Opinnäytetyö AMK

Tuotantotalouden insinööri

2023

Samuli Saarela

Kokoonpanolinjojen joustavuuden kehittäminen Sandvik Mining & Construction Oy:ssä

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri | Tuotantotalous

2023 | 43 sivua

Samuli Saarela

Kokoonpanolinjojen joustavuuden kehittäminen Sandvik Mining & Construction Oy:ssä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on parantaa Sandvik Mining and Construction Oy:n kokoonpanolinjojen joustavuutta. Opinnäytetyön taustana on yrityksen laajennushanke, jossa yritys muokkasi tuotantoaluettaan vastatakseen paremmin asiakkaiden tarpeisiin ja kasvaneeseen kysyntään. Muutoksien seurauksena yrityksen tuotannossa on kuitenkin noussut esiin haasteita ja ongelmia, joihin tämä tutkimus pyrkii luomaan ratkaisuja.

Työn teoreettisessa osuudessa käsitellään joustavuuden merkitystä ja sen vaikutusta yrityksen toimintaan. Lisäksi esitellään tuotannon ja sen ohjausjärjestelmien yleispiirteitä. Käytännön osuudessa suoritettiin nykytila-analyysi teemahaastatteluiden ja havainnoinnin avulla.

Tunnistettujen ongelmien ja haasteiden perusteella luotiin kehitysehdotukset tuotannon joustavuuden parantamiseksi. Tuloksena tunnistettiin ongelmia, kuten vaiheistus, kokoonpanolinjan rajoitteita sekä resurssipulaa, jotka vaikuttavat tuotantoon monin erilaisin tavoin.

Näiden ongelmien voidaan todeta vaikuttavan tuotannon reagointiin toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja näin ollen vähentää tuotannon joustavuutta. Kehitysehdotusten avulla on mahdollista vähentää tai poistaa tunnistettuja ongelmia ja täten parantaa tuotannon joustavuutta.

Asiasanat:

joustavuus, kokoonpanolinja, tehokkuus, tuotannon kehitys, tuotanto

Bachelor’s Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Industrial Engineering and Management

2023| 43 pages

Samuli Saarela

Developing the flexibility of assembly lines at Sandvik Mining & Construction Oy

The aim of this thesis is to improve the flexibility of Sandvik Mining and Construction Oy's production. The background of the thesis is the company's expansion project, where the company modified its production area to better meet customer needs and increased demand. However, because of the changes, challenges and problems have emerged in the company's production, for which this research aims to create solutions.

The theoretical part of the work discusses the importance of flexibility and its effect on the company's operations. In addition, general features of production and its control systems are presented. In the practical part, an analysis of the current situation was conducted using thematic interviews and observation.

Based on the identified problems and challenges, development proposals were created to improve production flexibility. As a result, issues that had a variety of effects on production were discovered, including phasing, assembly line constraints, and a lack of resources.

It can be said that these issues decrease production flexibility by affecting how production adapts to changes in the operating environment. Development suggestions can be used to minimize or remove issues that have been found, resulting in more flexibility.

Keywords:

flexibility, assembly line efficiency, production development, production

Sisältö

1 Johdanto **6**

2 Joustavuuden merkitys tuotannon toiminnoissa **8**

2.1 Joustavuus 8

2.2 Tuotannonsuunnittelu 12

2.3 Valmistusjärjestelmä 16

2.4 Kokoonpanolinja 18

2.4.1 Työntö- ja imuohjaus 19

2.4.2 JIT Just-In-Time 19

2.5 Toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmä 20

3 Sandvik Mining & Construction Oy:n kokoonpanolinjojen joustavuus **23**

3.1 Business park -projekti 24

3.2 Työn tutkimus ja toteutus 25

3.3 Nykytilan kuvaus 28

3.4 Tutkimustulokset 32

4 Kehitysehdotukset **37**

4.1 Vaihtelu 10 -ja 6-paikkaisen linjakokoonpanon välillä 37

4.2 Kokoonpanolinjojen sopeutuminen eri konemalleihin 38

4.3 Kuormitus eri volyymitilanteissa 39

5 Johtopäätökset **40**

Lähteet **42**

Kuvat

Kuva 1. Yrityksen tuotantomuotoa säätelevät tekijät. 11

Kuva 2. Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen prosessi. 14

Kuva 3. Lastaus- ja kuljetuskone. 24

Kuva 4. Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus. 28

Kuva 5. L1-kokoonpanolinja. 30
Kuva 6. L2-kokoonpanolinja. 31
Kuva 7. Kuormitustuntien toteutuma LH005/LH004. 35
Kuva 8. Kuormitustuntien toteutuma LH003/LH002. 35
Kuva 9. Kuormitustuntien toteutuma LH004. 36

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda kehitysehdotuksia joustavuuden parantamiseksi kohdeyrityksen lastauskonekokoonpanolinjoilla. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sandvik Mining and Construction Oy.

Sandvik aloitti kesällä 2022 Turku Business Park -projektin, jonka tarkoituksena oli laajentaa ja muokata sen tuotantoaluetta. Hankkeen tavoitteena oli tuotantomäärien lisääminen, toimintojen tehostaminen, resurssien keskittäminen sekä materiaali- ja työvirtojen optimointi. Näiden muutoksien avulla pyrittiin parantamaan organisaation kykyä vastata asiakkaiden tarpeisiin ja joustavasti reagoimaan kasvavaan kysyntään. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.10.2023.) Toimeksiantajan mukaan uudistusten myötä kokoonpanolinjoilla on kuitenkin tullut esiin haasteita ja ongelmia, jotka ovat keskeinen tutkimuskohde tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyö on ajankohtainen, koska nykyaikana nopeasti muuttuvat markkinat vaativat yrityksiltä sen, että ne pystyvät reagoimaan joustavasti toimintaympäristössään tapahtuviin muutoksiin. (Henkilökohtainen tiedonanto 1.11.2023.) Sandvikille joustavuus merkitsee sitä, että sen avulla kyetään reagoimaan kysynnässä tapahtuviin muutoksiin. Tutkimuksen kohteena olevien linjojen suhteen joustavuus tarkoittaa sitä, että niissä pystyttäisiin valmistamaan eri konemalleja monipuolisesti (Henkilökohtainen tiedonanto 1.11.2023.)

Opinnäytetyössä tarkastellaan kokoonpanolinjoilla ilmeneviä haasteita ja niiden vaikutusta tuotannon joustavuuteen. Opinnäytetyössä vastataan seuraaviin kysymyksiin: miten tulevaisuudessa voidaan vaihdella 10- ja 6-paikkaisen linjakokoonpanon välillä? Miten kokoonpanolinjat sopeutuvat eri konemalleihin? Miten kuormittaa eri volyymitilanteissa?

Työn teoreettisessa viitekehyksessä tarkastellaan *joustavuuden* käsitettä ja sen merkitystä tuotannossa, kokoonpanolinjojen perusperiaatteita sekä toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmiä. Tutkimuksessa kartoitettiin kohteen nykytila. Nykytila-analyysi toteutettiin käyttäen teemahaastatteluja ja

havainnointia. Analyysissä ilmeneviä ongelmia tarkasteltiin suhteessa ennalta määriteltyihin tutkimuskysymyksiin. Kysymykset auttoivat arvioimaan ongelmien vaikutusta, mahdollisia keinoja niiden välttämiseksi ja niiden ratkaisemista.

2 Joustavuuden merkitys tuotannon toiminnoissa

Tässä osiossa tarkastellaan joustavuuden merkitystä ja sen vaikutusta yritysten toimintaan. Lisäksi esitellään tuotannon, kuten tuotannonohjauksen, tuotannonsuunnittelun ja kokoonpanolinjojen sekä toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmien yleispiirteitä sekä niiden joustavuuteen vaikuttavia tekijöitä.

2.1 Joustavuus

Kansainvälinen kilpailu on aiheuttanut huomattavia muutoksia valmistavan teollisuuden kilpailuympäristössä. Yritysten täytyy tämän johdosta kehittää strategisia tavoitteitaan, joista keskeisimpinä pidetään tuottavuuden lisäämistä ja kokonaistehokkuuden parantamista. (Schiraldi & Massimiliano 2013, 1.) Painetta yrityksien kilpailuedun parantamiseen ovat myös aiheuttanet valmistusteknologian kehitys sekä yrityksien valmistuksen roolin lisääntynyt vaikutus yrityksen strategiaan (Gunasekaran 2001, 4). Kilpailun kiristyessä yritysten on välttämätöntä optimoida kaikkien resurssien käyttö. Yrityksen kilpailuetu perustuu arvoon, jota asiakkaille tuotetaan. Yksi päätekijöistä kilpailuedun saavuttamiseen on valmistusstrategia. (Porter 1985, 15.) Näin ollen tuotannon tulisi olla joustavaa ja tehokasta, jotta asiakkaalle voidaan tuottaa arvoa (Miettinen 1993, 7). Valmistusstrategia toimii kehyksenä kilpailuedun lisäämisessä, ja sen pitäisi suunnitella, organisoida, hallita ja kehittää yrityksen valmistusresursseja kohti toimivaa valmistusjärjestelmää, jonka avulla pystytään kilpailemaan muiden markkinoilla olevien toimijoiden kanssa (Gunasekaran 2001, 4). Yritykset hallitsevat strategian avulla ympäristöään sopeutumalla, muokkaamalla ja valitsemalla (Kamensky 2010, 19).

Joustavuuden käsite on moniulotteinen, ja sillä on useita merkityksiä. Sen yhtenä merkityksenä pidetään sopeutumiskykyä ympäristön muutoksiin (Sushil 2000, 77). De Leeuw ja Volberda (1996, 121) kuvailevat artikkelissaan

joustavuuden käsitteen olevan liikkuvuutta, vastauskykyä, ketteryyttä ja notkeutta.

Joustavuuden käsite ilmenee myös useissa yrityksen eri prosesseissa. Valmistuksen joustavuus voi pitää sisällään esimerkiksi tuotteen joustavuuden, prosessin joustavuuden, volyymijoustavuuden, reitityksen joustavuuden, työkalujen joustavuuden ja työn joustavuuden. (Sushil 2000, 77.) Joustavuuteen pyrittäessä vaaditaan, että pystytään siirtymään vanhasta toimintatavasta uuteen, sillä organisaatioihin kasautuu ajan myötä kannattamattomia sekä tehottomia toimintoja ja toimintamalleja, mikä johtaa siihen, että uusien ideoiden läpivienti hankaloituu (Saarelainen 2021, 47).

Tuotannon prosessit ovat yrityksen tärkeimpiä toimintoja. Tärkeimmät päätökset ja suurimmat ongelmat ovat usein sidoksissa tuotantoprosessien hallintaan ja niiden kehittämiseen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 350–351.) Yritykset ohjaavat tuotantotoimintaa ennalta määrätyn tuotantostrategian tavoitteiden mukaisesti. Tuotannonohjaus on tuotannon toimintojen suunnittelua, organisointia ja ohjaamista sekä hallintaa. Tuotannonohjauksen keskiössä on kustannustehokkuuden, toimitusvarmuuden, laadun sekä joustavuuden saavuttaminen (Kumar & Suresh 2009, 7.)

