



Taneli Kangas

MATERIAALIHÄVIKKIEN PIENENTÄMINEN

SUURELEMENTTITEHTAALLA

MATERIAALIHÄVIKKIEN PIENENTÄMINEN

SUURELEMENTTITEHTAALLA

Taneli Kangas
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Taneli Kangas

Opinnäytetyön nimi: Materiaalihävikkien pienentäminen suurelementtitehtaalla

Työn ohjaaja: Antero Stenius

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013

Sivumäärä: 27

Tämän tutkimuksen aiheena oli suurelementtitehtaalla syntyvän materiaalihukan määrän selvittäminen ja vähentäminen. Tavoitteena oli selvittää nimikkeet, jotka aiheuttivat merkittävimmät materiaalihukan kustannukset sekä mahdolliset kehityskkeinot näiden kustannusten pienentämiseksi merkittävimpien nimikkeiden osalta. Työ toteutettiin yhteistyössä Pyhännän Rakennustuote Oy:n kanssa. Arvioiden mukaan materiaalihukan aiheuttamat kustannukset yritykselle olivat noin 200 000 € vuodessa.

Työssä perehdyttiin tuotannon tehostamisen perusteisiin Leanin periaatteiden ja Six Sigma -kehitysmetodin mukaisesti. Varastokirjanpidosta saadut nimikkeet käsiteltiin ABC-analyysin ja Pareton-menetelmien avulla. Näiden menetelmien avulla saadut merkittävimmät nimikkeet otettiin mukaan seuraavaan työvaiheeseen, jossa tarkasteltiin keinoja hukan pienentämiseen.

Tuloksena löydettiin kaksi merkittävintä kustannusten aiheuttajaa: ulkovuorilauda ja runkopuutavara. Ulkovuorilaudan materiaalihävikin pienentämiseen ei löydetty keinoja. Runkopuutavaran huonosta laadusta aiheutuva hukka todettiin suureksi kuluerän aiheuttajaksi. Ostettavan runkopuutavaran laatuvaatimuksia nostamalla säästettäisiin jopa 19 000 € vuodessa.

Kustannusten pienentäminen vaatii toimenpiteitä. Nykytilanne tulisi kartoittaa tarkemmin erityisesti ulkoverhouslautojen osalta, mikä vaatisi mittausmenetelmän muuttamista. Tämän jälkeen uutta tuotantomenetelmää tulisi testata pidemmällä aikajaksolla. Testauksen jälkeen menetelmien käyttöönotto olisi perusteltua.

Asiasanat:

ABC-analyysi, hukka, Lean, Six Sigma, materiaalihallinta.

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Pyhännän Rakennustuote Oy:n kanssa kevään 2013 aikana. Työn tavoitteena oli selvittää elementtitehtaan materiaalihävikkiä aiheuttavat merkittävät nimikkeet ja mahdolliset keinot hävikin pienentämiseen.

Työ on ollut mielenkiintoinen ja avartava kokemus tuotantotalouden ja sen kehitysmenetelmien parissa. Työn ansiosta olen saanut syvennettyä oppejani tuotannonkehityksestä sekä päässyt tutustumaan tuotantolaitoksen työmenetelmiin ja tekniikkaan. Toivon, että tilaaja kykenee hyödyntämään tuloksia omissa kehitystoimissaan.

Haluan myös kiittää kehitysinsinööriä Teemu Aitto-Ojaa, ohjaajaani Antero Steiniusta sekä koko suurelementtitehtaan henkilöstöä hyvistä neuvoista ja avusta projektin aikana.

Keväällä 2013

Taneli Kangas

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 PYHÄNNÄN RAKENNUSTUOTE OY	7
3 TUOTANNON KEHITTÄMINEN JA OHJAUS	8
3.1 Tuotanto, kustannukset, laatu ja läpäisy aika	8
3.2 LEAN-tuotanto	9
3.2.1 Virtaus ja imuohjaus	10
3.2.2 Hukkatyypit	10
3.3 Six Sigma	11
3.4 Ongelmanratkaisuprosessit (PDCA ja DMAIC)	12
3.5 Materiaalihallinta	14
3.5.1 Inventointi ja varastokirjanpito	15
3.5.2 ABC-analyysi, Pareton periaate ja keskiarvo	15
4 MATERIAALIHÄVIKIN MÄÄRITTÄMINEN	18
4.1 Tarkasteltavien nimikkeiden valinta	18
4.2 Varastojen inventointi, varastokirjanpito ja teoreettinen kulutus	18
4.3 Hukka ja kustannukset	19
5 MATERIAALIHUKAN PIENENTÄMINEN	20
5.1 Ulkoverhousmateriaalin ennakkotarkastus ja työmenetelmätesti	20
5.2 Runkotolppien laatu	22
6 POHDINTA	25
LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Pyhännän Rakennustuote Oy:n tulos on ollut usean vuoden ajan tappiollista. Tätä tilannetta on pyritty parantamaan laajoilla eheytysoimilla ja tuotannon kehittämällä. Yksi osa-alue on materiaalihukan pienentäminen suurelementtitehtaalla. Arvioiden mukaan materiaalihävikin arvo vuositasolla on noin 200 000 €.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää merkittävimmät materiaalihävikkiä elementtituotannossa aiheuttavat nimikkeet ja mahdolliset kehityskkeinot näiden hukkien minimoimiseksi. Nimikkeiden määrä elementtituotannossa on suuri, joten eri menetelmien avulla valittiin merkittävimmät kustannuksia aiheuttavat nimikkeet. Työssä siis keskitytään muutaman nimikkeen tai materiaaliryhmän aiheuttamien hävikkien syiden selvittämiseen ja mahdollisiin kehityskkeinoin.

Elementtitehtaan tuotantoa on aikaisemmin kehitetty uudella layoutilla ja välivarastojen optimoinnilla, joiden avulla tuotantoprosessin tehokkuutta on saatu nostettua noin 30 %. Materiaalihukkaan ei aiemmin ole näin perusteellisella tasolla keskitytty.

