



Teemu Pirkola

**LEAN-TOIMINTAMALLIN KÄYTTÖÖNOTTO
OHUTLEVYMEKANIIKAN VALMISTUKSESSA**

**LEAN-TOIMINTAMALLIN KÄYTTÖÖNOTTO
OHUTLEVYMEKANIIKAN VALMISTUKSESSA**

Teemu Pirkola
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

Tekijä: Teemu Pirkola

Opinnäytetyön nimi: Lean-toimintamallin käyttöönotto ohutlevymekaniikan valmistuksessa

Työn ohjaaja: Jukka Säkkinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 40 + 1 liite

Työssä kehitettiin Premec Oy:n tuotantoa lean-ajatteluun pohjautuen. Lean on Toyotalla syntynyt valmistamisen filosofia, jolla pyritään maksimoimaan tuotteen arvo asiakkaalle mahdollisimman vähillä resursseilla. Työn pääpaino oli soveltaa yhtä lean-työkalua eli arvovirtakuvauksen (Value Stream mapping, VSM) laadintaa Premec Oy:n tuotantoon yhdelle tuoteperheelle. Tuoteperhe on ryhmä tuotteita, jotka kulkevat samojen prosessivaiheiden ja työkalujen läpi. Arvovirtakuvauksessa tuoteperheen tuotanto kartoitetaan seuraamalla tuotannon kulkua yrityksen sisällä raakamateriaalin käsittelystä valmiiseen tuotteeseen. Työn tavoitteena oli paikallistaa ja poistaa tuotannosta lean-ajattelun mukaista arvoa lisäämätöntä työtä eli hukkaa ja täten nopeuttaa läpimenoaikaa, ehkäistä varastojen ja välivarastojen syntyä sekä tasapainottaa tuotantoa. Valitun tuoteperheen tuotannon nykytilasta luotiin arvovirtakuvaus, jonka avulla tuotteen valmistuksen prosessivaiheita tarkasteltiin kriittisesti ja pyrittiin löytämään hukkaa aiheuttavat toiminnot.

Tuotannon tulevaisuudesta visioitiin tavoitetilan arvovirtakuvaus, johon löydetty kehitysideat esitettiin. Kehitysideoilla yritys pystyy tehostamaan tuotantoa sekä laskemaan valmistuskustannuksia. Käytettyjä materiaaleja pystytään supistamaan merkittävästi tuotteen uudelleen suunnittelulla. Layout-muutokset auttavat parantamaan tuotteen virtausta. Tuoteperheen setitys helpottaa työskentelyä sekä vähentää ylimääräistä kuljettelua. Setityksessä useasta osasta koostuva tuote lajitellaan jo valmistusvaiheessa omiin settilokerikoihin palvelemaan seuraavaa sisäistä asiakasta. Imuohjausta varten voidaan luoda lean-ajattelun mukaisia pieniä varastoja eli supermarketteja tasapainottamaan tuotantoa.

Yritys pyrkii saavuttamaan tavoitetilan laaditun toimintasuunnitelman avulla. Koko henkilökunnan sitouttaminen leaniin mahdollistaa muutoksien onnistumisen ja jatkuvan kehityksen. Yhteistyön kehittäminen asiakkaan ja alihankkijoiden kanssa helpottaa tuotannon suunnittelua ja tuotannon kykyä reagoida muuttuviin olosuhteisiin. Monitaitoisuuden lisääminen auttaa virtauksen luomisessa ja ehkäisee tuotantoseisokkeja. Kehitysideoilla tuotteen läpimenoaika lyhenee 11 päivästä 5 päivään.

Asiasanat: lean, arvovirtakuvaus, hukka, imu, virtaus, prosessi

ALKULAUSE

Työssä pääsin tutustumaan syvällisesti itseäni kiinnostaviin aiheisiin, kuten lean-filosofiaan, tuotannon suunnitteluun ja sen kehittämiseen. Toivon, että työstä on yritykselle hyötyä tulevissa lean-kehitysprojekteissa.

Haluan kiittää koko Premec Oy:n henkilöstöä, erityisesti toimitusjohtaja Juha Männistöä työn mahdollistamisesta, yrityksen vastuuhenkilönä toiminutta laatupäällikkö Vesa Kangasta työhön osallistumisesta ja opastuksesta sekä projektipäällikkö Mika Kangasta tuotantoon perehdyttämisestä. Lisäksi kiitos työnohjauksesta lehtori Jukka Säkkiselle.

Oulussa 17.4.2013

Teemu Pirkola

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	9
2 LEAN-AJATTELU	11
2.1 Toyotan periaatteet	12
2.2 Tuotteen arvo	13
2.3 Hukka	14
2.4 Virtaus	16
2.5 Imu	18
2.6 Prosessi	19
3 ARVOVIRTAKUVAUS	21
3.1 Arvovirtakuvauksen vaiheet	21
3.2 Tuoteperheen valinta	22
3.3 Nykytilan kartoittaminen	23
3.4 Hukan tunnistaminen nykytilasta	25
3.5 Tavoitetilan hahmottaminen	27
4 KEHITYSIDEAT	29
4.1 Tuotteen rakennemuutokset	29
4.1.1 Materiaalien supistaminen	29
4.1.2 Prototyypin valmistaminen	30
4.2 Tuotannon kehittäminen	30
4.2.1 Solutuotannon luominen	30
4.2.2 Tuoteperheen setitys	31
4.2.3 Supermarketin luominen	32
4.3 Työyhteisön kehittäminen	32
4.3.1 Tiedonkulun parantaminen	32
4.3.2 Laadun tarkastaminen	33
4.3.3 Monitaitoisuuden lisääminen	33
4.3.4 Lean-ajattelun lisääminen suunnitteluun	33

4.4 Asiakassuhteiden kehittäminen	34
5 TOIMINTASUUNNITELMA	35
5.1 Lean perusteiden kertaaminen	35
5.2 Neuvottelut asiakkaiden kanssa	35
5.3 Tuotannon kartoittaminen	36
5.4 Layout-suunnittelu	36
5.5 Varastopaikkojen määrittely	36
5.6 Asetusaikojen lyhentäminen	37
5.7 Moniosaajien kouluttaminen	37
6 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	
Liite 1 Toimintasuunnitelma	

SANASTO

Arvovirtakuvaus	Lean-työkalu, jonka huomio keskittyy eliminoimaan hukkaa, parantamaan tuotannon virtausta ja lisäämään tuotteelle arvoa (englanniksi Value Stream Mapping, VSM).
Asetusaika	Työvaiheen valmisteluun kuluva aika.
Hukka	Toimintoja, jotka eivät luo lisäarvoa tuotteelle mutta lisäävät kustannuksia (englanniksi non-value added work, waste, japaniksi muda).
Lean-ajattelu	Japanissa syntynyt johtamisfilosofia, joka luotiin autovalmistaja Toyotalla.
Nestaus	Prosessi, jossa optimoidaan materiaalin käyttöä yhdistelemällä useita osia samalle aihiolle. Sana on yleisessä käytössä metalliteollisuudessa (englanniksi nesting).
Setitys	Useasta osasta koostuva tuote lajitellaan jo valmistusvaiheessa omiin settilokerikoihin palvelemaan seuraavaa sisäistä asiakasta. Settinä osat ovat helposti saatavilla ja työ voidaan aloittaa nopeasti.
Sisäinen asiakas	Tuotannon sisällä olevaa seuraavaa prosessivaihetta eli työntekijää voidaan kutsua sisäiseksi asiakkaaksi.

Supermarketti	Lean-ajattelun mukainen pieni puskurivarasto, jonka tarkoitus on tasapainottaa tuotantoa. Varasto toimii visuaalisesti ja sitä täydennetään vasta silloin, kun seuraava asiakas on noutanut tuotteen hyllystä (englanniksi Supermarket Pull System).
Tuoteperhe	Ryhmä tuotteita, jotka kulkevat samojen prosessivaiheiden ja työkalujen läpi.
Ulkoinen asiakas	Yrityksen ulkopuolinen asiakas, jolle valmis tuote toimitetaan.
Välivarasto	Välivarastot ovat keskeneräisten tuotteiden tai osien varastoja eri prosessien välillä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Premec Oy:lle. Ylivieskassa sijaitseva yritys valmistaa mekaniikan osa- ja osakokonaisuuksia. Yritys työllistää 70 henkilöä ja on oman alueensa merkittävä työllistäjä. Kilpailukykyensä parantamiseksi yritys on jatkuvasti pyrkinyt kehittämään tuotantoa tehokkaammaksi ja tuottavammaksi. Nykyisin yrityksen tulevaisuuden suunnitelmiin kuuluvat muun muassa lean-johtamisfilosofian soveltaminen tuotantoon. (Premec Oy. 2013.)

Työssä keskitytään tehostamaan yrityksen tuotantoa lean-filosofian periaatteiden mukaisesti. Työssä tutustutaan lean-filosofiaan ja sen tuomiin mahdollisuuksiin yritykselle. Pääpaino on arvovirtakuvauksella (englanniksi Value Stream Mapping) ja sen soveltamisesta yrityksen tuotantoon. Arvovirtakuvaus on yksi lean-työkaluista, joka helpottaa yrityksen alkutaipaleen muuntautumista lean-tuotantoon. Se auttaa yritystä ymmärtämään, mistä lean-filosofiassa on kyse. Työkalun pääpaino on hukkan paikallistamisessa ja sen poistamisessa tuotannosta.

Arvovirtakuvauksen tavoitteena on pyrkiä virtauttamaan tuotanto niin, että tuotanto olisi kaiken aikaa keskeytymätöntä ja vaivatonta. Laadittu arvovirtakuvaus toimii yrityksen yhteisenä kommunikointivälineenä tuotannon kehityksen apuna. Se auttaa yritystä näkemään ja ymmärtämään koko tuotantovirtauksen. Työkalulla voidaan nopeuttaa tuotteen läpimenoaika paikallistamalla, missä tuotannossa tehdään lisäarvoa tuottamatonta työtä siis hukkaa (non-value added work, waste, muda). Tällä tavoin saadaan poistettua esimerkiksi tuotantoa hidastavia varastoja ja välivarastoja. Tuotantoseisokit pyritään myös minimoimaan tuotannon virtauksen tasapainottamisella. Näillä toimenpiteillä tutkitun tuotteen läpimenoaika yleensä paranee merkittävästi.