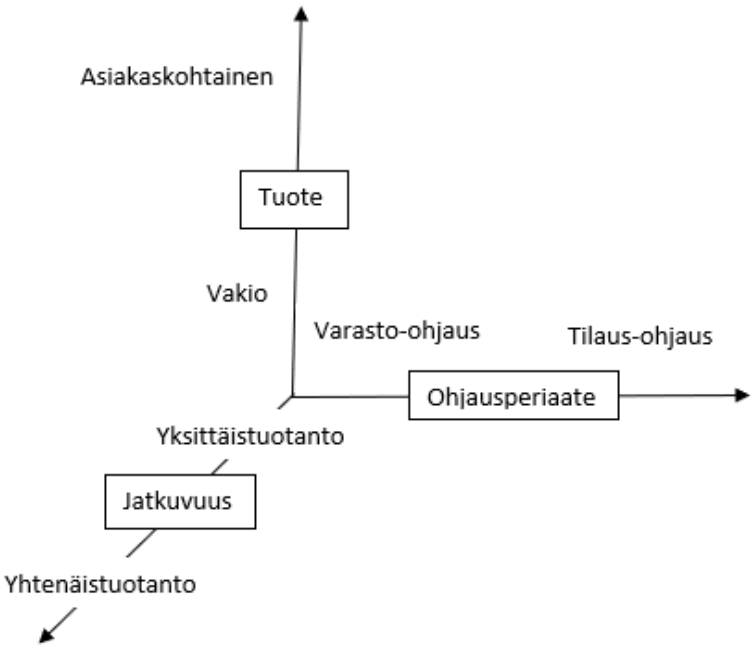
Tuotannon ohjattavuus taas tarkoittaa sitä, miten tuotantojärjestelmä pääsee sille määrättyihin operatiivisiin tavoitteisiin. Ohjattavuus toimii paremmin, kun tuotantoprosessi ja sen resurssit voidaan sopeuttaa uusiin tuotteisiin. (Miettinen 1993, 24.) Tuotannonohjauksen päätekijät Miettisen (1993, 24) mukaan ovat

- toimitusaika
- toimitusvarmuus
- valmistuskustannus
- kapasiteetin toiminta-aste ja -suhde
- sidottu pääoma.

Toimitusaika muodostuu tilauksen vastaanottamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Tähän vaikuttaa yrityksen toimintaketjun läpimenoaika. Läpäisyaika jaotellaan yleisesti kokonaisläpimenoaikaan ja valmistuksen läpimenoaikaan.

Läpimenoaika on toiminnan tehokkuuden mittari, ja sitä lyhentämällä saavutetaan paremmat edellytykset kehittää toiminnan joustavuutta. Siitä johtuen läpäisyajan lyhentämisestä on tullut yksi keskeisistä yrityksien tavoitteista. (Miettinen 1993, 24–25; Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 401–402.) Toimitusvarmuus tarkoittaa sitä, miten ennalta määritettyihin toimitusaikoihin päästään ja kykyä toimittaa tuotteita asiakkaiden tarpeiden mukaan. Toimitusvarmuuteen vaikuttavat myös yrityksen omien toimintojen lisäksi ulkopuoliset yritykset, kuten toimittajat. Muutokset toimitusajoissa heijastuvat yrityksen tuotantoon ja vaikuttavat siten yrityksen toimitusvarmuuteen. Valmistuskustannukset ovat työstä ja materiaaleista koostuvat kustannukset. Valmistuskustannuksia vähennettäessä pyritään yleisesti poistamaan kaikki turhat kustannukset, jotka eivät tuota lisäarvoa. Näitä ovat esimerkiksi pääomaa sitovat toiminnot kuten, turhat materiaalit, valmistevarastot sekä keskeneräinen tuotanto eli KET. (Miettinen 1993, 26; Haverila ym. 2009, 401.) Kapasiteetti on enimmäistuotantokyky tietyssä ajassa. Toiminta-aste määräytyy todellisen kapasiteetin mukaan. Toimintasuhteen avulla ymmärretään toiminta-asteen suhdetta kapasiteettiin. Panostamalla tuotannontekijöihin voidaan vaikuttaa kapasiteettiin. (Haverila ym. 2009, 163.)

Tuotantomuoto kuvaa, miten tuotanto organisoidaan ja toteutetaan (Miettinen 1993, 29). Valittu tuotantomuoto vaikuttaa merkittävästi tuotantojärjestelmän ominaisuuksiin sekä sen ohjauksen periaatteisiin. Yritys ei voi valita tuotantomuotoa vapaasti, vaan siihen vaikuttavat useat eri tekijät. (Haverila ym. 2009, 353.) Tuotantomuodon valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat tuote ja sen ominaisuudet, ohjausperiaate ja jatkuvuus. (Kuva 1.)



Kuva 1. Yrityksen tuotantomuotoa säätelevät tekijät (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänänäinen 2016, 136).

Tuotteet voivat olla vakio- tai asiakaskohtaisia tuotteita. Vakiotuotteissa on valmis ennalta määritelty rakenne. Tuote pysyy silloin samanlaisena ostajasta riippumatta. Vakiotuotteet ovat yleensä kulutustavaroita. Asiakasräätälöidyt tuotteet taas sisältävät mahdollisuuden vaikuttaa rakenteeseen ja sisältöön. Silloin puhutaan *tilaustuotannosta*, jossa tuotteet tehdään tilauksen perusteella. (Miettinen 1993, 29; Martinsuo ym. 2016, 136.)

Tuotteen ohjausperiaate voi olla tilausohjautuva tai varasto-ohjautuva. Varasto-ohjautuvat tuotteet ovat yleensä vakiotuotteita, joilla on valmiiksi määritelty rakenne. Varasto-ohjautuvien tuotteiden volyymi on yleensä korkea, ja varaston avulla kysyntään voidaan vastata nopeasti. (Martinsuo ym. 2016, 136–137.) Tuotanto saa impulssin valmistukselle, kun varastotaso laskee ennalta määritetyn rajan alapuolelle (Miettinen 1993, 29). Tilausohjautuva tuote perustuu todelliseen kysyntään eli asiakastilaukseen. Tällöin tuotetta ei

varastoida, vaan se valmistetaan juuri asiakasta varten, kun asiakkaalla on yksilöllisiä vaatimuksia. (Martinsuo ym. 2016, 136–137.)

Tuotantoprosessin jatkuvuuden mukaan tuotantomuodot jaotellaan yksittäistuotantoon, sarjatuotantoon ja yhtenäistuotantoon (Miettinen 1993, 30). Yksittäistuotannossa valmistetaan yksittäisiä kappaleita, ja ne ovat ainutlaatuisia sekä asiakkaalle räätälöityjä (Martinsuo ym. 2016, 137–138). Tämä edellyttää tarkkaa ja tehokasta suunnittelua, jolla voidaan varmistaa sujuva valmistusprosessi (Miettinen 1993, 30). Sarjatuotannossa tuotteet valmistetaan usein erissä, joita toistetaan säännöllisin väliajoin. Perinteisesti sarjatuotannossa on korostettu suurten eräkokojen ja alhaisten valmistuskustannusten merkitystä. Kuitenkin suurten eräkokojen haittapuolena on vähentynyt joustavuus ja kasvaneet varastotasot, minkä vuoksi on siirrytty uudenlaisiin ohjausperiaatteisiin, kuten JIT (*Just-In-Time*)- valmistukseen. (Miettinen 1993, 30.) Yhtenäistuotanto on toistuvaa tuotantoa, jossa samaa tuotetta voidaan valmistaa suurella volyymilla mahdollisimman kustannustehokkaasti (Martinsuo ym. 2016, 137–138). Näin tuotanto kulkee alusta loppuun niin sanottuna ’’virtana’’. Yrityksissä voidaan myös käyttää useita eri tuotantomuotoja. Osavalmistus voidaan valmistaa sarjatuotantona ja vasta loppukokoonpanossa lopullinen tuote rakennetaan yksittäistuotantona. (Miettinen 1993, 30–31.)

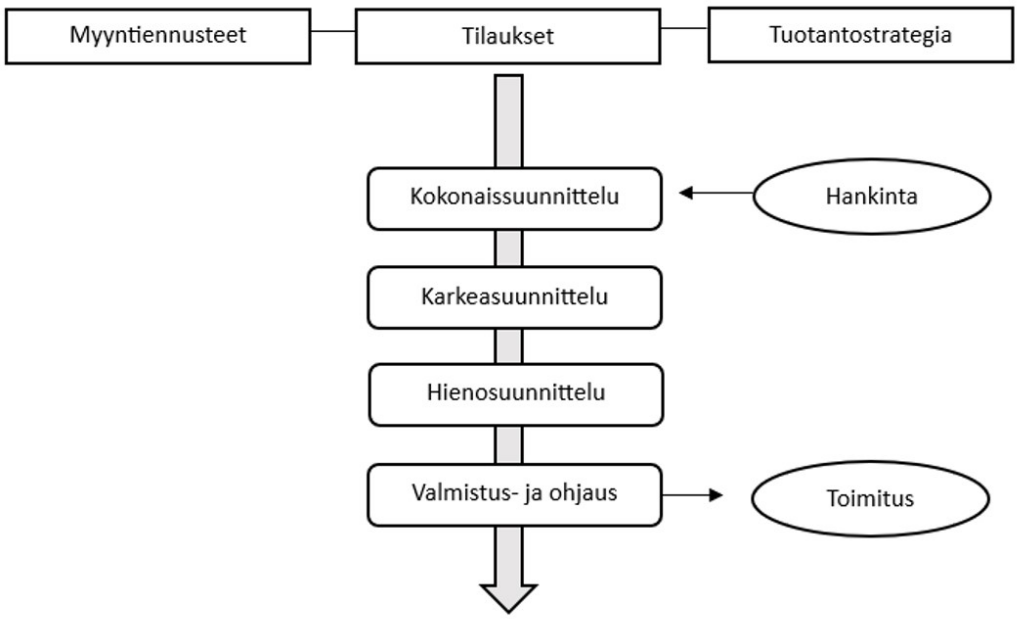
2.2 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelussa pyritään siihen, että tuotteita valmistettaisiin kustannustehokkaasti oikea määrä oikeaan aikaan samalla ylläpitäen hyvää laatua (Kumar & Suresh 2009, 7). Tämä tarkoittaa sitä, että tuotantokapasiteetin kuormitus on mahdollisimman tasainen ja yritys pystyy noudattamaan toimitusaikoja (Miettinen 1993, 36). Kuormitus tarkoittaa sitä, kuinka suuri osa tuotannon kapasiteettia on käytössä tai varattu käyttöön. Tuotannonsuunnittelua sanotaankin siksi *kapasiteetin* kuormittamiseksi. (Boncamper 1995, 88.)

Tuotannonsuunnittelussa pyritään tasapainottamaan myynnin ja tuotannon vaatimukset ottamalla huomioon tuotantoprosessin ja materiaalihallinnan tarpeet (Boncamper 1995, 86). Materiaalien hankintaa ja tuotantosuunnittelua helpottamaan käytetään kysyntäennusteita. Erityisesti pitkän toimitusajan materiaalien osalta nämä ennusteet rakentuvat kysyntäarvioihin. (Miettinen 1993, 37.) Ennusteiden avulla voidaan tasapainotella paremmin varastotasojen ja resurssien suhteen. Vaikka ennusteiden paikkaansa pitävyys voi vaihdella, antaa se mahdollisuuden reagoida nopeammin asiakastarpeisiin ja tarjoaa tuotannolle joustavuutta. (Martinsuo ym. 2016, 142–143.)

Ennusteisiin voidaan käyttää monia erilaisia tapoja ja menetelmiä, kuten kvalitatiivisia tai kvantitatiivisia ennustemenetelmiä. Kun pyritään tarkkoihin ennusteisiin voi olla hyödyllistä pilkkoa kokonaiskuva pienempiin osiin, kuten myyntialueisiin, eri tuoteryhmiin tai eri asiakasryhmiin. Sen avulla voidaan ymmärtää yksityiskohtaisemmin eri alueilla ja asiakasryhmissä tapahtuva kehitys. Nykypäivänä ennustaminen on vaikeaa, koska markkinat muuttuvat nopeasti. Monet yritykset ovat hakeneet ratkaisua muokkaamalla tuotannosta joustavaa ja reaktiivista, jotta asiakastarpeisiin pystytään vastaamaan nykyhetkessä. (Slack, Brandon-Jones & Johnston 2016, 172; Martinsuo ym. 2016, 143.)

