2014*. Verkkojulkaisu.

Tuotantoprosessin työjärjestys pysyy pääosin samanlaisena kuin aikaisemminkin, mutta siihen tehdään parannuksia tuotannon työntekijöiden haastattelusta saatujen kehitysehdotusten pohjalta. Uudesta tuotantolinjasta laadittiin layout-suunnitelma (liite 2).

4.3.1 Raakamateriaalin vastaanotto ja varastointi

Tehtaalle saapunut raaka-aine tarkastetaan silmämääräisesti ja samalla tarkastetaan, että määrä vastaa tilattua. Jos määrässä tai laadussa havaitaan poikkeamia, ilmoitetaan tästä työnjohdolle, joka reklamoi toimittajaa.

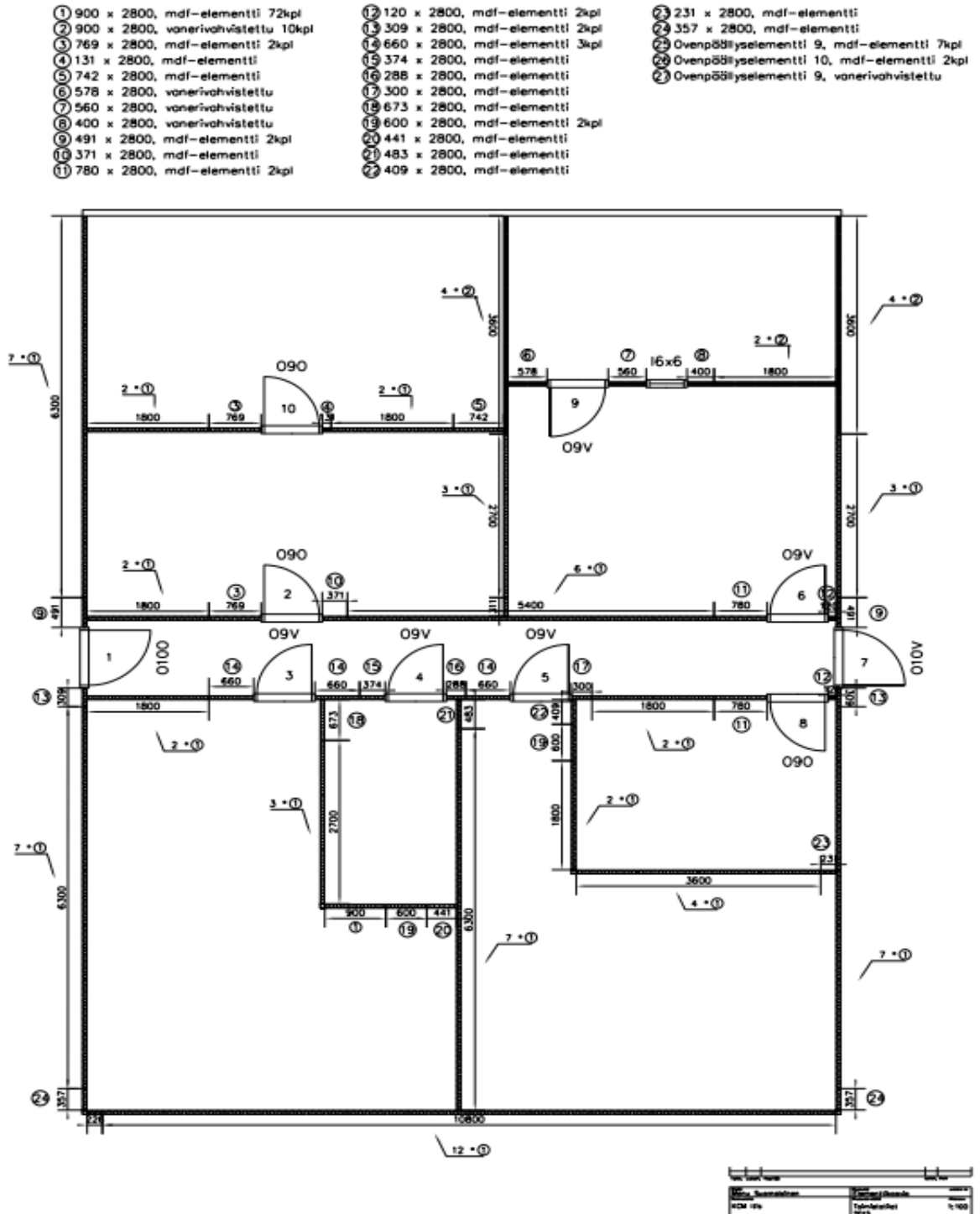
Raaka-aineet varastoidaan odottamaan käyttöä niille osoitettuun varastointitilaan. Varastointitila sijoitetaan hallin pätyyn, nykyistä lähemmäksi työpisteitä, jolloin siirtomatkat lyhenevät huomattavasti. Varastointitila varustetaan trukkihyllyillä ja näin materiaalit saadaan moneen tasoon, jolloin varastointi vaatii mahdollisimman vähän lattiapinta-alaa. Jokaiselle artikkelille on varattu oma hyllypaikkansa, joka merkitään hyllyn reunaan. Varastointitilaan ei säilötä muuta kuin elementtituotantoon tarvittavia materiaaleja. Varastoinventaarioita pidetään vähintään kerran kuukaudessa, jotta materiaalmäärä on paremmin selvillä ja näin pystytään paremmin varautumaan mahdolliseen materiaallivajeeseen. Erityistä huomiota ja ennakkointia on kiinnitettävä heinä-elokuussa ja vuodenvaihteessa tapahtuviin materiaalitoimittajien tuotantokatkoihin, jolloin materiaalin saanti on ongelma. Inventaarioiden avulla varaston koko pysyy kurissa, sillä ei tule turhia tilauksia, jos materiaalia on jo varastossa.