2 PYHÄNNÄN RAKENNUSTUOTE OY

Pyhännän Rakennustuote Oy (jatkossa PRT Oy) on toimintansa vuonna 1968 aloittanut valmistaloteollisuuteen keskittynyt yritys, joka on osa PRT-Forest konsernia. Toiminta on alkanut loma-asuntojen valmistuksella, ja vuonna 1972 omakotitalot tulivat päätuotteiksi. Tuotemerkkinä on tästä lähtien toiminut Jukka-talo. (PRT-Forest Oy vuosikertomus. 2012, 3 - 4.)

Tällä hetkellä PRT Oy työllistää noin 146 henkeä ja liikevaihto on noin 29,7 miljoonaa euroa ja osuus koko konsernin bruttoliikevaihdesta 20 % (PRT-Forest Oy vuosikertomus. 2012, 20). Tuotemerkkinä Jukka-talon lisäksi on Aitotalo, jonka markkinointi tapahtuu yhteistyössä S-ryhmän kanssa. Tappiollisesta toiminnasta johtuen yrityksessä aloitettiin vuonna 2011 laajat tervehdyttämistoimet ja toiminnan tehostaminen, jotka jatkuvat edelleen. (PRT-Forest Oy vuosikertomus. 2011, 20.)

PRT Oy:n suurelementtitehdas valmistaa puurunkoisia ulkoseinäelementtejä. Vuonna 2006 investoidulla valmistuslinjalla voidaan tuottaa 300 - 12 000 mm pitkiä ja 1 200 - 3 200 mm korkeita ulkopinnaltaan valmiiksi verhottuja elementtejä. (Saaranen 2011, 9.)

Vuonna 2010 PRT Oy:n suurelementtitehtaan layout oikaistiin suoraksi ja väli-varastoista luovuttiin. Vuoden 2011 alussa työpisteiden viereen lisättiin osante-kopaikkoja, jolla pyrittiin pienentämään linjalla tehtävää työtä sekä tasaamaan työpisteiden välistä työmäärää. Aikaisemmilla kehitysmuutoksilla tuotantoprosessin tehokkuutta on saatu nostettua noin 30 %. (Saaranen 2011, 10.)

3 TUOTANNON KEHITTÄMINEN JA OHJAUS

Toteutustavat ja johtamisperiaatteet ovat kehittyneet teollisen toiminnan alkuaikojista huomattavasti. Toimintaympäristön muuttuessa yritykset joutuvat jatkuvasti muuttamaan ja kehittämään toimintamallejaan. Karkeasti jaettuna tuotannon kehitysvaiheet ovat käsityö, massatuotanto, JIT-tuotanto ja verkostotuotanto. Tässä työssä keskityn Lean tuotannon periaatteisiin, joka pohjautuu JIT-tuotantomenetelmään. (Haverila – Miettinen – Kouri – Uusi-Rauva 2009, 359 - 362.)

Tuotannonohjaus on eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. Yrityksen tuotannon ohjauksen apuna käytetään tunnuslukuja ja mittareita. Tunnusluvuilla tarkastellaan tuotannon keskeisten tavoitteiden saavuttamista. (Haverila ym. 2009, 397 - 398.)

3.1 Tuotanto, kustannukset, laatu ja läpäisy aika

Tuotanto on tuotannontekijöiden muuttamista markkinoille tarjottaviksi hyödykkeiksi. Tuotannon tekijöitä ovat työ, pääoma ja materiaali. Tuotannon eri muotoja määritellään tuotteen, valmistusaloitteen ja valmistusprosessin jatkuvuuden mukaan. (Haverila ym. 2009, 350 - 354.)

Kustannuksella tarkoitetaan resurssien, eli tuotannontekijöiden rahana mitattavaa arvoa tietyn tuotteen tai palvelun valmistukseen. Välittömät kustannukset ovat suoraan tuotteeseen kohdistuvia materiaali- ja työkustannuksia ja välilliset kustannukset jonkin toiminnon, esimerkiksi lajittelun, aiheuttamia kustannuksia. (Lehtonen 2004, 37 - 39).

Tuotannon tavoitteena on tehdä tuotteita, jotka vastaavat niille asetettuja määrittelyjä esimerkiksi mittatarkkuudeltaan ja muodoltaan. Tätä kutsutaan tuotannon laaduksi. Toinen tavoite on tuottaa asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten mukaisia tuotteita ja palveluja. Tätä laatua kutsutaan asiakaslaaduksi. Tuotannon laadukkuus tarkoittaa myös tuotantoprosessin virheettömyyttä. (Haverila ym. 2009, 357.)

Kustannustehokkuus, laatu, aika ja joustavuus ovat tuotannon tavoitteita. Näistä keskeisin on kustannustehokkuus. Kokonaiskustannuksia pyritään vähentämään resurssien, eli materiaalin, työn ja pääoman tehokkaalla käytöllä. Kustannustehokkuus johtaa pienempiin yksikkökustannuksiin, joka nostaa yrityksen kannattavuutta ja kilpailukykyä. (Haverila ym. 2009, 357.)

Läpäisy aika eli läpimenoaika kuvaa kokonaisaika, jonka tuotteen valmistus tai toimintaketju vaatii. Valmistuksen läpäisy aika on aika, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Tuotteen valmistukseen käytetty aika on usein lyhyempi kuin läpäisy aika, mikä johtuu valmistuksen odotusajoista ja muista lisäarvoa tuottamattomista työvaiheista. Kokonaisläpäisy aika tarkoittaa aikaa tilauksen saamisesta sen toimittamiseen. Lyhyet läpäisyajat vaikuttavat positiivisesti yrityksen toimintaan, ja toimintojen aikajänneiden lyhentäminen on yksi keskeisistä tuotannon kehityksen tavoitteista. (Haverila ym. 2009, 401.)