Tuotannonsuunnittelu jaotellaan yleensä kokonaissuunnitteluun, karkeasuunnitteluun sekä hienokuormitukseen (Kuva 2.)



Kuva 2. Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen prosessi (Martinsuo ym. 2016, 140).

Kokonaissuunnittelu tarkoittaa keski- ja pitkän aikavälin suunnittelua, jossa otetaan huomioon kokonaisvolyymi, resurssitarpeet, varastot ja hankinnat. Karkeasuunnittelussa tehdään jo tarkempia arviointeja ja kohdistamisia. Hienosuunnittelun tarkoituksena on tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia työvaiheiden resurssien käytön ja tuotantoerien aikatauluihin. (Wild 1999, 264–266; Martinsuo ym. 2016, 145–149.)

Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelu aikajänne keskittyy 3–12 kuukauden päähän, mutta se voi ulottua myös pidemmälle, jopa 18 kuukauden päähän. Kokonaissuunnittelun tavoite on varmistaa, että kokonaisvolyymi vastaa kokonaiskysyntää. Kokonaissuunnittelua tehdessä pitää myös arvioida, miten reagoidaan, jos kysynnässä tapahtuu odottamattomia muutoksia. Työkaluja tuotannon hallintaan on resurssijoustojen käyttö, kuten palkkaaminen, lomautukset ja irtisanominen. Työaikoja voidaan myös lyhentää tai pidentää lisäämällä tai vähentämällä vuoroja tai teettämällä ylitöitä. Alihankkijoiden käyttö voi myös

tarjota joustoa ja lisätä mahdollisuuksia vaikuttaa resurssien käyttöön. Muita kysynnän hallintaan vaikuttavia keinoja ovat varastointi, toimitusmuutokset ja kysyntään vaikuttaminen. Hyvä kokonaissuunnittelu edellyttää hyvää resurssien saatavuutta, tarkkoja ennusteita sekä hyvää työvoimapolitiikkaa yrityksessä. (Aswathappa & Shridhara 2009, 236–241; Martinsuo ym. 2016, 143–145.)

Karkeasuunnittelu

Kokonaissuunnittelu toimii lähtötietona karkeasuunnittelulle. Karkeasuunnittelua tehdään säännöllisesti muutamien viikkojen aikajänteellä. (Martinsuo ym. 2016, 145.) Karkeasuunnittelu jalostaa kokonaissuunnittelun siten, että materiaali- ja kapasiteettitarpeet täyttyvät ja tuotannontekijät kohdistetaan tiettyihin kustannuspaikkoihin (Aswathappa & Shridhara 2009, 254). Karkeasuunnittelun tehtävänä on kokonaisaikataulun suunnittelu sekä kuormituksen ja toimituskyvyn karkeasuunnittelu. Vakiotuotteiden kapasiteetti- ja materiaalitarpeet ovat yleensä helpommin ennakoitavissa, kun taas asiakasräätälöityjen tilaustuotteiden tarpeet ovat vaikeammin arvioitavissa, koska näihin ei usein olla varauduttu. (Martinsuo 2016, 146.)

Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tarkoituksena on luoda yksityiskohtainen tuotantosuunnitelma, joka kattaa valmistuserien ajankohdat, työvaiheiden ajoituksen, resurssien hallinnan ja valmistuserien valmistumispäivämäärän määrittämisen tarkasti (Martinsuo 2016. 149). Lähtötietoja ovat työnvaiheiden vaiheet ja niiden kestot, työjonot sekä pullonkaulat. Tärkeää on olla tietoinen mahdollisista muutoksista sekä häiriöistä. Hienosuunnittelussa on tavoitteena optimoida asennusajat ja työnvaiheet sekä kuormittaa pullonkaulat siten, että läpivirtaus pysyy tasaisena. Tuotanto ajoitetaan vaihe- ja valmistusaikojen perusteella siten, että ne valmistuvat alkuperäisen suunnitelman mukaan. Arvovirtaa ohjataan niin, että ongelmiin ja muutoksiin reagoidaan siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän tuotannon läpikulkuun. (Aswathappa & Shridhara 2009, 262; Martinsuo ym. 2016, 149.)

2.3 Valmistusjärjestelmä

Tuotantojärjestelmän joustavuus on korostunut merkittävästi pienten erien, erilaisten asiakasräätälöintien ja tuotteiden lyhyemmän elinkaaren myötä. Kun otetaan käyttöön automaatiota, joustavuuden merkitys korostuu, sillä automaatio voi tehdä valmistuksesta vaikeammin mukautuvan. Tuotantojärjestelmä pitää sisällään suunnittelu- ja valmistusjärjestelmän. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 21.)

Valmistusjärjestelmän suunnittelussa keskitytään siihen, miten saadaan aikaan mahdollisimman tehokas järjestely prosessien, laitteiden, työryhmien ja työntekijöiden välillä (Martinsuo ym. 2016, 154). Tehokkaan järjestelyn tunnistaa siitä, se tuottaa vaaditun määrän tuotteita, minimoi materiaalikustannuksia, tarjoaa joustavuutta sekä parantaa materiaalivirtaa, turvallisuutta ja tehokkuutta. Tuotannon järjestelystä käytetään nimeä *layout*. Layout pyritään rakentamaan niin, että materiaalivirta on mahdollisimman optimaalinen tavoitteisiin nähden. Layout-tyyppejä ovat funktionaalinen layout, tuotantolinja-layout ja solu-layout. Tuotannontyypin valintaan vaikuttavat materiaalit, tuote/tuotteet, työvoima, koneet ja laitteet, toimiala, sijainti sekä yrityksen yleiset menettelytavat ja käytännöt. (Aswathappa & Shridhara 2009, 140–143.)

Funktionaalinen layout eli toiminnallinen layout järjestää koneet toiminnaltaan samantyyppisiin ryhmiin ja laitteisto järjestetään osastoksi (Aswathappa & Shridhara 2009, 144). Valmistettavat tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina. Tuotannonohjaus perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn. (Haverila ym. 2009, 476.) Funktionaalisessa layoutissa voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita sekä kasvattaa kapasiteettia, koska koneet ja laitteet ovat monipuolisia yleiskoneita. Työnkulun takia kuitenkin automaation soveltaminen on hankalaa. Lisäkustannuksia aiheuttaa materiaalin kuljetus pisteeltä toiselle sekä keskeneräisen tuotannon määrän lisääntyminen työjonojen takia, mikä hidastaa läpimenoaikaa. (Haverila ym. 2009, 476; Martinsuo ym. 2016, 157.)

Tuotantolinja-layoutissa työvaiheet ja niiden järjestys ovat yhdenmukaisia. Materiaalien matka valmiiksi tuotteeksi kulkee ensimmäisestä koneesta viimeiseen koneeseen. Työkierrossa olevat materiaalit liikkuvat automaattisesti kohti seuraavaa työvaihetta. Tuotteet ovat yleensä samaa tuoteperhettä tai samaa tuotetta, koska tuotantolinja-layout toimii parhaiten vakioiduissa tuotteissa, joissa volyymit ovat suuria. Tuotantolinja-layoutissa pyritään hyötymään korkeasta kuormituksesta, ja sen tavoitteena yksikkökustannusten minimointi. Tuotannon kontrollointi tuotantolinja-layoutissa on joustavampaa kuin funktionaalisessa tai solu-layoutissa, koska työnkulku on selkeä. Tuotantolinja-layoutin muuttaminen on kuitenkin hankalaa, joten se vaikeuttaa joustavuutta. Muita ongelmia ovat esimerkiksi se, että pienet virheet ja pysähdykset tuotannossa voivat kumuloitua moninkertaisiksi. Se on myös kallis valmistustapa, koska se vaatii suuren alkuinvestoinnin. Pidemmän ajanjakson kuluessa kulut kuitenkin skaalautuvat. (Aswathappa & Shridhara 2009, 146–147; Martinsuo ym. 2016, 159.)

Solu-layoutissa koneet ja laitteet sijoitetaan soluihin, joissa valmistusprosessi tapahtuu. Soluissa pystytään valmistamaan eri tuotteita. Soluissa tapahtuva tuotanto on yksittäis- tai piensarjatuotantoa. Materiaalien välivarastoja ei yleensä ole tai ne ovat pieniä. Tuotteet kootaan yhdessä työpisteessä, jolloin vältytään turhilta siirtämisiltä. Volyymit ovat yleensä matalia, mutta solut ovat monesti tehokkaampia kuin funktionaalinen layout-tyyppi, koska läpimenoaika on lyhyempi. (Martinsuo ym. 2016, 161–162.) Tuotannonohjaus on siinä helpompaa, koska solu muodostaa vain yhden kuormituspisteen. Sen lisäksi tuotanto on joustavaa, koska se on tehokas valmistamaan tuotteita, joiden tekoon se on suunniteltu. (Haverila ym. 2009, 478.) Joustavuus kuitenkin myös kärsii siitä, että koneet ovat sidottu soluihin, joten niitä ei käytetä tehokkaasti (Aswathappa & Shridhara 2009, 150).

Näitä kaikkia yllä mainittuja layout-tyyppejä voidaan myös yhdistellä. Jos käytetään vain yhtä layout-tyyppiä, pystytään harvemmin saavuttamaan täysin optimaalinen vaihtoehto, vaan näitä yhdistelemällä voidaan luoda kokonaisuudeltaan tehokkaampi toimintatapa. Usein tehtaissa ja

valmistuspajoissa valmistetaan osia ja komponentteja lopputuotteeseen, joten nämä usein pitävät sisällään osakokoonpano- ja valmistusosastoja, joiden kautta ne siirtyvät loppukokoonpanoon. Yhteenvetona voidaan todeta periaate, joka laadusta tinkimättä ja samalla kustannustehokkaasti tuottaa nopeimmin markkinoiden tarpeisiin nähden on toimivin ratkaisu. (Aswathappa & Shridhara 2009, 150–151.)

2.4 Kokoonpanolinja

Kokoonpano tarkoittaa tehtaan eri prosesseja, joissa itse valmistettuja sekä muualta hankittuja osia ja komponentteja yhdistellään tuotteeksi. Kokoonpanoa tehdään käsin tai automaattisesti koneiden ja robottien avulla. Kokoonpanotyö sisältää kappaleiden siirtämistä, käsittelyä, liittämistä, varastointia ja tarkastamista. Vain osa työstä luo lisäarvoa, joten vaiheet, jotka eivät jalosta tuotetta pyritään minimoimaan. Kokoonpano voi olla paikkakokoonpanoa tai linjakokoonpanoa. Tehtaat sisältävät myös osavalmistus eli osakokoonpanoja, jotka tarjoavat osia loppukokoonpanoon. Paikkakokoonpano on yleisesti käytetty, kun työstetään yksittäis- ja pienerätuotantoa. Kokoonpanosta vastaa yksittäinen henkilö tai työryhmä. Kokoonpanoja voi olla myös jaettu riippuen sen luonteesta. Näitä voivat olla mekaaninen-, sähkö-, hydrauliikkakokoonpano. Kokoonpanolinja sopii yleisesti ottaen suurempien erien valmistukseen tai joukkotuotantoon, jossa kokonaistyö on jaettu vaiheisiin. (Lapinleimu ym. 1997, 111–112; Aswathappa & Shridhara 2009, 40.)