Materiaalitoimittajat pysyvät samoina kuin ennenkin, mutta tilattaessa varmistetaan materiaalin laatu ja siinä käytetty puumassa. Materiaali tulee valita mahdollisimman vähäpohkeiseksi, jotta maalaustyö sujuu mahdollisimman vähällä hiomisella ja kittämisellä. Vanerivahvisteisissa elementeissä käytetään ainoastaan koivuvaneria sen paremman mittatarkkuuden takia. Materiaalien tilausmäärät pyritään vakiinnuttamaan niin, että vuosisopimuksille saadaan suuremmat alennukset.

4.3.2 Tilauksen vastaanotto ja suunnitelmien tekeminen

Tilauksen saapuessa tehtaalle alkaa elementtien valmistuskuvien piirtäminen (kuva 15). Piirtäminen tapahtuu joko käsin (pienet tilaukset) tai CADS planner -ohjelmistolla. Piirroksista käy ilmi valmistettavien elementtien määrä, ominaisuudet, koot, sijoittelu

toisiinsa nähden, aukkovaraukset sekä asennuksessa tarvittavat alumiinilistat. Kuvien puhtaaksi piirron jälkeen kuvat toimitetaan tuotantoon jossa elementtejä aletaan valmistaa määrä- ja mittaluettelon mukaan. Valmistuskuvat asetetaan esille niin, että ne ovat kaikkien tuotannon työntekijöiden käytössä.



Kuva 15. Elementtikaavio, esimerkki

Jos tuotantomäärä kasvaa tulevaisuudessa nykyistä suuremmaksi, tulee hankkia tuotannonhallintaan jokin parempi työkalu kuin pelkät työpiirroksot. Tällainen vaihtoehto voisi olla esimerkiksi tietokonepohjainen tuotannonhallintaohjelmisto, jolla tuotannon ostot, aikataulutus ja kuormituksen suunnittelu on huomattavasti tarkempaa. Mahdolliset muutokset suunnitelmiin tehdään aina kirjallisesti ja toimitetaan tuotannon henkilökunnalle.