Läpäisy aika voidaan mitata Littlen lain (kaava 1) mukaisesti, mikäli prosessi on vakiintunut. Oletus on, ettei keskeneräisen tuotannon määrä tarkasteltavalla aikajaksolla muutu. (Tanskanen 2012, 13 - 14.) Elementtien dimensioeroista johtuen läpäisy aika vaihtelee, joten läpäisyajat mitataan kellolla.

Läpäisy aika lasketaan kaavalla 1 (Tanskanen 2012, 14).

$$\text{Läpimenoaika} = \frac{KET}{\text{Tuotantovauhti}} \quad \text{KAAVA 1}$$

KET = keskeneräinen tuotanto

3.2 LEAN-tuotanto

Lean-käsite on syntynyt 1990-luvulla autoja valmistavan Toyotan toimintatapojen pohjalta. Yksinkertaisesti sanottuna Lean on toiminnan jatkuvaa kehittämistä jokaisella osa-alueella asiakkaan tarpeet huomioiden. (Saaranen 2011, 14 - 15.) Lean voidaan määrittää viiteen eri vaiheeseen: asiakkaan arvon määrittäminen, arvovirran määrittäminen, prosessin virtaus, imuohjaus asiakkaasta taaksepäin sekä erinomaisuuden tavoittelu (Leskinen 2012, 13).

Just In Time (jatkossa JIT) tarkoitetaan Japanissa syntynyttä toimintamallia. JIT:ssä tuotteita ja osia pyritään valmistamaan vain välittömän tarpeen vaatimäärä. Tyypillistä tälle tuotantomenetelmälle ovat lyhyet läpäisyajat, pienet väli-varastot ja toiminnan lyhyet aikajänteet. JIT:ssä virheet tulevat nopeasti esille, jolloin niiden syyt ovat nopeasti selvitettävissä ja korjattavissa. Tästä johtuen tuotannon laatu nousee korkeaksi. (Haverila ym. 2009, 361 - 362.)

3.2.1 Virtaus ja imuohjaus

Tuotannossa materiaalien, tuotteiden ja tiedon nopeaa kulkua kutsutaan virtaukseksi. Virtauksen aikaansaamiseksi poistetaan prosessista arvoa lisäämätön työ. (Saaranen 2011, 17 - 18.)

Imuohjauksen perusidea on, että tuotetta ja osia valmistetaan vain välittömän tarpeen verran ja tarveimpulssi etenee valmistusketjun lopusta kohti alkua. Imuohjaus edellyttää valmistukselta lyhyttä läpäisyaikaa ja korkeaa laatua. Tyypillistä imuohjaukselle ovat pienet väli-varastot. Se soveltuu vakio-osille sekä materiaaleille, joilla on tasainen menekki. Yhden valmistusvaiheen ongelma pysäyttää nopeasti koko linjan. (Haverila ym. 2009, 422 - 423.)

3.2.2 Hukkatyypit

Leanissa on määritelty seitsemän erilaista hukan aiheuttajaa: ylituotanto, varastointi, kuljetus ja siirto, prosessihukka, työvaihehukka, odottaminen sekä laatu-hukka. Näiden hukkatyyppien lisäksi on joissain lähteissä esitetty kahdeksanneksi hukkatyypiksi inhimillisten voimavarojen käyttämättä jättäminen. (Saaranen 2011, 27.)

Ylituotanto tarkoittaa tarpeettoman tuotteen valmistamista tai liian suuren tuoterän valmistamista. Ylituotanto aiheuttaa ylimääräisiä palkka-, materiaali- ja varastointikustannuksia. Tehokkaita keinoja ylituotannon välttämiseksi on imuohjaus ja tuotannon virtauttaminen. Lisäksi ylituotannon aiheuttamasta varastoinnista aiheutuu ylimääräisiä työkustannuksia ja laadunalenemistä. Tuotteiden ja komponenttien varastointi sitoo pääomaa ja vie tilaa muilta toiminnoilta. (Saaranen 2011, 28 - 29.)

Kuljettamisesta ja siirrosta työpisteiden ja varastojen välillä aiheutuu ylimääräisiä työ- ja laatukustannuksia. Usein kuljetuksien ja siirtojen syynä on huono tuotanto-layout tai ylituotannon aiheuttama varastointi. (Saaranen 2011, 29 – 30.)

Yliprosessointi tarkoittaa turhia tuoteosia ja tuoteominaisuuksia sekä turhia työvaiheita ja tarkastuksia. Prosessihukka johtuu puutteellisesta prosessikuvauksesta, huonosta prosessisuunnitelmasta tai pinttyneistä toimintatavoista. Myös henkilöstön ammattitaito ja koulutus sekä työvaiheeseen sopiva kalusto vaikuttavat prosessihukkaan. (Saaranen 2011, 31.)

Työvaihehukkaa ovat tiettyyn työtehtävään liittyvä turha työ, väärä työmenetelmä tai työtapa sekä asetusajat ja aloitus- ja lopetusajat. Puutteellinen perehdyttäminen, puutteelliset ohjeet, ammattitaidon puute, huono motivaatio ja kokemattomuus ovat työvaihehukan syitä. Myös huonot tai työhön sopimattomat työkalut ja huono työpisteiden sijoittelu lisäävät työvaihehukan määrää. (Saaranen 2011, 31.)

Työvaiheesta toiseen siirtyminen tai jonkin työvaiheen valmistumisen odottaminen aiheuttaa työvaihehukkaa. Prosessin vaiheet voivat olla työmäärältään erilaiset, jolloin seuraava vaihe odottaa edellisen valmistumista. Koneen kapasiteetti voi olla myös liian suuri tai pieni, jolloin joudutaan odottamaan ihmistä tai konetta. (Saaranen 2011, 28.)

