Tampereen yliopisto

Serafiina Kapanen

LEAN-AJATTELUN VAIKUTUS TUOTANNON TEHOKKUUTEEN

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Hasse Nylund
Kesäkuu 2024

TIIVISTELMÄ

Serafiina Kapanen: Lean-ajattelun vaikutus tuotannon tehokkuuteen, The influence of Lean thinking on production effctiveness
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden kandidaattiohjelma, konetekniikka
Kesäkuu 2024

Lean-ajattelu on parantanut organisaatioiden tehokkuutta jo 1940-luvulta alkaen. Siitä lähtien lean-ajattelu on kehittynyt paljon ja yhä useampi organisaatio ottaa lean-ajattelun käyttöön. Sen päätavoitteena on parantaa organisaatioiden tehokkuutta ja tuottavuutta. Tässä työssä tarkastellaan, miten lean on vaikuttanut erityisesti autoteollisuuden organisaatioiden tehokkuuteen.

Työ koostuu neljästä osasta. Ensimmäisessä osassa perehdytään tarkemmin lean-ajatteluun. Työssä käydään läpi lean-ajattelun historiallinen kehitys ja sen perusperiaatteet. Lean-ajattelun tarkoituksena on vähentää tai täysin eliminoida hukkaa eli arvoa tuottamatonta toimintaa. Työssä tarkastellaan eri hukan tyyppejä sekä yhtä lean-menetelmää, joka poistaa hukkaa, ja yhtä lean-työkalua, joka auttaa tunnistamaan hukkaa.

Toisessa osassa perehdytään tehokkuuteen. Tehokkuus on laaja käsite, jota voidaan tarkastella monista eri näkökulmista, kuten taloudellisesta näkökulmasta, joka keskittyy tuottavuuteen sekä kannattavuuteen. Tässä työssä keskitytään tuotannon tehokkuuteen, joka liittyy esimerkiksi tuotannon nopeuteen sekä käytännöllisyyteen, tutkien erityisesti hukan aiheuttajia. Työssä käydään läpi tehokkuuden eri osa-alueita, kuten läpimenoaika, toimitusvarmuus ja laatuaste. Työssä tutustutaan myös tuotannon resursseihin. Lisäksi tehokkuuden mittaamiseen perehdytään syvemmin, sillä siitä on useita hyötyjä monelle eri organisaation tasolle. Työssä perehdytään kahteen indikaattoriin, jotka mittaavat tuotannon tehokkuutta.

Kolmannessa osassa tutkitaan, miten lean-ajattelun integrointi organisaatioon on vaikuttanut autoteollisuuden organisaatioiden tehokkuuteen. Työssä tarkastellaan eri organisaatioissa tehtyjen tutkimusten tuloksia ja kokemuksia leanin käyttöönotosta. Neljännessä osassa pohditaan leanin vaikutusta tuotannon tehokkuuteen sekä analysoidaan tutkimusten tuloksia.

Työn tulokset osoittavat, kuinka lean-ajattelun integrointi on vaikuttanut positiivisesti autoteollisuuden organisaatioiden tehokkuuteen ja tuottavuuteen. Lean-ajattelu on edistänyt organisaatioiden jatkuvaa parannusta, jossa myös työntekijät pääsevät aktiivisesti osallistumaan prosessin kehittämiseen. Tulokset osoittavat lean-ajattelun vaikuttavan positiivisesti paitsi organisaation tuotannon tehokkuuteen myös työntekijöiden tehokkuuteen ja motivaatioon, mikä vahvistaa organisaation kilpailukykyä ja tuottavuutta.

Avainsanat: lean, tehokkuus, tuotanto, hukka, heijunka, 5S

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
2. LEAN 2
2.1 Leanin historia 2
2.2 Muda (hukka) 4
2.3 Muri (ylikuormitus) ja Mura (epätasaisuus) 5
2.4 Heijunka 6
2.5 Lean-työkalu, 5S 8
3. TEHOKKUUS 9
3.1 Tehokas tuotanto ja taloudellinen tehokkuus 9
3.2 Tehokkuuden osatekijöitä 10
3.3 Tehokkuuden mittaaminen 11
3.4 Tuotannon resurssit 12
3.5 Kokonaislaitteiston ja kokonaisprosessin tehokkuus 13
4. LEANIN INTEGROINTI JA VAIKUTUS TEHOKKUUTEEN 15
4.1 Hukan poistaminen leanin avulla 15
4.2 Kokonaislaitteiston ja -prosessin tehokkuus lean-ajattelussa 17
5. POHDINTA 18
6. YHTEENVETO 20
LÄHTEET 22

.

1. JOHDANTO

Lean-ajattelu on yksi merkittävimmistä ja laajimmin käytetyistä tuotannon tehostamisen menetelmistä nykypäivän teollisuudessa. Alun perin Toyotan kehittämä lean-ajattelu on levinnyt ympäri maailmaa ja mukautunut moniin eri toimialoihin, parantaen organisaatioiden kilpailukykyä sekä tehokkuutta. Leanin perusperiaatteisiin kuuluu hukan poistaminen ja asiakasarvon maksimointi. Hukalla tarkoitetaan kaikkea ylimääräistä ja arvoa tuottamatonta työtä, joka ei lisää asiakkaalle arvoa (Kouri 2010, s. 10).

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan lean-ajattelun vaikutuksia tuotannon tehokkuuteen, tarkastellen erityisesti lean-menetelmien ja -työkalujen soveltamista autoteollisuuteen. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten lean-menetelmät ja -työkalut voivat parantaa tuotannon tehokkuutta ja vähentää hukkaa. Autoteollisuus on valittu tarkastelun kohteeksi, koska lean-ajattelu on saanut sieltä alkunsa ja se on kehittynyt tällä toimialalla merkittävästi.

Työ jakaantuu neljään osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään lean-ajattelua, sen historiaa ja perusperiaatteita. Lisäksi tarkastellaan eri hukkaan tyyppejä sekä käydään läpi yksi lean-menetelmä, heijunka, ja yksi lean-työkalu, 5S. Toisessa osassa perehdytään tuotannon tehokkuuteen. Tämä osa syventyy tarkemmin tuotannon tehokkuuden eri osatekijöihin, kuten läpimenoaikaan, toimitusvarmuuteen ja laatuasteeseen. Lisäksi perehdytään tehokkuuden mittaamiseen ja siihen liittyviin indikaattoreihin.

Kolmannessa osassa tutkitaan, miten lean-ajattelun integrointi vaikuttaa organisaatioon. Tarkastellaan erilaisia tutkimuksia, joissa tutkitaan leanin vaikutusta eri autoteollisuuden organisaatioiden tehokkuuteen. Neljäs osa sisältää pohdintaa leanin vaikutuksesta tuotannon tehokkuuteen sekä analysointia työssä mainittujen tutkimusten tuloksista.

2. LEAN

Lean on tuotannossa käytettävä toimintastrategia ja -malli, jonka taustat ovat lähtöisin Japanista Toyotan tehtaalta. Lean-ajattelu on levinnyt laajasti eri toimialoille sen tehokkuuden ja joustavuuden vuoksi. Nykyään se on suosittu toimintamalli lähes kaikilla toimialoilla. Leanin avulla pyritään tehostamaan tuotantoa sujuvammalla virtauksella sekä minimoimalla erilaista hukkaa. Leanin pääperiaateisiin kuuluu asiakkaan arvon määrittäminen, arvon lisääminen, tuotannon virtaus, imuohjaus sekä täydellisyyteen pyrkiminen. (Kouri 2010, s. 6)

Leanin tavoitteena on opastaa organisaatioita määrittämään, mikä tuottaa tuotteelle lisää arvoa asiakkaan näkökulmasta, ja pyrkimään eliminoimaan kaikki, mikä ei tuota lisäarvoa. Lean-ajattelussa kaikki, mikä ei tuota lisäarvoa, tulkitaan hukaksi, josta pyritään pääsemään eroon. Lähtökohtana on, että asiakas maksaa niistä asioista, jotka ovat hänelle arvokkaita. Tämä lähestymistapa auttaa organisaatiota parantamaan kilpailukykyään ja vähentämään turhia kustannuksia. Näin saavutetaan tehokkaampi tuotanto, parempi asiakastyytyväisyys ja lopulta suurempi markkinaosuus. (Kouri 2010, s. 6–11; Liker 2004, s. 88–89)

