Tampereen yliopisto

Lauri Anttila

KOELEIPOMOLINJAN LAYOUT-SUUNNIT-TELU JA INVESTOINNIN ESISELVITYS

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Professori Minna Lanz
Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Hasse Nylund
Lokakuu 2021

TIIVISTELMÄ

Lauri Anttila: Koeleipomolinjan layout-suunnittelu ja investoinnin esiselvitys
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Lokakuu 2021

Tämän diplomityön tavoitteena oli suunnitella kohdeyritykselle layout-ehdotus koeleipomolinjasta siten, että kohdeyrityksen sille asettamat tavoitteet ja vaatimukset täyttyvät. Lisäksi työn tavoitteena oli tehdä esiselvitys koeleipomolinjalla saavutettavista hyödyistä selvittämällä kohdeyrityksen nykyisissä koeajojärjestelyissä ilmeneviä ongelmia. Tarve koeleipomolinjalle on syntynyt kohdeyrityksen hitaasta tuotekehitysprosessista ja heikoista koeajojen suorittamisien mahdollisuuksista.

Tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, puolistrukturoituja haastatteluja, lomakekyselyä sekä nykyisten tuotantoprosessien ja kohdeyrityksen suorittamien koeajojen tarkastelua. Kirjallisuuskatsaus sisältää layout- ja turvallisuussuunnitteluun liittyviä käsitteitä ja toimintatapoja, joita hyödynnettiin koeleipomolinjan layout-suunnittelussa. Haastatteluilla selvitettiin nykyisten koeajojärjestelyiden aiheuttamat ongelmat niin tuotekehityksessä kuin tuotantoprosesseissa. Lisäksi haastatteluiden avulla asetettiin koeleipomolinjalle tavoitteet ja tekniset vaatimukset. Lomakekyselyllä selvitettiin kohdeyrityksen asettamat arviointitekijät ja niiden painoarvot layout-ehdotusten arviointiin. Nykyisten tuotantoprosessien tarkastelulla selvitettiin tuotantolinjojen ominaispiirteitä ja eroavaisuuksia, joita pyrittiin yhdistämään koeleipomolinjan teknisten vaatimusten määrittämisessä ja rakenteen suunnittelussa.

Diplomityön empiirisessä osuudessa esitettiin kohdeyrityksen tuotantojärjestelmien tarkastelun ja haastatteluiden tulokset. Niiden perusteella määritettiin koeleipomolinjalle tekniset vaatimukset. Haastatteluiden perusteella perinteisen koeleipomolinjan lisäksi hybridilinja lisättiin suunnitteluprosessiin. Hybridilinjalla tarkoitetaan tuotantolinjaa, jolla olisi kapasiteettia normaalin tuotantotoiminnan lisäksi suorittaa myös koeajoja. Empiirisessä osuudessa tuodaan myös esille koeleipomolinjan layout-suunnitteluprosessi sijainnin valinnasta aina layout-ehdotuksien esittelyyn. Layout-ehdotukset arvioitiin kirjallisuudesta esitetyllä hyötyarvomatriisilla ja standardin ISO 12100:2010 mukaisella riskienarviointitavalla.

Kohdeyritykselle sopivimmaksi ratkaisuksi todettiin hybridilinjan layout-ehdotus B2, jossa hybridilinjan taikinantekoalue on sijoitettuna tilan 2 alkupäähän. Tuotetyyppien T2 ja T3 jäähdytyskuljetin ja pakkauspiste on sijoitettuna tilan toiseen päähän. Tuotetyypin T4 pakkauslaitteisto on sijoitettuna nykyisen lähettämön tilaan. Layout-ehdotus B2:n todettiin vastaavan parhaiten kohdeyrityksen asettamia vaatimuksia ja tavoitteita.

Ehdotettu hybridilinja toisi kohdeyrityksen toimintaan useita hyötyjä niin tuotekehityksen kuin tuotannon näkökulmista. Hybridilinja tuo tuotekehitysprosessiin joustavuutta ja lisää mahdollisuuksia tuotteiden innovointiin. Hybridilinjan yksi suurimmista hyödyistä on aikajänteen innovaatiosta markkinoille lanseeraukseen lyhentäminen. Tuotekehityksen lisäksi hybridilinja tukee tuotantokapasiteetillaan muita tuotantolinjoja.

Avainsanat: Layout-suunnittelu, turvallisuussuunnittelu, tuotantolinja, koeleipomolinja, hybridilinja

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Lauri Anttila: Layout planning of test bakery line and preliminary study of the investment
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering
October 2021

The aim of this thesis was to design a layout proposal of a test bakery line for the target company in such a way that the objectives and requirements set for it are met. In addition, the aim of the thesis is to make a preliminary study of the benefits that can be achieved with the test bakery line by investigating the problems that arises in the current test baking arrangements. The need for a test bakery line has arisen from the target company's slow product development process and poor opportunities to perform test runs.

In order to achieve the objectives, the research methods used were a literature review, semi-structured interviews, a form survey, a review of the test runs performed by the target company and a review of current production processes. The literature review includes concepts related to layout and safety planning that were utilized in the layout design of the test bakery line. With the interviews the problems caused by the current test run arrangements in both product development and production were defined. In addition, the results of the interviews were used to set objectives and technical requirements for the test bakery line. The form survey was used to find out the evaluation factors and their weights set by the target company for evaluating layout proposals. A review of the current production processes revealed the characteristics and differences of the production lines, which were sought to be combined in determining the technical requirements of the test bakery line.

In the empirical part of the thesis the results of the reviews of the production systems and interviews of the target company are presented. Based on these, the technical requirements for the test bakery line were determined. Based on the interviews, in addition to the traditional test bakery line, a hybrid line was added to the design process. A hybrid line is a production line that has the capacity to perform test runs in addition to normal production runs. The empirical part also presents the layout planning process of the test bakery line from location selection to the presentation of layout proposals. Layout proposals were assessed using the evaluation matrix presented in the literature review and the risk assessment method according to ISO 12100:2010.

The most suitable solution for the target company was found to be the hybrid line proposal B2, in which the dough-making area is located at the beginning of the space 2. The cooling conveyor and packing station for product types 2 and 3 are located at the other end of the space 2. The packing equipment for the product type 4 is in the space of the current dispatch area. The layout proposal B2 was found to best meet the requirements and objectives set by the target company.

The proposed hybrid line would bring several benefits to the operations of the target company from both product development and production perspectives. The hybrid line brings flexibility to the production development process and increases opportunities for product innovation. One of the biggest benefits of the hybrid line is the shortening of the time span from innovation to market launch. In addition to product development benefits, the hybrid line supports other production lines with its extra production capacity.

Keywords: layout planning, safety planning, production line, test bakery line, hybrid line

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Haluan kiittää diplomityön toimeksiantajayritystä tarjoamastaan mahdollisuudesta tehdä diplomityö mielenkiintoisesta aiheesta. Diplomityö oli tiivis vajaa puolen vuoden urakka, joka ei olisi onnistunut ilman kohdeyrityksen henkilöstön aktiivista tukea ja kiinnostusta työtäni kohtaan. Haluan kiittää työni ohjaajaa ja muita kohdeyrityksen työntekijöitä kaikesta avusta ja ideoista työn aikana. Lisäksi haluan kiittää yliopiston ohjaajia, Hasse Nylundia ja Minna Lanzia, jotka ohjasivat työtäni eteenpäin ja antoivat vinkkejä kirjoitusprosessin aikana.

Haluan myös kiittää perhettäni ja ystäviäni loputtomasta tuesta ja kannustuksesta koko opiskeluaikani ajan. Erityisesti haluan kiittää avopuolisoani Vilmaa, joka on tukenut ylä- ja alamäissä niin diplomityön teon aikana kuin elämässä muutenkin.

Vaikka opintoni tulevat päätökseen, uuden oppiminen ei lopu koskaan.

Tampereella, 28.10.2021

Lauri Anttila

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
1.1 Työn tavoitteet ja tutkimuksen rakenne 1
1.2 Tutkimusmenetelmät 3
2. KIRJALLISUUSKATSAUS 5
2.1 Layout-suunnittelu 5
2.1.1 Suunnitteluprosessin vaiheet 6
2.1.2 Systemaattisen layout-suunnittelun malli 8
2.1.3 Layout-suunnitteluun vaikuttavat tekijät 20
2.1.4 Layout-tyypit 23
2.2 Turvallisuussuunnittelu 25
2.2.1 Riskien arviointi 28
3. KOEAJOJEN NYKYTILAN SELVITYS JA KOELEIPOMOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU 30
3.1 Kohdeyrityksen tuotantoprosessien ja koeajojen nykytila 30
3.1.1 Kohdeyrityksen tuotantoprosessit 30
3.1.2 Haasteet koeajoissa ja tuotekehitysprosessissa 33
3.1.3 Yrityksen ylimmän johdon näkemykset koeleipomolinjasta 36
3.2 Koeleipomolinjan tekniset vaatimukset 37
3.2.1 Koeleipomolinja 38
3.2.2 Hybridilinja 41
3.3 Layoutin sijainnin valinta 45
3.4 Turvallisuus 48
3.5 Käytetty layout-suunnittelumalli 50
3.6 Layout-ehdotukset 53
3.6.1 Layout-ehdotukset A1 ja A2 53
3.6.2 Layout-ehdotukset B1 ja B2 56
3.6.3 Layout-ehdotukset C1 ja C2 59
3.7 Layout-ehdotuksien riskienarviointi 62
4. KOELEIPOMOLINJAN LAYOUT-EHDOTUS 65
4.1 Ehdotusten vertailu 67
4.2 Hybridilinjalla saavutettavat hyödyt 70
5. JOHTOPÄÄTÖKSET 72
5.1 Jatkotoimenpiteet ja -kehitysehdotukset 73
6. YHTEENVETO 75
LÄHTEET 77
LIITE A HAASTATTELULOMAKE KOELEIPOMOLINJAN VAATIMUKSISTA
LIITE B HAASTATTELULOMAKE YLIMMÄN JOHDON NÄKEMYKSISTÄ KOELEIPOMOLINJASTA JA TUOTEKEHITYSPROSESSISTA
LIITE C RISKIEN ARVIOINTIPOHJA

LIITE D LAYOUT-EHDOTUKSIEN ARVIOINTIPOHJA

KUVALUETTELO

Kuva 1. Diplomityön tutkimusprosessi 2
Kuva 2. Layout-suunnittelun viisi vaihetta (mukaillen Zandin 2001, aliluku 65.3.; Muther 1961, s. 1.9) 6
Kuva 3. Systemaattinen layout-suunnitteluprosessi (mukaillen Muther 1961, s. 2.2) 9
Kuva 4. P-Q -kaavio (mukaillen Muther 1961, s. 3.4) 10
Kuva 5. Monituote-prosessikaavio (mukaillen Muther 1961, s. 4.9) 12
Kuva 6. Toimintojen riippuvuussuhdetaulukko (mukaillen Muther 1961, s. 5.3; Zandin 2001 aliluku 65.8.6.) 13
Kuva 7. Virtauksien ja/tai toimintojen riippuvuussuhdekaavio (mukaillen Muther 1961, s. 6-6; Zandin 2001, aliluku 65.8.6) 15
Kuva 8. Tilojen riippuvuussuhdekaavio (mukaillen Muther 1961, s. 8.3) 16
Kuva 9. Hyötyarvomatriisi (mukaillen Haverila 2009, s. 481; Muther 1961, s. 10.11) 19
Kuva 10. Layout-tyyppien suhde tuotantovolyymiin ja tuotetyyppien lukumäärään ja vaihtuvuuteen (mukaillen Slack & Brandon-Jones 2019, s. 226) 25
Kuva 11. Riskien arviointiprosessi (mukaillen Työturvallisuuskeskus 2015, s. 7; SFS-EN ISO 12100:2010, s. 15) 29
Kuva 12. Kohdeyrityksen tuotantoprosessien yksinkertaistettu prosessikaavio 31
Kuva 13. Koeleipomolinjan rakenne 40
Kuva 14. Hybridilinjan rakenne 42
Kuva 15. Hybridilinjan pakkaamon rakenne 44
Kuva 16. Layoutin mahdolliset sijoituspaikat: tila 1 ja 2 46
Kuva 17. Taikinanteon toimintojen ja resurssien riippuvuussuhdetaulukko 51
Kuva 18. Pakkaamon toimintojen ja resurssien riippuvuussuhdetaulukko 52
Kuva 19. Layout-ehdotus A1 koeleipomolinjan kokonaisuudesta. 54
Kuva 20. Layout-ehdotus A2 koeleipomolinjan kokonaisuudesta 55
Kuva 21. Layout-ehdotus B:n taikinantekoalue 56
Kuva 22. Layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B1 57
Kuva 23. Layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B2 58
Kuva 24. Layout-ehdotus C:n taikinantekoalue 60
Kuva 25. Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C1 61
Kuva 26. Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C2 62
Kuva 27. Layout-ehdotus B2:n taikinantekoalue 66
Kuva 28. Layout-ehdotus B2:n pakkaamoalue 67

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Tuotetyyppien valmistaminen tuotantolinjoilla 31
Taulukko 2. Uusien tuotteiden koeajot huhtikuun 2017 ja kesäkuun 2021 välisenä aikana. 35
Taulukko 3. Layout-ehdotuksien arvioinnin tulokset 69

LYHENTEET JA TERMIT

Brekki	Lyöntikoneen osa, johon taikina kipataan. Se annostelee taikinan lyöntikoneen kuljetinliinalle.
Hybridilinja	Tuotantolinja, jolla on kapasiteettia suorittaa tavanomaisten tuotantoajojen lisäksi myös tuotteiden koeajoja.
Hyötyarvomatriisi	Työkalu layout-ehdotusten arviointiin painotettujen arviointitekijöiden avulla.
Koeajo	Suoritettavien toimenpiteiden sarja, jonka tavoitteena on kehittää tai testata tuotteen ominaisuuksia tai tuotantojärjestelmän suorituskykyä.
Koeleipomolinja	Pienoiskoon tuotantolinja, jolla suoritetaan tuotteiden tai toimilaitteiden koeajoja.
Layout	Tuotantojärjestelmän fyysisten osien ja muiden resurssien sijoittelu
Lyöntikone	Tuotantolinjan osa, jossa taikinasta muodostetaan taikinamatto.
Nostatustunneli	Tuotantolinjan osa, jossa taikinaa nostatetaan. Se sisältää jatkuvatoimisia nostatusratoja.
P	Valmistettavat tuotteet
P-Q -kaavio	Kaavio, joka kuvaa tuotteiden ja valmistusmäärän suhdetta. Sitä käytetään oikean layout-tyypin määrittämiseen.
Q	Valmistusmäärä
R	Valmistusprosessin toiminnot ja niiden järjestys
S	Tukitoiminnot
T	Aika
TTL	Työturvallisuuslaki

1. JOHDANTO

Diplomityön toimeksiantajana toimii elintarviketeollisuusyrityksen elintarviketehdas. Kohdeyrityksen elintarviketehdas valmistaa leipomotuotteita kolmella tuotantolinjalla. Valmistettavat tuotteet jakautuvat neljään eri tuotetyyppiin, jotka kaikki valmistetaan jatkuvatoimisena prosessina tuotantolinjalla. Kohdeyrityksen elintarviketehtaalla on tarve koeleipomolinjan layout-suunnitteluun ja esiselvitykseen koeleipomolla saavutettavista hyödyistä. Koeleipomolinjalla tarkoitetaan sellaista tuotantolinjaa, jolla suoritetaan koeajoja tuotteille tai testataan linjan toimilaitteiden suorituskykyä tai ominaisuuksia. Vaihtoehtoinen ratkaisu perinteiseen koeleipomolinjaan verrattuna on hybridilinja, jolla on kapasiteettia koeajojen lisäksi suorittaa tuotantoajoja. Tällöin tuotteita valmistetaan myös myyntiin. Tällä hetkellä uusien tuotteiden koeajot suoritetaan tuotantolinjoilla. Tällöin koeajot vievät tuotantokapasiteettia tuotantolinjoilta ja koeajojen ajoittaminen tuotantosuunnitelmiin voi olla haastavaa. Tuotantolinjoilla koeajojen suorittaminen on myös hidasta, eikä muutoksia voida tehdä paljoakaan yhden koeajon aikana. Lisähaasteita tuovat myös tuotantolinjojen ajojen keskeyttämisiin ja uuden reseptin valmistamisen aloittamiseen liittyvät seikat. Koeajamalla uudet tuotteet koeleipomolinjalla voitaisiin mahdollisesti poistaa näitä ongelmia ja koeajaa uudet tuotteet kattavammin viemättä tuotantokapasiteettia tuotantolinjoilta.

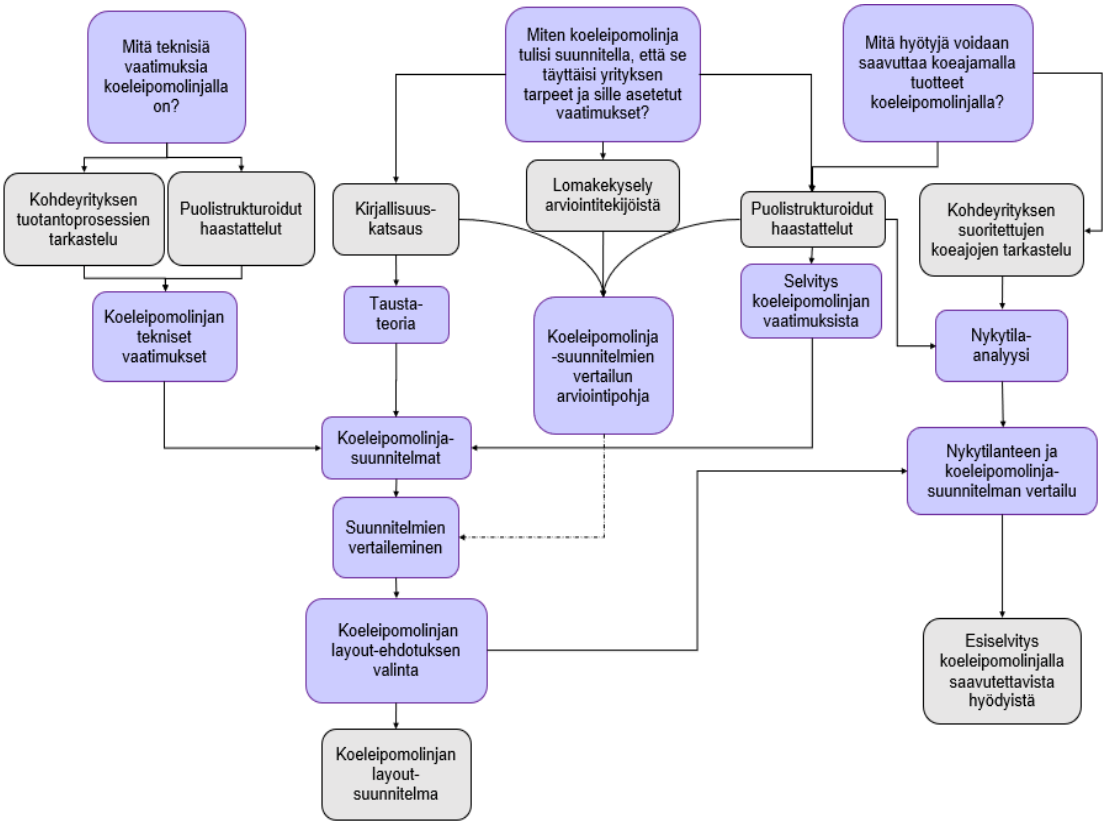
1.1 Työn tavoitteet ja tutkimuksen rakenne

Tämän diplomityön tavoitteena on suunnitella kohdeyritykselle layout-ehdotus koeleipomolinjan kokonaisuudesta. Koeleipomolinja tulee suunnitella siten, että kohdeyrityksen sille määrittämät vaatimukset ja tavoitteet täyttyvät. Layout-suunnitelma sisältää tuotantolinjan rakenteen, tarvittavat koneet ja laitteet sekä tarvittavat varastointi- ja säilytystilat. Lisäksi työn tavoitteena on tehdä esiselvitys koeleipomolinjalla saavutettavista hyödyistä. Tarkoituksena on selvittää kohdeyrityksen nykyisen koeajojärjestelyn aiheuttamia ongelmia niin tuotantolinjoilla kuin tuotekehitysprosessissakin. Layout-ehdotuksen ja esiselvityksen pohjalta yritys voi tehdä päätöksiä tarvittavista jatkotoimenpiteistä.

Tavoitteiden saavuttamiseksi muodostetaan seuraavat tutkimuskysymykset:

- **Tutkimuskysymys 1.** Mitä teknisiä vaatimuksia koeleipomolinjalla on?
- **Tutkimuskysymys 2.** Miten koeleipomolinjan layout tulisi suunnitella, että se täyttäisi yrityksen tarpeet ja sille asetetut vaatimukset?
- **Tutkimuskysymys 3.** Mitä hyötyjä voidaan saavuttaa koeajamalla tuotteet koeleipomolinjalla?

Tutkimuskysymyksiä ratkaistaan kuvan 1 osoittaman tutkimusprosessin mukaisesti. Siinä on esitettynä kuhunkin tutkimuskysymykseen liittyvät tutkimusmenetelmät, joiden avulla pyritään keräämään tietoa aiheeseen liittyen. Hankitun tiedon perusteella luodaan osatuloksia, joiden avulla diplomityön päätulokset ovat mahdollista saavuttaa.



Kuva 1. *Diplomityön tutkimusprosessi*

Ensimmäistä tutkimuskysymystä, eli koeleipomolinjan teknisiä vaatimuksia selvitetään kohdeyrityksen tuotantoprosessien tarkastelulla ja suorittamalla puolistrukturoituja haastatteluja kohdeyrityksen tuotantolaitoksen henkilöstölle. Tuotantoprosesseja tarkastelemalla selvitetään eri linjojen ominaisuuksia ja niiden eroavaisuuksia, joita pyritään yhdistämään koeleipomolinjan rakenteen määrittämisessä. Nykyiset tuotantoprosessit ja

haastatteluissa kerätyt tiedot antavat pohjan koeleipomolinjan rakenteen määrittämiseen. Toista tutkimuskysymystä tutkitaan kirjallisuuskatsauksen ja puolistrukturoitujen haastattelujen avulla. Kirjallisuuskatsaukseen sisältyy layout-suunnitteluun sekä turvallisuussuunnitteluun ja -standardeihin liittyvää teoriaa. Näitä aiheita sovelletaan layout-ehdotusten suunnittelussa. Haastattelujen avulla voidaan määrittää yrityksen vaatimukset ja tavoitteet koeleipomolinjaan liittyen. Kohdeyrityksen tuotannon ja tekniikan osastojen toimihenkilöille suoritetaan lomakekysely layout-ehdotuksien arviointitekijöistä ja niiden painoarvoista, joita hyödynnetään layout-ehdotuksien arvioinnissa. Kolmatta tutkimuskysymystä aloitetaan ratkaisemaan kohdeyrityksen ylimmän johtohenkilöstön puolistrukturoiduilla teemahaastatteluilla. Haastattelujen pohjalta kyetään luomaan tarkempi kuva siitä, mitä ongelmia tuotekehityksessä kohdataan, kun koeajot suoritetaan tuotantolinjoilla. Lisäksi selvitetään koeleipomolinjalle asetettavia vaatimuksia ja tavoitteita, jotta se kykenisi tukemaan tuotekehitystä ja yrityksen liiketoimintastrategiaa mahdollisimman hyvin. Haastattelujen lisäksi tarkastellaan kohdeyrityksen suorittamia koeajoja. Koeajojen tarkastelun ja haastattelujen avulla kerättyä tietoja hyödynnetään myös kohdeyrityksen tuotekehityksen nykytilan muodostamisessa. Koeajojen nykytilaa vertailemalla layout-ehdotusten tarjoamiin koeajomahdollisuuksiin voidaan selvittää koeleipomolinjalla saavutettavat hyödyt tuotekehityksessä ja koeajoissa.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Työssä käytetään tutkimusmenetelmänä kohdeyrityksen henkilöstön ja ylimmän johtohenkilöstön puolistrukturoituja haastatteluita. Puolistrukturoiduissa haastatteluissa kysymykset laaditaan ennakkoon, mutta keskustelu on vapaampaa. Kysymysrungon tarkka seuraaminen ei ole tavoiteltua, vaan on pyrittävä selvittämään haastateltavan tietoja mahdollisimman laajasti kysymykseen liittyen. Kuitenkin kysymysrungon avulla voidaan ohjata haastattelu takaisin aiheeseen. Haastatteluiden tietojen tallentaminen voi olla tarpeen, jotta vastauksia voidaan analysoida myös myöhemmin. (Hyvärinen et al.)

Lomake-kyselyä käytetään layout-ehdotuksien arviointitekijöiden ja niiden painoarvojen määrittämiseen. Lomaketutkimuksessa on otettava huomioon kyselyyn vastaajien ajan, halun ja taidot vastata kyselyyn. Kun lomake on suunniteltu huolellisesti ja testattu kattavasti, on tutkimuksen onnistuminen paljon mahdollisempaa. Lomakkeen suunnittelussa tärkeätä on sen laajuus ja ulkoasun selkeys. Liian pitkä kysely vaikuttaa usein negatiivisesti kyselyyn vastanneiden lukumäärään. Vastanneiden lukumäärään voi myös vaikuttaa kyselylomakkeen ulkoasu ja rakenne. Epäselvän rakenteen takia voi jotkin kysymykset jäädä vastaamatta, jos vastaaja ei huomaa niitä tai ei tiedä niihin kuuluvan

vastata. Lisäksi kysymysten asettelu on tärkeätä. Mahdollisimman selkeästi esitetyt kysymykset varmistavat myös sen, että vastaaja ymmärtää kysymyksen niin kuin laatija on sen tarkoittanut. Lomakkeen täyttöä voidaan myös helpottaa lisäämällä vastausohjeet. (Borg)

2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Tässä luvussa perehdytään työhön liittyvään teoriaan. Ensimmäisessä aliluvussa käsitellään layout-suunnittelua ja siihen liittyviä toimintatapoja. Lisäksi tuodaan esille layout-suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä. Layout-suunnitteluun liittyviä turvallisuusaspekteja ja -standardeja käsitellään aliluvussa 2.2. Lisäksi käsitellään elintarviketeollisuuden yleisiä turvallisuusriskitekijöitä, joita tulisi huomioida suunnitteluprosessissa. Aliluvussa 2.2.1 esitetään riskien arviointiprosessi ja riskien suuruuteen vaikuttavia tekijöitä. Kirjallisuuskatsauksen avulla pyritään kokoamaan keskeisimmät koeleipomolinjan suunnitteluun sisältyvät asiat, joita sovelletaan suunnitteluprosessissa luvussa 3.

2.1 Layout-suunnittelu

Layoutilla tarkoitetaan teollisuudessa tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaassa. Se sisältää koneet, laitteet, varastointipaikat, muut tuotteen tai materiaalin käsittely- tai prosessointipaikat sekä materiaalien ja ihmisten kulkureitit. (Haverila 2009, s. 475; Muther 1955, s. 3) Lisäksi layout voi sisältää tuotantojärjestelmään liittyvien tukitoimintojen sijainteja. Näihin sisältyvät muun muassa kunnossapitoon liittyvät tilat ja varastointipaikat, ensiapupisteet ja muut turvallisuuteen liittyvät asiat. (Muther 1961, s. 1.3) Layout-suunnittelulla tarkoitetaan prosessia, jonka lopputuloksena on tuotantojärjestelmän, sen osan tai kokonaisen tehtaan layout-suunnitelma. Suunnitteluprosessi on monivaiheinen ja se sisältää suuren määrän toimintatapoja layoutiin liittyvien elementtien tunnistamiseksi, luokittelemiseksi ja visualisoimiseksi. (Muther 1961, s. 2.1)

Tarpeen layout-suunnitteluprosessin aloittamiseksi voi luoda moni eri tekijä. Yleisimpiä tekijöitä ovat muutokset nykyisiin tuotteisiin, uuden tuotteen valmistamisen aloittaminen, muutokset tuotantovolyymeissä, pyrkimys pienentää kustannuksia, muutokset markkinoiden keskittymien sijainneissa tai nykyisten tilojen vanhentuminen. (Moore 1968, s. 95) Lisäksi nykyisen layoutin työturvallisuusriskit ja huonot työskentelyolosuhteet voivat aiheuttaa tarpeen layoutin päivittämiseksi. (Moatari-Kazerouni et al. 2015) Santos et al. (2006, s. 19-20) tuovat myös esille, että uuden laitteen hankinta, ongelmat materiaalivirroissa tai korkeat keskeneräisten tuotteiden varastot voivat luoda tarpeen uuden layoutin suunnittelulle. Nämä tekijät voidaan jakaa neljään luokkaan (Moore 1968, s. 98-100):

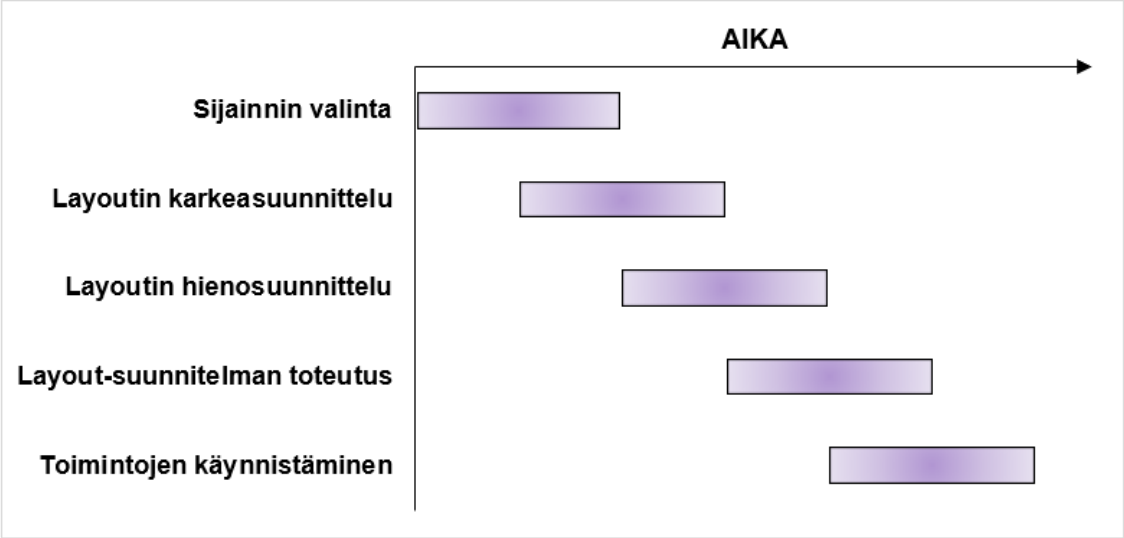
1. Pienet muutokset nykyiseen layoutiin
2. Nykyisen layoutin uudelleenjärjesteleminen
3. Uusiin jo olemassa oleviin tiloihin siirtyminen

4. Uuden tehtaan tai tuotantojärjestelmän rakentaminen.

Yleisesti layout-suunnittelun tavoitteena on luoda mahdollisimman tehokas, taloudellinen ja kaikkia osapuolia miellyttävä ratkaisu. Siinä ihmisten ja materiaalien liike on tehokasta ja suunnitelmalla pyritään saavuttamaan mahdollisimman matalat valmistuskustannukset. (Muther 1955, s. 4-6) Hyvän layoutin tunnusomaisia piirteitä ovat minimaalinen ihmisten ja materiaalien liike, tehokas tilan käyttö, työntekijöiden tyytyväisyys ja turvallisuus sekä tuotteiden sujuva virtaus tuotantoprosessien läpi (Moore 1968, s. 100-102; Muther 1955, s. 7-8; Stevenson 2018, s. 258).

2.1.1 Suunnitteluprosessin vaiheet

Layout-suunnittelun voi kuvata esimerkiksi viisivaiheisella prosessilla. Se etenee karkeasta suunnittelusta aina hyvin yksityiskohtaiseen suunnitteluun, jossa määritetään tarkasti jokaisen toiminnon sijainti tuotantopaikalla. Kun layout on karkealla tasolla hyvä, aletaan yksityiskohtia tarkentamaan vaiheittain, kunnes layout-suunnitelma on valmis. (Zandin 2001, aliluku 65.3.) Kuvassa 2 on esitettynä layout-suunnitteluprosessin vaiheet. Prosessin neljä ensimmäistä vaihetta perustuu Mutherin (1961, s. 1.9) esittämään malliin ja viides vaihe ”toimintojen käynnistäminen” on Zandinin (2001, aliluku 65.3.) malliin lisäämä vaihe.



Kuva 2. *Layout-suunnittelun viisi vaihetta (mukaillen Zandin 2001, aliluku 65.3.; Muther 1961, s. 1.9)*

Layout-suunnitteluprosessin ensimmäinen vaihe suunniteltavan layoutin sijainnin määrittäminen, jossa kyseessä oleva suunniteltava layout voi olla jo olemassa olevan layoutin päivittämistä tai kokonaan uusi layout. Jos kyseessä on nykyisen layoutin päivittämi-

nen, voidaan hyödyntää jo käytössä olevaa tilaa tai pohtia löytyykö yritykseltä muita vapaita tiloja. Joissakin tapauksissa myös uuden rakennuksen rakentaminen tai nykyisten tilojen laajentaminen voi olla tarpeen. (Muther 1961, s. 1.8) Tässä vaiheessa määritetään myös layout-suunnitteluprojektin laajuus ja aikataulu. Määritetään mitä ollaan suunnittelemassa, mitkä ovat projektin tavoitteet ja mitä tehtäviä projektin läpiviemiseksi on asetettava. Lisäksi nimetään layout-suunnitteluun osallistuva projektiryhmä. (Zandin 2001, aliluku 65.3.)

Toinen vaihe on karkeasuunnittelu, jossa määritetään layoutin toimintojen sijainnit karkealla tasolla. Siinä määritetään toimintojen väliset suhteet ja materiaalien virtaukset, joiden avulla kyetään suunnittelemaan layoutin karkeata versiota. Karkeasuunnittelun tuloksena saadaan niin sanottu lohkolayout, jossa toimintojen tilantarve esitetään laatikoina ja pinta-alat ovat arvioita. Lisäksi materiaalivirtaukset ovat esitettynä layoutissa. Layoutin karkeasuunnitelmaa ei välttämättä tarvitse suunnitella vielä tässä vaiheessa tiettyyn tilaan, jolloin voidaan vapaammin määrittää suunniteltavan layoutin tarvittavia toimintoja ja niiden tilantarvetta. Kolmannessa vaiheessa hienosuunnittelussa karkeasuunnitelmia kehitetään tarkemmiksi. Siinä jokaisen toiminnon tarkka sijainti on määritettynä ja toimintojen mitat ovat esitettynä tarkasti. Suunnitteluprosessin toinen ja kolmas vaihe ovat hyvin samankaltaiset, mutta hienosuunnittelussa asioita tarkastellaan tarkemmin. Karkeasuunnittelu antaa kuitenkin pohjan hienosuunnittelulle. (Muther 1961, s. 1.8-1.9; Zandin 2001, aliluku 65.3)

Neljäs vaihe on layout-suunnitelman toteutus, jossa suunnitellaan layoutin asennus, hyväksytetään uusi layout ja investointi ja suoritetaan asennustyöt (Muther 1961, s. 1.9-1.10) Viidennessä vaiheessa uusi layout otetaan käyttöön ja sen toimintaa seurataan. Käyttöönottoon liittyy tarvittavat testaukset, jotta voidaan varmistua layoutin toimivuudesta. (Zandin 2001, aliluku 65.3) Koko suunnitteluprosessista on tärkeä havaita informaation tarpeen kasvu projektin edetessä. Layout-suunnitelman kehittyessä tarvitaan entistä tarkempaa tietoa ja dataa, jotta layoutin asennusvaiheessa voidaan varmistua sen tarkkuudesta ja oikeellisuudesta. (Muther 1961, s. 1.11) On huomioitava myös, että suunnitteluprosessin alkuvaiheiden päätökset määrittävät suuresti projektin etenemistä ja sen lopputulosta. Kattavan suunnittelun avulla voidaan vaikuttaa layoutin tulevaisuuden käyttö- ja liiketoimintakustannuksiin. Toteuttamalla layout-suunnitteluprosessi edellä mainittujen viiden vaiheen mukaisesti voidaan mahdollistaa toimiva ja tehokas ratkaisu. (Zandin 2001, aliluku 65.3)

2.1.2 Systemaattisen layout-suunnittelun malli

Moore (1968, s. 119-120) esittää, että yleinen väärinkäsitys layout-suunnittelusta on se, että suunnitteluprosessiin sisältyy vain koneiden ja toimintojen mallien siirtelyä tuotantolaitoksen pohjakuvalla, kunnes sopiva ratkaisu löytyy. Vaikkakin layoutin visualisointi on tärkeää, on informaation kerääminen eri toiminnoista ja layoutiin vaikuttavista tekijöistä ennen visuaalista suunnittelua tarpeen. Tietojen kerääminen varsinkin suunnitteluprosessin alkuvaiheessa on tärkeätä, jotta projekti saadaan johdettua oikeaan suuntaan. Kuitenkin tiedonhankinta on jatkuvaa koko suunnitteluprosessin läpi, jotta layout-suunnitelma vastaisi mahdollisimman hyvin yrityksen tarpeita ja tavoitteita.