Laatuhukkaa on kaikki virheellisiin tuotteisiin liittyvä toiminta. Tuotetarkastukset, reklamaatiokäsittelyt ja korjaukset aiheuttavat laatuhukkaa. Laatuhukkaa syntyy puutteellisesta laadunvarmistuksesta ja -hallinnasta. Myös henkilökunnan puutteellinen ammattitaito, koulutus ja välinpitämättömyys, sekä materiaalin kuljetuksessa aiheutuneet vauriot aiheuttavat laatuhukkaa. (Saaranen 2011, 30.)

3.3 Six Sigma

Six Sigma on moderni tuotannon kehittämisen ja johtamisen filosofia, jossa yrityksen tulosta pyritään parantamaan yksi osa-alue kerrallaan. Tavoitteena on saavuttaa kehitystulos, jossa muutokset ovat selvästi havaittavissa ja tarkasti mitattavissa. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 17.)

Six Sigman päätavoitteita ovat asiakastyytyvyyden parantaminen, voiton kasvattaminen ja suorituskyvyn parantaminen. Toimintaa lähestytään tieteellisestä näkökulmasta, ja ongelmanratkaisuun sekä analysointiin käytetään tilastollisia työkaluja. Six Sigma -johtamismenetelmä huomioi yrityksessä jo olevan tietopohjan ja kokemuksen sekä rakentaa uutta. Se myös pyrkii sitouttamaan henkilöstöä organisaatioon ja sen toimintaan. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 42.)

Perinteisessä ongelmanratkaisussa haetaan ilmeistä syytä heikolle suorituskyvylle. Six Sigman viisivaiheinen DMAIC-prosessi pyrkii löytämään systeemistä prosessin suorituskykyä parantavat tekijät tilastollisia työkaluja käyttäen ja muuttamaan näitä radikaalisti. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 43.)

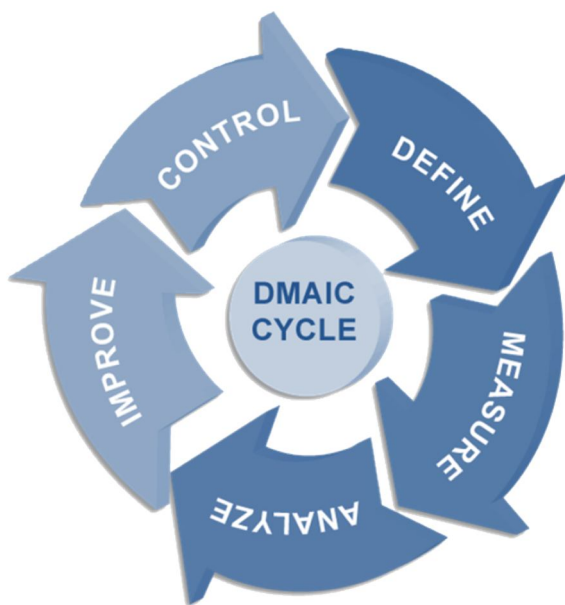
3.4 Ongelmanratkaisuprosessit (PDCA ja DMAIC)

PDCA-parannusympyrä (PDCA-sykli, Shewart – Deming -ympyrä) on ongelman ratkaisuun kehitetty neljävaiheinen malli (kuva 1). Ensin suunnitellaan (P = Plan), sitten tehdään ja kerätään tietoa muutetusta prosessista (D = Do). Tämän jälkeen tarkistetaan muutoksen oikeellisuus (C = Check). Tämä tarkistus johtaa muutokseen toiminnassa (A = Act). Usein paremman tuloksen saavuttamiseksi joudutaan sykli suorittamaan useita kertoja. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 15.)



KUVA 1. PDCA-sykli (PDCA-sykli. 2013)

DMAIC-ongelmanratkaisumalli eroaa perinteisemmästä PDCA-parannusym-
pyrystä (kuva 2). Oleellisena osana kehitystoimenpidettä on ongelman toden-
taminen mittaamalla. DMAIC-prosessissa on pystyttävä määrittämään ongelma
tarkasti faktoilla, kun perinteisessä kehitysmallissa tiimin päätös jostain ongel-
man syystä riittää todisteeksi. Ongelmanratkaisu tapahtuu viidessä vaiheessa:
ongelman ja asiakasvaatimusten määrittely (D = Define), tuoteominaisuuksien
tai toiminnan mittaus (M = Measurement), mittaustulosten analysointi (A = Ana-
lysis), toiminnan parannus ja optimointi (I = Improvement) ja muutetun proses-
sin ohjaus ja valvonta (C = Control). (Karjalainen – Karjalainen 2008, 43 - 52.)



KUVA 2. DMAIC-prosessi (DMAIC-sykli. 2013)

Määrittelyvaiheessa johtoryhmä yhdessä kehitystiimin kanssa määrittää ongelman, aikataulun, projektissa käytettävät resurssit ja tavoiteltavan parannuksen. Määrittelyvaiheessa kerätään taustatietoja parannettavasta prosessista ja sen vaikutuksesta asiakkaisiin. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 46.) Tässä työssä johtoryhmä on määrittänyt ongelmaksi materiaalihukan.

Mittaus on prosessin toinen vaihe, jossa tarkkaillaan valittuja kriittisiä tuoteominaisuuksia, joita voi olla yksi tai useampia. Tarkkailtavien ominaisuuksien valintaan käytetään tilastollisia laatumenetelmiä, esimerkiksi QFD:tä, SPC:tä tai ABC-analyysiä. Mittauksen luotettavuus ja toistettavuus on tärkeää. Prosessissa on kolme pääosaa mittauksille: prosessiin syötettävien asioiden (tilaukset,

info, raaka-aine) ja prosessissa tapahtuvien asioiden mittaamisella havaitaan ja voidaan tunnistaa ongelmien syitä. Prosessin tuotteiden (palvelut, tuotteet, tuki) mittaamisella nähdään välittömät tulokset, joiden vaikutukset ovat pidempiaikaisia. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 47 - 48.)

