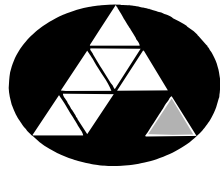


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Puutekniikka

Ismo Saaranen

HUKKA-AIKOJEN SELVITYS OMAKOTITALOELEMENTTIEN KO-  
KONPANOLINJALLA

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2011



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Joulukuu 2011**  
**Puutekniikan koulutusohjelma**  
Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6800

Tekijä

Ismo Saaranen

Nimeke

Hukka-aikojen selvitys omakotitaloelementtien kokoonpanolinjalla

Toimeksiantaja

Pyhännän Rakennustuote Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin omakotitaloelementtien kokoonpanolinjalla esiintyvää hukkaa. Hukalla tarkoitetaan työtä, joka ei jalosta tuotetta eikä näin ollen tuota sille lisäarvoa. Tutkimus tehtiin, koska havaittua hukkaa poistamalla elementtilinjan kapasiteettia ja tehokkuutta voitaisiin nostaa.

Tutkimus toteutettiin keräämällä tietoa elementtien valmistusajoista linjan eri työpisteissä. Kerätty tieto analysoitiin ja analyysin perusteella valittiin työpiste, jossa parannuspotentiaali on suurin. Elementtien valmistusta kuvattiin valitussa työpisteessä ja kuvatut videot tutkittiin työntutkimusohjelmistolla. Tutkimuksesta selvisi, että tutkitussa työasemassa oli jalostavaa työtä 63 %, tarpeellista mutta ei jalostavaa työtä 20 % ja hukkaa 17 %.

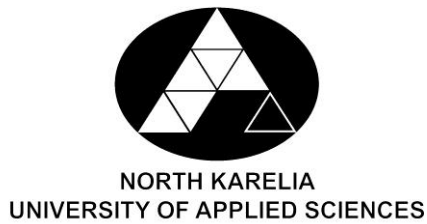
Hukkaa aiheuttaneista syistä voitiin päätellä, että hukan vähentäminen ja prosessin parantaminen onnistuu helposti työaseman toimintaa kehittämällä itse valmistusprosessia muuttamatta. Tutkimuksessa ei selvitetty elementtien eri ominaisuuksien vaikutusta valmistusaikaan, joten se olisi hyödyllinen jatkotutkimuksen kohde. Samoin työpisteiden eri työvaiheiden sisäisten vaihteluiden vaikutus linjan toimintaan pitäisi tutkia.

Kieli  
suomi

Sivuja 76  
Liitteet 2  
Liitesivumäärä 13

Asiasanat

vaihtelu, lean, hukka, parantaminen



**THESIS**  
**December 2011**  
**Degree Programme in Wood Technology**  
 Karjalankatu 3  
 FIN 80200 JOENSUU  
 FINLAND  
 Tel. 358-13-260 6800

Author(s)

Ismo Saaranen

Title

Waste Time Analysis in the Prefabricated Element Production Line

Commissioned by

Pyhännän Rakennustuote Oy

Abstract

The purpose of this study was to investigate the waste time which occurs in the prefabricated element production line. In this case, waste time is the work which does not refine the product and does not give more value to it. The analysis was made, because by removing the founded waste time the production line capacity and efficiency could be improved.

The study was made by collecting information about manufacturing times of elements at different workstations of the production line. The Work station which had the biggest improvement potential by the analysis was chosen for a more closer analysis.

The Manufacturing of the elements was recorded in the chosen workplace and the recorded videos were analysed by the work analysis program. The study shows that at the analysed workstation value added work accounted for 63%, necessary but non-value added work 20% and waste 17%.

It could be concluded from the reasons for waste time, that decreasing waste time and improving the process is easily managed by developing the operations of the work station without changing the manufacturing process

The did not investigate how different poperties of elements affecct the manufacturing time, so it could be a useful subject for further analysis. Another subject would be to study how the internal variation of different workstages affect the operations of the line.

Language  
Finnish

Pages 76  
 Appendices 2  
 Pages of Appendices 13

Keywords

Variation, lean, waste, improving

# Sisältö

1 Johdanto .....	7
2 Pyhännän Rakennustuote Oy .....	9
2.1 Suurelementtitehtaan esittely .....	9
2.2 Elementtilinjan ongelmat ja toiminnan tavoitetila .....	10
2.3 Keinoja tavoitetilaan pääsyyn .....	11
3 Tutkimuksen tavoitteet .....	13
4 Työn rajaus .....	13
5 Lean .....	14
5.1 Leanin historia .....	14
5.2 Leanin käyttöönotto yrityksessä .....	15
5.2.1. Yrityksen strateginen johtaminen .....	15
5.2.2. Lean ohjelman käynnistäminen .....	15
5.2.3 Lean-kulttuurin luominen .....	16
5.2.4 Tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittäminen .....	16
5.2.5 Virtauksen ja imun luominen .....	17
6 Leanin osa-alueet .....	20
6.1 Ihmiset .....	20
6.2 Prosessi .....	21
6.3 Työkalut .....	22
6.3.1 Arvoketjuanalyysi .....	22
6.3.2 Tiimityö .....	22
6.3.3 Standardointi .....	23
6.3.4 Six-sigma .....	23
6.3.5 Just in time (JIT) .....	23
6.3.6 Kanban .....	24
6.3.7 Poka-Yoke .....	24
6.3.8 Nopea sarjanvaihto .....	24
6.3.9 5S .....	25
6.3.10 Visuaalinen ohjaus .....	25
6.3.11 TPM .....	26
6.3.12 Andon .....	26
6.3.13 5x miksi .....	26
6.3.14 Lean mittarit .....	26
7 Hukka ja erilaiset hukkatyypit .....	27
7.1 Hukan estäminen ja poistaminen .....	27
7.2 Hukkatyypit .....	28
7.2.1 Ylituotanto .....	28
7.2.2 Odottaminen .....	28
7.2.3 Varastointi .....	29
7.2.4 Kuljettaminen ja siirtely .....	29
7.2.5 Laatuhukka .....	30

7.2.6	Prosessihukka.....	31
7.2.7	Työvaihehukka.....	31
8	Tutkimuksen toteutus.....	32
8.1	Tutkimusprojekti.....	32
8.1.1	Tiedon keräys.....	33
8.1.2	Videokuvaaminen.....	34
8.1.3	Työntutkimusohjelmisto.....	35
8.2	Kokoonpanolinjan kuvaus.....	35
8.2.1	Valmistusdataa keräävien asemien esittely.....	38
8.2.2	Runkoasema /runkoportaali.....	38
8.2.3	Levytys A.....	39
8.2.4	Levytys B.....	39
8.2.5	Tuulensuoja-asema.....	40
8.2.6	Koolaus.....	40
8.2.7	Heftaus.....	41
8.2.8	Ulkooverhousportaali.....	41
9	Tulokset.....	42
9.1	Työasemakohtaiset tunnusluvut.....	42
9.2	Hukkatutkimus.....	46
9.2.1	Elementti 1.....	46
9.2.2	Elementti 2.....	49
9.2.3	Elementti 3.....	52
9.2.4	Elementti 4.....	55
9.2.5	Elementti 5.....	59
9.2.6	Elementti 6.....	62
10	Johtopäätökset.....	66
10.1	Tulosten tarkastelu ja päätelmät tulosten pohjalta.....	66
10.2	Työvaiheiden sisäinen hajonta.....	71
11	Pohdinta.....	73
	Lähteet.....	76

## Liitteet

Liite 1	Runkoasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 2	Levytyks A – asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 3	Levytyks B – asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 4	Tuulensuoja-asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 5	Koolausasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 6	Heftausasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 7	Verhousasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista
Liite 8	Elementti 1 runkokuva
Liite 9	Elementti 2 runkokuva
Liite 10	Elementti 3 runkokuva
Liite 11	Elementti 4 runkokuva
Liite 12	Elementti 5 runkokuva
Liite 13	Elementti 6 runkokuva

## 1 Johdanto

Omakotitalopakettien toimittajien kilpailu on koventunut vuosi vuodelta. Tärkeitä kilpailutekijöitä ovat hinta, laatu, toimitusaika, toimitussisältö sekä tuotteen imago. Puurunkoisia omakotitalopaketteja tarjoavien yritysten kilpailuasetelmat ovat lähtökohdiltaan samat, eli yritysten on pystyttävä tarjoamaan asiakkaan tarpeita vastaavia talopaketteja kilpailukykyiseen hintaan ja toimitusaikaan. Asiakkaat odottavat talopaketeilta myös muunneltavuutta sekä yksilöllisiä ratkaisuja. Lisäksi toimitusten laadun on oltava kohdallaan, eli toimitusten on vastattava sitä mitä asiakkaalle on luvattu.

Omakotitalopakettien valmistajat kilpailevat myös ns. hartiapankkirakentajien kanssa. Hartiapankkirakentaja säästää kustannuksissa elementtirakentamiseen verrattuna työnosuuden, koska vielä ei elementtitaloteollisuudessa osata hyödyntää valmistuksen standardointia ja modulointia, joita käyttämällä voitaisiin saada suunnittelu-, valmistus- ja raaka-aine- kustannuksia kappaletavarasta rakentamista edullisemmaksi. Teollisen rakentamisen pitäisi tuottaa tuotteet tehtaassa niin alhaisilla kustannuksilla, ettei kuluttajan kannata valmistaa niitä itse. Rakentaminen valmiista elementeistä pitäisi pystyä tekemään edullisemmin kuin paikallaan rakennettaessa.

Tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa pitää huomioida, mitä asioita asiakas arvostaa ja mistä hän on valmis maksamaan. Materiaalit, työvaiheet ja tuotteiden ominaisuudet on suunniteltava siten, että ne antavat lisäarvoa tuotteelle eivätkä ole pelkkiä kustannuksia. Taloteollisuudessakin joudutaan pohtimaan, millaisista ominaisuuksista asiakkaat ovat valmiita maksamaan ja mitkä ominaisuudet nostavat vain tuotteen hintaa ja heikentävät siten kilpailukykyä. Käsitteitä laatu ja ominaisuudet ei pidä sekoittaa keskenään, kun vertaillaan eri tuotteita. Laadulla tarkoitetaan sovitun mukaista virheetöntä tuotetta, joka on toimitettu tilauksen mukaisesti asiakkaalle. Ominaisuuksilla tarkoitetaan tuotteen ominaisuuksia kuten varustelutasoa, materiaalivehvuuksia ja lämmöneristyskykyä.

Kilpailussa ratkaisevassa asemassa olevat lyhyet toimitusajat ja kustannustehokkuus asettavat haasteita koko tilaus-toimitusprosessille. Myynti, suunnittelu, materiaalihankinta, alihankkijoiden toiminnot, valmistustyöt sekä lähetystoiminnot on suunniteltava ja prosessoitava hyvin, jotta tuotteiden läpimenoajat ja toimitusajat olisivat mahdollisimman lyhyitä. Kustannustehokkuuden parantamisessa ovat elementin suunnittelu ja valmistaminen avainasemissa. Elementtien rakenteet pitää suunnitella siten, että niihin käytettävät materiaalit ovat standardien mukaisia ja materiaalihukkaa tulisi vähän. Lisäksi elementtien pitäisi olla helposti valmistettavia. Tämän vuoksi rakenteita, valmistusmenetelmiä sekä prosesseja pitää kehittää koko ajan tehokkaammiksi.



## 2 Pyhännän Rakennustuote Oy

Pyhännän Rakennustuote Oy perustettiin vuonna 1968. Aluksi yrityksessä valmistettiin lomamökkejä. Lomamökkien tilalle tuotteiksi tulivat talot ja jo vuonna 1974 yrityksessä valmistettiin pelkästään elementtirakenteisia Jukka-taloja. Yritys laajentui 1980- ja 1990-luvuilla voimakkaasti toimintaansa kehittämällä ja yri-tysostoja tekemällä. [16, s. 1].

Vuonna 1998 yritykselle luotiin konsernirakenne ja konsernin nimeksi otettiin PRT-Forest. Pyhännän Rakennustuote Oy nimi jäi Pyhännällä sijaitsevan talote-ollisuuden käyttöön ja sahateollisuusyhtiön nimeksi tuli PRT-Wood Oy. [16, s. 1].

Nykyään emoyhtiö PRT-Forest Oy:hyn kuuluvat tytäryhtiöt Lapplitalot Oy, Kon-tiotuote Oy, PRT-Wood Oy, Piklas Oy, Mellano Oy, Jokeri talot Oy sekä Pyhän-nän Rakennustuote Oy. [16, s. 1].

Pyhännän Rakennustuote työllisti vuonna 2010 190 henkilöä. Yrityksen päätuot-teita ovat puurunkoiset elementtitalot, muita tuotteita ovat kesämökit ja pihara-kennukset. [17, s. 9].

Kilpailukyvyn parantamiseksi yrityksessä on aloitettu mm. toiminnan kehittämi-nen leanin keinoin. Yrityksen koko henkilökuntaa koulutetaan lean-ajatteluun, lean-kulttuuriin sekä lean työkalujen käyttöön. Lean on tuotantoideologia, jota to-teuttamalla pyritään tuottamaan mahdollisimman paljon mahdollisimman vähällä [6, s. 3].

### 2.1 Suurelementtitehtaan esittely

Pyhännän Rakennustuote Oy:n suurelementtitehtaalla valmistetaan puurunkoi-sia ulkoseinä ja päätyelementtejä. Valmistettavien elementtien maksimipituus on 12000 mm ja minimipituus 300 mm. Elementtien korkeudet vaihtelevat 1200 mm ja 3200 mm välillä. Elementit valmistetaan ulkopinnaltaan valmiiksi verhottuina

ja sisäpinnaltaan levytettyinä. Tehtaalla on myös erilliset työasemat talojen eristämättömiä päätyelementtejä sekä korkeita erikoiselementtejä varten. Osastolla on myös maalauslinja ulkooverhouspaneelleille. Tehtaalla työskentelee kaikkiaan noin kolmekymmentä henkilöä.

## **2.2 Elementtilinjan ongelmat ja toiminnan tavoitetila**

Elementtitehtaalle investoitiin elementin valmistuslinja vuonna 2006, jolloin vanhasta elementtipöytäjärjestelmästä luovuttiin. Elementin valmistuslinjaa on muutettu kokoonpanolinjaksi v. 2009 - 2011 siten, että komponenttien valmistamista linjan työasemissa on vähennetty. Nykyisin linjan viereen tuodaan valmiita komponentteja joita yhteen liittämällä elementit kasataan.

Vuoden 2010 alussa linjan layout oikaistiin suoraksi ja välivarastoista luovuttiin. Vuoden 2011 alussa linjan työpisteiden viereen lisättiin osantekopaikkoja, jotta linjalla tehtävää työtä saataisiin pienemmäksi ja linjan työpisteiden välistä työmäärän vaihtelua tasaisemmaksi.

Elementtitehtaalla on siis viime vuosien aikana toteutettu tuotannon tehostamiseksi suuria tuotantoprosessin muutoksia. Myös tuoterakenteen ja toiminnanohjausjärjestelmän muutokset ovat muuttaneet linjan toimintaa. Aikaisemmin tehdyillä muutoksilla tuotantoprosessin tehokkuutta on saatu parannettua noin 30 %.

Toimenpiteistä huolimatta linjan ongelmana on tehottomuus, eikä se ole vielä lähelläkään sitä tehokkuutta, mitä siltä on odotettu. Nykyisin linjan tuotantokapasiteetti on 120 metriä elementtiä/vuoro, tehokkuusmittarilla mitattuna linjan tehokkuus on 0,7 m elementtiä/miestyötunti. Linja ei kokonaisuutena ole paljoa tehokkaampi verrattuna perinteiseen elementtipöydillä rakentamiseen.

Syynä tehottomuuteen ovat edelleen elementtien valmistusaikojen vaihtelut sekä työpisteiden sisällä että niiden välillä. Vaikka työpistekohtaiset vaiheajat on

saatu linjassa lyhyiksi, hävittää eri työpisteiden välillä sekä sisällä oleva valmistusaikojen vaihtelu linjan tehokkuuden, koska linja kulkee aina hitaimman työvaiheen mukaan.

Valmistusaikojen vaihtelu aiheutuu muun muassa työmäärän vaihtelusta erilaisien elementtien välillä, työvirheistä, erilaisista työtavoista sekä virheellisistä elementtisuunnitelmista. Vaihtelu aiheuttaa tuotantoon nykivää liikettä, jolloin myös tuotannon pullonkaula- asema vaihtelee linjalla useita kertoja päivässä. Tuotannon nykivä liike piilottaa myös tuotannossa esiintyvät ongelmat, eikä oikeisiin ongelmiin osata välttämättä kiinnittää huomiota. Epätasapainossa olevasta kuormituksesta johtuen tuotantolinjastolle tehdyt korjaukset voivat olla haitaksi tuotannolle, koska korjausliikkeet on tehty korjaushetkellä pullonkaulakohtalta näyttävän työpisteen perusteella, eikä alkuperäisen ongelman aiheuttajan perusteella. Todellinen häiriön syy voi siis jäädä vaihtelun vuoksi huomioimatta. Tuotannon suunnitteluun vaihtelu aiheuttaa ennustettavuusongelman, koska tuotantomäärät vaihtelevat eri päivien välillä jopa 50 %.