Työssä tehdään valitulle tuoteperheelle nykytilan arvovirtakuvaus, joka kertoo selvästi tuotannon senhetkisen tilan, eli kuinka tuote nykyisin valmistetaan ja mitä prosessivaiheita tuotteeseen sisältyy. Nykytilan arvovirtakuvausta tutkimalla yritys paikallistaa hukkaa tuotannosta. Seuraavaksi tuotannosta visioidaan tavoitetilan arvovirtakuvaus, johon tuotanto järjestellään uusiksi

löydettyjen kehitysideoiden avulla. Tavoitetilan yritys pyrkii saavuttamaan laaditun toimintasuunnitelman avulla.

2 LEAN-AJATTELU

Lean ja sen periaatteet ovat vuosien myötä tulleet osaksi useita yrityksiä ympäri maailman. Kilpailun kovetessa yhä useammat yritykset joutuvat miettimään uusia keinoja pysyäksään kilpailukykyisenä. Toyotan esimerkki Japanissa on auttanut yrityksiä muuttamaan ajattelutapaansa pois jäykästä massatuotannosta toisenlaiseen johtamisfilosofiaan, lean-tuotantoon.

Lean-ajattelussa on kyse tehdä koko ajan enemmän aina vain entistä vähemmällä, siis vähemmän ihmisvoimaa, vähemmän laitteita, vähemmän aikaa sekä vähemmän tilaa. Leanissa pyritään pääsemään lähemmäksi asiakasta valmistamalla heille juuri sitä, mitä he oikeasti haluavat. (Womack – Jones 2003, 15.)

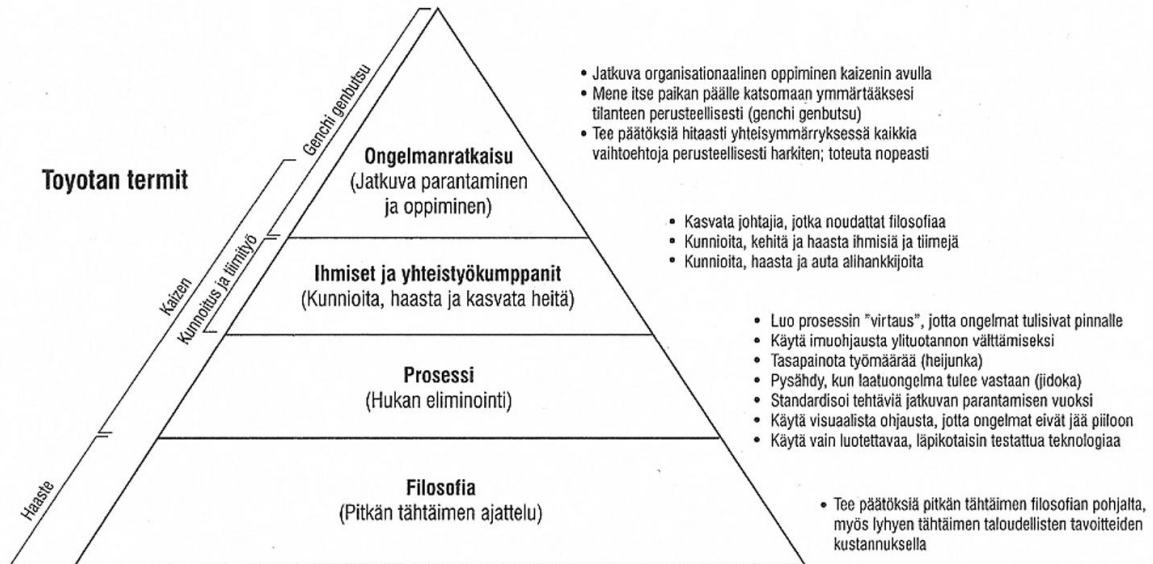
Lean-tuotantoon siirtyminen ei tapahdu hetkessä, vaan usein hyödyt alkavat näkyä vasta vuosien päästä. Tämän takia monet ovat epäonnistuneet yrittäessään seurata Toyotan esimerkkiä. Muutos vaatii aikaa ja kärsivällisyyttä. Lean-tuotannon etujen saavuttamiseksi yrityksen on ymmärrettävä, mitä lean tarkoittaa. Tärkeää on saada koko yrityksen henkilöstö sitoutumaan toimintaan.

Toyotan tuotantojärjestelmä eli Toyota Production System, TPS, on Toyotalla toisen maailmansodan jälkeen syntynyt valmistamisen filosofia. Nykyisin TPS:ää kutsutaan tunnetummin lean-tuotannoksi. Sitä pidetään tehokkaiden yritysprosessien seuraavana kehitysvaiheena Henry Fordin kehittämän massatuotantojärjestelmän jälkeen. (Liker 2006, 7, 15.)

Fordin ja GM:n tuotanto perustui massatuotantoon. Ne käyttivät suurta välineistöä tuottaakseen mahdollisimman paljon mahdollisimman halvalla. Toyota ei pystynyt toimimaan samalla tavalla, sillä sodan jälkeiset markkinat Japanissa olivat pienet. Asiakkaiden vaatimusten tyydyttämiseksi sen täytyi valmistaa erilaisia ajoneuvoja samalla kokoonpanolinjalla, joten se keskittyi parantamaan joustavuutta. Toyota huomasi, että panostaminen läpimenoaikojen lyhentämiseen ja tuotannon joustavuuteen paransi samalla laatua, asiakastyytyväisyyttä, tuottavuutta sekä tilan ja välineiden hyödyntämistä. (Liker 2006, 15–16.)

2.1 Toyotan periaatteet

Toyotan tuotantojärjestelmän toiminta perustuu periaatteisiin. Liker (2006, 6, 35–41) jakaa periaatteet Toyotan Tapaan -kirjassa neljään luokkaan: filosofia, prosessi, ihmiset ja yhteistyökumppanit sekä ongelmanratkaisu (kuva 1).



KUVA 1. Neljän periaateluokan malli (Liker 2006, 6)

Toyota ajattelee ja päättää asioita pitkän tähtäimen filosofian pohjalta. On oltava kärsivällinen, keskittyttävä pitkän tähtäimen tavoitteisiin ja panostettava ihmisiin, tuotteeseen, tehtaaseen ja laatuun. Kaikkien periaatteiden perustana Toyota pitää sitoutumista asiakkaisiin, työntekijöihin ja yhteiskuntaan. (Liker 2006, 71–72.)

Toyotalla korostetaan ihmisten tärkeyttä. Työntekijöiden avulla järjestelmä saadaan elämään, kun ihmiset työskentelevät, kommunikoivat, ratkovat pulmia ja kasvavat yhdessä. Järjestelmän on autettava työntekijöitä tarjoamalla heille työkaluja ja vapaus kehittää työtään. Kaikki parannukset ovat peräisin työntekijöistä, sillä he korjaavat ja tunnistavat ongelmat. Harjoittelun avulla kaikista työntekijöistä tulee sitoutuneempia ja parempia ratkaisemaan ongelmia. Lean-kulttuurin luominen vaatii kaikilta yhteistyötä yhteisen hyvän saavuttamiseen. (Liker 2006, 36.)

Lyhyesti kiteytettynä Toyotan tavalla on kaksi tukipilaria: jatkuva parantaminen ja ihmisten kunnioittaminen. Jatkuva parantaminen, jota kutsutaan Toyotalla Kaizeniksi, pyrkii luomaan oppimisen ilmapiirin ja ympäristön, jossa muutoksia ei ainoastaan hyväksytä, vaan omaksutaan. Toyotan toinen tukipilari on ihmisten kunnioitus, jota vaalimalla pystytään tällainen ympäristö saavuttamaan. Kunnioitus tarjoaa työntekijöille turvallisuutta ja pyrkii sitouttamaan tiiminjäseniä aktiiviseen osallistumiseen työn parantamiseksi. Johdon rooli tässä on merkitsevää. Se toimii esimerkkinä luottamuksen ja ymmärryksen kehittämisessä ja vaalimisessa työntekijöiden keskuuteen. (Liker 2006, ix.)

Toyotan ajatus on, ettei työntekijöitä irtisanota tai alenneta tuottavuuden parannusten myötä. Lyhytnäköiset erottamiset pelkästään laskevat työntekijöiden tyytyväisyyttä työpaikkaa kohtaan sekä työntekijöiden kiinnostus työn kehittämiseen lopahtaa. Toyotan tapaan kuuluu, että parannusten syrjäyttäneille työntekijöille etsitään aina vaihtoehtoista työtä. (Liker 2006, 127.)

2.2 Tuotteen arvo

Leanin maailmassa pidetään tärkeänä tuotteen arvon (englanniksi value) ymmärtämistä ja määrittelemistä. Ainoastaan loppuasiakas on oikea henkilö määrittelemään tuotteelle arvon. (Womack – Jones 2003, 15.) Arvo saadaan määriteltyä, kun kysytään sekä sisäiseltä asiakkaalta että ulkoiselta asiakkaalta, mitä asiakas haluaa prosessilta. Amerikkalaisen W. Edwards Demingin mukaan tuotantolinjan tai yritysprosessin jokaista henkilöä kuuluisi kohdella kuin asiakasta, mistä tulee hänen periaatteensa: ”seuraava prosessi on asiakas”. Asiakkaalle on toimitettava täsmälleen sitä, mitä hän tarvitsee juuri oikeaan aikaan, siis ei yhtään aikaisemmin. Prosessia havainnoimalla asiakkaan silmin voidaan erottaa lisäarvoa tuovat vaiheet lisäarvoa tuomattomista. (Liker 2006, 23, 27.)

Yleinen virhe yrityksessä on se, että suunnittelija määrittelee tuotteelle laadun, jota tuotanto vilpittömästi noudattaa. Tuotannon panos voi keskittyä täysin väärin alueisiin eivätkä asiakkaan oikeat toiveet tuotteen laadusta täyty (Lean Enterprise Institute. 2013). Sisäisellä asiakkaalla on oltava sevästi tiedossa, minkälaista laatua loppuasiakas haluaa.

Lyhyesti sanottuna leanin avulla halutaan luoda tuotteelle lisäarvoa vähemmillä resursseilla. Leanin päätavoite on tuottaa asiakkaalle täydellinen tuote ilman minkäänlaista hukkaa. (Lean Enterprise Institute. 2013.)