Analyysivaiheessa pyritään löytämään ongelman aiheuttajat ja luodaan teoria ongelman ratkaisemiseksi. Tämä teoria myös kumotaan tai vahvistetaan analyysivaiheessa datalla ja tilastollisilla analyyseilla. Ratkaisua voidaan hakea prosessianalyysin tai data-analyysin avulla. Prosessianalyysissä tarkastellaan jakso- ja läpimenoaikoja, korjaus ja uusintatöitä sekä muita jalostusarvoa lisäämättömiä vaiheita. Data-analyysissä käytetään kerättyjä tietoja, joista voidaan löytää trendejä tai muita eroja. Usein projektissa käytetään molempia työkaluja. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 49 - 50.)

Parannusvaiheessa kokeillaan ja sovelletaan ratkaisuja, joita mittaus- ja analyysivaiheessa on löydetty. Vaihtelun pienentäminen ja optimointi saadaan aikaan koesuunnittelun avulla (DoE). Parannus- ja optimointivaiheen tuloksena saadaan suunnitelmat ja keinot ongelman ratkaisuun sekä suunnitelma saavutettujen tuloksien arvioinnista seuraavassa vaiheessa. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 51 - 52.)

Ohjausvaiheessa arvioidaan tehtyjä ratkaisuja ja kehitetään suunnitelmat saavutettujen tulosten ylläpitämiseksi. Ohjaukseen ja valvontaan käytetään SPC:tä. Ohjausvaiheen tuloksena saadaan muun muassa tulosanalyysi projektin vaikutuksista, seurantajärjestelmä (SPC), dokumentit tuloksista ja päivitetty johtamisjärjestelmän menettelyt. (Karjalainen – Karjalainen 2008, 52 - 53.)

3.5 Materiaalihallinta

Materiaalihallinta tarkoittaa yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankintaa, varastointia ja jakelua. Materiaalien hankinnan ja hallinnan merkitys on noussut suuremmaksi viime vuosina, koska näiden osuus yrityksen kustannusrakenteessa on kasvanut selvästi. (Haverila ym. 2009, 443.)

Materiaalihallinnan yksi keskeinen perustavoite on halutun palvelutason ylläpito. Toimintoja tulee kehittää siten, että varastot pystyvät palvelemaan omaa tuotan-

toa ja loppuasiakasta halutulla tavalla. Toinen perustavoitteista on materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi. Materiaalihallinnan kokonaiskustannukset muodostuvat ostettavien materiaalien hinnasta, oston kustannuksista, kuljetuksista, vastaanotosta ja tarkastuksesta, varastoinnista, jakelusta, materiaalivirheistä, puutteista ja reklamaatioista. (Haverila ym. 2009, 443 - 444.)

3.5.1 Inventointi ja varastokirjanpito

Varastoinventoinnilla määritetään varastossa olevan tuotteen määrä. Varastoinventaariota käytetään, kun nimikkeiden menekki vaihtelee tai materiaalin laskeuta on vaikeaa. Varastokirjanpidon virheiden karsimiseksi materiaaleja joudutaan inventoimaan silloin tällöin. (Haverila ym. 2009, 452.)

Varastokirjanpitoon kirjataan kaikki materiaalitapahtumat. Kirjanpitoa täydennetään aina kun materiaalia otetaan vastaan, tilauksia lähetetään tai tuotantoerä valmistuu. Varastokirjanpidon perusteella saadaan tarkka nimikemäärä, jota nimitetään varastosaldoksi. (Haverila ym. 2009, 451.)

Varastokirjanpidon avulla voidaan laskea kulutusta. Kun tehtaassa ajan hetkellä 1 olevan materiaalmäärän ja aikavälillä tapahtuvan täydennyksen summa erotettuna ajan hetkellä 2 tehtaaseen jääneellä materiaalmäärällä, saadaan tulokseksi aikavälin todellinen materiaalikulutus (kaava 2). Todellisen kulutuksen ja järjestelmistä tai piirustuksista saatavan teoreettisen kulutuksen avulla voidaan laskea hukka (kaava 3).

KAAVA 2

$Kulutus = alkuvarasto + varastotäydennys - loppuvarasto$

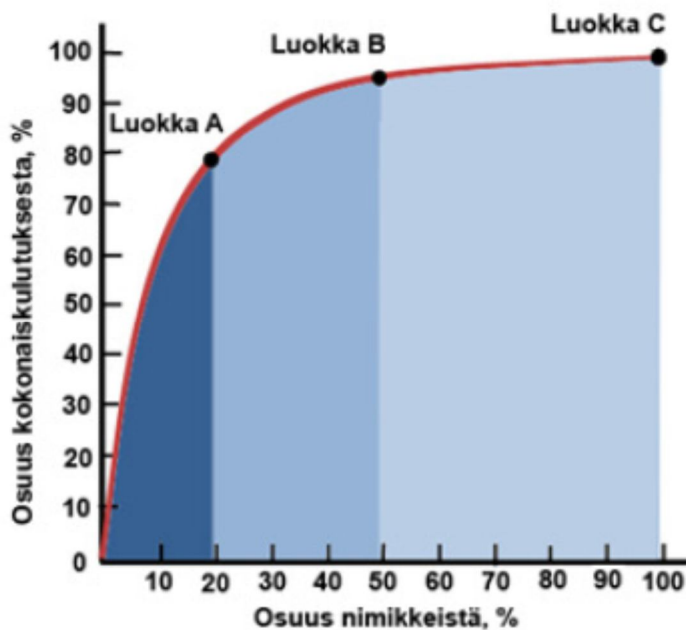
KAAVA 3

$Hukka (\%) = \frac{todellinen\ kulutus - teoreettinen\ kulutus}{todellinen\ kulutus} * 100$

3.5.2 ABC-analyysi, Pareton periaate ja keskiarvo

ABC-analyysi on paljon käytetty menetelmä hankintatoimessa ja materiaalivarastojen luokittelussa. Analyysissä nimikkeet jaetaan ryhmiin niiden merkittä-

vyiden, esimerkiksi arvon perusteella (kuva 3). Toisin sanottuna kaikki nimikkeet eivät ole yhtä merkittäviä tai arvokkaita. (Haverila ym. 2009, 457 - 458.)