Yksi leanin keskeisimmistä periaatteista on ylimääräisen hukan vähentäminen. Tämän tarkoituksena on parantaa tehokkuutta erilaista hukkaa poistamalla eikä työtahtia kasvattamalla. Näin saadaan parannettua työn tuottavuutta sekä laatua, joiden avulla myös työtahti nopeutuu. Lean käännettynä englannista suomeksi tarkoittaa hoikkaa, mutta vahvaa, joka kuvastaa hyvin leanin toimintatapaa. Leanin yhteydessä käytetty termi ”3M” muodostuu japaninkielisistä sanoista muda (hukka), muri (ylikuormitus) ja mura (epätasaisuus). Nämä kaikki kolme hukan tyyppiä ovat keskeisiä käsitteitä hukan vähentämisessä sekä ne ovat yhteydessä toisiinsa, mutta termeistä tunnetuin ja yleisin on muda. Mudan poistaminen ei kuitenkaan yksinään ratkaise ongelmia vaan muri ja mura vaikuttavat yhtä paljon lean-ajattelussa. (Liker 2004 s.114; Kouri 2010, s. 10; Ohno 1988, s. 41)

2.1 Leanin historia

Lean on peräisin Japanista 1940-luvulta toisen maailmansodan jälkeen. Toyotan presidentti, Toyoda Kiichiro, huomasi Toyotan tehokkuuden olevan huomattavasti alhaisempi kuin samankaltaisten amerikkalaisten organisaatioiden tehokkuus. Yksi amerikkalainen teki saman työn kuin yhdeksän japanilaista. (Ohno 1988, s. 3)

Vuonna 1948 Toyota joutui konkurssiin ja Toyoda otti tästä syyt niskoilleen ja luopui paikastaan. Eiji Toyoda, Kiichiron serkku, kuitenkin jatkoi Toyotan parissa. Hän kävi Amerikassa tutustumassa käytäntöihin ja palattuaan antoi tehtaanjohtajalle Taiichi Ohnolle suuren tehtävän saavuttaa Toyotan tuotanto samalle tasolle kuin Fordin. Tehtävä ei kuitenkaan ollut helppo, sillä Toyotan taloudellinen tilanne oli heikko ja asiakkaiden vaatimukset vaihtelivat. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 27)

Amerikassa Toyoda havaitsi tehtaissa korkeat varastotasot sekä suuren määrän tuotteita odottamassa seuraavaa työvaihetta. Nämä johtuivat ylituotannosta sekä epätasaisesta virtauksesta tuotannossa. Oli myös monia muita syitä, miksi Ford-tyylinen massatuotanto ei soveltunut Toyotalle. Konkurssin vuoksi Toyotalla ei ollut varaa tuhlata yhtään resursseja eikä varastoille tai tehtaille ollut suuria alueita käytettävissä. Myöskään massatuotannon tyylinen yhden tietyn autotyypin kysyntä ei ollut tarpeeksi suurta. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 27)

Toyoda havaitsi Fordin tuotannossa kuitenkin varteenotettavia toimintatapoja, kuten jatkuvan virtauksen ja laadusta huolehtimisen. Fordilla työntekijät suorittivat vain yhtä työtehtävää, mikä lyhensi työntekijöiden tehtäväsykliä 514 minuutista vain 2,3 minuuttiin (Womack et al. 2007, s. 26). Työntekijä pystyi suorittamaan tutun työtehtävän nopeammin, ja tuotannon tehokkuus parantui. Jatkuvalla virtauksella läpimenoajasta saatiin merkittävästi lyhyempi, kun Ford siirtyi liikkuvaan kokoonpanolinjaan, eikä työntekijöiden tarvinnut enää siirtyä toimipisteeltä toiselle. Tämän kaltaisten, usealta tehtaalta kerättyjen, kehitysten avulla Ohno kehitteli Toyotan tehtaasta toimivan kokonaisuuden. Tästä syntyi tunnettu Toyotan tuotantojärjestelmä, TPS (Toyota Production System), joka tunnetaan leanin alkuperänä. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 28)

Tehtaan johtajat yleisesti arvioivat tehtaita tuoton ja laadun avulla. Tuotolla tarkoitettiin valmistuneita tuotteita suhteessa suunniteltuun määrään ja laadulla tarkoitettiin jo tehtaasta ulkona olevien laitteiden laatua. Ohno otti nämä huomioon kehityksiä tehdessään ja kehitteli ongelmatilanteisiin uusia ratkaisuja. Virheet käsiteltiin massatuotannossa satunnaisina ongelmina, mutta Ohno halusi virheistä kokonaan eroon. Linja pysäytettiin virheiden ilmetessä ja jokainen virhe jäljitettiin alkuperäiseen aiheuttajaan. Suunniteltiin korjaus, jotta virhettä ei tapahtuisi enää koskaan. Alussa linja pysähtyi useasti, mutta korjausten ja kokemuksen kautta virheiden määrä laski dramaattisesti. (Womack et al. 2007, s. 55–56)

Lean terminä astui voimaan vasta vuonna 1988 ja tuli maailmanlaajuisesti tunnetuksi tutkimuksen avulla, jonka tulokset julkaistiin vuonna 1990 Womackin, Jonesin ja Roosin kirjoittamassa kirjassa *The Machine that Changed the World*. Womack ja Jones jatkoivat

tutkimusta ja kehittelivät lean-tuotannon ideaa enemmän kirjassa *Lean Thinking,* joka julkaistiin vuonna 1996. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 29)

2.2 Muda (hukka)

Yhtenä tärkeimpänä tavoitteena leanilla on minimoida ylimääräinen hukka. Tällä ei tarkoiteta vain materiaalista hukkaa vaan myös työntekoon ja työntekijöihin kohdistuvaa hukkaa, kuten turhaa työntekoa ja ajan hukkaamista. Leanissa keskitytään asioihin, joilla on tuotteen kannalta merkitystä. Jos ei tuoteta lisäarvoa tuotteelle, se on hukkaa. Lisäarvo määritetään asiakkaan näkökulmasta, joka on huomioitava arvoa määriteltäessä. Hukan poistaminen tuotannosta tulisi olla organisaation ensimmäinen tavoite (Ohno 1988, s. 129). Tuotannon hukat jakautuvat seitsemään eri luokkaan: (Kouri 2010, s. 10–11; Modig & Åhlström 2013, s. 73; Ohno 1988, s. 20, 129)

- *Ylituotanto.* Tuotteita tulisi tehdä vain sen verran, mitä tuotteelle on kysyntää. Ylituotanto kasvattaa myös muita hukkia lisäämällä varastoja ja keskeneräistä tuotantoa. Epävarmuuden tunne voi kasvattaa tätä hukkaa, sillä halutaan varmuuden vuoksi raaka-aineita ja tuotteita varalle. Tämänkaltainen varaston kasvattaminen ei kuitenkaan ole tarpeellista, ja se aiheuttaa vain liiketappiota.
- *Ajanhukka.* Tätä voi esiintyä sekä koneissa että työntekijöissä. Kone- ja laitehäiriöt aiheuttavat viivästyksiä, ja työntekijöitä voi odotuttaa mahdolliset materiaalipuutteet. Tuotannon tulisi olla organisoitu niin, että aikaa ei hukata. Turhat odotukset sekä viivästykset haittaavat ja hidastavat tuotantoa, eivätkä ne tuota asiakkaalle lisäarvoa.
- *Ylimääräinen kuljettaminen.* Materiaalien ja kuljettaminen tuotannossa eivät tuota tuotteille lisäarvoa. Lisäksi se kuluttaa aikaa ja täten lisää hukkaa. Tuotannon layoutia muuttamalla ylimääräisestä kuljettamisesta voidaan päästä eroon, kunhan se otetaan suunnittelussa huomioon. Kuljettamiselta ei voida kokonaan välttyä, mutta se voidaan minimoida ja optimoida tehtaan tarpeiden mukaan.
- *Ylikäsittely.* Vältetään ylimääräisen työn tekemistä, mikä ei lisää asiakkaan näkökulmasta tuotteelle arvoa. Esimerkiksi monimutkaisempien tai kalliimpien työvälineiden käyttö, joka ei ole välttämätöntä, ei kasvata tuotteen arvoa. Tehdään vain sen verran kuin asiakas vaatii juuri siihen sopivilla työkaluilla.
- *Suuret varastot.* Varastot ovat organisaatiolle pääomaa. Tuotteiden olisi kannattavaa heti valmistuttua siirtyä asiakkaalle. Varastoja on myös sitoutuneena tuotantoketjuun esimerkiksi työvaiheiden välillä, kun

keskeneräinen tuote joutuu odottamaan seuraavaa työvaihetta. Tältä voidaan välttyä sujuvalla tuotannolla ja pullonkaulojen minimoimisella. Varastot piilottavat tehtaan ongelmia, etenkin.