Ideaalina tavoitteena linjalla on saavuttaa tuotteiden tasainen virtaus ilman pysähdyksiä, eli niin sanottu yhden kappaleen virtaus. Virtauksen saavuttamiseksi jokaisella työasemalla pitäisi valmistua elementti yhtä aikaa. Tuotantolinjalla jossa ei ole puskureita tasoittamassa työpisteiden välistä vaihtelua on arvoa lisäämättömän toiminnan tunnistaminen ja poistaminen sekä työn tasoittaminen ratkaisevassa asemassa työn tehokkuutta parannettaessa. Ratkaisevaa se on, koska yhden työaseman ollessa muita hitaampi syntyy muissa työasemissa odottamisesta syntyvää hukkaresurssia. Yhden työaseman ollessa muita nopeampi syntyy kyseisessä asemassa hukkaresurssia, kun se odottaa muiden asemien valmistumista.

### **2.3 Keinoja tavoitetilaan pääsyyn**

Yksinkertaisin tapa vaihtelun pienentämiseen on valmistaa linjalla pelkästään yhdenlaista tuotetta, esimerkiksi kymmenen metriä pitkää elementtiä jossa on

kaksi ikkunaa ja yksi ovi. Elementtiä varten pitäisi tehdä vain yhdet kuvat ja yhdet työohjeet, joilla pärjättäisiin päivästä toiseen. Elementeistä koottaisiin sitten työmaalla yhdenmukaisia taloja. Tämä ei tietysti ole mahdollista, koska sellaisia taloja tuskin kukaan ostaisi, sillä nykyisin jokainen talo ja elementti ovat yksilöitä, joissa vaihtelevat muun muassa pituus, korkeus, ikkunoiden ja ovien määrä, verhoustyyppi, sekä valmiusaste.

Toinen keino vaihtelun pienentämiseen on käyttää puskureita tasoittamaan vaihtelua eri työpisteiden välillä. Nykyisessä elementtilinjassa ei ole puskureita eikä niitä ole mahdollista siihen lisätä kohtuullisilla kustannuksilla. Nykyinen tuotantohalli on noin 110 metriä pitkä ja elementtilinja menee sen päästä päähän. Puskureiden lisääminen jokaisen työvaiheen perään tuplaisi hallin pituuden tai leveyden ja vaatisi myös linjan nykyisten työpisteiden siirtämistä.

Kolmas keino pienentää vaihtelua on poistaa työntehokkuutta vähentävää aikaa eri työvaiheista ja sen jälkeen tasoittaa työasemien välistä työtä. Poistamalla arvoa lisäämätön aika kokoonpanolinjalta, arvoa lisäävä työn osuus kasvaa ja tuotteiden läpimenoajat lyhenevät [7, s 29]. Tämä vaihtelun vähentäminen vaatii tuotesuunnittelun ja tuotannon tiivistä yhteistyötä. Erityisesti tuotteiden modularisointi, tuoterakenteiden ja työn standardoinnin kehittäminen ovat tärkeässä asemassa, kun parannetaan linjan virtausta ja tehokkuutta [12, s. 6-14].

Hukan tunnistamisen ja poistamisen jälkeen työtä tasoitetaan työasemien välillä, jotta linjan virtaus saataisiin tasaiseksi. Tuotantoprosessin jatkuvan parantamisen mukaisesti hukan poistaminen ja linjan tasapainottaminen pidetään pysyvä-  
nä osana tehtaan toimintoja [9, 22–23].

Elementtilinjan tehokkuutta voidaan parantaa myös vähentämällä linjalla työskentelevien henkilöiden määrää. Tehokkuus paranee, kun henkilömäärä vähennetään niin pieneksi, ettei jokaisella työpisteellä ole miehitystä. Silloin työntekijät siirtyvät työn mukana esimerkiksi kahden eri työpisteen välillä. Tämä keino parantaa tehokkuutta, mutta ei paranna virtausta. Tehtaalla on kuitenkin tarkoituksena nostaa kapasiteettia, mutta henkilöstöä vähentämällä se ei onnistu.

### 3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on laskea kokoonpanolinjastolla esiintyvä valmistusaikojen vaihtelu sekä määrittää eräällä kokoonpanolinjan asemalla esiintyvän hukan määrä ja laatu. Lisäksi tarkoituksena on selvittää kyseisen aseman laskennallinen parannuspotentiaali tuotannon tehostamiseksi. Jotta linjalla esiintyvää vaihtelua voitaisiin vähentää, on selvitettävä, mihin toimintoihin hukataan linjalla käytettävä aika ja millä toimenpiteillä tuotteelle arvoa lisäävän ajan osuutta voidaan nostaa. Tässä opinnäytetyössä hukalla tarkoitetaan kaikkia niitä työvaiheiden toimintoja, jotka lisäävät kustannuksia mutta eivät jalosta tuotetta ja lisää sen arvoa.

Hukan tunnistaminen ja poistaminen työvaiheissa on tärkeää, koska se vähentää vaihtelua ja nostaa arvoa lisäävän työn osuutta linjan toiminnassa. Hukan vähenemisestä seuraa tehokkaampi tuotanto eli mm. lyhyemmät tuotteiden läpimenoajat ja pienemmät kustannukset. [10, s. 95–96.]

Vuoden 2012 tuotanto tavoitteeksi asetettiin 30 % parannus elementtien läpimenoaikaan. Linjan layout sekä tuotteiden rakenne tekevät työn tasoittamiseen liittyvät ongelmat haasteelliseksi. Yksi keino päästä lähemmäksi asetettuja tavoitteita on valmistusprosessissa olevan hukan tunnistaminen ja poistaminen, mikä on lähtökohtana tämän opinnäytetyön tekemiselle.

### 4 Työn rajaus

Elementtitehtaan tuotantolinja koostuu seitsemästä peräkkäisestä kokoonpanolinjan työasemasta, kuudesta osanvalmistus asemasta sekä elementtien varustelu - ja pakkaus - asemasta. Tutkimus rajattiin koskemaan kokoonpanolinjan sitä asemaa, jolla läpimenoajan vaihtelu on kaikista suurinta. Tämä ratkaisu tehtiin siksi, että valmistusaikojen vaihtelun tutkiminen, vaihtelun syiden selvit-

täminen sekä työvaiheiden hukan tunnistaminen elementtilinjan kaikissa työpisteissä kestäisi niin kauan, ettei sen tekeminen opinnäytetyöhön varatun ajan puitteissa ole mahdollista. Rajaukseen päädyttiin, koska lean - teorian mukaan parannuspotentiaali on suurin siellä, missä vaihtelu on suurinta [5]. Myös valmistusprosessi saadaan hallittua paremmin silloin kun hajonta on pieni [1, s. 11].

## **5 Lean**

Seuraavassa käydään läpi lyhyesti leanin historiaa ja avataan lean -käsite. Koska yrityksessä on aloitettu lean filosofian käyttö ja sen ajattelua sekä toimintaa on otettu vaiheittain käyttöön yrityksen toiminnassa, esitellään myös vaiheet sen käyttöön ottamisessa. Työn tarpeellisuuden ja merkityksen ymmärtäminen osana kokonaisuutta vaatii leanin laajempaa esittelyä.

Lisäksi selvitetään leanin osa-alueet sekä tärkeimmät käsitteet. Jotta lean toimisi ja siitä saataisiin suurin hyöty yritykselle, on jokainen sen osa-alue ymmärrettävä ja huomioitava. Lisäksi osa-alueiden on oltava ja toimittava tasapainossa [7, s. 11].

Opinnäytetyössä selvittävä hukan tunnistaminen ja poistaminen on yksi leanin peruseräiteistä, kirjallisuuden mukaan ajattelun ydin [12, s. 7; 10, s. 27]. Siksi erilaiset hukka - tyypit ja niiden aiheuttamat ongelmat esitetään suhteellisen laajasti kuten myös ongelmien aiheuttajien löytämiseen ja ongelmien syntymisen estämiseen käytettävät laatutyökalut.

### **5.1 Leanin historia**

Lyhyesti kuvattuna Lean on pitkän tähtäimen toimintaa ja ajattelutapa, jotka perustuvat ja tähtäävät toiminnan jatkuvaan parantamiseen toiminnan kaikilla tasoilla [14, s. 7 - 8]. Lean - ajattelu lähtee asiakkaasta ja asiakkaan tarpeista [8,

s.12]. Tuotteet pyritään valmistamaan siten, että ne tuottavat asiakkaalle mahdollisimman suuren lisäarvon mahdollisimman pienillä kustannuksilla [8, s. 12]. Lean on arvioitu maailman parhaaksi tuotantosysteemiksi, joka on erittäin tehokas kun sitä sovelletaan koko toiminnan arvoketjussa [6, s. 4].

Lean - käsite on syntynyt 1990 luvulla Womackin ja Jonesin kirjoista "The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production" sekä "Lean Thinking" joissa kerrotaan autovalmistaja Toyotan toimintatavoista [10, s. 15]. Lean on kehitetty Toyotan tuotanto- tavasta TPS joka tulee sanoista Toyota Produktion System [7, s. 8]. Toyotan tuotantosysteemin kehitys alkoi Japanissa toisen maailmansodan jälkeen. Kehittämisen taustalla oli resurssien vähyys sekä automarkkinoiden kova kilpailu Japanissa [7, s. 8-9]. Toyotan tuotantosysteemiä on myös arvosteltu "stressillä johtamisesta". Arvostelu syntyy tuotantosysteemin pakkoluonteisuudesta ja aliresursoinnista. [3, s. 14.]

## **5.2 Leanin käyttöönotto yrityksessä**

### **5.2.1. Yrityksen strateginen johtaminen**

Alussa yritykselle luodaan strategia. Määritetään yrityksen nykyinen tila, tulevaisuuden tavoitteet sekä keinot miten asetetut tavoitteet saavutetaan. Samalla yritykselle luodaan missio, arvot ja eettiset periaatteet. Tavoitteiden saavuttamisen seuraamiseksi määritetään mittarit joilla strategian toteutumista seurataan. [15, s.11.]

### **5.2.2. Lean ohjelman käynnistäminen**

Aluksi tutustutaan leanin periaatteisiin. Lean - periaatteita opitaan kouluttautamalla sekä tutustumalla leania käyttäviin yrityksiin. Lean ohjelman toteuttamisesta tehdään projekti jossa määritellään aikataulut, vastuut ja tavoitteet. Valitaan

muutama pilottiprosessi, joissa testataan lean - ohjelmaa sekä kerätään kokemuksia. Suunnitelmia projektin etenemisestä voidaan täsmentää sitä mukaa, kun konkreettista kokemusta toteutuksesta kertyy. [15, s. 11–12.]

### **5.2.3 Lean-kulttuurin luominen**

Lean - kulttuuri luodaan oikeanlaisella johtamisella, kouluttamalla, henkilökuntaa osallistuttamalla ja valtuuttamalla, hankitun tiedon ja parhaiden käytäntöjen jakamisella sekä henkilökunnan terveyden, turvallisuuden ja ympäristön hyvinvoinnista huolehtimalla. Henkilökunnasta jokaisen on tiedettävä yrityksen tavoitteet ja visio. [15, s. 12.]

Lean - kulttuurin syntymisessä avainasemassa on johdon esimerkki sekä sitoutuminen lean - kulttuurin noudattamiseen. Yritykseen on luotava ilmapiiri, joka kannustaa määrätietoiseen ja järjestelmälliseen toimintaan sekä jatkuvaan parantamiseen ja uuden oppimiseen. Organisaation jokaista yksilöä arvostetaan ja arvostus on todellista jossa näkyy johdon sitoutuminen ihmisten sekä ympäristön hyvinvoinnista huolehtimiseen ja kehittämiseen. Henkilöstöä kannustetaan kehittämiseen, itseohjautuvuuteen ja oma-aloitteisuuteen, heitä rohkaistaan kouluttautumaan alallaan pätevämmiksi kuin heidän esimiehensä. Hankittu kokemus jaetaan organisaation hyödyksi. Kaikkien organisaatiossa on sitouduttava noudattamaan yhdessä sovittuja toimintaperiaatteita. [15, s. 42–51.]

### **5.2.4 Tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittäminen**

Tuotteen ja tuotantojärjestelmän kehittämisessä keskeisiä asioita ovat muun muassa tuotepolitiikka, tuotevalikoima, tuoterakenne, modulaarisuus, standardointi sekä yksinkertaisuus. [11, s.7 & 10–15.]



Tuotepolitiikan tarkoituksena on sovittaa yhteen markkinoiden toiveet sekä tuotannon mahdollisuudet kokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Tuotepolitiikalla luodaan yritykselle selkeät pelisäännöt. Tuotepolitiikkaan vaikuttavat muun muassa valittu asiakas-segmentti, markkina-alue, kilpailijat, asiakkaiden tarpeet sekä nykyinen toiminta ja toiminnan kehittämismahdollisuudet. [15, s.53–67.]

Asiakkaiden tarpeet, odotukset ja vaatimukset on huomioitava sekä tuotteessa, että tuotantojärjestelmässä uusia tuotteita kehitettäessä. Samoin on huomioitava myös käytössä oleva tuotantoteknologia ja yhteistyökumppanit. Uusia tuotteita kehitettäessä kannattaa erilaisten tuotteiden määrä pitää mahdollisimman pienenä jotta vältyttäisiin eri tuotteissa olevilta päällekkäisyyksiltä. [15, s.53–67.]

Tuotteen modularisoinin avulla saadaan suunnittelu- ja valmistusprosesseista joustavammat sekä tehokkaammat. Erilaisia vakiomoduuleita yhdistelemällä kasattava tuote sisältää vähemmän virhemahdollisuuksia kuin täysin yksilöllisistä osista valmistettu tuote. Tuotteet pitäisi valmistaa standardiosista ja materiaaleista siten, että tuotteen rakenne olisi mahdollisimman yksinkertainen. Sillä tavoin valmistettava tuote mahdollistaa pienet eräkoot sekä tuotteiden ja materiaalien jatkuvan virtauksen tuotannossa. Yksinkertainen standardiosista koottu tuote helpottaa myös raaka-aine - ja materiaalihankintoja sekä lisää tuotannon joustavuutta ja nopeutta. Tuotteen valmistuksen automatisointi kannattaa myös huomioida suunnittelussa, yksinkertainen ja luotettavaksi todettu automatiikka parantaa virtausta ja laatua sekä lyhentää tuotteen läpimenoaikaa linjalla. [15, s.53–67; 11, s. 7.]

### **5.2.5 Virtauksen ja imun luominen**

*”Virtaus on lean-organisaation tärkein periaate”* [13, s. 7]. Virtaus tarkoittaa materiaalien, tuotteiden sekä tiedon nopeaa kulkua prosesseissa. Virtauksen luominen tuotantoon lyhentää tuotteiden läpimenoaikaa, parantaa joustavuutta, laatua, asiakastyytyväisyyttä, työn tehokkuutta sekä vähentää tuotantotilan tarvetta.

Virtaus luodaan tuotantoon siten, että valmistetaan vain yksi tuote kerrallaan ja poistetaan valmistusprosessista kaikki turha sekä arvoa lisäämätön työ. Virtaus alkaa siitä kun asiakas ostaa tuotteen ja kulkee läpi koko tuotantoketjun siten, että jokaisessa työpisteessä valmistetaan vain sen verran tuotteita, mitä asiakkaan suunnasta edellinen työvaihe on kuluttanut. [13, s. 7.]

Virtaus on tehokas tapa parantaa tuotantoprosessia, koska yhden tuotteen valmistaminen ilman välivarastoja tuo prosessien ongelmat heti esille tuotannossa, jolloin ongelmat ja virheet eivät pääse hautautumaan välivarastoihin. Valmistettaessa yksi kappale kerrallaan voi esiin tuleva ongelma pahimmillaan pysäyttää koko tuotantolinjan ja tuotantolinjan pysähtyminen pakottaa ratkaisemaan ongelmat nopeasti ja varmistamaan ettei kyseisiä ongelmia enää esiintyisi linjalla. [15, s. 72–73.]

Yksiosainen virtaus tuo mukanaan myös muita lean-periaatteita, kuten sisäänrakennettu laatu ja tuottava kunnossapito [13, s. 7; 10, s. 88.] Sisäänrakennettu laatu tarkoittaa järjestelmää, jossa kone tai ihminen pysäyttää tuotannon havaitessaan virheen ja silloin virhe ei pääse eteenpäin tuotannossa ja virheen aiheuttaja saadaan heti korjattua [10, s. 129–130.]. Tuottavalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimintaa, jossa koneenkäyttäjät valvovat koneiden kuntoa ja toimintaa ja tekevät ennaltaehkäiseviä huoltotoimia [6, s. 29.]

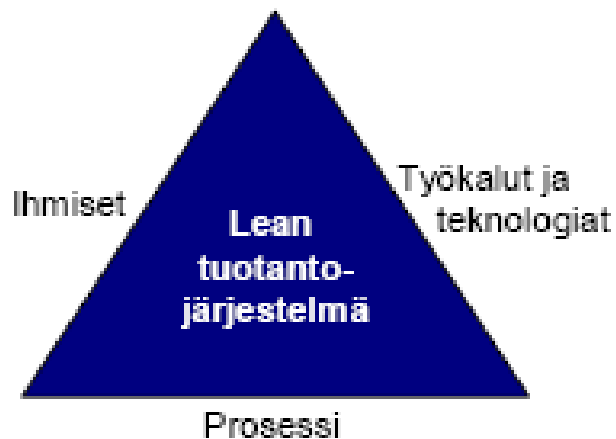
Yksiosainen virtaus on esimerkki tuotannosta, jossa imu-ohjaus esiintyy puhtaimmillaan. Edellinen työvaihe valmistaa vain sen mitä seuraava työvaihe on kuluttanut. Imu-ohjatun tuotannon tärkein tehtävä onkin ylituotannon estäminen, jolloin tuotteita valmistetaan ilman turhia varastoja. Imuohjatussa tuotannossa valmistussignaali tuotteen valmistamiseksi tulee seuraavalta työvaiheelta, signaalina käytetään esimerkiksi korttia, tyhjää laatikkoa tai merkkiä esimerkiksi lattiasa. Tätä signaalia kutsutaan nimellä kanban. [10, s. 104–110.]