KUVA 3. Pareton periaatteen ja ABC-analyysia yhteneväisyyttä havainnollistava kaavio (Saloluoma 2011, 29)

Merkittävimmät nimikkeet kuuluvat ryhmään A, toiseksi merkittävimmät luokkaan B ja kolmanneksi merkittävimmät luokkaan C. Luokkien määrä voi vaihdella käyttötarpeen mukaan. Luokille asetetaan rajat yleensä prosentiosuuksina koko nimikemäärästä, esimerkiksi A = 15 %, B = 30 % ja C = 55 % nimikkeistä. (Haverila ym. 2009, 457.)

Pareton periaatteen, eli niin kutsutun 80/20 -säännön mukaan 20 % jostain merkittävästä tapahtumasta aiheuttaa 80 % seurauksista. Esimerkiksi 20 % materiaalihävikistä tuottaa 80 % materiaalihävikin kustannuksista. Suhdelukua 80/20 ei tule olettaa aina oikeaksi, vaan se voi vaihdella suuresti. Kuitenkin lähes aina tuotannosta löytyy merkityksellisempiä nimikkeitä, joiden merkitys toiminnassa korostuu. (Tommila 2011, 4 - 6.)

Aritmeettinen keskiarvo on joukon jäsenten summa jaettuna jäsenten lukumäärällä. Keskiarvo suuren populaation osasta (esimerkiksi kymmenen elementin läpäisyajan keskiarvo sadasta elementistä) on otoskeskiarvo. Aritmeettinen

keskiarvo lasketaan kaavalla 4. (Mäkelä – Soininen – Tuomola – Öistämö 2010, 84.)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{(x_1 + \dots + x_n)}{n}$$

KAAVA 4

jossa n on havaintojen lukumäärä.

4 MATERIAALIHÄVIKIN MÄÄRITTÄMINEN

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa etsitään varastokirjanpidon ja suunnitelmista laskettujen materiaalimenekkien perusteella eniten materiaalihukkaa aiheuttavia nimikkeitä. Tämän jälkeen nimikkeiden hintatietojen perusteella etsitään merkittävimmät kustannukset aiheuttavat nimikkeet. DMAIC-ongelmanratkaisumallin mukaan nämä vaiheet ovat mittaus (Measurement) ja analysointi (Analysis).

Toisessa vaiheessa pohditaan mahdollisia kehityskkeinoja hukan vähentämiseksi ja testataan joitain toimintatapoja. Testien tulosten perusteella arvioidaan toiminnan muutoksen kannattavuutta.

4.1 Tarkasteltavien nimikkeiden valinta

Tehtaan linjastoon ja työvaiheisiin tutustumisen yhteydessä haastateltiin työntekijöitä ja kysyttiin heidän mielipiteitään hukkaa aiheuttavista materiaaleista, työvaiheista ja menetelmistä. Työntekijät arvioivat runkopuutavaran ja ulkoverhouslautojen olevan suurimmat hukan aiheuttajat. Runkopuutavaran laatu erityisesti määrämittaisten runkotolppien osalta oli työntekijöiden mukaan huonoa. Näiden lisäksi valittiin seurantaan sellaisia nimikkeitä, joiden menekki on suuri (villat ja tuulensuojalevyt) ja nimikkeitä, joiden osalta edellytetään korkeaa laatua (pielilaudat). Tulosten käsittelyvaiheessa nimikkeet on yhdistetty materiaali-ryhmiksi.

4.2 Varastojen inventointi, varastokirjanpito ja teoreettinen kulutus

Seurantajaksoilla varastot inventoitiin neljä kertaa iltaisin työvuoron päätyttyä. Aikavälillä varastotapahtumat merkattiin seurantalistalle trukki- ja kurottajakuskin toimesta. Tuloksien käsittelyyn otettiin tapahtumat seurantajaksoa lyhyemmältä aikaväliltä, koska ensimmäisessä inventaariossa todettiin olleen puutteita.

Seurantajakson tulosten käsittelyn jälkeen päätettiin tehdä tarkentava seuranta villojen ja ikkunanpielilautojen osalta, koska ensimmäisen seurantajakson tulokset vaikuttivat epätarkoilta. Tämä seuranta toteutettiin lyhyemmällä aikavälillä kuin ensimmäinen. Varastoinventoinnit tehtiin iltaisin työvuoron päätyttyä.

Teoreettinen yksikkökulutus kullekin nimikkeelle laskettiin osittain käsin elementtikuvista. Osa määrätiedoista (runkotolpat, ulkoverhous) saatiin suoraan tietojärjestelmästä. Määrätietoja olisi periaatteessa saanut kaikista materiaali-ryhmistä, mutta esimerkiksi villojen osalta ohjelmisto ei osannut erotella 100 ja 200 mm:n paksuista villaa. Myöskään ikkunanpielien ja vuorilautojen määrätietoja ei saatu järjestelmästä kohtuudella järkevässä muodossa ulos, joten niiden kulutukset on laskettu käsin. Seurantajaksojen aikana linjaston läpi meni 167 elementtiä.

4.3 Hukka ja kustannukset

Varastokirjanpidon avulla lasketun todellisen kulutuksen (kaava 2, s. 15) ja teoreettisen kulutuksen perusteella laskettiin kunkin nimikkeen aiheuttama hukka (kaava 3, s. 15). Pielilautojen ja villojen hukka määritettiin uusintamittauksissa. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia, tulee näiden nimikkeiden kustannukset laskea ensimmäisen seurantajakson teoreettisen kulutuksen mukaan.