Peruskokoonpanolinja koostuu sarjasta lineaarisesti järjestettyjä työasemia tavalla, jossa jokainen asema on yhdistetty materiaalinkäsittelylaitteella. Materiaalin käsittely kokoonpanolinjan kautta alkaa siitä, että osa syötetään ensimmäiselle asemalle kohdassa a ennalta määrätyllä syöttönopeudella. Asemana pidetään mitä tahansa kohtaa kokoonpanolinjalla, jossa a tehtävä suoritetaan osalle. Näitä tehtäviä voivat suorittaa koneet, robotit ja/tai ihmisoperaattorit. Kun osa saapuu asemaan, osalle suoritetaan tehtävä ja osa syötetään seuraavaan toimintoon. (Roshani & Giglio 2015, 2293.) Kapasiteetin määrää työvaihe, joka kestää pisimpään. (Lapinleimu ym. 1997, 83.)

Kokoonpanolinja voi olla tahdistettu tai tahdistamaton. Tahdistetussa linjassa materiaali liikkuu mekaanisesti tasaisella nopeudella asemalta toiselle. Tahdistamattomassa linjassa materiaalia siirretään linjaa pitkin joko käsin tai käyttämällä mekaanisia välineitä, kuten trukkia, rullaa tai kuljetinta. (Shaaban & Hudson 2013, 4.)

2.4.1 Työntö- ja imuohjaus

Kokoonpanolinjoilla materiaalinohjaus voi toimia työntö- tai imuohjauksella. Työntöohjauksessa työasemien välissä on välivarasto, josta materiaali siirtyy seuraavalle asemalle. Imuohjauksessa työstettävä materiaali siirtyy seuraavalle vaiheella vasta kun se vaatii sitä. (Shaaban & Hudson, 2013. 4–5). Työntöohjauksen ongelmana on se, että kokoonpanolinjan ylävirrassa tapahtuvat häiriöt kerryttävät välivarastoja työasemien väliin, kun muut asemat jatkavat toimintaansa. Tämä vaikuttaa valmistuksen suunnitteluun ja hallintaan, koska työ monimutkaistuu ja läpimenoajat pitenevät. Imuohjauksessa materiaaliohjaus toteutetaan pienten välivarastojen avulla, jotka kiertävät nopeasti. Impulssina voi toimia esimerkiksi kanban, joka tarkoittaa imuohjauskorttia. Linjalta tyhjä laatikko palautuu osavalmistukseen, joka aloittaa valmistuksen, jonka jälkeen se palautuu takaisin linjalle. (Haverila ym. 2009, 422.) Kanban tarkoittaa siis sitä, että materiaalit imetään loppukokoonpanoon ja työvaiheet ovat liitetty linjaan visuaalisin ohjauskeinoihin (Miettinen 2009, 55). Imuohjauksen ongelmana kuitenkin on, että yhdellä asemalla pysähtynyt tuotanto estää koko kokoonpanolinjan toiminnan (Haverila ym. 2009, 423).

2.4.2 JIT Just-In-Time

JIT eli Just-In-Time valmistus on ohjausperiaate, jossa pääperiaatteena on, että tuotanto suunnitellaan juuri kysynnän mukaan ja materiaali valmistukseen toimitetaan aina tarpeeseen ilman turhia varastoja (Shaaban & Hudson 2013, 6). Se mahdollistaa yritykselle tuotteiden valmistuksen ja toimittamisen asiakkaille tarkasti oikeaan aikaan, minimoiden samalla varastoinnin ja

lyhentäen tuotteiden valmistusaikoja (Liker 2010, 23). Turha varastointi johtuu yleensä pitkistä läpimenoajoista, puutteellisesta suunnittelusta, yhteistyön puutteesta, laatuvirheistä, liian suurista hankinta ja valmistuseristä, ostettavien tuotteiden liian pitkistä toimitusajoista, epävarmoista toimittajista ja pitkistä valmisteluajoista tuotannossa sekä tuotannon joustamattomuudesta. (Miettinen 1993, 52.) JIT-valmistus saavutetaan joukolla eri periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, jotka keskittyvät virtausten optimointiin ja kustannusten minimointiin, samalla kun asiakkaan erityistarpeet pidetään huomiossa. (Liker 2010, 23.) Haverila ym. (2009, 428.) mukaan JIT-tuotannon keskeisiä tunnusmerkkejä ovat korkea tuottavuus, pieni sitoutunut pääoma, korkea laatu sekä nopea läpäisyaika.

JIT perustuu selkeään tuotannonjärjestelyyn, jossa materiaalivirta ja tuotannonohjaus on järjestetty tehokkaasti. Valmistusjärjestelmä on yhtenäinen ja tuotantojärjestelmä pystyy tuotetyyppien vaihtoihin ketterästi. Tämä vaatii sen, että volyymi on tasainen. Kehittämisen lähtökohdista asennustekniikoiden ja menetelmien parantamisella pyritään asetusaikojen lyhentämiseen. Tällöin eräkokoja voidaan pienentää, joka johtaa läpimenoaikojen lyhenenemiseen. Valmistusjärjestelmää kehitetään työnkulun mukaan, jolloin välivarastoja voidaan vähentää. JIT tuotannossa painotetaan myös korkeaa laatutasoa. Pienet virheet kumuloituvat, koska ne pysäyttävät koko linjan toiminnan. Virheet ovat kuitenkin nopeasti havaittavissa tuotannon selkeyden takia. Myös joutoaikaa pidetään joidenkin mielestä JIT-valmistuksen heikkoutena, vaikkakin korkea laatu ja alhaisemmat KET-kustannukset kompensoivat joutoajan aiheuttamaa kulua. (Haverila 2009, 430; Shaaban & Hudson 2013, 6.)

2.5 Toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP-järjestelmä on yrityksen eri toimintojen ja talouden hallintajärjestelmä. Siihen on integroitu keskeiset toiminnot, kuten taloushallinto, osto, tuotanto, logistiikka, asiakashallinta, myynti sekä huolto.

(Teittinen 2008, 11–12.) Toiminnanohjausjärjestelmät on otettu käyttöön yrityksissä, tavoitteenaan kehittää suunnittelujärjestelmiä ja vuorovaikutusta yrityksen sisäisten tai ulkoisten organisaatioiden kanssa (Nestell 2017, 9).

Tuotetiedonhallinta tarkoittaa suunnittelun tarjoaman tiedon hallinnointia. Tuotetieto sisältää kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 9.) Monet yritysten käyttöönottamat toiminnanohjausjärjestelmät pitävät sisällään myös tuotetiedonhallinnan, mutta usein ne ovat käytössä erillisinä järjestelminä (Peltonen ym. 2002, 11).

Tuotetiedonhallintajärjestelmät suunnitellaan yleensä toimimaan suunnittelun lähtökohdista ja niille ominaista ovat; nimikkeiden hallinta, dokumenttien hallinta, tuoterakenteiden hallinta sekä muutosten hallinta (Peltonen ym. 2002, 10). Nimike viittaa mihin tahansa tuotetiedon hallinnan kannalta itsenäiseen yksikköön, joka on tunnistettavissa ja erottuva omalla ’’identiteetillään’’. Nimikkeillä täytyy olla tunniste, jota kutsutaan myös nimikkeen koodiksi. Nimikkeitä hallitaan tuotetiedonhallintajärjestelmässä. (Peltonen ym. 2002, 15.) Kun nimikkeelle tehdään muutoksia ja uusi versio korvaa vanhan version, nimikkeestä syntyy uusi revisio (Peltonen ym. 2002, 33). Tuoterakenne on tietyn tuotemallin osaluettelo, eli tuoterakenne kertoo mistä nimikkeistä tuote koostuu (Peltonen ym. 2002, 60). Tuoterakenteet pitävät sisällään toisistaan riippuvia tietoja. Pieni muutos yhteen tietoon voi laukaista tarpeen muuttaa useita muita tietoja tai ainakin vaatii tarkistamaan, mitä muita tietoja saattaa tarvita päivittää. Muutoksista seuraa yleensä paljon työtä ja kustannuksia. (Peltonen ym. 2002, 71.)

Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä jokaisella nimikkeellä on vaihetieto. Nimikkeet vaiheistetaan toiminnanohjaus- tai tuotetiedonhallintajärjestelmässä. Vaiheistuksessa jokainen nimike eli osa merkitään kuuluvaksi tiettyyn vaiheeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaiselle yksittäiselle nimikkeelle on määritelty tietty vaihe, joka ohjaa sen paikan tuotantoprosessissa. Vaihemalli on taas listaus kokoonpanon työvaiheista eli listaus vaiheista, johon nimikkeet vaiheistetaan. Vaihemalli pitää sisällään työvaiheiden lisäksi työvaiheiden

linkityksen eli järjestyksen sekä niiden kuormitustunnit eli työvaiheiden kestot. (Henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2023)

3 Sandvik Mining & Construction Oy:n kokoonpanolinjojen joustavuus

Sandvik Mining and Construction Oy kuuluu Sandvik AB konserniin, joka on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni. Se tarjoaa asiakkailleen ratkaisuja valmistus-, kaivos- ja infrastruktuuriteollisuudessa. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

Sandvik AB perustettiin vuonna 1862 keskittyen kallion poraukseen tarkoitetun porakaluston valmistukseen. Myöhemmin he laajensivat valikoimaansa ruostumattoman teräksen ja kovametallin valmistukseen. Nykyään Sandvik AB tarjoaa kattavasti kiven louhinta- ja prosessointiratkaisuja kaivosteollisuuden eri tarpeisiin. Sen tuotevalikoimaan kuuluu laitteita kallionporaukseen, louhintaan, murskaukseen, lastaukseen ja kuljetukseen. Lisäksi se tarjoaa asiakkailleen monitorointi palveluita, kaivosautomaatio järjestelmiä sekä tuotteilleen huoltopalveluita ja teknistä tukea. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

Sandvik AB:llä on maailmanlaajuisesti n. 40 000 työntekijää. Myyntiä sillä on yli 150 maassa, ja sen liikevaihto vuonna 2022 oli n. 112 miljardia Ruotsin kruunua. Sandvik AB koostuu kolmesta eri liiketoiminta-alueesta, mitkä ovat Sandvik Mining and Rock solutions, Sandvik Rock processing solutions ja Sandvik Manufacturing and Machining solutions. Sen pääkonttori sijaitsee Ruotsissa, Tukholmassa. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

Sandvik Mining and Construction Oy Turku kuuluu Load & Haul -divisioonaan, joka on osa Sandvik Mining and Rock solutions -liiketoiminta-aluetta. Muita Load & Haul divisioonan toimipisteitä sijaitsee Kiinan Changzhoussa, Etelä-Afrikan Johannesburgissa ja Yhdysvaltojen Camarillossa. Myös Malesian Serembaniin on rakenteilla tehdas. Suurin osa tuotannosta ja tuotekehityksestä kuitenkin tapahtuu Turussa. Turku on myös divisioonan hallinnollinen pääpiste. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

Sandvik Mining and Construction Oy Turku on toiminut vuodesta 1974 ja se pitää sisällään 33 494 neliömetriä tehdaspinta-alaa. Yrityksen henkilöstömäärä vuonna 2022 oli 861 työntekijää. Siellä valmistetaan maanalaisia kovan kiven lastaus- ja kuljetuskoneita (Kuva 3). (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

Kuva 3. Lastaus- ja kuljetuskone (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 23.11.2023).

Lastauskoneiden valikoima sisältää polttomoottorikäyttöisiä, sähkökäyttöisiä ja akkukäyttöisiä malleja, kun taas kuljetuskoneet ovat tällä hetkellä saatavilla vain polttomoottorikäyttöisinä. Tutkimuksen kohteena olevilla tuotantolinjoilla valmistetaan polttomoottorikäyttöisiä lastauskoneita. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 27.9.2023.)