- *Tarpeeton liike.* Työntekijöiden tai materiaalin ylimääräinen liike tuotannossa ei tuota tuotteelle lisäarvoa. Ylimääräistä liikettä aiheutuu esimerkiksi työvälineiden kaukaisesta sijoittamisesta työpisteeltä, jolloin työntekijä joutuu hakemaan tarvittavat välineet aiheuttaen tarpeetonta liikettä tuotantoon. Tuotannon tulisi olla järjestettynä mahdollisimman sujuvaksi ja vähäliikkeiseksi sijoittamalla materiaalit ja työntekovälineet mahdollisimman lähelle työpistettä.
- *Laatuvirheet.* Vialliset tuotteet, uudelleen sekä päällekkäin tekeminen aiheuttaa materiaali- ja resurssihukkaa. Resursseja joudutaan käyttämään suunniteltua enemmän ja tuotteen myöhästyminen aiheuttaa asiakastyytymättömyyttä. Laatuvirheet tulisi havaita ja korjata tuotannossa nopeasti, vaikka se pysäyttäisikin tuotannon hetkellisesti. Pidemmällä tähtäimellä pysäyttämisestä ja korjaamisesta on enemmän hyötyä.

Kahdeksantena hukkana pidetään työntekijän käyttämätön luovuus. Tuotannon työntekijät ovat parhaiten tietoisia työmenetelmistä sekä eri työvaiheista ja näiden heikkouksista. (Kouri 2010, s. 11) Tiedon hyödyntäminen tuotannon kehityksessä on todella tärkeää, sillä käytännössä kehitysideat voivat toimia eri tavalla kuin paperilla. Työntekijöiden luovuutta hyödyntämällä saadaan parhaiten kehitystä sekä samalla tapahtuu jatkuvaa parantamista. Kehitystoimenpiteillä saadaan poistettua hukkia. Ohno korostaa työntekijöiden tärkeyttä tehokkuuden ja laadun takaamiseksi ja ehdottaa, että työntekijöitä kaikilla tasoilla tulisi rohkaista ideoimaan ja osallistumaan ongelmanratkaisutoimintoihin. (Ohno 1988, s. 97–99)

2.3 Muri (ylikuormitus) ja Mura (epätasaisuus)

Murilla tarkoitetaan laitteiden tai ihmisten ylikuormitusta. Käytettävissä olevia resursseja käytetään yli kapasiteetin tai yli niiden kyvyn, eikä lepäämistä tai laitteiden huoltamista oteta huomioon (Umar et al. 2023). Tehokkuutta voidaan lisätä laitteiden jatkuvalla käynnillä, mutta huoltojen laiminlyönti johtaa laitteiston vikoihin ja rikkoutumiseen. Rikkoutuneiden laitteiden tilalle tarvitaan uusia, joka johtaa uusiin investointeihin ja laskee täten kannattavuutta. Huollot pidentävät laitteiden elinikää ja ne on otettava huomioon tuotantosuunnitelmaa tehdessä. Ihmisten ylikuormitukseen kuuluu työntekijän henkisen tai fyysisen toimintakyvyn ylikuormitus. Esimerkiksi toistot tai pitkäkestoinen

rasitus voivat johtaa henkiseen tai fyysiseen stressiin, joista voi aiheutua turvallisuusriskejä sekä laatuongelmia. Ylikuormitus voi pahentua taukojen ja palautumisajan puutteen vuoksi ja vaikuttaa työntekijöiden hyvinvointiin. Ylikuormitusta on mahdollista tapahtua myös esimerkiksi huonosta työergonomiasta. (Umar et al. 2023; Liker 2004, s. 115)

Mura voidaan katsoa ratkaisevan mudaan ja muriin liittyvät ongelmat. Epätasaisuutta ilmenee tuotannossa vaihtelevien tuotantomäärien sekä epäsäännöllisten tuotantoaikataulujen vuoksi (Liker 2004, s. 115). Mura ja muri ovat selkeästi yhteydessä keskenään. Epätasainen kuorman jakautuminen voi aiheuttaa ylikuormitusta ja päinvastoin. Ylikuormitus aiheuttaa tehokkuudessa epäjohdonmukaisuutta, jolloin tuotanto voi keskeytyä ja aiheuttaa epätasaisuutta kuormassa. Epätasainen työkuorma taas aiheuttaa ylikuormitusta ruuhka-aikoina. Lisäksi tästä tuloksena on Muda, sillä materiaaleja, työvälineitä ja työntekijöitä tulee olla käytettävissä korkeimman tuotantotason mukaan, vaikka keskimääräinen tuotantotaso olisikin paljon alhaisempi. (Umar et al. 2023; Liker 2004, s. 115)

Tuotantosuunnitelmassa on otettava huomioon kaikkien kolme hukan poistaminen tuotannon sujuvuuden saavuttamiseksi. Mudan minimoiminen on yleisin tapa lähestyä Lean-ajattelua, sillä se on helposti tunnistettavissa sekä poistettavissa. Moni organisaatio epäonnistuu sujuvan tuotannon sujuvuudessa juuri sen takia, että lean-ajatus on keskittynyt vain mudan eliminointiin, eikä epätasaisuutta tai ylikuormitusta olla huomioitu. Tuotannon tasaamiseen ja jatkuvaan virtaamiseen Toyotalla kehiteltiin Heijunka. (Liker 2004, s. 114–115)

2.4 Heijunka

Heijunka on tuotannon aikataulutustekniikka, jolla pyritään aikataulujen, tuotannon volyymin sekä tuotevalikoiman avulla tasoittamaan tuotannon epätasaista kuormaa. Asiakastilaukset tulevat usein vaihtelevasti ja heijunkan avulla tilaukset järjestellään tuotantoon järkevästi. Heijunka ei järjestele tuotantoa todellisen asiakastilausvirran mukaan vaan se tasoittaa tietyn ajanjakson aikana tulleet tilaukset tasaisesti siten, että joka päivä työkuorma olisi mahdollisimman tasainen. (Liker 2004, s. 115–116; Hüttmeir et al. 2009, s. 502)

Heijunkan ansiosta pystytään paremmin hallitsemaan työkuormaa ja vältytään työntekijöiden ylikuormitukselta sekä turhalta odottelulta. Mikäli työkuorma olisi epätasainen, ruuhkaisina päivinä työvoimaa tarvitsisi paljon enemmän ja työntekijöiden olisi jäätävä ylitöihin, kun taas hiljaisina päivinä työntekijät olisivat vailla töitä. Heijunkan

ansiosta työkuorma on tasaista ja myös joustavuudelle on varaa. Heijunkassa hyödynnetään sekamallituotantoa, jolla tarkoitetaan eri tuotteiden sekalaista järjestystä tuotannossa. Tuotteet järjestetään tuotantoon tavalla, joka vastaa paremmin asiakkaiden ennustettavaa kysyntää, sen sijaan, että valmistettaisiin vain yhtä tuotetyyppiä kerrallaan. Yhden tuotetyypin valmistuksessa riskinä on, että asiakas tilaa yllättäen tuotteita, joiden valmistus on ajoitettu myöhemmälle, minkä vuoksi tehdas on ongelmissa. Tämän välttämiseksi varastoissa tulisi olla useita kappaleita varalla, joka ei tehtaalle ole kannattavaa. (Liker 2004, s. 116–120)

Heijunkan avulla pystytään välttämään riskiä, että tuotteet jäävät myymättä. Jos yhtä tuotetyyppiä tuotetaan paljon heti alussa ja ne jäävät myymättä, jolloin ne jäävät odottamaan varastoon. Mikäli tehdas soveltaa heijunkaa, se mahdollistaa alhaista kysyntää ennakoivan reagoinnin ennen tuotteiden valmistumista. Tämä mahdollistaa valmistamattomien tuotteiden poistamisen tuotantosuunnitelmasta, estäen tuotteiden kerääntymisen varastoon. Lisäksi saadaan tilaa tuotteille, joille on kysyntää enemmän. (Liker 2004, s. 116–120)