2.3 Hukka

Lean-ajattelussa on ymmärrettävä, mitä hukka on. Voidaan todeta, että kaikki ne toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia mutta eivät luo lisäarvoa tuotteelle, ovat hukkaa (Tuominen, 2010, 86). Toyota on tunnistanut kahdeksan erityyppistä hukkaa (Liker 2006, 28–29):

1. Ylituotanto

Tuotanto valmistaa osia, joille ei ole vielä tilausta. Ylituotanto aiheuttaa tarpeetonta työntekijöiden palkkaamista, kun osia liikutellaan, käsitellään ja kirjataan varastoihin.

2. Odottelu

Työntekijä joutuu odottamaan osien valmistumista edeltävältä prosessilta, seuraamaan automatisoitua konetta tai odottamaan uupuvaa toimitusta alihankkijalta.

3. Tarpeeton kuljettelu

Keskeneräistä työtä kuljetetaan ympäriinsä. Materiaaleja siirretään varastosta tai prosessista toiseen.

4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely

Tuotteen käsittely on hidasta huonojen työkalujen tai tuotesuunnittelun vuoksi, virheitä syntyy ja työpisteellä liikutaan tarpeettomasti. Tuotanto valmistaa laadukkaampia tuotteita kuin on tarve.

5. Tarpeettomat varastot

Keskeneräiset tuotteet, valmiit tuotteet ja raakamateriaalit varastoissa aiheuttavat viivettä, pidempiä läpimenoaikoja ja kuljetus- ja varastointikustannuksia. Ne myös piilottavat ongelmia, kuten epätasapainoisen tuotannon, viat ja myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta.

6. Tarpeeton liikkuminen

Työkaluja ja osia joudutaan etsimään, kurottamaan ja pinoamaan. Tarpeeton kävely on hukkaa.

7. Viat

Virheellisten osien korjaaminen, tuottaminen ja tarkastaminen aiheuttaa tarpeetonta käsittelyä, ylimääräistä työtä ja kuluttaa työntekijöiden aikaa.

8. Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen

Työntekijöiden taidot, uudet ideat ja parannusehdotukset menevät hukkaan, jos heitä ei kuunnella ja sitouteta työhön.

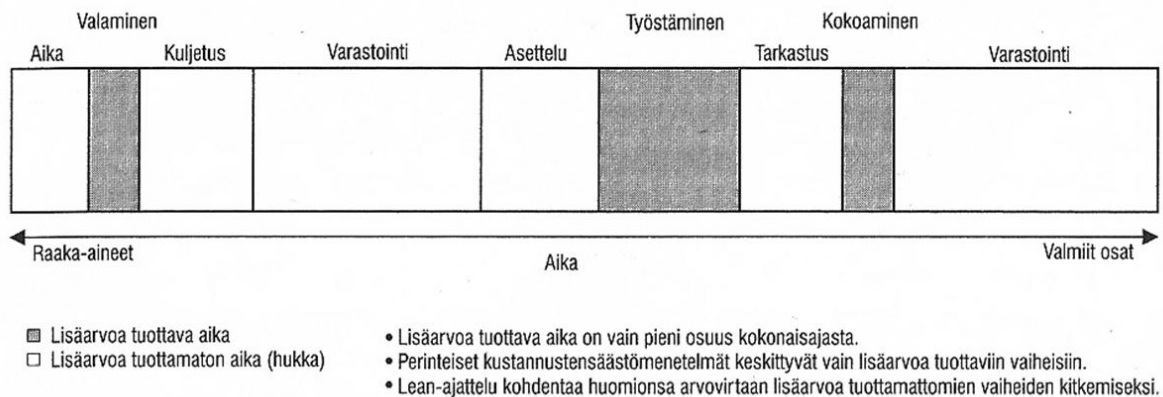
Ylituotanto merkittävimpana hukan aiheuttajana

Ylituotanto tarkoittaa, että valmistetaan seuraavan prosessin vaatimuksiin verrattuna enemmän, aikaisemmin tai nopeammin. Ylituotannon aiheuttajia arvoketjussa ovat usein itse prosessit, jotka toimivat omilla osastoillaan erillään muista prosesseista. Ne luottavat tuotannon ohjauksesta saatuun aikatauluun ja valmistavat tuotetta alavirtaan tiedostamatta seuraavan prosessin oikeaa tarvetta. Alavirrassa tuotetta ei välttämättä vielä tarvita, joten ylävirran ylituotanto aiheuttaa alavirtaan ylimääräistä käsittelyä, laskemista ja varastointia. (Womack ym. 2003, 36.)

TPS:n luoja pidetyn Taichi Ohnon mielestä suurin osa tuhlauksesta aiheutuu ylituotannosta, joten sitä voidaan pitää merkittävimpana hukkana. Aina kun valmistetaan asiakkaan tarvetta enemmän, materiaali kulkee seuraavaan vaiheeseen odottamaan käsittelyä tai se joudutaan varastoimaan. Suuret puskurivarastot vaikeuttavat tuotannon kulkua sekä heikentävät motivaatiota kehittää toimintoja jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti. Mahdolliset vialliset osat voidaan huomata esimerkiksi kokoonpanossa vasta viikkojen päästä valmistuksesta, jos ne ovat siihen asti odottaneet käsittelyä varastossa. Varastoissa saattaa piillä useiden viikkojen ajaksi virheellisiä osia, jotka joudutaan hävittämään. (Liker 2006, 29.)

Liker antaa esimerkin hukasta kuvaamalla perinteisen arvoketjun aikajanalla, joka sisältää valamista, työstämistä ja kokoamista (kuva 2). Usein operaatioissa suurin osa ajasta kuluu lisäarvoa tuottamattomaan työhön, jota kuvataan

kuvassa valkoisella pohjalla. Tuotteen lisäarvoa tuottava työ siis valaminen, työstäminen ja kokoaminen kestävät vain pienen osan siitä kokonaisajasta, mitä tuotteen valmistamiseen kuluu todellisuudessa aikaa. (Liker 2006, 29–30.) Onkin todettu, että useimmissa prosesseissa on jopa 90 % hukkaa ja vain 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä (Liker 2006, 87).



KUVA 2. Hukka arvovirrassa (Liker 2006, 30)

2.4 Virtaus

Henry Ford kollegoineen vuonna 1913 olivat ensimmäisiä, jotka huomasivat virtauksen tuoman potentiaalin tuotannossa. Valmistaessaan Fordin autoklassikkoa Model-T:tä hän keskittyi luomaan koontaan jatkuvan virtauksen. Ford järjesti kaikki Model T:n valmistamiseen tarvittavat koneet sarjaan aloittaen raakamateriaalin käsittelystä ja jatkaen valmiin auton toimitukseen asti. Tällä tavoin hän saavutti tuotantoon huomattavan nopeusedun kilpailijoihinsa verrattuna. Ratkaisu toimi kuitenkin ainoastaan silloin, kun tuotantomäärät olivat valtaisan ja jokainen tuote oli tismalleen samanlainen ja käyttivät tismalleen samoja osia. Henry ei ollut ajatellut tuotannon muuntautumiskykyä ja ainoastaan yhden mallin valmistaminen oli siis tuottoisaa. Täysin identtistä Model T:tä valmistettiin 19 vuotta. (Womack ym. 2003, 22–23.)

Lean-ajattelun pääideoita on luoda jatkuva virtaus tuotantoon. Jatkuva virtaus tarkoittaa, että tuotetta valmistetaan ainoastaan yksi osa kerrallaan pyrkien siihen, että osa liikkuu eri prosessivaiheiden välillä ilman pysähtymisiä tai

välivarastoja. (Womack ym. 2003, 39.) Virtaus käynnistyy asiakastilauksesta, jolloin tuotanto käynnistyy raaka-aineiden noutamisella. Raaka-aineita noudetaan juuri asiakkaan tilauksen vaatima määrä. Ne kulkevat tehtaalle työntekijöille, josta valmistetaan ja kootaan välittömästi asiakkaan haluama tuote. (Liker 2006, 90.)

Jatkuva virtaus on kaikista tehokkain tapa valmistaa ja tämän saavuttamiseksi tarvitaan paljon luovuutta (Womack ym. 2003, 39). On mahdollista, että koko prosessi voidaan hoitaa muutamassa tunnissa tai päivässä viikkojen tai kuukausien sijaan (Liker 2006, 90). Useimmiten ihmiset vain olettavat tietyn prosessin kestävän muutaman päivän tai jopa viikon miettimättä syitä, mikä aikaa kuluttaa. Virtauksen luominen tuo usein esille tuotannon ongelmat ja kehottaa samalla kehittämään niitä, koska muuten prosessi keskeytyy. (Liker 2006, 88.)

Esimerkkinä virtauksesta Liker (2006, 90) kertoo Toyotan uusien autojen kehittämisprojektista. Toyotalla uuden auton kehittämiseen menee noin vuosi, kun kilpailijoilla kuluu samaan yli kaksi vuotta. Toyotalla myös kehitystyö eli muotoilu ja prototyyppien valmistaminen, on osa virtausta. Ne hoidetaan saumattomasti yhteistyössä alusta loppuun kenenkään tuottamatta etukäteen mitään, ennen kuin seuraava henkilö tai prosessi jotain tarvitsee.

Usein yrityksessä ajatellaan, että on tehokkaampaa järjestää prosessit toimimaan erillään omissa osastoissa. Kyseinen ajattelutapa kehottaa tuotantoa valmistamaan tuotteita kerralla enemmän. Toiminta voi näyttää tehokkaalta, kun täydellä teholla pyörivät koneet pitävät henkilöstön kiireisenä. Osastojako voi kuitenkin aiheuttaa tuotantoon suunnattomasti odotteluaikaa. Tuotanto joudutaan alavirrassa keskeyttämään, jos varastoidut osat yllättäen loppuvat. Samaan aikaan ylävirralla saattaa olla toinen tuote pahasti kesken, joten alavirta joutuu ensin odottamaan, että edeltävä prosessi päättyy. Tämän lisäksi tuotevaihtoon eli asetus aikaan saattaa pahimmassa tapauksessa myös kulua useita tunteja. (Womack ym. 2003, 21–22.)

Virtauksen saavuttaminen vaatii kärsivällisyyttä ja aikaa. Tavoitteena on luoda virtaus sinne, missä se on mahdollista. Yksiosaisessa virtauksessa tuote virtaa

prosessien läpi keskeytyksettä. Yksiosaista virtausta ei kannata kuitenkaan luoda sellaiseen paikkaan, johon se ei lainkaan sovi. Puskurivarastojen käyttö saattaa jopa tietyissä paikoissa mahdollistaa paremman virtauksen. Suunta on kuitenkin se, että jatkuvasti etsitään keinoja paremman kokonaisvirtauksen toteuttamiseksi. (Liker 2006, 7, 90.)