3.1 Business park -projekti

Sandvik aloitti kesällä 2022 Turku Business Park -projektin, jossa se laajensi ja muokkasi sen tuotantoaluetta. Syynä tähän oli kysynnän jatkuva kasvu, kaivosalan sähköistyminen ja digitalisaatio. Hankkeessa yksi toteutettavista muutoksista oli juuri kehitettyjen akkukäyttöisten kaivoskoneiden kokoonpanon

rakentaminen. Uusilla layout-ratkaisuilla oli myös tarkoitus lisätä dieselmoottorikäyttöisten koneiden tuotantoa, sillä niillekin kysyntää riittää pitkälle tulevaisuuteen. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 9.10.2023.)

Tavoitteena oli kasvattaa kyvykkyyttä tuotantomäärien kasvattamisella, toimintojen tehostamisella, keskittämisellä sekä alueen materiaali- ja työvirtojen parantamisella. Näillä keinoilla pyritään edistämään kykyä vastata paremmin asiakkaiden tarpeisiin ja reagoida kasvavaan kysyntään joustavammin ja tehokkaammin. Hankkeen alkuperäinen valmistuminen oli suunniteltu vuoden 2023 viimeiselle kvartaalille. Tällä hetkellä Business Park-hanke on loppusuoralla. (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 9.10.2023.)

3.2 Työn tutkimus ja toteutus

Tutkimuksen tarkoituksena oli tunnistaa ja analysoida kokoonpanolinjojen joustavuuteen vaikuttavia tekijöitä ja esittää kehitysehdotuksia kokoonpanolinjojen joustavuuden parantamiseksi.

Tämän opinnäytetyön lähestymistapa oli soveltava tutkimus. Työssä tehtiin nykytila-analyysi, jonka avulla tunnistettiin käytännön ongelmia ja haasteita, jotka toimivat lähtökohtana kehitysehdotusten luomiselle. Tutkimustyypiltään työ oli tapaustutkimus, joka keskittyy tiedonkeruuseen tapauksesta tai pienen joukon toisiinsa suhteessa olevista tapauksista.

Tutkimusmenetelmät jaetaan yleensä kvalitatiiviseen eli laadulliseen tai kvantitatiiviseen eli määrälliseen tutkimusmenetelmään. Heikkilä (2014, 15.) kuvailee kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusmenetelmää tilastolliseksi tutkimukseksi. Sen avulla selvitetään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus taas auttaa ymmärtämään tutkimuskohdetta. Yleisesti kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen ovat erotettu toisistaan siten, että kvantitatiivinen lähestymistapa painottaa numeeristen tietojen käyttöä (Hirsjärvi & Hurme 2011, 24). Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, kuten haastattelu ja havainnointia. Tässä tutkimuksessa kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä oli toimiva ratkaisu, koska sillä

pyrittiin juuri ymmärryksen saavuttamiseen tutkimuskohteesta. Useiden tutkimusmenetelmien käyttöä selittää se, että Hirsjärven & Hurmeen (2011, 38.) mukaan tutkimusmenetelmien käytön laajentamisella pystytään tuomaan esiin laajempia näkökulmia ja lisäämään tutkimuksen luotettavuutta.

Opinnäytetyössä teemahaastattelua käytettiin pääasiallisena tutkimusmenetelmänä. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä, jossa kysymykset ovat kaikille haastateltaville samat, mutta niiden sanamuoto voi vaihdella (Hirsjärvi & Hurme 2011, 45–47). Tämä tarkoittaa sitä, että haastattelun teema on tiedossa, kuitenkin kysymysten muotoilu ja järjestys jätetään avoimeksi ja mukautetaan tilanteen mukaan (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 208). Haastattelu on menetelmänä hyvä, koska se tarjoaa joustavan tavan kerätä aineistoa, joka voidaan sovittaa tilanteen ja vastaajan tarpeisiin (Hirsjärvi ym. 2009, 205).

Hirsjärvi ym. (2009, 212.) mukaan haastatteluiden avulla saadaan esille henkilöiden mielipiteitä, tunteita ja uskomuksia, mutta ne eivät välttämättä aina ole linjassa todellisuuteen, siksi työssä toisena tutkimusmenetelmänä käytettiin havainnointia. Merleau-Pontyn mukaan maailma on se, mitä koko ajan havaitsemme ja maailma on luonnollinen ympäristömme, josta teemme havaintomme ja sitä koskevat päätelmämme (Vilkka 2018, 156). Tästä voidaan todeta, että havainnointi on tapa hankkia tietoa ympäröivästä maailmasta, se perustuu siihen mitä aistimme ja huomaamme ympäristössämme. Havainnoinnin avulla voidaan saada välitöntä ja suoraa tietoa yksilöiden, ryhmien tai organisaation toiminnasta ja käyttäytymisestä (Hirsjärvi ym. 2009, 213).

Tutkimus aloitettiin perehtymällä toimeksiantajayrityksen tuotantoon. Yritys ja sen tuotanto olivat itselleni jo ennestään tuttuja, joten aiemmat kokemukset tukivat tutkimuksen tekemistä. Tutkimusosuus suoritettiin tekemällä nykytila-analyysi, jonka avulla pyrittiin saamaan ymmärrys tutkimuskohteena olevien kokoonpanolinjojen nykytilanteesta. Analyysin tarkoituksena on tuoda esiin keskeiset havainnot ja ongelmat, jotka vaikuttavat tuotannon joustavuuteen. Nykytila-analyysi suoritettiin haastatteluiden ja havainnoinnin avulla.

Haastatteluihin valittiin 13 henkilöä, yrityksen eri osastoilta. Haastatellut henkilöt edustivat laajaa asiantuntemusta, kattaen tuotannontyöntekijöitä, tuotannon esihenkilöitä, valmistuspäällikön, tuotannonsuunnittelijoita, rakennekäsittelijöitä sekä tuotannonkehityksen henkilöitä. Havainnointi toimi tukena haastattelutulosten varmentamisessa ja sen avulla tutkittiin yrityksen prosessien toimintaa ja järjestelmiä.

Nykytila-analyysin tuloksena syntyi kuvaus kokoonpanolinjojen ja niihin liittyvien prosessien toiminnasta. Analyysissa tuotiin esiin havainnot, joiden tunnistettiin vaikuttavan tuotannon joustavuuteen suhteessa ennalta määriteltyihin tutkimuskysymyksiin. Näiden havaintojen perusteella laadittiin kehitysehdotuksia siitä, miten tuotannon joustavuutta voitaisiin parantaa.

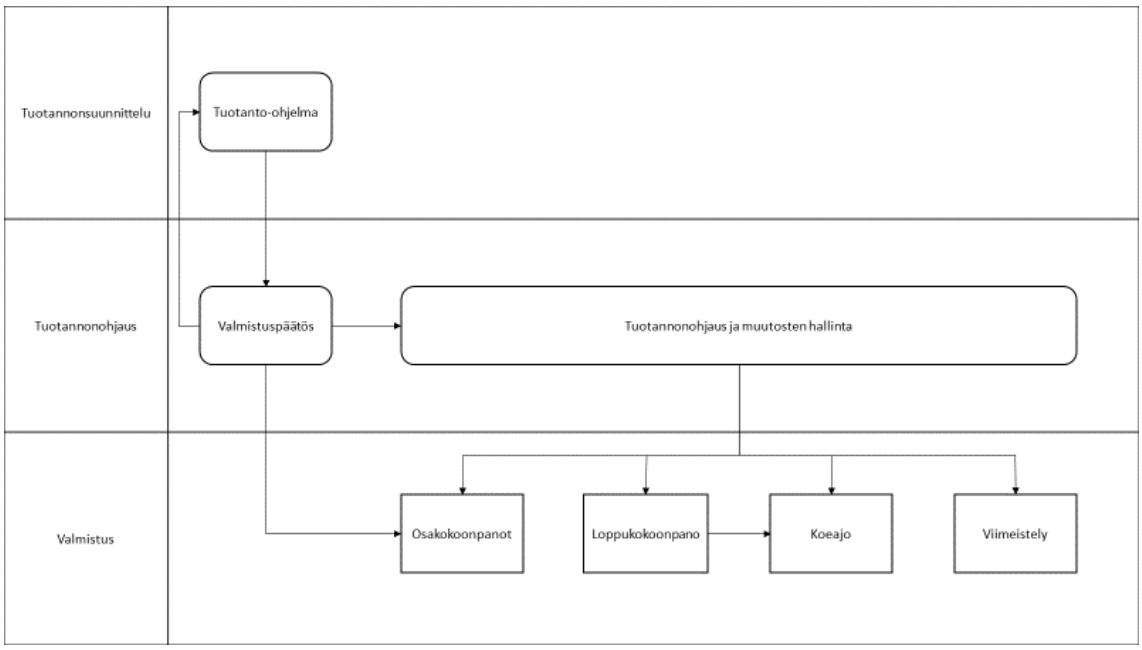
Tarkasteltaessa tutkimuksen luotettavuutta eli reliabiliteettia, arvioidaan mittaustulosten toistettavuutta. Reliaabelius voidaan todeta, jos kaksi tai useampi arvioijaa päätyy samaan tulokseen tai samaa henkilöä haastatellessa eri tutkimuskerroilla saadaan sama tulos. Tarkasteltaessa tutkimuksen pätevyyttä eli validiutta, arvioidaan tutkimusmenetelmän kykyä mitata juuri sitä, mitä on tarkoituskin mitata. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.) Tässä tutkimuksessa täydellistä reliabiliteettia ja validiutta voi olla vaikea saavuttaa, koska avoimet haastattelut antavat tilaa moninaisille vastauksille, eli haastateltavat voivat ymmärtää kysymyksen eri tavoin. Haastateltavien tulkinnat kysymyksistä saattavat myös vaihdella, ja vastauksien luotettavuus on riippuvainen haastateltavan asiantuntemuksesta ja asenteesta. Kokonaisvaltaisesti saatujen tulosten reliabiliteetin ja validiteetin voidaan todeta olevan hyvä, sillä tehtyjen haastatteluiden perusteella luotiin kokonaisvaltainen kuva kokoonpanolinjoilla esiintyvistä ongelmista, ja niistä saadut tulokset olivat yhdenmukaisia tehtyjen havaintojen kesken.

3.3 Nykytilan kuvaus

Tässä osiossa keskitytään tuotannon toiminnan nykytilan kuvaamiseen. Osiossa tarkastellaan tuotantoa ja sen eri osa-alueita, kuten tuotannonsuunnittelua, kokoonpanon toimintaa ja materiaalivirtaa. Tämä osuus antaa kokonaiskuvan kokoonpanolinjojen sekä siihen kytkeytyneiden prosessien toiminnasta.

Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelun osasto koostuu tuotannonsuunnittelun päälliköstä, master plannerista ja tuotannonohjaajista. He ovat vastuussa tuotannonsuunnittelun toiminnoista. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.) Tuotannonsuunnittelun- ja ohjauksen prosessista tehtiin havainnollistava uimaratakaavio (kuva 4). Uimaratakaaviossa keskitytään havainnollistamaan vain tuotannonsuunnittelun ja valmistuksen välistä yhteyttä.



Kuva 4. Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023).