Kaikkien layouteihin liittyvien ongelmien tai uuden tuotantojärjestelmän layout-suunnittelun pohjalla voidaan nähdä olevan viisi perustekijää, jotka vaikuttavat koko suunnitteluprosessiin joko suorasti tai epäsuorasti. Näistä kaksi ensimmäistä perustekijää ovat:

1. Valmistettavat tuotteet (Products, P)
2. Valmistusmäärä (Quantity, Q). (Muther 1961, s. 1.1)

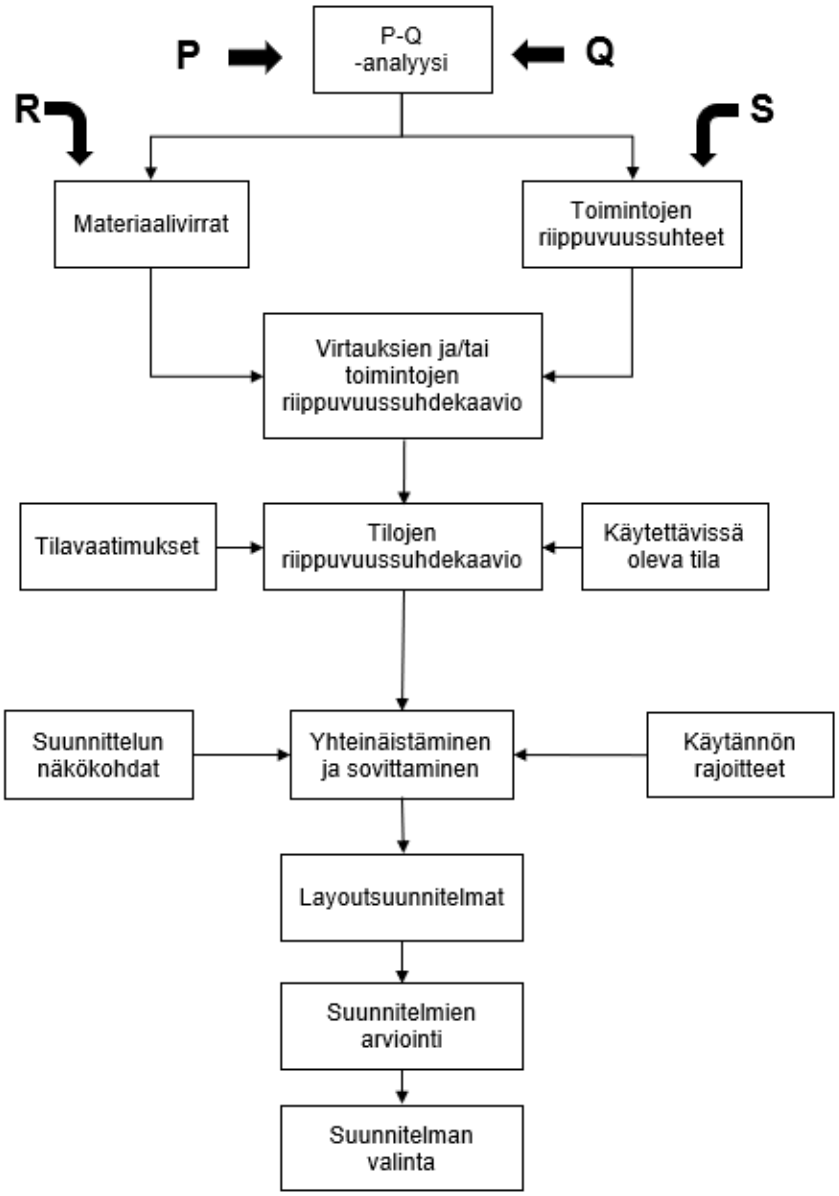
Valmistettavat tuotteet sisältävät kaikki yrityksen valmistamat tuotteet, mutta siihen voi kuulua myös käytettävät raaka-aineet ja komponentit. Valmistusmäärällä tarkoitetaan valmistettavien tuotteiden lukumäärää, mutta siihen voidaan sisällyttää myös käytettävien raaka-aineiden lukumäärät. (Muther 1961, s. 1.1) Tärkeätä informaatiota, jota tulisi kerätä tuotteisiin liittyen on tuotteen koko, paino, muodot, laatuvaatimukset ja muut erityiset ominaisuudet. Valmistusmäärään liittyen tulisi kerätä tietoa valmistusvolyymista sekä kysynnän ja tuotannon vaihtelusta. (Moore 1968, s. 121) Kaikki tieto, ennusteet ja arviot sekä informaatio näihin kahteen perustekijään liittyen on ehdottaman tärkeätä, jotta layout voidaan suunnitella siten, että se tukee yrityksen tavoitteita tuotteiden valmistuksessa (Muther 1961, s.1.1; Moore 1968, s. 120-121).

Loput kolme perustekijää ovat:

3. Valmistusprosessin toiminnot ja niiden järjestys (Routing, R)
4. Tukitoiminnot (Supporting Services, S)
5. Aika (Time, T)

Yrityksen valmistusprosessilla sekä sen toiminnoilla ja niiden järjestyksellä on huomattava vaikutus layoutin suunnittelussa. Valmistusprosessi määrittää tarvittavat toiminnot ja niiden järjestyksen, jotta raaka-aineista saadaan valmistettua lopputuote. Täten myös materiaalivirrat ovat riippuvaisia toimintojen asettelusta layoutiin. Tukitoimintojen avulla layout kykenee toimimaan tehokkaasti. Ne voivat tukea toimintojen ylläpitoa, ihmisiä tai

materiaalien säilytystä tai siirtämistä. Viides tekijä on aika, joka vaikuttaa myös kaikkiin muihin tekijöihin. Voidaan pohtia suunnitellaanko valmistettavia tuotteita ja niiden tuotantovolyymejä nykyisen tilanteen mukaan vai pyritäänkö ennustamaan tilannetta esimerkiksi viiden vuoden päästä. Aika on myös oleellinen osa toimintojen suorituskykyä ja materiaalien virtausta, jotka vaikuttavat myös suoraan koko prosessin läpimenoaikaan. (Muther 1961, s. 1.2-1.3) Näillä tekijöillä päästään suunnitteluprosessissa alkuun. Aliluvussa 2.1.3 on esitettynä laajemmin koko layout-suunnitteluprosessiin vaikuttavia tekijöitä. Muther esittelee teoksessaan (1961, s. 2.1) systemaattisen layout-suunnittelu -mallinsa, joka on esitettynä kuvassa 3.

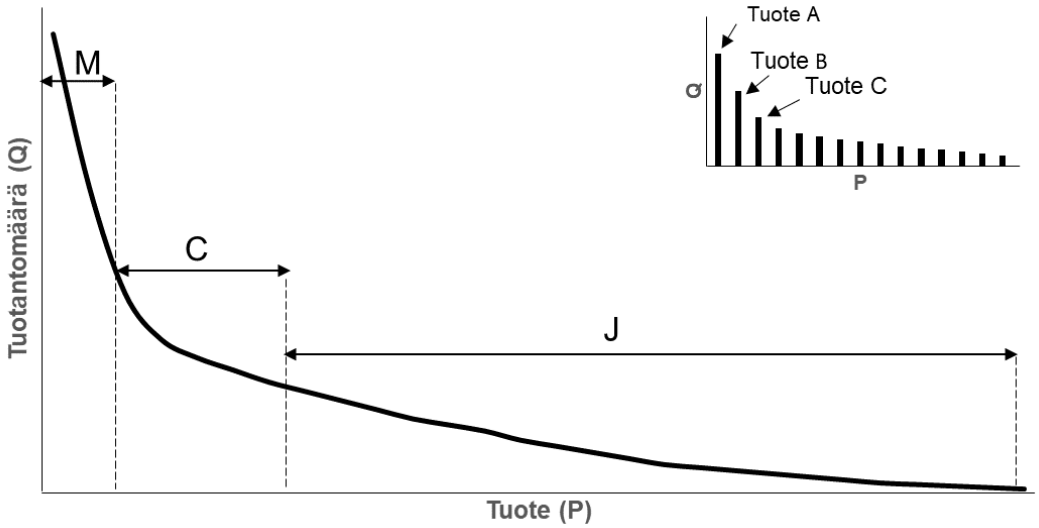


Kuva 3. *Systemaattinen layout-suunnitteluprosessi (mukaillen Muther 1961, s. 2.2)*

Se kuvaa karkea- ja hienosuunnittelun vaiheita yksinkertaisella vuokaaviolla, ja se sisältää erilaisia työkaluja ja toimintatapoja layoutin systemaattiseen suunnitteluun. Karkea-

ja hienosuunnitteluprosesseilla on siis samankaltaiset vaiheet, mutta tiedon ja suunnittelun tarkkuus vaihtelee niiden kesken. Karkeasuunnittelussa käytettävän tieto ei ole yhtä tarkkaa kuin hienosuunnittelussa. Vaikkakin malli on noin 60 vuotta vanha, käytetään sitä vieläkin layout-suunnittelussa, kuten voidaan nähdä esimerkiksi Benitezin et al. (2018, s.193-200), Khariwalin et al. (2021, s. 4065–4071) ja Yangin (2021, s. 2090) tuoreista tutkimuksista. Systemaattisen layout-suunnittelun mallia hyödynnettiin Benitezin et al. (2018) tutkimuksessa sairaalan radiologian osaston layoutin optimointiin ja toiminnan tehostamiseen. Khariwalin et al. (2021) tutkimuksessa rautatievarikon layoutia optimoitiin tuotantokustannusten pienentämiseksi ja tuotantokapasiteetin kasvattamiseksi. Yangin (2021) tutkimuksessa mallia hyödynnettiin signaaliohjauslaatikon tuotantolinjan layoutin päivittämiseen ja tuotannon tehostamiseen.

Systemaattinen layout-suunnitteluprosessi alkaa yrityksen valmistamien tuotteiden ja niiden valmistusmäärien tarkastelulla. Käytettävää metodia kutsutaan *P-Q -analyysiksi*, jossa valmistettavat tuotteet ja niiden valmistusmäärät taulukoidaan ja merkitään kuvaajaan kuvan 4 mukaisesti. Vaaka-akselilla on merkittynä yrityksen valmistamat tuotteet (P) ja pystyakselilla tuotantomäärä (Q). Analyysissä tulisi huomioida myös ennusteet tuleville vuosille. Tilanteen mukaan ennusteet esimerkiksi seuraavalle vuodelle, kahdelle vuodelle tai viidelle vuodelle ovat tärkeitä lähdetietoja suunnittelulle. Tällöin ennusteiden avulla voidaan mitoittaa layoutia siten, että se kykenee vastaamaan kysyntään vielä tulevaisuudessakin. Analyysi toimii layout-suunnittelun pohjana, sillä sen avulla tehdään päätökset käytettävästä layout-tyypistä ja tuotantotavasta. (Muther 1961, s. 3.1-3.10)



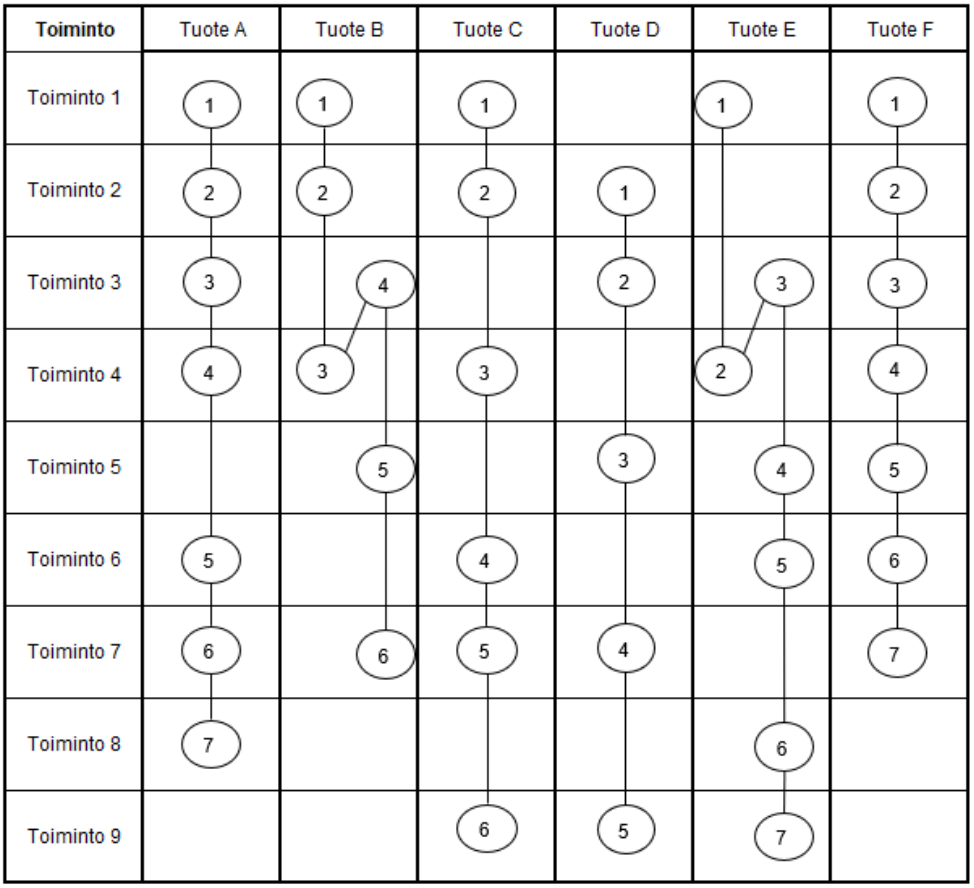
Kuva 4. *P-Q -kaavio (mukaillen Muther 1961, s. 3.4)*

Kuvaan 4 on merkittynä kolme aluetta, jotka kuvaavat P-Q -analyysin perusteella määritettäviä layout-tyyppejä ja tuotantotapaa. Alue M, jossa tuotteiden tuotantomäärät ovat todella suuria, kuvaa tuotantolinjalla massatuotannolla valmistettavia tuotteita. Alue C:n tuotteet valmistetaan solu-layoutia tai funktionaalista layoutia käyttäen, sillä tuotantomäärät ovat kohtuullisen suuria, mutta eivät kuitenkaan niin suuria, että valmistaminen tuotantolinjalla olisi kannattavaa. Alue J:n tuotteet valmistetaan kappaletuotantona käyttämällä funktionaalista layoutia. (Haverila 2009, s. 479) P-Q -kuvaajan käyrän ollessa loiva voidaan usein kaikki tuotteet valmistaa käyttämällä samaa layoutia, koska tuotantomäärät eivät vaihtele tuotteiden kesken liiaksi. On kuitenkin huomioitava, että valmistettavien tuotteiden tai niiden valmistusprosessien on oltava samankaltaisia, jotta yksi layout olisi riittävä ja sopiva tuotteiden valmistukseen. Käyrän ollessa jyrkkä tulee tuotteet jakaa ainakin kahteen kategoriaan ja suunnitella molemmille kategorioille omat layoutit ja valitaan niille layout-tyypit. Tällöin tuotantomäärien vaihtelu on niin suurta, että kaikkien tuotteiden valmistaminen samalla layoutilla ei olisi kannattavaa. Kahdella layoutilla voidaan täten valmistaa tehokkaasti käyrän molempien päiden tuotteita. (Muther 1961, s. 3.6-3.7) Layout-tyypit esitellään tarkemmin aliluvussa 2.1.4.

P-Q -analyysin jälkeen suunnitteluprosessissa siirrytään *materiaalivirtojen* ja *toimintojen riippuvuussuhteiden* tarkasteluun. Materiaalivirtojen tarkastelussa määritetään jokainen tuotteen valmistamiseen tarvittava toiminto ja niiden järjestys. Varsinkin vanhaa layoutia päivittäessä tulisi kyseenalaistaa nykyiset järjestelyt ja analysoida voidaanko nykyistä tapaa kehittää. Nykyisestä prosessista tulisi eliminoida kaikki turhat arvoa tuottamattomat toiminnot pois. Lisäksi tulisi tarkastella voidaanko joitakin toimintoja yhdistää keskenään tai tulisiko niiden järjestystä tai sijaintia muuttaa. Toimintojen suorituskykyä voidaan myös tarkastella ja tehdä päätöksiä niiden kehittämisestä tai esimerkiksi uusien koneiden tai laitteiden hankinnasta. Näiden toimenpiteiden jälkeen määritetään kaikista tehokkain ratkaisu materiaalien liikuttamiselle tuotantoprosessin toimintojen välillä tekemällä materiaalien virtausanalyysin. (Muther 1961, s. 4.1)

Materiaalien virtausanalyysin tekemiseen on eri vaihtoehtoja, jotka pohjautuvat useimmiten P-Q -analyysiin. Suuri tuotantovolyymisille melko standardoiduille tuotteille analyysi on usein prosessikaavion tekeminen ja sen avulla materiaalivirtauksien tarkasteleminen. Siinä tuotantoprosessin vaiheet merkitään järjestykseen ja sen avulla esitetään, miten raaka-aineista muodostetaan lopullinen tuote. Lisäksi prosessikaavioon tulisi merkitä materiaalien virtauksien lukumäärät tai suuruudet, jotta voidaan määrittää paremmin toimintojen välisen suhteen tärkeyttä. Myös prosessissa ilmenevä hukka tulisi määrittää ja esittää kaaviossa, sillä sen käsittely vaatii myös suunnittelua. Jos valmistusprosesseil-

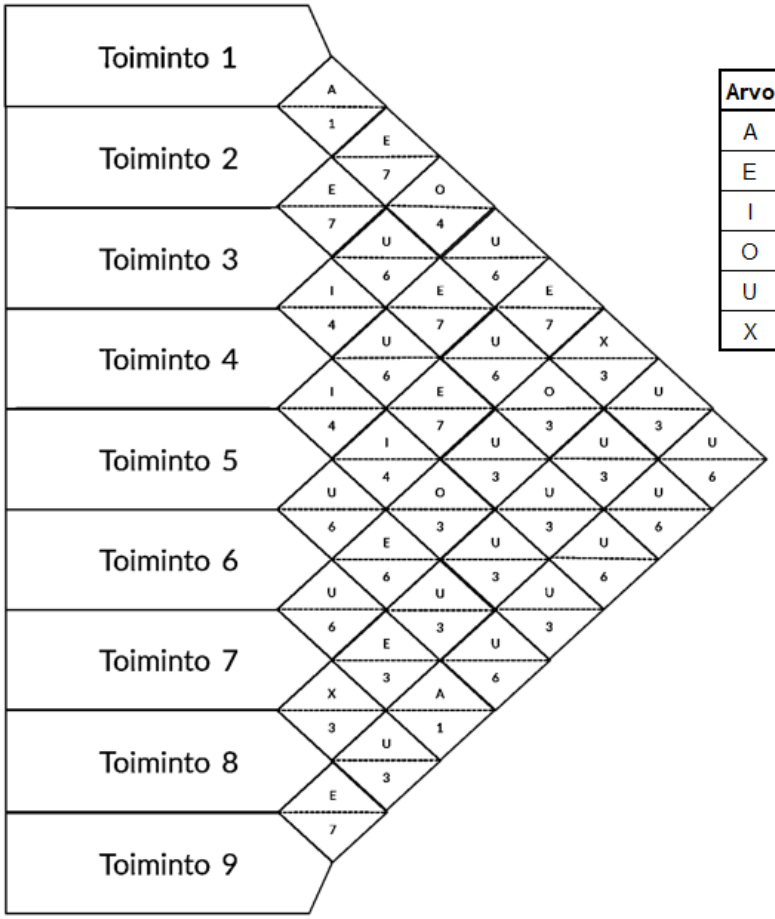
taan erilaisten tuotteiden määrä kasvaa yli viiteen, on usein prosessikaavioiden tekeminen jokaiselle melko työlästä. Tällöin hyödyllisin työkalu materiaalien virtauksien analysointiin on kuvan 5 esittämä monituote-prosessikaavio. Kaavion vasemmassa reunassa on listattuna yrityksen valmistusprosessien kaikki toiminnot ja yläreunassa on listattuna yrityksen valmistamat tuotteet. Kaavioon merkitään valmistusprosessin vaiheet tuotteittain, ja sen avulla voidaan havaita ne toiminnot, joiden kautta materiaalit kulkevat useimmiten. Kaavion avulla voidaan myös tehdä päätöksiä tarvittavista toimintojen yhdistämisestä, jotta virtaus saataisiin jatkuvammaksi. (Muther 1961, s. 4.2-4.20) Toinen vaihtoehto usean tuotteen materiaalivirtauksien tarkasteluun on työnkulkukaavio (from-to chart), jossa kaikki toimintojen ja työpisteiden välillä kulkevat materiaalivirrat kirjataan ylös. (Santos et al. 2006, s. 35-36; Muther 1961, s. 4.14-4.17)



Kuva 5. *Monituote-prosessikaavio (mukaillen Muther 1961, s. 4.9)*

Toimintojen riippuvuussuhteiden tarkastelun perustana on se, että pelkällä materiaalivirtojen tarkastelulla ei voida suunnitella layoutia. Siinä tulisi tarkastella myös valmistustoimintojen välisiä suhteita ja materiaalivirtoja. Tuotannon tukitoiminnot tulee myös suunnitella osaksi layoutia ja niiden suhdetta valmistusprosessin toimintoihin tulee analysoida, jotta niiden väliset materiaali- ja informaatiovirrat olisivat myös mahdollisimman lyhyet. Joillakin teollisuuden aloilla materiaalivirrat voivat olla myös todella minimaalisia, jolloin

toimintojen riippuvuussuhteiden analysoinnin tärkeys korostuu. Toimintojen riippuvuussuhteiden analysoinnissa yleisin ja käytännöllisin työkalu on kuvassa 6 esitetty toimintojen riippuvuussuhdetaulukko. Sen avulla voidaan määrittää eri toimintojen välisiä riippuvuussuhteita helposti ja visuaalisesti. Lisäksi tukitoimintojen integrointi osaksi tuotantojärjestelmää minimalisilla materiaalivirroilla on sen avulla sujuvampaa. Siinä läheisyyssuhteiden tärkeyttä merkitään yläkolmioihin kirjaimilla A (absolutely), E (especially), I (important), O (ordinary), U (unimportant) ja X (not desirable), jossa A tarkoittaa toimintojen läheisyyden olevan ehdottoman tärkeätä ja X tarkoittaa, että toimintojen läheisyyttä ei pidä tavoitella. Taulukon alakolmioihin merkitään numeroilla syy toimintojen läheisyyssuhteelle, ja syiden numerokoodit kerrotaan erillisessä taulukossa. Syitä voivat olla muun muassa materiaalivirtojen suuruus, yleinen käytännöllisyys tai haittatekijät esimerkiksi melu tai tärinä. (Muther 1961, s. 5.1-5.6)



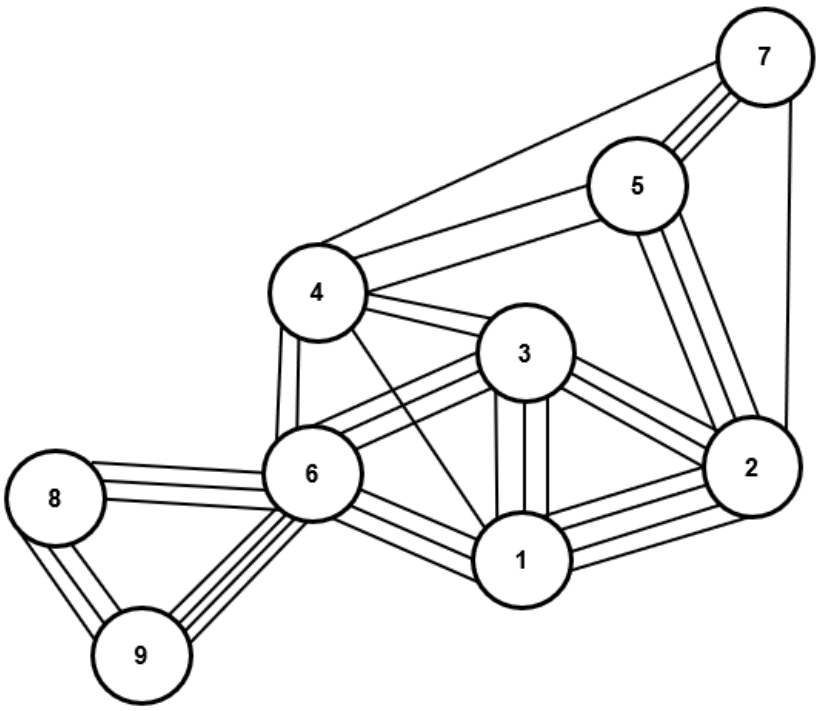
Arvo	Toimintojen suhde
A	Läheisyys ehdottoman tärkeätä
E	Läheisyys erityisen tärkeätä
I	Läheisyys tärkeätä
O	Normaali etäisyys
U	Läheisyys ei tärkeätä
X	Läheisyyttä ei pidä tavoitella

Kuva 6. *Toimintojen riippuvuussuhdetaulukko (mukaillen Muther 1961, s. 5.3; Zandin 2001 aliluku 65.8.6.)*

Riippuvuussuhdetaulukon tekeminen aloitetaan listaamalla kaikki valmistusprosessin toiminnot, tukitoiminnot ja layoutille muut tärkeät alueet ja aktiviteetit, esimerkiksi hissit, kulkureitit tai porraskäytävät. Seuraavaksi edellä mainitut lisätään taulukkoon siten, että

ensimmäisenä on valmistusprosessin toiminnot ja sitten muut. Tämän jälkeen toimintojen riippuvuussuhteita ja niiden syitä aletaan määrittämään. Tässä vaiheessa on syytä hyödyntää koko yrityksen henkilöstön tietotaitoa ja kokemuksia, laskelmia ja tehtyjä materiaalianalyysejä. Suorittamalla toimintojen riippuvuussuhteiden tarkastelu taulukon avulla voidaan varmistua, että jokaisen toiminnon välinen suhde on tarkasteltu ja suunniteltu. Lopuksi taulukko kannattaa tarkastuttaa vielä muulla henkilöstöllä ja varmistaa sen virheettömyys. Materiaalien virtausanalyysi ja toimintojen riippuvuussuhteiden tarkastelua ei välttämättä tarvitse tehdä erikseen, vaan ne voidaan myös yhdistää taulukon avulla. (Zandin 2001, aliluku 65.8; Muther 1961, s. 5.8-5.17)

Materiaalivirtojen ja toimintojen riippuvuussuhteiden analysoinnin pohjalta tehdään virtauksien ja toimintojen *riippuvuussuhdekaavio* tilanteen mukaisesti. Taulukoon kootut läheisyyden riippuvuudet sekä materiaalien virtausanalyysit antavat pohjan kaavion tekoon. Sen ideana on luoda mahdollisimman hyvä layout toimintojen sijoittelun materiaalivirtauksien, toimintojen riippuvuussuhteiden tai niiden yhdistelmän perusteella. Tällöin kaavio pyritään luomaan tässä vaiheessa huomioimatta toimintojen tilan tarvetta ja vapaana olevia tiloja. Jos kaavio luodaan pelkästään materiaalivirta-analyysin pohjalta, saavat suurimpien materiaalivirtojen toiminnot suurimman prioriteetin. Toimintojen riippuvuussuhdetaulukon perusteella kaavion luominen aloitetaan niistä toiminnoista, joiden läheisyys on ehdottoman tärkeätä. Kaaviossa toimintojen välistä riippuvuussuhdetta merkitään viivoilla. Neljä viivaa toimintojen välillä tarkoittaa taulukon mukaista arvoa A, eli läheisyys on ehdottoman tärkeätä. Tällöin kolme viivaa on taulukon arvo E, eli läheisyys on erityisen tärkeätä ja niin edelleen. Taulukon arvoa U, jolloin läheisyys ei ole tärkeätä, ei merkitä viivalla kaaviossa. Tilanteissa, joissa läheisyyttä pitäisi välttää voidaan toimintojen välistä suhdetta merkitä kiemuralla viivalla. Riippuvuussuhteiden osoittamat viivat voidaan lisäksi värikoodata, jotta kaavion tulkitseminen olisi helpompaa. (Muther 1961, s. 6.1-6.9) Kuvassa 7 on esitettynä esimerkki riippuvuussuhdekaaviosta, joka on luotu kuvan 6 esittämän riippuvuussuhdetaulukon pohjalta.

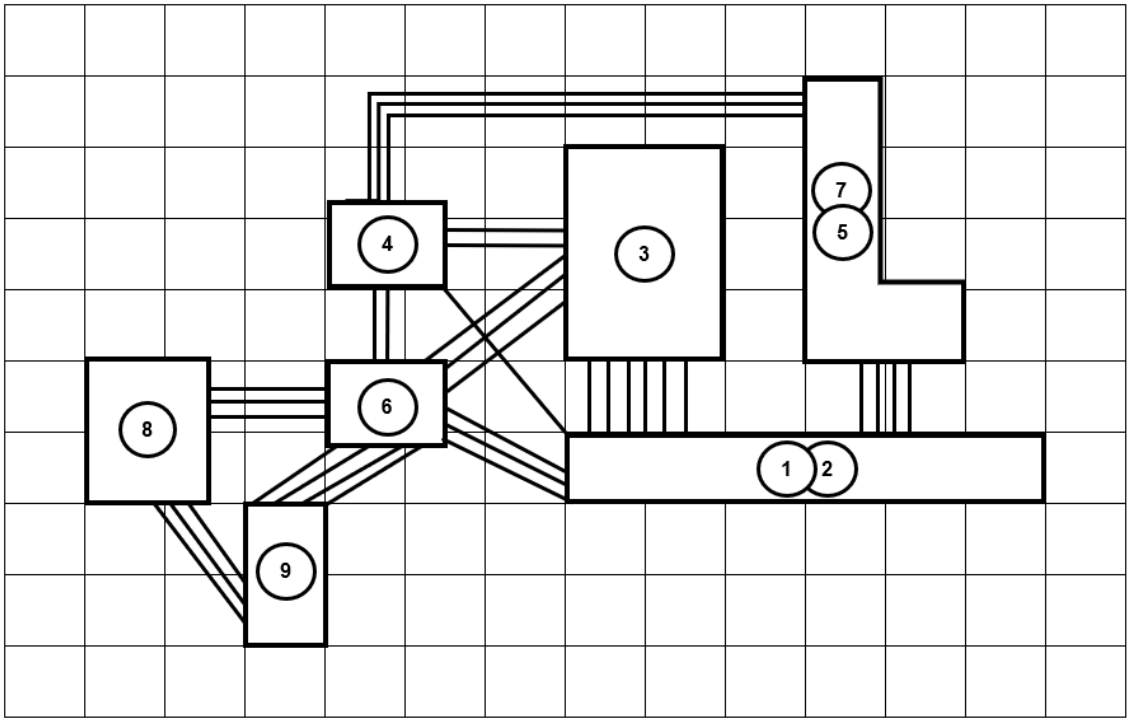


Kuva 7. *Virtauksien ja/tai toimintojen riippuvuussuhdekaavio (mukaillen Muther 1961, s. 6-6; Zandin 2001, aliluku 65.8.6)*

Riippuvuussuhdekaavion luomisen jälkeen tarkastellaan toimintojen tilavaatimuksia ja tuotantolaitoksen vapaana olevaa tilaa. Niiden ja riippuvuussuhde kaavion perusteella voidaan suunnitella *tilojen riippuvuussuhdekaavio*. Tilavaatimuksien ja vapaana olevan tilan tarkastelu otetaan vasta tässä kohtaa tarkasteluun, jotta ne eivät rajoittaisi suunnittelua suunnitteluprosessin alkuvaiheissa. Se ei kuitenkaan tarkoita, että niitä ei voisi huomioida jo aikaisemmin. Toimintojen tilavaatimusten määrittelyyn perustana on, että kaikki tarvittavat toiminnot on selvitetty ja niiden määrä määritetty. Tällöin tilavaatimuksia voidaan ryhtyä sovittamaan vapaana olevaan tilaan. Optimaalisin tilanne on riippuvuussuhdekaavion mukainen järjestely, mutta usein sitä ei kyetä toteuttamaan rajoitetun tilan takia. Kuitenkin toimintojen sijoittelussa priorisoidaan määritettyjä läheisyyssuhteita, ja pyritään optimoimaan layoutista mahdollisimman hyvä käytettävissä olevaan tilaan. (Muther 1961, s. 7.1-7.23)

Tilavaatimusten ja vapaana olevan tilan huomioimisen jälkeen voidaan materiaalien ja/tai toimintojen riippuvuussuhdekaavion perusteella luoda *tilojen riippuvuussuhdekaavio*. Siinä toiminnot sijoitetaan olemassa olevan tilan pohjapiirrokseen huomioiden toimintojen tilavaatimukset ja tilan rajoittavat tekijät. Toimintoja voidaan myös yhdistää tilojen riippuvuussuhdekaavioon esimerkiksi tilan säästösyistä tai materiaalivirtojen selkeyttämisen takia. Tällöin läheisyysriippuvuutta kuvaavien viivojen lukumäärät summataan keskenään, jolloin toimintojen keskinäisen läheisyyden tärkeys korostuu. (Muther 1961,

s.8.1-8.5) Esimerkki tilojen riippuvuussuhdekaaviosta on kuvassa 8, joka on tehty kuvassa 7 esitetyn virtauksien ja/tai toimintojen riippuvuussuhdekaavion pohjalta.



Kuva 8. *Tilojen riippuvuussuhdekaavio (mukaillen Muther 1961, s. 8.3)*

Tämän jälkeen tilojen riippuvuussuhdekaaviota vielä optimoidaan ja sovitetaan käytännön rajoitteiden ja suunnittelun näkökohtien kannalta. Tilojen riippuvuussuhdekaavio on jo itsessään toimiva layout-suunnitelma teoriassa, mutta jotta se olisi myös käytännössä, vaatii se vielä hienosäätöä ja lisäsuunnittelua. *Suunnittelun näkökohtia* ovat muun muassa:

- Kuljetus- ja käsittelyjärjestelmät
- Varastointiratkaisut ja -tilat
- Sijainti
- Henkilöstövaatimukset
- Rakennuksen ominaisuudet
- Palvelu- ja tukitoiminnot
- Tuotannon ohjaaminen ja menettelytavat. (Muther 1961, s. 9.1)

Huomioitavaa on, että jokainen layout-suunnitteluprojekti on erilainen ja niissä tarkastelun kohteet sekä optimoinnin ja sovittelun tarve voi olla hyvinkin toisista eroavat. Suunnittelun näkökohdista ensimmäinen on kuljetus- ja käsittelyjärjestelmät, joka on myös

usein tärkein osa layout-suunnitelman optimointia. (Muther 1961, s. 9.1-9.2) Tuotantojärjestelmien muuttuessa monimutkaisemmiksi korostuu materiaalien ja tuotteiden käsittely ja kuljettaminen. Niiden kattavalla suunnittelulla ja määrittelyllä voidaan pienentää tuotannossa tapahtuvaa hukkaa ja ongelmia. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 192-193) Muita hyötyjä, joita voidaan saavuttaa kuljetus- ja käsittelyjärjestelmien kattavalla suunnittelulla ovat valmistuskustannuksien vähentäminen, tuotantokapasiteetin lisääminen ja henkilöstön työolosuhteiden parantaminen (Moore 1968, s. 307). Muther (1961, s. 9.5-9.12) esittää, että kuljetus- ja käsittelyjärjestelmien suunnittelua voidaan pitää nelivaiheisena prosessina. Ne ovat järjestyksessään 1. ulkoisten järjestelmien integrointi sisäisiin, 2. karkea suunnittelu, 3. hienosuunnittelu ja 4. järjestelmien asennus. Suunnitteluprosessin avulla voidaan määrittää eri materiaaleille ja tuotteille oikeat ratkaisut, jotta virtaus prosessissa olisi mahdollisimman tehokasta.