Yksiosaisen virtauksen ja imuohjauksen luominen tuotantoon ei käy hetkessä eikä niitä ole myöskään mahdollista tai järkevää soveltaa jokaiseen prosessiin tai prosessin osaan. Tällaisia prosesseja ovat yleensä sellaiset, joiden asiakkaiden tarpeet muuttuvat paljon esimerkiksi kausivaihteluista johtuen. Kausivaihte-

lua kannattaa tasoittaa puskureilla ja valmistuotevarastoilla. Varastojen käyttö ehkäisee ihmisten ja koneiden ylikuormittamisen ja vähentää ylimääräisten resurssien pitämistä, koska suurimmat kysynnän piikit tasoitetaan varastoituja tuotteita toimittamalla. Varastot mahdollistavat myös tuotantoaikataulun tehokkaan tasapainottamisen, jolloin tuotannossa voidaan valmistaa erilaisia tuotteita mahdollisimman tasaisesti. [10, s. 90 & 116–120.]

## 6 Leanin osa-alueet

Lean – tuotantojärjestelmä jaetaan kolmeen eri osa-alueeseen. Osa-alueita ovat prosessi, ihmiset sekä työkalut ja teknologiat [7, s. 11].



Kuva 1. Lean tuotantojärjestelmä [7, s. 11. alkup. Morgan & Liker 2006]

### 6.1 Ihmiset

Osaava ja motivoitunut henkilökunta on leanin yksi tärkeä osa-alue, jonka lean tarvitsee toimiakseen. Jotta lean toimisi, pitäisi jokaisen henkilökuntaan kuuluvan tietää toiminnan tavoitteet ja prosessit kokonaisuutena. Henkilökunnan merkitys korostuu, koska leanissa kaikki turha on poistettu. Esimerkiksi ylimääräiset varastot on poistettu, joten siitä johtuen ongelmatilanteessa voi koko tuotantolinjan toiminta pysähtyä, ellei ongelmaa saada nopeasti ratkaistua. [7, s. 13–15.]

Tämän vuoksi leania käyttöön otettaessa ja käytettäessä ovat henkilökunnan koulutus, työtapojen ja ajattelutavan muuttaminen tärkeässä osassa.

Toiminnalla on sitä paremmat edellytykset kehittyä, mitä paremmin henkilöstö saadaan sitoutettua kehittämiseen. Esimiesten tehtävä on kouluttaa ja tukea työntekijöitä sekä viedä eteenpäin heiltä tulleita ideoita prosessissa olevan hukan vähentämiseksi. Henkilökuntaa sitoutetaan ja muutosvastarintaa vähennetään kouluttamalla leanin periaatteita. [7, s. 13–15.]

## 6.2 Prosessi

Prosessi tarkoittaa tehtäväketjuja, jotka on tehtävä, jotta prosessista saataisiin haluttu lopputulos. Prosesseja ovat esimerkiksi suunnitteluprosessi sekä tuotantoprosessi. Prosessien toimintaa kehitettäessä on kiinnitettävä huomiota prosessien tuloksiin vaikuttaviin tekijöihin. Näitä eri tekijöitä ovat tuotannon virtauttaminen, tasapainottaminen, ylikuormitus sekä epätasaisuus ja prosessin hukka. [7, s. 12.]

Virtautetussa tuotannossa optimaalinen valmistuksen erätavoite on yksi. Virtautetun tuotannon hyötyjä ovat sisäänrakennettulaatu, joustavuus, tuottavuuden parantuminen, pienet varastot, työturvallisuuden ja työntekijöiden moraalien parantuminen. [7, s. 12–13.]

Tasapainotetussa tuotannossa tehdään kaikenlaisia tuotteita vähän ja valmistettavan eräkoon on oltava mahdollisimman pieni. Tasapainotettu tuotanto vaatii toimiakseen lyhyet aseteajat sekä hyvän suunnitellun yhteistyön eri materiaali-toimittajien kanssa. Tasapainotetun tuotannon etuja ovat joustavuus, pienet varastot, resurssien tasainen kuormittaminen ja materiaalien tasainen kysyntä. [10, s. 124–125.]

Ylikuormitus tarkoittaa ihmisten tai koneiden kuormittamista yli niiden luonnollisten rajojen. Ylikuormitus aiheuttaa turvallisuus- ja laatuongelmia. Lisäksi ylikuormitus aiheuttaa koneisiin vikoja. Epätasainen tuotanto aiheuttaa sen, että tuotantoresurssit pitää varata suurimman mahdollisen kysynnän mukaan. Silloin, kun kuormitus ei ole maksimissaan, ovat resurssit hukkaa. [10, s.114.] Proses-

sihukka syntyy siitä, kun prosessissa tapahtuu jotain, mikä ei jalosta tuotetta eikä asiakas ole siitä valmis maksamaan [7, s. 12].

### **6.3 Työkalut**

Leanissa käytetään yleisesti tunnettuja laatutyökaluja tukemaan leanin periaatteita. Jotta työkaluista saataisiin hyötyä, on aluksi opittava ymmärtämään eri työkalujen käyttö. Työkalujen lisäksi Lean vaatii käyttäjiltään sitoutumista toimintaan. [7, s. 15.]

#### **6.3.1 Arvoketjuanalyysi**

Arvoketjuanalyysiä käytetään prosessien arvioinnissa. Analyysia käyttämällä voidaan tunnistaa prosessissa oleva hukka ja kuvauksen avulla osataan prosessin parantamiseksi saatavat resurssit kohdistaa oikein. Arvoketjuajattelu yhdistää yrityksen johtamiskulttuurin sekä operatiivisen kulttuurin. Yrityksen strategian, visioiden sekä päivittäisten toimintojen kuten tuotannon ja hankinnan yhdistäminen lisäävät informaation kulkua prosesseissa. Hallitsemalla arvoketju hallitaan koko materiaaliketju raaka-aineen toimittajalta asiakkaalle asti. Arvovirtakuvausta apuna käyttämällä voidaan tunnistaa ne kohteet, joista hukka poistamalla saadaan tuotteelle suurempi lisäarvo. [7, s.15.]

#### **6.3.2 Tiimityö**

Tiimityö parantaa informaation kulkua, kehitysprojektien onnistumista ja ongelmanratkaisukykyä. Jotta tiimi toimisi, pitää työn ja työtätekevien ihmisten olla oikeanlaisia ja heitä pitää myös kannustaa oikealla tavalla. Parhaimmillaan tiimin teho on ratkottaessa monimutkaisia useaan eri osastoon vaikuttavia ongelmia. Tiimeissä kohtaavat useat erilaiset mielipiteet ja näkökannat, jotka kaikkien on huomioitava. Ominaisia asioita tiimeille ovat työntekijöiden välinen luottamus,

uskottavuus sekä hyvä tiedonkulku. Näistä asioista johtuen tiimien tulokset ja ongelmien ratkaisut ovat moninaisempia verrattuna yhden ihmisen tekemiin ratkaisuihin. [7, s. 17.]

### **6.3.3 Standardointi**

Standardoitu työ tarkoittaa sovittua toimintatapaa, jota noudattamalla prosessin tuloksen pitäisi aina olla sama riippumatta siitä kuka työn tekee. Parhaat toimintatavat standardoimalla varmistetaan, että prosessista saadaan aina paras mahdollinen tulos. Standardointi parantaa myös työturvallisuutta ja prosessin ennustettavuutta. [7, s. 19.]

### **6.3.4 Six-sigma**

Six-sigma on työkalu, jota käytetään etsittäessä prosessista ongelmaa, jota on muulla tavoin vaikea löytää. Six-sigma prosessissa on viisi askelta jotka ovat:

- prosessin määrittely
- prosessin lopputulokseen vaikuttavien tekijöiden määrittely ja mittaus
- parannettavien muuttujien vaikutusten analysointi
- kustannus-hyötyanalyysillä etsitään paras vaihtoehto
- Tehtyjen muutosten valvonta [17, s. 20.]

### **6.3.5 Just in time (JIT)**

Just in timen tavoitteena on ohjata juuri tarvittava määrä tarvittavaa materiaalia, oikeaan paikkaan oikealla ajalla. Sitä käytetään parantamaan tuotteiden ja materiaalien virtausta prosesseissa. Just in time - työkalun käyttöön liittyvät imuohjaus sekä pienet varastot. JIT vaatii toimiakseen yrityksen kaikkien toimintojen

välistä yhteistyötä. Haastavinta JIT:n käyttö on materiaalien hankinta osastoilla. [7, s. 20.]

### **6.3.6 Kanban**

Kanban on signaali hankintaan, valmistukseen tai varastolle toimittaa lisää tuotetta seuraavaan työvaiheeseen. Koska lean-kulttuurissa seuraava työvaihe on edellisen työvaiheen asiakas, voidaan kanbania pitää tilauksena, jolla tilataan tuote tai tuotteita edelliseltä työvaiheelta. Kanbanilla luodaan tuotantoon virtaus ja imu, jolloin edellinen työvaihe valmistaa vain juuri sen verran kuin seuraava työvaihe on kuluttanut. [7, s. 20.]

### **6.3.7 Poka-Yoke**

Poka-Yoke on virheen estin, jota käytetään suunniteltaessa ja valmistettaessa tuotetta. Virheen estin tarkoittaa sitä, että tuotteet, työkalut ja koneiden toiminnot suunnitellaan siten, että ne estävät virheen syntymisen tuotannossa. Virheitä estämällä vähennetään hukkaa ja vaihtelua, jolloin prosessista saadaan vakaampi ja luotettavampi. Erilaisia Poka-Yoke sovelluksia ovat muun muassa automaattiset koneen pysähtymiset virhetilanteessa. [7, s. 21.]

### **6.3.8 Nopea sarjanvaihto**

Nopeaa sarjanvaihtoa käytetään, kun halutaan luoda prosessille jatkuva yksiosainen virtaus. Toisin sanoen tuotteet ja työkalut suunnitellaan siten, että koneiden asetteenvaihtoajat saataisiin mahdollisimman lyhyiksi. Lyhyet aseteajat mahdollistavat pienien sarjojen valmistamisen, jolloin varastoon valmistamista ei enää tarvita. Asetusajat jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin asetusaikeihin, sisäisiä asetusaikeja muodostavat ne toiminnot joita voidaan tehdä vain kun kone on pysäy-



tetty. Ulkoisia asetusajkoja muodostavia toimintoja voidaan tehdä sillä välin kun kone työskentelee. [7, s. 21.]

### **6.3.9 5S**

5S tulee englanninkielisistä sanoista sort (lajittele), set in order (järjestä), shine (puhdistaa), standardize (standardoi) ja sustain (ylläpidä). 5S-työkalun avulla työpisteistä saadaan tehokkaampia vähentämällä esimerkiksi työkalujen etsimisestä tai hakemisesta syntyvää hukkaa sekä ohjaamalla työtä visuaalisesti. 5-S parantaa myös työpisteiden työturvallisuutta sekä parantaa työskentelyn ergonomiaa, koska jokaisen työkalun käyttö ja paikka on järjestelmällisesti mietitty valmiiksi, eikä ylimääräisiä työkaluja ole. 5S:n ylläpitäminen vaatii ja harjoittaa työyhteisöltä kurinalaisuutta, jota tarvitaan myös työskennellessä lean-periaatteiden mukaisesti. [7, s. 21.]

### **6.3.10 Visuaalinen ohjaus**

Visuaalinen ohjaus tarkoittaa sitä, että työpisteen toiminnot ja työkalujen paikat esitetään visuaalisesti. Esimerkiksi työkaluhyllyissä kuvataan työkalut ja niiden paikat ja myös tuotanto tarvikkeiden paikat merkitään esimerkiksi maalaamalla tai teippaamalla. Tuotteiden valmistuksen signaalit (kanban) voidaan järjestää myös visuaalisesti. Kuljettimen tyhjentyminen tai värikoodin esiin tuleminen on signaali valmistaa tuotetta lisää. Visuaalisesti ohjatussa työpisteessä kuka vain voi nähdä työpisteen senhetkisen tilan ja mitä työpisteellä pitäisi valmistaa. [7, s. 22.]

### **6.3.11 TPM**

TPM eli tuottava ylläpito tarkoittaa yrityksen koko henkilökunnan panosta koneiden kunnossa pysymiseksi. Pelkkä huolto-osaston tekemä huolto-ohjelman mukainen huolto ei enää riitä, vaan koneiden luotettavuuden ja tehokkuuden takaamiseksi koneen käyttäjien tekemä ennakoiva kunnossapito onkin TPM-toiminnan perusta. [7, s. 22.]

### **6.3.12 Andon**

Andon työkalua käytetään avun kutsumiseen tuotannossa. Virheen tai häiriön havaittuaan jokainen työntekijä voi pysäyttää tuotantolinjan ja kutsua apua, jotta virhe saataisiin mahdollisimman nopeasti korjattua. Virheen korjaamisen jälkeen virheen syntymiseen johtaneet syyt analysoidaan ja niiden toistuminen estetään, näin tuotannossa esiintyvien virheiden ja häiriöiden määrää saadaan tehokkaasti vähennettyä. [7, s. 23.]

### **6.3.13 5x miksi**

5x miksi työkalua käytetään selvitetessä virheiden ja häiriöiden juurisyitä. Ongelman esiintyessä kysytään miksi niin monta kertaa, että ongelman aiheuttanut juurisyy löytyy. [7, s. 23.]

### **6.3.14 Lean mittarit**

Mittareita käytetään seuraamaan, miten prosessit toimivat ja mikä on prosessien kehityksen suunta. Lean - mittarit mittaavat yleensä asiakkaan tyytyväisyyteen liittyviä asioita kuten toimitusvarmuutta ja läpimenoaikaa. Lisäksi mittareilla mitataan lean - periaatteisiin liittyviä asioita, kuten asiakkaalle lisäarvoa tuottava

osuus työn määrästä, varastojen kiertonopeutta, virhekustannuksia, työtapaturmia sekä aloitteiden määrä. [7, s. 28.]

## **7 Hukka ja erilaiset hukkatyypit**

### **7.1 Hukan estäminen ja poistaminen**

Leanissa on määritelty seitsemän erilaista hukkatyyppiä [12, s.15]. Seuraavassa on esitelty hukkatyypit, niistä aiheutuvia ongelmia, hukan yleiset aiheuttajat sekä toimenpiteitä hukan estämiseksi. Esiteltävien hukkatyyppien lisäksi on joissakin lähteissä esitelty kahdeksantena hukkatyyppinä inhimillisten voimavarojen käyttämättä jättäminen, [10, s. 29 & 9, s. 19.] Sekä keskijohdon muutosvastarinta [6, s.14].

## **7.2 Hukkatyypit**

### **7.2.1 Ylituotanto**

Ylituotanto on sitä kun valmistetaan tuotetta, jota ei ole juuri sillä hetkellä tarpeen valmistaa tai valmistetaan tuotetta enemmän kuin on tarpeen. Ylituotannosta syntyvät kustannukset ovat varastointi, laadunalennus sekä ylimääräiset palkka - ja materiaalikustannukset. Syynä ylituotantoon voivat olla liian suuri kone ja henkilöstökapasiteetti, huono tuotannon suunnittelu, varman päälle valmistaminen, ongelmiin ennakolta varautuminen ja suurissa erissä valmistaminen, koska koneiden asetusajat ovat pitkät. Yksi ylituotannon syy on myös se, ettei ylituotannon merkitystä ymmärretä koska ylisuuriin varastoihin on totuttu. [12, s.16.]

Ylituotannon välttämiseksi kannattaa tuotannossa käyttää imuohjausta, virtauttaa tuotanto ja valmistaa tuotteita vain yhden kappaleen sarjoissa. Tarpeettomista puskurivarastoista pitää luopua. Lyhyemmät koneiden asetusajat mahdollistavat pienemmät valmistuseräkoot. Tuotantokapasiteetti pitää suunnitella todellisen tarpeen mukaiseksi ja tuotantojärjestelmää ja tuotannonsuunnittelua pitää kehittää siten, että työmäärä työpisteiden välillä on tasapainossa. [12, s.17.]

### **7.2.2 Odottaminen**

Odottaminen syntyy siitä, kun ihminen odottaa prosessissa koneen tekemää työtä tai kone odottaa ihmisen tekemää työtä. Odottamista on myös ihmisten, työmääräimen, materiaalin ja prosessin seuraavan tai edellisen työvaiheen valmistamisen odottelu. Odottamisesta aiheutuu ylimääräisiä työkustannuksia sekä tuotannon työmäärän vaihtelua. Syynä odottamiseen voivat olla konerikot, ihmisen tai materiaalin odottaminen työpisteelle, pitkät aseteajat, eri työasemienväliset kapasiteetti- tai kuormituserot sekä sopimaton tehtaan layout. [12, s. 31.]