4.3.3 Aisojen teko ja elementin kasaus

Aisamateriaalit sahataan jatkossakin tarkkuussirkkelillä vaikka tämä keskeyttää elementtien särmästyön. Aisoja tulee sahata riittävän suuri määrä kerralla ja sahausajan kohta sijoitetaan niin, että siitä syntyvä tuotannon katko tulee joko työpäivän alku- tai loppupäähän. Aisamateriaalina käytettävät mdf-levyt tilataan valmiiksi mittaan sahatuina: Sivuaisoihin käytettävät levyt 2805 x 1200 mm ja väliaisoihin käytettävät levyt 2745 x 1200 mm. Näin säästytään yhdeltä ylimääräiseltä sahausvaiheelta kun aisoja ei tarvitse enää katkaista pituussuunnassa. Materiaalitoimitajat laskuttavat raaka-aineet täysinä levyinä, vaikka niiden mittoja olisikin muutettu sahaamalla asiakkaan toivomuksesta. Syntyneet hukkapalat voidaan kuitenkin käyttää päätyaisamateriaalina, joten ne tulee pyytää mukaan levytoimitukseen. Aiemmin aisojen sahausvaiheeseen tarvittiin kaksi työntekijää siirtämään levyjä ja tästä syystä sahauspisteelle hankitaan imukupeilla varustettu nostin jonka avulla voidaan vapauttaa toinen työntekijä muihin tuotannon töihin siksi aikaa kun toinen sahaa aisoja. Lisäksi hankitaan jigipöytä, jonka avulla aisoista kasataan valmiita aisakehikoita nitomalla ne yhteen. Kehikot varastoidaan raakamateriaalivarastossa.

Elementin kasauspöydän viereen hankitaan imukupeilla varustettu nostin, jolloin levyjen siirto onnistuu yhdeltä työntekijältä. Kasauspöytää kavennetaan 1000 mm leveäksi ja siihen asennetaan suorassa kulmassa oleva tuki, jota vasten levy painetaan. Näin varmistetaan, että runko tulee suoraan, levyjen kohdistus toisiinsa nähden helpottuu ja rungon kasaus voidaan tehdä yhden työntekijän toimesta. Jatkossa myös vanerielementtien levyt voidaan kasata kerralla päällekkäin ja näin yksi erillinen kasausvaihe jää pois.

4.3.4 Elementin liimaus ja puristus

Liimanlevitykseen hankitaan paineilmakäyttöinen liimanlevityslaite jonka liimanannoste-
lu sekä levitystarkkuus ovat huomattavasti parempia kuin nykyisellä liimatelausmene-
telmällä. Vaihtoehtoisesti voidaan hankkia suurempi telalevitin (esimerkiksi Casco
6237), jonka läpi liimattavat rungon osat työnnetään.

Liimausprosessia tulee nopeuttaa. Tällä hetkellä tuotannossa käytössä olevan Cascol
3326 liiman valmistajan määrittelemä puristusaika mäntylamelleja liimatessa on 4-6
minuuttia ja tähän opinnäytetyöhön liittyen puristusaikaa testattiin myös mdf-
elementtituotannossa. Lyhennetty puristusaika todettiin riittämättömäksi, sillä 6 minuut-
tin puristusaikaa käytettäessä elementtien liimautuvuus oli heikkoa ja isossa osassa
elementtejä mdf-levyt irtosivat aisoista. Liimavalmistajalla on olemassa myös nopeam-
min reagoivia liimoja kuten Cascol 3339, jonka puristusaika on 2-5 minuuttia. Sen avoin
aika ei kuitenkaan ollut riittävä ja liima ehti kuivua levitystelaan ennen kuin elementti
ehdittiin kasata valmiiksi.

Edellä olevista syistä johtuen päädyttiin käyttämään lämpöön reagoivaa liimaa. Puris-
timen ympärille rakennetaan pelti-villa-pelti sandwich elementeistä koppi, jonka sisä-
lämpötila nostetaan 70 °C:een. Kopin molempiin päihin tehdään avattavat luukut, joista
elementit syötetään puristimeen ja otetaan sieltä pois. Puristustilaa nostamalla ja
liimatyyppin vaihdolla voidaan puristusaikaa lyhentää, samalla kuitenkin liiman avoin
aika pysyy samana kuin aiemmin (kuva 16). Uutena liimana käytetään kuumapuristuk-
seen tarkoitettua Kiilto Kestopress 3200 V -liimaa.