Kokonais- ja karkeasuunnittelusta vastaa tuotannonsuunnittelun päällikkö ja master planner. Se tehdään DSB-prosessin eli Demand and Supply Balancing -

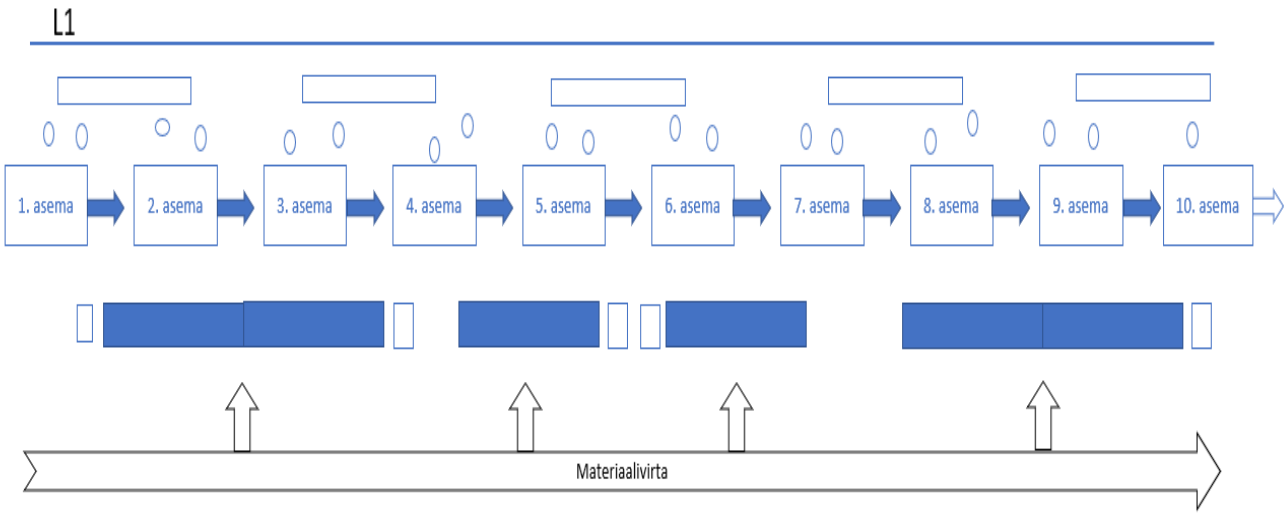
prosessin kautta, jossa myyntiennusteiden perusteella luodaan alustava tuotanto-ohjelma eli koneet kuormitetaan alustavasti tietyille resursseille. Tämän jälkeen master planner avaa ennustetyöt toiminnaohjausjärjestelmään. Ennustetyöt avataan varsinaisiksi töiksi tuotannonohjaajien toimesta vasta, kun koneet ovat saaneet valmistuspäätöksen. Tuotannonohjaajat tekevät hienosuunnittelua ja ovat vastuussa muutosten hallinnasta mahdollisten tuotantohäiriöiden tai esteiden sattuessa. Tuotannonohjaajat vastaavat myös toiminnanohjausjärjestelmässä olevien vaihemallien ja vaiheistuksien hallinnasta ja muutoksista. Vaiheistusprosessista heidän lisäkseen vastaa rakennekäsittely, sekä tuotannontuki. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)

Tuotanto

Tehtaan tuotanto pitää sisällään valmistusosastoja kuten runkovalmistuksen, osakokoonpanoja, solukokoonpanoja sekä kokoonpanolinjoja. Valmistusosastot sekä osakokoonpanot tuottavat osia ja komponentteja paikkakokoonpanojen sekä kokoonpanolinjojen tarpeisiin. Vaikkakin tuotanto-ohjelma perustuu kysyntäennusteisiin, se ei ole varasto-ohjautuvaa vaan tuotanto on tilausohjautuvaa, koska kunkin koneen valmistamiseen vaaditaan, että sille on määritelty ja vahvistettu asiakas. Tuotanto-ohjelma perustuu kysyntäennusteisiin, koska vaadittavilla osilla ja komponenteilla on pitkät toimitusajat. Satunnaisesti koneita kuitenkin valmistetaan varastoon, mutta tässä tapauksessa sillä pitää olla sisäinen valmistuspäätös. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)

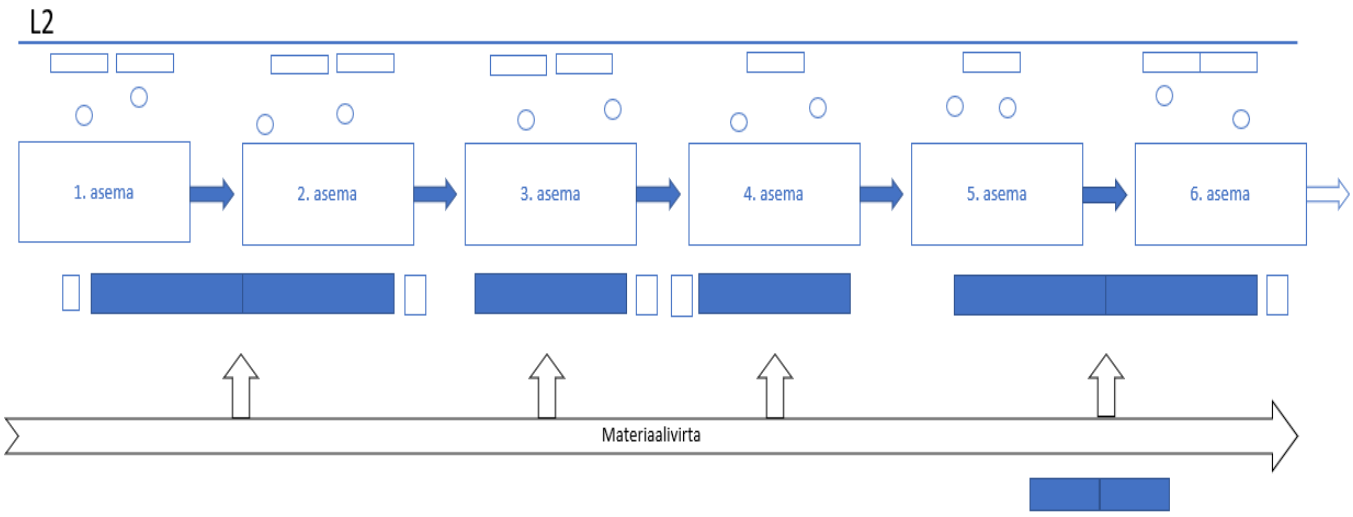
Lastauskoneiden valmistus tapahtuu L1- ja L2-kokoonpanolinjoilla. Linjojen henkilöstö koostuu työnjohtajista, asemavastaavista sekä kone- ja sähköasentajista. Kokoonpanolinjat koostuvat useista työasemista, joissa varustellaan osat ja komponentit, jotka niille on vaiheistettu. Linjat ovat tahdistamattomia, eli koneet siirretään automaattisen linjaston sijaan manuaalisesti, lattiaan integroitujen urien tai ilmalautan avulla. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)

L1- ja L2-kokoonpanolinjojen toiminta on pääpiirteisesti sama lukuun ottamatta pieniä eroja työasemien määrän ja siirtojärjestelmän suhteen. L1-kokoonpanolinjalla (kuva 5) on 10:nen työasemaa ja tavoitteena on, että kone siirtyy päivän välein asemalta toiselle. Tavoiteltu läpimenoaika on 10 päivää. Koneet siirretään seuraavalle asemalle kuljettimella, joka liikkuu lattiaan integroituja uria pitkin. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)



Kuva 5. L1-kokoonpanolinja (Sandvik, henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023).

L2-kokoonpanolinjalla (kuva 6) on 10:nen aseman sijaan kuusi asemaa, joissa kokoonpanotyötä tehdään. Tarkoituksena on, että koneet siirtyvät kahden päivän välein seuraavalle työasemalle, jolloin läpimenoaika on 12 päivää. Siirtojärjestelmänä käytetään manuaalisesti ohjattavaa ilmalauttaa. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)



Kuva 6. L2-kokoonpanolinja (Sandvik, henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023).

Asennus kokoonpanolinjoilla tapahtuu siten, että alkupäähän saapuu takarunko, jonka jälkeen aloitetaan varusteluprosessi. Runkoon asennetaan mekaaniset osat, hydrauliikkaa sekä sähköjärjestelmät, jonka jälkeen linjan keskivaiheilla takarunkoon yhdistetään valmiiksi varusteltu eturunko. Virtojen kytkennän jälkeen loppuvaihe sisältää erilaisia testauksia, käynnistyksen ja paineidensäädöt. Loppuvaiheessa asennetaan kauha ja pyörät, jonka jälkeen suoritetaan lopulliset tarkastukset. Näiden jälkeen kone siirtyy koeajoon. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)

Materiaalit kulkeutuvat linjoille imuohjautuvasti (Just-In-Time). Logistiikka vastaa osien ja komponenttien toimittamisesta. Osat toimitetaan linjalle, joko niille osoitetulle paikoille tai linjan vieressä sijaitseviin hyllyihin. Materiaalipyyntö tehdään työntekijöiden toimesta toiminnanohjausjärjestelmässä joko keräilypyyntönä tai erilliskeräilynä. Logistiikka saa tämän jälkeen keräily- tai siirtopyynnön, jonka he kuittaavat. Tämän jälkeen he toimittavat materiaalin sille osoitettuun paikkaan. Vaiheistus määrittää mihin keräilyyn ja mille asemalle osa tai komponentti tulee. (Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2023.)

3.4 Tutkimustulokset

Tässä osiossa tarkastellaan kokoonpanolinjojen nykytila-analyysista ilmenneitä havaintoja. Näitä tekijöitä arvioidaan suhteessa tutkimuskysymyksiin, keskittyen niiden vaikutuksiin kokoonpanolinjojen toimintaan. Konemallien nimet ovat muutettu toimeksiantajan toiveen mukaan siten, että niitä ei voida tunnistaa.

Tutkimuksessa havaittiin, että keskeisin syy, joka vaikuttaa konemallien vaihteluun 10- ja 6-paikkaisen linjakokoonpanon välillä, kuten pitkän linjan kuormitusta kuudelle työasemalle on vaiheistus. Tämä vaikuttaa edellä mainittuun siten, että samoja koneita ei pystytä vaiheistamaan eripituisille linjoille niin, että materiaalit tulisivat L1-linjalle 10:nen aseman mukaan ja L2-linjalle 6:n aseman mukaan. Tämän seurauksena koneet, joita valmistetaan L1- sekä L2-kokoonpanolinjoilla ovat kummatkin vaiheistettu 10-paikkaisen linjan vaihemallin mukaan vaikkakin L2-linjalla on vain kuusi työasemaa. Tämä johtuu siitä, että tuotannonohjaajien on käytettävä L1-linjan mukaista 10-paikkaista vaihemallia, koska rinnakkaisia vaihemalleja, joissa nimikkeet ovat vaiheistettu eri vaiheille ei pystytä toteuttamaan, koska nimikettä ei voida vaiheistaa kahdelle eri vaiheelle. Tämän johdosta materiaalit tulevat L2-linjalle väärille asemille ja työntekijöiden on käytettävä aikaa ja resursseja osien etsimiseen, mikä lisää turhaa työtä sekä ajan hukkaa ja näin ollen työn tehokkuus kärsii.

Tutkimuksessa kuitenkin ilmeni, että toimeksiantajayrityksellä on käynnissä hanke, joka liittyy tuotetiedonhallintajärjestelmän kehittämiseen. Hankkeen vastuuhenkilön mukaan se voisi tarjota ratkaisun vaiheistusongelmaan, kun vaiheistustoiminnot siirretään toiminnanohjausjärjestelmästä tuotetiedonhallintajärjestelmään ja sen myötä samoja nimikkeitä voidaan vaiheistaa eri vaiheille.

Tutkimuskysymykseen, miten kokoonpanolinjat sopeutuvat eri konemalleihin, kartoitettiin rajoituksia sekä huomioita, jotka vaikuttavat ratkaisevasti kokoonpanolinjojen kykyyn mukautua ja valmistaa eri konemalleja.