Odottamisen estämiseksi tehtäviä toimenpiteitä tuotannossa ovat käyttäjien suorittaman kunnossapidon lisääminen, työn tasapainottaminen työasemien välillä, kulutukseen nähden riittävän kapasiteetin varmistaminen, työntekijöiden moniosaamisen lisääminen, aseteaikojen lyhentäminen. Ongelmista johtuvaa odottamista vähentää myös henkilön kutsujärjestelmä (andon), jolla varmistetaan oikean henkilön nopea saapuminen tarvittavaan työpisteeseen. Koneiden asetusajkojen lyhentäminen parantaa lyhyempien sarjojen valmistusmahdollisuutta ja vähentää pitkistä valmistuseristä johtuvaa odottamista. [12, s. 31–33.]

### **7.2.3 Varastointi**

Varastointi on valmiiden tuotteiden, keskeneräisten tuotteiden, komponenttien ja raaka-aineiden varastoimista. Varastoinnista aiheutuu laadunalentumisen kustannuksia ja ylimääräisiä työkustannuksia. Lisäksi varastot sitovat yrityksen tilaa ja pääomaa sekä vaikeuttavat järjestyksen pysymistä. Varastoja syntyy, koska tuotteita varastoidaan varmuuden vuoksi yllättävien tarpeiden tai viallisten tuotteiden varalle, valmistetaan suuria valmistuseriä, valmistusasemien kapasiteetit eivät ole tasapainossa tai saadaan raaka-ainetta edullisesti suuri erä. [12, s.18.]

Varastointia voidaan vähentää tasaamalla tuotantoa ja käyttämällä imuohjausta. Asetusaikojen lyhentäminen mahdollistaa pienempien eräkokojen valmistamisen jolloin varastoja ei tarvita. Varastojen konkretisoimiseksi kannattaa laskea myös varastojen arvot, jotta kaikki ymmärtäisivät niihin sitoutuneen pääoman merkityksen. [12, s.19.]

### **7.2.4 Kuljettaminen ja siirtely**

Materiaalien, komponenttien ja vastaavien kuljettamista tarvitaan silloin, kun niitä kuljetetaan työpaikalle, työpaikalta tai työpisteiden välillä. Kuljettamisesta syntyy ylimääräisiä työkustannuksia sekä laadunalenemisestä johtuvia kustannuk-

sia. Materiaalien, komponenttien ja vastaavien kuljettamiseen johtuvia syitä ovat peräkkäisten tuotantoasemien pitkät välimatkat, huono tuotanto - layout ja sopivien kuljettimien puuttuminen. Siirtelyn syitä ovat tavaroiden varastointi, turha nostelu hyllyyn ja pois hyllystä sekä tavaroiden nostelu suojaan keliolosuhteilta. [12, s.20.]

Turha kuljettaminen ja siirtely voidaan välttää suunnittelemalla tuotanto sellaiseksi, ettei siirtelyä ja kuljettamista tarvita. Eli suunnitellaan työvaiheiden välit mahdollisimman lyhyiksi, eikä pidetä turhia varastoja. Materiaalien lastaukset ja kuormien purkamiset mahdollisimman suoraan linjalta/linjalle. [12, s.20.]

### **7.2.5 Laatu hukka**

Laatuhukkaa on kaikki viallisiin tuotteisiin liittyvä toiminta koskien koko toimintaprosessia. Tällaista toimintaa ovat esimerkiksi tuotetarkastukset, korjaukset, reklamaatiokäsittelyt ja viallisten tuotteiden tilalle valmistaminen. Laatuhukka vaatii ylimääräisiä resursseja, joten siitä ovat seurausta ylimääräiset työkustannukset. Laatuhukka johtaa usein myös tuottavuuden laskuun. Laatuhukkaan syntyy, koska tuotteita ei tarkasteta tuotannossa, laadunhallinta ja laadunvarmistus prosessit puuttuvat tai niitä ei ole standardoitu sekä laatustandardeja jätetään noudattamatta. Hukkaa aiheuttavat myös henkilökunnan puutteellinen ammattitaito ja koulutus sekä kuljettamisesta aiheutuneet vauriot. Ylituotannosta johtuva laatuvirhe on varastoinnissa tapahtunut laadun aleneminen. [12, s. 22.]

Laatuhukan estämiseksi pitävät toimintaprosessit käydä läpi ja varmistaa niiden laatu. Prosesseja ovat myynti, suunnittelu, valmistus, laadun varmistus ja kunnossapitoprosessit. Laatu varmistetaan standardoimalla prosessit ja noudattamalla asetettuja standardeja. Jokainen prosessiin osallistuva tarkastaa laadun omassa vaiheessa, viallista tuotetta ei laiteta eteenpäin. Kehitetään työkaluja kuten poka-yoke ja vähennetään työvaiheita. Laatu pitää ottaa huomioon jo tuotteen kehittämissvaiheessa. Laatuvirheen esiintyessä etsitään juurisyy ja selvitetään se, pelkkä virheen korjaava toimenpide ei riitä. [12, s. 22–23.]

### **7.2.6 Prosessihukka**

Prosessihukka eli yliprosessointi tarkoittaa turhia tuoteosia, turhia tuoteominaisuuksia, turhia työvaiheita ja turhia tarkastuksia. Yliprosessointiin johtavia syitä ovat usein pinttyneet toimintatavat, prosessit muuttuvat mutta toimintatavat eivät. Jos prosessin muuttuessa prosessikuvausta ei päivitetä voi prosessiin jäädä turhia työvaiheita, päällekkäisyyksiä, turhia tarkastuksia. Lisäksi prosessien vajavainen suunnittelu tai henkilökunnan tietotaidon käyttämättä jättäminen voivat johtaa yliprosessointiin. Yliprosessoinnista syntyy ylimääräisiä työ ja materiaalikustannuksia. [12, s.24–25.]

Prosessin arvoketjuanalyysillä ja vanhojen käytäntöjen kyseenalaistamisella voidaan estää prosessihukkaa. Tuotteita ja toimintatapoja standardoimalla, henkilökuntaa kouluttamalla ja työhön hyvin soveltuvia työkaluja hankkimalla voidaan estää prosessihukkaa. Tärkeää on myös tuotesuunnittelijoiden tuntemus tuotanto tavoista sekä henkilöstön välinen informaatio. [12, s. 25.]

### **7.2.7 Työvaihehukka**

Johonkin tiettyyn työtehtävään liittyvä turha työsuoritus, sopimaton työtapa, väärä työmenetelmä, asetusajat sekä työtehtävän aloitus ja lopetusajat ovat työvaihehukkaa. Työvaihehukkaa aiheuttavat standardoimaton työ tai tuote, puutteellinen perehdyttäminen ja puutteelliset työohjeet, huono työmotivaatio, ammattitaidon puute ja kokemattomuus. Hukkaa aiheuttavat myös työpisteiden huono sijoittelu ja huonosti työhön soveltuvat koneet. Työvaihehukka aiheuttaa ylimääräisiä työ ja materiaalikustannuksia. [12, s.26–27.]

Työvaihehukkaa vähennetään työn ja tuotteiden standardoinnilla sekä tutkimalla ja kehittämällä työvaiheita. Hukkaa vähennetään myös käyttämällä tiimityötä ja visuaalista prosessin ohjausta. [12, s.27.]

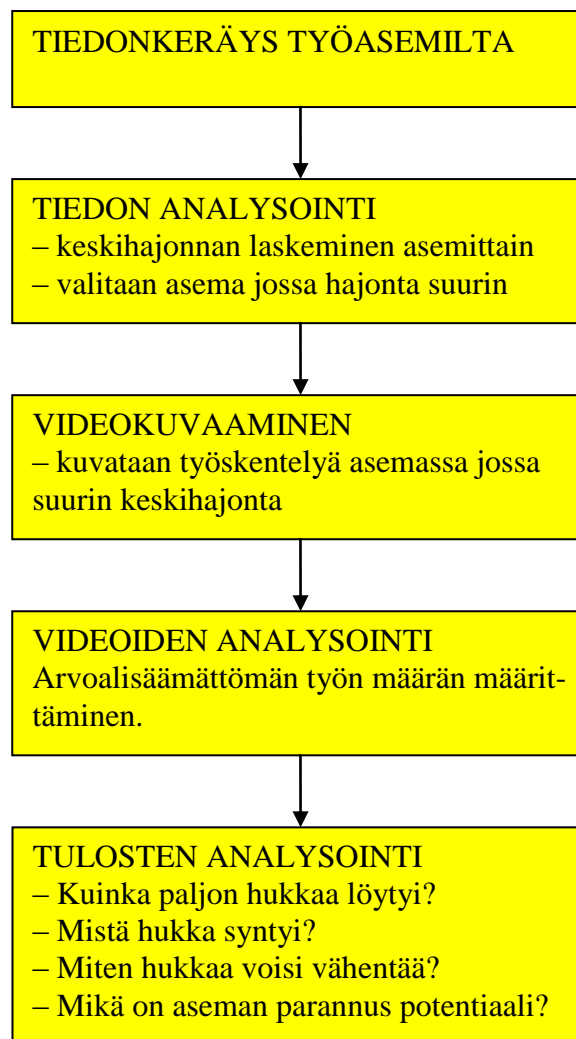
## 8 Tutkimuksen toteutus

### 8.1 Tutkimusprojekti

Tutkimus aloitettiin analysoimalla kokoonpanolinjalla kerättyä tietoa elementtien työasemakohtaisista valmistusajoista. Linjan tiedonkeruujärjestelmässä on työasemakohtaiset valvontakortit, joihin tieto elementtien valmistusajoista siirtyy automaattisesti. Valvontakortteja tutkimalla etsittiin se työasema, jossa valmistusaikojen vaihtelu on kaikista suurinta. Tämä tehtiin, koska leanin teorian mukaisesti suurin ongelma tuotannossa on vaihtelu, joten suurin parannus linjan toiminnassa saadaan aikaan vaihtelua pienentämällä [4].

Seuraavaksi valitun työaseman toimintaa kuvattiin videokameralla ja kuvatut videot tutkittiin työntutkimusohjelmistoa apuna käyttäen. Työn tutkimusohjelmistolla selvitettiin työaseman työssä esiintyvän hukan ja arvoa lisäävän työn osuudet, samalla mietittiin mahdollisia parannusehdotuksia.





Kuva 2. Tutkimusprojektikaavio

### 8.1.1 Tiedon keräys

Työasemilta kerättiin tietoa asemakohtaisesti elementtien valmistusajoista. Valmistusaika saatiin järjestelmään viivakoodinlukulaitteilla joita on linjan jokaisessa työasemassa yksi kappale. Lukulaitteella kuitataan jokaisen elementin aloitus- ja lopetusaika, joiden perusteella järjestelmä laskee elementin valmistukseen käytetyn ajan kyseisellä työpisteellä. Elementin tunnus saadaan jokaisen elementin mukana kulkevasta valmistuskortista, jossa on elementin valmistustunnus myös viivakoodina.

Runkoasemalla aloitus kuitattiin heti, kun edellinen elementti oli kuitattu valmiiksi. Elementti kuitattiin valmiiksi, kun se on siirretty runkoaseman jälkeiselle ketjukuljettimelle. Muilla työasemilla kuittaukset tehtiin siten, että elementin siirtyessä työasemalle kiinnitettiin se aseman vasteisiin ja kuitattiin aloitetuksi. Lopetus kuitattiin, kun kaikki työaseman työvaiheet oli tehty ja elementti oli irrotettu vasteista. Mittaustapa oli samanlainen jokaisella elementillä jokaisessa työasemassa, jotta tieto olisi ollut vertailukelpoista.

### **8.1.2 Videokuvaaminen**

Videokuvaus suoritettiin digi-videokameralla. Ennen kuvausten aloittamista sovittiin kuvauksen periaatteet. Eettisiä periaatteita olivat kuvaamisesta ilmoittaminen, kuvausluvan kysyminen, työntekijän näkyminen kuvassa sekä kuvattujen videoiden tallentaminen. Teknisiä periaatteita olivat ongelma- ja häiriötilanteissa kuvaaminen, kokonaisuuden kuvaaminen vs. pienten yksityiskohtien kuvaaminen.

Työpisteen työntekijälle ilmoitettiin kuvaamisesta aina etukäteen ja samalla, kun käytiin läpi miksi kuvataan, kysyttiin myös kuvauslupa työpisteen työntekijöiltä. Työntekijä voi halutessaan kieltäytyä kuvauksesta, jolloin kuvauksen ajaksi vaihdetaan kuvaukseen suostuva työntekijä. Kuvaus pyrittiin suorittamaan siten, etteivät kuvattavan työntekijän kasvot näkyisi videolla. Kuvattavat videot tallennettiin yrityksen tietojärjestelmään kansioon, johon vain nimetyillä henkilöillä on pääsy.

Kuvattavan työaseman jäädessä tyhjäksi esimerkiksi työntekijän hakiessa jotain, seurattiin kameralla tekijää. Jos työasemalta poistui yksi henkilö ja muut jatkoivat työskentelyä, kuvattiin edelleen asemaa ja kommentoitiin kameralle mihin ja miksi henkilö poistui työasemalta. Kuvattiin työasemaa ja sen työskentelyn kokonaisuutta. Tarvittaessa kuvattiin yksityiskohtia läheltä jos esimerkiksi ongelma tai korjaustyö keskeytti työpisteen muun työskentelyn. Kuvaamisen aikana teh-

täviä huomioita kommentoitiin kameralle, koska niistä oli hyötyä videoita analysoitaessa.

### **8.1.3 Työntutkimusohjelmisto**

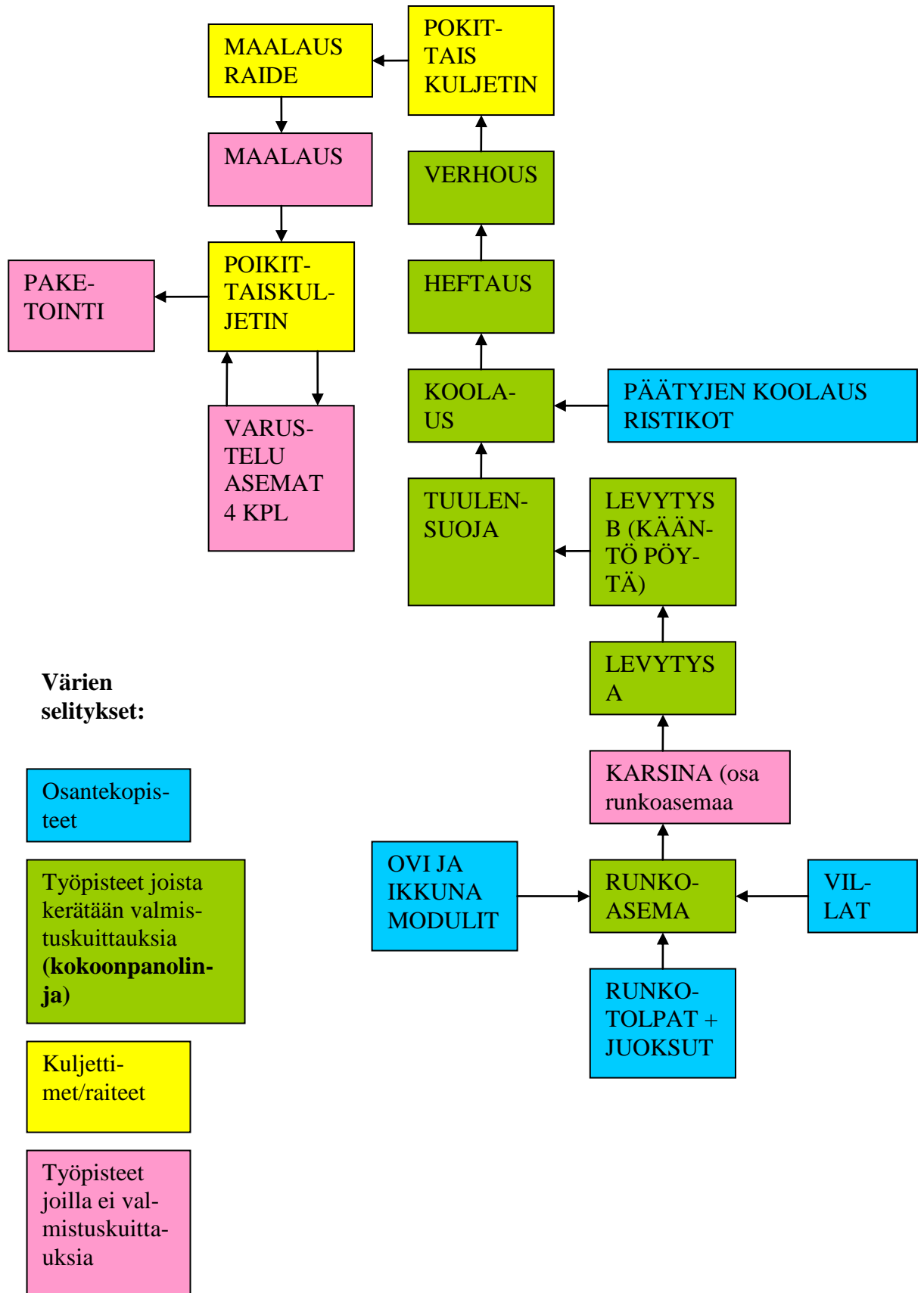
Kuvattujen videoiden analysoinnissa käytettiin työntutkimusta varten kehitettyä Avix - työntutkimusohjelmistoa. Ohjelmistoa voidaan käyttää apuvälineenä kehitettäessä työpisteiden ja koneiden toimintaa. Ohjelmalla pilkotaan tutkittava video osiin ja määritellään jokaiselle osalle arvo. Arvon määrittämisellä tarkoitetaan työn määrittelyä neljään eri luokkaan: arvoa lisääväksi, tarpeelliseksi muttei arvoa lisääväksi, odottamiseksi ja hukaksi. Ohjelma laskee määritelmien perusteella arvioidusta videosta kunkin työn osuudet.