Liima	Avoin odotusaika (minuuttia)	Puristusaika (mäntylamelli)	
		20 °C	70 °C
Cascol 3323	8 min	-	2 min
Cascol 3326	8 min	6 min	-
Kiilto Kestopress 3200 V	8 min	18 min	50 sek

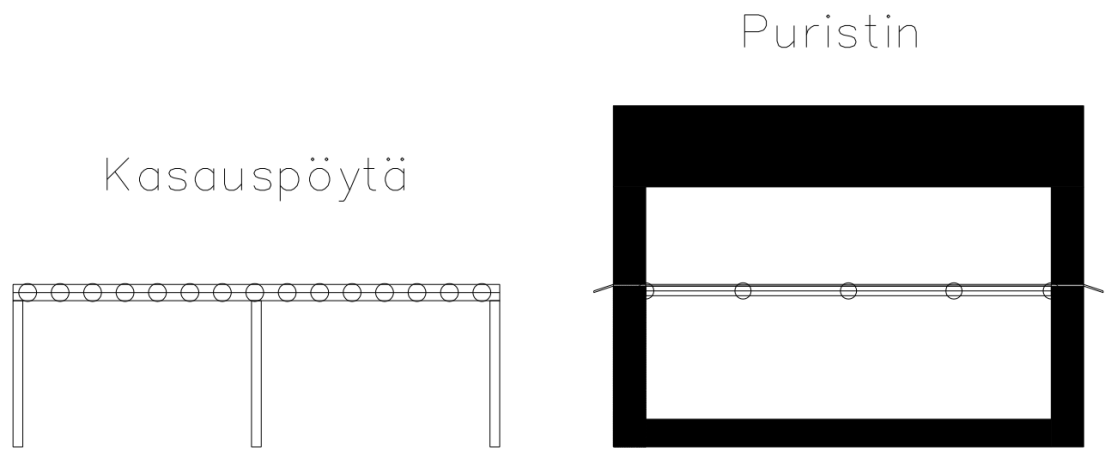
Kuva 16. Eri liimatyyppien avoin aika sekä puristusaika^{19,20}

Koska elementtien liimaukseen käytettävä aika on kuumapuristuksessa jopa 7 kertaa
lyhyempi, ei elementin rungon kasauksen jälkeen jää enää yhtä pitkää odotteluaikaa

¹⁹ Cascol liimojen tekninen tuote-esite

²⁰ Kiilto Kestopress 3200V liiman tekninen tuote-esite

ennen puristimeen siirtoa. Yhden puristusjakson aikana ehditään kasata vain yksi elementtipaketti ja sen siirto puristimeen on huomattavasti köykäisempää kuin kolmen päällekkäisen elementin. Elementin siirtoon kasauspöydältä puristimeen käytetään kasauspöydässä olevia rullia joiden päällä elementti liikkuu eteenpäin (kuva 17). Myös puristimen sisään rakennetaan pyörästö, joka painuu jousien avulla alas kun puristus on käynnissä. Näiden parannusten avulla elementin puristimeen siirtoon ja sieltä poisottoon ei tarvita kuin yksi työntekijä ja lisäksi enää ei tarvita elementin alle tulevaa mdf-levykelkkaa jonka päällä elementti on aiemmin liikuteltu.



Kuva 17. Kasauspöydän ja puristimen periaateleikkaus

Puristimesta elementit siirretään nostopöydän päällä olevalle trukkilavalle. Trukkilavalle kasataan 20 elementtiä, jonka jälkeen nippu siirretään välivarastoon kuivumaan.

4.3.5 Elementin särmäys

Sahauspisteelle hankitaan imukupeilla varustettu nostin, jolla yksittäinen työntekijä pystyy siirtelemään elementtiä itsenäisesti. Lisäksi liukupöydän päähän hankitaan puristin jonka avulla elementti saadaan lukittua pöytään jotta se ei liiku särmätessä. Särmäys voidaan näin hoitaa yhden työntekijän toimesta aiemman kahden työntekijän sijaan. Jos tuotanto kasvaa nykyisestä, voidaan vanhan tarkkuussirkkelin tilalle hankkia sahauslinja jossa on neljä terää, jotka särmäävät elementin yhdellä sahauskerralla mittoihinsa. Tällä vältyttäisiin elementin pyörittelyltä, sillä nykyisellä menetelmällä elementti joudutaan kääntämään kolme kertaa jotta kaikki sivut saadaan särmättyä.