Tällä hetkellä kokoonpanolinjoilla tuotetaan pääasiassa LH005-, LH004-, LH003- ja LH002-konemalleja. Lisäksi linjoille saatetaan kuormittaa tarpeen vaatiessa LH001-konemallia, vaikkakin sen valmistus on siirretty pääosin alihankkijalle. Toiminnanohjausjärjestelmästä saatu data osoittaa, että tähän mennessä uudella L1-kokoonpanolinjalla on valmistettu ainoastaan LH005- ja LH004-konemalleja, kun taas L2-linjalla on valmistettu LH004-, LH003- ja LH002-konemalleja. Haastattelutulokset eivät paljastaneet erityisiä rajoituksia tai huomioita näiden koneiden suhteen, ja ne ovat toistaiseksi toimineet vakiokoneina kullakin linjalla. Kuitenkin eri koneiden sovittaminen kokoonpanolinjojen välillä ei onnistu ilman muokkauksia ja kehitystoimenpiteitä.

Tarkasteltaessa LH003-, LH002- ja LH001-konemallien sopivuutta L1-linjalle tuli esiin, että siirtojärjestelmä asettaa haasteita kaikkien kyseisten koneiden osalta, sillä L1-kokoonpanolinjalla ei ole tarvittavia pukkeja tai sovituspaloja, joiden päällä koneita siirrettäisiin. L1-linjalla ei ole myöskään LH003-, LH002 -ja LH001 -konemalleihin sopivia nousutasoja, joissa asennustyötä tehdään. Varsinaisia muita fyysisiä esteitä siirtojärjestelmän lisäksi ei havaittu, paitsi asiakasräätälöity LH004-konemalli, jossa yksi optio muokkaa koneen runkoa niin, että se ei mahdu kunnolla liikkumaan linjalla.

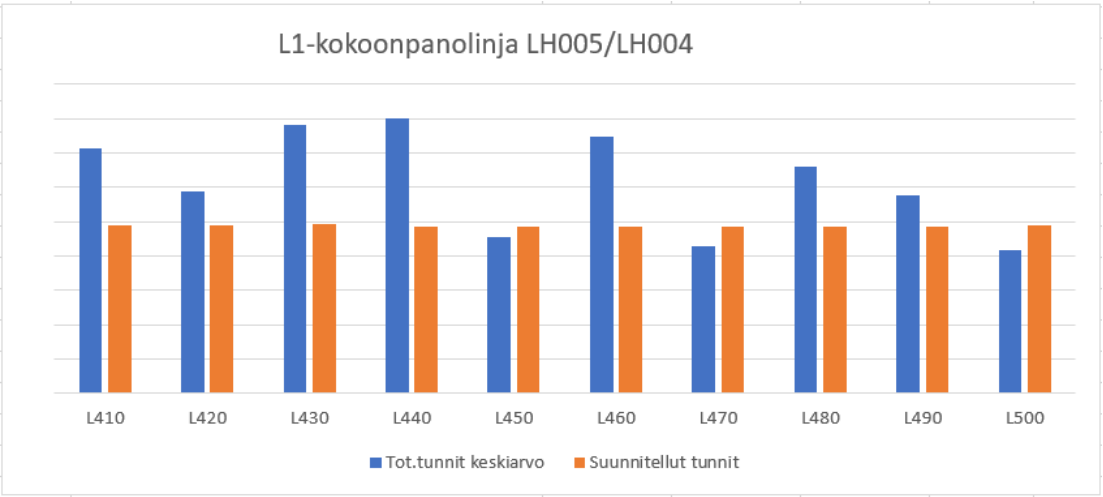
Tarkasteltaessa LH005-konemallin sopivuutta L2-kokoonpanolinjalle todettiin L1-kokoonpanolinjan tapaan suurimmaksi ongelmaksi olevan siirtojärjestelmä. Haastatteluissa ilmeni, että ilmalautan kantokyky ei välttämättä riitä siirtämään näin suurta konetta, ja lisäksi sopivia pukkeja, joihin koneen voisi laskea, ei ole saatavilla. LH001-konemallin suhteen työntekijät kokivat, että kyseinen kone voidaan mitä suurimmalla todennäköisyydellä valmistaa linjalla ilman suurempia ongelmia. Huomioina kuitenkin esitettiin, että LH001-konemallin kuormittaminen L1- ja L2-kokoonpanolijoille on mahdollinen riski, koska kyseistä konetta tehdään harvoin, ja sen työjärjestykset poikkeavat muista konemalleista. Nämä edellä mainitut huomiot saattavat vaikuttaa työskentelyn sujuvuuteen ja näin ollen pidentää läpimenoaikaa.

Näiden lisäksi todettiin myös, että linjalla harvemmin tehtävät koneet vaativat pientä totuttelua, koska niihin ei ole vielä muodostunut rutiinia, mikä aiheuttaa

läpimenoajan pidentymistä. Työntekijöiden toiveena oli, että linjoilla pyrittäisiin mahdollisimman vähäiseen varianssiin, koska tämä helpottaa työn sujuvuutta. Yhteenvetona voidaan todeta, että linjat kykenevät valmistamaan tietyt konemallit hyvin, mutta harvinaisemmat mallit sekä erikoismallit tuovat haasteita. Fyysiset esteet ja siirtojärjestelmien rajoitukset vaikuttavat eniten konemallien sopivuuteen kokoonpanolinjoilla. Nämä tekijät vaikuttavat suoraan tuotannonsuunnittelun ja tuotannon ketteryyteen, koska ne estävät konemallien vaihtelua linjojen välillä.

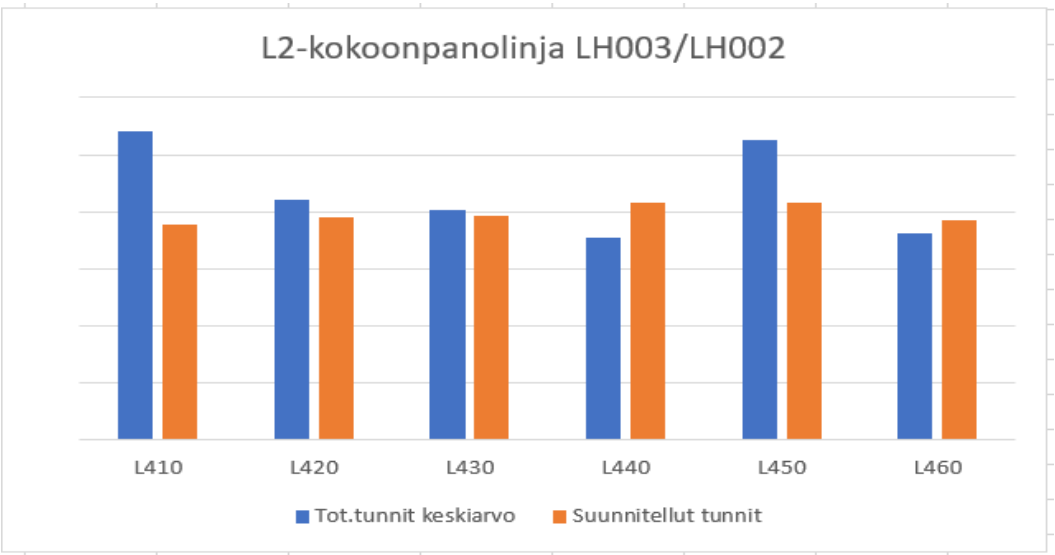
Tutkimuksessa ilmeni myös merkittäviä haasteita, jotka vaikuttavat kokoonpanolinjojen kuormittamiseen eri volyymitilanteissa. Erityisesti esiin nousivat työvaiheiden pullonkaulat. Nämä ovat aiheuttaneet toteutuneiden tuntien ylityksen suunnitelluista tunneista. Tutkimuksen perusteella yhteinen näkemys oli, että syy, joka johtaa siihen, ettei vaiheilla päästä suunniteltuihin tuntimääriin on henkilöstöpula.

Tarkasteltaessa yrityksen sisäisiä mittareita L1-linjalla (kuva 7), voidaan havaita, että LH005- ja LH004-konemallien suhteen vain L450-, L470- ja L500-vaiheet onnistuivat pääsemään suunniteltuihin tunteihin. Toteutuneet tunnit ylittivät muissa vaiheissa suunnitellut tunnit selvästi. Suurimmat erot ovat nähtävissä L410-, L430-, L440- ja L460-vaiheilla.



Kuva 7. Kuormitustuntien toteutuma LH005/LH004 (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.11.2023).

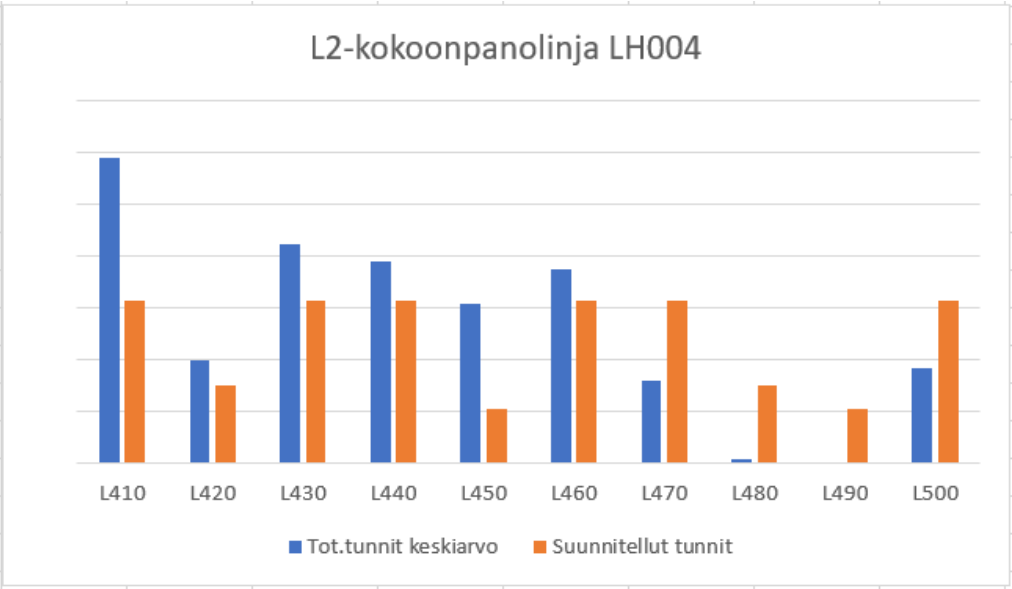
Tarkasteltaessa L2-linjalla toteutuneita ja suunniteltuja tunteja (kuva 8), voidaan havaita, että LH003- ja LH002-konemalleissa ainoastaan vaiheet L440 ja L460 pääsevät suunniteltuihin tunteihin. Suurimmat erot ovat havaittavissa L410- ja L450-vaiheilla.



Kuva 8. Kuormitustuntien toteutuma LH003/LH002 (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.11.2023).

LH004 konemallin tuntien toteutuma taas L2-linjalla osoittaa (kuva 9), että suunniteltuihin tunteihin pääsevät L470-, L480-, L490-vaiheet. Huomionarvoista

on kuitenkin, että L480 -ja L490 -vaiheiden toteutuneisiin tunteihin ei ole merkitty tunteja. Suurimmat erot voidaan havaita L410 -ja L450 -vaiheilla.



Kuva 9. Kuormitustuntien toteutuma LH004 (Sandvik Oy, henkilökohtainen tiedonanto 7.11.2023).

Yhteenvetona voidaan todeta, että henkilöstöresurssien puute, aiheuttaa kokoonpanolinjojen vaiheilla ylikuormitusta. Tämä voi johtaa läpimenoaikojen pidentymiseen ja tuottavuuden laskuun, vaikuttaen siten toimitusaikoihin ja toimitusvarmuuteen.