Usein kuvitellaan, että nopeus heikentää tuotannon laatua. Virtauksen luominen ei heikennä laatua vaan parantaa sitä, kun ongelmat ilmenevät lähes välittömästi tuotannon edetessä prosessista toiseen. Sama pätee esimerkiksi myös suunnittelupuolella. Projekti kulkee jouhevasti eteenpäin ja uusi tuote saadaan aina entistä nopeammin, laadukkaampana ja tuottavampana markkinoille, kun oikeat ihmiset on sijoitettu peräkkäin ja heille on järjestetty yhteisiä palavereja. (Liker 2006, 93–94.) Prosessien yhteen kytkeminen lisää tiimityötä. Palaute virheistä tulee nopeasti ja työntekijät kehittyvät, ajattelevat ja ratkaisevat ongelmia keskenään (Liker 2006, 101).

2.5 Imu

Toyotalla imu on ihannetila, jossa tarvittavat tuotteet toimitetaan ulkoiselle sekä sisäiselle asiakkaalle juuri oikeaan aikaan ja vain sen verran, mitä hän pyytää. Yksiosainen virtaus on imutuotannon täydellisin muoto. Virtauksessa ilmaantuu kuitenkin luonnollisia katkoksia, joten pienet puskurivarastot voivat olla välttämättömiä. Useimmiten massatuotanto toimii työntöohjauksena, jossa tuotteita valmistetaan oletetun kysynnän ja etukäteen laaditun aikataulun mukaan. Kysyntä voi kuitenkin muuttua nopeasti, esimerkiksi romahtaa yllättäen alaspäin, jolloin yritykselle voi jäädä suuri määrä tuotteita varastoon. (Liker 2006, 104–107.)

Supermarket pull system ja kanban

Imuohjauksen toiminta perustuu asiakkaan välittömään kysynnän palvelemiseen. Toyotan tapa hallita imujärjestelmää on luoda pieniä varastoja prosessien välille tasapainottamaan tuotantoa. Toyotalla näitä pieniä varastoja kutsutaan supermarketeiksi. Hyllyä täydennetään vasta silloin, kun seuraava asiakas käy hakemassa tuotteen hyllystä. Jos menekkiä ei ole, tuote odottaa hyllyllä, mikä viestii ylävirtaan, ettei hyllyä täydennetä. Supermarkettien avulla

ylituotantoa saadaan karsittua, kun ylävirta näkee aina selkeästi supermarketista, ettei alavirta tarvitse lisää tiettyä tuotetta.

Toyotalla on käytössä kanban-järjestelmä, joka toimii vastaavalla tavalla. Kanbanilla varmistetaan, että osien tuotanto käynnistetään oikeaan aikaan. Kanbaneina voivat toimia esimerkiksi tyhjät laatikot, tyhjät karrut tai kortit, jotka toimivat signaalina ylävirtaan, että jotain tuotetta tarvitaan lisää. (Liker 2006, 106–108.) Kanban-järjestelmä ei tarvi toimiakseen monimutkaisia tietokoneella luotuja aikatauluja ja varastojen hallintajärjestelmiä. Sen on todettu toimivan useimmissa liiketoiminnoissa paremmin kuin aikataulujärjestelmä. Se on visuaalinen, yksinkertainen ja tehokas tapa hallita tuotantoa toimimaan juuri oikeaan aikaan. (Liker 2006, 106–108.)

Toyotalla ei kuitenkaan koskaan jäädä paikoilleen supermarketteihin, koska ne ovat kuitenkin aina varastoja, jotka aiheuttavat hukkaa. Lopullinen tavoite on poistaa myös supermarketit ja luoda yksiosainen virtaus tuotantoon aina, kun se on mahdollista. Jos prosessit ovat etäällä toisistaan tai niiden kestossa on huomattava ero, on kanban-järjestelmän luominen usein toiseksi toimivin ratkaisu. (Liker 2006, 106–108.)

2.6 Prosessi

Lean Enterprise Institute (2013, *linkit What is Lean -> Principles*) kuvaa leanin käyttöönottoa yrityksessä viisivaiheisena prosessina (kuva 3). Vaiheet ovat helppo muistaa, mutta käytännössä niiden saavuttaminen on hyvin vaikeaa:

1. Identify Value

Tunnistetaan ja määritetään tuotteelle tai tuoteperheelle arvo loppuasiakkaan näkökulmasta.

2. Map the Value Stream

Tunnistetaan arvovirran kaikki vaiheet jokaiselle tuoteperheelle erikseen. Pyritään poistamaan kaikki ne vaiheet tuotannosta, jotka eivät luo lisäarvoa tuotteelle.

3. Create Flow

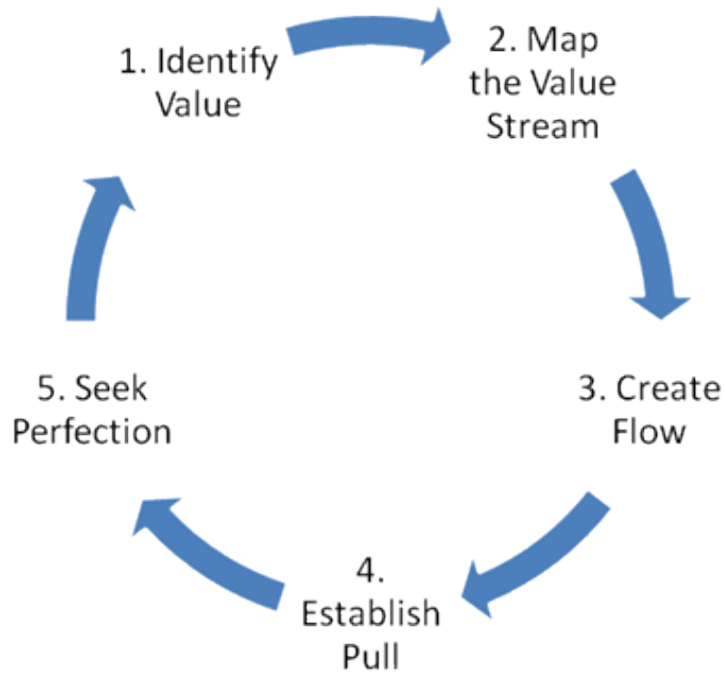
Luodaan tuotantoon tasainen virtaus, että tuote kulkisi kitkattomasti kohti loppuasiakasta.

4. Establish Pull

Annetaan sisäisen asiakkaan ohjata tuotantoa ylävirrassa imutuotannon tavoin.

5. Seek Perfection

Aloitetaan prosessi alusta ja pyritään täydellisyyteen eli tilaan, jossa lisäarvoa tuottamaton työ siis hukka on eliminoitu kokonaan.



KUVA 3. Lean kuvattuna viisivaiheisena prosessina (Lean Enterprise Institute, linkit What is Lean -> Principles)

3 ARVOVIRTAKUVAUS

Arvovirtakuvaus (engl. Value Stream Mapping, VSM) on lean-työkalu, joka tukee yrityksen alkutaipaleen muuntautumista lean-tuotantoon. Työkalu keskittyy eliminoimaan hukkaa, parantamaan tuotannon virtausta ja lisäämään tuotteelle arvoa. Arvovirtakuvaus tunnetaan myös nimellä Material and Information Flow Mapping. Sen avulla yritys tulee usein huomaavaan asioita, jotka normaalisti jäävät huomaamatta. Työkalun ajatuksena on helpottaa kehitystyötä luomalla tuotteelle yksinkertainen arvovirtakuvaus tuotteen kulusta tuotannossa. Se antaa yritykselle uudenlaisen perspektiivin tuotannon suunnitteluun. (Rother–Shook 2009, Introduction, 1–2.)

Arvovirtakuvauksen avulla yritys tulee saamaan kokonaiskuvan siitä, kuinka tuote valmistetaan tuotannossa. Se toimii koko henkilöstön yhteisenä kommunikointivälineenä. Työkalun avulla paikallistetaan hukkaa ja löydetään tuotannon heikkoudet. Sillä esimerkiksi nähdään, missä tehdään turhaa työtä eli lisäarvoa tuottamatonta työtä. Työkalulla pystytään myös ehkäisemään ja poistamaan välivarastoja sekä löytämään mahdolliset valmistuksen pullonkaulat. Tehokkuus parantuu, jos tunnistetaan ja ratkaistaan oikeat ongelmat. (Rother ym. 2009, 1–2.)

3.1 Arvovirtakuvauksen vaiheet

Learning to see -kirjassa (Rother ym. 2009, 4, 9–10, 49, 75, 80) arvovirtakuvauksen luominen jaetaan seuraaviin vaiheisiin:

1. Tuoteperheen valinta

Kaikkien tuotteiden kuvaaminen on alkuun liian monimutkaista, joten valitaan tarkoitukseen sopiva tuoteperhe ja keskitytään pelkästään siihen. Tuoteperhe on ryhmä tuotteita, jotka sisältävät samoja prosessivaiheita ja työkaluja. Asiakas on kiinnostunut vain tietyistä tuotteista, ei kaikista.

2. Nykytilan kartoittaminen

Tutkitaan nykytilannetta lattiatasolta ja tehdään siitä ensimmäinen arvovirtakuvaus. On tärkeää kuvata sekä materiaalivirta että informaatiovirta.

3. Tavoitetilan hahmottaminen

Arvovirtakuvauksen tarkoitus on löytää hukkan aiheuttajat ja pyrkiä poistamaan ne. Tavoitetilan kuvaamisen avulla tuotannon ongelmat tuodaan esille. Tavoitetila on visio tulevaisuuden tilasta, johon yrityksen on mahdollisuus päästä kohtuullisessa ajassa. Tavoite on linkittää jokainen yksittäinen prosessi yhteen jatkuvan virtauksen tai imun avulla, jotta valmistettaisiin vain sitä, mitä asiakas haluaa ja milloin hän haluaa.

4. Määritellään toimintasuunnitelma

Suunnitelma kertoo, kuinka yritys pyrkii pääsemään uusiin tavoitteisiin. Tavoitetila voidaan saavuttaa suunnittelemalla arvoketjukuvauksen vuosisuunnitelma, joka kertoo askel askeleelta, milloin tietyt parannukset toteutetaan tuotannossa.

Prosessi voidaan aloittaa alusta, kun tavoitetila saavutetaan. Tavoitetila voidaan kuvata aina uudelleen, sillä aina on jotain, mitä voidaan parantaa.