Varastointiin liittyen tulisi suunnitella ratkaisut tuotteiden ja materiaalien käytännölliseen varastointiin ja säilyttämiseen. Lisäksi materiaalivirrat varastoihin ja niistä pois tulisi määrittää tarkasti tässä vaiheessa, kun varastointitilat ovat määritettynä. Layoutin sijoituspaikka ja rakennuksen ominaisuudet voivat aiheuttaa paljon lisäsuunnittelua ja optimointia layoutiin. Huomioitavia asioita ovat muun muassa rakennuksen ominaisuudet ja rajoitteet sekä tuotantolaitoksen muiden toimintojen ja järjestelmien vaikutus layoutiin. Henkilöstön sosiaali- ja taukotilat sekä työturvallisuuteen liittyvät seikat tulisi huomioida myös tässä vaiheessa. Lisäksi palvelu- ja tukitoimintoihin liittyen varsinkin kunnossapidolle tulee suunnitella tarvittavat tilat, jotta laitteiden ja koneiden suorituskykyä voidaan ylläpitää. Viimeiseksi myös tuotannonohjauksen ja menettelytapojen toimivuus tarkastellaan, jotka ovat koko toiminnan perustana. Tuotannonsuunnittelun, aikataulutuksen, laadun tarkkailun ja tuotannon seurannan tulee toimia myös käytännössä, jotta layout voisi täyttää tavoitteensa. (Muther 1961, s. 9.14-9.18)

Lisäksi suunnitelmaa tulee tarkastella *käytännön rajoitteiden* näkökulmasta. Yleisin käytännön rajoite on raha. Suunnitelmaa tulisi tarkastella siitä näkökulmasta, että voidaanko joitakin ratkaisuja tehdä toisin ja edullisemmin. Voidaan tarkastella ratkaisun ja toiminnon investoinnin takaisinmaksuaikaa tai, että tuottaako se riittävästi lisäarvoa prosessiin, että investointi voidaan katsoa tarpeelliseksi. Käytännössä tämä vaihe layoutsuunnittelua on kompromissien tekemistä ja eri ratkaisujen hyötyjen ja haittojen vertailua. Suunnitelman optimoinnin ja sovittelun lopputulemana saadaan vaihtoehtoisia käyttökelpoisia layoutsuunnitelmia, jotka arvioidaan määritetyn arviointikriteeristön avulla. (Muther 1961, s. 9.18-9.19)

Layout-suunnitelmien *arviointiin ja valintaan* on monia erilaisia keinoja ja työkaluja. Haverila (2009, s. 481) ja Muther (1961, s. 10.3-10.11) esittävät layout-suunnitelmien arviointiin yhdeksi työkaluksi hyötyarvomatriisin, jossa suunnitelmat arvioidaan painotettujen arviointitekijöiden kanssa. Arvioitavia tekijöitä voi olla useita eri näkökohdista, ja niiden painoarvot vaihtelevat projektikohtaisesti. Layout-suunnitelmia voidaan arvioida esimerkiksi taloudellisesta näkökulmasta tarkastelemalla investointikustannuksia, takaisinmaksuaikaa, valmistuskustannuksia ja muita tuotannon kustannuksia (Moore 1968; s. 175; Muther 1961, s. 10.12-10.18). Erityisesti materiaalien virtojen tehokkuutta, turvallisuutta, tuotantokapasiteettia ja laatuun liittyviä asioita tulisi myös arvioida suunnitelmien välillä (Muther 1961, s. 10.3-10.11).

Painoarvojen määrittämisessä olisi hyvä hyödyntää yrityksen henkilöstön näkemyksiä ja kokemuksia, jotta voitaisiin varmistua arviointitekijöiden painoarvojen luotettavuudesta ja oikeellisuudesta. Layout-suunnitelmat pisteytetään jokaisen arviointitekijän toteutuvuuden osalta määritetyn numeroasteikon avulla. Tämän jälkeen painoarvo kerrotaan layout-suunnitelmalle annetun arvostelun lukuarvolla. Lopuksi kaikki painotetut pisteet lasketaan yhteen, jolloin saadaan jokaiselle layout-suunnitelmalle yhteispisteet. Suurimman yhteispistemäärän saanut layout-suunnitelma on arvioinnin perusteella paras. Tilanteessa, jossa kaksi tai useampi suunnitelma saa lähes yhtä suuret yhteispisteet tarvitaan lisätoimenpiteitä. Tällöin voidaan lisätä arviointitekijöitä, tarkastella tarkemmin arviointeja ja painoarvoja tai kysyä lisäapua yrityksen muilta työntekijöiltä suunnitelmien arvosteluun. (Muther 1961, s. 10.3-10.11) Kuvassa 9 on esitettynä esimerkki hyötyarvomatriisista. Tekijöiden painoarvojen määrittämiseen ja layout-suunnitelmien arvosteluun monia eri tapoja, mutta esimerkissä on käytetty Mutherin (1961, s. 10.11) ja Haverilan (2009, s. 481) käyttämää tapaa.

Arvioitava tekijä	Paino-arvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalivirtojen tehokkuus	10	A 40	I 20	I 20	E 30	O 10
5. Pinta-alan hyväksikäyttö	4	E 12	E 12	A 16	A 16	I 8
3. Investoinnin kustannukset	8	I 16	E 24	E 24	A 32	I 16
4. Laajennusmahdollisuudet	7	O 7	I 14	A 28	A 28	E 21
5. Tuotannonohjaus	7	E 21	A 28	A 28	I 14	O 7
6. Layoutin joustavuus	10	U 0	I 20	E 30	O 10	A 40
YHTEENSÄ		96	118	146	130	102

A = melkein täydellinen (4) E = erittäin hyvä (3) I = hyvä (2)
O = välttävä (1) U = huono (0) X = ei toivottava (-)

Kuva 9. *Hyötyarvomatriisi (mukaillen Haverila 2009, s. 481; Muther 1961, s. 10.11)*

Layout-suunnitelman valinnan jälkeen karkeasuunnittelu-vaihe on valmis ja siirrytään layoutin hienosuunnitteluun. Siinä systemaattisen layout-suunnittelun malli käydään uudestaan läpi, mutta tällä kertaa käytetty tieto, data sekä kappaleiden ja koneiden dimensiot ovat tarkemmat. Layout suunnitellaan siis käytännössä kahteen kertaan. Karkeasuunnittelun aikana pyritään vastaamaan suurimpiin kysymyksiin ja ratkaisemaan merkittävimmät ongelmat. Karkeasuunnitelmat toimivat myös pohjana hienosuunnittelulle, joten aivan tyhjistä ei tarvitse lähteä suunnittelemaan. Tällöin karkeasuunnittelun jälkeen hienosuunnittelussa voidaan keskittyä toimintojen ja aktiviteettien tarkkaan sijoitteluun ja suunnitteluun. Hienosuunnittelussa tulisi myös entistä enemmän hyödyntää suunniteltavassa kohteessa työskentelevän henkilöstön tietotaitoa ja näkemyksiä. Suunnitelmia voidaan tarkistuttaa heidän kauttansa ja pyytää heidän näkemyksensä suunnitelmaan. Kaikilta suoraan ja epäsuoraan layoutin kanssa työskenteleviltä henkilöiltä tulisi kysyä mielipiteet, jotta voidaan varmistua uuden layoutin hyväksymisestä ja sujuvasta käyttöönotosta. (Muther 1961, s. 11.1-11.11)

2.1.3 Layout-suunnitteluun vaikuttavat tekijät

Muther (1955, s. 27-132), Khurana & Monga (2015, s. 976-979) ja Santos et al. (2006, s. 33-38) esittävät layout-suunnittelun kahdeksan osatekijää, jotka on otettava huomioon layoutia suunnitellessa ja vaikuttavat lopulliseen layoutiin. Huomioimalla kaikki seuraavaksi mainitut osatekijät voidaan varmistua, että mitään oleellista layoutiin liittyen ei jää määrittämättä tai tarkastelematta. Kahdeksan osatekijää ovat:

1. Materiaalit
2. Koneet ja laitteet
3. Työntekijät
4. Liikkeet
5. Odotusaika
6. Tukitoiminnot
7. Tuotantolaitos
8. Muutokset.

Osatekijät vaikuttavat layout-suunnitteluun tapauskohtaisesti eri tavoin, mutta suunnitteluprosessissa on kuitenkin tärkeätä huomioida jokainen osatekijä, jotta voidaan suunnitelman kokonaisvaltaisuudesta. Käydään seuraavaksi jokainen osatekijä tarkemmin läpi.

Materiaalit-osatekijä sisältää kaikki tuotantoprosessiin liittyvät materiaalit, kuten raaka-aineet, pakkausmateriaalit, valmiit tuotteet, hukkamateriaalit ja varastoitavat tuotteet (Muther 1955, s. 29). Tuotantojärjestelmän layout on riippuvainen valmistettavien tuotteiden ominaisuuksista ja käytettävistä materiaaleista, joten niiden huomioiminen on välttämätöntä suunnitteluprosessissa. Huomioitavia asioita liittyen materiaalit-osatekijään ovat tuotteen ominaisuudet, koko ja tekniset tiedot, materiaalien fyysiset ja kemikaaliset ominaispiirteet, tuotteiden ja materiaalien määrä ja vaihtuvuus sekä tuotteen materiaalikomponentit ja niiden valmistusjärjestys. (Muther 1955, s. 29-38; Khurana & Monga 2015, s. 977) Materiaalit-osatekijän avulla voidaan paremmin ymmärtää käytettävää teknologiaa, yrityksen valmistettavien tuotteiden valikoimaa ja sitä, mitä vaatimuksia ne asettavat layoutille (Muther 1955, s. 29-38; Santos et al. 2006, s. 33).

Toinen osatekijä on tuotantojärjestelmässä käytettävät koneet ja laitteet. Kaikki tieto tuotantoprosessissa käytettävien koneiden ja laitteiden toimintaominaisuuksista ja -vaatimuksista on tärkeätä, jotta ne voitaisiin sijoittaa tarkoituksenmukaisesti layoutiin. (Muther 1955, s. 39; Khurana & Monga 2015, s. 977; Santos et al. 2006, s. 33) Tietoihin sisältyy

muun muassa vaaditut koneet ja laitteet, niiden lukumäärä ja tilatarpeet, henkilöstövaatimukset ja turvallisuusriskit. Lisäksi koneille ja laitteille on määritettävä tekniset vaatimukset niiden suorituskyvylle ja tehokkuudelle. Niille voidaan asettaa myös muita vaatimuksia tuotantoprosessien ominaispiirteisiin liittyen. (Muther 1955, s. 39-51; Khurana & Monga 2015, s. 977)

Työntekijät-osatekijä sisältää kaikki layoutin eri osiin liittyvät henkilöt ja heidän vastuualueensa ja vaatimuksensa. Niitä voivat olla esimerkiksi tuotantojärjestelmän työntekijät, työpäälliköt, linjanvalvojat ja tuotantojärjestelmän erilaiset tukihenkilöt. Henkilöstön resurssitarve tulee määrittää layoutia varten, jotta se voidaan jakaa tarpeen mukaisesti niin määrällisesti ja laadullisestikin. On siis määritettävä, mitä erilaisia työtehtäviä tuotantojärjestelmä vaatii ja resursoitava sen mukaan henkilöstö. Lisäksi layoutissa on otettava huomioon työturvallisuus ja muut työolosuhteet. (Muther 1955, s. 53-63; Khurana & Monga 2015, s. 977) Henkilöstön osallistuttaminen layoutin suunnitteluun varsinkin pienissä asioissa voi edesauttaa layoutin onnistumista ja hyväksyntää (Muther 1955, s. 63). Myös työn valvontaan ja johtamiseen liittyvät seikat voivat vaikuttaa layoutin suunnitteluun (Muther 1955, s. 53-63; Khurana & Monga 2015, s. 977).

Neljäs osatekijä on liikkeet, joka kattaa ihmisten, koneiden ja materiaalien liikkeet. Se on layout-suunnittelun yksi tärkeimmistä osatekijöistä, koska se minimoimalla voidaan pienentää tuotantojärjestelmässä esiintyvää hukkaa. Varsinkin materiaalien liikkuminen ja liikuttaminen on kuitenkin yleensä välttämätöntä tuotantoprosessissa, joten sen suunnitteleminen on välttämätöntä. Layout-suunnittelun avulla pyritään varmistamaan, että materiaalin liikuttamisessa ei tehdä turhia toimenpiteitä, vaan liikuttamisella pyritään aina siirtymään lähemmäksi tuotteen valmistumista ja asiakkaalle toimitusta. (Muther 1955, s. 65; Santos et al. 2006, s. 34-35) Layout-suunnittelussa tulisikin määrittää materiaali- ja ihmisvirtojen reititys ja tilatarve sekä tarvittavat käsittelylaitteistot ja -tavat (Muther 1955, s.66-82).

Odotusaika-osatekijä liittyy oleellisesti myös edellä käsiteltyyn materiaalien liikkumiseen ja virtaukseen. Kun materiaalien virtaus on suunniteltu layoutissa perusteellisesti, voidaan välttyä turhalta odottamiselta tuotantoprosessissa ja täten turhilta kustannuksilta. (Muther 1955, s. 83; Khurana & Monga 2015, s. 977) Kuitenkin tuotantoprosessissa odotus on myös välttämätöntä ja se on otettava huomioon layout-suunnittelussa. Odotusta ilmenee esimerkiksi raaka-ainevarastoissa, keskeneräisten töiden varastoissa, lopputuotevarastoissa ja muiden materiaalien tai työkalujen varastointitiloissa. Odotusaikaan liittyen layout-suunnittelussa tulisi huomioida tarvittavat varastointi- tai odotustilojen sijainnit ja niiden tilatarpeet, käytettävät varastointimenetelmät ja odottavan materiaalin suojaaminen ulkoisilta tekijöiltä. (Muther 1955, s. 86-92)

Tukitoiminnot-osatekijällä tarkoitetaan tuotantoa tukevia toimintoja, tiloja ja henkilöstöä. Nämä tukitoiminnot voidaan jakaa kolmeen kategoriaan niiden kohderyhmien perusteella, jotka ovat ihmisiä, materiaalia ja koneita koskevat tukitoiminnot. Ihmisiä koskevat tukitoiminnot sisältävät työntekijöiden turvallisuuteen ja työmukavuuteen liittyviä asioita. Esimerkiksi paloturvallisuus, lämmitys ja ilmastointi, valaistus, henkilöstötilat sekä kulkureitit. Materiaaleihin liittyvät tukitoiminnot ovat laadunhallinta, tuotannonohjaus sekä sivuvirtojen ja jätteidenhallinta. Koneiden tukitoiminnot liittyvät niiden huoltoon, ylläpitoon ja välttämättömiin käyttövoimiin. (Muther 1955, s. 93-107) Varsinkin koneiden ja laitteiden ympärille on jätettävä riittävästi tilaa esimerkiksi niiden huoltoa varten (Gamblin 2014). Useimmiten tuotantojärjestelmät ja muut niihin suoraan liittyvät toiminnot suunnitellaan tarkemmin kuin sitä tukevat toiminnot, jolloin työntekijöiden tarpeet ja vaatimukset voivat jäädä huomioimatta (Muther 1955, s. 93-107).

Tuotantolaitos-osatekijällä tarkoitetaan layout-suunnitteluun vaikuttavia rakennukseen liittyviä tekijöitä. Tapauksesta riippumatta tuotantolaitososatekijä tulisi huomioida, oli kyseessä sitten uuden tuotantolaitoksen tai -järjestelmän rakentaminen, siirtyminen uusiin tiloihin tai nykyisen layoutin muokkaaminen. Jos rakennus, johon layout ollaan suunnittelemassa, on jo olemassa asettaa se rajoituksia layoutille. Jos taas sitä ei ole vielä olemassa tulee rakennuksen täyttää layoutin asettamat vaatimukset. Myös yrityksen tuotantomenetelmät voivat asettaa erityisiä vaatimuksia rakennukselle. Muita huomioitavia asioita ovat muun muassa rakennuksen muoto, ikkunat, hissit, portaat, laajennusmahdollisuudet sekä rakennuksen eri kerrokset ja niiden hyödyntäminen. Lisäksi on huomioitava lattioiden ja seinien kestävyydet. (Muther 1955, s. 109-119)

Viimeinen osatekijä on muutokset, jota voidaan pitää yhtenä vaikeampana tekijänä layout-suunnittelussa. Olosuhteet muuttuvat väistämättä ajan kuluessa ja ne vaikuttavat layoutiin ainakin osin. Usein olosuhteiden muutoksia ei kyetä tarkasti ennustamaan, mutta ne tulisi kuitenkin huomioida layoutia suunnitellessa, jotta voidaan varmistua layoutin ajallisesti mahdollisimman pitkästä käytettävyydestä. Esimerkiksi layout-suunnittelu huomioimatta mahdollista tulevaisuuden kasvua voi aiheuttaa uuden layoutin puutteellisuuden jo hyvinkin pian. (Muther 1955, s.121-132; Khurana & Monga (2015, s. 977; Santos et al. 2006, s. 37-38) Tästä syystä layout-suunnittelussa tulisi pyrkiä tunnistamaan ja hyväksymään nämä epävarmuuskohdat ja määrittämään niiden aiheuttamat rajoitukset layoutiin. Siten layoutista voidaan suunnitella mahdollisimman joustava nämä epävarmuuskohdat huomioiden. Layoutiin vaikuttavat muutokset tulevaisuudessa voivat liittyä materiaaleihin ja tuotteisiin, koneisiin, työntekijöihin, tuotannon tukitoimintoihin tai ulkopuolisiin tekijöihin. (Muther 1955, s. 121-132)

2.1.4 Layout-tyypit

Layout-tyyppejä voidaan nähdä olevan neljä erilaista ja niillä jokaisella on omat käyttökohteensa ja ominaisuutensa. Niistä ensimmäinen on *kiinteäpaikkainen layout*, jossa valmistettava tuote pysyy paikallaan ja ihmiset, materiaalit ja koneet liikkuvat tarpeen mukaan kohteen ympärillä. Yleisin syy kiinteäpaikkaisen layoutin valintaan on se, että valmistettava tuote on koon, massan tai muun asian takia vaikeasti liikuteltavissa. Esimerkkejä kiinteäpaikkaisen layoutin käytöstä ovat esimerkiksi laivanrakennus ja suuret rakennustyömaat. (Stevenson 2018, s. 262; Slack & Brandon-Jones 2019, s. 218-220) Kiinteäpaikkaisessa layoutissa on tarkasti suunniteltava materiaalien tai koneiden virtaus ja ajoittaminen, jotta ei tukittaisi työmaan liikennettä tai jouduttaisi odottamaan tarvittavia materiaaleja tai työkoneita (Stevenson 2018, s. 262)

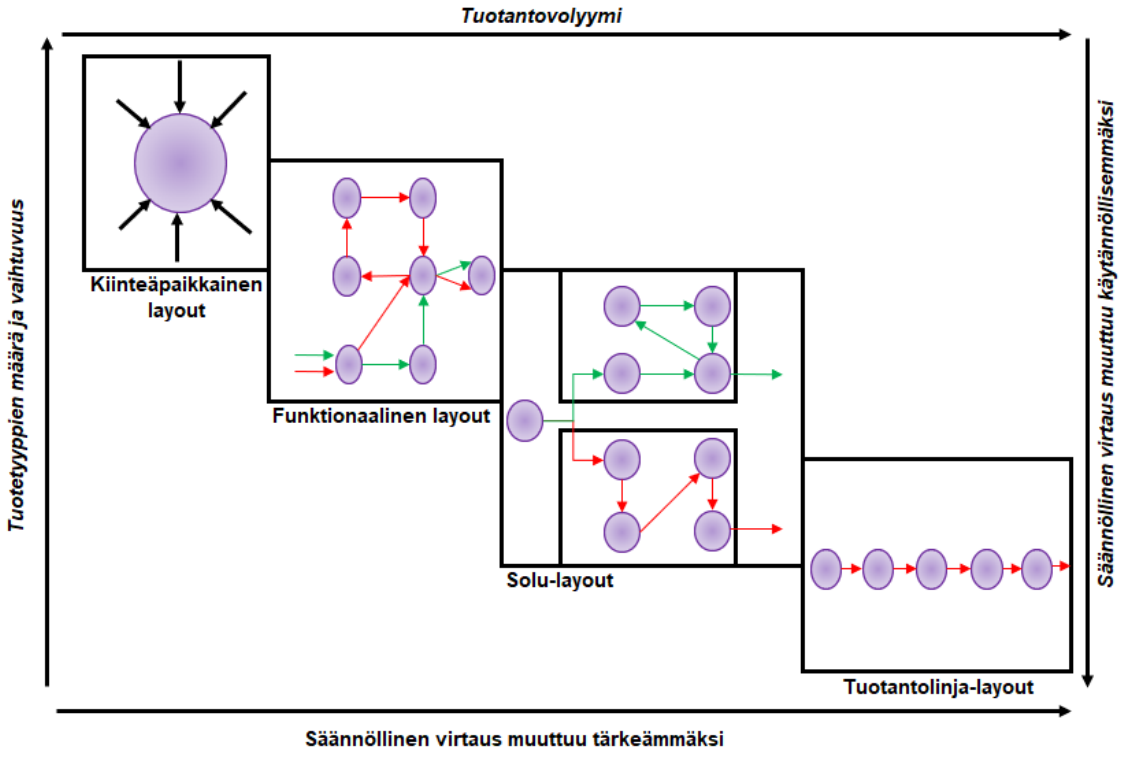
Toinen layout-tyyppi on *funktionaalinen layout*, jossa työtehtävän perusteella samantyyppiset työpisteet ja koneet ovat sijoitettuna lähekkäin. Funktionaalisessa layoutissa valmistettavat tuotteet liikkuvat työpisteiden ja koneiden kautta niiden tarpeiden mukaan, ja ne valmistetaan usein yksittäiskappaleina tai sarjoina. On yleistä, että tuotteiden tuotantomäärät ja tuotetyypit vaihtelevat paljon keskenään, ja tästä syystä tuotteiden virtaus voi olla hyvinkin monimutkaista. Tuotteiden virtausta pyritään tehostamaan käyttämällä monipuolisia yleiskoneita, jotta voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Tuotteiden virtauksen monimutkaisuuden takia tuotannonohjaus voi olla hyvinkin hankalaa. Tästä syystä keskeneräisten töiden lukumäärä on usein suuri ja läpimenoajat venyvät pitkiksi. (Slack & Brandon-Jones 2019, s. 221; Haverila 2009, s. 476-477)

Solu-layoutissa tuotevirta kulkee solujen läpi, joissa tuotteelle suoritetaan tietyt sille määritetyt työvaiheet. Solut ovat eri työpisteistä ja koneista koottuja ryhmiä, joista jokaisella on oma erikoistuminen tuotteiden tai osien valmistamisessa. Solu-layoutissa materiaali- ja tuotevirrat ovat huomattavasti selkeämmät verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Tuotteiden valmistusprosessit ovat usein hyvin samankaltaisia, joka helpottaa tuotannonohjausta. Näistä syistä myös tuotteiden läpäisyajat ovat lyhyempiä verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Koneiden ja laitteiden kuormitusasteet voivat kuitenkin vaihdella paljonkin solun sisällä. Lisäksi solulayout kykenee heikommin reagoimaan tuotannon kuormituksen vaihtelulle tai tuotevalikoiman muutoksille kuin funktionaalinen layout. (Stevenson 2018, s. 263-265; Haverila 2009, s. 477-478)

Neljäs layout-tyyppi on *tuotantolinja.* Siinä koneet ja laitteet ovat sijoitettuna tuotteen valmistusprosessin mukaisessa järjestyksessä. Materiaalien ja tuotteiden siirto ja liikuttelu on usein automatisoitua eri toimintojen välillä esimerkiksi kuljettimilla. Tuotantolinja on usein suunniteltu tietyn tuotteen tai tuotetyypin valmistamiseen pitkillä ajosarjoilla, jolloin

se on joustamaton tuotetyyppien vaihtelussa. Kuitenkin tuotantolinjoilla kyetään valmistamaan suuria tuotantovolyymejä tehokkaasti lyhyellä läpimenoajalla. Tästä syystä myös tuotteiden valmistuskustannukset saadaan huomattavasti pienemmiksi verrattuna muihin layout-tyyppeihin. On kuitenkin huomioitava, että tuotantolinjan kapasiteettia on vaikea kasvattaa linjan suunnittelun ja toteutuksen jälkeen. Lisäksi tuotantolinjalla ilmenevät häiriöt vaikuttavat koko linjan toimintaan ja tuottavuuteen. Tästä syystä laaduntarkkailu on erityisen tärkeätä, koska jos häiriöitä ei havaita, voidaan viallisia tuotteita valmistaa pitkiäkin aikoja. (Haverila 2009, s. 475-476)

Tuotantolinjaa suunnitellessa lähtökohtana on tuotteen valmistukseen vaaditun työvaiheistuksen määrittäminen ja analysoida prosessin arvovirta raaka-aineista aina asiakkaalle asti. Tuotteen valmistusprosessi voidaan visualisoida helposti prosessikaavion avulla, josta selviää kaikki toiminnot ja niiden tehtävät. Prosessikaavion avulla voidaan helpommin selvittää tuotteen valmistamiseen kuluva aika, kun selvitetään jokaisen toiminnon suorittaman aktiviteetin kesto yhtä valmistettavaa tuotetta kohden. Tarvittavien toimintojen tai työpisteiden lukumäärät voidaan laskea, kun yhden tuotteen valmistukseen kuluva aika jaetaan tahtiajalla. Tahtiaika lasketaan jakamalla tietty ajanjakso halutulla tuotannolla. Tällöin tavoitellun tuotantokapasiteetin saavuttaminen voi vaatia useampia työpisteitä suorittamaan tietyn aktiviteetin tuotteelle. Tämä on yleistä varsinkin silloin, kun valmistusprosessi sisältää sellaisen toiminnon tai työpisteen, jonka työvaiheeseen kuluva aika on huomattavasti suurempi verrattuna prosessin muihin laitteisiin. (Martinsuo et al. 2016, luku 10) Kuvassa 10 on esitettynä layout-tyyppien suhde tuotantovolyymin ja tuotetyyppien lukumäärän ja vaihtuvuuteen.



Kuva 10. *Layout-tyyppien suhde tuotantovolyymiin ja tuotetyyppien lukumäärään ja vaihtuvuuteen (mukaillen Slack & Brandon-Jones 2019, s. 226)*

Kuvasta nähdään, että tuotantovolyymin ollessa matala ja tuotetyyppien määrä ja vaihtuvuus suurta on usein sopivin layout-tyyppi joko kiinteäpaikkainen tai funktionaalinen layout. Toisaalta, jos tuotantovolyymi on suurta ja tuotetyyppien määrä ja vaihtuvuus pientä niin tuotantolinja- ja solu-layout ovat sopivimmat vaihtoehdot. Lisäksi tuotantovolyymin kasvaessa muuttuu säännöllinen virtaus tärkeämmäksi, jotta virtausta voidaan ohjata paremmin ja lyhentää läpimenoaikaa. (Slack & Brandon-Jones 2019, s. 225-226) Tuotetyyppien määrän ja vaihtuvuuden ollessa pieni muuttuu säännöllinen virtaus myös käytännöllisemmäksi, koska tuotantoprosesseja voidaan helpommin räätälöidä pienelle tuotetyyppimäärälle sopivaksi (Stevenson 2018, s. 258).

2.2 Turvallisuussuunnittelu

Turvallisuudella voidaan tarkoittaa montaa eri asiaa. Turvallisuus voi olla tila, jossa uhat ja riskit ovat hallinnassa. Sillä voidaan tarkoittaa myös toimintaa tai niiden kokonaisuutta, jolla pyritään pitämään uhat ja riskit hallinnassa. Lisäksi turvallisuus on moniulotteista, sillä se voi koskea yksittäisiä työntekijöitä, yritystä tai koko yhteiskuntaa. Työturvallisuudella tarkoitetaan työntekijöiden mahdollisuutta työskennellä siten, että heidän turvallisuutensa ja terveys ei ole uhattuna. Turvallisuuden tavoitteena on ehkäistä tapaturmien syntyminen hallitsemalla henkilöstöstä, työympäristöstä ja muista tekijöistä aiheutuvia riskejä. (Perttula & Aaltonen 2017) Ennakoivan ja joustavan turvallisuuden johtamisen

avulla voidaan varmemmin hallita työympäristöön liittyviä riskejä. Sen ajatuksena on, että vaikka kaikki mahdollinen olisi tehty tapaturman välttämiseksi niin sen tapahtuminen on silti mahdollista. Ennakoivan ja joustavan turvallisuuden johtamisen avulla kyetään ennakoimaan poikkeamia ja reagoimaan uhkiin ja riskeihin myös vaihtelevissa olosuhteissa. On tärkeätä havaita, että työympäristön tai tuotantojärjestelmän turvallisuuden taso ei ole vakio tai pysyvä. Se voi laskea olosuhteiden muuttuessa ja tästä syystä se tulisi huomioida turvallisuussuunnittelussa ja jatkuvassa turvallisuuden ylläpitämisessä. (Woods & Hollnagel 2017)

Yrityksellä on velvollisuus varmistaa henkilöstölleen turvallinen työympäristö. Henkilöstön turvallisuus ja terveys tulee taata estämällä altistuminen työnkuvaan ja työympäristöön liittyviin riskeihin ja täten välttämään työtapaturmien ja sairauksien esiintyminen. Työtapaturmilla ja sairauksilla voi olla vakavia ja pitkäkantoisia vaikutuksia työntekijöiden elämään ja lisäksi ne aiheuttavat usein myös työnantajalle suuria kustannuksia. Pienemmätkin työtapaturmat voivat aiheuttaa paljon välillisiä kustannuksia työnantajalle. Usein tapaturman takia työntekijälle aiheutuu sairaslomaa, jolloin työnantajan tulee paikata työvaje toisella työntekijällä. Joissakin tapauksissa työntekijä tulee kouluttaa uuteen tehtävään. Lisäksi osaamisen puute voi aiheuttaa tuotantoon keskeytyksiä, koska uuden työntekijän kouluttaminen voi viedä paljonkin aikaa. (Nunes 2017)

Työympäristöissä voi esiintyä monia erilaisia riskejä ja vaaranpaikkoja, ja niiden toteutumisen todennäköisyydet ja seuraukset vaihtelevat eri teollisuudenalojen kesken. Lisäksi jotkin riskit ja vaaranpaikat ovat yleisempiä joillakin teollisuuden aloilla kuin toisilla. Erilaiset vaaratyypit voidaan jakaa kymmeneen ryhmään. Ne ovat:

1. Mekaaniset vaarat
2. Sähköstä johtuvat vaarat
3. Lämpötilasta johtuvat vaarat
4. Melusta johtuvat vaarat
5. Tärinästä johtuvat vaarat
6. Säteilystä johtuvat vaarat
7. Materiaaleista ja aineista johtuvat vaarat
8. Ergonomiasta johtuvat vaarat
9. Koneen käyttöympäristöön liittyvät vaarat
10. Vaarojen yhdistelmät. (SFS-EN ISO 12100:2010, s. 59-61)

Työturvallisuuskeskus (2015, s. 45-69) on jakanut työympäristöissä esiintyvät riskitekijät viiteen eri luokkaan, jotka ovat fysikaaliset vaaratekijät, tapaturman vaarat, fyysinen kuormittuminen, kemialliset ja biologiset vaaratekijät sekä psykososiaaliset kuormitustekijät.

Elintarviketeollisuudessa yleisimpiä vaaranpaikkoja ja sairauspoissaolojen aiheuttajia ovat muun muassa leikkaavan tai liikkuvan koneen, työvälineen tai esineen aiheuttama vahinko, äkillinen fyysinen tai psyykkinen kuormittuminen, puristuminen tai ruhjoutuminen sekä kaatuminen ja liukastuminen (Laaksonen et al. 2017, s. 4.) Lisäksi myös elintarviketyön fyysinen raskaus aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Työtehtävät ovat monotonisia ja toistuvia ja voivat sisältää paljon painavien kuormien nostoja tai siirtoja. Myös nopea työtahti voi aiheuttaa psyykkisiä ja fyysisiä riskejä. Elintarviketeollisuuden työympäristöissä yleistä on myös muun muassa vaihtelevat lämpötilat, melu, liukkaus, kosteus ja erilaiset hajut. (Siukkola et al. 2015, s. 176) Lisäksi varsinkin leipomoteollisuudessa jauhopöly voi aiheuttaa työntekijöille jopa pitkäaikaisia terveyshaittoja esimerkiksi ammattitauteina. Jauhopöly voi aiheuttaa ihmiselle esimerkiksi allergista nuhaa tai astman puhkeamisen. (Säämänen & Kanerva)

Laaksosen et al. (2017) suorittaman raportin mukaan tutkimukseen osallistuneissa elintarviketeollisuuden yrityksistä 40-50% sairauspoissaoloista johtuivat huonosta ergonomiasta, nostoista tai toistotyöstä ja työn pakkotahtisuudesta. Näihin riskitekijöihin voidaan vaikuttaa kattavalla työnsuunnittelulla niin työpisteiden kuin työtehtävien osalta. Varsinkin erilaiset aputyökalut, nostimet ja laiteratkaisut voivat keventää työntekijöiden taakkaa. Työn pakkotahtisuuden aiheuttamin riskeihin voidaan vaikuttaa laiteratkaisujen lisäksi myös työnopeuden oikealla mitoittamisella ja työntekijöiden tauottamisella. (Laaksonen et al. 2017, s. 4-7) Ergonomia tulisi huomioida jo työpisteen tai -järjestelmän suunnittelussa siten, että ihminen pidetään keskeisimpänä osana suunnitteluprosessia. Siinä tulisi tarkastella ihmisen vuorovaikutusta työpisteen tai -järjestelmän osatekijöiden kanssa. Näitä ovat muun muassa työtehtävät, laitteet ja työympäristö. Näin voidaan havaita henkilöä kuormittavia ulkoisia tekijöitä, jotta niitä ja niiden vaikutusta voidaan pyrkiä vähentämään suunnittelun avulla. Kun ihmiseen kohdistuva kuormitus vähenee, myös suorituskyky pysyy kauemmin korkealla. Tällöin usein myös järjestelmän tehokkuus nousee. (SFS-EN ISO 6385:2016, s. 9-10) Ergonomian huomioiminen työympäristöissä on myös lakisääteistä yrityksille, sillä EU:n neuvoston direktiivin (1989/391/EEC) 6. artiklan mukaan yrityksen on toteutettava tarvittavat toimenpiteet ihmisten turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi. Lisäksi EU:n laatimat direktiivit manuaalisesta käsittelystä (1990/269/EEC), näyttölaitteista (1990/270/EEC) ja henkilönsuojaimista (1989/656/EEC) liittyvät suoraan työympäristön ergonomian huomioimiseen.