Tutkimuksessa havaittiin myös muita ongelmia, jotka voivat vaikuttaa tuotannon joustavuuteen, mutta ne eivät olleet keskeisiä tutkimuskysymysten kannalta. Haastatteluissa ilmeni, että osaamisen koetaan laskeneen, kun osa henkilöstöstä siirrettiin toisiin työtehtäviin. Tästä johtuen kokoonpanolinjoilla työskentelevät henkilöt eivät välttämättä hallitse muita työasemien vaiheita niin, että heitä voitaisiin käyttää paikkaamaan muilta asemilta poissaolevia henkilöitä, joka aiheuttaa haasteita poissaolojen sattuessa.

Seuraavassa osiossa esitetään kehitysehdotuksia havaittuihin tekijöihin, jotka vaikuttavat tutkimuskysymyksiin. Lisäksi perustellaan, miten nämä ehdotukset edistävät tuotannon joustavuutta.

4 Kehitysehdotukset

Tässä osiossa esitetään kehitysehdotukset, jotka perustuvat nykytila-analyysissa havaittuihin ongelmiin, jotka vaikuttavat työssä oleviin tutkimuskysymyksiin.

4.1 Vaihtelu 10 -ja 6-paikkaisen linjakokoonpanon välillä

Tehtyjen tutkimusten perusteella havaittiin, että konemallien vaihtelu 10- ja 6-paikkaisen linjakokoonpanon välillä hankaloituu vaiheistuksen takia. Kuten edellisessä osiossa todettiin ongelman syynä, oli se, että yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä, jossa vaiheistus tapahtuu ei tue kahden vaiheen määrittelyä yhdelle nimikkeelle.

Tutkimuksessa kuitenkin ilmeni, että yrityksessä on meneillään hanke, jonka tarkoituksena on kehittää tuotetietojen hallintaa. Hankkeen yksi keskeisimmistä vaikutuksista on, että vaiheistus siirtyy tuotetiedonhallintajärjestelmään. Tämä ominaisuus voi tarjota ratkaisun ongelmaan, koska sen avulla samoja nimikkeitä voidaan mahdollisesti vaiheistaa eri vaiheille

Kehitysehdotuksena suosittelen toteuttamaan simuloinnin tuotetiedonhallintajärjestelmässä rinnakkaisen vaihemallin avulla. Tämän avulla voitaisiin käyttää eri vaihemalleja koneissa, joita valmistetaan molemmilla linjoilla ja mahdollistaa sen, että L2-kokoonpanolinjalla materiaalit tulevat niille tarkoitetuille paikoille. Tämä vähentää turhaa työtä ja näin ollen parantaa L2-kokoonpanolinjan tehokkuutta ja siten lisää joustavuutta tuotannossa.

4.2 Kokoonpanolinjojen sopeutuminen eri konemalleihin

Tehtyjen tutkimusten perusteella havaittiin useita huomioita ja rajoitteita, jotka vaikuttavat konemallien soveltuvuuteen L1 -ja L2-kokoonpanolinjoilla.

L1-kokoonpanolinjalla konemallien LH005 ja LH004 valmistamisen suhteen ei ole havaittu ongelmia tai rajoituksia. LH003-, LH002 -ja LH001-konemalleissa ongelmina havaittiin olevan, ettei linjalla ole sopivia pukkeja ja niiden sovituspaloja sekä nousutasoja. Asiakasräätälöidystä LH004-konemallista todettiin, että se ei sovi L1-linjalle, koska se ei mahdu kulkemaan linjalla hydraulisäiliön kyljessä olevan peilitelineen takia. L2-kokoonpanolinjalla konemallien LH004, LH003, LH002, ja LH001 tekemisessä ei koeta olevan rajoitteita. Myös asiakasräätälöity LH004 voidaan valmistaa ilman ongelmia. LH005 koneen valmistamista saattaa rajoittaa lautan kantokyky, koska ilmalautassa ei arvioiden mukaan riitä teho niin ison koneen siirtämiseen. Sen lisäksi siihen ei ole myöskään sopivia pukkeja.

Kehitysehdotuksina kyseisiin ongelmiin, suosittelen L1-linjalle teetettävän uudet nousutasot ja pukit sekä sovituspalat. Näiden toimien avulla voidaan poistaa rajoitteet, jotka koskevat LH003-, LH002 -ja LH001-konemalleja. L2-linjalle suosittelen harkitsemaan uuden ilmalautan hankkimista, jolla kyetään siirtämään vaivattomasti myös LH005-konemalli. Näiden parannusten avulla voidaan kehittää kokoonpanolinjojen joustavuutta konemallien suhteen, mahdollistaen kaikkien konemallien kokoonpanon molemmilla linjoilla ja parantaen näin tuotannon kykyä vastata vaihtelevaan kysyntään.

4.3 Kuormitus eri volyymitilanteissa

Tutkimuksen perusteella havaittiin, että keskeinen ongelma, joka vaikuttaa tuotannon kuormittamiseen vaihtelevissa volyymitilanteissa on henkilöstön resurssipula. Tämä voitiin todentaa vertailemalla yrityksen kokoonpanolinjojen toteutuneiden ja suunniteltujen kuormatuntien toteutumaa. L1-kokoonpanolinjalla suurimmat erot LH005- ja LH004-konemallien suhteen havaittiin olevan L410-, L430-, L440- ja L460-vaiheilla. L2-kokoonpanolinjalla LH003-, LH002- ja LH004-konemallien suhteen suurimmat havaitut erot olivat L410- ja L450-vaiheilla. Tästä voidaan päätellä, että kyseiset vaiheet tarvitsevat lisäresurssointia. Vaikka henkilöstön määrää lisäämällä tehtyjen työtuntien määrä kasvaa, työvaiheet voidaan suorittaa samanaikaisesti tai rinnakkain, jolloin kokonaistyöaika vähenee.

Kehitysehdotuksena suosittelen henkilöresurssien lisäämistä L1-kokoonpanolinjalla L410-, L430-, L440- ja L460-vaiheille sekä L2-kokoonpanolinjalla L410- ja L450-vaiheille. Takaamalla työvaiheiden riittävät resurssit, voidaan varmistaa, että kokoonpanolinja on tasapainoinen ja tuotanto pysyy aikataulussaan. Näin voidaan lisätä kustannustehokkuutta ja parantaa tuotannon joustavuutta. Vaihtoehtoiskustannuksena on heikentynyt toimitusvarmuus varsinkin volyymien kasvaessa.

5 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kehitysehdotuksia, joiden avulla voidaan parantaa Sandvik Mining and Construction Oy:n kokoonpanolinjojen joustavuutta. Työssä suoritettiin nykytila-analyysi, jonka perusteella tunnistettiin rajoituksia ja huomioita, jotka vaikuttavat ennalta määriteltyihin tutkimuskysymyksiin, tunnistettujen tekijöiden pohjalta luotiin kehitysehdotukset, joiden avulla on mahdollista parantaa tuotannon joustavuutta.

Tunnistetut ongelmat vaikuttivat tuotantoon monin erilaisin tavoin, kuten vähentämällä tehokkuutta, aiheuttamalla epätasapainoa sekä laskemalla tuottavuutta. Näiden ongelmien voidaan todeta vaikuttavan tuotannon reagointiin toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja näin ollen vähentää tuotannon joustavuutta. Kehitysehdotusten avulla on mahdollista vähentää tai poistaa tunnistettuja ongelmia ja siten parantaa tuotannon joustavuutta.

Tarkasteltaessa mahdollisia rajoituksia tutkimuksessa huomioina on se, että simulointia tuotetiedonhallintajärjestelmässä ei kyetty tekemään itse, puuttuvien järjestelmäoikeuksien takia. Lisäksi sisäisten mittareiden oikeellisuus perustuu siihen, että työntekijät leimaavat tuntinsa oikeille vaiheille, eikä tätä voitu täysin todentaa. Tutkimuksessa saadut tulokset ovat yleistettävissä ja siirrettävissä sillä havaitut ongelmat ja kehitysehdotukset voivat tarjota hyödyllistä tietoa yrityksen muihin kokoonpanolinjoihin, paikkakokoonpanoihin sekä osakokoonpanoihin. Tutkimuksessa saatuja tuloksia voidaan hyödyntää käytännössä, koska kehitysehdotukset voidaan ottaa suoraan käyttöön yrityksessä sen niin halutessaan.

Tutkimuksessa tunnistettiin myös muita haasteita, kuten osaamisen lasku työntekijöiden siirtojen seurauksena. Vaikka ongelma ei vaikuttanut merkittävästi tutkimuskysymyksiin, herättää se kiinnostavia kysymyksiä jatkotutkimusta varten. Esitänkin, että tulevaisuuden tutkimuksessa tarkasteltaisiin mahdollisuutta työnkiertoon, jonka avulla voitaisiin lisätä ja laajentaa kokoonpanolinjojen työntekijöiden osaamista niin, että he kykenevät

suorittamaan oman työasemansa lisäksi myös muita tehtäviä kokoonpanolinjalla.

Lähteet

Anil Kumar, S. & Suresh, N. 2009. Operations management. New Delhi: New age international.

Aswathappa, K. & Shridhara Bhat, K. 2009. Production and operations management. Mumbai, India: Himalaya Pub.

Boncamper, I. 1995. Tuotannonsuunnittelu. 2., korjattu painos. Hämeenlinna: Wetterhoffin käsi- ja taideteollisusoppilaitos.

De Leeuw, A. C. J. & Volberda, H. W. 1996. On the concept of flexibility: A dual control perspective. Vol 24, 121–139, https://www-sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/0305048395000542

Gunasekaran, A. 2001. Agile manufacturing the 21st century competitive strategy. 1. painos. Oxford; New York: Elsevier.

Haverila, M.; Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs johtamistekniikka Oy

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. painos. Helsinki: Edita.

Hirsjärvi, S & Hurme, H. 2011. Tutkimushaastettelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus University Press

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Kamensky, M. 2010. Strateginen johtaminen: menestyksen timantti. 2. tark p. Helsinki: Talentum

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo; Helsinki; Juva: WSOY

Liker, J.K., Niemi, M. 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P., Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Nestell, J.G., Olson, D.L., 2017. Succesful ERP Systems: A Guide for Businesses and Executives. Business Expert Press.

Peltonen, H., Martio, A., Sulonen, R. 2002. PDM-Tuotetiedonhallinta. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy

Porter, M.E. 1985. Kilpailuetu. Espoo: Amer yhtymä Oy Weilin+Göösin kirjapaino.

Roshani, A., Giglio, D. 2015 A Mathematical Programming Formulation for Cost-oriented Multi-manned Assembly Line Balancing Problem. Vol 48, 2293-2298. https://www-sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S2405896315006680

Saarelainen, E. 2021. Resilienssi-organisaation selviytymistaidot. Books on Demand.

Shaaban, S., Hudson, S. 2013. Production Line Efficiency: A Comprehensive Guide for Managers. New York, NY: Business Expert Press.

Schiraldi, Massimiliano, M. 2013. Operations management. Rijeka: IntechOpen

Slack, N., Brandon-Jones, A., Johnston, R. 2016. Operations Management. 8. painos. Harlow, United Kingdom: Pearson Education

Sushil 2000. Concept of systemic flexibility. Global Journal of flexible Systems Management. Vol 1, 77–80. https://www.researchgate.net/publication/273392934_Concept_of_Systemic_Flexibility

Teittinen, H. 2008. Näkymätön ERP: Taloudellisen toiminnanohjauksen rakentuminen. Jyväskylän yliopisto.

Vilkka, H. 2018. Havainnot ja havainnointimenetelmät tutkimuksessa. Teoksessa Valli, R. (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. 5. painos. PS-kustannus

Wild, R. 1999. Production and operations management: text and cases. 5. painos. London: Cassell.