Heijunka tarjoaa ratkaisun myös epätasaisen kuormituksen, eli mudan ja muran, haasteeseen tuotannossa. Usein eri tuotteiden valmistus vaatii vaihtelevan määrän työtä, mikä johtaa kuormituksen vaihteluihin. Työkuorman tasoittaminen heijunkan avulla vähentää tuotantoprosessissa syntyvää hukkaa ja lisää tehokkuutta. Lisäksi menetelmän käyttö auttaa hallitsemaan epätasaista kysyntää alihankkijoille. Vaihteleva kysyntä saattaa aiheuttaa tuotantoon äkillisiä ja merkittäviä muutoksia. Jos alihankkijat toimittavat komponentteja ennakoivasti, tulee tietyt osat tiettyinä päivinä ja äkillisten muutosten tekeminen on rajallista, ilman suuria varastoja. Tämä pakottaa toimijat varautumaan pahimpaan mahdolliseen tilanteeseen jatkuvasti, mikä voi aiheuttaa bullwhip-efektin, jolla tarkoitetaan pienistä toimista aiheutuvien ongelmien moninkertaistumista muualla prosessissa. (Liker 2004, s. 116–120)

Heijunka-menetelmä, joka usein unohdetaan teollisuudessa samoin kuin mura, voi aluksi tuntua haastavalta ottaa käyttöön, erityisesti jos tuotteiden vaihtoajat ovat suuria ja työläistä. Siirtymä heijunka-menetelmään kuitenkin lisää tuotantoon merkittävästi joustavuutta sekä tehokkuutta. Vaikka heijunkan suunnitteluun kuluu aikaa, sen tuomat hyödyt ovat investoinnin arvoisia ja taloudellisesti organisaatiolle kannattavia. (Liker 2004, s. 115–124)

2.5 Lean-työkalu, 5S

Lean-työkaluista tuotannon työntekijät havaitsevat usein 5S-työkalun, joka keskittyy erityisesti työympäristön siisteyteen ja järjestämiseen sekä näiden ylläpitämiseen. Tämän avulla pyritään parantamaan tehokkuutta ja tuottavuutta. 5S parantaa lisäksi työturvallisuutta sekä vähentää ajan hukkaa, jota syntyy työkalujen etsimisestä. 5S perustuu japaninkielisiin sanoihin: (Kouri 2010, s. 26–27)

- *Seiri (lajitteleminen).* Lajittelun avulla katsotaan kyseiseen työpisteeseen kuuluvat työvälineet, materiaalit sekä muut tarvikkeet niiden tarpeellisuuden mukaan. Kaikki ylimääräinen, mitä työpisteellä ei tarvita, poistetaan työpisteeltä. Tämä vähentää häiriötekijöitä sekä parantaa tehokkuutta.
- *Seiton (järjestäminen).* Järjestyksellä tarkoitetaan työvälineiden asettelemista loogisesti omille paikoilleen, jotka ovat helposti saatavilla. Kaikille työvälineille ja materiaaleille tehdään omat paikat, jotka merkitään selkeästi ja visuaalisesti esimerkiksi erilaisten värikoodien mukaan.
- *Seiso (puhdistaminen ja huoltaminen).* Tämä pitää työpisteen, koneet sekä laitteet siistinä, joka parantaa työympäristön turvallisuutta sekä mukavuutta.
- *Seiketsu (vakiinnuttaminen).* Luodaan työympäristöön tietyt käytännöt ja vakiinnutetaan toimenpiteet, jotta järjestys ja siisteys pysyisi rutiininomaisesti osana jokapäiväistä työtä. Tämä saattaa sisältää tarkastuksia tai vakiintuneita siivousvuoroja.
- *Shitsuke (ylläpitäminen).* Kun toimintatavat saadaan vakiinnutettua, niitä tulee ylläpitää, muuten käytännöt voivat unohtua. Tarpeen mukaan koulutukset ovat hyvä tapa ylläpitää käytäntöjä.

5S-työkalun avulla mahdolliset ongelmat ovat havaittavissa helpommin siistimmässä työympäristössä. Hukkaa ilmenee jälleen vähemmän, kun ongelmat korjataan heti. Etenkin massatuotannossa ilman 5S-työkalua ongelmakohdat peittyvät helposti ja organisaatio vakiinnuttaa haitalliset toimintatavat ja hukkaa kerääntyy paljon vuosien saatossa. 5S on kuitenkin vain työkalu, joka auttaa tunnistamaan lean-ajatusmallin ongelmia, eikä itsessään ole yksi lean-menetelmistä. (Kouri 2010, s. 26–27; Liker 2004, s. 150–152)

3. TEHOKKUUS

Tehokkuutta kuvaillaan teollisuudessa usein nopealla tuotannolla. Se ulottuu kuitenkin laajemmalle ja se koostuu monesta muusta tekijästä, jotka jäävät usein huomioimatta. Tehokkuudessa keskitytään paljon tuloksiin sekä resurssien käyttöön ja niillä saavutettuihin tuotoksiin. Tehokkuudella parannetaan kilpailukykyä sekä toiminnan kannattavuutta. Tämän pohjalle tarvitaan kuitenkin jatkuvaa kehitystä sekä uusia innovaatioita kilpailukyvyn ylläpitämiseksi. Todellinen tehokkuuden parannus tulee, kun ei tuoteta hukkaa ja työhön käytetään sata prosenttia. (Ohno 1988, s. 8–9, 19; Liker 2004, s. 14)

Teollisia toimintoja pyritään jatkuvasti kehittämään parantamalla tehokkuutta, laatua, asiakastyytyväisyyttä sekä tuottavuutta. Tuottavuus (productivity) voidaan katsoa tehokkuutena, vaikka siinä verrataan enemmän tuloksia suhteessa siihen laitettuun panokseen. Viimeisen vuosisadan aikana suurin tehokkuuteen ja tuottavuuteen vaikuttanut tekijä on teollinen automaatio, joka on aiheuttanut haasteita esimerkiksi tuotannon ohjauksen kannalta. Tehokkuutta voidaan parantaa myös jatkuvalla virtauksella ja siihen pyrkimisellä. Tällä voidaan kasvattaa kilpailukykyä sekä tunnistamaan ja poistamaan mahdolliset hukat helpommin. (Martinsuo et. al 2016, s. 358–359; Filipe et. al 2023)

Tehokkuuteen liittyy kyky reagoida markkinoiden muutoksiin sekä asiakaskysyntään, jolloin organisaatioiden on ylläpidettävä joustavuutta ja näistä aiheutuvien kustannusten minimointia. Lisäksi tehokkuuden tärkeänä osana on tuotannon kapasiteetti sekä käytössä olevat resurssit, johon liittyy myös työntekijöiden hyvinvointi sekä sen ylläpito. Lean-ajattelussa mainittua hukkaa poistamalla työntekijöiden tyytyväisyys ja motivaatio pysyvät korkealla. Nämä ovat tehokkuuden ja tuottavuuden kannalta tärkeitä asioita, sillä motivoituneet työntekijät tekevät tehokkaammin töitä. (Kovács 2018, s. 55–56; Jwmaa et. al 2022, s. 39–41)

3.1 Tehokas tuotanto ja taloudellinen tehokkuus

Termiä ”tehokkuus” voidaan tarkastella kahtena erilaisena, mutta toisiinsa liittyvänä käsitteenä. Englannin kielessä näitä vastaavat termit ovat ”efficiency” ja ”effectiveness”. Suomeksi tuotannon tehokkuutta käsitellään usein taloudellisen tehokkuuden kautta, joka vastaa englannin termiä ”efficiency”. Taloudellinen tehokkuus tarkoittaa etenkin modernissa teollisuudessa usein kustannusten alentamista. Tämän tehokkuuden

tavoitteena on suorittaa vaadittavat työtehtävät käyttäen mahdollisimman vähän resursseja, joihin kuuluu aika, raha, vaiva ja muut kustannukset. On kuitenkin otettava huomioon, että tehokkuuden parantaminen ja kustannusten alentaminen eivät välttämättä ole sama asia. Kustannukset alenevat, kun työntekijöiden määrä alennetaan minimiin, mutta jos tuotannon määrä kasvaa, jolloin työntekijöiden määrä on liian alhainen, tehokkuus laskee huomattavasti ja muita vakavia ongelmia nousee esille. Myös ylituotanto kysynnän laskiessa laskee tehokkuutta. (Ohno 1988, s. 8–9, 61; Martinsuo et. al 2016, s. 358)

Termillä ”effectiveness” viitataan tehokkaaseen tuotantoon (effective production), joka keskittyy tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseen optimaalisella tavalla. Tavoitteet voivat olla esimerkiksi mahdollisimman nopea tuotanto, mahdollisimman monipuolinen tuotevalikoima tai tuotantoerien toimittaminen täysin ajallaan. Taloudellinen tehokkuus ja tehokas tuotanto toimivat kuitenkin hyvin usein yhdessä ja näiden optimaalinen tasapainottaminen tuo organisaatiolle etuja ja innovaatioita. Tämä tuo kuitenkin myös haasteita, sillä usein keskitytään vain taloudelliseen tuotantoon ja tehokas tuotanto jää huomioimatta. (Myszewski 2011; Mouzas 2006, s. 1124)

3.2 Tehokkuuden osatekijöitä

Tehokkuus koostuu monesta eri tekijästä ja ne voivat vaihdella eri näkökulmien kesken. Tuotannon tehokkuudessa keskitytään erityisesti kolmeen eri osatekijään, jotka ovat läpäisyaika, toimitusvarmuus sekä laadunvarmistus. Näiden sekä muiden osatekijöiden hallinta ja optimointi parantavat tuotannon tehokkuutta tehden tuotantoprosessista sujuvampaa.