4.3.6 Vaarnauran ja varjourien jysintä

Sahauspöydälle hankittavan imukuppinostimen siirtorata mitoitetaan niin, että sitä voidaan käyttää myös jysintäpisteillä jolloin elementin kääntely onnistuu yhden työntekijän voimin.

Vaarnaurien jysintää varten hankitaan toinen sivujyrsin jolloin elementti työnnetään kahden sivujyrsimen läpi. Jyrsimien alle rakennetaan rata, jonka avulla jyrsimien etäisyyttä toisiinsa voidaan muuttaa ja jyrsimet lukita toisiinsa nähden sopivalle etäisyydelle. Tällä tavalla vaarnaurat saadaan jysittyä molemmille sivuille yhdellä kertaa eikä elementin kääntöä tarvita.

Jysintäpisteiden väliin hankitaan rullapöydät joiden päällä elementtejä kuljetetaan pisteeltä toiselle. Varjourien jysintään käytettävä käsijyrsin ja purunpoistoletku ripustetaan katosta itsekelautuvan vaijerin varaan, jolloin ne eivät ole enää tiellä.

Vanerivahvisteisien elementtien mittaheitot voidaan eliminoida käyttämällä mittatarkempaa koivuvaneria havuvanerin sijaan. Jyrsittävän vaarnauran käyttö vanerivahvisteisessä elementissä ei onnistu, sillä tällöin elementtien sauma ei ole riittävän vahva murtosuojausta ajatellen.

4.3.7 Maalaus

Elementtien siirtoa varten hankitaan imukuppinostin jolla elementit nostetaan maalauspukkien päälle. Jotta maalaustyö voitaisiin tehdä ilman välihiontaa, on mdf-levyissä käytettävien puulajien oltava mahdollisimman vähäpihkaisia. Lisäksi levypinnan on oltava sellainen, ettei se nosta maalattaessa puun kuituja maalipintaan. Käytetyt puulajit tuleekin selvittää jo levyjä tilattaessa.

Maalausruiskuun hankitaan jatkovarsi jotta työasennot olisivat ergonomisempia kuin pelkällä ruiskulla maalatessa. Jatkovartta käyttäessä maalarin ei tarvitse kurkotella elementin yli maalatessa sen nurkkia.

Yksi vaihtoehto ruiskumaalaukselle on joko toimittaa elementit maalaamattomina työmaille, missä maalari maalaa elementit normaalilla maalaustelalla tai telamaalata ne jo tuotantohallilla. Tällöin pinnan tasaisuus ei ole täydellinen, mutta koska elementtejä

käytetään usein muiden telalla maalattujen pintojen vieressä, ei se ole suuri kynnyksymys. Tämä vaihtoehto ei kuitenkaan ole toimiva, jos tilaajan vaatimuksena on ehdoton pinnan tasaisuus. Telamaalaus säästää kustannuksia ja lisää tuotantolinjan kapasiteettia.

4.4 Uuden tuotantolinjan kustannusvaikutukset

Tuotantolinjan koneiden ja tuotantovälineiden uudelleenjärjestelyllä sekä uusien työmenetelmien kehittämisellä on pyritty tekemään uudesta tuotantolinjasta mahdollisimman kustannustehokas. Uuden tuotantolinjan työ- ja materiaalikustannukset arvioitiin päättelyyn perustuvan pohdinnan avulla. Näitä verrattiin uuden linjan rakennuskustannuksiin (liite 3) ja näin saatiin uuden linjan investoinnin takaisinmaksuaika. Tarkempi kustannusvaikutusten vertailu löytyy opinnäytetyön liitteenä 4.

5 Johtopäätökset

Inline-väliseinäelementit ovat erittäin monikäyttöisiä tuotteita sisätilarakentamiseen. Ne lyhentävät työmaalla väliseinän tekoon käytettävää aikaa huomattavasti ja lisäksi seinää voidaan tehdä hiljaa ja pölyttömästi. Tämä on omiaan esimerkiksi kauppakeskuskäytössä, sillä siellä asiakkaita häiritsevä ja meluava työ on haitallista kauppakeskusten liiketoiminnalle. Jatkossa tulee panostaa markkinointiin sekä tuotteen testaukseen jotta elementtien menekki kasvaisi. Markkinointia tulee lisätä tekemällä esitteitä sekä osallistamalla esimerkiksi myymäläalan messuille. Tuotetietoutta tulee jakaa erityisesti suunnittelijoille, sillä tällä hetkellä hyvin harva suunnittelija tietää, että yritys edes valmistaa tämän kaltaisia tuotteita. Testauksella voidaan hakea uusia ominaisuuksia elementeille ja esimerkiksi elementin ääneneristävyydelle ei ole tehty virallisia testejä.