Arvovirtakuvauksen tarkoitus on parantaa tuotantoa jatkuvasti. (Rother ym. 2009, 7.)

3.2 Tuoteperheen valinta

Työssä valittiin tuote X, jonka kehittämisen yritys koki välttämättömäksi tuotteen tuottavuuden parantamiseksi. Tuote X:n tuotantoa haluttiin parantaa koko tuotannon osalta. Välivarastojen ja suurien materiaalivarastojen hallintaan haluttiin parannusehdotuksia. Kokoonpanossa tuotteen ongelmat kasaantuivat ja näkyivät suurehkoina välivarastoina, joita työn mahdollistamiseksi jouduttiin siirtelemään kaiken aikaa edestakaisin. Mallista toiseen siirtymiseen eli asetusaikoihin kului merkittävästi aikaa.

Tuotannon aikatauluttaminen koettiin hankalaksi, koska asiakkaan tilausmäärät vaihtelevat kuukausittain suuresti. Välillä on ajanjaksoja, jolloin tuotetta menee

Nykytilan tuotanto

Tuotteen mekaniikan valmistaminen aloitettiin aihioinnilla tai lävistyksellä. Suurin osa mekaniikasta kulki särmäyksen kautta lopputarkastukseen ja sieltä koontaan. Osa mekaniikasta lisäksi mankeloitiin ja pistehitsattiin sekä lähetettiin alihankintaan kiillotusta varten. Mekaniikkaa valmistettiin useamman kymmenen kappaleen erissä. Lähes jokainen prosessi toimi omalla osastollaan muista prosesseista erillään. Trukit kuljettivat osia prosessista toiseen työntämällä seuraavaa prosessia eteenpäin. Prosessien välillä mekaniikka usein varastoitiin välivarastoihin odottamaan seuraavaa vaihetta.

Kaikki mekaniikka kuljetettiin lopuksi kokoonpanoon, jossa työntekijät kokosivat tuotteen valmiiksi ja pakkasivat sen loppuasiakkaalle lähetystä varten. Lähettämön työntekijät noutivat valmiit tuotteet kokoonpanon läheisyydestä ja lähettivät tuotteet asiakkaille. Kun kokoonpano tarvitsi jotain, kommunikointi hoidettiin työnjohdon välityksellä ylävirran kanssa.

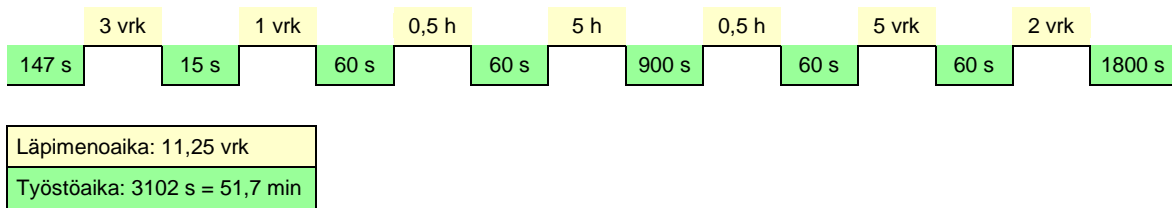
Havainnot tuotannosta

Ennen nykytilakuvauksen laadintaa yritys koki, että kokoonpano on koko tuotannon suurin ongelma. Nykytilakuvauksesta kuitenkin huomattiin, että ongelmat kokoonpanossa aiheutuvat muusta tuotannosta. Ongelmat pelkästään kasaantuivat kokoonpanoon, joten ne myös näkyivät siellä selkeimmin. Ongelmien ratkaisemiseksi on siis kehitettävä koko tuotantoa.

Nykytilan läpimenoaika

Tuotteen kokonaisläpimenoaikaa oli vaikea määrittää, sillä tuote X koostuu useasta osakokonaisuudesta, joiden valmistus aloitetaan sekalaisessa järjestyksessä. Osa mekaniikasta voidaan valmistaa ennakoimalla tulevaa menekkiä jo pari viikkoa aiemmin. Valmis mekaniikka varastoidaan kokoonpanoon odottamaan muiden osien tuloa tuotannosta. Osa mekaniikasta löytyy jo valmiiksi hyllystä, sillä niitä on valmistettu aikaisemmin suuri määrä varastoon.

Läpimenoaika määritettiin mekaniikalle, jonka koettiin olevan kriittisellä polulla kuormittamassa tuotantoa eniten. Tämän osan läpimenoaika tuotannossa oli 11 päivää (kuva 5). Kuvassa ei ole huomioitu raakamateriaalien kiertoa varastossa.



KUVA 5. Läpimenoaika kriittisellä polulla olevalle mekaniikalle

3.4 Hukan tunnistaminen nykytilasta

Lean-periaatteet auttavat tunnistamaan hukkaa nykytilasta ja helpottavat tavoitetilan hahmottamista. Lean-tuotannon tarkoitus on saada tuotanto toimimaan niin, että edeltävä prosessi tekee vain sitä, mitä seuraava prosessi juuri sillä hetkellä tarvitsee. Lyhyemmät läpimenoajat ja parempi laatu saavutetaan, kun yhdistetään prosessit ja poistetaan kiertotiet lähtien raaka-aineen käsittelystä ja jatkuen loppuasiakkaalle asti. (Womack ym. 2003, 35–37.)

Ylituotanto aiheuttaa ylimääräistä käsittelyä

Tuotannosta voitiin paikantaa jokaista Toyotalla tunnistettua hukan lajia. Tuote X:n mekaniikkaa jouduttiin valmistamaan etukäteen, jotta asiakastilauksen saapuessa tuote pystyttiin toimittamaan asiakkaalle mahdollisimman nopeasti. Läpimenoaika yhden merkittävän osan valmistamisessa oli 11 päivää, minkä takia valmistusta oli ennakoitava, koska asiakkaalle luvattiin toimitus aina muutaman päivän sisällä. Ylituotannon takia osia siirreltiin, käsiteltiin ja kirjattiin varastoihin, mikä teetti ylimääräistä työtä työntekijöille. Varastot eivät tuo lisäarvoa tuotteelle vaan ainoastaan lisäävät kustannuksia. Ne aiheuttavat pitkiä läpimenoaikoja, viivettä tuotantoon, kuljetuskustannuksia ja kertovat epätasapainoisesta tuotannosta.

Odottelua esiintyy

Odottelu on myös merkittävä hukan lähde. Kokoonpanotyöntekijät joutuivat jatkuvasti odottamaan tarvittavaa mekaniikkaa ylävirralta. Jokin osa odotti lävistystä, toinen särmäystä ja kolmas maalausta. Tuote X:n mekaniikka oli yleensä sekaisin ympäri tuotantoa, jolloin kukaan ei osannut sanoa realistista arvioitua aikaa, milloin esimerkiksi kokoonpano saa mekaniikan käsiteltäväksi. Osa voi olla valmis huomenna tai vasta muutaman päivän päästä.

Prosessit ovat kaukana toisistaan

Tarpeeton kuljettelu on myös hukkaa, kun keskeneräisiä tuotteita kuljeteltiin ympäriinsä esimerkiksi prosessista tai varastosta toiseen. Prosessit sijaitsivat kaukana toisistaan, joten mekaniikkaa jouduttiin kuljettamaan puolelta toiselle. Yksittäisen tuotteen vienti prosessiketjun läpi ei ollut tässä tapauksessa järkevää, joten mekaniikkaa useimmiten valmistettiin suuria määriä varastoihin odottamaan asiakkaan tilausta. Asiakkaan tarvetta suuremmat tuotantomäärät aiheuttivat välivarastojen syntyä eri puolille tuotantotiloja.

Tuotteen käsittely hidasta

Huonot työkalut ja tuotesuunnittelu hidastivat tuotteen käsittelyä, aiheuttivat virheitä ja ylimääräistä liikkumista. Tuote X:n tapauksessa tuotteen kokoonpano oli tehty liian monimutkaiseksi. Kokoonpanovaiheessa työntekijä joutui pyörittämään tuotetta pöydällä, mikä saattoi aiheuttaa jälkiä tuotteeseen. Tuote X:n tapauksessa huolellinen viimeistely on asiakkaalle tärkeää. Ulkonäkövirheet voivat saada asiakkaan kuvittelemaan, että tuote on valmistettu huolimattomasti. On mietittävä jo suunnitteluvaiheessa, kuinka tuote on helppointa valmistaa ja koota, ja tehdä ratkaisut sen pohjalta.

Työntekijät useimmiten käsittelevät tuotetta joko liikaa tai liian vähän, jos tarvittava laatu ei ole heidän tiedossa. Tuote X:n tapauksessa työntekijät eivät olleet täysin varmoja laadusta, mihin tulee kiinnittää huomiota. Virheellisten tuotteiden määrä vähentyy, jos työntekijät opetetaan kokoamaan tuote ja tarkastamaan laatu sovitulla tavalla. Reklamaatiot aiheuttavat aina merkittävästi lisäkustannuksia, jos tuotteita joudutaan korjaamaan jälkikäteen.