Ensimmäinen tehottomuutta aiheuttava tekijä on pitkä tuotannon läpäisyaika, joka vaikuttaa tuotannon työntekijöiden ja työtahdin lisäksi asiakkaisiin. Asiakkaat vaativat yhä useammin organisaatioilta nopeaa reagointia heidän toiveisiinsa ja tarpeisiinsa sekä laadukkaan tuotteen toimittamista ajallaan. Tämän vuoksi organisaatiot ovat joutuneet kiinnittämään enemmän huomiota läpäisyaikaan. Läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka tuotteella menee työvaiheen alkamisesta sen valmistumiseen. Työvaiheena voidaan tarkastella esimerkiksi tuotannon valmistusta, jolloin läpäisyaika on tuotteen aloituksesta sen toimitukseen. Läpäisyajalla voidaan tarkastella myös aikaa, joka alkaa tilauksesta ja loppuu toimitukseen. (Kumar & Kumar 2014, s. 1853; Modig & Åhlström 2013, s. 50)

Toimitusvarmuus tarkoittaa kykyä toimittaa tuotteet asiakkaalle ennalta sovitussa ajassa ja määritetyssä laadussa. Tarkoituksena on toimittaa tuotteet asiakkaalle mahdollisimman nopeasti huonontamatta tuotteen laatua. Toimitusvarmuudessa

käsitellään toimitusaikaa, joka kuluu tuotteen tilauksesta tuotteen toimitukseen asiakkaalle. Korkealla toimitusvarmuudella organisaatio luo luotettavuutta asiakkaisiin. Näin pidetään huolta asiakastyytyväisyydestä, jolla pystytään nostamaan kilpailukykyä. Toimitusvarmuudella pystytään lisäksi hallitsemaan paremmin toimitusketjua, koska sillä voidaan kuvata myös sisäistä toimitusvarmuutta. Sisäinen toimitusvarmuus pyrkii pitämään organisaation sisäiset logistiikan tarpeet ajallaan, jotta tuote kokonaisuudessaan saataisiin valmistettua ajallaan. (Sarmiento 2007, s. 368–375)

Laadunvarmistus on osa tehokkuutta sekä lean-ajattelua. Laadunvarmistuksella on tarkoitus havaita ongelmia tuotannossa sekä poistaa ne mahdollisimman nopeasti. Jokaisen työntekijän on toteutettava laadunvarmistus ohjeiden mukaisesti ja ilmoittaa kaikista mahdollisista laatuongelmista, poikkeamista, häiriöistä tai puutteista välittömästi, jotta sama ongelma ei toistuisi. Kuka tahansa työntekijä pystyy ilmoittamaan havainnoista eikä täten laadunvarmistus ole vain laadun vastuulla. Työntekijät itse pystyvät parhaiten havaitsemaan ongelmat omalla työpisteellään, jolloin ongelmakohtiin pystytään puuttumaan nopeammin. Ongelmien alkuperät selvitetään, jolloin ongelma on mahdollista poistaa. Ongelmakohtien nopea löytyminen ja niiden estäminen säästää aikaa, jolloin tehokkuus paranee, sillä ongelmat eivät toistu enää toista kertaa. (Kouri 2010, s. 24–25; Womack 2007, s. 79)

3.3 Tehokkuuden mittaaminen

Tehokkuutta pystytään tutkimaan tuotannossa erilaisten mittareiden avulla. Mittarit näyttävät eri kaavojen tuloksia riippuen minkälaista tehokkuutta lasketaan. Mittareilla voidaan tutkia esimerkiksi tekemistä, tuloksia, onnettomuuksia tai ongelmia. Mittarit ovat esillä tuotannossa eri alueilla tiedottaen työntekijöille organisaatiolle tärkeistä asioista esimerkiksi mitattavan alueen työnopeudesta, tuottavuudesta, laadusta tai mahdollisten hukkien ilmestymisestä (Kouri 2010, s. 29). Mittareista on hyötyä organisaation monille eri tasoille, kuten tuotannon työntekijöille, tuotannon johtajille sekä suunnittelijoille. Mittareiden avulla esimerkiksi tuotannon ylemmät toimihenkilöt saavat tietoa tuotannon toiminnasta. Todenmukaiset ja ajankohtaiset tiedot helpottavat päätösten teossa (Corrales et al. 2022). Myös tuotannossa ilmenevät ongelma voidaan havaita mittareiden avulla ja selvittää välittömästi (Kouri 2010, s. 28).

Mittareiden tarkoituksena ei ole aiheuttaa paineita työntekijöille. Mittaaminen aiheuttaa usein vertailua, joka laskee työntekijöiden motivaatiota, joka taas vähentää tehokkuutta ja tuottavuutta. Tarkoituksena on mitata työtuloksia ja motivoida työntekijöitä parantamaan suorituksia. Mittareiden avulla pyritään parantamaan motivaatiota esimerkiksi antamalla hyödykkeitä kuten bonuksia. Mittareilla pystytään erottamaan

tehokkaat työntekijät tai solut tai muu osa alue tuotannosta ja heitä pystytään palkitsemaan hyvästä työstä. (Kouri 2010, s. 28–29)

Tarkoituksena on havaita poikkeamat ja ongelmat sekä niiden alkuperät, jotta tehokkuutta voidaan kasvattaa mahdollisimman paljon. Mikäli ongelmia ei havaita, on kehitystoimenpiteitä huomattavasti vaikeampi ja hitaampi toteuttaa. Kehitysten kautta tehokkuutta voidaan lisätä ja sujuvuutta parantaa. Mittareiden tarkoituksena on myös asettaa selkeät ja todenmukaiset tavoitteet, jotka pidetään työntekijöiden nähtävillä jatkuvasti. (Kouri 2010, s. 28–29)

Mittareiden on tarkoitus olla mahdollisimman yksinkertaisia ja selkeitä, jotta tulokset ovat helposti ymmärrettävissä. Mittareita on mahdollista saada monista erilaisista aiheista ja dataa on saatavilla kattavasti. Tämän vuoksi on tärkeää tiedostaa organisaatiolle sekä sen eri osastoille vain osastokohtaiset tärkeät mittarit, jotta ne pysyisivät yksinkertaisina ja rajattuina. Tyypillisesti osastolle valitaan vain muutamia mittareita, joista tarvittava tieto on saatavissa. Mittareita päivitetään useita kertoja päivässä, jotta tieto olisi jatkuvasti ajankohtaista. Koko tuotannolle tärkeitä mittareita ovat esimerkiksi tehokkuus, tuottavuus, laatu, läpäisyaika, keskeneräinen tuotanto sekä hukka. Mittareiden avulla pystysään lisäksi helpottamaan resurssitehokkuutta. (Kouri 2012, s. 29; Bellgran & Säfsten 2010, s. 263; Corrales et al. 2022)

3.4 Tuotannon resurssit

Tehokkuus on yhteydessä resurssien käyttöön. Tuotannon resurssit tarkoittavat tuotanto prosessiin tarvittavaa työvoimaa, koneita ja laitteita, materiaaleja sekä tiloja. Koska organisaation on pystyttävä vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin ja säilytettävä kilpailukykynsä, on resurssit valittava järkevästi (Jakubovskis 2017, s. 77). Tuotannon pitäisi pystyä tuottamaan kysynnän verran tuotantoa, mutta varmistaa että resursseja ei ole liikaa, jotta kilpailukyky säilyy ja vältytään hukalta.