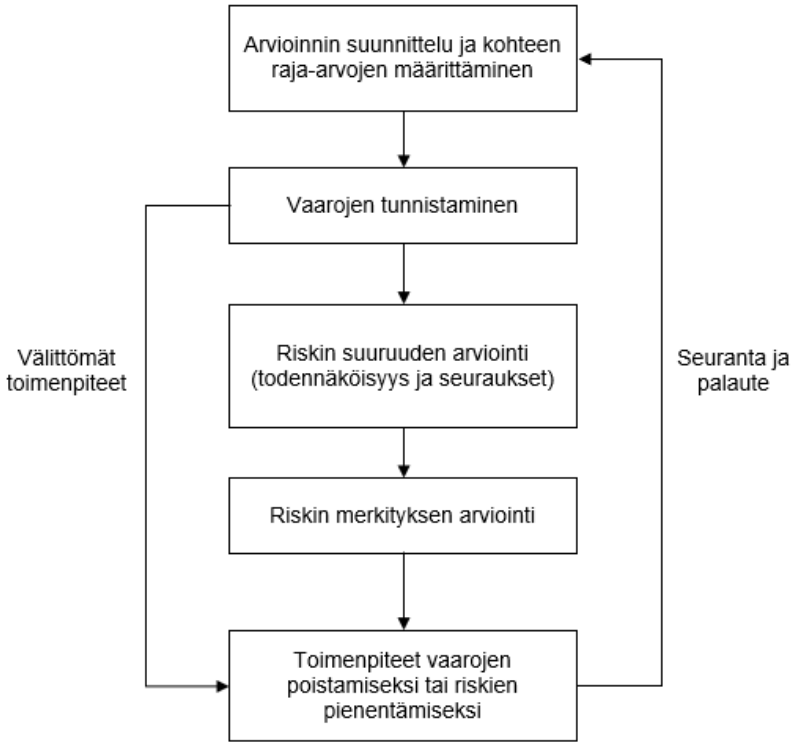
Työturvallisuuden lisäksi elintarviketeollisuudessa keskeisenä osana on tuoteturvallisuus. Prosessointivaiheiden luonne on otettava huomioon niin rakennukseen, kulkureitteihin, kunnossapitoon sekä koneisiin ja laitteisiin liittyvissä seikoissa, jotta voidaan välttyä tuotteen kontaminoitumiselta tai siihen liittyviltä vaaroilta. Esimerkiksi käytettävät materiaalit, pinnoitukset ja työkalut tulee olla elintarviketeollisuuteen tarkoitettuja. Myös lämpötilaa, ilmankosteutta ja ilmanvaihtoa on kyettävä tarkkailemaan ja säätämään. Elintarviketeollisuudessa hygieenisuus on tärkeätä niin tilojen, koneiden kuin ihmisten osalta. Koneet on oltava helposti puhdistettavissa ja desinfioitavissa. Lisäksi sisätilojen rakenteiden täytyy olla suunniteltu siten, ettei vesi jää tiloihin seisomaan ja ne ovat helposti siivottavissa. (ISO/TS 22002-1:2009, s. 10-12)

Yrityksen on myös kyettävä jäljittämään koko valmistusprosessiaan tapauksissa, missä tuotekontaminaatio on tapahtunut ja löydettävä kontaminaation aiheuttaja (SFS-EN ISO 22000:2018, s. 27). Kontaminaatioriskien vähentämiseksi on olemassa monia eri tapoja. Näitä ovat esimerkiksi eri aineiden säilytys- ja varastopaikkojen rajaaminen toisistaan, suojavaatteiden käyttö sekä kulkureittien ja laitteiden erottelu. Allergeenien käyttö tuotannossa aiheuttaa lisätoimenpiteisiin tuoteturvallisuudessa. Tuotantolinjat tai -tilat on puhdistettava huolellisesti tuotannon lopettamisen jälkeen ja allergeenejä tulee säilyttää erillisessä tilassa erossa muista raaka-aineista. Lisäksi hauraiden materiaalien kuten lasista ja kovasta muoveista valmistettujen komponenttien käyttöä tulisi välttää, koska ne aiheuttavat rikkoutuessaan tai haurastuessaan kontaminaatioriskin. Myös työntekijöiden tarkoituksen mukaisella työvaatetuksella ja kattavalla henkilökohtaisella hygienialla voidaan edistää tuoteturvallisuutta. (ISO/TS 22002-1:2009, s. 16-22)

2.2.1 Riskien arviointi

Työturvallisuuslaissa (TTL 738/2002) määrätään, että ”*työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työstä, työajoista, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä, jos niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle.*” Riskien arviointiprosessi on monivaiheinen. Ensimmäiseksi on selvitettävä kohteen raja-arvot, joihin sisältyvät tarkoitetut käyttörajat, tilarajat, aikarajat ja mahdollisesti ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Tämän jälkeen tunnistetaan kohteen vaarat ja mahdolliset vaaratilanteet, jonka jälkeen arvioidaan vaarojen ja vaaratilanteiden riskien suuruudet. Seuraavaksi arvioidaan riskin merkitys ja määritetään riskin pienentämisen tarpeet. Lopuksi poistetaan vaara tai pienennetään vaaraan liittyvää riskiä esimerkiksi suojaustoimenpiteiden avulla. (SFS-EN ISO 12100:2010, s. 14-19; BS 8800:2004,

s.39-41; Työturvallisuuskeskus 2015, s. 7-8) Riskienhallinnan tulisi olla jatkuvaa, ja sitä voidaan ylläpitää arvioimalla toimenpiteiden vaikutuksia ja keräämällä palautetta toimenpiteistä (Työturvallisuuskeskus 2015, s. 8) Kuvassa 11 on esitettynä riskien arviointiprosessi.



Kuva 11. *Riskien arviointiprosessi (mukaillen Työturvallisuuskeskus 2015, s. 7; SFS-EN ISO 12100:2010, s. 15)*

Riskin suuruuteen vaikuttaa tapahtuman aiheuttaman vahingon vakavuus ja kyseisen vahingon esiintymistodennäköisyys. Vahingon vakavuutta voidaan kuvata asteittain, esimerkiksi vammojen tai terveyshaittojen vakavuuden mukaan. Näitä voisi olla muun muassa lievä tai vaikea terveyshaitta sekä kuolema. Vahingon esiintymistodennäköisyys voi vaihdella lähes mahdottomasta hyvin todennäköiseen. Lisäksi riskin suuruuteen vaikuttaa mahdollisuudet vahingon tapahtumisen estämiseen tai rajoittamiseen sekä vahingon laajuus sen tapahtuessa, esimerkiksi henkilömäärä, joka vahingolle altistuu. Henkilöiden altistumista vaaralle voidaan arvioida esimerkiksi tarkastelemalla, miten usein ja pitkäjaksoisesti henkilöt ovat riskianalyysin kohteessa. Myös vaaralle altistumisen tapahtumatiheys vaikuttaa riskin suuruuteen. Kohteen riskitaso voidaan selvittää esimerkiksi laskennallisilla keinoilla hyödyntämällä edeltä mainittuja tekijöitä. Riskitaso on sitä korkeampi, mitä vakavampi aiheutunut haitta on, mitä todennäköisempi vaaran toteutuminen on, mitä suurempi vahingon laajuus on ja mitä useammin vaaralle altistutaan. (SFS-EN ISO 12100:2010, s. 21-25; SFS-EN ISO/TR 14121-2:2013, s.34-42)

3. KOEAJOJEN NYKYTILAN SELVITYS JA KOELEIPOMOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU

Tämän diplomityön tavoitteena on tehdä kohdeyritykselle ehdotus koeleipomolinjan layoutista ja suunnitella koeleipomolinja siten, että kohdeyrityksen määrittämät vaatimukset ja tavoitteet koeleipomolinjalle täyttyvät. Toisena tavoitteena on suorittaa esiselvitys kohdeyritykselle koeleipomolinjalla saavutettavista hyödyistä. Tässä luvussa esitetään kohdeyrityksen koeajojen nykytilanne ja haasteet koeajoissa. Lisäksi tuodaan esille koeleipomolinjan layout-suunnitteluprosessin vaiheet ja siihen välttämättömät lähtötiedot. Aliluvussa 3.1 tarkastellaan kohdeyrityksen ja koeajojen nykytilaa ja tuodaan esille haastatteluista ja koeajojen tarkastelussa kerättyjä tietoja. Aliluvussa 3.2 esitellään koeleipomolinjan tekniset vaatimukset ja aliluvussa 3.3 suunniteltavan layoutin sijoituspaikka. Sijoituspaikkaan, layouttiin ja toimintatapoihin liittyviä turvallisuusnäkökohtia käsitellään aliluvussa 3.4. Aliluvussa 3.5 esitetään käytetty layout-suunnittelumalli, 3.6 layout-ehdotukset ja lopuksi aliluvussa 3.7 layout-ehdotukset arvioidaan teoriaosuuden esittämiä arviointitapoja käyttäen.

3.1 Kohdeyrityksen tuotantoprosessien ja koeajojen nykytila

Tässä aliluvussa käydään läpi kohdeyrityksen eri tuotantoprosesseja sekä niiden eroja ja samankaltaisuuksia. Koeleipomolinjan suunnittelun kannalta on tärkeätä yhdistää eri tuotantolinjojen asettamat vaatimukset ja erityispiirteet, jotta mahdollistetaan erilaisten tuotteiden valmistaminen yhdellä linjalla. Tuotantoprosessit esitetään yksinkertaistetusti tietojen arkaluontoisuuden takia, mutta koeleipomolinjan rakenteen ja teknisten vaatimusten määrittelyssä on hyödynnetty tuotantoprosessien tarkkoja tietoja. Lisäksi esitetään puolistrukturoitujen haastattelujen tulokset niin kohdeyrityksen tuotantolaitoksen henkilöstön kuin yrityksen ylimmän johdon osalta. Kohdeyrityksen tuotantoprosessit ovat esitettynä aliluvussa 3.1.1. Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen henkilöstön haastattelujen tuotokset ovat esitettynä aliluvussa 3.1.2 ja yrityksen ylimmän johdon aliluvussa 3.1.3. Haastattelut antavat pohjan koeleipomolinjan suunnittelulle ja sen rakenteelle.

3.1.1 Kohdeyrityksen tuotantoprosessit

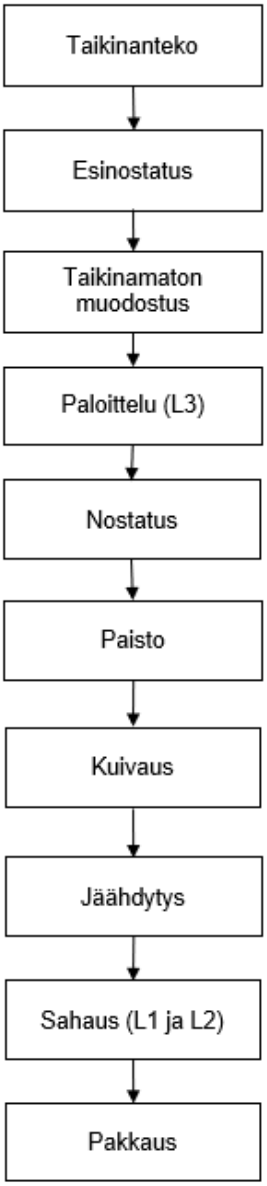
Kohdeyrityksen tuotantolaitos valmistaa leipomotuotteita kolmella tuotantolinjalla. Valmistettavat tuotteet jakautuvat neljään tuotetyyppiin. Tuotantolinjojen ominaisuudet ja laitteet ovat keskenään hyvin samantapaisia, mutta niistä löytyy myös eroavaisuuksia

tuotetyyppien valmistusprosessivaiheiden asettamien vaatimuksien takia. Tuotantolinjat ovat erikoistuneet tietyn tuotetyypin valmistamiseen, jotka ovat esitettynä taulukossa 1.

Taulukko 1. *Tuotetyyppien valmistaminen tuotantolinjoilla*

Tuotantolinja	L1	L2	L3
Tuotetyypit	T1	T2	T3 & T4

Tuotantolinjalla L1 valmistetaan tuotetyyppiä T1, tuotantolinjalla L2 tuotetyyppiä T2 ja tuotantolinjalla L3 tuotetyyppejä T3 ja T4. Kohdeyrityksen tuotantoprosessien yksinkertaistettu prosessikaavio on esitettynä kuvassa 12 yksinkertaistetussa muodossa.



Kuva 12. *Kohdeyrityksen tuotantoprosessien yksinkertaistettu prosessikaavio*

Valmistusprosessin ensimmäiset vaiheet ovat tuotantolinjoittain samankaltaiset. Valmistusprosessi alkaa taikinanteosta, jossa taikinajauhot sekoitetaan tarvittavien raaka-aineiden kanssa taikinansekoittajassa. Jauhot siirretään taikinansekoittajaan jauhonsiirtojärjestelmän avulla. Raaka-aineet tuodaan taikinansekoittajaan raaka-aineiden siirtojärjestelmän kautta omista varastosäiliöistään. Taikinansekoittajasta taikina siirtyy taikinarenkaaseen, jossa taikina esinostatetaan. Taikinanteossa tarkkaillaan ja hallitaan taikinan, raaka-aineiden ja huoneiston lämpötilaa, jotta voidaan varmistua, että olosuhteet ovat taikinanteolle suotuisat. Lämpötilan lisäksi mitataan esimerkiksi taikinan kosteutta, pH- ja happolukuja sekä suolan määrää.

Esinostatuksen jälkeen taikina siirretään tuotantolinjojen omille lyöntikoneille taikinansiirtojärjestelmän kautta. Lyöntikoneen valmistusprosessia kutsutaan ylöslyönniksi, jossa taikinasta muodostetaan taikinamatto ja sitä käsitellään eri tavoin. Lyöntikoneen ensimmäinen osa on brekki, jossa taikinaan lisätään tuotteista ja tuotantolinjasta riippuen erilaisia raaka-aineita. Brekistä taikina menee valssilaatikon ja taikinavalssien läpi, jotka muodostavat taikinasta taikinamaton tuotantolinjalle. Seuraavaksi taikinamattoa käsitellään lyöntikoneella eri tavoin ja taikinamaton päälle lisätään jauhoja ja reseptistä riippuen ripotteita. Taikinamatto kulkee painotelan läpi, joka painaa taikinamaton päällä olevat ripotteet syvemmälle taikinaan. Tämän jälkeen siihen painetaan kuvioita tuotteesta ja tuotantolinjasta riippuen nakkujen avulla. Nakkauksen jälkeen taikinamaton päältä poistetaan ylimääräinen jauho imulaatikoiden kanssa. Tuotantolinjan L3 ylöslyöntiprosessi eroaa muista linjoista siten, että taikinamatto paloitellaan jo ennen nostatusta. Paloittelusta ylijäävä taikinamatto otetaan talteen ja siirretään takaisin prosessiin. Ylöslyönti loppuu, kun taikinapalat tai taikinamatto siirtyy nostatustunneliin.

Nostatustunnelissa taikinamatto tai -palat kulkevat jatkuvatoimisilla nostatusradoilla, jossa se kohoaa. Nostatustunnelin lämpötilaa ja kosteutta kontrolloidaan, jotta voidaan varmistua, että olosuhteet ovat oikeat taikinan nostatukseen. Nostatusradat ovat rakennettu kahteen tai kolmeen kerrokseen, jotta nostatustunnelin pituutta on voitu lyhentää. Tällöin taikinamaton tai -palojen kulkema matka tunnelin sisällä voi olla kuitenkin jopa 200 metriä. Nostatusradan jälkeen taikinamatto tai -palat siirtyvät paistoon uuniin.

Nostatustunnelin jälkeen tuotantolinjojen rakenteissa on suuriakin eroavaisuuksia. Tuotantolinjalla L1 taikinamatto halkaistaan kesken paiston kahteen erilliseen uuniin. Tuotantolinjoilla L2 ja L3 tuotteet paistetaan omissa jatkuvatoimisissa tunneliuuneissa. Tuotteet myös kuivataan tunneliuunien loppupäissä. Uunien jälkeen tuotteet jäähdytetään jäähdytyskuljettimella, jossa tuotteiden kosteutta myös pienennetään. Linjoilla L1 ja L2 taikinamatto sahataan tuotteille määritetyn koon mukaan. Tämän jälkeen tuotteet siirtyvät tuotantolinjojen omille puskurointikuljettimille ja automaattisille pakkauslinjastoille.

Pakkauslinjastoilla tuotteiden laatua tarkkaillaan monin eri tavoin. Tuotteiden yksikköpakkaukset punnitaan automaattisilla pakettivaaoilla, jotka hylkäävät alipainoiset tuotteet. Lisäksi yksikköpakkaukset kulkevat metallinilmaisimien kautta, jotka hylkäävät automaattisesti metallia sisältävät tuotteet. Tämän jälkeen yksikköpakkaukset siirtyvät automaattiseen pakkauslaitteistoon. Tämän jälkeen laatikot siirretään kuljettimilla lavaamoon, jossa laatikot kootaan lavausrobotin avulla lavalle ja niiden ympärille kääritään muovikääre automaattisella käärintälaitteella. Tämän jälkeen lava siirretään varastopaikalleen trukilla.

3.1.2 Haasteet koeajoissa ja tuotekehitysprosessissa

Tällä hetkellä uusien ja nykyisten tuotteiden sekä prosessilaitteiden koeajot suoritetaan tuotantolinjoilla. Koeajoihin ja tuotekehitysprojekteihin liittyviä haasteita selvitettiin puolistrukturoiduilla haastatteluilla kohdeyrityksen tuotantolaitoksen henkilöstöltä. Kysymysrunko on esitettynä liitteessä A. Ensimmäiseksi haastatteluissa lähdettiin selvittämään mitä ongelmia ja haasteita ilmenee, kun koeajoja suoritetaan tuotantolinjoilla. Yksi ongelma on koeajoaikojen löytäminen ja sovittaminen tuotannon aikatauluun ja näiden priorisointi. Varsinkin keväällä ja alkukesästä tuotantovolyymit ovat suuria ja tuotantokapasiteetti on lähes kokonaan käytössä, jolloin koeajoaikojen varaaminen on todella hankalaa. Tästä syystä koeajot voidaan suorittaa joskus todella lyhyelläkin varoitusajalla sopivan välin löytyessä koeajojen suorittamiseen. Tämä vaikuttaa myös koeajoihin valmistautumiseen ja ennakkojärjestelyihin negatiivisesti. Koska koeajoaikoja on todella rajoitetusti, vaikuttaa se myös tuotekehitysprosessien aikatauluun siten, että tuotekehitysprojektit voivat venyä kuukausia, koska tuotetta ei päästä koeajamaan riittävän usein. Tästä syystä ei välttämättä päästä aina laatuvaatimuksiin tai -tavoitteisiin, minkä takia projekteja voidaan hylätä tai keskeyttää. Lisäksi aikajänne innovaatiosta markkinoille lanseeraukseen venyy liian pitkäksi, koska tuotekehitysprojekteissa kestää tarpeettoman kauan. Tällöin ei aina kyetä reagoimaan uusiin markkinarakoihin tai mahdollisuuksiin riittävän nopeasti.

Toinen ongelma liittyen tuotantolinjoilla suoritettaviin koeajoihin on niistä koituvat suuret kustannukset. Koeajot tuotantolinjoilla vaativat normaalin tuotantolinjan henkilöstön. Tähän kuuluvat valmistuspään taikinanteon ja ylöslyönnin, pakkaamon sekä tuotekehityksen henkilöstö. Lisäksi koeajojen tarpeena on usein hyvin pieni määrä valmiita tuotteita, esimerkiksi kaksi laatikkoa koeajotuotteita. Kuitenkin tuotantolinjoilla suoritettaessa koeajoja lopputulemana on usein paljon suurempi määrä koeajotuotteita kuin olisi tarvetta. Tällöin raaka-ainekustannukset nousevat tarpeettoman suuriksi. Lisäksi tuotantolinjat

kuluttavat todella suuren määrän energiaa ja aiheuttaa suuret kustannukset koeajotuotteille, joista ei odoteta saavan minkäänlaista myyntiä. Tuotantolinjakoeajot vievät myös tuotantokapasiteettia pois tuotannolta, jolloin koeajoihin käytetty aika on pois tuotannolta.

Tuotantolinjoihin liittyen haasteena on myös se, että tuotantolinjakoeajoissa muutoksien tekeminen koeajojen aikana on lähes mahdotonta, koska tuotantoprosessi on todella pitkä. Esimerkiksi yleisimmässä neljän tunnin koeajossa, kun valmis koeajotuote tulee uuninsuusta, on taikinanteko lopetettu jo valmistuspäässä. Tällöin muutoksien tekeminen esimerkiksi taikinaan tai käytettäviin konejauhoihin on mahdotonta. Lisäksi erilaisten prosessin osien tai laitteiden testaaminen ja koeajo on todella kallista, koska koeajoa varten on investoitava täyden mittakaavan prototyyppiin tai osaan, jotta voidaan nähdä, että soveltuuko se tuotantolinjoille ja tarkoitukseensa. Ajanpuutteen ja jatkuvatoimisen prosessin takia koeajoissa testataankin usein vain yhtä kehityskohdetta kerrallaan, joka onkin yksi syy, miksi tuotekehitysprojektit niin uusien kuin nykyisten tuotteiden osalta venyvät tarpeettoman pitkiksi.

Edellä mainittujen asioiden pohjalta voidaan todeta, että tuotantolinjakoeajoissa joustavuutta ei ole juuri yhtään niin tuotteisiin kuin prosessin osiin liittyvissä koeajoissa. Muutoksia ei voida tehdä koeajojen aikana ja koeajot ovat kankeita ja kustannustehottomia suorittaa tuotantolinjoilla. Lisäksi rajoitteet aiheuttavat liian suuren kynnyksen koeajojen suorittamiseen ja aikatauluttamiseen. Tällöin kaikki mahdollinen hienosäätö tai muut ei niin tärkeiksi koetut kehityskohteet jäävät testaamatta, jotka voisivat kuitenkin tuottaa arvokasta tietoa tuotekehitykselle ja henkilöstölle. Myöskään radikaaleja innovaatioita ja kokeiluja ei kyetä suorittamaan tuotantolinjoilla, koska pelätään esimerkiksi tuotantolinjan sotkeutumista. Lisäksi allergeenituotteiden testaaminen tuotantolinjoilla on kiellettyä, koska se aiheuttaa vierasaineriskin olemassa olevien tuotteiden valmistuksessa. Voidaan myös pohtia vaikuttaako linjatyöntekijöiden mielipiteet ja toisinaan pinttyneet käsitykset tuotannon kyvykkyyksistä uuden tuotteen laatuun ja tuotannon mahdollisuuksiin tuotekehitysprojekteissa ja koeajoissa tuotantolinjoilla. Esimerkiksi, jos koeajossa epäonnistutaan, niin jääkö työntekijälle käsitys, että kyseinen tuote olisi hankala valmistaa myös lanseerauksen jälkeen?

Toisaalta tuotantolinjakoeajoissa voidaan nähdä myös joitain positiivisia puolia. Tällä hetkellä linjatyöntekijät pääsevät osallistumaan tuotekehitysprojekteihin jo niiden alkuvaiheilla ja he voivat tuntea osallisuutta oman työnsä tulevaisuuteen. Lisäksi koeajot vievät linjatyöntekijät pois niin sanotulta mukavuusalueelta ja he joutuvat toimimaan rutiineista poiketen. Tuotantolinjakoeajoissa positiivista on myös se, että voidaan määrittää

uusille tuotteille tuotantolinjojen prosessiparametrejä jo koeajojen varhaisessa vaiheessa tulevaisuuden tuotantoajoja varten. Näihin sisältyvät muun muassa ylöslyöntiin, nostatukseen ja uuniin liittyvät prosessiparametrit. Lisäksi tuotantolinjakoeajoissa voidaan testata tuotteiden kestävyyttä pakatessa tuotantolinjojen pakkauslaitteistolla. Pakkaamiseen liittyen voidaan myös tarkistaa pakkausmateriaalin soveltuvuutta tuotteelle ja määrittää tuotteiden pakettipainot. Voidaan todeta, että nykyisessä koeajotavassa ei aivan kaikki asiat ole huonosti, mutta paljon kehitettävää, jotta tuotteiden koeajamista saataisiin joustavammaksi, kustannustehokkaammaksi ja matalamman kynnyksen toiminnaksi.

Haastattelujen ja yrityksen arkistoiman koeajotietojen avulla selvitettiin myös tarkempaa tietoa tuotantolinjoilla suoritetuista koeajoista. Kohdeyrityksessä on suoritettu huhtikuun 2017 ja kesäkuun 2021 välisenä aikana yhteensä 47 koeajoa. Koeajot kohdistuivat 13:een erilaiseen tuotereseptiin, joista 10 oli uusia tuotteita ja 3 jo markkinoilla olevia tuotteita. Tiedot uusien tuotteiden koeajoista ovat esitettynä taulukossa 2.

Taulukko 2. *Uusien tuotteiden koeajot huhtikuun 2017 ja kesäkuun 2021 välisenä aikana.*

Tuote	Linja	Lanseerattu markkinoille	Koeajojen lukumäärä	Koeajoaika (h)	Sisältyy tuoteportfolioon 2021
Tuote 1	L1	EI	3	24,5	-
Tuote 2	L1	EI	2	6,5	-
Tuote 3	L2	KYLLÄ	10	47,5	EI
Tuote 4	L2	KYLLÄ	6	20	EI
Tuote 5	L2	EI	1	4	-
Tuote 6	L2	KYLLÄ	7	24	KYLLÄ
Tuote 7	L3	KYLLÄ	8	28,5	KYLLÄ
Tuote 8	L3	EI	4	10	-
Tuote 9	L3	Tuotekehitysprosessi kesken	4	13,5	-
Tuote 10	L3	Tuotekehitysprosessi kesken	2	6,5	-

Uusien tuotteiden koeajoista neljä johti tuotteen lanseeraukseen markkinoille ja vain kaksi niistä sisältyy tuoteportfolioon vielä vuonna 2021. Lisäksi ainakin yhden lanseeratun tuotteen viimeiset koeajot suoritettiin juuri ennen markkinoille lanseerausta ja tuotannon aloittamista. Lanseerattujen tuotteiden pidemmät koeajoajat selittyvät osin sillä, että viimeisimmät suoritetut koeajot kohdistuvat usein pakkaukseen liittyviin seikkoihin. Tällöin varmistetaan, että tuotteelle suunnitellut pakkausratkaisut ovat sekä laitteistolle sekä

tuotteelle sopivia ja tuotteiden pakkaus onnistuu sujuvasti. Taulukossa listatut koeajotunnit ovat tuotteen koeajoihin käytetty kokonaisaika. Lisäksi kahden tuotteen kohdalla tuotekehitysprosessi on vielä kesken. Toinen tuotteista oli tarkoitus jo lanseerata, mutta hitaan ja keskeneräisen tuotekehitysprojektin takia lanseerausta viivästettiin. Rajalliset mahdollisuudet tuotteiden koeajoon pidentävät tuotekehitysprojektin kestoa.

3.1.3 Yrityksen ylimmän johdon näkemykset koeleipomolinjasta

Koeleipomolinjaan liittyen kohdeyrityksen ylimmän johdon näkemyksiä tarpeista ja tavoitteista selvitettiin puolistrukturoiduilla haastatteluilla. Haastattelulomake on esitettynä liitteessä B. Haastateltaviin kuului johtohenkilöstöä muun muassa kohdeyrityksen tuotekehityksestä, markkinoinnista, myynnistä ja operatiivisesta osastosta. Keskeisimpänä asiana haastatteluista tuli ilmi, että uusien sekä nykyisten tuotteiden kehitysprosessi tulisi olla nykyistä huomattavasti nopeampi ja joustavampi. Koeleipomolinjan tulisi tarjota mahdollisimman joustava, helppo ja kustannustehokas tapa testata ja koeajaa tuotteita. Tuotteiden koeajojen lisäksi koeleipomolinjalla tulisi pystyä testaamaan myös tuotantoprosessin erilaisia osia tai laitteita pienemmässä mittakaavassa. Tällöin voidaan tarkastella niiden soveltuvuutta valmistusprosessiin ilman, että tarvitsisi tehdä suuremman mittakaavan hankintoja esimerkiksi osan tai laitteen prototyyppiin, jota pitäisi testata tuotantolinjoilla. Koeleipomolinjan avulla saataisiin enemmän mahdollisuuksia innovointiin ja lisää aikaa tuotteiden koeleivontaan. Kuitenkin koeleipomolinjan suunnittelussa tulee huomioida nykyisten tuotantolinjojen rajoitteet ja ominaisuudet. Tällöin voidaan välttyä tilanteilta, joissa koeleipomolinjalla kehitettyä tuotetta ei olisikaan mahdollista valmistaa tuotantolinjoilla tai että se olisi hyvin hankalaa.

Tällä hetkellä uusien tuotteiden koeajot aloitetaan heti jo ensimmäisessä vaiheessa tuotantolinjoilla. Koeleipomolinjan tulisi mahdollistaa tuotteiden esivalmistelun ja kehittämisen ennen kuin siirrytään tuotantolinjoille. Tällöin tuotteiden kehittämiseen tarjoutuu enemmän aikaa ja mahdollisuuksia, mikä mahdollistaa tuotekehitysprosessin nopeamman läpimenoajan. Lisäksi voidaan säästää koeajojen kustannuksissa, koska koeleipomolinjalla voidaan toimia paljon pienemmässä mittakaavassa. Jotta voitaisiin ymmärtää nykyisten ja uusien tuotteiden ominaisuuksia ja käyttäytymistä paremmin, on tuotekehityksessä käytettävä aikaa riittävästi esivalmisteluihin. Tällöin myös tuotekehitysprojekteille asetetut aikataulu- ja laatutavoitteet ovat suuremmalla todennäköisyydellä mahdollista saavuttaa, kun koeajoja varatessa ei tarvitse huomioida tuotantolinjojen aikatauluja. Viimeiset koeajot on kuitenkin suoritettava tuotantolinjoilla, jotta voidaan määrittää tuot-

teelle yksityiskohtaiset prosessiparametrit, mutta koeleipomolinjan avulla voitaisiin helpottaa tämän vaiheen etenemistä. Tällöin tuotekehitystiimillä on jo selvä kuva siitä, minkälaiset tuotteen ominaisuudet ovat.

Koeleipomolinjalle yksi asetettu tavoite on myös kyky tukea paremmin tuotekehitystä, markkinointia ja myyntiä, jotta voidaan joustavammin reagoida eri osastojen tarpeisiin. Sen avulla tulisi kyetä myös tukemaan asiakkaita tilanteissa, joissa asiakas haluaisi muutoksia tuotteisiinsa. Koeleipomolinjan avulla pitäisi pystyä reagoimaan tilanteisiin ja suorittamaan tarpeelliset koeajot mahdollisimman nopeasti. Myyntiä ja markkinointia kyettäisiin lisäksi tukemaan koeleipomolinjan avulla siten, että aikajännettä innovaatiosta tuotteen lanseeraukseen voitaisiin lyhentää. Haastatteluissa ilmeni, että Suomen markkinoilla on vain kaksi ajankohtaa, jolloin voidaan tuoda uusia tuotteita markkinoille. Tämä aiheuttaa myynnille ja markkinoinnille sekä tuotekehitykselle painetta siten, että aikataulussa on pysyttävä. Jos tuotekehitysprojekti venyy, voidaan uuden tuotteen lanseerausta odottamaan jopa puoli vuotta tavoitetta kauemmin, jolloin voidaan mahdollisesti hukata markkinamahdollisuuksia. Nykyisillä koeajojärjestelyillä aikataulussa pysyminen on haasteellista, minkä takia koeleipomolinjan avulla pyritään lyhentämään tuotekehitysprojektin läpimenoaikaa. Ylipäätään koeleipomolinjan tavoitteena on ylläpitää tai kasvattaa yrityksen kilpailukykyä, jotta voidaan joustavasti mukautua markkinoiden muutoksiin ja varmistua liiketoiminnan jatkuvuudesta.

3.2 Koeleipomolinjan tekniset vaatimukset

Haastatteluissa ilmeni kiinnostusta perinteisen koeleipomolinjan lisäksi hybridilinjan tarkasteluun. Perinteisellä koeleipomolinjalla tarkoitetaan sellaista linjaa, jota ei ole tarkoitettu tuotteiden tuotantoajoihin, vaan ainoastaan pienten koetuote-erien valmistamiseen ja koeajoihin. Hybridilinjalla tarkoitetaan sellaista tuotantolinjaa, jolla olisi kapasiteettia ja joustavuutta suorittamaan koeleivonnan lisäksi myös tuotantoajoja. Tällä hetkellä kohdeyrityksen tuotantolaitoksen kolmesta tuotantolinjasta yhdellä on jo kapasiteetti myytynä täyteen ja ennusteiden mukaan toisen linjan kapasiteetti on myytynä täyteen muutaman vuoden kuluessa. Tästä syystä koeajojen varaaminen tuotantolinjoille on todella haastavaa ja tulee olemaan vielä haasteellisempaa tulevaisuudessa. Toisaalta tuotantokapasiteettien ollessa kokonaan käytössä voidaan myös pohtia, onko uusien tuotteiden kehittäminen niille linjoille järkevää. Kuitenkin on huomioitava markkinoiden muutokset tulevaisuudessa ja on kyettävä reagoimaan niihin nopeasti ja joustavasti. Hybridilinja mahdollistaisi lisää tuotantokapasiteettia vastaamaan markkinoiden tarpeeseen. Sen avulla voitaisiin tukea tuotantolinjoja, joiden kapasiteetti on jo täynnä, mutta sen avulla kyettäisiin suorittamaan myös koeajoja uusien ja nykyisten tuotteiden kehittämiseen.

Nykyisten tuotantolinjojen ollessa suuria massatuotantolinjoja kyettäisiin hybridilinjan avulla valmistamaan esimerkiksi kausituotteita tai erilaisia matalamman volyymin tuotteita, joiden valmistus nykyisillä linjoilla olisi haastavaa ja kustannustehotonta. Tällöin voidaan myös välttää nykyisten tuotantolinjojen kuormittaminen entisestään. Tuotekehitykseen voisi myös avautua uusia mahdollisuuksia, kun tuotteita voidaan valmistaa tehokkaammin joustavammalla hybridilinjalla. Tietysti investoinnin suuruus kasvaa huomattavasti verrattuna perinteiseen koeleipomolinjaan, mutta hybridilinjan valmistaessa tuotteita myyntiin koeajojen lisäksi voidaan sen avulla myös kasvattaa myyntiä.

Näistä syistä perinteisen koeleipomolinjan lisäksi myös hybrideituotantolinja otetaan mukaan layout-suunnitteluun. Seuraavaksi esitetään koeleipomo- ja hybridilinjan rakenteet ja niiden teknisiä vaatimuksia. Ne toimivat koeleipomolinjan layout-suunnittelun yhtenä lähtötietona. Tässä luvussa vastataan myös työn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, joka oli: *Mitä teknisiä vaatimuksia koeleipomolinjalla on?*

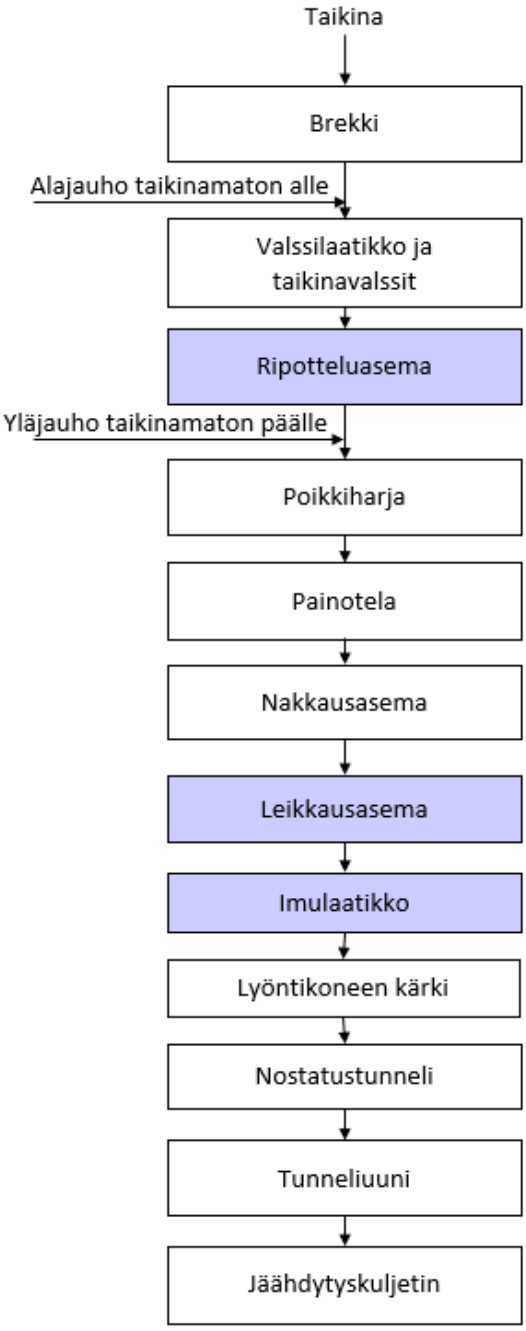
3.2.1 Koeleipomolinja

Koeleipomolinjan tavoitteena on mahdollistaa uusien ja vanhojen tuotteiden koeajaminen riippumatta siitä, millä tuotantolinjalla tuotetta ajetaan. Tästä syystä linjan tulisi olla mahdollisimman joustava, jotta eri tuotetyyppien valmistaminen olisi mahdollista. Kuten nykyisten tuotantolinjojen tarkastelussa tuli ilmi, tuotteilla voi olla hyvinkin erilaiset tuotantoprosessit varsinkin nostatustunnelin jälkeen. Tuotetyyppi T1:n tuotteiden paisto on kaksiosainen, kun taas muilla tuotetyypeillä paisto suoritetaan yhdessä jatkuvatoimisessa uunissa. Lisäksi tuotteita tulisi olla mahdollista paloitella ennen uunia ja myös uunin jälkeen. Haastatteluiden perusteella saatiin selville, että automaation taso ei tarvitse olla yhtä korkea kuin täysimittaisella tuotantolinjalla. Esimerkiksi mausteiden ripottelu, jauhojen annostelu lyöntikoneella ja tuotteiden paloittelu voidaan tehdä ihmisen toimesta. Tämän tulisi olla kuitenkin mahdollista suorittaa siten, että kyetään jäljittelemään mahdollisimman tarkasti tuotantolinjojen toimintaa. Tuotteen tulisi edetä koeleipomolinjalla jatkuvatoimisesti lyöntikoneelta nostatuksen ja uunin kautta aina jäähdytyskuljettimelle. Tuotetyypin T1 tuotteita koeajaessa tuotemattoa käsitellään ensimmäisen paiston jälkeen ja siirretään uudestaan paistoon manuaalisesti jäähdytyskuljettimelta.