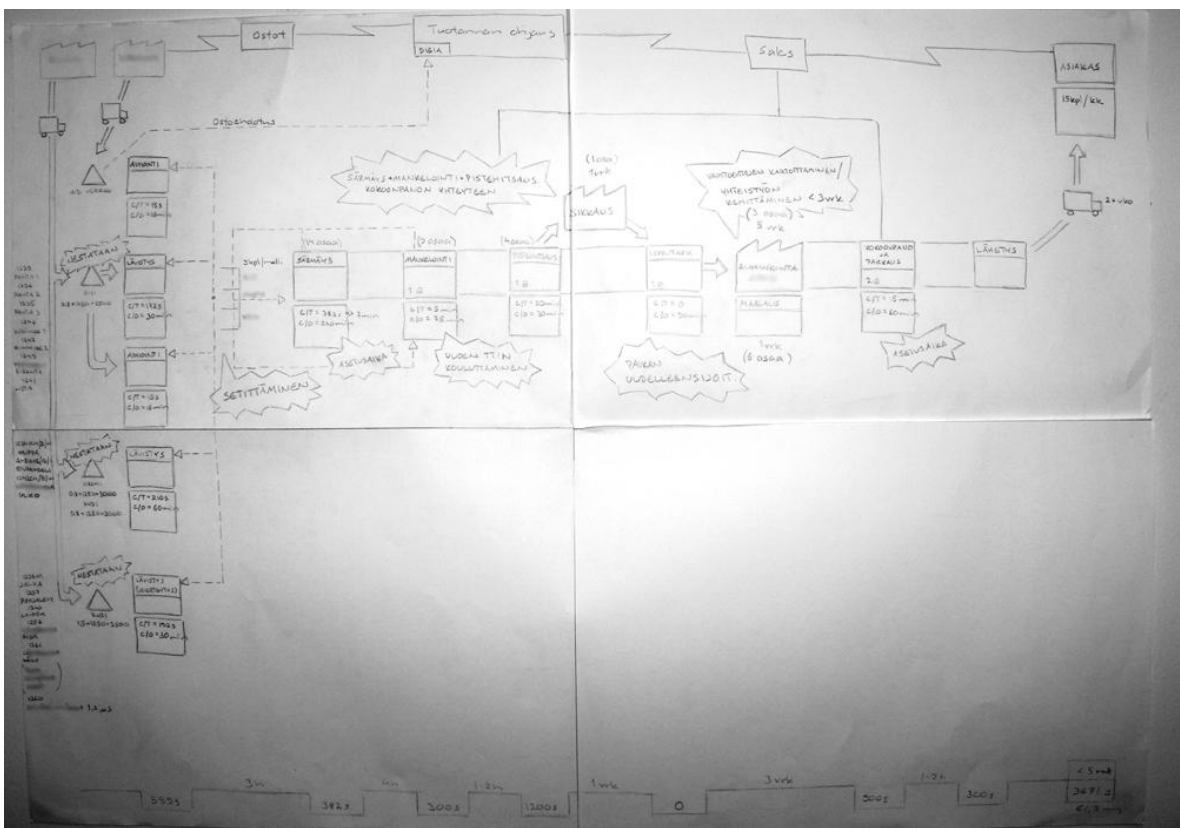
Työkaluilla ei selkeää paikkaa

Tarpeetonta liikkumista ovat muun muassa työkalujen ja osien etsiminen sekä turha kävely ympäriinsä. Työkalujen ja osien selkeä järjestys sekä helppo saatavuus nopeuttaa työn tekemistä. Tuote X:n kohdalla työkaluilla ei ollut omaa merkityä paikkaa, vaan ne etsittiin pöydiltä tai kysyttiin muilta työntekijöiltä, mihin he ovat työkalut jättäneet. Kyseiseen ongelmaan on jo puututtu 5S:n myötä, joten parannuksia tähän on luvassa hyvin pian. 5S on leanin perustyökalu, jonka avulla pyritään parantamaan tuottavuutta,

työturvallisuutta, laatua ja työntekijöiden sitoutumista (Quality Knowhow Karjalainen Oy, 2013).

3.5 Tavoitetilan hahmottaminen

Tavoitetilan arvovirtakuvaus esittää hukan poistamiseksi kehitysideoita, jotka voidaan saavuttaa hyvällä suunnitelmalla lyhyessä ajassa (kuva 6). Variaatioita tavoitetilasta voidaan tehdä useita. Kyseinen ratkaisu ei välttämättä ole lopullinen, vaan tavoitetilan kuvausta yleensä muokataan kehityksen edetessä, kun uusia ideoita tulee ilmi.



KUVA 6. Tavoitetilan arvovirtakuvaus

Tavoitetilan tuotanto

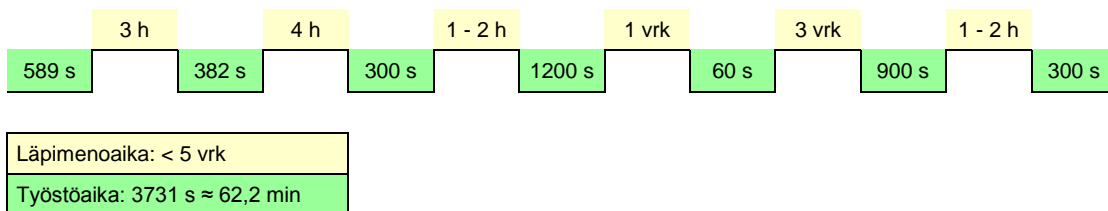
Tavoitetilan arvovirtakuvauksessa tuote X:n mekaniikka kulkee setitettynä läpi tuotannon. Tavoitetila saatiin supistettua huomattavasti pienempään muotoon, kun tuote X:n rakenne suunniteltiin uudelleen ja suurin osa käytetyistä materiaaleista karsittiin pois. Ikoniräjähdykset kartassa korostavat kehitysideoita, jotka käsitellään laajemmin luvussa 4. Tavoitetilassa tuotteen läpimenoaika lyhenee 11 päivästä 5 päivään.

Lävistystä ohjaamaan luotiin visuaalisesti toimiva supermarketti, jota täydennetään vasta silloin, kun tuotetta alavirrassa tarvitaan. Välivarastojen poistamiseksi ja virtauksen parantamiseksi kokoonpanon yhteyteen luotiin tuotantosolu, johon suurin osa helposti siirrettävistä työvaiheista eli särmäys, mankelointi, pistehitsaus ja sikkaus sijoitetaan vierekkäin.

Tuotteen menekki oli kirjoitushetkellä kohtuullisen pieni, joten varsinaista puskurivarastoa valmiille tuotteille ei välttämättä tarvita, jos läpimenoaika saadaan lyhennettyä suunniteltuun viiteen päivään. Alkuun voi olla kuitenkin järkevää tehdä muutama kappale valmiita tuotteita varastoon, jotta asiakastilauksiin pystyttäisiin vastaamaan riittävän nopeasti. Tällöin lähettämöön luotaisiin toinen supermarketti valmiiden tuotteiden hallintaa varten. Tuote X:ää valmistettaisiin lisää vasta silloin, kun puskurivarasto lähettämössä tyhjentyy.

Tavoitetilan läpimenoaika

Tavoitetilan läpimenoaika sisältää tuote X:n kaikki osakokonaisuudet. Nykytilassa läpimenoaika laskettiin vain kriittisimmälle osalle, joten työstöaika tavoitetilassa on luonnollisesti edeltävää hieman suurempi (kuva 7, kuva 5).



KUVA 7. Tavoitetilan läpimenoaika tuote X:lle

4 KEHITYSIDEAT

Seuraavassa käydään läpi laadituista arvovirtakuvauksista esiin tulleet kehitysideat, joihin puuttumalla yritys pystyy kehittämään tuote X:n tuotantoa. Kehitysideoiden avulla saadaan eliminoitua hukkaa, nopeutettua tuotteen läpimenoaikaa, ehkäistyä varastojen ja välivarastojen syntyä, tasapainotettua tuotantoa sekä laskettua tuotannon kustannuksia.

4.1 Tuotteen rakennemuutokset

Rakennemuutoksilla pystytään yksinkertaistamaan tuote X:n monimutkaista rakennetta. Kustannukset laskevat, kun tuotteen valmistaminen nopeutuu ja helpottuu sekä varastotilaa vapautuu muuhun käyttöön.

4.1.1 Materiaalien supistaminen

Tuote X:n valmistuksessa käytetään yhteensä yhdeksää erilaista materiaalia. Materiaalit vaihtelevat seoksen ja paksuuden mukaan. Tuotteen uudelleensuunnittelu mahdollistaa materiaalmäärän supistamisen neljään materiaaliin eli lähes kolmasosaan. Kyseinen toimenpide vapauttaa huomattavasti resursseja lävistyksessä, kun mekaniikkaa pystytään valmistamaan nestaamalla. Nestauksessa optimoidaan materiaalin käyttöä ja valmistetaan useita osia samalta aihiolta. Lisäksi laskelmat osoittivat, että materiaali muutokset laskevat tuotteen hintaa muutamalla eurolla.

Lävistyksessä suurin osa valmistuksesta kuluu asetusaikeihin. Asetusaika on työvaiheen valmisteluun kuluva aika. Itse lisäarvoa tuova työ eli lävistykoneen käynnissäoloaika on murto-osa koko prosessin kestosta. Tämän takia on erittäin tärkeää lyhentää sekä mahdollisesti poistaa asetusaikeihin kuluva aikaa. Lävistyksen asetusaikeihin kuluva aika vähenee kolmasosaan, kun usea osa tulee valmiiksi samalla kertaa samasta materiaalista. Neljää materiaalia käytettäessä tuotteelle tarvitsee enää tehdä ainoastaan neljä asetusta.

4.1.2 Prototyypin valmistaminen

Työn aikana luotiin tuote X:stä uusi prototyyppi, johon käytettiin ainoastaan neljää materiaalia, jonka uudelleensuunnittelu mahdollisti. Prototyyppi osoittautui käytännössä toimivaksi. Sen rakenne kuitenkin muuttui merkittävästi alkuperäisestä, joten seinäkiinnikkeitä tulisi käyttää turvallisuussyistä. Myös alkuperäisessä versiossa tuotteen painon vuoksi seinäkiinnikkeiden käyttö on suotavaa. Täysi varmuus kestävydestä saadaan, kun prototyyppiä testataan erinäisillä rasitustesteillä. Prototyypin materiaalien määrää supistettiin huomattavasti, joten jos kestävyystestit osoittavat, että prototyypin rakenne on liian kevyt, voidaan suunnitella uusi prototyyppi alkuperäisen version ja kyseisen prototyypin väliltä.