Nykymarkkinoilla on ominaista korkea ennakoimattomuus. Tämä johtuu taloudellisesta, poliittisesta ja yhteiskunnallisesta kehityksestä yhtä lailla kuin nopeasti muuttuvista asiakkaiden vaatimuksista, laajoista tuotevalikoimista sekä lyhyistä tuotteiden elinkaarista. Tehokkaan ja joustavan resurssien käytön sekä kapasiteetin hallinnan hyödyntäminen on keino vastata näihin haasteisiin, ja ne ovat yhteydessä tuotannon kokonaistehokkuuteen. Organisaatiot ovat ottaneet resurssien hallintaan suorituskyvyn mittausjärjestelmiä, jotka mittaavat eri alueita tai sektoreita, kuten talous, henkilöstö, prosessi ja huolto. (Jakubovskis 2017, s. 77; Corrales et al. 2022)

Joustavaan ja tehokkaaseen resurssien käyttöön kuuluu tuotannon tasapainotus esimerkiksi heijunkan avulla. Tasainen tuotanto auttaa myös tasaiseen resurssien hallintaan. Kun tuotanto on tasaista, työntekijöitä tarvitaan jatkuvasti yhtä paljon ja vältytään vaihtelevalta työntekijämäärältä. Lisäksi ilman joustavaa resurssien käyttöä, organisaatiot joutuvat turvautumaan epävarmoihin kysyntäennusteisiin (Bish & Wang 2004, s. 954). Epävarmuus voi johtaa organisaation tehottomuuteen.

Resurssitehokkuuden korostaminen liikaa kuitenkin vaikuttaa negatiivisesti virtaustehokkuuteen, jolla on suuri merkitys kokonaistehokkuudessa. Tästä voimme päätyä tehokkuusparadoksiin, jolloin yksilön ja organisaation tasolla hukkaamme resursseja. Tällöin työssä tehdään paljon toissijaisia työtehtäviä, kuten järjestelyä, lajittelua tai selvittelyä. Nämä eivät ole arvoa lisääviä toimintoja, jotka vievät resursseja ensisijaisista työtehtävistä. Toissijaisia työtehtäviä pystytään välttämään esimerkiksi 5S-menetelmän avulla, jolloin ylimääräiseltä järjestelyltä ja lajittelulta vältytään. (Modig & Åhlström 2013, s. 63–65)

3.5 Kokonaislaitteiston ja kokonaisprosessin tehokkuus

Oikeiden mittareiden löytäminen on hyödyllistä organisaatiolle, sillä kaikki mittarit eivät toimi organisaation jokaisessa osassa. Tuotannon laitteistoa on mahdollista mitata esimerkiksi OEE-indikaattorilla (Overall Equipment Effectiveness), joka tarkoittaa kokonaislaitteiston tehokkuutta. OEE on yksi kokonaistuottavuuden pilareista ja se koostuu kolmesta tekijästä, jotka ovat käytettävyys, suorituskyky sekä laatuaste. Käytettävyys mitataan operointiajan ja kokonaisajan suhteena. Suorituskyky mittaa ideaaliajan ja todellisen ajan suhdetta. Suorituskykyyn vaikuttaa hukka, joka hidastaa prosessia, esimerkiksi lyhyet pysähdykset tai laitteen hidastettu vauhti. Laatuaste mittaa vikojen aiheuttamat häviöt vertaamalla standardien mukaisten tuotteiden määrää kokonaismäärän tuotantoon. Laatuasteeseen vaikuttaa tuotteet, jotka poikkeavat standardista esimerkiksi naarmuilla. OEE-indikaattoria hyödynnetään prosessihäviöiden tunnistamisessa ja eliminoinnissa, tappioiden tunnistamisessa sekä lisäarvoa tuottamattomien toimintojen tunnistamisessa. (Corrales et al. 2022; Bellgran & Säfsten 2010, s. 263–265)

Laitteiston lisäksi myös organisaation muut tekijät saattavat peittää hukkaa huomaamattomasti. OEE-indikaattorista onkin johdettu esimerkiksi logistiikkaprosessin tehokkuuden mittaamiseksi OPE-indikaattori (Overall Process Effectiveness), jota kutsutaan kokonaisprosessin tehokkuudeksi. OPE-indikaattori mittaa tarkemmin toimintaprosessin tehokuutta ja se keskittyy myös ulkoisiin tekijöihin sekä niistä aiheutuviin hukkiin. (Corrales et al. 2022)

OPE-indikaattori perustuu OEE-indikaattorin tekijöihin, käytettävyys, suorituskyky ja laatu, sekä lisäksi yhteen uuteen tekijään, täsmällisyyteen. Täsmällisyys on suhde, joka ilmaisee suhteessa ajallaan saapuvan materiaalin määrän. Laatuasteeseen ja täsmällisyyteen vaikuttavat sekä ulkoiset että sisäiset tekijät, kun suorituskykyyn ja käytettävyyteen vaikuttavat vain organisaation sisäiset tekijät. Esimerkiksi laadusta voi aiheutua hukkaa ulkoisista syistä materiaalin järjestyksestä kuorma-autossa ja sisäisistä syistä kuorma-auton ohjaamisesta väärään purkupisteeseen. Näiden tekijöiden avulla OPE-indikaattori mahdollistaa hukan havaitsemisen ja mittaamisen sekä tunnistaa, mitä tekijöistä voidaan parantaa prosessin tehokkuuden lisäämiseksi. (Corrales et al. 2022)

4. LEANIN INTEGROINTI JA VAIKUTUS TEHOKKUUTEEN

Lean-ajattelu alkoi leviämään Toyotalta, kun tulokset alkoivat näkyä ja niistä tehtiin julkaisuja. Länsimaisissa autotehtaissa todettiin olevan mahdollista toteuttaa lean-tuotantoa japanilaisen vakiintuneen tavan ulkopuolelta ja soveltaa sitä länsimaiseen kulttuuriin. Nykyään lean on käytössä lähes jokaisella toimialalla. Vaikka lean-menetelmät ja -työkalut toimivat etenkin kappaleteollisuudessa, niitä on mahdollista soveltaa myös muihin toimialoihin. Leanin avulla organisaatiot ovat kilpailijoihinsa verrattuna yleisesti kannattavampia sekä nopeammin kasvavia. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 29; Kouri 2010, s. 6, 34)

Useilla organisaatioilla on ollut vaikeuksia ottaa lean käyttöön onnistuneesti. Monessa tapauksessa organisaatiot ovat ottaneet lean-menetelmiä tai -työkaluja käyttöön ymmärtämättä lean-ajattelua sekä kokonaiskuvaa. (Bellgran & Säfsten 2010, s. 29; Gunasekharan et al. 2014, s. 2569) Lean vaatii koko organisaatiolta muutoksia ja siirtyminen lean-menetelmiin ja -työkaluihin vaatii suunnittelua sekä integroimista päivittäisiin toimintoihin. Lean-ajattelun muutokset voivat tuoda erityisen paljon haasteita, etenkin jos toimintatavat ovat olleet organisaatiolla jo pitkään käytössä.

Lean-ajattelun integrointi organisaation tuotantoprosesseihin voi merkittävästi parantaa tehokkuutta sekä sen optimointia. Tehokkuuden optimointi jälleen nostaa organisaation kilpailukykyä ja kannattavuutta. Lean parantaa tehokkuuden lisäksi paljon tuotannon joustavuutta, joka lisää kokonaistehokkuutta. Lisäksi lean voi vähentää hukan määrää, parantaa tuotteen laatua sekä parantaa tuotteen toimitusaikoja, mikä johtaa parempaan asiakastyytyväisyyteen. (Gunasekharan et al. 2014)

4.1 Hukan poistaminen leanin avulla

Lean-ajattelun tärkeimpiä tavoitteita on hukan poistaminen kaikista organisaation prosesseista. Käyttämällä erilaisia lean-menetelmiä ja -työkaluja pystytään eliminoimaan hukkaa ja saavuttamaan parempia tuloksia. Erilaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että lean-menetelmien ja -työkalujen käyttö hukan vähentämisessä voi merkittävästi parantaa tuotantoprosessien tehokkuutta.