Koeleipomolinjan tulisi kyetä prosessoimaan 5-20 kilon kokoisia taikinaeriä. Taikinan valmistus tapahtuu erätuotantomenetelmällä, jossa taikina muodostetaan taikinapataan. Taikinapataan annostellaan raaka-aineet käsin ja pataa liikutetaan valmistusvaiheiden kesken manuaalisesti. Taikinan raaka-aineiden yhdistämisen jälkeen taikinapata siirre-

tään taikinansekoittajaan. Tämän jälkeen pata siirretään esinostatukseen. Esinostatukselle tulisi määrittää sille tarkoitettu tila tai alue, jossa ilman lämpötilaa ja kosteutta voidaan hallita. Esinostatuksen jälkeen taikinapata annostellaan kippilaitteella brekkiin, josta taikina siirtyy lyöntikoneelle taikinamaton muodostumiseen. Tuotereseptien erilaisuus luo myös vaatimuksia muita koeleipomolinjalle. Taikinamaton paksuus voi vaihdella moniakin millimetrejä tuotereseptien ja -tyyppien välillä. Tästä syystä taikinavalssien väliä on pystyttävä muuttamaan tarkasti ja mahdollisimman helposti. Koko taikinan valmistusprosessia tulisi pystyä myös mittaamaan ja seuraamaan. Prosessin eri vaiheissa etenkin lämpötilan, kosteuden ja konsistenssin seuraaminen on ehdottoman tärkeätä. Lisäksi esinostatuksessa tulisi mitata taikinan pH-arvoa ja happipitoisuuksia.

Kuvassa 13 on esitettynä koeleipomolinjan rakenne. Rakenteen luomisessa on hyödynnetty haastatteluiden ja nykyisten tuotantoprosessien tarkastelun tuloksia.



Kuva 13. *Koeleipomolinjan rakenne*

Kuvassa sinisellä merkityt toiminnot voidaan suorittaa myös manuaalisesti koeleipomolinjalla. Ripotteluasema voidaan korvata manuaalisella mausteiden ripottelulla taikinamaton päälle. Leikkausasema voidaan korvata leikkaamalla taikinamattoa käsin esimerkiksi muoteilla. Imulaatikolla tarkoitetaan järjestelmää, joka imee taikinamaton päältä ylimääräisen jauhon pois. Se voidaan korvata myös manuaalisella laitteella. Ylimääräisen jauhon poistamiseen liittyy myös turvallisuuteen liittyvä syy sillä se voi jäädä pöllyämään tilaan. Kuten luvussa 2.2 tuotiin esille, voi jauhopöly altistaa työntekijöitä terveyshaitoille. Koeleipomolinjan joustavuuteen ja mukautuvuuteen voidaan vaikuttamaan siirreltävillä

asemilla. Tällöin linjan asemien siirtäminen tai tarpeettomien asemien poistaminen on helpompaa.

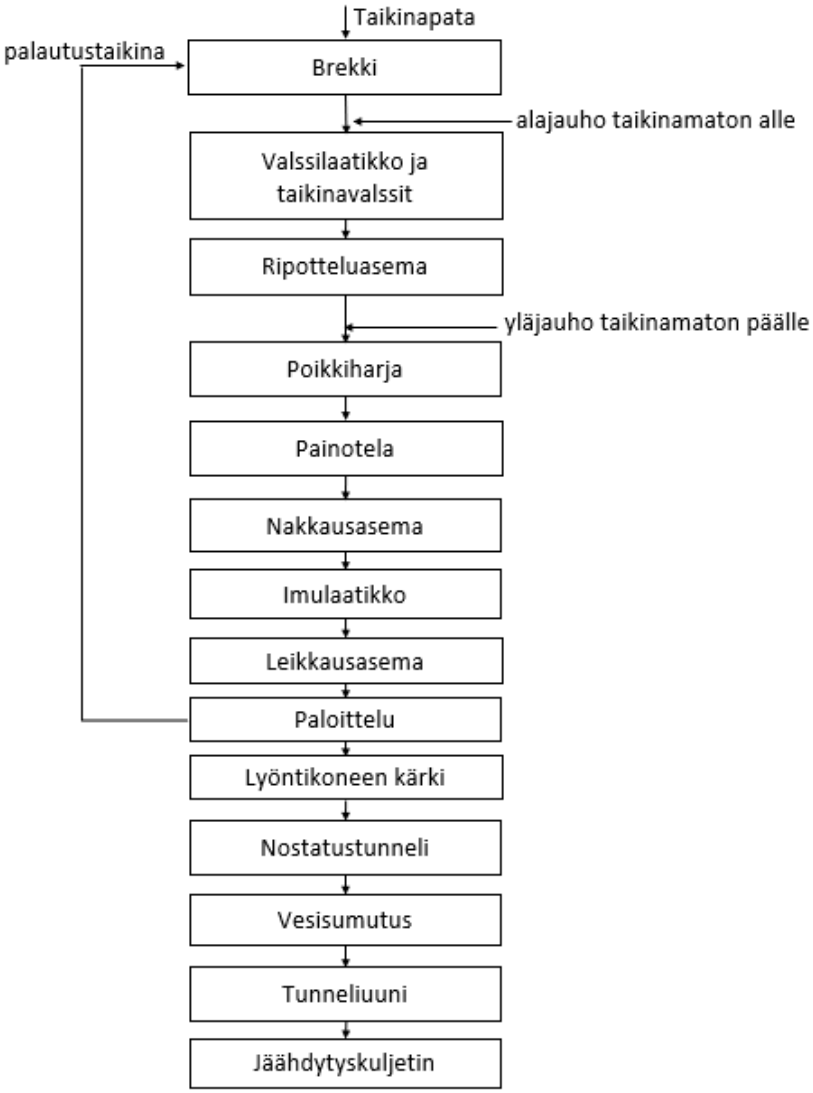
Lyöntikoneen pituus koeleipomolinjalla tulisi olla noin 5 metriä. Tällöin kaikki tarvittavat toimilaitteet voidaan sijoittaa riittävälle etäisyydelle toisistaan. Koeleipomolinjan nostatustunnelin on oltava noin 10 metriä pitkä ja sen ilman kosteutta ja lämpötilaa on kyettävä hallinnoimaan ja säätämään. Tarvittavan tunneliuunin pituus on noin 5 metriä. Siinä erityisen tärkeätä on uunin lohkojen mahdollisimman tarkat säätömahdollisuudet ja todella korkeat lämpötilat. Lisäksi uunin olosuhteita tulisi pystyä säätämään mahdollisimman tarkasti ja kattavasti. Lyöntikoneesta, nostatustunnelista ja tunneliuunista on lähetetty tarjouspyynnöt laitevalmistajille.

Haastatteluiden perusteella asetettiin vaatimus, että yhden henkilön tulisi kyetä kontrolloimaan ja ajamaan koeleipomolinjaa. Luvussa 2.2 tuotiin esille, kuinka suunnittelulla voidaan vaikuttaa ergonomiaan ja työhyvinvointiin. Tästä syystä koeleipomolinjalla valmistettavan taikinamaton leveys on maksimissaan 600 millimetriä, jotta voidaan välttää ylimääräistä kurottelua ja huonoja työasentoja. Suhteellisen kapeaa taikinamattoa on myös helpompi käsitellä, jolloin koeajojen suorittaminenkin on helpompaa. Työntekoa pyritään helpottamaan myös taikinakaukalon kippilaitteella, jotta taikinan annostelu brekkiin olisi mahdollista yhden henkilön toimesta.

3.2.2 Hybridilinja

Hybridilinjan tekniset vaatimukset ovat hyvin samankaltaiset kuin koeleipomolinjalla, mutta automaation taso tulee olla korkeampi kuin koeleipomolinjalla. Esimerkiksi aikaisemmin mainitut ripottelu ja leikkausasemat sekä ylimääräisten jauhojen imujärjestelmät tulevat olla automaattisia. Lisäksi tuotteiden valmistaminen myyntiin luo linjalle muita vaatimuksia. Esimerkiksi hybridilinjalle tulee suunnitella myös tuotteiden pakkaukseen liittyvä ratkaisu. Hybridilinjassa käytettyjen materiaalien ja toimintojen tulee olla myös elintarviketeollisuuteen hyväksyttyjä, kuten luvussa 2.2 tuodaan esille. Myös tuotteiden laadun tarkkailuun tulee panostaa enemmän. Varsinkin kontaminoitujien tuotteiden myynnin välttämiseksi on tuotteen laatua tarkkailtava esimerkiksi linjassa olevien metallinilmaisimien avulla. Lisäksi tuotantolinjasta ja sen läheisyydestä on pyrittävä poistamaan kaikki mahdolliset kontaminoitumisen lähteet, jotta tuoteturvallisuus voidaan taata. Lisäksi varsinkin hybridilinjalla valmistusprosessin mittaaminen ja seuraaminen on tärkeätä, jotta tuotelaatu on tavoitteensa mukaista. Linjaan tulee sijoittaa automaattisia pakettivaakoja, jotta voidaan varmistua, ettei alipainoisia paketteja myydä asiakkaalle.

Haastattelujen perusteella hybridilinjan kanssa päädyttiin tuotteiden osalta siihen ratkaisuun, että sillä valmistetaan myyntiin tuotetyyppejä T2, T3 ja T4. Varsinkin myynti- ja markkinointiosastot painottivat eniten tuotetyypin T4 tuotantokapasiteetin kasvattamista. Tuotetyyppi T1 jätetään pois hybridilinjan tuotevalikoimasta sen suuresti poikkeavan valmistusprosessin takia. Todettiin, että sen lisääminen valmistettaviin tuotteisiin toisi liikaa lisäkustannuksia tuotantolinjan investointiin ja se toisi liikaa kompleksisuutta linjan suunnitteluun. Lisäksi tuotteiden paloittelu rajattiin hybridilinjaan siten, että kaikki tuotteet paloitellaan lyöntikoneella ennen nostatusta ja paistoa. Lisäksi leikkausasemaan lisätään samankaltainen palautustaikinaprosessi, jossa paloittelun ulkopuolelle jäävä taikina palautetaan takaisin prosessiin. Hybridilinjan rakenne on esitettynä kuvassa 14. Sen luomisessa on hyödynnetty haastatteluita ja nykyisten tuotantoprosessien tarkastelua.



Kuva 14. *Hybridilinjan rakenne*

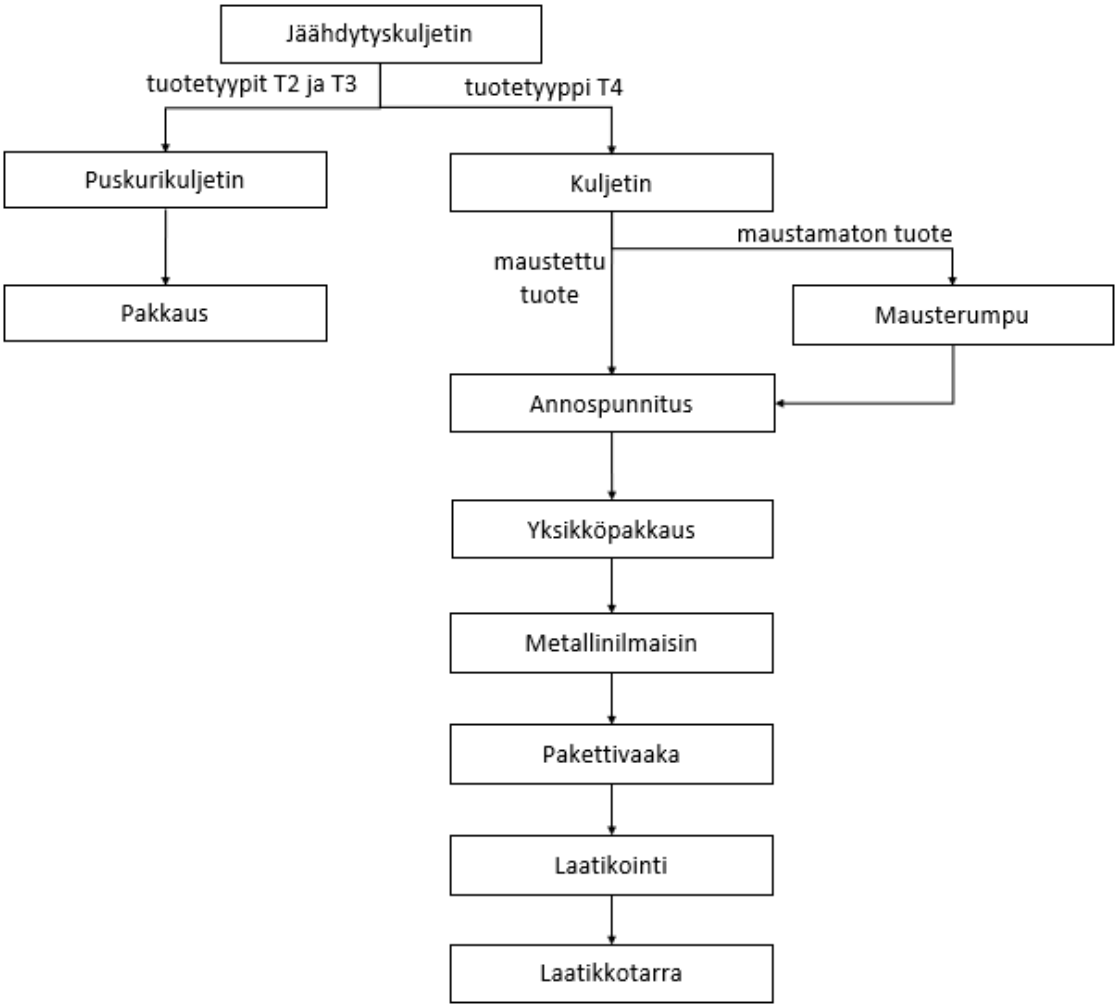
Kuvasta nähdään, että hybridilinjan valmistusprosessi ja rakenne on hyvin samankaltainen koeleipomolinjan kanssa. Valmistusprosessin mittakaava on kuitenkin paljon suurempi. Hybridilinjan tuotantokapasiteetiksi tuotetyypille T4 asetettiin noin 250 kiloa valmista tuotetta tunnissa. Tämä tarkoittaa, että taikinan käsitellyn kapasiteetin tulee olla noin 500 kiloa tunnissa, koska taikinasta haihtuu vettä ja muita aineita valmistusprosessin aikana. Tuotetyypeille T2 ja T3 valmiiden tuotteiden tuotantokapasiteetiksi määritettiin noin 450 kiloa tunnissa ja taikinan käsittelyn kapasiteetiksi noin 900 kiloa tunnissa. Tuotantokapasiteettien ero johtuu taikinamaton paksuuden vaihtelusta tuotetyyppien välillä. Myös tuotetyyppien T2 ja T3 tuotantokapasiteetit voivat vaihdella reseptistä riippuen, mutta erot eivät ole yhtä suuria kuin verratessa tuotetyyppiin T4.

Hybridilinjan määritetty tuotantokapasiteetti on pienempi kuin nykyisillä tuotantolinjoilla. Määritetyn tuotantokapasiteetin perusteluna oli se, että pienemmällä tuotantokapasiteetilla myös linjan koko pienenee. Tällöin myös tuotteiden koeajo ja käsittely on joustavampaa kuin nykyisillä tuotantolinjoilla. Lisäksi hybridilinjan tilantarve pienenee. Hybridilinjalla valmistettavan taikinamaton leveydeksi määritettiin 1200 millimetriä, joka on noin kapeampi kuin nykyisillä tuotantolinjoilla. Päätöksen perusteena on taikinamaton käsittelyn helpottuminen ja linjan tilantarpeen pienentyminen. Kapeampaa taikinamattoa on myös helpompi hallita koko valmistusprosessin kannalta.

Määritetyn tuotantokapasiteetin, taikinamaton leveyden ja paksuuden, linjan nopeuden sekä tuotteiden nostatus- ja paistoaikojen perusteella voidaan arvioida linjan kokoa. Lyöntikoneen pituuden tulisi olla samaa koko luokkaa kuin nykyisten linjojen, eli noin 15 metriä. Pituus ei muutu, koska lyöntikoneeseen vaadittujen toimilaitteiden ja asemien koko ja tilantarve eivät muutu. Leveydeltään hybridilinjan lyöntikone on noin 2 metriä. Nostatustunneli tulee tarvitsemaan hybridilinjan osista eniten tilaa, koska tuote on ajallisesti tuotantoprosessin vaiheista kaikista kauiten nostatustunnelissa. Nostatustunnelin pituutta voidaan kuitenkin pienentää hyödyntämällä monikerroksisia nostatusratoja, jotka kulkevat edestakaisin tunnelin sisällä. Nostatustunnelin pituuden tarkkaan määrittämiseen vaikuttaa oleellisesti laitetoimittajien käyttämät ratkaisut. Nykyaikaisella tekniikalla ja usean nostatusradan hyödyntämisellä voidaan nostatustunnelin pituudeksi arvioida noin 75 metriä.

Hybridilinjan uunin tekniset vaatimukset ovat yhtäläiset koeleipomolinjan uunin kanssa. Uunin pituus hybridilinjalle tulisi olemaan noin 30 metriä, kun verrataan hybridilinjan tuotantokapasiteettia nykyisten tuotantolinjojen tunneliuuneihin. Myös uunin pituuden tarkempaan määrittämiseen vaaditaan laitetoimittajien tarkat tekniset tiedot käytetyistä ratkaisuista. Myös hybridilinjan osalta lyöntikoneesta, nostatustunnelista ja tunneliuunista

on lähetetty tarjouspyynnöt laitevalmistajille. Uunin jälkeen tuote kulkee jäähdytyskuljettimella tuotteen pakkaukseen. Jäähdytyskuljettimen pituuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi uunin kuivaustoiminnoilla tai tehokkaalla ilman puhalluksella jäähdytyskuljettimelle. Lisäksi tuote jäähtyy ja kuivuu myös puskurikuljettimilla. Kuljettimen pituuteen vaikuttaa myös oleellisesti vapaana oleva tila, joten sen pituus voidaan määrittää layout-suunnitteluprosessin aikana. Kuvassa 15 on esitettynä hybridilinjan pakkaamon rakenne.



Kuva 15. *Hybridilinjan pakkaamon rakenne*

Hybridilinjan pakkaamon rakenteen määrittämisessä on hyödynnetty tuotantolinjassa L3 käytettyjä ratkaisuja. Tuotetyypin T4 tuotteet maustetaan lyöntikoneella tai pakkaamon mausterummussa, jonka jälkeen ne punnitaan annosvaa'assa ja pakataan yksikköpakkaukseen pystypakkauslaitteessa. Sen jälkeen yksikköpakkaukset kulkevat metallinilmaisimen ja pakettivaa'an kautta laatikointiin ja laatikkotarraukseen. Laiteratkaisuissa on hyödynnetty kohdeyritykselle tuttuja ratkaisuja. Pakkausprosessi on täysin automaatiinen. Tuotetyypin T4 tuotteiden pakkauslaitteistosta on vastaanotettu tarjouspyyntö laitevalmistajalta.

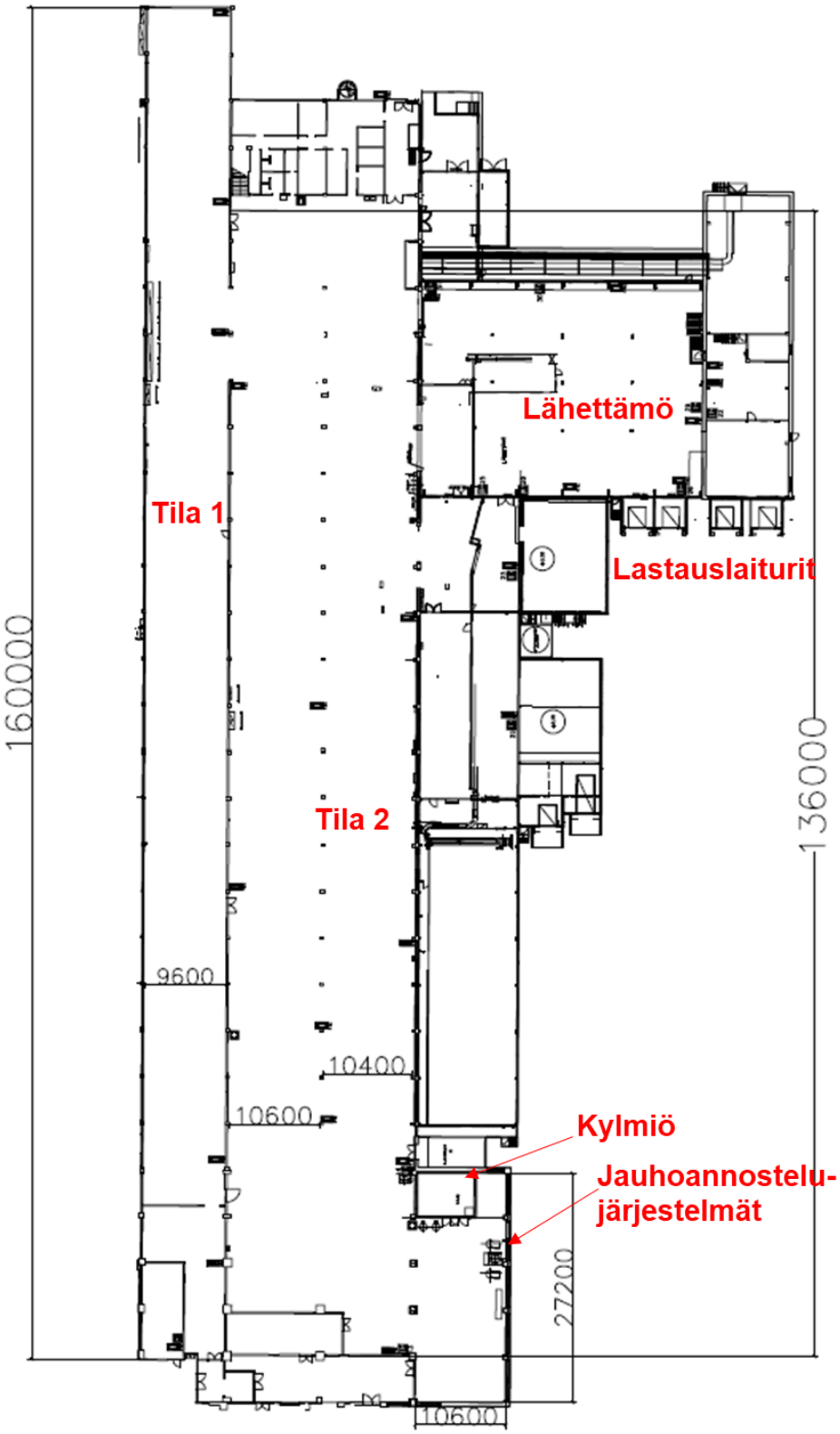
Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden pakkauksen suhteen rakenne on hyvin yksinkertainen. Tuotteet siirtyvät jäähdytyskuljettimelta puskurikuljettimeen. Tästä tuotteet pakataan käsin pakkauksiin. Tällöin esimerkiksi erilaiset kausituotteet voidaan pakata joustavasti haluttuihin pakkauksiin miettimättä pakkauslaitteiden rajoituksia. Luvussa 2.2 todettiin, että monotonisiin ja toistuviin työvaiheisiin voidaan vaikuttaa työnsuunnittelulla ja työntekijöiden tauottamisella. Tästä syystä pakkausprosessi on suunniteltava kattavasti, jotta työpiste ei olisi fyysisesti tai ergonomisesti kuormittava. Käsin pakkauksessa on myös taloudellinen näkökulma. Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden pakkauksessa tulisi määrittää tarkat spesifikaatiot tuotteiden mitoista, annoskoista sekä mahdollisista laatikointiformaateista laitevalmistajille. Toisin kuin pystypakkauslaitteessa, jossa tuotteet pakataan pusseihin, joissa tuotteiden koolla ei ole juurikaan merkitystä. Siinä pussien kokoja voidaan myös muuttaa vaivattomammin. Varsinkin jos tuotevolyymit ovat pienempiä, on kannattamatonta investoida suureen ja kalliiseen pakkauslaitteistoon. Lisäksi esimerkiksi kausituotteiden kohdalla mahdolliset muutokset tuotteen koossa tai pakkausspesifikaatioissa aiheuttavat kompleksisuutta pakkauslaitteiston osien vaihtoihin ja suunnitteluun. Tämä tarkoittaa myös usein investoinnin suuruuden kasvamista. Toisaalta jos myöhemmin todetaan, että tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden valmistaminen olisi kannattavampaa ja tuotteiden spesifikaatiot ovat selvillä, on tehtävä päätöksiä pakkausprosessin automatisoinnista. Kuitenkin tällä hetkellä näyttää siltä, että tuotetyypin T4 tuotteiden valmistaminen olisi kohdeyrityksen prioriteettina.

Haastatteluiden pohjalta hybridilinjalle määritettiin resurssien tarve työntekijöiden suhteen. Myyntiin valmistaessa hybridilinjan taikinan valmistus tulisi suorittaa yhden työntekijän toimesta. Näiden lisäksi linjan toiminnasta vastaa yksi henkilö niin sanottu linjanhoitaja. Pakkaamon toimintaa valvoo yksi työntekijä. Koeajoja suorittaessa hybridilinjaa tulisi kyetä kontrolloimaan yhden tai kahden henkilön toimesta. Koeajoissa valmistettavat taikinaerät ovat huomattavasti pienempiä kuin myyntiin valmistettaessa, joten taikinanteko voidaan suorittaa yhden henkilön toimesta. Esimerkiksi yhdellä taikinapadalla voidaan valmistaa tarvittava määrä koeajotuotteita. Hybridilinjan automaation taso on suunnitellusti niin korkea, että taikinan valmistuksen jälkeen työntekijän tehtävänä on vain linjan toiminnan valvominen. Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden manuaalisessa käsittelyssä voidaan mahdollisesti tarvita kahta henkilöä tilanteen mukaisesti.

3.3 Layoutin sijainnin valinta

Layoutin suunnitteluprosessi aloitetaan layoutin sijoituspaikan määrittämisellä, kuten luvussa 2.1.1 tuodaan esille. Koeleipomo- tai hybridilinjan sijoituspaikaksi on tehdasrakennuksessa kaksi sopivaa sijoituspaikkaa. Kuvassa 16 on esitettynä sijoituspaikat. Kuvan

vasemmassa reunassa on tila 1, jossa on noin 160 metriä pitkä ja 10 metriä leveä alue, joka toimii tällä hetkellä osittain kunnossapitoyrityksen verstaana ja varastoalueena. Tämän tilan oikealla puolella on tila 2, joka on noin 136 metriä pitkä ja 21 metriä leveä. Tällä hetkellä tilassa on tuotantotoimintaa, mutta tila vapautuu käyttöön tulevaisuudessa.



Kuva 16. *Layoutin mahdolliset sijoituspaikat: tila 1 ja 2*

Kuvasta nähdään, että molemmat tilat ovat suuruudeltaan sopivia suurenkin linjan sijoitukseen. Kumpaankin tilaan mahtuu yli 130 metriä pitkä tuotantolinja, ja tilan leveys ei myöskään aiheuta esteitä linjan sijoittamiseen. Lisäksi molemmissa tiloissa on tai on tuotantotoimintaa sijoitettuna aikaisemmin. Tilassa 1 on aikaisemmin ollut pienempi tuotantolinja, mutta se on otettu pois käytöstä. Koska molemmissa tiloissa on aikaisemmin ollut tuotantotoimintaa, voidaan vanhoja tuotantolinjojen ratkaisuja hyödyntää myös uudessa linjassa. Esimerkiksi tilan 2 oikeassa alareunassa sijaitsee jauhoannostelujärjestelmät, joita voidaan hyödyntää taikinanteossa. Lisäksi niiden vieressä sijaitsee kylmiö, jota voitaisiin käyttää raaka-aineiden varastointiin ja säilytykseen. Tilan 2 oikean alareunan aluetta käytetään tällä hetkellä taikinan valmistuksessa. Tästä syystä aluetta voitaisiin hyödyntää myös koeleipomo- ja hybridilinjan taikinan valmistuksessa.

Tilan 2 oikeassa yläreunassa sijaitsee tila, joka toimii tällä hetkellä lähettämönä. Tilaa voidaan hyödyntää myös hybridilinjan tuotteiden lastaukseen ja varastointiin, mutta se vaatii logistiikan ja varastoinnin tarkempaa suunnittelua. Tällä hetkellä kaikki kohdeyrityksen tuotteet varastoidaan yhteiseen varastotilaan tehdasrakennuksen toiseen päähän. Tällöin tuotteiden varastoiminen kahteen eri tilaan voi aiheuttaa ongelmia logistisesti ja myös käytännöllisesti. Suurten ajoneuvoyhdistelmien ajattaminen kahteen eri lastauspaikkaan voi koitua ongelmalliseksi. Mutta toisaalta esimerkiksi uusien kausituotteiden varastointi ja lastaus voitaisiin toteuttaa lähettämön tilaa hyödyntäen, koska niille ei varastopaikkaa löydy nykyisestä varastosta.

Tuotelaatikoiden pinonta ja lavaus tulisi joko suorittaa käsin tai nykyisessä lavaamossa. Lavojen siirto lähettämöstä varastoon tulisi toteuttaa trukin kanssa. Tällöin materiaalivirtojen pituudet kasvavat, mutta tämä toteutustapa olisi kaikkein käytännöllisin. Vaihtoehtona olisi esimerkiksi laatikkokuljettimet lähettämön tilasta lavaamoon, mutta kuljetinjärjestelmän pituus kasvaisi tällöin todella suureksi. Lisäksi lavaamon kuljetinjärjestelmään tulisi tehdä muutoksia. Tällä hetkellä lavaamossa on jokaiselle kolmelle tuotantolinjalle oma kuljetin, joista tuotelaatikot ryhmitellään lavausrobotille.

Lisäksi molempien tilojen positiivisena asiana on se, että tuotantolinjan asennus- ja käyttöönottotyöt eivät häiritse muiden tuotantolinjojen toimintaa ainakaan suurimmalta osin. Molemmat tilat sijaitsevat toisella puolella tehdasta kuin muut tuotantolinjat. Kolmas mahdollinen tila varsinkin hybridilinjalle on nykyisten tuotantolinjojen L1 ja L2 välinen tila. Siinä on aikaisemmin sijainnut tuotantolinja, mutta se on otettu pois käytöstä vuosia sitten ja sen purkutyöt ovat edelleen kesken. Tämän tilan hyvänä puolena on se, että tila on yli 200 metriä pitkä. Kuitenkin tilan huonona puolena on se, että se on paikoittain hyvin ahdas leveydeltään. Kapea leveys voi aiheuttaa hybridilinjan toimintoihin huonon

pääsyn, joka vaikuttaa linjan huollettavuuteen negatiivisesti. Lisäksi asennus- ja käyttöönottotyöt vaikuttaisivat ainakin osin tuotantolinjojen L1 ja L2 toimintaan, jolloin tarvittaisiin pidempiaikaisempi seisokki. Ajan kuluessa tiloihin on myös sijoitettu muita resursseja ja toimintoja. Hybridilinjan asentaminen tähän tilaan myös aiheuttaisi niiden uudelleensijoituksia, jotka voivat olla haasteellisia.

3.4 Turvallisuus

Elintarviketeollisuuden tuotantolinjalla työskentelyyn voi liittyä monia turvallisuusriskejä. Kuten luvussa 2.2 tuotiin esille, elintarviketeollisuuden sairaslomat johtuvat usein huonosta ergonomiasta, nostoista tai toistotyöstä ja työn pakkotahtisuudesta. Lisäksi turvallisuusriskejä ovat liikkuvan koneen, työvälineen tai esineen aiheuttama vahinko sekä liukastumiset ja kaatumiset. Nämä turvallisuusriskit tulisi huomioida koeleipomo- ja hybridilinjan layout-suunnittelussa, jotta työntekijöille voidaan taata turvallinen työympäristö. Seuraavaksi esitellään tiloihin 1 ja 2 sisältyviä riskejä. Lisäksi käsitellään koeleipomo- ja hybridilinjan sekä työntekijöiden toiminnasta aiheutuvia turvallisuusriskejä. Layout-suunnittelun kannalta ihmisiin ja resursseihin kohdistuvien riskien ohella myös tuoteturvallisuusriskit tulee huomioida. On tärkeätä ymmärtää, että kaikkiin riskeihin ei välttämättä kyetä vaikuttamaan layout-suunnittelulla, koska jotkin riskit voivat johtua esimerkiksi työntekijöiden huolimattomuudesta tai muista ulkoisista tekijöistä. Mutta kuten luvun 2.2 riskien arviointiprosessissa tuotiin esille, vaarojen tunnistaminen on yksi osa vaarojen poistamista ja riskien pienentämistä.

Tilojen 1 ja 2 turvallisuuteen liittyen lattioiden ja seinien pinnat vaativat uudistusta. Molempien tilojen pinnat ovat kuluneet ja halkeilevat. Tämä aiheuttaa varsinkin tuoteturvallisuusriskin, kun tuotteeseen voi päätyä vierasta ainetta halkeilevista pinnoista. Lattioihin ja seiniin kohdistuu myös kosteutta, kun linjaa, työkaluja tai taikinapatoja pestään, joten ne tarvitsevat uudistusta jo pelkästään siitä syystä. Tilan 2 ilmanvaihdon sekä ilman kosteuden ja lämpötilan hallinnan pitäisi olla riittävällä tasolla, mutta molempien tilojen kohdalla tilanne tulee varmistaa. Tosin koeleipomo- ja hybridilinjalla on erilaiset vaatimukset niihin liittyen, koska ne ovat koolta eri suuruiset. Työskentelyolosuhteet vaikuttavat oleellisesti työhyvinvointiin, joten ilman lämpötilan, kosteuden ja ilmanvaihdon säätelyn on oltava hyvällä tasolla. Nämä voivat myös vaikuttaa tuotelaatuun, jos olosuhteita ei pystytä hallitsemaan. Taikinanteon olosuhteet ovat tarkkaan määritettyjä, joten muutokset niissä voivat aiheuttaa muutoksia tuotelaatuun. Taikinanteon yksi turvallisuusriski on myös ilmassa oleva jauhopöly. Tästä syystä alueen ilmanvaihdon ja pölynpoiston on oltava riittävällä tasolla.

Taikinanteossa varsinkin ergonomiasta johtuvat loukkaantumiset ovat turvallisuusriskejä. Esimerkiksi painavien raaka-ainepakkausten tai taikinapatojen siirrot tai nostot ovat turvallisuusriskejä. Tästä syystä materiaalien siirroissa tulisi hyödyntää apuvälineitä tai muita ratkaisuja. Esimerkiksi taikinapatojen alle voidaan asentaa pyörät, jotta niiden liikuttelu olisi helpompaa. Isojen jauhopussien siirtämisen voidaan hyödyntää pumppukärryjä. Myös materiaalien siirtäminen varastohyllyihin ja sieltä pois voi aiheuttaa äkillistä fyysistä rasitusta. Siinä voidaan hyödyntää trukkeja tai muita apunostovälineitä. Lisäksi taikinanteon laitteiden tulee olla siten suojattuja, että käden tai muun raajan joutuminen laitteen toiminta-alueelle sen ollessa käynnissä tulisi olla estetty. Ennen kaikkea työntekijän huolellisuus sekä omasta ja muiden työntekijöiden turvallisuudesta välittäminen on turvallisen työympäristön lähtökohta.

Linjoihin liittyy monia turvallisuusriskejä. Koeleipomo- ja hybridilinja sisältävät paljon liikkuvia osia, joissa ruumiinosan tai vaatteen takertuminen on mahdollista. Lisäksi erilaiset kolhut ja viillot ovat riskitekijöitä. Näiden turvallisuusriskien huomioiminen on pääasiallisesti laitevalmistajan vastuulla, mutta myös layout-suunnittelulla voidaan niihin vaikuttaa. Esimerkiksi suojakaiteilla tai -aidoilla ja muilla suojuksilla voidaan minimoida riskejä. Lisäksi linjoihin liittyy palovammojen tai tulipalojen riski. Tuotteet paistetaan korkeissa lämpötiloissa, joten ihokosketus juuri uunista tulleeseen tuotteeseen voi aiheuttaa palovamman. Tulipaloriski voi aiheutua tilanteessa, jossa tuotantolinja pysähtyy jostakin syystä, jolloin taikinamatto tai -palat jäävät paikoilleen uuniin ja voivat syttyä tuleen. Syitä tuotantolinjan pysähtymiseen voi olla esimerkiksi äkillinen sähkökatkos tai tuotantolinjan vikatilanne. Tässä tilanteessa tuotteet on saatava pois uunista uuniverkkoa liikuttamalla. Tuotteet tulisi pystyä tiputtamaan uunin suulta siirreltäviin metallikärryihin, jolloin kyetään välttymään tulen leviäminen. Tämä asettaa hybridilinjalle vaatimuksen uunin suun jäähdytyskuljettimen alkupään nostamiseen, jotta palava tuote saadaan turvallisesti ulos uunista. Lisäksi varsinkin uunin suun läheisyyteen tulisi sijoittaa palosammuttimia. Myös nopealla reagoimisella tuotantolinjan pysähtymiseen voidaan välttää tuotteiden syttyminen tuleen.