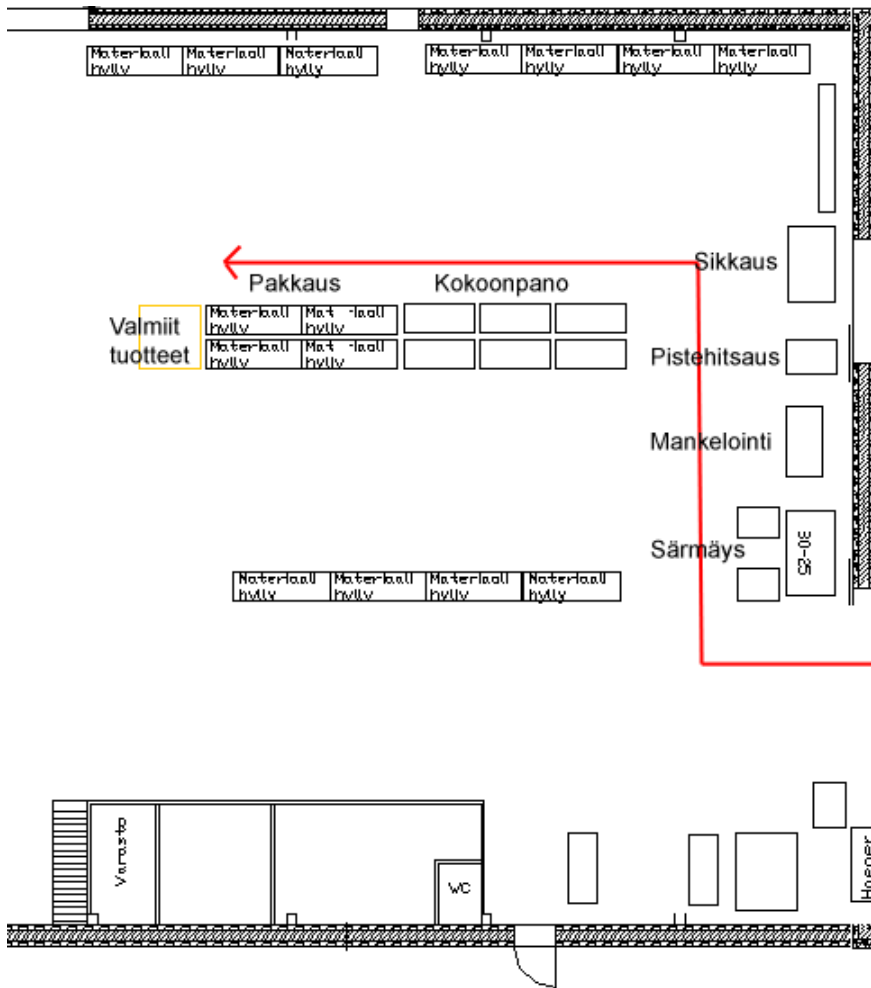
4.2 Tuotannon kehittäminen

Layout-muutokset ovat ajankohtaisia, kun tuotanto ei kulje jouhevasti. Layout-muutoksilla tuotteen virtausta pystytään parantamaan merkittävästi. Virtaus helpottuu, kun koneita sijoitellaan uusiksi lähemmäksi toisiaan. Näin estetään välivarastojen syntyä prosessien välillä. Varastointikustannukset laskevat merkittävästi, kun keskeneräisiä tuotteita ei tarvitse enää varastoida välivarastoihin odottamaan seuraavaa työvaihetta.

4.2.1 Solutuotannon luominen

Solussa ihmiset, koneet ja työasemat ovat sijoitettu lähelle toisiaan. Järjestely helpottaa tuotteen virtausta operaatiosta toiseen ja mahdollistaa valmistamaan asiakkaan kysynnän mukaan ilman viivettä ja odottelua. (Liker 2004, 30.)

Solutuotannon luominen tuotantoon olisi suotavaa, sillä nykyisellään tuotanto ei virtaa sujuvasti prosessista toiseen, vaan keskeneräisiä osia välivarastoidaan eri puolille tuotantotiloja. Tuote X:n tapauksessa voitaisiin järjestää useita prosessivaiheita samaan paikkaan (kuva 8). Pienet koneet, kuten särmäyspuristin, mankeli ja pistehitsauskone ovat pienen kokonsa vuoksi helposti liikuteltavissa. Uusi järjestely vähentäisi merkittävästi särmäyksessä, mankeloinnissa ja pistehitsauksessa syntyviä välivarastoja.



KUVA 8. Esimerkki solutuotannosta

Sikkauskoneen ostoa on myös syytä punnita kohtuullisen hankintahinnan vuoksi. Nykyisin sikkaus tuotetaan alihankinnassa, mikä aiheuttaa yhden päivän pysähdyksen kokoonpanolinjalle. Sikkauskone lisättäisiin solutuotannon jatkoksi (kuva 8).

4.2.2 Tuoteperheen setitys

Setitys palvelee seuraavaa asiakasta, kun osat ovat helposti saatavilla ja työ voidaan aloittaa nopeasti. Nykyisin kokoonpanossa suurin osa ajasta menee osien etsimiseen ja keräämiseen työpisteen äärelle. Settinä osat kulkevat paikasta toiseen vaivattomasti yhtenä pakettina. Setit auttavat myös työntekijöitä hahmottamaan kokonaisuutta, mistä osista valmis tuote koostuu. Työ helpottuu esimerkiksi särmääjillä, kun he näkevät setistä, mitkä osat kuuluvat yhteen.

4.2.3 Supermarketin luominen

Tuotantoa saadaan tasapainotettua pienillä puskurivarastolla eli supermarketeilla, jos yksisuuntainen virtaus ei ole välittömästi mahdollista. Supermarketti voidaan esimerkiksi luoda lävistyksen yhteyteen, koska prosessi on muita prosesseja selvästi nopeampi.

Tavoitetilassa lävistyksen ja särmäyksen väliin on luotu supermarketti, joka ohjaa lävistystä visuaalisesti. Lävistyspuolella on olemassa pieni puskurivarasto, johon tehdään aina sen mukaa lisää, kun alavirta tarvitsee tuotetta. Lävistäjä pystyy omin silmin seuraamaan supermarketin kiertoa ja tekee aina tarvittaessa osia lisää. Tällä tavoin lävistäjä ei työnnä tuotetta alavirtaan, vaan alavirta imee tuotteen eteenpäin ja säästytään osien liikatarjonnalta.

4.3 Työyhteisön kehittäminen

Muutoksien toteuttaminen vaatii vankkaa sitoutumista niin esimiehiltä kuin työntekijöiltä. Työntekijöitä on syytä kouluttaa leanin saralle, jotta he ymmärtävät, mitä muutoksilla haetaan, sekä ovat myös itse valmiita auttamaan kehityksessä. Tarvitaan sitoutunut johto, joka toimii muille esimerkkinä muuttamalla työntekijöiden ajattelutapaa sekä rohkaisemalla heitä jatkuvaan parantamiseen. Työntekijöille on tarjottava puitteet työn parantamiseen, koska ongelmat ja niihin puuttuminen ovat riippuvaisia työntekijöistä. (Liker 2006, 36)

4.3.1 Tiedonkulun parantaminen

Työn virtaus, toimivuus, laatu ja yhteistyö heikkenevät, jos työntekijät työskentelevät omissa nurkkauksissa kommunikoimatta keskenään. Sisäisten asiakkaiden on selvästi tiedettävä, minkälainen tuotteen on oltava seuraavalle sisäiselle asiakkaalle. Kommunikaatio keskenään auttaa paikallistamaan ja kitkemään laaturiheet nopeasti pois tuotannosta. Jälkikäteen virheiden aiheuttajia on enää hyvin hankala selvittää, jos osan valmistuksesta on jo kulunut useita viikkoja.

4.3.2 Laadun tarkastaminen

Suurin osa mekaniikasta kuljetetaan lopuksi lopputarkastuspisteeseen, jossa mekaniikka tarvittaessa tarkastetaan ja kuljetetaan kokoonpanoon. Nykyinen tapa tuo valmistukseen ylimääräistä osien kuljettelua ja siirtelyä. Leanissa ajatus on, että seuraava sisäinen asiakas tarkastaa aina tuotteen laadun, joten työntekijät tarvitsevat yksiselitteiset tuotekohtaiset laaduntarkastamisohjeet. Kun työntekijät tietävät, mitä tuotteen laadulta vaaditaan, edeltävän prosessin päätyttyä osat voitaisiin välittömästi siirtää seuraavan prosessin luo ilman, että osat kierrätetään lopputarkastuksen kautta.

Nykyisin työntekijät saattavat päästää eteenpäin huonolaatuista mekaniikkaa, koska uskovat, että lopputarkastus puuttuu tarvittaessa riittämättömään laatuun. Kyseinen ajattelutapa ei ole lean-ajattelun mukaista. Laadun tarkastaminen kuuluu kaikille. On pyrittävä tilaan, jossa työntekijät puuttuvat välittömästi laatuvirheisiin ja pysäyttävät huonon laadun etenemisen seuraavalle sisäiselle asiakkaalle.

4.3.3 Monitaitoisuuden lisääminen

Työntekijöiden kouluttaminen on aina kannattavaa. Virtauksen luominen helpottuu, kun työntekijöiden tietotaitoa lisätään. Tuotantoseisahduksia pääsee syntymään vain harvakseltaan, kun työntekijät koulutetaan suoriutumaan solun jokaisesta työvaiheesta. Monitaitoisuuden lisääminen myös parantaa työntekijöiden mielenkiintoa työtä kohtaan. Työ motivoi enemmän, kun lopputulos on välittömästi kaikkien nähtävissä.

4.3.4 Lean-ajattelun lisääminen suunnitteluun

Edeltäviä kehitysideoita on syytä miettiä jo tuotteen suunnitteluvaiheessa, kun muutokset ovat kaikista helpointa toteuttaa. Muutoksien toteuttaminen jälkikäteen on huomattavasti hankalampaa, kun työntekijät ovat useimmiten jo omaksuneet vanhan tyylin. Suunnittelun tekemiä valintoja on syytä kyseenalaistaa, jos niitä ei ole perusteltu riittävästi.

Esimerkiksi pienillä materiaalimuutoksilla, joilla ei ole merkitystä itse lopputuotteen laatuun, voidaan vaikuttaa merkittävästi valmistuskustannuksiin. Materiaalimuutokset mahdollistavat osien nestäamisen samalta levyltä, mikä vapauttaa lävistyksen resursseja muuhun käyttöön. Materiaalien supistaminen nopeuttaa varastojen kiertoa ja vapauttaa levytilaa.

4.4 Asiakassuhteiden kehittäminen

Asiakas on tärkeässä roolissa kehittämisessä. Yhteiset pelisäännöt on laadittava sellaisiksi, että tuotannon kehittäminen on mahdollista. Nykyinen tuotanto on erittäin vaikea organisoida, koska menekki vaihtelee ja toimitusaikataulut ovat tiukat. On esimerkiksi syytä miettiä yhdessä asiakkaan kanssa, mitä tuotteita valmistetaan varastoon ja mitkä ovat tilaustuotteita pidemmällä toimitusajoilla. Tuotannon tasapainottaminen auttaa ehkäisemään tuotantopiikkejä ja tuotannon äkkinäistä vähentymistä. Pyritään siihen, että työntekijöillä olisi kaiken aikaa tasainen työtaakka.

Alihankinnan kestoa voidaan nopeuttaa, kun tuotteen läpimenoaika pystytään arvioimaan tulevaisuudessa paremmin. Tällöin alihankinnalle voidaan antaa realistinen aikataulu tuotteen saapumisesta, joten resurssit pystytään varaamaan jo muutamaa päivää etukäteen.