Esimerkiksi Sawassaling ja Chutima (2017) tutkivat kokoonpanolinjan tehokkuuden parantamista thaimaalaisessa autotehtaassa. Tavoitteena tutkimuksessa oli lean-menetelmiä hyödyntämällä alentaa työvoimakustannuksia sekä parantaa tuottavuutta

menettämättä tuotteiden korkeaa laatua. Tutkimuksessa käytettiin erilaisia lean-menetelmiä, kuten arvovirran kartotusta ja hukka-analyysia. Prosessikaavion avulla havaittiin, että hukkaa esiintyi erityisesti päällekkäisissä töissä operaattoreiden ja linjan laadunvarmistusvirkailijan välillä. Hukkaa saatiin vähennettyä huomattavasti lisäämällä linjastoon momenttiavain sekä linjapysäytys. Tutkimuksen tavoitteet saavutettiin ja tehokkuus parantui tuotantoprosessissa. (Sawassaling ja Chutima 2017)

Vastaavasti Kumar ja Kumar (2014) tutkivat kuorma-autojen kokoonpanolinjaston läpimenoaikaa, linjaston tasapainotusta viivästyksien välttämiseksi sekä lean-menetelmien käyttöä läpäisyajan lyhentämiseksi. Tutkimuksessa havaitaan, että suunniteltu tuotanto yhdelle vuorolle oli 12 kappaletta kuorma-auton koria, mutta todellisuudessa tuotanto jäi vain 9–10 kappaleeseen. Tämä johtui työvaiheiden eri pituuksista, jonka vuoksi osalla työvaiheella joutui odottamaan, jolloin työaikaa meni hukkaan. Pelkästään tuotannon tasoittamisella läpäisyaika saatiin laskettua 90 minuutista 37,5 minuuttiin. Tutkimuksessa painotetaan erityisesti hukan poistamista ja todetaan lean-menetelmien vaikutuksen olevan suuri kokoonpanolinjaston läpäisyaikaan. (Kumar & Kumar 2014)

Veres et al. (2018) ovat tutkineet 5S-työkalun vaikutuksia tuotannon tuottavuuteen itävaltalaisen autoteollisuuden tehtaissa. Tutkimuksen alussa työntekijät käyvät läpi koulutuksen lean-periaatteista, mukaan lukien 5S-työkalu, jonka jälkeen organisaatio tekee kuukausittaisia 5S arviointeja. Työtekijät, jotka ylläpitävät koulutuksessa opittuja asioita, saavat palkkabonuksia. Tutkimusta toteutettiin vuoden ajan, ja tuloksista on havaittavissa positiivinen korrelaatio 5S-tason ja tuottavuuden välillä. Lisäksi 5S-työkalun myötä työympäristö on muuttunut siistimmäksi ja turvallisemmaksi, ongelmat ovat helpommin havaittavissa ja kustannukset ovat alentuneet. Tutkimuksessa mainitaan, että 5S on hyvä lähtökohta organisaatiolle, joka tavoittelee korkealle. Vaikka 5S ei ole itsessään lean-menetelmä vaan työkalu, sen vaikutuksia ei pidä vähätellä. (Veres et al. 2018)

On hyödyllistä myös vertailla lean-menetelmiä keskenään, jotta löytää parhaimman menetelmän juuri kyseiseen organisaatioon. Hüttmeir et al. (2009) vertailevat tutkimuksessaan heijunka- ja just-in-sequence (JIS) -menetelmien hyötyjä keskenään BMW moottoritehtaassa. Heijunka hallitsee työtehtävien saapumisjärjestystä, kun JIS-menetelmä toimittaa tarvittavat komponentit tuotantolinjalle juuri oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. Tutkimuksessa käytettiin simulointimallia ja todettiin, että optimaalisen JIS-menetelmän käyttöönotto vaatisi paljon uudelleen järjestelyjä, vaikka se parantaisi reagointikykyä. Heijunka pitäisi tuotannon tasaisempana, mutta alentaisi joustavuutta. Tutkimuksessa todetaan, että näiden menetelmien välimalli olisi

optimaalisin tulos. Tulosten perusteella pystytään päättelemään, että optimaalinen menetelmä riippuu organisaation tarpeista ja tuotantoympäristön vaatimuksista. (Hüttmeir et al. 2009, s. 502–506)

4.2 Kokonaislaitteiston ja -prosessin tehokkuus lean-ajattelussa

OEE- ja OPE-indikaattoreiden avulla hukka voidaan tunnistaa helpommin, mikä mahdollistaa tarvittavien toimienpiteiden käynnistämisen ja jatkuvan parannuksen. Indikaattoreiden avulla onnistutaan havaitsemaan tarkemmin, mitä kohtia prosessista tulisi parantaa. Organisaatio pystyy indikaattoreiden avulla poistamaan arvoa tuottamattomia toimintoja, mikä johtaa kilpailukyvyn parantamiseen. OPE-indikaattori ottaa huomioon OEE-indikaattoria enemmän asioita ja päästään syvemmin selville, mistä mahdolliset ongelmat johtuvat. (Corrales et al. 2022)

Tehokkuutta tarkastellessa on tärkeää tiedostaa, ovatko ongelmat lähtöisin organisaation sisäisistä tekijöistä vai ulkoisista tekijöistä. Molemmissa tapauksissa tarkempi suunnittelu auttaa jo pitkälle. Ulkoisissa tekijöissä on huomioitava toinen osapuoli ja suunniteltava asiat tarkemmin heidän kanssaan, jotta hekin ovat tietoisia aikataulusta ja sen tärkeydestä.

Corrales et al. (2022) tutkivat erityisesti OPE-indikaattoria logistisen prosessin mittaamiseen kuorma-autojen purku- ja lastausprosessissa. OPE-indikaattori ottaa huomioon myös täsmällisyyden, jota pidettiin tutkimuksessa ratkaisevana tekijänä pullonkaulojen välttämiseksi. OPE-indikaattori auttoi tunnistamaan kuorma-autojen purkuprosessin aikana tapahtuvat menetykset, jotka johtuivat sekä sisäisistä että ulkoisista tekijöistä. Tutkimuksessa OPE-indikaattorin avulla pystyttiin tunnistamaan kohtia, jotka auttavat parantamaan resurssitehokkuutta. Tuloksien avulla pystytiin suunnittelemaan esimerkiksi tarkempia aikatauluja toimittajan kanssa, kun havaittiin, että materiaali ei saavu ajoissa ulkoisien tekijöiden takia. OPE-indikaattorilla pystyttiin lisäksi havaitsemaan työntekijöiden tarkempi työaika. Kun tiedostetaan, että työntekijällä on paljon vapaa-aikaa, pystytään työntekijä ohjaamaan helpommin toisiin työtehtäviin. Tutkimuksessa todettiin, että OPE-indikaattorin avulla pystytään välttämään esimerkiksi ajanhukkaa ja parantamaan resurssitehokkuutta. (Corrales et al. 2022)

5. POHDINTA

Tässä kandidaatintyössä on tarkasteltu lean-ajattelun vaikutuksia tuotannon tehokkuuteen, käyttäen esimerkkeinä erityisesti autoteollisuutta. Erilaisten tutkimusten tulokset osoittavat, että lean voi merkittävästi parantaa organisaation tehokkuutta sekä vähentää hukkaa. On kuitenkin tärkeää huomioida organisaation tarpeet, rajoitteet sekä haasteet.

Leanin onnistunut käyttöönotto vaatii kattavaa koulutusta sekä koko organisaation sitoutumista. Kuten Veres et al. (2018) tutkimus osoittaa, koulutus sekä säännölliset arvioinnit ovat avainasemassa 5S-työkalun onnistumisessa. Palkitseminen motivoi työntekijöitä noudattamaan käytäntöjä helpommin, mikä parantaa tuloksia. 5S-työkalun avulla hukan havaitseminen on helpompaa, jolloin se on nopeampaa poistaa.

Lean-menetelmien tehokkuus voi vaihdella huomattavasti riippuen organisaation koosta ja toimialasta. Esimerkiksi Hüttmeir et al. (2009) tutkimus BMW moottoritehtaasta osoitti, että heijunka- ja just-in-sequence-menetelmillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Tulokset vahvistavat, että organisaation on tärkeä tiedostaa, mitkä menetelmät sopivat heille parhaiten ja auttavat ratkaisemaan juuri heidän ongelmiaan. Erilaisia lean-menetelmiä on runsaasti, joten organisaation on huolellisesti arvioitava omat tarpeensa sekä toimintaympäristönsä ennen tietyn lean-menetelmän käyttöönottoa.

Hukan välttämiseksi voidaan suunnittelemaan erilaisia mittareita. OPE-indikaattorin käyttöönotto osoittautui myös hyödylliseksi logistisen prosessin mittariksi Corrales et al. (2022) tutkimuksessa. OPE-indikaattorin avulla mahdollistettiin ajanhukan vähentäminen ja resurssitehokkuuden parantaminen. Kun organisaatio tunnistaa tehokkaasti, mitkä asiat vaikuttavat tietyn työprosessin tuloksiin, niitä on helpompi mitata. Mittaustulosten avulla voidaan parantaa tehokkuutta sekä vähentää hukkaa, joka muuten saattaisi jäädä huomaamatta.