Kuten luvussa 2.2 tuotiin esille, elintarviketeollisuudessa yhtenä keskeisenä osana on myös tuoteturvallisuus. Koeleipomo- ja hybridilinjan alueella käytettävien materiaalien, pinnoitteiden ja työkalujen tulee olla elintarviketeollisuuteen tarkoitettuja. Työntekijöiden hygienia ja huolellisuus tuoteturvallisuuteen liittyvissä asioissa laskevat tuotteiden kontaminaatioriskiä. Kohdeyrityksellä on tarkat säännöt liittyen työvaatetukseen ja tuotannossa kiellettyihin materiaaleihin ja aineisiin liittyen. Myös layout-suunnittelulla voidaan vaikuttaa tuoteturvallisuuteen. Esimerkiksi suojaamalla tai rajaamalla tuotantoprosessien vaiheita ulkoisilta tekijöiltä, jolloin riskiä vierasesineiden tai -aineiden joutumisesta

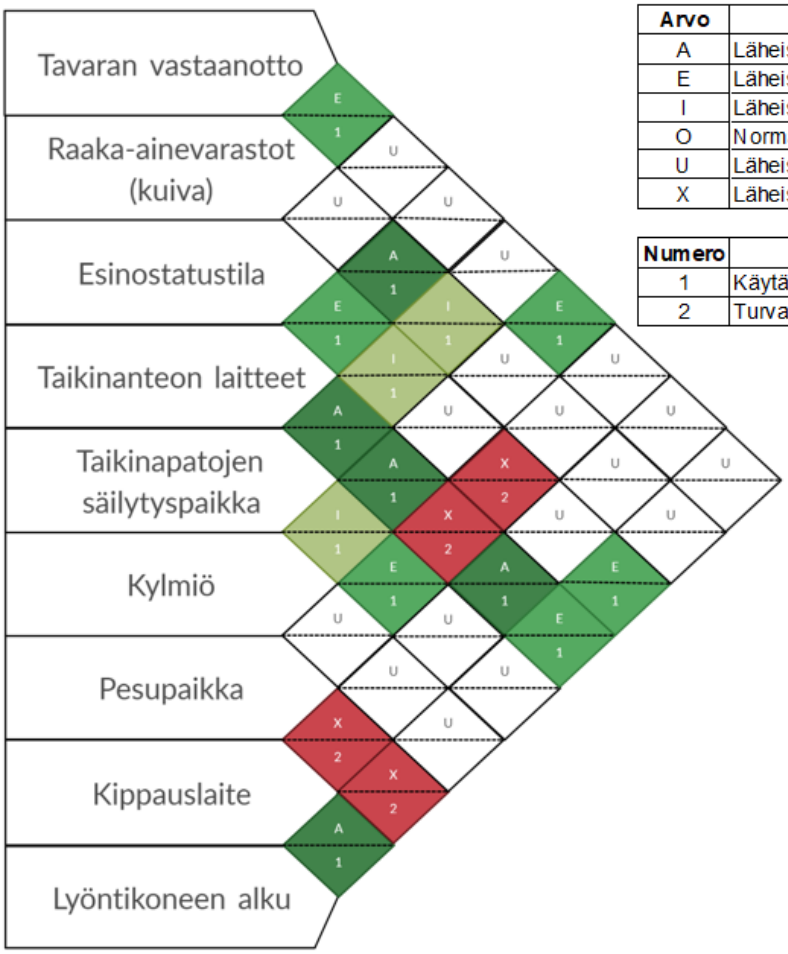
tuotteeseen voidaan pienentää. Hybridilinjan osalta tuoteturvallisuutta tarkkaillaan metallinilmaisimella, jonka läpi jokainen valmistettu tuote kulkee, ja laite hylkää automaattisesti metallia sisältävät tuotteet. Tärkeätä on kuitenkin metallinpalan alkuperän selvittäminen, jotta voitaisiin välttyä tuotteiden kontaminaation jatkumiselta. Tuoteturvallisuuden varmistamiseksi myös tuotantolinjoja tulee pestä ja puhdistaa tasaisin väliajoin. Tästä syystä tuotantotilojen tulee olla suunniteltu siten, että vesi ei jää tilaan seisomaan.

3.5 Käytetty layout-suunnittelumalli

Tässä luvussa käydään läpi koeleipomo- ja hybridilinjan layout-suunnittelun vaiheita. Suunnittelun apuna ja lähtötietoina ovat työssä käsitelty teoria, suoritetut haastattelut, nykyisten tuotantoprosessien tarkastelu ja muut kohdeyrityksen tuotantolaitoksen henkilöstön tarjoamat tiedot. Diplomiyössä layout-suunnittelu toteutetaan Mutherin (1961) systemaattisen layout-suunnittelun mallia käyttäen. Työssä keskitytään karkeasuunnitteluvaiheeseen. Hienosuunnittelua ei työssä käsitellä laitetoimittajien viivästyneiden tarjouksien takia. Hienosuunnittelua varten kaikki koneiden ja laitteiden tarkat mitat ja toimintaalueet tulisi olla määritettynä, kuten luvussa 2.1.2 tuotiin esille. Systemaattisen layout-suunnittelun malli alkaa P-Q -analyysilla. Kohdeyrityksen kaikki tuotteet valmistetaan massatuotannolla tuotantolinjoja käyttäen. Tästä syystä koeleipomo- ja hybridilinjan kohdalla tehtiin päätös käyttää tuotantolinja-layoutia. Koeleipomolinjan osalta voitaisiin hyödyntää myös muuta layout-tyyppiä, mutta haastattelujen perusteella koeleipomolinjan toiminnan tulisi mukailla nykyisiä tuotantolinjoja mahdollisimman paljon. Tällöin jatkuvatoiminen pienen mittakaavan tuotantolinja on kohdeyritykselle sopivin ratkaisu, vaikkakin tuotantovolyymit ovat todella pieniä koeleipomolinjalla.

Seuraavaksi layout-suunnitteluprosessissa tarkastellaan materiaalivirtojen ja toimintojen riippuvuuksia. Siinä hyödynnetään luvussa 2.1.2 esitettyjä toimintojen riippuvuussuhdetaulukkoa. Lisäksi kirjallisuuskatsauksessa tuotiin esille, että suuri tuotantovolyymisille melko standardoiduille tuotteille usein prosessikaavion tekeminen on käytännöllisin keino tarkastella materiaalivirtauksia. Luvussa 3.2 käsiteltiin jo osittain koeleipomo- ja hybridilinjan prosessikaavioita. Siinä kuitenkin keskityttiin enemmän linjan rakenteeseen ja tässä vaiheessa lisätään mukaan taikinan teon toiminnot ja resurssit, linjan tuki- ja huoltotoiminnot sekä muut layoutille tärkeät toiminnot. Tarvittavat resurssit ja toiminnot ovat määritetty haastattelujen ja nykyisten tuotantolinjojen tarkastelun avulla. Kohdeyrityksen tuotantoprosessien ja tuotereseptien tarkastelun jälkeen todettiin, että taikinanteon laitteet ovat kaikki suhteessa yhtä paljon käytössä taikinanteossa. Kuvassa 17 on esitettynä taikinanteon toimintojen ja resurssien riippuvuussuhdetaulukko. Kuvassa tai-

kinanteon laitteet ovat ryhmitettynä yhteen, koska niiden keskinäinen läheisyys on ehdottoman tärkeätä. Taikinanteon laitteita ovat taikinansekoittaja, jauhoannostelija sekä muut raaka-aineiden ja mausteiden annostelijat. Läheisyys on tärkeätä, jotta taikinantekoprosessin kesto ja materiaalivirrat olisivat mahdollisimman lyhyet.



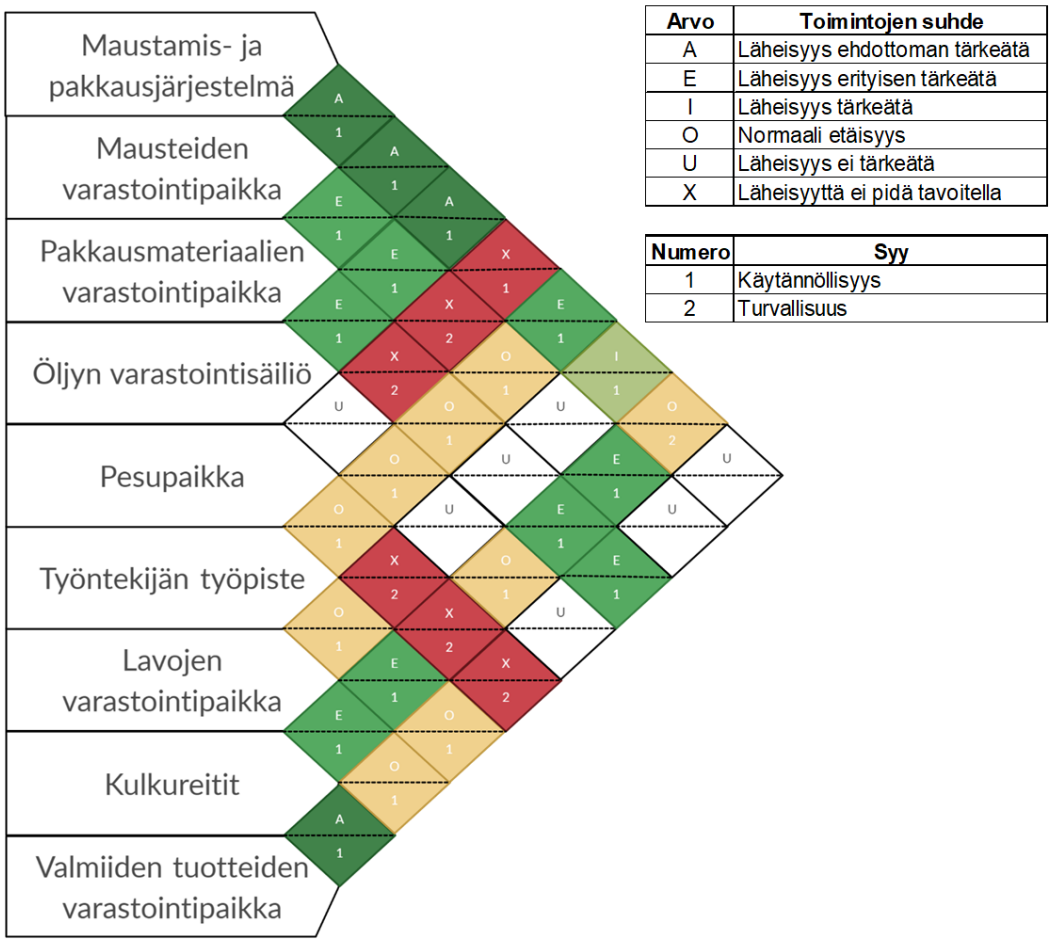
Arvo	Toimintojen suhde
A	Läheisyys ehdottoman tärkeätä
E	Läheisyys erityisen tärkeätä
I	Läheisyys tärkeätä
O	Normaali etäisyys
U	Läheisyys ei tärkeätä
X	Läheisyyttä ei pidä tavoitella

Numero	Syy
1	Käytännöllisyys
2	Turvallisuus

Kuva 17. *Taikinanteon toimintojen ja resurssien riippuvuussuhdetaulukko*

Kuvaan on merkittynä tumman vihreällä ne riippuvuussuhteet, joissa läheisyys on ehdottoman tärkeätä, vihreällä erityisen tärkeät ja vaalean vihreällä tärkeät. Jos läheisyys ei ole tärkeätä on kuvio valkoinen. Punaisella merkityt riippuvuussuhteet merkitsevät tilannetta, jossa läheisyyttä ei pidä tavoitella. Kirjaimien alle on merkittynä syy läheisyyden tärkeydelle. Esimerkiksi pesupaikan ja taikinanteon laitteiden läheisyys on merkittynä punaiseksi tuoteturvallisuuden takia, koska pesupaikalta voi päästä likaista vettä laitteiden läheisyyteen, mikä voi aiheuttaa tuotteiden kontaminoitumisvaaran. Jos resursseja on tilan takia välttämätöntä sijoittaa lähekkäin, voidaan turvallisuutta parantaa esimerkiksi erilaisilla suojilla tai aidoilla. Hybridilinjasta poiketen koeleipomolinja ei tarvitse täysin automatisoitunutta raaka-aineiden annostelua. Koeleipomolinjalla taikinakoot ja tuotantoerät on hyvin pieniä verrattuna hybridilinjaan. Tästä syystä koeleipomolinjalla raaka-aineiden annostelu voidaan suorittaa myös käsin sille tarkoitetulla työpisteellä.

Hybridilinjan pakkaamon toiminnoille ja resursseille määritettiin myös riippuvuussuhteet kuvan 18 mukaisesti.



Arvo	Toimintojen suhde
A	Läheisyys ehdottoman tärkeätä
E	Läheisyys erityisen tärkeätä
I	Läheisyys tärkeätä
O	Normaali etäisyys
U	Läheisyys ei tärkeätä
X	Läheisyyttä ei pidä tavoitella

Numero	Syy
1	Käytännöllisyys
2	Turvallisuus

Kuva 18. *Pakkaamon toimintojen ja resurssien riippuvuussuhdetaulukko*

Kuvasta nähdään, että pakkaamon keskeisimpänä osana on maustamis- ja pakkausjärjestelmä. Myös pakkaamo tarvitsee pesupisteen maustamislaitteiston osien pesuja varten. Se pitäisi myös sijoittaa tai suojata taikinanteon pesupaikan tapaisesti siten, että pesuvettä tai -aineita ei pääsisi roiskumaan muihin resursseihin tai niiden vaikutusalueille. Lisäksi mausteiden ja pakkausmateriaalien varastointipaikat sekä öljyn varastosäiliö tulisi sijoittaa lähekkäin käytännöllisyyden takia. Tällöin alueella on yksi selkeä varastointipaikka.

Seuraavaksi layout-suunnitteluprosessissa resurssien riippuvuussuhteiden ja linjojen rakenteen perusteella aloitetaan layoutin suunnittelu käyttämällä rakennuksen pohjakuvaa. Kuten luvussa 2.1.2 tuotiin esille, layoutiin vaikuttavia tekijöitä on useita. Esimerkiksi varastointitilat, rakennuksen ominaisuudet ja palvelu- ja tukitoiminnot vaikuttava suuresti lopulliseen layoutiin. Tästä syystä toimintojen ja resurssien riippuvuussuhteiden taulukon

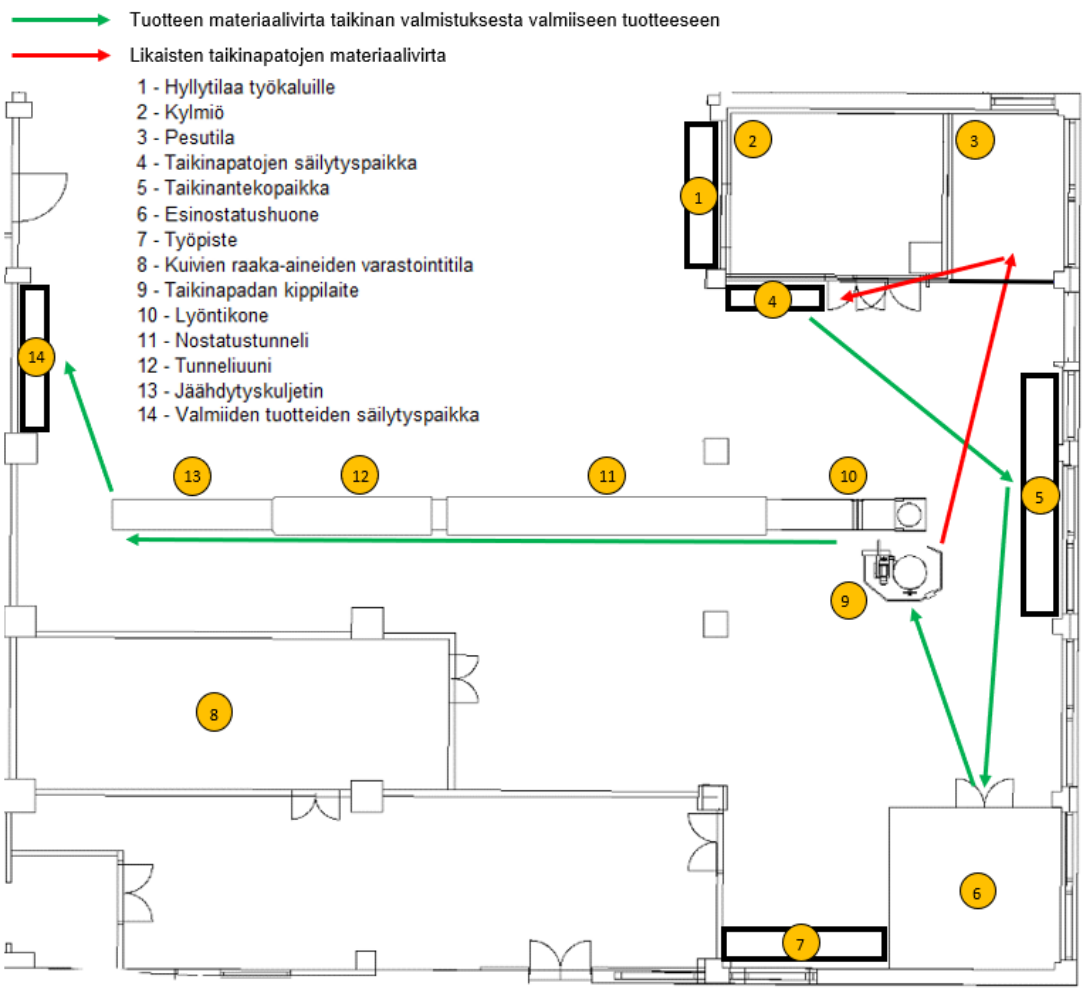
mukaisia läheisyysvaatimuksia ei välttämättä pystytä aina saavuttamaan lopullista layoutia suunnitellessa. Tärkeintä on löytää kompromissit niiden välille.

3.6 Layout-ehdotukset

Tämän työn yksi tavoite oli suunnitella kohdeyritykselle layout-ehdotus koeleipomolinjan kokonaisuudesta siten, että sille asetetut vaatimukset ja tavoitteet täyttyvät. Tässä luvussa esitetään koeleipomo- ja hybridilinjan layout-ehdotukset, jotka on suunniteltu haastatteluiden, linjojen teknisten vaatimusten, nykyisten tuotantoprosessien tarkastelun, teoriaosuuden ja luvussa 3.5 esitettyjen tietojen pohjalta. Ehdotuksia muodostettiin kuusi kappaletta, jotka esitetään seuraavaksi.

3.6.1 Layout-ehdotukset A1 ja A2

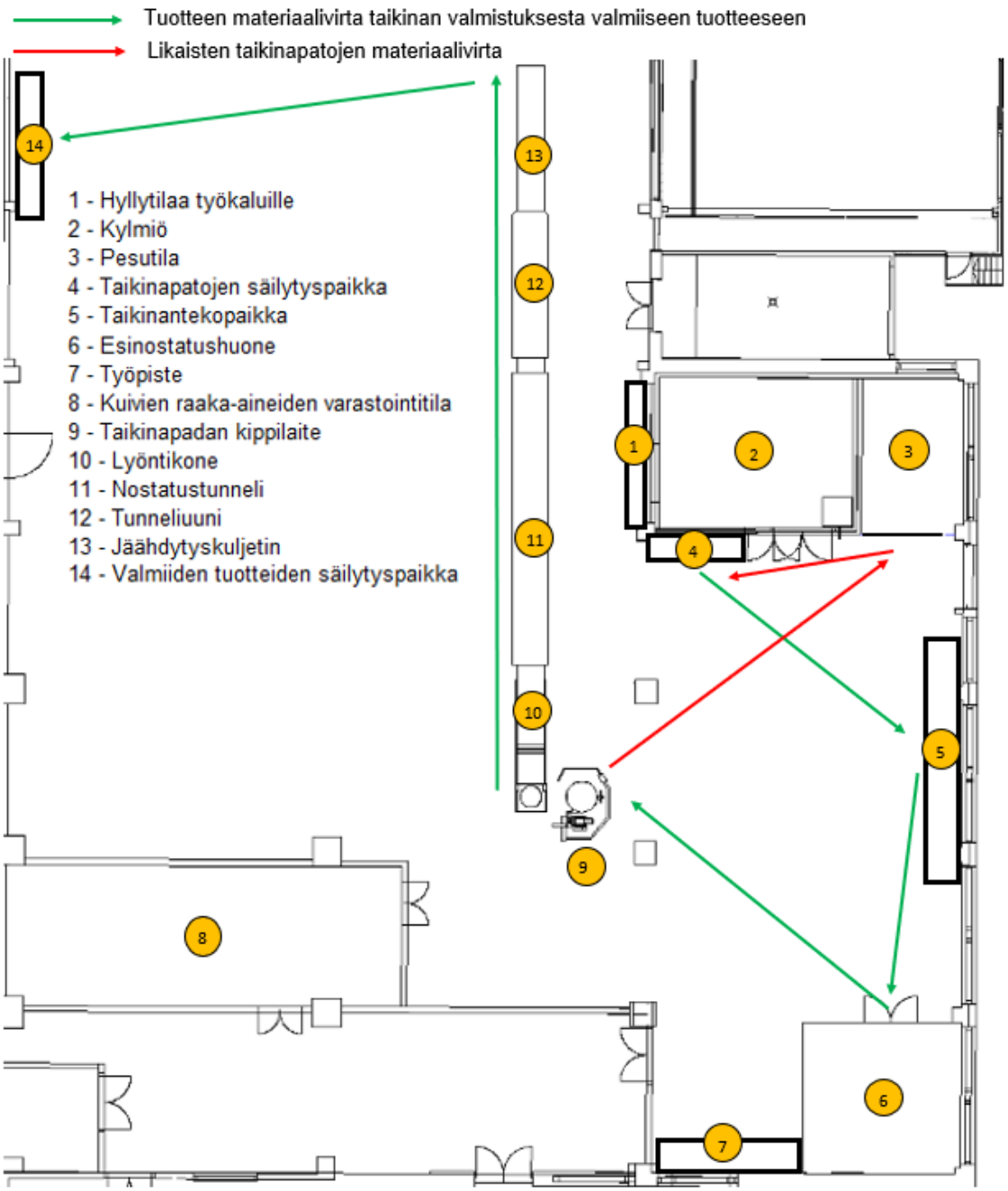
Koeleipomolinjan osalta tila 2 osoittautui käytännöllisemmäksi sijoituskohteeksi. Siellä jo olemassa olevat resurssit ja toiminnot ovat käyttökelpoisia linjan toimintaan ja ne helpottavat tarvittavia asennus- ja käyttöönottotöitä. Lisäksi tilan koko on sopiva koeleipomolinjan ratkaisun tilavaatimuksille. Kuvassa 19 on esitettynä layout-ehdotus A1 koeleipomolinjan ratkaisusta. Tilaan tehtävät muutokset ovat pieniä. Taikinan esinostatukseen tarvittava suljettu tila tulisi rakentaa alueen oikeaan alanurkkaan. Suljetussa tilassa taikinan esinostatuksen olosuhteita kyetään paremmin hallitsemaan. Koeleipomolinjan ympärille jää hyvin tilaa liikkumista ja huoltotoimenpiteitä varten. Lisäksi mahdollisesti käsin tehtäville mausteiden ripottelulle tai taikinamaton paloittelulle on riittävästi tilaa. Pesutila sijaitsee tilan oikeassa yläkulmassa, ja se eristetään koeleipomolinjan tilasta esimerkiksi oviverholla. Tällöin pesutilan vesi ei pääse roiskumaan koeleipomolinjan tilaan. Pesutilassa on jo valmiiksi sijoitettuna pesukone, hyllytilaa ja pesuallas, joten taikinapatojen ja työkalujen peseminen voidaan suorittaa siellä.



Kuva 19. *Layout-ehdotus A1 koeleipomolinjan kokonaisuudesta.*

Layout-ehdotus A1:n materiaalivirrat ovat selkeät ja välimatkat pysyvät pieninä. Taikinan valmistus aloitetaan ottamalla taikinapata sen säilytyspaikasta ja viemälle se taikinantekopaikalle. Taikinantekopaikalle tuotekehittäjä hakee tarvittavat raaka-aineet kuiva-ainevarastosta ja kylmiöstä. Taikinanteon jälkeen taikinapata siirretään esinostatuspaikkaan, jossa taikina nousee määritetyn ajan. Tämän jälkeen taikinapata siirretään kippilaitteeseen, jonka avulla taikina annostellaan lyöntikoneen taikinakaukaloon. Seuraavaksi taikinamatto kulkee koeleipomolinjan läpi, ja sille tehdään tarvittavat toimenpiteet, jotta saavutetaan haluttu lopputuote. Uunin jälkeen tuote tulee jäähdytyskuljettimelle, jossa tuotetta voidaan vielä käsitellä, esimerkiksi paloitella. Lopuksi tuotteet siirretään niille varattuun säilytyspaikkaan. Säilytyspaikan läheisyyteen voidaan myös asettaa tuotteet jäähtymään, esimerkiksi hyllykköön. Lisäksi esinostatustilan viereen sijoitetaan tuotekehittäjän työpiste tarvittavia kirjauksia ja muita töitä varten. Layoutissa raaka-aineiden annostelu on suunniteltu suoritettavan käsin, koska taikinoiden koot ovat hyvin pieniä. Kuiten-

kin tilan nykyisiä jauhoannostelujärjestelmiä voidaan hyödyntää tarvittaessa. Koeleipomolinjan tilan lävitse ei kulje kulkureittejä turvallisuus- ja tuoteturvallisuussyistä. Kuvassa 20 on esitettynä koeleipomolinjan layout-ehdotus A2.



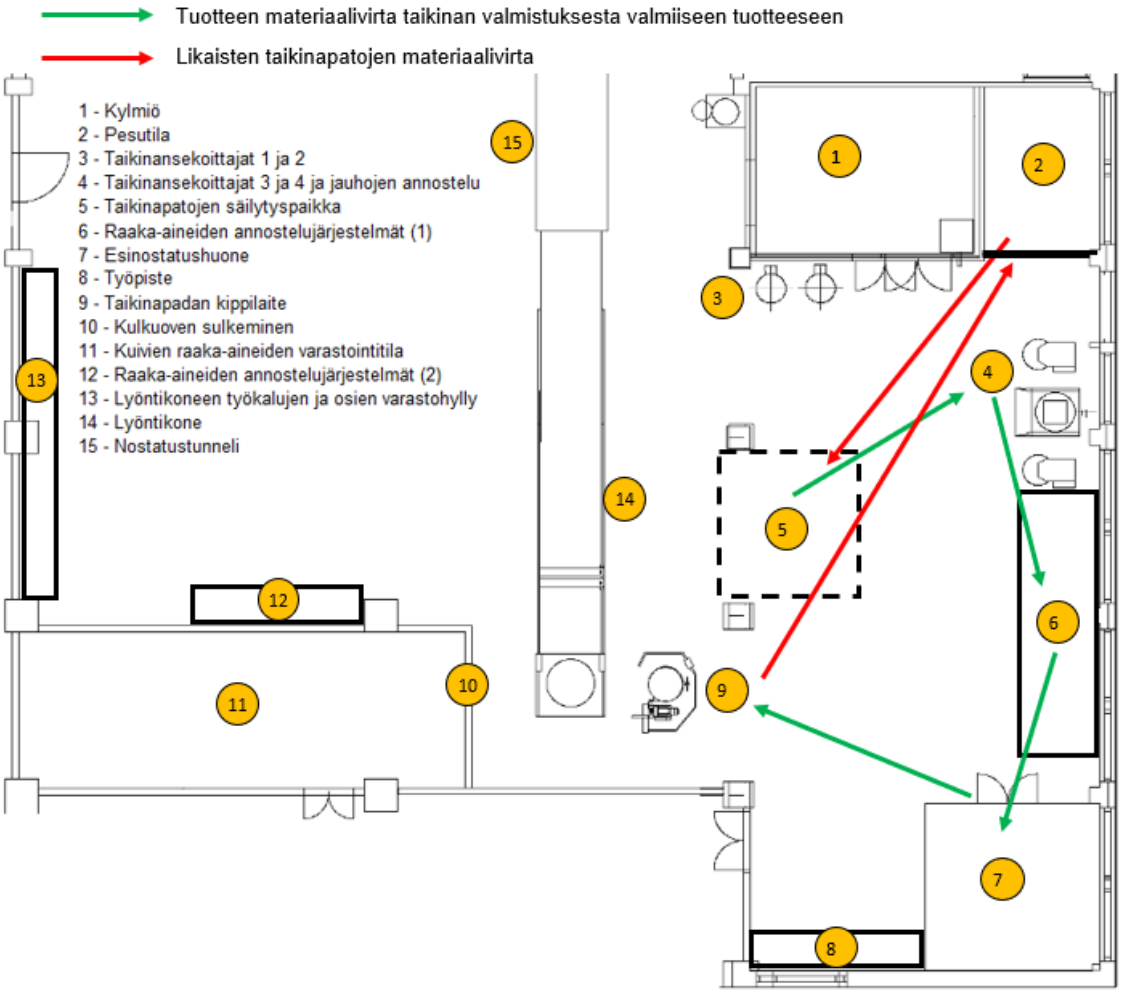
Kuva 20. *Layout-ehdotus A2 koeleipomolinjan kokonaisuudesta*

Layout-ehdotus A2 on muuten täysin vastaava kuin A1, mutta koeleipomolinja on käännetty kulkemaan tilan 2 pituussuuntaisesti. Materiaalivirrat pysyvät lähes kokonaan samoina. Ainoastaan valmiiden koeajotuotteiden materiaalivirrat jäähdytyskuljettimelta valmiiden tuotteiden säilytyspaikalle muuttuu. Ehdotus A2:ssa taikinantekoalueella on enemmän tilaa ja koeleipomolinjan pituutta voidaan vapaasti kasvattaa, kun tila ei rajoita

sitä. Koeleipomolinjan kokonaisuuden layout-suunnittelua tilaan 1 ei nähty tarpeelliseksi koeleipomolinjan pienen koon ja tilassa 2 jo olemassa olevien resurssien takia.

3.6.2 Layout-ehdotukset B1 ja B2

Layout-ehdotus B:ssä esitellään hybridilinjan layout-suunnitelma tilaan 2. Taikinanteon resurssit ovat muuten yhdenmukaiset layout-ehdotus A:n kanssa paitsi raaka-aineiden annostelu on automaattinen. Raaka-aineiden annosteluun voidaan hyödyntää nykyisiä tilassa olevia laitteita osittain. Jauhojen annostelulaitteistot sijaitsevat jo kohteessa, mutta muut tarvittavat raaka-aineiden annostelulaitteet tulee sijoittaa alueelle. Lisäksi lyöntikoneen brekkiin annosteltavien raaka-aineiden varastosäiliöt ja annostelujärjestelmät tulee sijoittaa alueelle. Kuvassa 21 on esitettynä layout-ehdotus B:n taikinantekoalue.

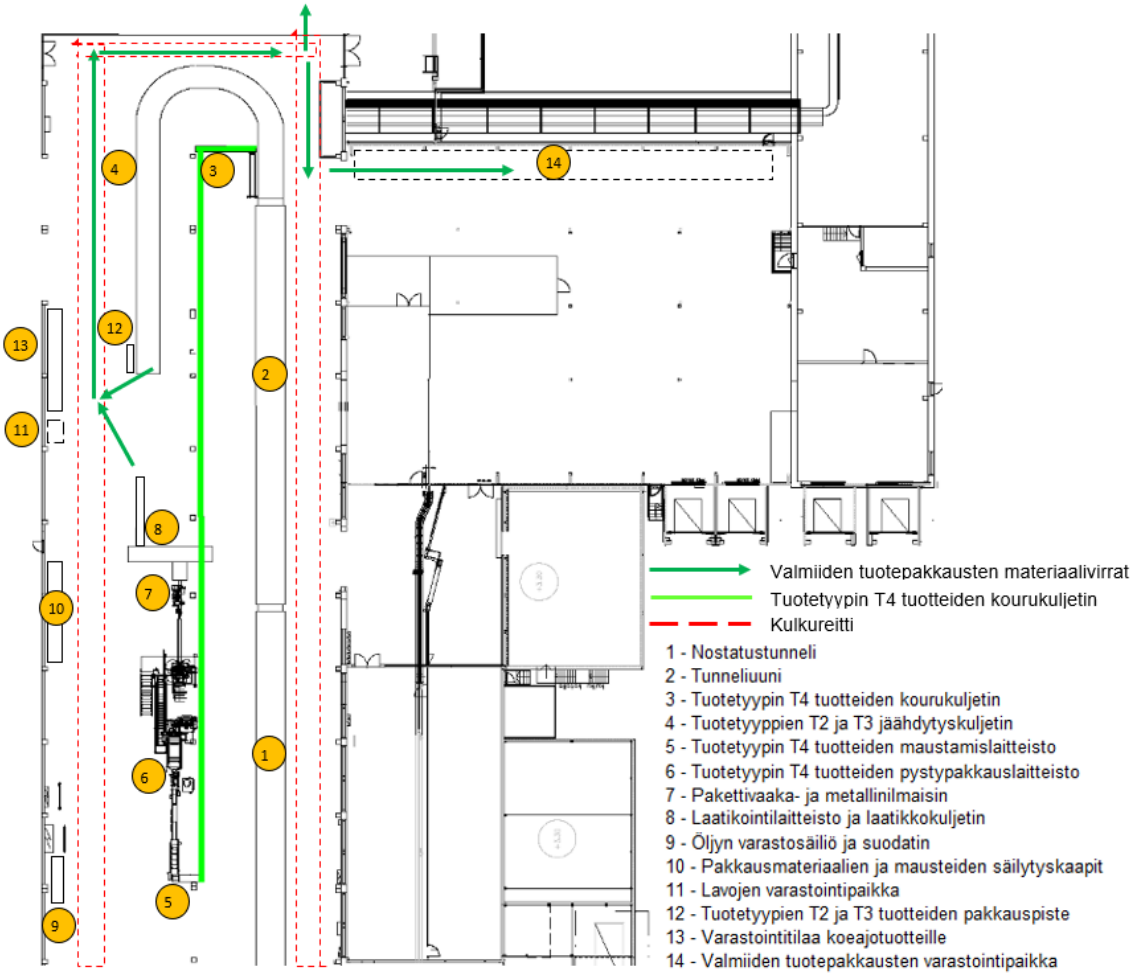


Kuva 21. *Layout-ehdotus B:n taikinantekoalue*

Suunniteltu layout taikinantekoalueelle vastaa paljon layout-ehdotus A2:n ratkaisua. Taikinan valmistuksen materiaalivirrat ovat suoraviivaiset ja etenevät loogisesti. Taikinan

esinostatushuone on tässäkin ehdotuksessa sijoitettuna tilan oikeaan alareunaan. Kuivien raaka-aineiden varaston toinen ovi poistetaan käytöstä turvallisuuden takia, jotta kulku lyöntikoneen ympäri olisi mahdollista. Tällöin mausteiden ja muiden raaka-aineiden materiaalivirrat kulkevat toisen oven kautta. Esimerkiksi lyöntikoneen ripotteluaseman mausteet varastoidaan tähän tilaan. Lyöntikoneen ja nostatustunnelin ympärille jää tilaa riittävästi kulkemiseen ja huoltoja varten. Taikinapadan kippilaite ympäröidään turva-aidalla, jotta voidaan varmistaa taikinan turvallinen kippaus lyöntikoneeseen. Lisäksi myöskään layout-ehdotus B:n taikinantekoalueeseen ei ole sijoitettuna kulkureittejä turvallisuus- ja tuoteturvallisuussyistä.