5 TOIMINTASUUNNITELMA

Tavoitetilan saavuttamiseksi laadittiin vuosittainen toimintasuunnitelma (liite 1). Arvovirtakuvausten ja tehtyjen havaintojen pohjalta löydettiin useita kehityskohteita. Kehitysideat koottiin taulukkoon, johon tuotanto jaettiin kehitysalueisiin. Suunnitelma kertoo, milloin parannukset toteutetaan ja ketkä niiden tekemiseen osallistuvat. Kehittäminen aloitetaan toiminnoista, jotka ovat lähimpänä loppuasiakasta ja kulkevat tuotannossa kohti ylävirtaa. Toteutussuunnitelman pohja mukailee Learning to see -kirjassa esiteltyä vuosittaista arvovirtakuvauksen suunnitelmaa. (Rother ym. 2006, 82–83.)

5.1 Lean perusteiden kertaaminen

Premecille voidaan luoda oma lean-vihko, joka jaetaan koko henkilökunnalle. Vihkossa kuvataan yrityksen toimintaperiaatteet, kerrotaan yrityksen visio ja annetaan käyttöohjeet tulevaisuudelle (Tuominen 2010, 103–127, 201–220). Vihkon avulla työntekijät sitoutuvat paremmin leaniin ja ovat ennakkoluulottomampia muutoksille. Työntekijät ovat innostuneempia kehittämään tuotantoa, kun he tietävät, mitä ympärillä tapahtuu, sekä ymmärtävät, mitä muutoksilla halutaan saavuttaa. Jos työntekijät eivät ymmärrä ajatustapoja leanin taustalla, he eivät myöskään anna apuaan sen kehittämiseksi (Liker 2006, 36).

5.2 Neuvottelut asiakkaiden kanssa

Kehittämällä asiakassuhteita pystytään vastaamaan nopeammin asiakkaan tarpeisiin, minkä myötä tuotanto muuttuu joustavammaksi ja organisointi helpottuu. Määritetään varastomäärät meneville malleille ja toimitusajat loppuille malleille. Sovitaan minimi tilausmäärät. Luodaan asiakkaalle reaaliaikainen varastoseuranta, jonka avulla asiakas pystyy suunnittelemaan myyntiään. Tarkastellaan vanhojen mallien elinkaarta kriittisesti.

Kehitetään yhteistyötä alihankkijoiden kanssa. Pyritään parantamaan tuotannon luotettavuutta molemmiin puoliin ja minimoimaan alihankinnan kesto viidestä päivästä alle kolmeen päivään. Kun oman tuotannon kulku pystytään

realistisesti ennustamaan, pystytään alihankinnan kapasiteettia varaamaan jo muutamaa päivää etukäteen. Tarvittaessa kartoitetaan vaihtoehtoja uusille yhteistyökumppaneille.

5.3 Tuotannon kartoittaminen

Kartoitetaan tuotanto tuote X:n lisäksi muille meneville malleille. Kartoittaminen helpottaa tuotannon ymmärtämistä ja auttaa löytämään ongelmakohtia myös muiden mallien tuotannosta. Se helpottaa layout-suunnittelua, kun tiedetään, mitä vaatimuksia layoutille tulee asettaa eri mallien kohdalla.

Tarkastellaan myös setitystä muiden mallien kohdalla. Mietitään, missä setitys suoritetaan, ketä se palvelee ja kuka sen tekee. Setitys vähentää osien edestakaista siirtelyä ja varastointia. Se myös helpottaa seuraavan sisäisen asiakkaan työskentelyä, kun osat ovat järjestelty valmiiksi seuraavaa työvaihetta silmällä pitäen.

5.4 Layout-suunnittelu

Suunnitellaan layout menevien mallien tuotantoa silmällä pitäen. Työvaiheiden yhdistäminen helpottaa tuotannon virtauksen luomista, nopeuttaa läpimenoaikaa sekä vähentää välivarastointia. Pidetään layout-palaveri, jossa suunnitelmat yhdistetään yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Jaetaan tuotanto kehitysalueisiin ja sovitaan kehitysprojekteihin osallistujista. Tehdään kustannusarvio uudelle layoutille, joka sisältää muutostöiden aiheuttamat kulut.

5.5 Varastopaikkojen määrittely

Määritellään osto-osille oma varastopaikka, josta kokoonpano pystyy noutamaan osia tarvittaessa. Varastoidaan pieni määrä osia kokoonpanoon vain senhetkisen tarpeen mukaan, ettei osia keräännä kokoonpanoon nykyisen mallin mukaisesti. Tuotannon joustavuuden helpottamiseksi menevimille tuotteille luodaan oma puskurivarasto. Puskurivarastolla pyritään ennakoimaan menekkiä valmistamalla tuotteita tasaiseen tahtiin varastoon menekin mukaan. Kun tuotteille ei ole tilausta, tehdään meneviä tuotteita varastoon. Näin

tasapainotetaan tuotantoa ja pystytään ehkäisemään tuotantopiikkejä kiireisinä aikoina.

5.6 Asetusaikojen lyhentäminen

Asetusaikoja saadaan lyhennettyä hyvällä suunnittelulla. Kokoonpanossa mallivaihdokset voidaan tehdä tunnin sijaan jopa 5 minuutissa, kun työkalut ovat helposti saatavilla sekä osat lajiteltuna valmiiksi setteihin, kun ne tulevat kokoonpanoon. Särämäyspuristimen työkaluvaihtoja ja ohjelmointiin kuluva aikaa voidaan lyhentää merkittävästi, kun työ suunnitellaan settien mukaan tehtäväksi. Lävistyksessä työkaluvaihtoja voidaan optimoida niin, että samoja työkaluja käytetään mahdollisimman paljon.

5.7 Moniosaajien kouluttaminen

Koulutetaan työntekijöistä moniosaajia eli työntekijöitä, jotka osaavat useita työvaiheita, esimerkiksi särmäyksen, mankeloinnin, pistehitsauksen, sikkauksen ja kokoonpanon. Moniosaajat ovat joustavia työntekijöitä ja ehkäisevät tuotantoseisokkien syntymistä, koska pystyvät tarvittaessa siirtymään nopeasti työvaiheesta toiseen. Moniosaajien on ymmärrettävä leanin merkitys yritykselle. Palkitaan heitä, jotka ylläpitävät omaa kehitystään sekä kehittävät omaa työtään.

6 YHTEENVETO

Työssä kehitettiin Premec Oy:n tuotantoa lean-filosofiaan pohjautuen. Kehittämisen pääpaino keskittyi arvovirtakuvaukseen, jota pidetään merkittävänä aputyökaluna lean-ajattelun soveltamisessa tuotantoon. Työkalun tärkein tavoite on auttaa yritystä näkemään ja poistamaan lisäarvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa pois tuotannosta.

Teoriaosuudessa käytiin läpi Toyotalla syntyneen lean-ajattelun historiaa ja teoriaa. Siinä käsiteltiin lyhyesti, mitä esimerkiksi Toyotan tunnistama hukka, jatkuva virtaus ja imutuotanto käytännössä tarkoittavat. Toinen osa teoriasta keskittyi arvovirtakuvaukseen, työkalun toimintoihin ja sen vaiheisiin.

Työn toteutuksessa keskityttiin tuote X:n arvovirtakuvaukseen. Tuotteelle kartoitettiin nykytila, jota tutkittiin leanin periaatteiden mukaisesti paikallistamalla hukkaa tuotannosta. Kehitysideat kuvattiin tavoitetilaan, joka antaa suunnan yrityksen tuotannon kehittämiseksi. Kehitysideoista laadittiin toimintasuunnitelma, joka auttaa yritystä organisoimaan kehityksen kulkua kuukausitasolla.

Työn edetessä löydettiin useita kehitysideoita, joihin puuttamalla tuote X:n tuotantoa pystytään kehittämään ja laskemaan kustannuksia. Materiaalien käyttöä pystytään supistamaan merkittävästi tuotteiden uudelleen suunnittelulla. Tuotannon layout-muutokset mahdollistavat imutuotannon luomisen. Pienillä puskurivarastoilla eli supermarketeilla pystytään ehkäisemään osien liikatarjontaa alavirrassa. Mekaniikan lajittelu jo valmistusvaiheessa omiin settilokerikoihin helpottaa työskentelyä ja vapauttaa varastotilaa muuhun käyttöön. Asetusaikojen lyhentäminen mahdollistaa pienempien sarjakokojen valmistamisen, ja tuotanto pystyy samalla reagoimaan nopeammin muuttuviin olosuhteisiin.

Muutoksien toteuttaminen vaatii koko henkilöstön panoksen. Työyhteisöä kehittämällä helpotetaan kommunikointia ja luodaan puitteet jatkuvalla kehitykselle. Lean-vihko tuo yrityksen tulevaisuuden suunnitelmat ajan tasalle ja auttaa työntekijöitä ymmärtämään leanin merkityksen. Johdon näyttäessä

esimerkkiä saadaan myös työntekijät innostumaan kehittämisen tuomista mahdollisuuksista. Löydetyillä parannuksilla tuotteen läpimenoaika tuotannossa voidaan lyhentää 11 päivästä 5 päivään. Yritys pystyy jatkossa hyödyntämään työn saavutuksia seuraavissa kehitysprojekteissa.

LÄHTEET

Lean Enterprise Institute. 2013. Saatavissa:

<http://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>. Hakupäivä 16.1.2013.

Liker, Jeffrey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Premec Oy. 2013. Saatavissa:

<http://www.premec.fi>. Hakupäivä 16.1.2013.

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2013. Saatavissa: [http://www.qk-](http://www.qk-karjalainen.fi/fi/kalenteri/5s-konsepti-kaaoksesta-jaerjestykseen-tuotanto)

[karjalainen.fi/fi/kalenteri/5s-konsepti-kaaoksesta-jaerjestykseen-tuotanto](http://www.qk-karjalainen.fi/fi/kalenteri/5s-konsepti-kaaoksesta-jaerjestykseen-tuotanto).

Hakupäivä 7.4.2013

Rother, Mike – Shook, John 2009. Learning to see. Value-stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute.

Tuominen, Kari 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Juva: WS Bookwell Oy.

Tuominen, Kari 2010. Lean käytännössä. Juva: WS Bookwell Oy.

Womack, James P. - Jones, Daniel T. 2003. Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. USA.

.