Materiaalien hinta- ja kulutuseroista johtuen pelkkien hukkaprosenttien perusteella ei voida määritellä kriittisiä kehityskohteita, joten tarkastelujaksolta laskettiin hukan aiheuttamat kustannukset materiaalityypittain. Teoreettisia kulutusmääriä ja syntyneitä kustannuksia vertaamalla voitiin havaita, että materiaalien kulutus korreloi suoraan niiden aiheuttamiin materiaalihukan kustannuksiin. Tulosten perusteella huomio tuotannon kehittämisessä tulisi kiinnittää ulkoverhokseen ja runkopuutavaraan.

5 MATERIAALIHUKAN PIENENTÄMINEN

Toinen tutkimuksen vaiheista oli materiaalihävikin pienentämiseen vaadittavien keinojen löytäminen ja testaaminen. Työmenetelmiä ja toimintatapoja muuttamalla materiaalihävikkiä voidaan saada pienennettyä, mutta samalla tulee huomioida prosessin toiminta laajemmassa mittakaavassa. Työmenetelmä yhdellä työskentelyasemalla ei voi olla huomattavasti hitaampi kuin prosessin muut vaiheet.

Materiaalihävikin pienentämisen testaaminen eri menetelmillä on DMAIC-ongelmanratkaisumallin parannus- ja optimointivaihe (Improvement). Testiin valittiin kolme erilaista menetelmää:

1. ulkoverhouslaudan ennakkotarkastus
2. ulkoverhouslaudan ennakkotarkastus ja osittainen määrämittaan sahaus
3. runkopuutavaran ennakkotarkastus.

5.1 Ulkoverhousmateriaalin ennakkotarkastus ja työmenetelmätesti

Ulkoverhouksen aiheuttaman suuren hukan vuoksi tehtiin kaksi testiä. Ensimmäisessä testissä verhouslautojen laatu tarkistettiin ennen hyllyyn laittoa ja asennusta. Tällä saatiin selville materiaalin huonosta laadusta aiheutuva hukka. Tämän lisäksi laskettiin kokonaishukka. Testi suoritettiin 49:lle elementille.

Tarkastuksessa ulkoverhouslaudoista sahattiin pois pätkät, jotka eivät kelvaneet käyttöön (esimerkiksi kuivuneet oksat ja pihkataskut). Mikäli epäkelpo osa oli laudan päässä, merkattiin tämä tussilla, ja lauta asennettiin elementtiin siten, että huono osa sahautui seuraavassa työpisteessä pois. Tarkastuksen jälkeen pitkä lautatavara meni hyllyyn normaalisti ja lyhyemmät pätkät laitettiin hyllyköön.



KUVA 7. Aukon päälle yltävät paneelien päät menevät pääsääntöisesti puutavarakonttiin

Tulosten perusteella ensimmäinen testi ei ole millään tavalla kannattava, koska hukun määrä kasvoi huomattavasti. Materiaalihävikin kasvu johtui todennäköisesti tarkastuksen yhteydessä syntyvien erimittaisten lautojen tehottomasta käytöstä.

Työmenetelmätestissä ikkunanväliset ulkoverhouslaudat sahattiin valmiiksi määrämittäiseksi ennen elementin saapumista työpisteeseen. Ikkunan ylä- ja alapuoliset osat verhottiin täyspitkällä päätyponttilaudalla siten, että elementin yli jäävä patkka sahattiin irti, ja vietiin elementin toiseen päähän aloituslaudaksi. Mikäli ylimenevä lauta oli liian lyhyt koolauksien välille, meni se konttiin seuraavassa työpisteessä. Testin aikana käytetty lautatavara oli ennakkotarkastettua.

Työmenetelmähukka testissä oli hieman pienempi kuin tavanomaisesti nykyisellä työmenetelmällä syntyvä hukka. Tämän lisäksi tarkastushukka lisäsi kokonaisuutta. Testi tehtiin kahdelle elementille.

Testin perusteella määrämittaisten lautojen käyttö ei toisi merkittäviä säästöjä vuositasolla, vaikka ennakkotarkastus jätettäisiin tekemättä. Linjan sivussa määrämittaiseksi sahatut ulkoverhouslaudat voitaisiin tehdä valmiiksi ulkovuorielementeiksi, mikä nopeuttaisi asennusta elementtiin. Tällä olisi positiivinen vaikutus läpimenoaikaan heftauksessa.

Ulkoverhousportaali katkoo laudat määrämittaansa, jonka jälkeen työntekijä kerää käsin ylijääneet pätkät aukkojen päältä. Mikäli aukkojen välit tehtäisiin valmiiksi määrämittaiseksi ennen heftausta, voitaisiin portaalin sahaus ohjelmoida siten, että vain aukon ylä- ja alalaita sahataan. Tämä vähentää portaalilla työskentelevän työmäärää lautojen keräämisen osalta ja nopeuttaisi läpimenoaika.

5.2 Runkotolppien laatu

Tehtaaseen tutustumisen ja työntekijöiden haastatteluiden yhteydessä esiin nousi runkotolppien huono laatu. Määrämittaisten lujuuslajiteltujen tolppien vioiksi mainittiin halkeamat, kierous ja sormijatkosten pykällyys (kuvat 8 ja 9).



KUVA 8. Halkeama sormijatkotessa runkotolpassa



KUVA 9. Pituusakselinsa ympäri kiertynyt runkotolppa

Tarkastuksessa otos oli 312 runkotolppaa, joista 275 kappaletta oli yläpäästä lovettuja ja loput normaaleja määrämittäisiä. Tarkastuksessa hylättiin 21 runkotolppaa, jolloin hukkaan meni 6,73 %. Suurin osa tolpeista hylättiin halkeamien takia, toiseksi yleisin hylkäämisen syy oli kierous, ja yksi tolppa hylättiin sormijatkoksen pykälän takia. Suurin osa halkeamisen takia hylätyistä tolpeista oli sormijatkettuja.