Työn analysoinnista luotiin säännöt, jotta jokainen video tulisi arvioitua samoilla periaatteella. Arvoa tuottava työ on työpisteessä tehtävää työtä, jolloin tuote jalostuu. Esimerkiksi nostetaan levy elementin päälle ja kiinnitetään se. Tarpeellinen, mutta arvoa lisäämätön työ on työtä, joka tehdään työpisteessä, mutta se ei suoranaisesti jalosta tuotetta. Esimerkiksi kappale asemoidaan vasteeseen, kiinnitetään vaste, luetaan työohje ja siirretään kappaletta linjalla. Odottamista on kaikki odottaminen, jolloin työtä ei työpisteellä voi tehdä. Hukkaa on kaikki turha työ, mikä ei jalosta tuotetta eikä ole normaalin työn etenemisen kannalta välttämätöntä toimintaa. Esimerkiksi ylimääräinen kävely työpisteellä, materiaalien haku kauempaa kuin omalta työpisteeltä, työkalujen etsiminen, viallisten tuotteiden korjaaminen ynnä muu sellainen työ.

## **8.2 Kokoonpanolinjan kuvaus**

Tutkimuksen kohteena oli elementtien kokoonpanolinja. Kokoonpanolinja on osa elementtien valmistuslinjaa. Linja on suora, yhdenkappaleen virtausperiaatteella toteutettu. Elementin siirto työpisteeltä toiselle tapahtuu rullakuljettimilla. Asemi- en levytys B portaalin sekä tuulensuoja aseman välinen siirto tehdään kääntö-

pöydän avulla, samalla kääntöpöydällä elementti käännetään ulkopinta ylöspäin. Työvaiheiden välillä ei ole erikseen varattuja puskureita mutta elementtien pituusvaihtelusta (300mm – 12000mm) johtuen jokaiselle työpisteelle voi tarvittaessa ottaa 1-3 elementtiä kerrallaan. Tällä voidaan tasoittaa hiukan eri työvaiheiden välillä olevaa elementtien valmistuksen aikavaihtelua. Linjaan liittyvät kohtisuorassa osantekolinjat, joissa valmistetaan linjalla kiinnitettävä komponentteja ja osia. Osantekolinjojen toimintaa ohjataan visuaalisesti, osanteon ja kokoonpanolinjan välillä on puskuri joka tasoittaa tuotannon vaihtelua sekä estää osanteossa tapahtuvan ylituotannon.



kuva 3. Lämpörunkoisten elementtien työnkulku kaavio.

### **8.2.1 Valmistusdataa keräävien asemien esittely**

Tietoa elementtien valmistusajoista kerättiin elementtilinjan seitsemältä asemalta, asemat valittiin, koska niiden välissä ei ole puskureita tasaamassa vaihtelua joten kyseisissä asemissa valmistusaikojen vaihtelu aiheuttaa eniten ongelmia. Seuraavaksi asemat on esitelty pääpiirteissään.

### **8.2.2 Runkoasema /runkoportaali**

Runkoaseman työvaiheita ovat juoksujen jatkaminen, runkotolppien ja moduulien asennus sekä villojen asennus.

Asemalla työskentelee yksi henkilö. Runkoasemalla kootaan ja villoitetaan elementin runko. Runko koostuu ala - ja yläjuoksuista, runkotolpista sekä ovi - ja ikkunamoduuleista. Runkotolpat, ovi - ja ikkunamoduulit sekä määrämittaan leikatut villat tulevat runkoasemalle osantekopisteiltä fifo - periaatteella, eli ensimmäisenä tullut osa käytetään ensin. Ala - ja yläjuoksut tuodaan runkoasemalle määrämittaisena ja runkoaseman hoitaja jatkaa ne itse sitä mukaa, kuin elementtiä valmistuu. Aseman ohjaus tapahtuu tietokoneen avulla, tietokone lukee sähköisen elementtikuvan, minkä perusteella runko kasataan. Kuva näkyy myös runkoaseman hoitajan tietokoneen näytöllä, jonka perusteella hoitaja asentaa koneen pyytämät komponentit halutussa järjestyksessä. Elementin valmistus alkaa ylä - ja alajuoksujen jatkamisella. Jatkamisen jälkeen ylä - ja alajuoksut asemoidaan runkoaseman portaalin vasteisiin. Aseman hoitaja asettaa runkopuut, ovi - ja ikkunamoduulit sekä villan juoksujen väliin ja asema kiinnittää osat naulaamalla. Runkoaseman hoitaja huolehtii komponenttien syötöstä ja asemonnista koneeseen. Asema tekee komponenttien kiinnityksen ja rungon siirtämisen.

### 8.2.3 Levytys A

Aseman työvaiheita ovat vanereiden kiinnitys, sähkövarauksien sahaaminen, höyrynsulkumuovin asennus ja kiinnitys sekä lastulevy - ja kipsilevykerroksien asennus ja esikiinnittäminen.

Asemalla työskentelee kaksi henkilöä. Runkoasemalta tuleva elementti kiinnitetään vasteisiin. Elementin runkoon kiinnitetään ensimmäisenä vanerisuikaleet elementin ylä - ja alapäihin koko elementin matkalle, kiinnitys tehdään hakasnaulaimella. Vanerisuikaleisiin sahataan kiinnityksen jälkeen elementtien sähköistystä varten 50mm leveä ura jokaiseen runkotolppaväliin. Seuraavaksi elementin päälle asennetaan höyrynsulkumuovi, muovi kiinnitetään hakasnaulaimella. Muovin päälle asennetaan lastu ja kipsilevy kerros, levykerrokset esikiinnitetään hakasnaulaimella.

### 8.2.4 Levytys B

Aseman työvaiheita on lastu ja kipsilevytyksien kiinnitys, levytyksen määrämittään sahaukset, ikkuna ja oviaukkojen sahaukset, sahattujen levysuikaleiden poistaminen, levytystä suojaavan muovin asennus sekä levytyspinnan suojaksi asetettävien kovalevysuikaleiden kiinnitys. Lisäksi B - asemalla asennetaan vino tuenta sellaisiin elementteihin, joihin ei tule levytystä.

Asemalla työskentelee yksi henkilö. A-levytysasemalta tuleva elementti kiinnitetään aseman vasteisiin. Aseman hoitaja valitsee elementin mukana tulevan valmistuskortin perusteella tietokoneelta oikean elementtikuvan. Työasema on tietokoneohjattu ja asema toimii valitun elementtikuvan perusteella. Aseman työstöportaali liikkuu pituussuunnassa elementin päällä ja tekee elementtikuvaan merkityt työvaiheet automaattisesti. Ensimmäisenä portaali kiinnittää levytyksen hakasnaulaimella. Kiinnittämisen jälkeen portaali sahaa levytykseen ovi - ja ikkuna-aukot sekä mahdolliset levytyksen ylitykset. Aseman hoitaja poistaa sahattut levynpalat ja asentaa levytyksen päälle säältä suojaavan muovin. Muovin

päälle asennetaan kovalevysuikaleet, jotka suojaavat levyä mekaanisesti linjaston ketjuilta.

### **8.2.5 Tuulensuoja-asema**

Tuulensuoja - aseman työvaiheita ovat elementin kääntäminen, nostoliinujen asennus, tuulensuojakankaan asennus, aukkojen merkkkaus, elementin ulkopintaan asennettavien palkkien (tartuntojen) asennus sekä nurkkalevyn ja nurkkavillan asennus. Lisäksi asemalla kiinnitetään elementteihin kaksikerroksisiin taloihin tulevat korokemoduulit, joita tarvitaan välipohjien asennuksessa.

Asemalla työskentelee kaksi henkilöä. Aseman tarkoituksena on elementin tuulensuoja- kankaan kiinnitys. Tuulensuoja-asemalle siirrettäessä elementti käännetään kääntöpöydän avulla. Kääntämisen jälkeen elementtiin asennetaan nostoliinat. Nostoliinoista elementti nostetaan työmaalla paikoilleen. Seuraavaksi elementin ulkopintaan asennetaan tuulensuojakangas hakasnaulaimella. Nurkkaelementteihin asennetaan nurkkalevy ja villa. Tuulensuojakankaan päälle merkitään liidulla aukkojen ääriviivat sekä asennetaan tarvittaessa elementtiin tulevat kannatepalkit.

### **8.2.6 Koolaus**

Koolauksen työvaiheita ovat seinäelementtien koolausrimoituksen latominen ja kiinnitys, päätyelementtien koolausrimoituksen asennus ja kiinnitys sekä ulko-verhouspaneelin lähdön merkkkaus.

Asemalla työskentelee yksi tai kaksi henkilöä. Elementin päälle heijastetaan laserilla koolausristikon kuva jonka perusteella koolausristikko rakennetaan elementin päälle ja kiinnitetään naulaamalla. Päätyelementteihin koolausristikot tulevat valmiina osantekoasemalta, jossa ne tehdään työjonon mukaisessa järjestyksessä. Valmiit koolausristikot nostetaan päätykolmioiden päälle ja kiinnitetään



naulaamalla. Koolausristikon kiinnittämisen jälkeen ristikkoon merkitään ulko-verhouspaneelin lähtö merkkkaus. Aseman tehtäviin kuuluvat lisäksi ikkunoiden ja ovien merkkaaminen tuulensuoja kankaan päälle sekä ulko-verhouksen lähdön merkitseminen. Työvaiheen töitä ei ole automatisoitu.

### **8.2.7 Heftaus**

Heftauksen työvaiheita ovat ulko-verhouksen latominen ja esikiinnitys eli heftaus. Heftauksen tarkoituksena on kiinnittää ulko-verhous, jotta se pysyisi seuraavan työvaiheen työstöjen ajan kiinni.

Elementteihin asennettava panelointi voi olla pysty-, vaaka- tai pysty/vaaka-verhous. Pystyverhoukseen käytettävät paneelit ovat määrämittäisiä ja vaaka-verhouksessa käytettävät paneelit ovat lankeavan pituista sekä päätypontattua. Työvaihetta ei ole automatisoitu. Paneelin ladonnan jälkeen se esikiinnitetään eli heftataan, heftaus tehdään dyckert - naulaimilla.

### **8.2.8 Ulko-verhousportaali**

Ulko-verhousportaali on tietokoneella ohjattu yksikkö. Portaali kiinnittää ulko-vuorauksen elementin pintaan naulaamalla sekä sahaa ulko-verhouksen määrämittäiseksi. Työaseman hoitaja valvoo koneen työtä sekä poistaa sahauksesta jääneet katkontapätkät. Sahauksen jälkeen elementti puhdistetaan sahanpurusta paineilmalla ja siirretään poikittaiskuljettimelle.

## 9 Tulokset

### 9.1 Työasemakohtaiset tunnusluvut

Kokoonpanolinjalta kerätyn tiedon perusteella laskettiin jokaiselle työasemalle keskimääräinen työn vaiheaika sekä vaiheajan keskihajonta. Datasta poistettiin ennen laskemista virhekuittaukset, jotka olivat arvoltaan 0 ja kuittaukset, joiden sisään tuli ruoka - tai kahvitauko. Koska tauon kestoa ei voinut jälkeinpäin tarkasti määrittellä, piti kyseiset kuittaukset poistaa.

Tiedonkeruujärjestelmästä saatiin seuraavat valmistusajat työpisteittäin (taulukko 1), ajat ovat minuutteina.

Taulukko 1. Työasemakohtaiset valmistusajat.

Elementti	Runkoasema	Levytyt A	Levytyt B	ts-asema	koolaus	heftaus	verhousportaali
1.	19	20	26	18	26	21	19
2.	35	34	25	12	19	21	15
3.	29	29	18	16	29	31	22
4.	36	16	21	18	26	24	14
5.	32	19	29	12	15	27	20
6.	25	20	25	19	26	20	17
7.	16	16	20	17	21	25	17
8.	36	17	32	12	16	18	13
9.	39	17	17	12	24	22	13
10.	14	16	28	20	20	11	10
11.	41	20	28	15	21	24	18
12.	45	31	16	17	10	21	14
13.	20	27	32	13	12	20	9
14.	5	18	22	20	22	23	15
15.	20	33	16	16	17	15	11
16.	9	18	18	31	12	12	11
17.	13	12	18	16	16	5	13
18.	19	9	26	19	10	21	15
19.	18	5	18	14	13	13	14
20.	26	9	16	15	5	10	11
21.	14	20	21	14	9	16	10
22.	23	20	25	12	13	8	15
23.	36	13	24	12	13	11	25
24.	17	10	14	12	22	15	30
25.	14	13	17	21	14	13	8
26.	10	20	19	17	25	21	34
27.	20	17	26	22	21	10	16
28.	16	10	16	16	24	29	9
29.	20	10	16	15	3	8	9
30.	29	16	22	15	16	26	17
31.	20	31	19	15	19	16	16
32.	21	16	12	10	19	24	12
33.	17	19	14	10	19	17	14
34.	23	14	14	14	20	14	28
35.	12	8	16	25	10	20	13
36.	27	13	21	22	12	17	15
37.	36	11	16	14	22	23	20
38.	13	16	19	11	19	16	11
39.	15	8	17	9	18	18	15
40.	32	13	11	13	18	15	9
41.		20	9	17	18	22	8
42.		17	13	12	9	10	
43.		9	15	13	11	19	
44.		7		10		12	
45.		10		15		22	
46.		10		10			
47.		10		10			
48.		12		15			
49.				11			

Keskiarvo laskettiin kaavalla

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(kaava 1)

jossa  $n$  on otosten lukumäärä  
 $x_i$  mitattujen elementin valmistusaikojen summa.

Keskihajonta laskettiin kaavalla

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(kaava 2)

jossa  $n$  on otosten lukumäärä  
 $x_i$  mitattu elementin valmistumisaika  
 $\bar{x}$  on mitattujen elementin valmistumisaikojen keskiarvo.

Otoksista saatiin seuraavat tulokset (taulukko 2), ajat ovat minuutteina.

Tuloksissa:

$n$  = otosten määrä

$min$  = otosten minimiarvo

$maks$  = otosten maksimiarvo

$s$  = keskihajonta

$x$  = keskiarvo

Taulukko 2. Työasemakohtaiset tunnusluvut.

	Runkoasema	Levytyks A	Levytyks B	ts-asema	koolaus	heftaus	verhousportaali
<b>n=</b>	40,0	48,0	43,0	49,0	43,0	45,0	41,0
<b>min=</b>	5,0	5,0	9,0	9,0	3,0	5,0	8,0
<b>maks=</b>	45,0	34,0	32,0	31,0	29,0	31,0	34,0
<b>s=</b>	<b>9,8</b>	<b>7,0</b>	<b>5,6</b>	<b>4,3</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>5,9</b>
<b>x=</b>	22,8	16,2	19,7	15,2	17,1	17,9	15,2

Tulosten mukaan (taulukko 2) suurin vaihtelu valmistusajoissa on runkoasemalla (9,8min), toiseksi suurin vaihtelu on levytys A-asemalla (7,0 min). Pienin vaihtelu on tuulensuoja -asemalla (4,3 min).

Tutkimussuunnitelman mukaisesti työpisteen hukkatutkimuksen kohteeksi valittiin runkoasema, koska siinä on kokoonpanolinjan suurin vaihtelu.

## 9.2 Hukkatutkimus

### 9.2.1 Elementti 1

Elementin valmistus kuvattiin videolle ja video pilkottiin työvaiheisiin. Alla on elementin runkoaseman työvaiheet taulukoituna, vaiheaika on sekuntia.

Taulukko 3. Elementti 1 työntutkimus.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
pc:lle kävely	hukka	4
aloituskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	9
wup koneelle kävely	hukka	8
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	12
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	11
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	46
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	95
naulalevyn vasarointi	hukka	15
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	33
runkotolppa	jalostava	13
villa	jalostava	20
runkotolppa	jalostava	22
villa	jalostava	10
moduli	jalostava	87
villa	jalostava	9
runkotolppa + liina	jalostava	32
saumavilla	jalostava	20
moduli	jalostava	48
villa	jalostava	11
runkotolppa	jalostava	12
villa	jalostava	13
runkotolppa	jalostava	12
saumavilla	jalostava	28
runkotolppa	jalostava	10
saumavilla	jalostava	28
runkotolppa	jalostava	13
saumavilla	jalostava	27
runkotolppa	jalostava	16
saumavilla	jalostava	31
runkotolppa	jalostava	14

Jatkuu...