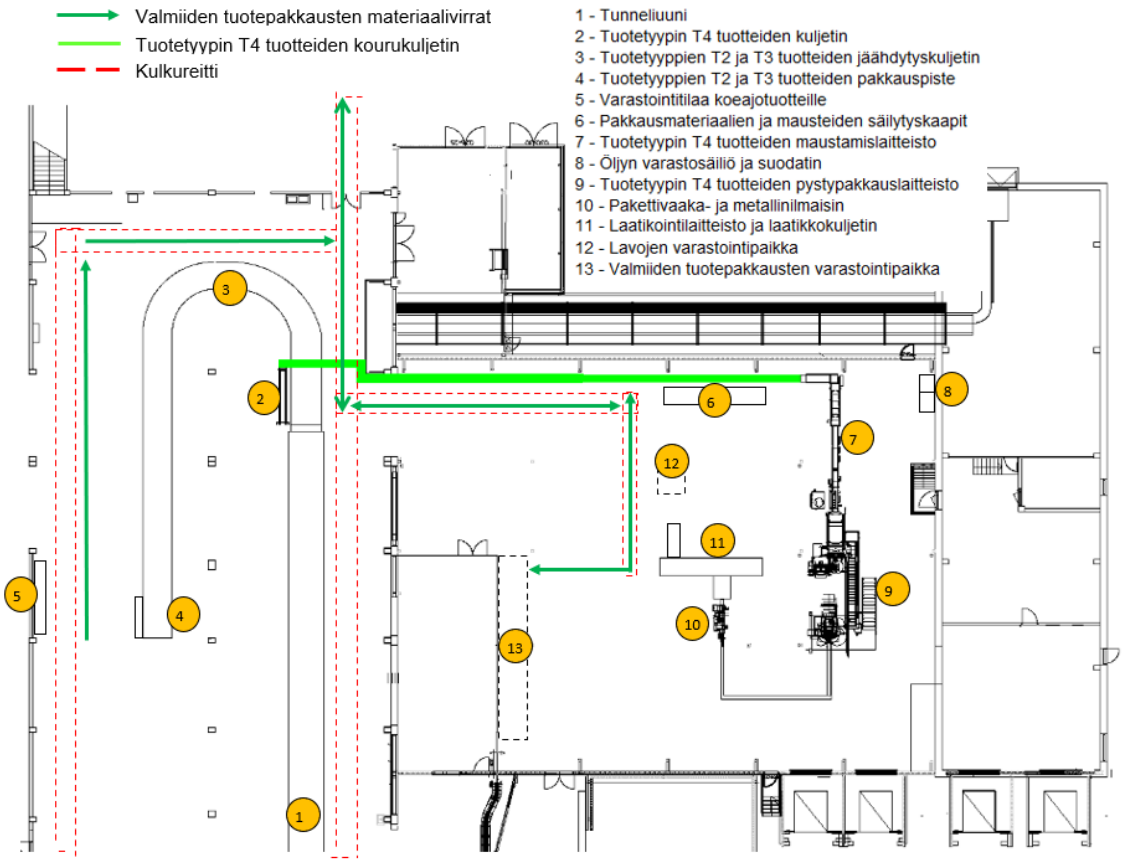
Seuraavaksi esitetään layout-ehdotus B:n pakkaamon ratkaisut B1 ja B2. Pakkaamoratkaisuilla on yhtäläinen taikinantekoalue, mutta tuotetyypin T4 tuotteiden pakkauslaitteiston sijoituspaikka on eri. Kuvassa 22 on esitettynä layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B1.



Kuva 22. *Layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B1*

Tilan 2 pituuden takia hybridilinjan jäähdytyskuljettimen tulee olla U:n muotoinen. Tämän ei pitäisi kuitenkaan olla ongelma, koska nykyaikainen kuljetintekniikka mahdollistaa

tuotteiden kuljettamisen kaarteessa ilman tangentin suuntaista liikettä. Valmistaessa tuotetyypin T4 tuotteita jäähdytyskuljettimen alkuun asetetaan tuotteiden kourukuljettimen nostopää, jossa tuotteet kuljetetaan maustamislaitteistoon. Kourukuljetin kulkee katon rajassa, jolloin se ei vielä lattiapinta-alaa. Kohdeyrityksessä on kourukuljetin käytössä jo L3 tuotantolinjalla. Maustamislaitteistolta tuotteet kulkevat suoraviivaisesti pystypakkauslaitteiston, vaa'an ja metallinilmaisimen läpi laatikointilaitteistoon. Laatikoinnin jälkeen valmiit laatikot siirtyvät laatikointikuljettimelle, josta ne kasataan lavalle. Täysi lava kuljetetaan trukilla valmiiden tuotepakkausten varastointipaikalle nykyiseen lähettämöön tai lavaamoon käärintäkoneelle ja omaan varastointipaikkaan. Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden jäähdytyskuljettimen päässä on tuotteiden puskurointihylly ja työpiste tuotteiden manuaalipakkaukseen. Lisäksi materiaalien varastointipaikat sijaitsevat tilan vasemmalla seinustalla. Tilan leveyden ansiosta kulkureiteille jää riittävästi tilaa vasemman seinustan ja pakkauslaitteiston väliin sekä hybridilinjan ja oikean seinustan väliin. Tila antaa mahdollisuuden jäähdytyskuljettimen pituuden kasvattamiseen, jos sille on tarvetta. Tällöin pystypakkauslaitteistoa pitäisi siirtää pituuden muutoksen mukaisesti. Luvussa 3.5 esitettyä pakkaamonalueen pesupaikan sijaintia ei kyetty määrittämään. Sijainnin määrittämiseen tarvitaan tarkempi viemäröintiratkaisujen tarkastelu. Kuvassa 23 on esitettynä layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B2.



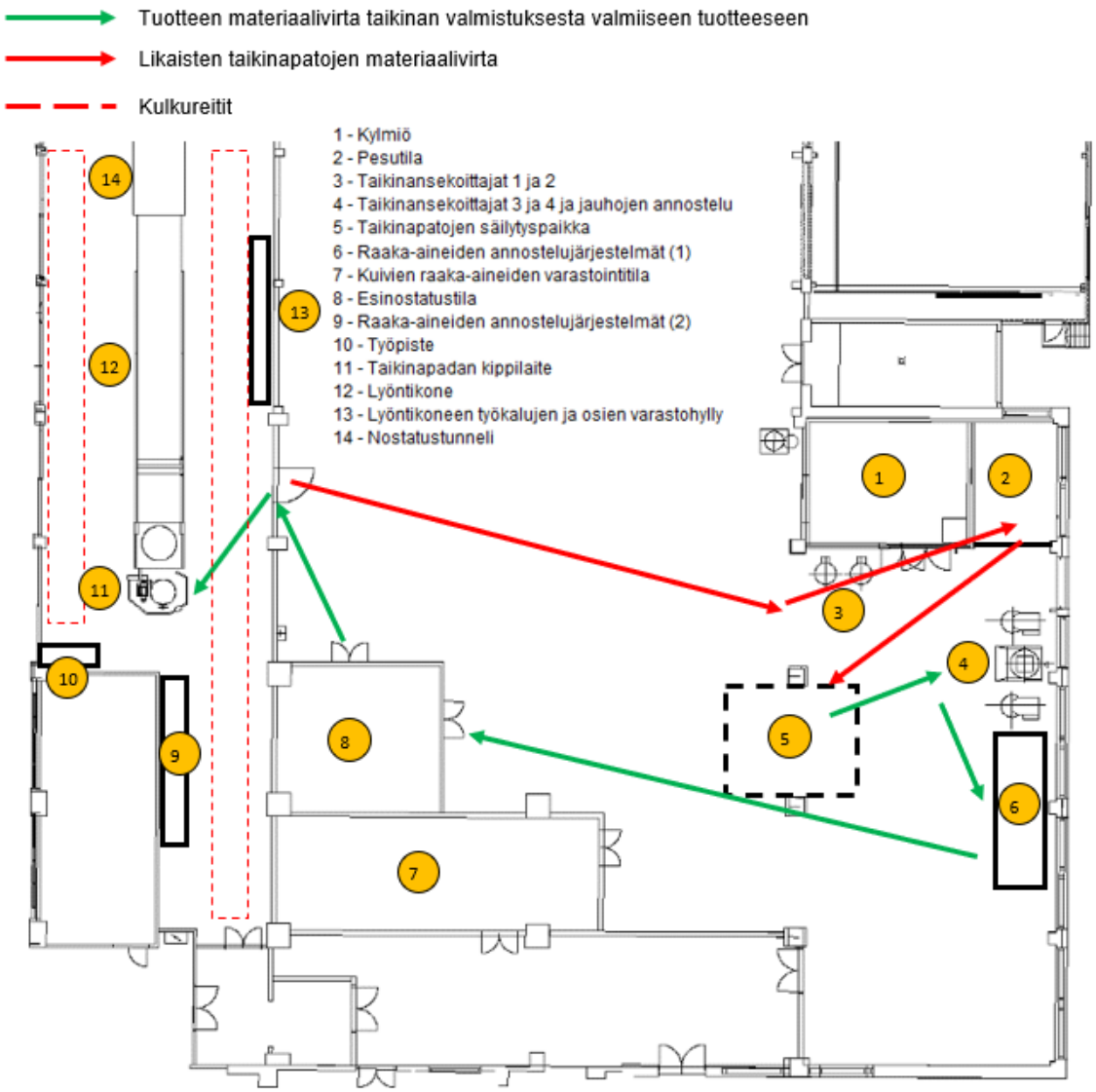
Kuva 23. Layout-ehdotus B:n pakkaamoalue B2.

Pakkaamoalueessa B2 pystypakkauslaitteisto on kokonaan sijoitettuna nykyisen lähettämön tilaan. Kun pakkauslaitteisto sijoitetaan erilleen tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden jäähdytyskuljettimesta, voidaan jäähdytyskuljettimen pituutta lisätä vapaasti tarpeiden mukaisesti. Lisäksi, jos tulevaisuudessa nähdään, että tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden automaattiselle pakkauslaitteistolle olisi tarvetta, niin sille on vapaata tilaa olemassa. Tällöin ei tarvitse pohtia pystypakkauslaitteiston siirtämistä tai kiertämistä. Kuitenkin tässä ratkaisussa tuotetyypin T4 tuotteiden kourukuljettimen pituus voi jäädä liian lyhyeksi, jolloin tuotteet eivät kerkeä jäähtymään ja kuivumaan riittävästi. Kourukuljettimen pituutta voidaan kasvattaa kierrättämällä sitä pidemmän matkan uunin suulta pakkaamoon.

Lähettämön huonekorkeus on liian alhainen pystypakkauslaitteistolle, mutta huonekorkeutta voidaan kasvattaa purkamalla välikattoa. Tällä hetkellä tilan päällä on sijoitettuna kuljetinjärjestelmä, mutta se puretaan tulevaisuudessa. Koko välikattoa ei tarvitse purkaa pystypakkauslaitteistoa varten, vaan sopivan kokoinen aukko riittää. Myös pakkaamoalueessa B2 valmiit tuotepakkaukset kuljetetaan trukilla lavaamoon käärintälaitteelle tai pumppukärryillä tilaan määritetylle valmiiden tuotepakkausten varastointipaikalle.

3.6.3 Layout-ehdotukset C1 ja C2

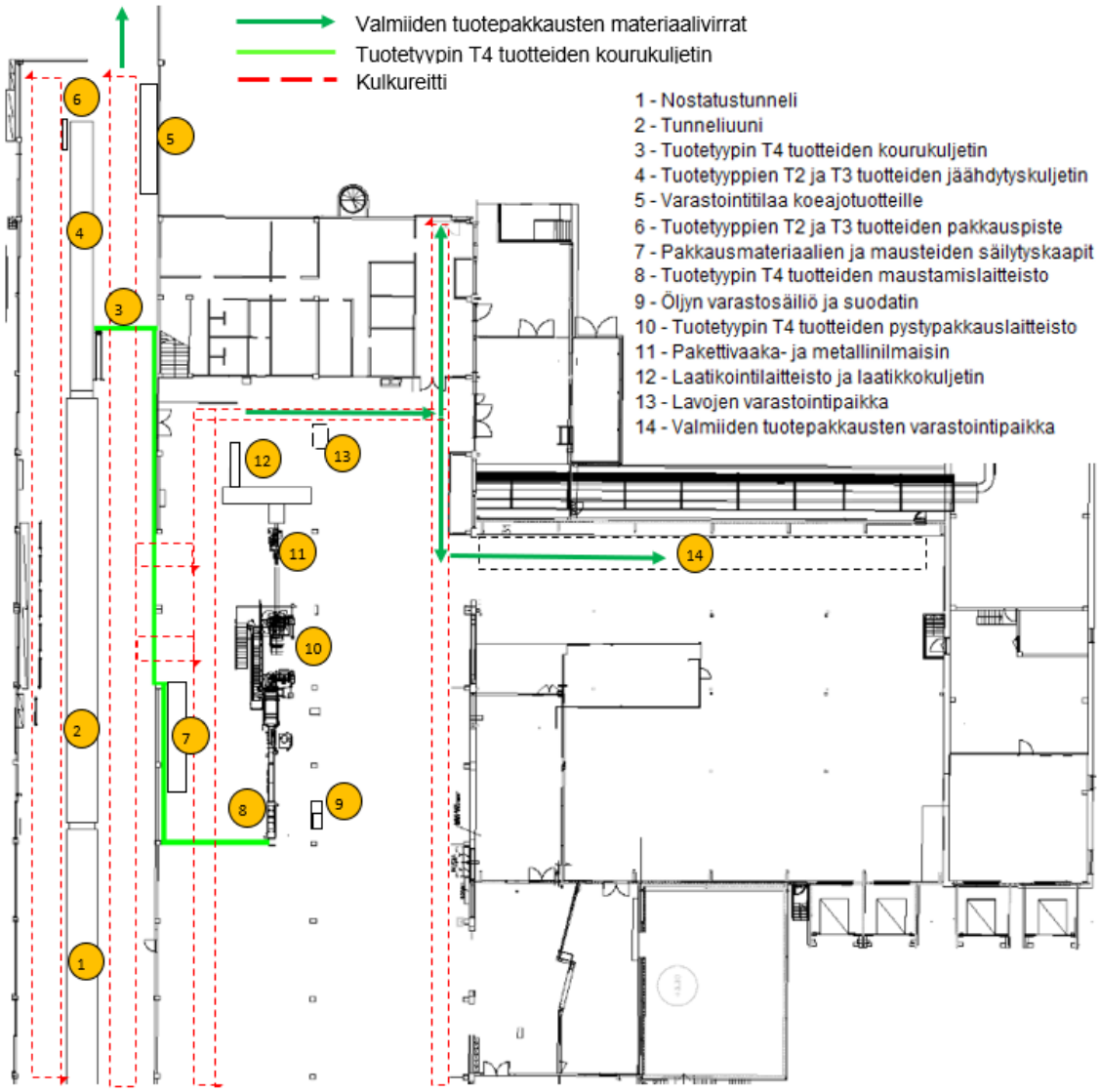
Layout-ehdotus C:ssä hybridilinja on sijoitettuna tilaan 1. Taikinan valmistus pidetään kuitenkin edellisten layoutien mukaisesti samassa paikassa. Myös ehdotuksen C pakkaamon ratkaisut ovat eritelty ehdotuksiin C1 ja C2 tuotetyypin T4 tuotteiden pakkauslaitteiston sijoituksen mukaisesti. Layout-ehdotus C:n taikinantekoalue on esitettynä kuvassa 24.



Kuva 24. *Layout-ehdotus C:n taikinantekoalue*

Taikinantekoalue on hyvin samanlainen kuin ehdotus B:n tilassa 2 jo sijaitsevien resurssien ja toimintojen takia. Esinostatustilan sijainti on kuitenkin eri kuin layout-ehdotuksissa A ja B. Sijoituspaikka on eri, jotta taikinapatojen siirtymismatka esinostatuksesta lyöntikoneelle olisi mahdollisimman pieni. Lisäksi brekkiin annosteltavien raaka-aineiden varastointi- ja annostelujärjestelmät ovat sijoitettuna lyöntikoneen läheisyyteen tilaan 1. Materiaalivirrat pysyvät ehdotus C:ssäkin selkeinä, mutta niiden pituudet kasvavat muihin ehdotuksiin verrattuna. Hybridilinjan kummallekin puolelle voidaan sijoittaa kulkureitit. Tilaa molemmilla seinustoilla on yli 3 metriä, jolloin linjalle on riittävästi myös huoltotilaa.

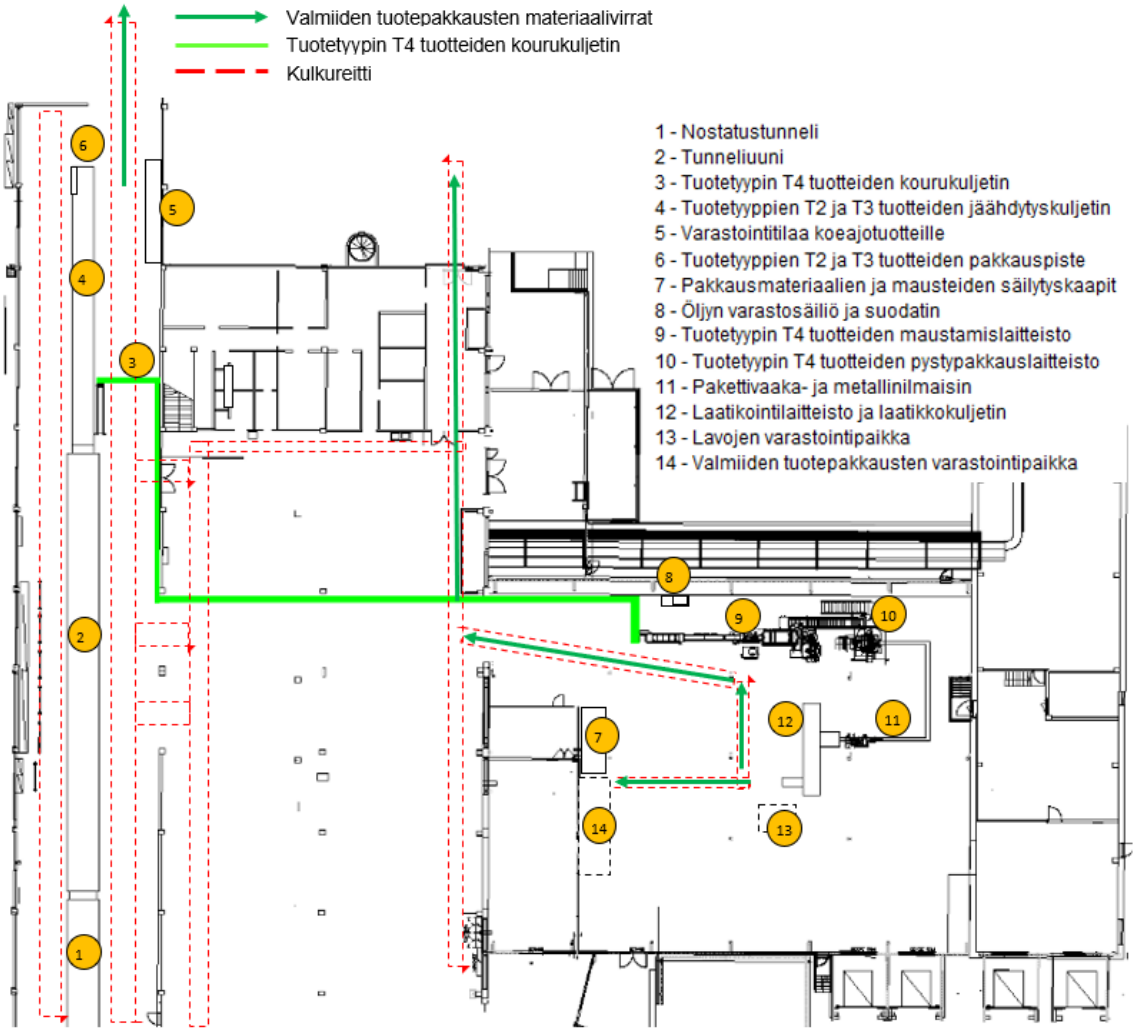
Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C1 on esitettynä kuvassa 25. Siinä jäähdytyskuljetin on sijoitettuna tilan 1 ylälaitaan ja tuotetyypin T4 tuotteiden pakkaamoalue tilaan 2.



Kuva 25. *Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C1*

Ehdotus C1:ssäkin tuotetyypin T4 tuotteet siirretään pakkaamoon katonrajassa kourukuljettimen avulla. tuotetyypin T4 tuotteiden materiaalivirrat pakkauslaitteistolta pysyvät samana kuin ehdotus B1:ssä. Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteet viedään varastopaikoilleen trukilla jäähdytyskuljettimen pään oviaukosta. Jäähdytyskuljettimen pituus jää tilassa 1 melko lyhyeksi, mutta pituutta voidaan kasvattaa noin 10 metriä, jos kuljetinta käännetään kulkemaan oviaukosta. Tila 1 ei anna mahdollisuutta jäähdytyskuljettimen kaarevuuteen sen leveyden takia. Tuotteiden jäähdytykseen ja kosteuden pienentämiseen pystyttiin vaikuttamaan myös uunin kuivaustoiminnoilla ja ilmanpuhalluksella.

Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C2 on täysin yhtäläinen pakkaamoalueen B2 kanssa, eli pystypakkauslaitteisto on sijoitettuna nykyisen lähettämön tiloihin. Lisäksi jäähdytyskuljettimen sijoitus on vastaava kuin C1:n. Kuvassa 26 on esitettynä pakkaamoalue C2.



Kuva 26. *Layout-ehdotus C:n pakkaamoalue C2*

Pakkaamoalueessa C2 tuotetyypin T4 tuotteiden kourukuljettimen pituus on jo tavoitellun pituinen ja se kulkee edellisten ehdotusten mukaisesti katonrajassa, jolloin se ei vie lattiapinta-alaa. Tässä ratkaisussa tilaan 2 jää muuhun tarkoitukseen hyödynnettäväksi noin sata metriä pitkä ja 20 metriä leveä tila.

3.7 Layout-ehdotuksien riskienarviointi

Kaikki layout-ehdotukset arviointiin luvussa 2.2.1 esitetyn SFS-EN ISO 12100:2010 standardin mukaisella riskien arviointitavalla. Riskien arviointipohja on esitettynä liitteessä C. Siinä riskit ovat jaettuna kolmeen riskiluokkaan, jotka ovat suuri, keskimääräinen ja pieni riski. Kuten luvussa 2.2.1 tuotiin esille, riskin suuruuteen vaikuttaa vaaran vakavuus, taajuus, todennäköisyys ja mahdollisuus riskin välttämiseen. Arviointipohjaan jokaiselle tekijälle on määritetty lukuarvoasteikot niiden vakavuuden, toistuvuuden, todennäköisyyden ja välttämisen mahdollisuuksien mukaisesti. Riskiluokka määräytyy näiden tekijöiden summasta taulukossa esitetyn matriisin mukaisesti.

Layout-ehdotuksien riskien arvioinnin jälkeen voidaan todeta, että ehdotuksien riskitekijät eivät eroa juurikaan toisistaan, vaikka resurssit ovat sijoitettuna eri tavoin. Enimmänkin käytettävät resurssit ja toimintatavat ovat riskitekijöiden aiheuttajia. Taikinantekoalueilla suurimmiksi riskitekijöiksi määritettiin liukastumisvaara, taikinanteon työkalujen ja laitteiden aiheuttamat viillot tai vahingot sekä ergonomiset riskitekijät. Liukastumisvaaran voi aiheuttaa alueen lattialle tippuneet jauhot tai roiskiintunut vesi. Riskin pienentämiseen vaaditaan henkilöstön tarkkaavaisuutta ja tilan siisteydestä huolehtimista. Taikinanteon laitteiden riskitekijöihin voidaan vaikuttaa laitteiden suojuksissa, jotta esimerkiksi työntekijän käsi ei pääse laitteen toiminta-alueelle sen ollessa käynnissä. Tästä esimerkkinä taikinansekoittajat, joissa taikinapata sijoitetaan sen alle. Työkalujen aiheuttamia riskitekijöitä voidaan pienentää tarkistamalla työkalujen kunto ja tarkkaavaisella työvaiheiden suorittamisella. Taikinapadan kippilaite voi aiheuttaa suurenkin vahingon, jos se tai taikinapata kolahtaa ihmiseen. Tästä syystä kippilaite ympäröidään ainakin hybridilinjan tapauksessa turva-aidalla, jotta törmäystä ihmiseen ei voi tapahtua automaattisen kippaustoiminnon aikana.

Ergonominen riskitekijä liittyy taikinapatojen siirtelyyn taikinantekoprosessissa. Vaikka patojen siirtomatkat ovat useimmiten lyhyitä, toistojen määrät työpäivän aikana voivat nousta hyvin suuriksi. Tästä syystä taikinapatojen siirtämisessä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi apukuljetusvälinettä, jonka avulla työntekijän ei tarvitse kyyristyä siirtäessään taikinapataa. Varsinkin hybridilinjalla taikinapatojen painot voivat olla suuria, kun taikinakoot kasvavat koeleipomolinjan taikinakokoihin verrattuna. Myös tästä syystä taikinapatojen kippaukseen lyöntikoneelle hyödynnetään automaattista kippilaitetta. Taikinanteko alueella riskitekijänä on myös käden tai sormen jumiin jääminen lyöntikoneen toimilaitteisiin. Lyöntikoneessa on paljon pyöriviä osia, jotka voivat aiheuttaa suuremmankin vahingon ihmiselle. Näiden vaarojen riskien suuruutta voidaan pienentää suojakoteloilla ja työntekijöiden tarkkaavaisuudella.

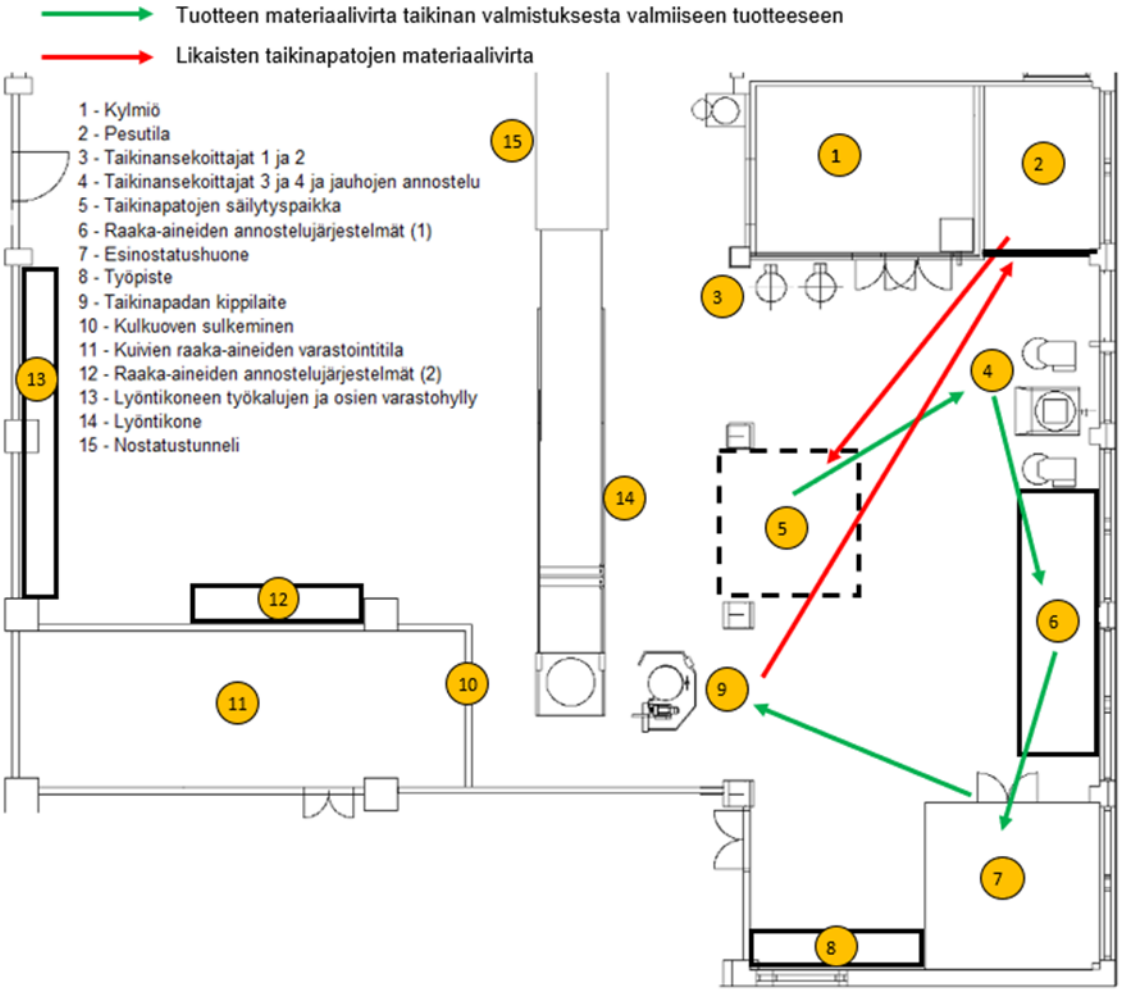
Tunneliuuni aiheuttaa tulipaloriskin kaikissa layout-ehdotuksissa. Tästä syyssä on huolehdittava uunin tulipalon sammutusjärjestelmän kattavuudesta. Lisäksi uunin läheisyyteen on sijoitettava reilusti palosammuttimia tai -posteja. Pakkaamoalueilla riskitekijöitä ovat jalankulku- ja trukkiliikenteen mahdolliset risteyskohdat. Riskin pienentämiseksi kulkureitit on merkittävä siten, että kävely tapahtuu kulkureittien reunassa ja trukkiliikenteelle on merkittynä isompi alue. Lisäksi trukkia ajaessa on huomioitava kohdeyrityksen trukinajosäännöt ja noudatettava erityistä varovaisuutta. Myös jalankulkijan on noudatettava erityistä varovaisuutta ja huomioitava ympäristöään. Pakkauslaitteiden liikkuvat osat ovat suojattuna turvaovien sisällä, mutta huolto- tai säätötöitä tehtäessä on varmis-

tettava laitteen pysäytys ja käynnistyksenesto. Pakkaamoalueen turvallisuuteen vaikuttaa myös alueen siisteys ja järjestys. Kompastumiset ja liukastumiset ovat riskitekijöitä, jos alue on sotkuinen tai epäjärjestyksessä. Tästä syystä työntekijöiden on huolehdittava tavaroiden ja materiaalien säilyttämisestä niille osoitetuilla paikoilla.

4. KOELEIPOMOLINJAN LAYOUT-EHDOTUS

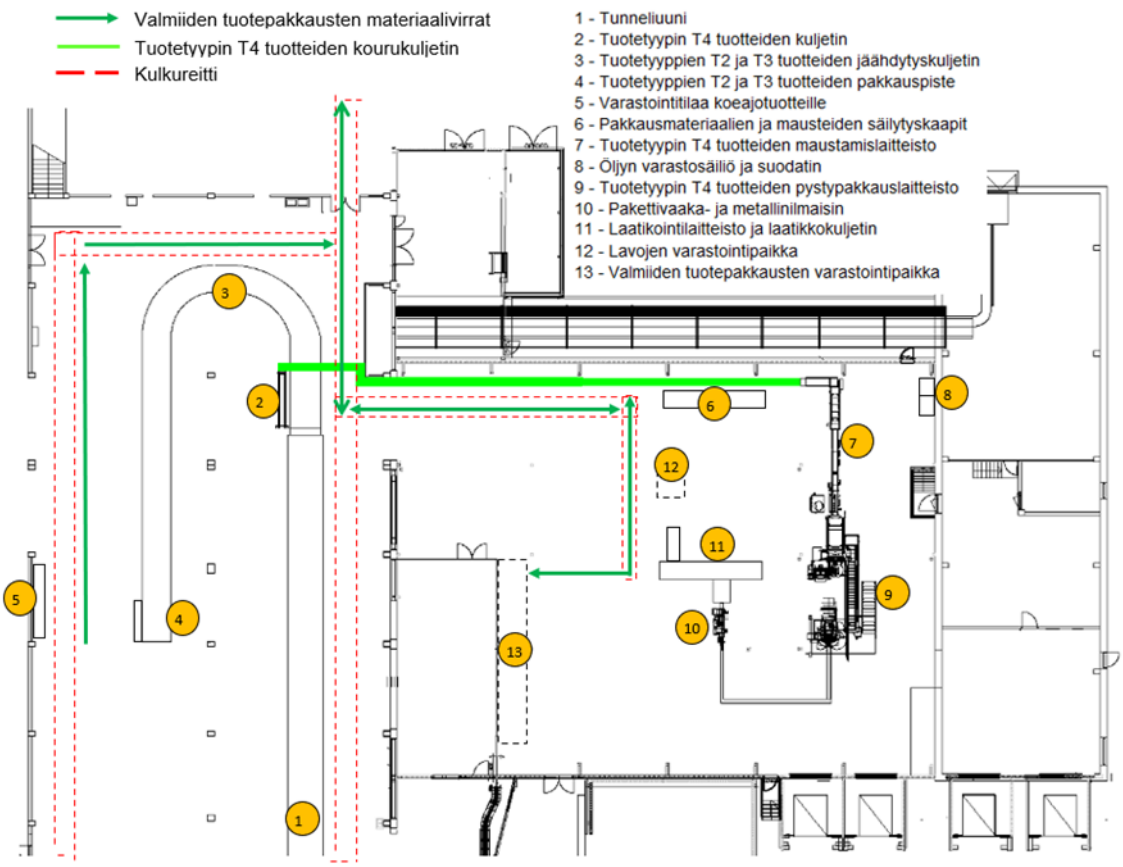
Työn ensimmäinen tutkimuskysymys oli: *Mitä teknisiä vaatimuksia koeleipomolinjalla on?* Luvussa 3.2 esitettyjen koeleipomo- ja hybridilinjan teknisten vaatimusten avulla vastattiin ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Toinen tutkimuskysymys oli: *Miten koeleipomolinjan layout tulisi suunnitella, että se täyttäisi yrityksen tarpeet ja sille asetetut vaatimukset?* Layoutin luomiseen hyödynnettiin kohdeyrityksen henkilöstön ja ylimmän johdon haastatteluja, kirjallisuuskatsauksessa esitettyä suunnittelumallia ja toimintatapoja sekä kohdeyrityksen tuotantoprosessien tarkastelua. Lisäksi suunnitelman teossa käytettiin edellä mainittuja koeleipomo- ja hybridilinjan teknisiä vaatimuksia. Näitä tietoja hyödyntämällä voidaan vastata työn toiseen tutkimuskysymykseen. Kolmas tutkimuskysymys oli: *Mitä hyötyjä voidaan saavuttaa koeajamalla tuotteet koeleipomolinjalla?* Tutkimus kysymykseen vastataan aliluvussa 4.2, jossa esitetään ehdotetulla ratkaisulla saavutettuja hyötyjä niin tuotekehityksessä kuin tuotantotoiminnassa.

Seuraavaksi esitetään suunniteltu layout-ehdotus, joka on hybridilinjan layout-ehdotus B2. Siinä taikinantekoalue, hybridilinja sekä tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden jäähdytyskuljetin ja pakkauspiste on sijoitettuna tilaan 2. Tuotetyypin T4 tuotteiden pakkaamo on sijoitettuna nykyiseen lähettämön tilaan. Layout-ehdotus on esitettynä kuvissa 27 ja 28, joissa se on jaoteltuna taikinanteko- ja pakkaamoalueisiin.



Kuva 27. *Layout-ehdotus B2:n taikinantekoalue*

Ehdotuksen taikinantekoalueen tila soveltuu tarkoitukseen todella hyvin. Alueella jo olevia laitteita ja muita resursseja voidaan hyödyntää melko hyvin. Varsinkin taikinansekoittajia ja jauhoannostelujärjestelmää voidaan tarvittaessa hyödyntää taikinanteossa. Lisäksi tilan kylmiön ja pesupaikan sijaintipaikat ovat taikinan valmistukselle sopivat. Alueella on myös riittävästi tilaa muiden tarvittavien laitteistojen sijoittamiseen ja esinostatustilan rakentamiseen siten, että alueesta ei tule liian ahdas. Tarvittavia varastointipaikkoja- ja tiloja on alueella riittävästi. Alueen materiaalivirrat pysyvät riittävän lyhyinä, jolloin voidaan välttyä taikinapatojen pitkistä siirtomatkoista. Alueen toiminnot soveltuvat myös hyvin tuotekehityksen käyttöön. Taikinan valmistuksen erätyyppinen tuotantotapa mahdollistaa useiden erilaisten koe-erien yhtäaikaisen valmistamisen ja koeajon.



Kuva 28. *Layout-ehdotus B2:n pakkaamoalue*

Tuotetyypin T4 tuotteiden pystypakkauslaitteiston sijoittaminen nykyisen lähettämön tiloihin mahdollistaa tarvittaessa jäähdytyskuljettimen pituuden kasvattamisen. Myös mahdollinen tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden pakkauslaitteisto voidaan sijoittaa tilaan joustavammin, kun pystypakkauslaitteisto on sijoitettu toiseen tilaan. Tuotekehityksen kannalta tuotteet voidaan koeajaa joustavasti isompiakin koeajoeriä, kun jäähdytyskuljettimen pituus on riittävä. Lisäksi pystypakkauslaitteiston pakkausmateriaaleja voidaan myös koeajaa hybridilinjalla. Tällöin hybridilinjan tuomat hyödyt koeajoissa ei rajoitu vain tuotteisiin.