Mikäli epäkelpoa runkotavaraa ei tulisi tehtaalle ollenkaan, laskisi materiaalihukka kyseisten materiaalien osalta merkittävästi. Runkotolpan hintana on käytetty keskimääräistä hintaa. Laadun suuren vaihtelun ja tarkastusotannon pienen kappalemäärän vuoksi kustannussäästön paikkansapitävyys on vain suuntaa antava.

Runkotolpat tulevat tehtaalle saman konsernin sahalta (PRT-Wood Oy). Yksi keino runkopuutavaran laadun nostamiseen on laatuvaatimusten tarkka määrittely ja niiden huomioiminen hankintasopimuksissa. Toimittajan tulisi tarkistaa toimitettavan tavaran laatu osana omaa tuotantoprosessiaan, jolloin estettäisiin

epäkelvon tavaran toimitus suurelementtitehtaalle. Suurelementtitehtaalla tapahtuvaa laadunvalvontaa jatkettaisiin, ja mikäli huonolaatuista tavaraa edelleen tulisi tehtaalle, toimittaisiin hankintasopimuksessa määriteltujen ehtojen mukaisesti.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää suurelementtitehtaan materiaalihävikin kustannusten aiheuttajat ja merkittävyys sekä miettiä keinoja näiden kustannusten vähentämiseen. Materiaalien kulutusta seurattiin varastokirjanpidon avulla, ja saatuja tuloksia verrattiin elementtikuvista laskettuihin teoreettisiin määriin. Seurannassa oli 20 nimikettä, jotka valittiin työntekijöiden haastattelujen, kulutusmäärien ja laatuvaatimusten perusteella.

Varastokirjanpidon ja inventointien luotettavuus oli välillä kyseenalaista, mitä hyvin kuvastaa eräs kommentti varastokirjanpidossa: ”23*120 UYW: 515jm. Vietiin pihalle loput, meni vain vähän”. Kyseinen nimike ei kuitenkaan ollut seurannassa mukana. Myös teoreettisen kulutuksen laskeminen vaati tarkkuutta, koska esimerkiksi ikkunanpielet piti laskea käsin. Parhaimmillaan yhden ikkunan pieliin kului viittä eri nimikettä.

Tulokset eivät tuottaneet yllätystä kustannusten jakaantumisen osalta, koska ulkoverhouksen oletettiin olevan suurin kustannusten aiheuttaja. Työmenetelmätestin ja materiaalitarkastuksen tulokset sen sijaan yllätti. Ulkoverhouslaudan hukka määrämittaisilla laudoille oletettiin pienemmäksi, kuin mitä se todellisuudessa testielementeissä oli. Ulkoverhouslaudan ennakkotarkastusta ei pidetä kannattavana, koska tällä menetelmällä tuotannon ylilaatu on erittäin todennäköistä. Runkotolppien osalta laatuvaatimusten kiristäminen toisi yllättävän suuret kustannussäästöt.

Ulkoverhouslaudan materiaalihävikin pienentäminen vaatisi vielä tarkempaa seurantaa. Hävikin nykytilaa tulisi tarkentaa entisestään, minkä jälkeen tulisi testata uutta työmenetelmää pidemmällä aikajaksolla. Varastojen inventoiminen on todella työlästä lautojen dimensioiden vaihdellessa paljon. Helpompaa olisi tehdä kullekin lautatyypille oma jätelava, määrittää keskimääräinen metripaino nimikkeille ja laskea hukka jätelautojen painon sekä teoreettisen kulutuksen avulla.

Kun seuranta on saatu riittävän luotettavaksi ja uusien menetelmien kannattavuus kartoitettu, tulee ne ottaa käyttöön välittömästi. Tärkeää on, että seurantaa

ei kuitenkaan lopeteta heti päätöstentien jälkeen, vaan prosessia seurataan jatkossa tarkemmin. Seurannasta kertyvän tiedon perusteella menetelmiä voidaan kehittää ja muokata helpommin tulevaisuudessa.

LÄHTEET

DMAIC-sykli. 2013. Saatavissa: <http://lss-academy.com/wp-content/uploads/2010/09/dmaic-cycle.png>. Hakupäivä 26.4.2013.

Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Karjalainen, Eero – Karjalainen, Tanja 2008. SIX Sigma. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Lahti: Quality knowhow Karjalainen Oy.

Leskinen, Hanna 2012. Suodattimen kokoonpanoprosessin tehostaminen. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, yrittäjyyden ja liiketoimintaosaamisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Mäkelä, Mikko – Soininen, Lauri – Tuomola, Seppo – Öistämö, Juhani 2010. Tekniikan kaavasto. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

PDCA-sykli. 2013. Saatavissa: http://www.pdca-security.com/images/315_PDCA_Only.jpg. Hakupäivä 26.4.2013.

PRT-Forest Oy vuosikertomus 2011. Saatavissa: <http://www.prt-forest.fi/pdf/PRT-FORESTVuosikertomus2011.pdf>. Hakupäivä 26.4.2013.

PRT-Forest Oy vuosikertomus 2012. Saatavissa: <http://www.prt-forest.fi/pdf/PRT-FORESTVuosikertomus2012.pdf>. Hakupäivä 26.4.2013.

Saaranen, Ismo 2011. Hukka-aikojen selvitys omakotitaloelementtien kokoonpanolinjalla. Joensuu: Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, puutekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Saloluoma, Mikko 2011. Varastonohjauksen kehittäminen. Imatra: Saimaan ammattikorkeakoulu, tuotantotalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Tanskanen, Antti 2012. Joustavien läpimenoaikojen kehittäminen konepajayrityksessä. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Tommila, Timo 2011. Varastonohjauksen optimointi, optimitilauserän ja tilauspisteen laskenta. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