Taulukko 3. Elementti 1 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
villa	jalostava	9	
runkotolppa	jalostava	11	
saumavilla	jalostava	20	
moduli	jalostava	89	
villa	jalostava	11	
runkotolppa	jalostava	12	
saumavilla	jalostava	26	
runkotolppa	jalostava	15	
villa	jalostava	10	
runkotolppa	jalostava	16	
villa	jalostava	11	
moduli	jalostava	64	
rungon katkaisu	jalostava	14	
villa	jalostava	10	
runkotolppa	jalostava	11	
saumavilla	jalostava	25	
runkotolppa hissillä ajelu	tarpeellinen, ei jalostava	48	
runkotolppa	jalostava	18	
karsinaan ajo	tarpeellinen, ei jalostava	17	
pc:lle kävely	hukka	9	
lopetuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	3	
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	18	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok.ajasta
	hukka	36	3,1 %
	tarpeellinen, ei jalostava	197	16,8 %
	jalostava	944	80,2 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1177</b>	<b>100,0 %</b>

Elementin valmistuksessa oli hukkaa yhteensä 36s joka on 3,1 % elementin valmistusajasta (taulukko 3).

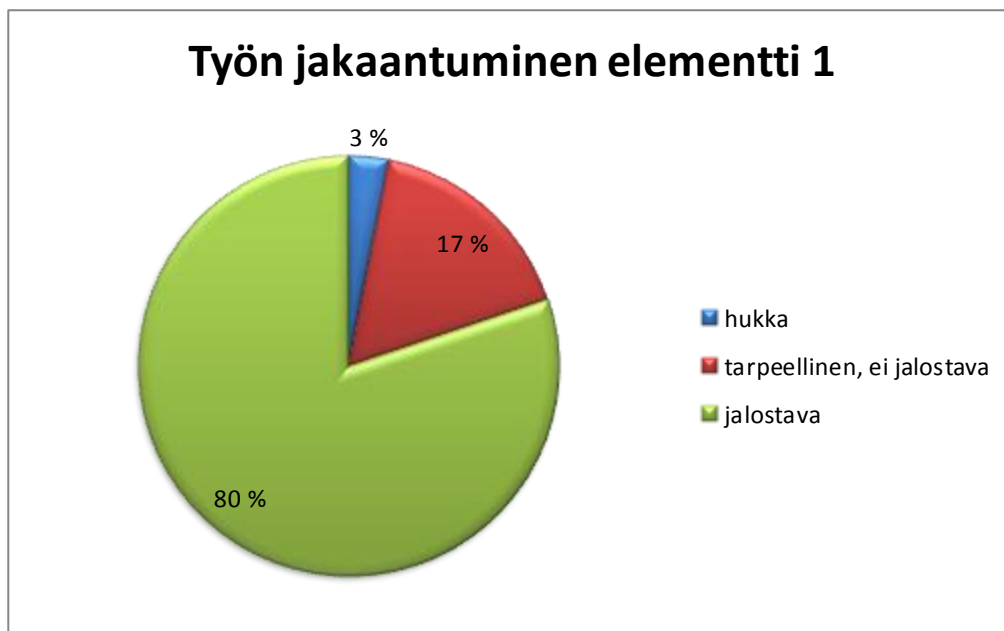
Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavasti (taulukko 4).

Taulukko 4. Hukan jakaantuminen elementissä 1.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
pc:lle kävely	hukka	21	57,6 %
naulalevyn vasarointi	hukka	15	42,4 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>36</b>	<b>100,0 %</b>

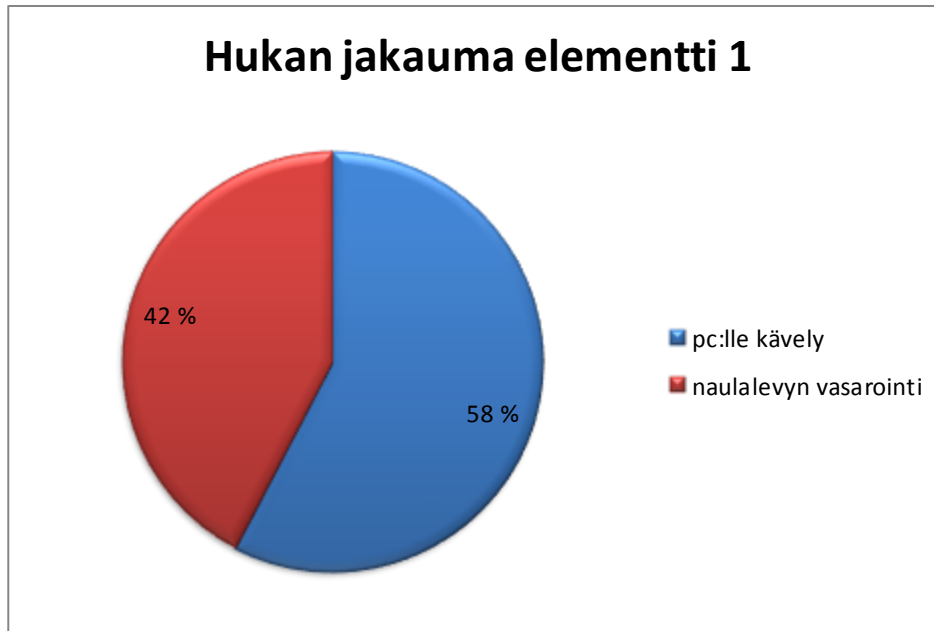
Elementin valmistuksessa hukkaa oli 36s ja se jakaantui pc:lle kävelyyn sekä naulalevyn vasarointiin (taulukko 4). Pc:lle kävely on hukkaa, koska työntekijä joutuu poistumaan työpisteeltään tietokoneelle tekemään aloitus - ja lopetuskuittaukset.

Naulalevyn vasaroinnista hukkaa syntyy, koska elementin yläjuoksun jatkoksiin puristettava naulalevypuristin ei asemoinut levyä oikein ja levyn yksi nurkka taipui puristinta käytettäessä, jolloin naulalevyn taipunut nurkka piti oikaista vasaroinnalla.



Kuva 4. Työn jakaantuminen elementissä 1





Kuva 5. Hukan jakaantuminen elementissä 1

### 9.2.2 Elementti 2

Alla on elementi nro.2 runkoaseman työvaiheet taulukoituna.

Taulukko 5. Elementti 2 työntutkimus.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
lappujen odottelua	hukka	46
pc:lle kävely	hukka	5
aloituskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	14
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	16
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	4
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	27
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	94
naulalevyn vasarointi	hukka	7
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	26
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	17
alajuoksun jatkaminen	jalostava	43
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	26

Jatkuu...

Taulukko 5. Elementti 2 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	19	
alajuoksun jatkaminen	jalostava	37	
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	40	
runkotolppa hissillä ajelu	tarpeellinen, ei jalostava	26	
runkotolppa	jalostava	13	
villa	jalostava	23	
runkotolppa + liina	jalostava	27	
villa	jalostava	20	
moduli (naulat uupui)	jalostava	130	
villa	jalostava	13	
runkotolppa	jalostava	13	
villa	jalostava	16	
runkotolppa	jalostava	15	
saumavilla	jalostava	22	
runkotolppa	jalostava	18	
villa	jalostava	31	
moduli	jalostava	86	
villa	jalostava	16	
runkotolppa + liina	jalostava	32	
rungon katkaisu	jalostava	16	
villa	jalostava	11	
runkotolppa	jalostava	14	
villa	jalostava	18	
runkotolppa	jalostava	13	
karsinaan ajo	tarpeellinen, ei jalostava	32	
pc:lle kävely	hukka	12	
lopetus kuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	4	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok.ajasta
	hukka	70	7,2 %
	tarpeellinen, ei jalostava	223	22,9 %
	jalostava	682	70,0 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>975</b>	<b>100,0 %</b>

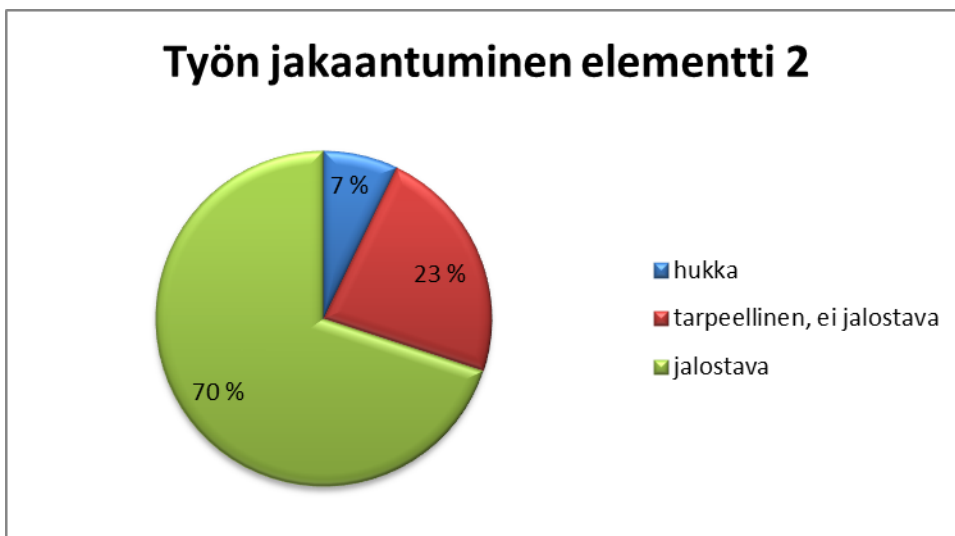
Elementin valmistuksessa hukkaa yhteensä 70s, joka on 7,2% elementin valmistusajasta (taulukko 5).

Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavaasti (taulukko 6).

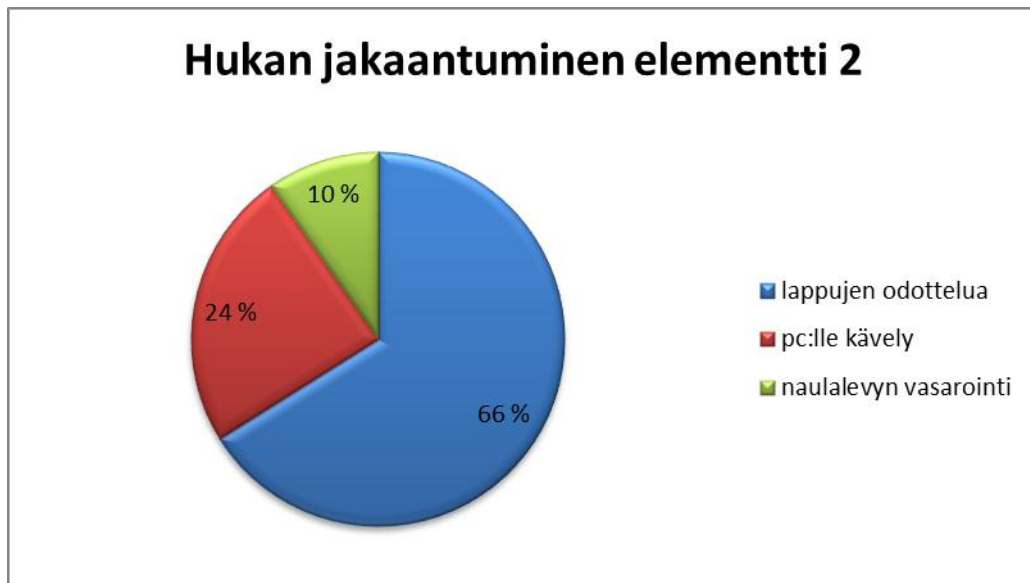
Taulukko 6. Hukan jakaantuminen elementissä 2.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
lappujen odottelua	hukka	46	66,1 %
pc:lle kävely	hukka	17	24,2 %
naulalevyn vasarointi	hukka	7	9,7 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>70</b>	<b>100,0 %</b>

Elementti nro.2:n hukka syntyi turhasta kävelystä, naulalevyn vasaroinnista sekä lappujen odottelusta (kuva 7). Lappujen odotteluhukka syntyi, koska työntekijä ei saanut valmistuskorttia ja elementtikuvaa edelliseltä työasemalta eikä voinut aloittaa rungon valmistusta. Odottelu johtui siitä, että elementti oli pitkä ja siinä oli monta ikkuna – ja oviaukkoa, joiden tekeminen kesti edellisessä työvaiheessa kauan.



Kuva 6. Työn jakaantuminen elementissä 2



Kuva 7. Hukan jakaantuminen elementissä 2

### 9.2.3 Elementti 3

Alla on elementin runkoaseman työvaiheet taulukoituna, vaiheaika on sekuntia.

Taulukko 7. Elementti 3 työntutkimus.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	18
kuvien haku	hukka	55
aloittuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	8
wup koneelle kävely	hukka	14
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	10
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	8
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	32
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	86
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	37
runkotolppahissillä ajelu	tarpeellinen, ei jalostava	21
runkotolppa	jalostava	39
villa	jalostava	14
runkotolppa	jalostava	17
villa	jalostava	9

Jatkuu...

Taulukko 7. Elementti 3 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
runkotolppa	jalostava	16	
villa	jalostava	11	
moduli	jalostava	113	
villa	jalostava	8	
runkotolppa	jalostava	18	
rungon katkaisu	jalostava	32	
villa	jalostava	12	
uuman täytepala	jalostava	109	
runkotolppa	jalostava	31	
villa	jalostava	46	
moduli	jalostava	50	
naulojen haku	hukka	234	
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	70	
saumavilla	jalostava	46	
runkotolppa	jalostava	19	
karsinaan ajo	tarpeellinen, ei jalostava	15	
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	31	
pc:lle kävely	hukka	8	
lopetuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	7	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok. ajasta
	hukka	311	25,0 %
	tarpeellinen, ei jalostava	258	20,7 %
	jalostava	677	54,3 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1246</b>	<b>100,0 %</b>

Elementin valmistuksessa hukkaa yhteensä 311s joka on 25,0% elementin valmistusajasta (taulukko 7).

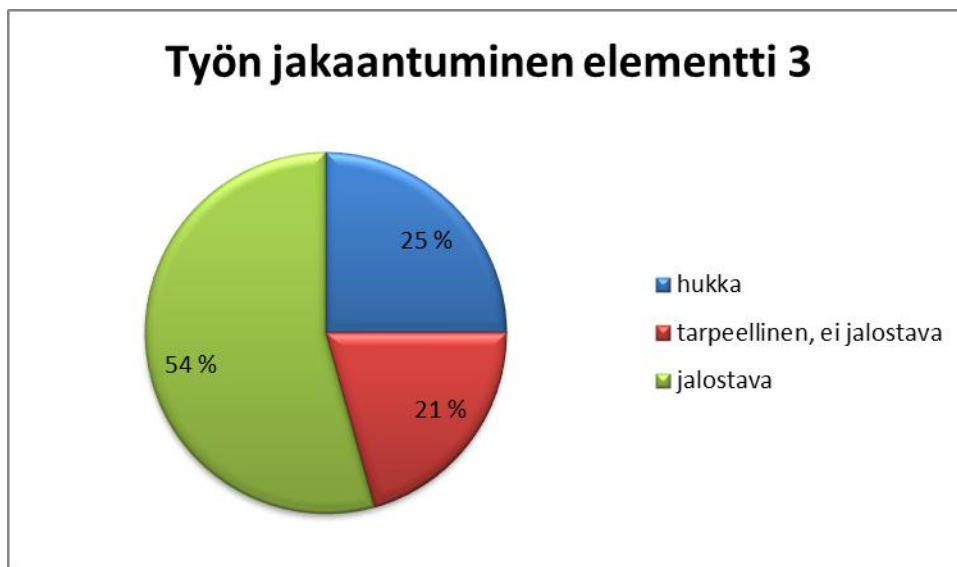
Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavasti (taulukko 8).

Taulukko 8. Hukan jakaantuminen elementissä 3.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
kuvien haku	hukka	55	17,7 %
naulojen haku	hukka	234	75,2 %
pc:lle kävely	hukka	22	7,1 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>312</b>	<b>100,0 %</b>

Elementtin valmistuksen hukka syntyi pc:lle kävelystä, kuvien hakemisesta sekä naulojen hakemisesta (taulukko 8). Kuvien hakemisesta syntyvä hukka tulee siitä, kun edellisen työvaiheen työntekijä saa työnsä valmiiksi hän laittaa valmistuskortin ja elementtikuvat lokeroon, josta runkoaseman työntekijä ne noutaa. Lokero ei sijaitse runkoaseman työpisteessä, joten noutamisesta syntyy hukkaa.

Naulojen hakemisesta syntyvä hukka tulee siitä, että runkoaseman naulaimesta loppuivat naulat, jolloin aseman työntekijä haki nauloja lisää työkaluvarastosta.



Kuva 8. Työn jakaantumisesta elementissä 3



Kuva 9. Työn jakaantuminen elementissä 3

### 9.2.4 Elementti 4

Alla on elementin runkoaseman työvaiheet taulukoituna, vaiheaika on sekuntia.

Taulukko 9. Elementti 4 työntutkimus.

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
kävely pc:lle	hukka	9
aloituskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	3
wup koneelle kävely	hukka	8
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	6
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	3
juoksuvillojen oikominen	hukka	15
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	21
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	38
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	73
naulalevyn vasarointi	hukka	11
juoksut vasteisiin	tarpeellinen, ei jalostava	7
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	9
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	15
alajuoksun jatkaminen	jalostava	38
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	11
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	14
alajuoksun jatkaminen	jalostava	17
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	8
alajuoksun jatkaminen	jalostava	28
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	25
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	88
naulalevyn vasarointi	hukka	11
kävely runkoasemalle	hukka	19
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	15
runkotolppa	jalostava	27
saumavilla	jalostava	29
runkotolppa	jalostava	17
villa	jalostava	10
runkotolppa	jalostava	13
villa	jalostava	9
runkotolppa	jalostava	17
villa	jalostava	14

Jatkuu...