Tehokkuus antaa usein ensivaikutelman, että pitäisi tehdä nopeasti ollakseen tehokas. Lean tarjoaa tähän kuitenkin erilaista näkökulmaa poistamalla hukkaa organisaation sen hetkisistä ratkaisuista. Leanin käyttöönoton jälkeen on huomattavasti helpompi havaita ongelmakohdat etenkin organisaation sisällä, mutta myös sen ulkopuolella, kuten Corrales et al. (2022) tutkimuksessa todettiin.

Lean-ajattelun menestys edellyttää kokonaiskuvan hahmottamista ja sen ymmärtämistä. Tämä tarkoittaa, että organisaatioiden on kyettävä tunnistamaan kaikki tekijät, jotka vaikuttavat tuotantoprosessiin. Vaikka leanin menestys riippuu monista tekijöistä, on

selvää, että lean voi merkittävästi parantaa tuotannon tehokkuutta sekä vähentää hukkaa. Lean voi tuoda merkittäviä etuja organisaatiolle, mutta se vaatii organisaatiolta kattavaa sitoutumista, pitkäjänteisyyttä sekä huolellista suunnittelua. Jatkuva parantaminen sekä sopeutuminen jatkuvasti muuttuvaan toimintaympäristöön varmistavat lean-ajattelun menestyksen myös pitkälle aikavälille.

6. YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tarkastella lean-ajattelun vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Lean on kehittynyt vuosien varrella yhä laajemmaksi toimintamalliksi, joka huomioi yhä useampia asioita ja mukautuu eri toimialoihin. Toyotan tuotantojärjestelmästä lähtöisin oleva lean-ajattelu on laajentunut moniin eri sektoreihin, tuoden mukanaan useita menetelmiä ja työkaluja, jotka parantavat tuotannon tehokkuutta ja vähentävät hukkaa. Tässä työssä keskityttiin erityisesti hukan poistamiseen leanin avulla tehokkuuden saavuttamiseksi, ja työssä tarkasteltiin ensisijaisesti autoteollisuutta.

Työssä käsiteltiin lean-ajattelua, sen historiaa sekä perusperiaatteita. Yksi tärkeimpiä tavoitteita lean-ajattelussa on poistaa hukkaa ja tehdä tuotannosta siten mahdollisimman tehokasta. Hukkaa voidaan poistaa käyttämällä erilaisia lean-menetelmiä tai -työkaluja. Näistä käsiteltiin erityisesti heijunka-menetelmää ja 5S-työkalua sekä myöhemmin niiden vaikutusta tuotannon tehokkuuteen. Lisäksi työssä tarkasteltiin tarkemmin tuotannon tehokkuutta, josta käytiin läpi sen osatekijöitä, mittaamista ja resursseja. Tehokkuuden mittaamiseen on monia eri keinoja, joista tässä työssä käsiteltiin tarkemmin OEE- ja OPE-indikaattoreita.

Luvussa neljä tutkittiin, miten leanin integrointi vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen. Todettiin, että leanin käyttöönoton kanssa voidaan kohdata haasteita, jos lean-ajattelun kokonaiskuvaa ei hahmoteta eikä organisaatio sitoudu muutoksiin. Työssä käytiin läpi erilaisia tutkimuksia, joissa lean on otettu käyttöön ja miten se on vaikuttanut tuotannon tehokkuuteen. Lisäksi tutkittiin tutkimusta, jossa vertailtiin kahta erilaista lean-menetelmää keskenään optimaalisen menetelmän valitsemiseksi. Luvun lopussa analysoitiin myös OPE-indikaattorin käyttöönottoa ja sen tuloksia.

Työn tulokset osoittivat, että etenkin erilaiset lean-menetelmät, kuten heijunka, voivat merkittävästi parantaa tuotannon tehokkuutta sekä vähentää hukkaa. Lean-työkalut, kuten 5S, ovat varsin käteviä työkaluja tunnistamaan hukkaa helpommin. OPE-indikaattori auttoi tunnistamaan prosessiin vaikuttavat tekijät, jotka heikensivät tehokkuutta. OPE-indikaattorin tuloksien avulla pystyttiin vähentämään ajanhukkaa sekä parantamaan resurssitehokkuutta.

Tämän työn tuloksista voidaan päätellä, että lean on erinomainen toimintamalli tehokkuuden parantamiseksi. Se tarjoaa monia arvokkaita menetelmiä ja työkaluja eri toimialoille. Eri menetelmät ja työkalut sopeutuvat prosessin eri vaiheisiin eivätkä kaikki

toimi jokaisessa organisaatiossa. Tämän vuoksi lean-ajatus on ymmärrettävä kunnolla, jotta sitä on mahdollista hyödyntää organisaatiossa kunnolla. Lean voi vaatia organisaatiolta soveltamista, mutta menestyksekäs soveltaminen voi merkittävästi parantaa organisaation tehokkuutta ja tämän myötä parantaa sen kilpailukykyä ja kannattavuutta.

LÄHTEET

Bellgran, M. & Säfsten, K. (2010) Production development design and operation of production systems. [Online]. London: Springer.

Bish, E. K. & Wang, Q. (2004) Optimal Investment Strategies for Flexible Resources, Considering Pricing and Correlated Demands. *Operations research*. [Online] 52 (6), 954–964.

Filipe, D. & Pimentel, C. (2023) Production and Internal Logistics Flow Improvements through the Application of Total Flow Management. *Logistics*. [Online] 7 (2), 34-.

Gunasekharan, S., Elangovan, D., Parthiban P. (2014) A comprehensive study to evaluate the critical success factors affecting lean concept in indian manufacturing industries. *Applied Mechanics and Materials*. [Online] 592–594 (Dynamics of Machines and Mechanisms, Industrial Research), 2569–2576.

Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., Prenninger, J. (2009) Trading off between heijunka and just-in-sequence. International journal of production economics. [Online] 118 (2), 501–507.

Jakubovskis, A. (2017) Flexible production resources and capacity utilization rates: A robust optimization perspective. *International journal of production economics*. [Online] 18977–85.

Jwmaa, S.J., Younus, S., Othman, B.J., Rashad, M., Kanabi, I.S., Jamil, D.A., Mahmood, R.K. and Ismail, Z.S. (2022) *Motivation: Does employee motivation have influence on job satisfaction?* International Journal of Teaching, Learning and Education.

Kouri, I. (2010) Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Kovács, G. (2018) Methods for Efficiency Improvement of Production and Logistic Processes. *Vedecké práce Materiálovotechnologickej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave so sídlom v Trnave*. [Online] 26 (42), 55–61.

Kumar, S. S. & Kumar, M. P. (2014) Cycle Time Reduction of a Truck Body Assembly in an Automobile Industry by Lean Principles. *Procedia materials science*. [Online] 51853–1862.

Liker, J. K. (2004) The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill.

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

Modig, N. & Åhlström, P. (2013) This is lean: resolving the efficiency paradox. Stockholm: Rheologica Publishing.

Mouzas, S. (2006) Efficiency versus effectiveness in business networks. *Journal of business research*. [Online] 59 (10), 1124–1132.

Myszewski, J.M., 2011. On effectiveness of the control of production process. *Research in Logistics & Production*, 1(1)

Ng Corrales, L. D. C., Lambán, M. P., Morella, P., Royo, J., Sánchez Catalán, J. C., Hernandez Korner, M. E. (2022) Developing and Implementing a Lean Performance Indicator: Overall Process Effectiveness to Measure the Effectiveness in an Operation Process. Machines (Basel). [Online] 10 (2), 133–.

Ohno, T. (1988) Toyota production system: beyond large-scale production. 1st edition. Cambridge, Mass: Productivity Press.

Radin Umar, R. Z., Tiong, J. Y., Ahmad, N., Dahalan, J. (2023) Development of framework integrating ergonomics in Lean's Muda, Muri, and Mura concepts. *Production planning & control*. [Online] ahead-of-print (ahead-of-print), 1–9.

Sarmiento, R., Byrne, M., Rene Contreras, L., Rich, N. (2007) Delivery reliability, manufacturing capabilities and new models of manufacturing efficiency. *Journal of manufacturing technology management*. [Online] 18 (4), 367–386.

Sawassalung, S. & Chutima, P. (2017) Car Assembly Line Efficiency Improvement by Lean Principle. *IOP conference series. Materials Science and Engineering*. [Online] 215 (1), 12009-.

Veres (Harea), C., Marian, L., Moica, S., Al-Akel, K. (2018) Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*. [Online] 22900–905.

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (2007) The machine that changed the world: how lean production revolutionized the global car wars. New ed. London: Simon & Schuster.