4.1 Ehdotusten vertailu

Layout-ehdotukset arvioitiin käyttämällä luvussa 2.1.2 esitettyä hyötyarvomatriisia. Siihen on listattu layoutin arviointitekijöitä, jotka on määritetty teoriaosuuden ja kohdeyrityksen henkilöstön toimesta. Layout-ehdotuksen haluttiin täyttävän kohdeyrityksen sille annetut tavoitteet ja vaatimukset, joten arviointitekijöille määritettiin painoarvot. Henkilöstölle suoritettiin lomakekysely, jossa kysyttiin heidän mielipiteensä arviointitekijöiden painoarvoihin. Kyselyyn vastanneet henkilöt olivat kohdeyrityksen toimihenkilöitä, joiden asiantuntemuksen ja työkokemuksen ansiosta aiheeseen liittyen uskottiin edustavan riit-

tävän kattavaa otantaa. Painoarvojen asteikko on 1-10, jossa 1 on ei tärkeä ja 10 ehdottoman tärkeä. Esitetyt painoarvot ovat lomakekyselyn avulla kerättyjen painoarvojen keskiarvoja. Arviointitekijän toteutuminen layout-ehdotuksessa arvioidaan asteikolla 0, 1, 3, 6 ja 9, jossa 0 tarkoittaa ei toteudu ja 9 toteutuu melkein täydellisesti. Layoutit arvioidaan kertomalla arviointitekijän toteutuminen layoutissa sen painoarvon suuruudella. Tällöin sopivin layout on se, joka saa eniten pisteitä arvioinnista. Layout-ehdotuksien hyötyarvomatriisi on esitettynä liitteessä D.

Hyötyarvomatriisissa layout-ehdotukset arvioidaan 19 tekijän perusteella. Tärkeimmiksi tekijöiksi määräytyivät layoutin turvallisuus, tuoteturvallisuus, hygienia, merkittävyys liiketoiminnan kannalta ja työskentelyolosuhteet. Näiden tekijöiden perusteella voidaan huomata, että layout-suunnittelun kannalta turvallisuuteen liittyvät asiat ovat kohdeyritykselle ensisijaisen tärkeitä. Pienimmät painoarvot saivat varastoinnin tehokkuus ja nykyisten ratkaisujen hyödyntäminen. Hyötyarvomatriisin avulla arvostellaan niin koeleipomolinjan kuin hybridilinjankin layout-ehdotukset. Arvioinnin tulokset ovat esitettynä taulukossa 3. Siinä layout-ehdotusten saamat pistearvot on pyöristetty lähimpään kokonaislukuun.

Taulukko 3. *Layout-ehdotuksien arvioinnin tulokset*

Arvioitava tekijä	Paino-arvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet					
		A1	A2	B1	B2	C1	C2
1. Materiaalivirtojen tehokkuus taikinantekoalueella	7.3	A 66	A 66	A 66	A 66	E 44	E 44
2. Materiaalivirtojen tehokkuus pakkaamoalueella	7	- -	- -	E 42	A 63	A 63	A 63
3. Materiaalien käsittelyn tehokkuus	6	E 36	E 36	I 18	E 36	I 18	I 18
4. Varastoinnin tehokkuus	5.2	E 31	E 31	E 31	E 31	E 31	E 31
5. Laajennusmahdollisuudet	7.2	O 7	A 65	I 22	E 43	I 22	E 43
6. Pinta-alan hyväksikäyttö	6.4	A 58	E 38	A 58	A 58	A 58	A 58
7. Layoutin joustavuus	7	O 9	A 82	I 27	E 55	E 55	E 55
8. Tukitoimintojen tehokkuus	6.2	E 37	E 37	I 19	I 19	E 37	E 37
9. Layoutin turvallisuus	9.4	A 85	A 85	A 85	A 85	A 85	A 85
10. Työskentelyolosuhteet	8.6	A 77	A 99	A 99	A 99	A 99	A 99
11. Nykyisten ratkaisujen hyödyntäminen	5.4	I 16	I 16	A 49	A 49	A 49	A 49
12. Merkittävyys liiketoiminnan kannalta	8.6	I 26	I 26	A 77	A 77	A 77	A 77
13. Joustavuus tuotekehityksessä	8.4	A 76	A 76	I 25	I 25	I 25	I 25
14. Huollettavuus	8.2	A 74	A 74	A 74	A 74	A 74	A 74
15. Hygienia	8.8	A 79	A 79	A 79	A 79	A 79	A 79
16. Tuoteturvallisuus	9.2	E 55	E 55	A 83	A 83	A 83	A 83
17. Tarvittavien muutostöiden määrän vähyys	8	E 48	E 48	E 48	E 48	U 0	U 0
18. Puskureiden mahdollisuus	8	O 8	E 48	E 48	A 72	E 48	E 48
19. Leveät kulkureitit	7	- -	- -	A 63	A 63	A 63	A 63
YHTEENSÄ		764	915	990	1102	987	1009

A = melkein täydellinen (9) E = erittäin hyvä (6) I = hyvä (3)
O = välttävä (1) U = huono (0)

Koeleipomolinjan layout-ehdotuksista vaihtoehto A2 sai arvioinnissa enemmän pisteitä, varsinkin laajennusmahdollisuuksien ja layoutin joustavuuden takia. Koeleipomo- ja hybridilinjan vertailemista toisiinsa ei nähty järkeväksi, koska linjojen vaatimukset ja käyttötarkoitukset ovat hyvin erilaiset. Tästä syystä taulukkoon arvioitiin sopivin ratkaisu molemmille linjoille. Hybridilinjan ehdotuksista suurimmat pisteet sai ehdotus B2. Myös hybridilinjan arvioinneissa nousi esille erottavana tekijänä layoutin joustavuus ja laajennusmahdollisuudet. Ehdotuksella B2 nämä tekijät arvioitiin toteutuvan parhaiten, koska jäähdytyskuljetinta voidaan pidentää ja mahdollinen pakkauslaitteisto sijoittaa joustavasti alueelle. Hybridilinjan layout-ehdotuksilla havaittiin olevan hyvin paljon samankaltaisuuksia

keskenään arviointitekijöiden suhteen. Ehdotukset saivat esimerkiksi turvallisuuteen, hygieniaan, työskentelyolosuhteisiin ja tuoteturvallisuuteen liittyen kaikki täydet pisteet.

4.2 Hybridilinjalla saavutettavat hyödyt

Tässä luvussa esitetään ehdotetun ratkaisun avulla saavutettavat hyödyt. Hybridilinja toisi kohdeyrityksen toimintaan useita hyötyjä koko liiketoiminnan kannalta. Suorittamalla nykyisten ja uusien tuotteiden koeajot hybridilinjalla voidaan välttyä tuotantolinjojen turhalta kuormittamiselta. Tuotantolinjojen tuotantokapasiteettien ollessa jo lähes täysin käytössä koeajojen aiheuttamat tuotannon katkokset luovat vain lisää ongelmia tuotannonsuunnitteluun. Hybridilinja tuo tuotekehitysprosessiin kaivattua joustavuutta. Koeajojen aikatauluttaminen on joustavampaa ja helpompaa kuin nykyisin tuotantolinjoilla suoritettavissa koeajoissa. Koeajot voidaan ajoittaa hybridilinjalle tarpeen mukaan ja voidaan välttyä yllättäviltä ja nopean aikataulun koeajoilta, joita nykyisillä tuotantolinjoilla suoritettavilla koeajoilla voi tapahtua. Lisäksi hybridilinjalla suoritettavilla koeajoilla ei ole niin suurta aikataulupainetta. Koeajojen suorittamiseen voidaan hyödyntää niin pitkä aika kuin tuotekehitysprojektilla on tarve. Tällöin koeajoissa voidaan kokeilla esimerkiksi useita eri reseptejä, jauholaatuja tai ripotteita yhden koeajon aikana. Ratkaisu antaa myös mahdollisuuden tuotteiden ominaisuuksien ja käyttäytymisen kattavampaan ymmärtämiseen. Kun koeajoja suoritetaan entistä enemmän, voidaan testata eri raaka-aineiden ja olosuhteiden vaikutusta tuotteen laatuun ja rakenteeseen. Tämän mahdollistaa myös hybridilinjan patatyyppinen taikinan valmistus. Useita eri taikinoita voidaan valmistaa valmiiksi taikinapatoihin ja yhden koeajon aikana valmistaa taikinat hybridilinjan kanssa.

Hybridilinjalla joustavalla koeajojen suorittamisella voidaan tällöin välttyä tuotekehitysprojektien viivästymisiltä tai vähäisten koeajoaikojen takia aiheutuneiden tuotekehitysprojektien keskeytyksiltä. Hybridilinja mahdollistaa myös matalan kynnyksen koeajojen suorittamisen. Tuoteinnovaatiota voidaan testata nopeasti linjan avulla ja se mahdollistaa myös radikaaliempienkin innovaatioiden testaamisen. Koska hybridilinjalla ei ole niin suurta aikataulupainetta kuin nykyisillä tuotantolinjoilla, linjan likaantumisesta tai tarvittavien pesujen aiheuttamista viivästyksistä ei tarvitse välittää. Tämä antaa tuotekehitykselle enemmän mahdollisuuksia innovointiin ja täysin uusien tuotetyyppien kehittämiseen. Ennen kaikkea aikajännettä innovaatiosta tuotteen lanseeraukseen voidaan lyhentää huomattavasti. Myös myyntiä ja markkinointia kyetään tukemaan kattavammin, kun heidän pyyntöihinsä tuotteisiin ja tuotekehitykseen liittyen voidaan reagoida nopeammin.

Koeajojen aiheuttamat henkilöstö- ja raaka-ainekustannukset pienevät myös suorittamalla koejaot hybridilinjalla. Koeajot voidaan suorittaa yhden tai kahden tuotekehittäjän

toimesta, kun taas nykyiset koeajojärjestelyt vaativat tuotantolinjan täyden henkilöstön. Hybridilinjan henkilöstövaatimukset myös parantavat koeajojen järjestämisen joustavuutta, kun koeajojen suorittamiseen vaadittu henkilömäärä on niin pieni. Tuotantolinjoilla henkilöstön poissaolot voivat aiheuttaa vaikeuksia koeajojen suorittamiseen. Raaka-aineiden aiheuttamia kustannuksia kyetään paremmin hallitsemaan, kun taikinat valmistetaan taikinapatoihin. Tällöin tuotekehittäjä voi arvioida tarkemmin koeajoon tarvittavan taikinamäärän. Nykyisillä tuotantolinjoilla taikinan määrän arvioiminen on hankalampaa, mistä syystä koeajoissa voidaan helposti koeajaa liian suuria määriä koeajotuotteita.

Hybridilinjan kyky valmistaa tuotteita myös myyntiin tukee nykyisten tuotantolinjojen toimintaa ja antaa myös lisää mahdollisuuksia tuotannonsuunnitteluun. Tällä hetkellä tuotantolinjalla L3 valmistetaan tuotetyyppien T3 ja T4 tuotteita, mutta niiden yhtäaikainen valmistus ei ole tällä hetkellä mahdollista. Hybridilinjan avulla esimerkiksi tuotetyypin T4 tuotteiden valmistus voidaan siirtää hybridilinjalle aina, kun tuotteiden yhtäaikainen tuotanto on tarpeellista. Täten tarvittaessa kaikkien tuotetyyppien yhtäaikainen valmistus on mahdollista. Hybridilinja tuo täten kaivattua lisätuotantokapasiteettia markkinoiden tarpeen täyttämiseksi. Hybridilinja mahdollistaa kokonaisuudessaan kohdeyrityksen kilpailukyvyn ylläpitämisen ja tarjoaa keinot sen kasvattamiseen.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön ensimmäisenä tavoitteena oli suunnitella kohdeyritykselle layout-ehdotus koeleipomolinjan kokonaisuudesta siten, että sille määritetyt vaatimukset ja tavoitteet täyttyvät. Tavoitteen saavuttamiseksi layout- ja turvallisuussuunnittelun teoriaan perehdyttiin luvuissa 2.1 ja 2.2. Nämä tiedot olivat koeleipomolinjaratkaisun suunnittelun perustana. Luvun 3.1.1 esitetyn kohdeyrityksen tuotantoprosessien tarkastelun avulla kyettiin selvittämään nykyisten tuotantolinjojen asettamia vaatimuksia suunnitelmalle. Luvuissa 3.1.2 ja 3.1.3 esitettyjen puolistrukturoitujen haastatteluiden tulosten pohjalta saatiin myös lisätietoa koeleipomolinjan vaatimuksista ja tavoitteista. Luvussa 4.1 esitetyn layout-ehdotuksien arviointiin käytetyn hyötyarvomatriisin arviointitekijöiden ja niiden painoarvojen määrittämistä varten suoritettiin lomakekysely kohdeyrityksen toimihenkilöille. Tämän avulla kyettiin määrittämään yritykselle tärkeimmät arviointitekijät, ja täten arvioimaan layout-ehdotukset huomioimalla kohdeyrityksen prioriteetit layoutia kohtaan. Lopuksi luvussa 4 esitettiin ehdotettu layout-suunnitelma. Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta, että työn ensimmäinen tavoite saavutettiin.

Toisena tavoitteena työlle oli suorittaa esiselvitys saavutettavista hyödyistä, kun tuotteet koeajetaan koeleipomolinjalla. Tavoitteen saavuttamiseksi kerättiin tietoa nykyisten koeajojärjestelyjen ongelmakohdista suorittamalla puolistrukturoituja haastatteluita kohdeyrityksen henkilöstölle ja ylimmälle johdolle. Haastatteluiden tulokset esitettiin luvuissa 3.1.2 ja 3.1.3. Lisäksi suoritettujen koeajojen tarkastelun tulokset esitettiin myös luvussa 3.1.2. Näitä tietoja vertaamalla luvussa 4 esitettyyn layout-ehdotukseen kyettiin selvittämään saavutettuja hyötyjä, kun tuotteet koeajetaan koeleipomolinjalla. Täten myös työn toinen tavoite saavutettiin.

Diplomityö oli esiselvitys mahdollisesti myöhemmin toteutettavalle koeleipomolinjaratkaisun investoinnille. Ratkaisun toteuttamiseen vaadittavat suunnitelmat tulevat kuitenkin olla kattavammat ja yksityiskohtaisemmat. Diplomityön tuloksena saatu layout-ehdotus ja esiselvitys saavutettavista hyödyistä toimivat kuitenkin hyvänä lähtökohtana ratkaisun tarkempaan suunnitteluun. Seuraavaksi luvussa 5.1 tuodaan esille projektin kannalta tarvittavat jatkotoimenpiteet ja -kehitysehdotukset.

5.1 Jatkotoimenpiteet ja -kehitysehdotukset

Projektin kannalta ensimmäinen jatkotoimenpide on laitevalmistajilta saatavien tarjouksien tarkastelu ja analysointi. Tarjoukset rajattiin työstä pois niiden viivästymisen takia. Viivästymisen syynä ensisijaisesti oli laitevalmistajien ongelmat tarjota sellaisia ratkaisuja, jotka soveltuvat kohdeyrityksen toimintaan ja tuotantoprosesseihin. Varsinkin kohdeyrityksen käyttämä taikinatyypin aiheutti ongelmia taikinan sitkeyden ja tahmaisuuden takia. Keskustelut ovat kuitenkin laitetoimittajien kanssa edelleen käynnissä, jotta molempia osapuolia miellyttävät ratkaisut voidaan saavuttaa. Laitetoimittajien tarjouksien kustannusarvioita tulisi vertailla keskenään ja määrittää kohdeyritykselle sopivin ratkaisu. Kustannuksen suuruuden lisäksi tarjouksen sopivuuden arvioitavia tekijöitä ovat historia kyseisen laitetoimittajan kanssa ja käytettyjen ratkaisujen ja komponenttien tuttavuus kohdeyritykselle. Entuudestaan tuttujen ja luotettaviksi todettujen laitetoimittajien kanssa yhteistyö ei ole niin riskialtista kuin uusien laitetoimittajien kanssa. Ratkaisujen ja komponenttien tuttavuus kohdeyritykselle helpottaa laiteratkaisujen huoltoa ja kunnossapitoa, kun osaamista niihin löytyy jo kohdeyrityksestä.

Tarjouksista saatavia kustannusarvioita tulee myös hyödyntää layout-ehdotuksien takaisinmaksun ja muiden liiketoiminnan kannalta tärkeiden analyysien suorittamiseen. Esimerkiksi investointi-, raaka-aine-, energia- ja henkilöstökustannuksia vertailemalla määritetyn tuotantokapasiteetin tuottamiin kassavirtoihin, voidaan selvittää tarkemmin investoinnin kannattavuutta. Tähän liittyen hybridilinjalle tulee myös määrittää koe- ja tuotantoajojen resursointi esimerkiksi seuraavalle viidelle tai kymmenelle vuodelle. Resursoinnilla on suuri merkitys investoinnin takaisinmaksuaikaan. Investointi nähdään paljon kannattavammaksi, jos tuotantoajoille resursoidaan esimerkiksi 70% ja koeajoille 30% hybridilinjan tuotantokapasiteetista kuin tilanteessa, jossa tuotantoajoille resursoidaan 30%. Toisaalta on myös havaittava koeajojen tuottamat muut liiketoiminnalliset hyödyt, joita ei välttämättä voida havaita suoraan kassavirroista. Jos hybridilinjan tuotantoajoille resursoidaan suurin osa linjan tuotantokapasiteetista, voidaan päätyä tilanteeseen, jossa uudelle koeleipomolinjalle on tarvetta koeajojen suorittamiseen.

Laitetoimittajien tarjouksien analysoinnin jälkeen layout-suunnitelmat tulee päivittää hienosuunnitelmiksi. Työssä layout-suunnitelmat ovat karkeasuunnitelmia, koska kaikkien laitteiden tarkkoja mittoja ei voitu hyödyntää. Hienosuunnittelussa käytettävät tarkat mitat ja toiminta-alueet voivat aiheuttaa muutoksia layout-suunnitelmiin. Hienosuunnittelun jälkeen layout-ehdotuksille toteutetaan ehdotuksien arviointi uudestaan, kuten layout-suunnittelun teoriassa tuotiin esille luvussa 2.1.2. Myös layout-ehdotuksien arviointitekijöitä ja niiden painoarvoja voidaan muokata, jos niihin liittyen havaitaan tarvittavia muutoksia tai

arviointitekijöiden lisäyksiä. Hienosuunnitteluun liittyen myös pakkaamoalueen pesupaikan tarkempi sijoituskohde tulee määrittää. Toisaalta voidaan myös pohtia taikinantekoalueen pesupaikan hyödyntämistä. Hybridilinjan layoutissa ei ole myöskään tarkasteltu hävikkituotteiden käsittely- tai murunpoistojärjestelmiä. Kohdeyrityksellä on käytössä tuotantolinjoilla yhteinen hävikkituotteiden käsittelyjärjestelmä, mutta materiaalivirrat tilasta 2 venyvät todella pitkiksi. Nämä vaativat tarkempaa suunnittelua. Myös tarvittavien palosammuttimien, -postien ja muiden turvallisuuteen liittyvien toimintojen tai laitteiden sijainnit määritetään layoutien hienosuunnittelussa.

Layout-ehdotuksissa hybridilinjan ja tilojen pituuden erotus jäi melko pieniksi, joka voi aiheuttaa tilan puutteen hienosuunnittelussa. Layout-suunnitteluprosessissa pyrittiin arvioimaan linjan pituus mahdollisimman tarkasti hyödyntämällä määritettyjä teknisiä vaatimuksia ja nykyisten tuotantolinjojen tarkastelua. Kuitenkin jos laitevalmistajien tarjouspyyntöjen perusteella linjan pituus kasvaa yli tilojen asettamien rajoituksien, on tarkasteltava hybridilinjalle määritetyn taikinamaton leveyden suurentamista. Taikinamaton leveyttä suurentamalla voidaan yhtä suurella tuotantokapasiteetilla lyhentää vaadittua linjan pituutta. Myös tuotantokapasiteettia pienentämällä voidaan lyhentää linjan pituutta. Tilat 1 ja 2 mahdollistavat hybridilinjan leveyden suurentamisen. Tällöin linjan ympärille voidaan vielä sijoittaa kulkureitit ja sen huollettavuus ei kärsi. Kuitenkin tällöin on pohdittava, että miten leveyden muutos vaikuttaa hybridilinjalla suoritettavien koeajojen joustavuuteen.

6. YHTEENVETO

Diplomityön kohteena oli koeleipomolinjan layout-suunnittelu ja investoinnin esiselvitys elintarviketeollisuuden yrityksen tuotantolaitokselle. Tarve työn suorittamiselle on syntynyt kohdeyrityksen tuotekehitysprosessin hitauden ja koeajojen suorittamisen heikkojen mahdollisuuksien takia. Kohdeyritys asetti työlle kaksi tavoitetta, joista ensimmäinen oli layout-ehdotus koeleipomolinjan kokonaisuudesta siten, että kohdeyrityksen sille asettamat vaatimukset ja tavoitteet täyttyvät. Työn toinen tavoite oli suorittaa esiselvitys saavutettavista hyödyistä, kun tuotteet koeajetaan koeleipomolinjalla. Työn alussa määritettiin tutkimuskysymykset ja tutkimuksen rakenne. Ne ohjasivat tutkimuksen etenemistä ja johdattelivat tavoitteiden saavuttamiseen.

Työssä tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuskatsausta, puolistrukturoituja haastatteluja, kohdeyrityksen suoritettujen koeajojen tarkastelua sekä nykyisten tuotantoprosessien tarkastelua. Kirjallisuuskatsauksessa käsiteltiin layout- ja turvallisuussuunnitteluun liittyvää teoriaa ja toimintatapoja. Layout-suunnittelun teoriaa hyödynnettiin koeleipomolinjan layout-suunnittelussa ja suunnittelumalliksi valittiin Richard Mutherin (1961) esittämä systemaattisen layout-suunnittelun malli. Sen avulla layoutin suunnittelussa kyettiin huomioimaan kattavasti layoutiin vaikuttavia tekijöitä ja toimintojen välisiä riippuvuussuhteita. Turvallisuussuunnittelun teorian avulla kyettiin huomioimaan elintarviketeollisuuteen liittyviä turvallisuusriskitekijöitä ja huomioimaan ne koeleipomolinjan layout-suunnittelussa. Kohdeyrityksen henkilöstön ja ylimmän johdon puolistrukturoitujen haastattelujen ja kohdeyrityksen suoritettujen koeajojen tarkastelun avulla selvitettiin tuotantolinjoilla suoritettavien koeajojen ongelmakohtia ja haasteita. Lisäksi haastatteluiden perusteella koeleipomolinjalle selvitettiin kohdeyrityksen vaatimuksia ja tavoitteita. Nykyisten tuotantoprosessien tarkastelulla selvitettiin tuotantolinjojen ominaispiirteitä ja eroavaisuuksia, joita pyrittiin yhdistämään koeleipomolinjan teknisten vaatimusten määrittämisessä ja rakenteen suunnittelussa.

Diplomityön empiirisessä osuudessa esitettiin kohdeyrityksen tuotantojärjestelmien tarkastelun ja haastatteluiden tulokset, joiden perusteella määritettiin koeleipomolinjalle tekniset vaatimukset. Varsinkin kohdeyrityksen ylimmän johtohenkilöstön haastatteluissa ilmeni kiinnostusta hybridilinjaan koeleipomolinjan vaihtoehdoksi. Hybridilinjalla tarkoitetaan tuotantolinjaa, jolla olisi kapasiteettia normaalin tuotantotoiminnan lisäksi suorittaa myös koeajoja. Linjojen teknisten vaatimusten, kohdeyrityksen mahdollisten layoutin sijoituskohteiden ja kirjallisuuskatsauksen pohjalta aloitettiin layout-suunnitteluprosessi. Layout-ehdotuksia esitettiin kuusi kappaletta, joista kaksi oli koeleipomolinjalle

ja neljä hybridilinjalle. Layout-ehdotukset arvioitiin kirjallisuuskatsauksessa esitetyllä hyötyarvomatriisilla ja standardin ISO 12100:2010 mukaisella riskien arviointitavalla. Hyötyarvomatriisin arviointitekijät ja niiden painoarvot selvitettiin lomakekyselyllä, johon osallistui kohdeyrityksen tuotannon ja teknisen osaston toimihenkilöitä.

Tutkimuksen tuloksena esitettiin hybridilinjan layout-ehdotus B2 kohdeyrityksen tuotekehityksessä esiintyvien ongelmien ratkaisemiseksi. Siinä taikinantekoalue on sijoitettuna tilan 2 alkupäähän. Tuotetyyppien T2 ja T3 tuotteiden jäähdytyskuljetin on sijoitettuna samaisen tilan toiseen päähän. Tuotetyypin T4 tuotteiden pakkaamo on sijoitettuna nykyiseen lähettämön tilaan. Layout-ehdotus B2:n todettiin vastaavan parhaiten kohdeyrityksen asettamia vaatimuksia ja tavoitteita layout-ehdotusten arvioinnin perusteella. Lisäksi tutkimuksen tuloksena esitettiin selvitys saavutettavista hyödyistä, kun tuotteet koeajetaan hybridilinjalla. Selvityksen perusteella hybridilinjalla saavutettavat hyödyt ovat merkittäviä niin tuotekehityksen kuin tuotannon kannalta. Hybridilinjan avulla kyetään tarjoamaan tuotekehitykselle lisää mahdollisuuksia innovointiin. Lisäksi tuotekehitysprosessin joustavuuden kasvaessa voidaan lyhentää tuotteen aikajännettä innovaatiosta markkinoille lanseeraukseen. Hybridilinja mahdollistaa myös kohdeyritykselle lisää tuotantokapasiteettia tukemaan muita tuotantolinjoja.

LÄHTEET

Bellgran, M., & Säfsten, K. (2010). *Production development design and operation of production systems*. Springer. pp. 192-193 https://doi.org/10.1007/978-1-84882-495-9

Benitez, G. B., Fogliatto, F. S., Cardoso, R. B., Torres, F. S., Faccin, C. S., & Dora, J. M. (2018). *Systematic Layout Planning of a Radiology Reporting Area to Optimize Radiologists' Performance*. Journal of Digital Imaging, 31(2), pp.193–200. https://doi.org/10.1007/s10278-017-0036-9

Borg, S. *Kyselylomakkeen laatiminen.* Teoksessa *Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja.* Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/kyselylomake/laatiminen/, luettu 26.10.2021

BS 8800. (2004). *Occupational health and safety management systems – Guide*. British Standards. pp. 41.

Council Directive 1989/391/EEC *on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work*. (OJ L 183, 29.6.1989) Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0391:20081211:EN:PDF, luettu 6.9.2021.

Council Directive 1989/656/EEC *on the minimum health and safety requirements for the use by workers of personal protective equipment at the workplace*. (OJ No. L 393, 30.12.1989) Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0656:20070627:EN:PDF, luettu 6.9.2021.

Council Directive 1990/269/EEC *on the minimum health and safety requirements for the manual handling of loads where there is a risk particularly of back injury to workers*. (OJ No. L 156, 21.06.1990) Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1990L0269:20070627:EN:PDF, luettu 6.9.2021.

Council Directive 1990/270/EEC *on the minimum safety and health requirements for work with display screen equipment*. (OJ No. L 156, 21.06.1990) Saatavissa: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1990L0270:20070627:EN:PDF, luettu 6.9.2021.

Gamblin, R. (2014). *Machine tools: specification, purchase, and installation*. McGraw-Hill. Luku 3.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. (2009). *Teollisuustalous* (6. painos). Infacs johtamistekniikka. Tampere. s. 475-481.

Hitomi, K., (1996). *Manufacturing Systems Engineering* (2nd edition). Taylor & Francis. pp. 135-146.

Hyvärinen, M., Suoninen, E. & Vuori, J. *Haastattelut*. Teoksessa Jaana Vuori *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/, luettu 26.10.2021

ISO/TS 22002-1. (2009) *Elintarviketurvallisuuden tukiohjelmat. Osa 1: Elintarvikkeiden valmistus.* Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. s. 10-18.

Khariwal, S., Kumar, P., & Bhandari, M. (2021). *Layout improvement of railway workshop using systematic layout planning (SLP) – A case study*. Materials Today: Proceedings, Vol. 44, 4065–4071. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.444

Khurana, V., Monga, R. (2015). *Facility Layout Planning: A Review*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(3). pp. 976–979. https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0403027

Laaksonen, M., Hiltunen, J., Linkoneva, P. & Soukkanen, J. (2017). *SEL:n ja ETL:n TES-työryhmän raportti työhyvinvoinnin, työturvallisuuden ja tuottavuuden lisäämisen selvittämisestä.* Työturvallisuuskeskus (TTK). Helsinki. Saatavissa https://ttk.fi/files/6245/raportti_uusi_sel_etl_tyoryhma_tes_Tyohyvinvointi_tyoturvallisuus_ja_tuottavuustr10.05.2017.pdf, luettu 6.9.2021.

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P., & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016). *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa* (1. painos). Edita. Helsinki. Luku 10.

Moatari-Kazerouni, A., Chinniah, Y., & Agard, B. (2015). *Integrating occupational health and safety in facility layout planning, part I: methodology.* International Journal of Production Research, 53(11), p. 3255. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.970712

Moore, J.M. (1968). *Plant Layout Design*. Macmillan. New York. pp. 95-121, 175, 307.

Muther, R. (1955). *Practical Plant Layout*. McGraw-Hill. New York. pp. 3-132.

Muther, R. (1961). *Systematic Layout Planning*. Industrial Education Institute. Boston. pp. 1.1-11.11.

Nunes, I., L. (2017). *OSH in general.* European Agency for Safety and Health at Work, OSHWiki. Saatavissa http://oshwiki.eu/wiki/OSH_in_general, luettu 6.9.2021

Perttula, P., Aaltonen, M. (2017). *Safety.* European Agency for Safety and Health at Work, OSHWiki. Saatavissa http://oshwiki.eu/wiki/Safety, luettu 6.9.2021

Santos, J., Wysk, R. A., & Torres, J. M. (2006). *Improving production with lean thinking* (1st edition). Wiley. pp. 33-38.

SFS-EN ISO 6385. (2016). *Työjärjestelmien ergonomiset suunnitteluperiaatteet*. (2. painos) Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. s. 9-10.

SFS-EN ISO 12100. (2010). *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskinpienentäminen.* (3. painos) Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. s. 14-25, 59-61.

SFS-EN ISO 22000. (2018). *Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät. Elintarvikeketjuun kuuluvia organisaatioita koskevat vaatimukset.* (2. painos) Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. s. 27.

SFS-EN ISO/TR 14121-2. (2013). *Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä.* (2. painos) Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. s. 34-42.

Siukkola, A., Lumme-Sandt, K., Virtanen, P. & Nygård, C. (2008). *Sairauspoissaolo elintarviketyöstä; tutkimus työntekijöiden kokemuksista ja toimintakäytännöistä.* Sosiaalilääketieteellinen aikakausilehti 45(3), s. 146.

Slack, N. & Brandon-Jones, A. (2019). *Operations management* (9th edition). Pearson. pp. 218-226

Stevenson, W. J. (2018). *Operations Management* (13th edition). McGraw Hill. pp. 258-265

Säämänen, A. & Kanerva, T. *Jauhopöly.* Työterveyslaitos. Saatavissa https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/jauhopoly/, luettu 7.9.2021

Työturvallisuuskeskus. (2015). *Riskien arviointi työpaikalla -työkirja.* Saatavissa https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf, luettu 6.9.2021

Työturvallisuuslaki 738/23.8.2002, 10 §: *Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi.* Saatavissa https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L2P10, luettu 7.9.2021

Woods, D. D., & Hollnagel, E. (2017). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts* (1st edition). CRC Press. Luku 1. https://doi.org/10.1201/9781315605685

Yang, K. (2021). *Layout optimization of signal control box production line based on SLP.* E3S Web of Conferences, Vol 253, pp. 2090 https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125302090

Zandin, K., B. (2001). *Facilities Layout and Design.* Teoksessa Maynard, H. B., & Zandin, K. B., *Maynard's industrial engineering handbook* (5th edition). McGraw-Hill. Luku 65.

LIITE A: HAASTATTELULOMAKE KOELEIPOMOLINJAN VAATIMUKSISTA

HAASTATTELULOMAKE

Koeajojen nykytila

1. Mitä ongelmia ilmenee, kun koeajoja suoritetaan tuotantolinjoilla?
2. Mitä ongelmia koeleipomolinjan avulla voitaisiin poistaa tai vähentää?
3. Mitä muita hyötyjä voitaisiin saavuttaa koeajamalla uudet tuotteet koeleipomolinjan avulla?
4. Muut huomiot ja kommentit koeajojen nykytilasta.

Koeleipomolinjan rajaukset

5. Miten koeleipomolinja tulisi rajata?
6. Mitä laitteita tai koneita koeleipomolinjan tulisi sisältää?
7. Kuinka paljon koeleipomolinjan tulisi mukailla tuotantolinjoja?

Koeleipomolinjan muut vaatimukset

8. Miten elintarvikealan lainsäädäntö ja ohjeet vaikuttavat suunnitteluun?
9. Mitä erillisiä työkaluja tai apuvälineitä koeleipomolinjan toimintaan tarvitaan?
10. Mitä erillisiä varastointitiloja koeleipomolinja vaatii?
11. Mikä on mielestäsi parhain sijoituskohde koeleipomolinjalle?
12. Tuleeko jätteidenkäsittelyä huomioida suunnittelussa?
13. Mitä muita vaatimuksia koeleipomolinjalle on?
14. Muut huomiot ja ehdotukset.

LIITE B: HAASTATTELULOMAKE YLIMMÄN JOHDON NÄKEMYKSISTÄ KOELEIPOMOLINJASTA JA TUOTEKEHITYSPROSESSISTA

HAASTATTELULOMAKE

1. Näetkö, että tuotekehitysprosessissa olisi kehitettävää, joka puoltaisi koeleipomolinjan investointia?

2. Voisiko koeleipomolinja luoda lisäarvoa innovointiin tuotekehitysprosessissa?

3. Onko sinulle ilmennyt tilanteita, joissa koeleipomolinjan puute olisi aiheuttanut haasteita tuotekehityksessä?

4. Kohdeyrityksen elintarviketuotantolaitosta voidaan pitää eräänlaisena X:n ”osaamiskeskuksena”. Voisiko koeleipomolinja luoda lisäarvoa ja tietotaitoa tästä näkökulmasta?

5. Voisiko koeleipomolinja tukea yrityksen orgaanista kasvua?

6. Mitä tavoitteita tai kriteerejä asettaisit koeleipomolinjalle?

7. Onko sinulla muita näkökulmia tai argumentteja, jotka tukisivat koeleipomolinjan investointia?

8. Muut huomiot liittyen koeleipomolinjaan?

LIITE C: RISKIEN ARVIOINTIPOHJA

Standardien ISO 12100:2010 ja ISO/TR 14121-2:2013 mukainen riskien arviointipohja:

Layout: _____

Tapahtuma-alue: _____

=suuri riski
=keskimääräinen riski
=pieni riski

Seuraukset	Vakavuus Se	Luokka Cl (Fr + Pr + Av) 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 16	Taajuus Fr		Todennäköisyys Pr		Välttäminen Av	
Kuolema, silmän tai käden menetys	4						Jatkuvasti	6	Erittäin suuri	5	Mahdotonta	5
Pysyvä vamma, sormien menettäminen	3						Päivittäin	5	Todennäköinen	4	Mahdollista	3
Palautuva vamma, lääkärinhoito	2						Viikoittain	4	Mahdollinen	3	Todennäköistä	1
Palautuva vamma, ensiapu	1						Kuukausittain	3	Harvinainen	2		
							Vuosittain	2	Merkityksetön	1		

Viite nro.	Vaara-tyyppi	Vaaran kuvaus ja syy	Se	Fr	Pr	Av	Cl	Tarvittavat toimenpiteet ja muut huomiot
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

LIITE D: LAYOUT-EHDOTUKSIEN ARVIOINTIPOHJA

Arvioitava tekijä	Paino-arvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet					
		A1	A2	B1	B2	C1	C2
1. Materiaalivirtojen tehokkuus taikinantekoalueella	7.3						
2. Materiaalivirtojen tehokkuus pakkaamoalueella	7						
3. Materiaalien käsittelyn tehokkuus	6						
4. Varastoinnin tehokkuus	5.2						
5. Laajennusmahdollisuudet	7.2						
6. Pinta-alan hyväksikäyttö	6.4						
7. Layoutin joustavuus	7						
8. Tukitoimintojen tehokkuus	6.2						
9. Layoutin turvallisuus	9.4						
10. Työskentelyolosuhteet	8.6						
11. Nykyisten ratkaisujen hyödyntäminen	5.4						
12. Merkittävyys liiketoiminnan kannalta	8.6						
13. Joustavuus tuotekehityksessä	8.4						
14. Huollettavuus	8.2						
15. Hygienia	8.8						
16. Tuoteturvallisuus	9.2						
17. Tarvittavien muutostöiden määrän vähyys	8						
18. Puskureiden mahdollisuus	8						
19. Leveät kulkureitit	7						
YHTEENSÄ							

A = melkein täydellinen (9) E = erittäin hyvä (6) I = hyvä (3)
O = välttävä (1) U = huono (0)