Taulukko 9. Elementti 4 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
moduli + liina	jalostava	129
saumavilla	jalostava	24
moduli	tarpeellinen, ei jalostava	115
saumavilla	jalostava	38
moduli	jalostava	59
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	60
villa	jalostava	13
runkotolppa	jalostava	13
uuman täytepalojen teko	hukka	327
uuman täytepala	jalostava	57
villa	jalostava	11
moduli	jalostava	46
villa	jalostava	14
moduulin naulaus	tarpeellinen, ei jalostava	14
runkotolppa	jalostava	17
villa	jalostava	8
runkotolppa	jalostava	12
villa	jalostava	10
moduli	jalostava	42
villa	jalostava	10
runkotolppa	jalostava	11
villa	jalostava	23
moduli	jalostava	47
saumavilla	jalostava	25
runkotolppa	jalostava	12
uuman täytepala	jalostava	95
villa	jalostava	13
moduli	jalostava	31
moduulin naulaus	hukka	24
villa	jalostava	13
ohjeen lukeminen	tarpeellinen, ei jalostava	58
runkotolppa + liina	jalostava	52
saumavilla	jalostava	23
moduli	jalostava	115
villa	jalostava	9
runkotolppa	jalostava	11
rungon katkaisi	jalostava	10
villa	jalostava	9
runkotolppa	jalostava	13

Jatkuu...



Taulukko 9. Elementti 4 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
saumavilla	jalostava	18	
runkotolppahissillä ajelu	tarpeellinen, ei jalostava	41	
runkotolppa	jalostava	18	
keskustelu	hukka	49	
kävely pc:lle	hukka	8	
lopetuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	2	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok. ajasta
	hukka	481	20,3 %
	tarpeellinen, ei jalostava	463	19,5 %
	jalostava	1426	60,2 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2370</b>	<b>100,0 %</b>

Elementin valmistuksessa oli hukkaa yhteensä 481s, joka on 20,3% elementin valmistusajasta (taulukko 9).

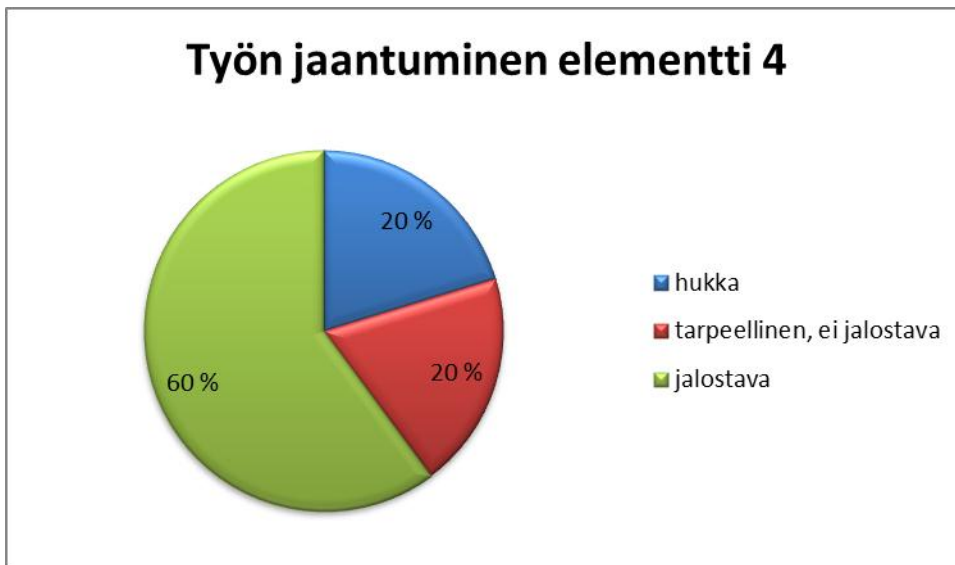
Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavasti (taulukko 10).

Taulukko 10. Hukan jakaantuminen elementissä 4.

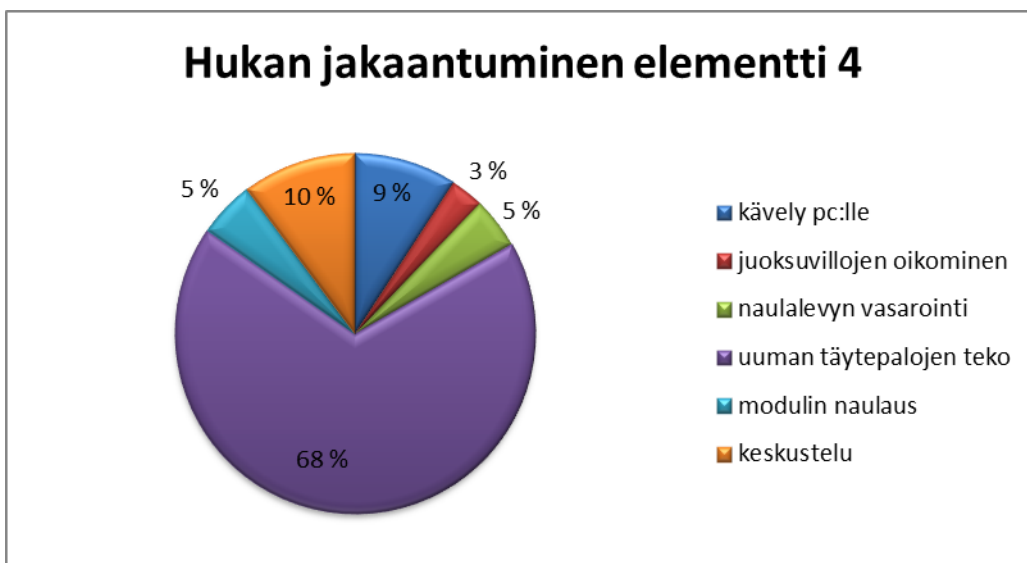
Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
kävely pc:lle	hukka	44	9,1 %
juoksuvillojen oikominen	hukka	15	3,1 %
naulalevyn vasarointi	hukka	22	4,6 %
uuman täytepalojen teko	hukka	327	67,9 %
moduulin naulaus	hukka	24	5,1 %
keskustelu	hukka	49	10,3 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>482</b>	<b>100,0 %</b>

Elementti nro.4:n hukka jakaantui pc:lle kävelyyn, naulalevyn vasarointiin, juoksuvillojen oikomiseen, uuman täytepalojen tekemiseen, modulin naulaukseen sekä keskusteluun (kuva 11). Juoksuvillojen oikomista piti tehdä, koska alajuoksussa oleva villaa ei ollut asetettu hyvin juoksun paarteiden välissä. Modulin kasaus hukkaa syntyi, koska modulista oli jäänyt ikkunan kiinnittäviä nauloja pois ja runkoaseman työntekijä joutui niitä lisäämään. Uuman täytepalojen tekemisestä tuleva hukka syntyi, koska runkoasemalle tehdyt uuman täytepalat olivat liian suuria ja runkoaseman työntekijä joutui tekemään

ne uudestaan. Keskustelu syntyi, koska työnjohtaja kävi keskustelemassa työntekijän kanssa ja työt pysähtyivät keskustelun ajaksi.



Kuva 10. Työn jakaantuminen elementissä 4



Kuva 11. Hukan jakaantuminen elementissä 4

### 9.2.5 Elementti 5

Alla on elementin runkoaseman työvaiheet taulukoituna, vaiheaika on sekuntia.

Taulukko 11. Elementti 5 työntutkimus

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
kuvien haku	tarpeellinen, ei jalostava	6
remontti	hukka	41
aloituskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	9
wup koneelle kävely	hukka	15
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	8
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	4
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	24
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	10
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	13
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	13
alajuoksun jatkaminen	jalostava	29
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	7
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	7
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	14
alajuoksun jatkaminen	jalostava	18
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	8
alajuoksun jatkaminen	jalostava	32
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	28
remontti	hukka	153
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	30
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	110
naulalevyn vasarointi	hukka	27
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	30
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	72
juoksut vasteeseen	tarpeellinen, ei jalostava	50
runkotolppa	jalostava	16
hattulankun merkit	tarpeellinen, ei jalostava	28
hattulankku	jalostava	77
runkotolppa	jalostava	31
runkotolppa	jalostava	19
runkotolppa	jalostava	22
runkotolppa	jalostava	27

Jatkuu...

Taulukko 11. Elementti 5 työntutkimus.

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
runkotolppa	jalostava	32	
runkotolppa	jalostava	12	
runkotolppa	jalostava	8	
moduli	jalostava	62	
runkotolppa	jalostava	6	
runkotolppa	jalostava	16	
hattulankku	jalostava	54	
runkotolppa	jalostava	31	
runkotolppa	jalostava	31	
runkotolppa	jalostava	47	
runkotolppa	jalostava	25	
rungon katkaisu	jalostava	16	
runkotolppa	jalostava	34	
runkotolppa	jalostava	36	
karsinaan ajo	tarpeellinen, ei jalostava	35	
pc:lle kävely	hukka	8	
lopetuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	2	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok. ajasta
	hukka	244	17,1 %
	tarpeellinen, ei jalostava	325	22,7 %
	jalostava	862	60,2 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1431</b>	<b>100,0 %</b>

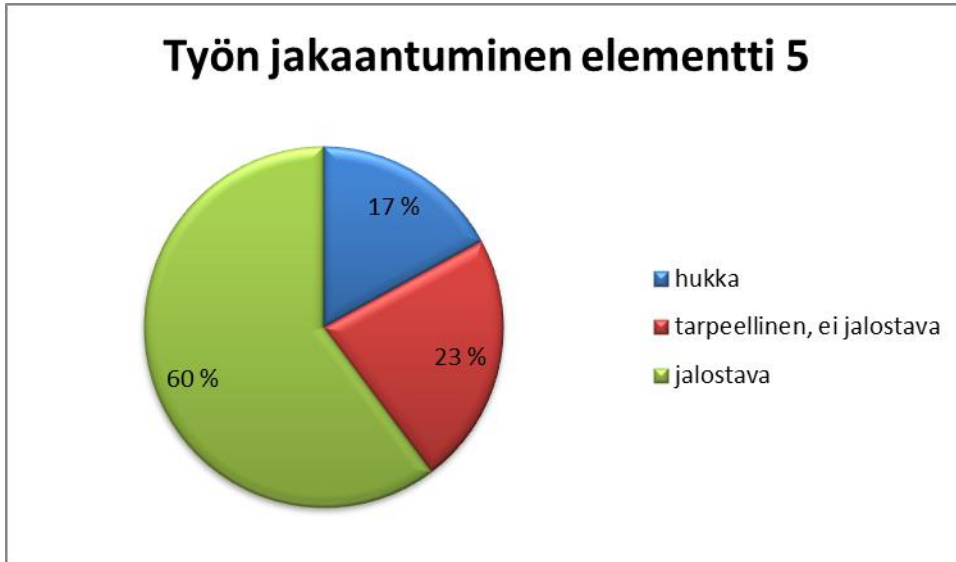
Elementin valmistuksessa oli hukkaa yhteensä 244s, joka on 17,1% elementin valmistusajasta (taulukko 11).

Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavasti (taulukko 12).

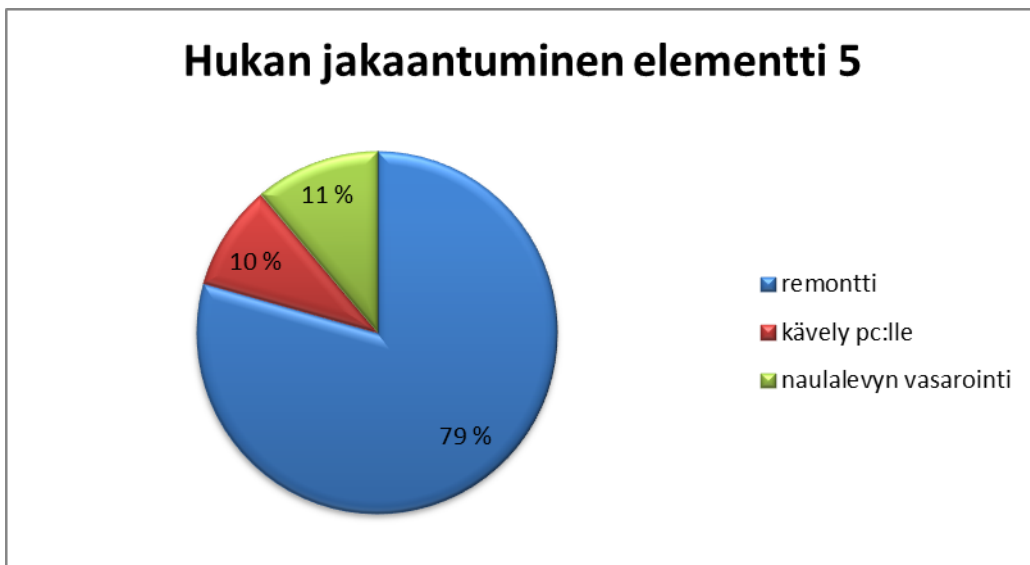
Taulukko 12. Hukan jakaantuminen elementissä 5

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
remontti	hukka	194	79,4 %
kävely pc:lle	hukka	23	9,4 %
naulalevyn vasarointi	hukka	27	11,2 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>244</b>	<b>100,0 %</b>

Elementin valmistuksessa syntyi hukkaa remontissa, pc:lle kävelyssä sekä naulalevyn vasaroinnissa (kuva 13). Remonttihukka syntyi, koska remonttia tehtiin kesken elementin valmistuksen ja työ keskeytyi remontin ajaksi.



Kuva 12. Työn jakaantuminen elementissä 5



Kuva 13. Hukan jakaantuminen elementissä 5

### 9.2.6 Elementti 6

Alla on elementin runkoaseman työvaiheet taulukoituna, vaihe aika on sekuntia.

Taulukko 13. Työn jakaantuminen elementissä 6

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)
kävely pc:lle	hukka	8
aloituskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	9
wup koneelle kävely	hukka	9
wupin aukaisu	tarpeellinen, ei jalostava	7
paperit telineeseen	tarpeellinen, ei jalostava	10
juoksujen päiden vahvistus	tarpeellinen, ei jalostava	15
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	26
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	74
naulalevyn vasarointi	hukka	23
yläjuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	31
yläjuoksun jatkaminen	jalostava	100
naulalevyn vasarointi	hukka	18
naulapyssyn täyttö	tarpeellinen, ei jalostava	9
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	15
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	17
alajuoksun jatkaminen	jalostava	28
alajuoksun villojen kiinnittäminen	hukka	8
alajuoksun villojen kääntö	tarpeellinen, ei jalostava	9
alajuoksun hakeminen	tarpeellinen, ei jalostava	15
alajuoksun jatkaminen	jalostava	36
levytys ruuhkaa	hukka	64
runkotolppahissillä ajelu	tarpeellinen, ei jalostava	35
runkotolppa	jalostava	21
villa	jalostava	9
runkotolppa	jalostava	9
villa	jalostava	11
runkotolppa	jalostava	12
villa	jalostava	6
runkotolppa	jalostava	15
villa	jalostava	9
runkotolppa	jalostava	14
villa	jalostava	11
moduli	jalostava	50
levytys ruuhkaa	hukka	34

Jatkuu...

Taulukko 13. Työn jakaantuminen elementissä 6

Jatkuu...

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	
villa	jalostava	9	
runkotolppa	jalostava	20	
levytys ruuhkaa	hukka	83	
villa	jalostava	10	
runkotolppa	jalostava	11	
villa	jalostava	10	
moduli	jalostava	42	
villa	jalostava	12	
runkotolppa	jalostava	11	
villa	jalostava	10	
runkotolppa	jalostava	10	
villa	jalostava	13	
moduli	jalostava	67	
villa	jalostava	13	
runkotolppa	jalostava	14	
villa	jalostava	10	
runkotolppa	jalostava	13	
villa	jalostava	9	
runkotolppa	jalostava	11	
rungon katkaisu	jalostava	15	
villa	jalostava	13	
runkotolppa	jalostava	11	
saumavilla	jalostava	23	
runkotolppa	jalostava	18	
karsinaan ajo	tarpeellinen, ei jalostava	21	
kävely pc:lle	hukka	19	
lopetuskuittaus	tarpeellinen, ei jalostava	3	
	Työn jakaantuminen yht	aika (s)	% kok.ajasta
	hukka	267	21,1 %
	tarpeellinen, ei jalostava	223	17,6 %
	jalostava	776	61,3 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1266</b>	<b>100,0 %</b>

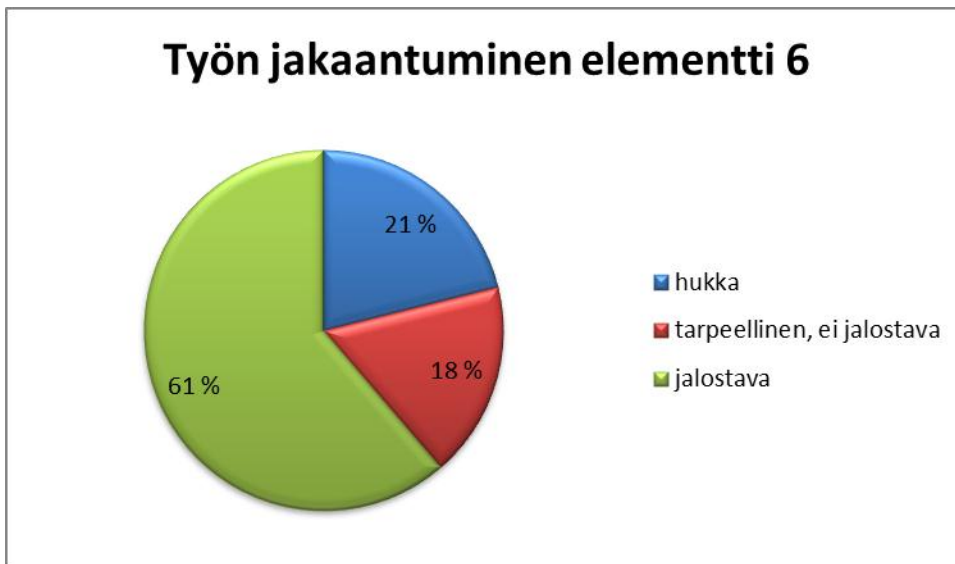
Elementin valmistuksessa oli hukkaa yht:267s, joka on 21,1% elementin valmistusajasta (taulukko 13).