Vanhan tuotantoprosessin ongelma- ja parannuskohtia kartoittaessa esiin nousi monia kehitettäviä alueita. Näiden kohtien parantamisella Inline-väliseinäelementin valmistamisen kannattavuus kasvaa huomattavasti. Tuotantokoneiden uudelleen sijoittelulla sekä hankkimalla nostimia työntekijöiden avuksi saadaan aikaan huomattavia kustannussäästöjä verrattuna vanhaan tuotantolinjastoon. Kustannussäästö on pintakäsittelystä riippuen 18-36% valmistuskustannuksista. Vanhan elementtilinjaston kapasiteetti on riittävä nykytuotantoon nähden, mutta sen työntekijäkustannukset ovat korkeat. Uuden linjaston kokoamiseen vaadittavan investoinnin takaisinmaksuaika nykytuotantomäärällä on hieman yli neljä vuotta, ja jos tuotantomäärä kasvaa, niin takaisinmaksuaika lyhenee jopa alle vuoteen. Samalla työntekijöiden työpanos voidaan keskittää itse tuotantoon, kun tällä hetkellä suuri osa työajasta menee materiaalin siirtoihin ja muihin aputoihin. Lisäksi tuotannon kapasiteetti kasvaa lyhentyneen läpimenoajan vuoksi, jolloin tuotteen toimitusaika asiakkaalle lyhenee.

Muuttamalla maalaustekniikkaa ruiskumaalauksesta telamaalaukseksi saavutetaan huomattavaa lisäsäästöä, sillä vaikka molempien tekniikoiden työkustannus on lähes sama, on telaleivityksen materiaalikustannus huomattavasti pienempi. Tämä johtuu siitä, että ruiskumaalaukseen käytetään kalliita 2-komponenttimaaleja kun taas telamaalaukseen voidaan käyttää perinteisiä halpoja vesiliukoisia sisäseinämaaleja. Jatkossa elementtien maalaus pyritäänkin toteuttamaan telamaalauksella aina silloin kuin sen työnjälki on riittävä asennuskohde huomioon ottaen.

Lähteet

- 1 Casco Adhesives, PVAc liimojen tekniset tiedot esite. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.2.2017]. Saatavana <http://www.hkw-maalipalvelu.fi/upl/website/puuteollisuusmaalit/PVAc.pdf>
- 2 Häkkinen, Kai. 2004 Tuotannonohjaus pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa. VTT tuotteet ja tuotanto. Espoo: Otamedia Oy.
- 3 Kiilto Oy, Kestopress 3200 V tuotteen tekniset tiedot esite. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.2.2017]. Saatavana <http://kiilto-pim.soikea.com:8080/kiilto-pim-api/api/pdf/download/58a21fdbe4b0d6886a516384>
- 4 Kilpeläinen, Tauno. Tuotantotalouden peruskäsitteet 2011.
- 5 Peltonen, Aarne. 1998. Tuottava tehdas. [Verkkajulkaisu]. Opetushallitus. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavana: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tsisalt.html>
- 6 Rakennustoimisto Insinöörilinja Oy Kotka. Yrityksen yritysesittely. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavana: <http://www.insinoorilinja.fi/yritys>
- 7 Reijo Rautauoman säätiö, Tuotanto 2014. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.1.2017]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tuotanto>

Liitteet

- LIITE 1 Työntekijöiden teemahaastattelu (vain tilaajan käyttöön)**
- LIITE 2 Uuden tuotantolinjaston layout (vain tilaajan käyttöön)**
- LIITE 3 Uuden tuotantolinjaston kustannusarvio (vain tilaajan käyttöön)**
- LIITE 4 Uuden tuotantolinjaston kustannusvaikutukset (vain tilaajan käyttöön)**