Elementin sisällä hukka jakaantui seuraavasti (taulukko 14).

Taulukko 14. Hukan jakaantuminen elementissä 6

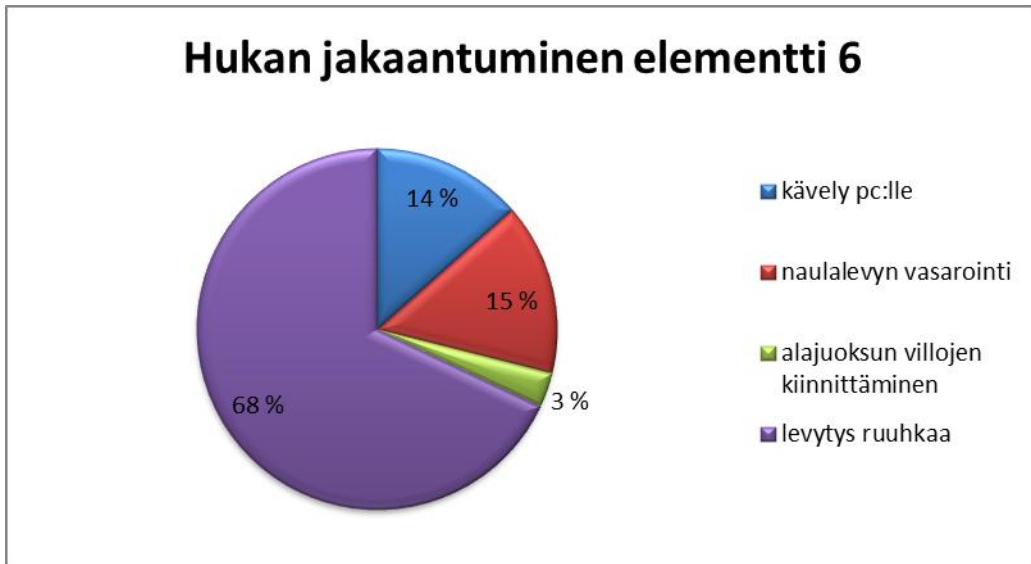
Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
kävely pc:lle	hukka	36	13,5 %
naulalevyn vasarointi	hukka	41	15,4 %
alajuoksun villojen kiinnittäminen	hukka	8	3,1 %
levytys ruuhkaa	hukka	181	68,0 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>266</b>	<b>100,0 %</b>

Elementin valmistuksessa syntyi hukkaa pc:lle kävelyssä, naulalevyn vasaroinnissa, alajuoksujen villojen kiinnittämisessä sekä levytyksen ruuhkassa (taulukko 14 & kuva 15). Alajuoksun villoja piti kiinnittää, koska juoksuihin valmiiksi kiinnitetty villa ei ollut hyvin kiinni. Levytyksen ruuhka syntyi siitä, että levytyksessä oli elementin valmistus kesken, eikä runkoaseman työntekijä pystynyt jatkamaan työtään ennen kuin edellinen elementti saatiin ajettua pois ”karsinasta”.



Kuva 14. Työn jakaantuminen elementissä 6





Kuva 15. Hukan jakaantuminen elementissä 6

## 10 Johtopäätökset

### 10.1 Tulosten tarkastelu ja päätelmät tulosten pohjalta

Taulukossa 15 esitetään elementtien 1-6 sisältämä työn laatu. Elementtien sisältämä hukka on taulukoitu taulukkoon 16.

Taulukko 15. Työn jakaantuminen elementeissä 1-6

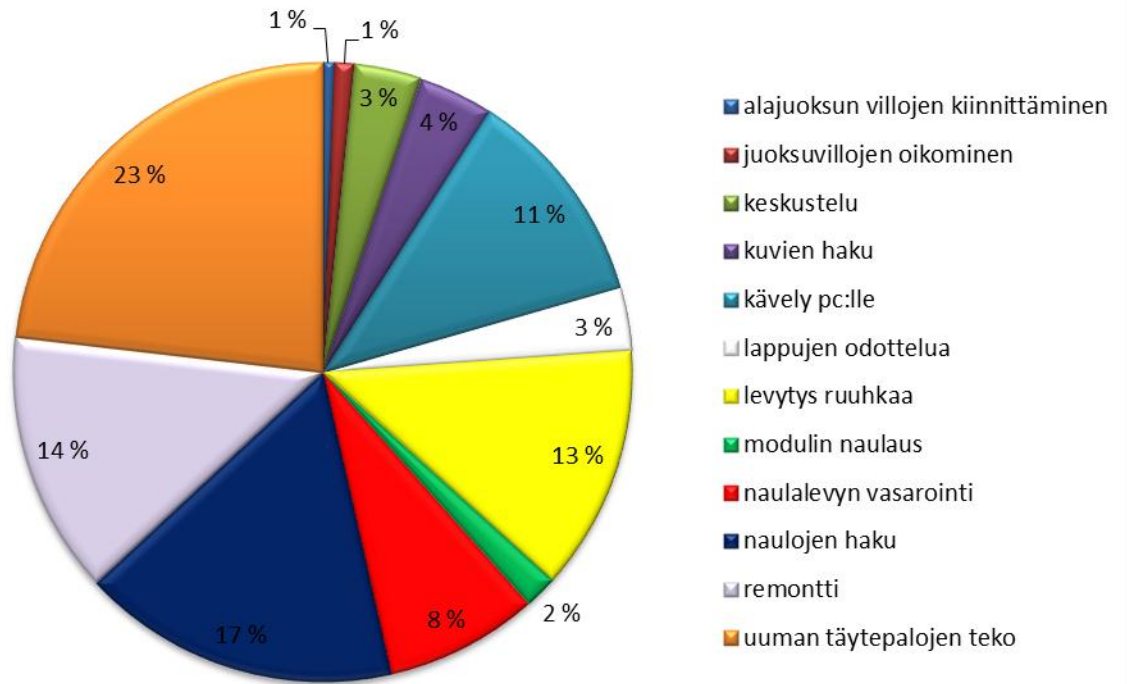
#### Yhteenveto elementit 1-6

Työn jakaantuminen yhteensä	aika (s)	% kok. ajasta
hukka	1410	16,7 %
tarpeellinen, ei jalostava	1689	20,0 %
jalostava	5367	63,4 %
<b>YHTEENSÄ</b>	8466	<b>100,0 %</b>

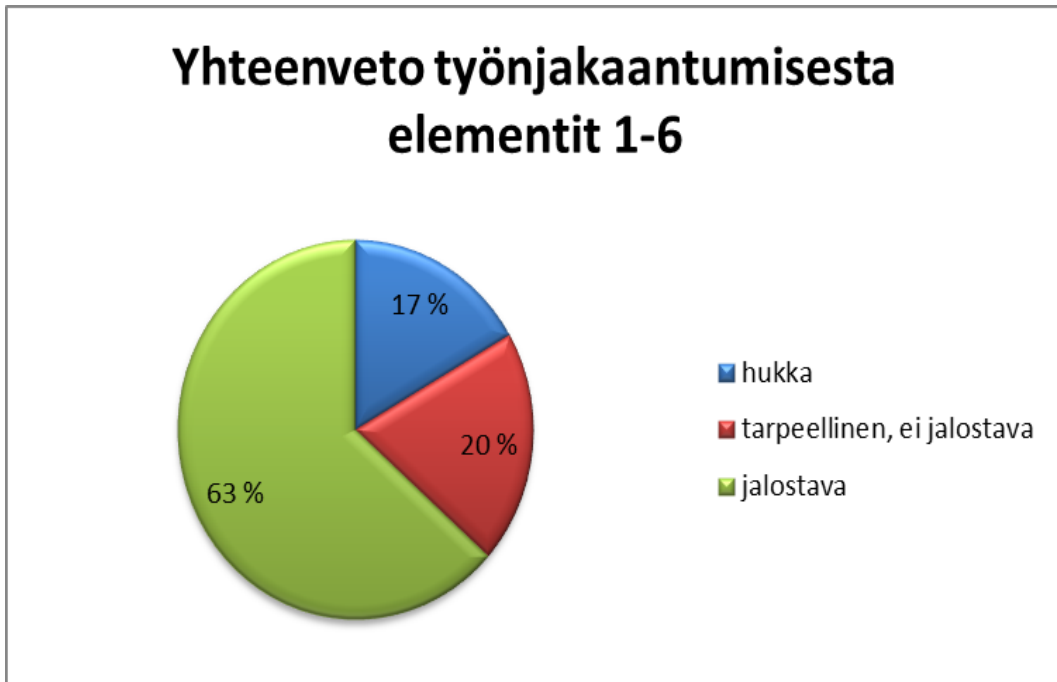
Taulukko 16. Hukan jakaantuminen elementeissä 1-6

Työvaihe	Työn jakaantuminen	aika (s)	% kok. ajasta
alajuoksun villojen kiinnittäminen	hukka	8	0,6 %
juoksuvillojen oikominen	hukka	15	1,0 %
keskustelu	hukka	49	3,5 %
kuvien haku	hukka	55	3,9 %
kävely pc:lle	hukka	163	11,6 %
lappujen odottelua	hukka	46	3,3 %
levytys ruuhkaa	hukka	181	12,8 %
moduulin naulaus	hukka	24	1,7 %
naulalevyn vasarointi	hukka	113	8,0 %
naulojen haku	hukka	234	16,6 %
remontti	hukka	194	13,8 %
uuman täytepalojen teko	hukka	327	23,2 %
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1411</b>	<b>100,0 %</b>

## Yhteenveto hukan jakaantumisesta elementit 1-6



Kuva 16. Hukan jakaantuminen elementeissä 1-6.



Kuva 17. Työn jakaantuminen elementeissä 1-6

Edellä esitetyt tulokset (taulukot 15 ja 16 sekä kuvat 16 ja 17) on laskettu kuuden elementin perusteella. Otos on pieni, joten elementtimäärän perusteella ei voi suoraan määrittellä runkoaseman työvaiheissa olevaa hukkaa. Kyseisten elementtien valmistus sisältää kuitenkin 344 erikseen mitattua ja analysoitua työvaihetta, joiden perusteella tutkimukselle voi laskea luotettavuusvälit. Yksittäisiä työvaiheita tutkittaessa otos on suhteellisen suuri ja antaa luotettavaa tietoa runkoaseman eri työvaiheiden työn jakaantumisesta, vaihteluista sekä kestosta.

Virhemarginaali 95 % todennäköisyydellä tuloksille on +/- 4 % Laskettuna kaavalla:

$$2 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

(kaava 3)

jossa  $p$  tuloksista saatu hukan prosenttiluku (0,17)  
 $n$  on otoskoko (344).

Tulosten perusteella runkoaseman työajasta on hukkaa n.17 % (kuva 17). Hukan määrä jakaantui eri elementtien välillä 3 % - 25 %, keskimääräisen arvon ollessa 67 sekuntia. Suuri vaihtelu hukan määrässä johtuu mielestäni hallitsemattomasta ja suunnittelemattomasta valmistusprosessista. Käytännössä 100 % nyt tunnistetusta hukasta voitaisiin välttää työn paremmalla suunnittelulla sekä ennakoinnilla.

Suurin hukan aiheuttaja ajallisesti oli uuman täytepalojen teko (kuva 16), palat oli tehty ennakkoon valmiiksi mutta ne olivat vääränkokoiset eivätkä sopineet uumaan, joten runkoaseman hoitaja joutui itse tekemään uudet. Uuman täytepalojen teko, juoksuvillojen kiinnittäminen ja oikominen sekä moduulin naulaus johtuivat siitä, että edellisestä työasemasta oli tehty ja päästetty tulemaan seuraavaan työasemaan virheellisiä tuotteita, joita runkoaseman työntekijä joutui korjaamaan. Virheellisten tuotteiden määrä vähenisi käyttämällä esimerkiksi työn standardointia ja sabluunoita, suunnittelemalla tuotteet siten, että virheiden mahdollisuus niissä olisi mahdollisimman pieni sekä kouluttamalla ja opastamalla jokaisen tuotteen ja työvaiheen merkityksen osana valmistusprosessia.

Toiseksi suurin hukka tuli naulojen hakemisesta (kuva 16), koska naulat loppuivat työpisteeltä kesken työn. Tämä vältetään käyttämällä työasemalla imuohjausta ja puskurivarastoa johon tilataan materiaalia esimerkiksi kanban - korttia apuna käyttäen. Sisäjärjestelijä täyttää puskurit kanbanien perusteella.

Työt keskeytyivät työasemalla myös naulalevypuristimen remontin ja työnjohtajan käynnin ajaksi. Naulalevyjen vasarointi johtui viallisesta naulalevypuristimesta ja remontti siitä, että puristinta korjattiin. Tässä tapauksessa naulalevypuristimeen oli tehty muutoksia ennen videointia, mutta muutos ei ollut hyvä ja puristinta piti remontoida kuvauksen aikana, koska naulalevyjä joutui puristamisen jälkeen hakkaamaan vasaralla. Muutokset koneisiin ja työkaluihin pitäisi tehdä suunnitellusti ja työn ulkopuolella siten, etteivät ne aiheuta haittaa tuotannolle. Muutostöissä on varattava myös aikaa testaukselle, jotta varmistetaan muutoksen toimivuus. Samoin keskustelu ja muu työntekijöiden työn keskeyttäminen pitäisi hoitaa siten, että tuotanto ei häiriintyisi ja henkilökunnalla säilyisi työrauha. Lappujen odottamisesta ja levytysruuhkasta tulevan hukan aiheutti työn epäta-

sapaino eri työpisteiden välillä. Työtä voidaan tasoittaa työpisteiden välillä puskurivarastolla, tuotannon suunnittelulla, työn jakamisella ja siirtämisellä työpisteiden välillä sekä poistamalla arvoa tuottamatonta työtä työpisteistä.

Kuvien haku ja pc:lle kävely johtuvat huonosti järjestetystä työpisteestä ja työn suunnittelusta. Työpisteen lay-outtia voisi muuttaa, jolloin kävely vähenisi. Runkoasemalle pitäisi toimittaa myös omat työkuvat, jottei asemalla työskentelevä työntekijä joutuisi odottamaan, että saa ne edellisestä työpisteestä.

Tarpeellista, mutta tuotetta jalostamatonta aikaa tutkimuksen mukaan oli 20 %. Jalostamattomaan aikaan laskettiin mukaan materiaalisen asemoinnit vasteisiin, kappaleen siirtely kuljettimella, työn aloitus ja lopetus kuittaukset sekä materiaalien valmistelun jalostavaa työtä varten, kuten juoksujen päiden vahvistaminen ja alajuoksun villojen kääntäminen ennen juoksujen jatkamista. Käytännössä nämäkin ovat hukkaa, koska eivät jalosta suoranaisesti tuotetta.

Tarpeellisen, mutta jalostamattoman työn osuutta linjalla saadaan pienemmäksi suunnittelemalla tuotteita ja valmistusprosessia uudelleen siten, ettei valmistelevia töitä tarvitsisi tehdä enää linjalla vaan ne tehtäisiin linjan ulkopuolella osantekoasemalla. Esimerkiksi juoksujen päiden vahvistaminen ja villojen kääntäminen voitaisiin tehdä ennen kuin juoksut nostetaan runkoasemalle. Työaseman layouttia voisi myös muuttaa siten, että tuotteiden siirtelymatkat olisivat mahdollisimman lyhyet ja tuotteet olisivat aina saatavilla ilman kuljettimilla ajoa.

## 10.2 Työvaiheiden sisäinen hajonta

Kerätyn tiedon perusteella laskettiin työvaihekohtainen hajonta. Työvaiheiden hajonnan selvittäminen ei kuulunut alkuperäiseen tutkimussuunnitelmaan, mutta mielestäni se on hyödyllistä, koska elementtien työasemakohtaiset valmistusaikojen vaihtelut voisivat selittyä osittain myös työvaiheiden sisältämän vaihtelun seurauksena.

Taulukossa 17 on runkoaseman eri työvaiheiden sisältämät vaihtelut. Taulukon perusteella voidaan sanoa, että keskimääräisesti pisin työvaihe on yläjuoksun jatkaminen ja suurin vaihtelu on moduulin asennuksessa. Runkoaseman toimintaa parannettaessa kannattaa siis taulukon perusteella panostaa edellä mainittujen vaiheiden kehittämiseen, koska ne vaikuttaisivat eniten työaseman valmistusaikaan ja vaihteluun.

Keskiarvo laskettiin kaavalla

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{kaava 1})$$

jossa  $n$  on otosten lukumäärä  
 $x_i$  mitattujen elementin valmistusaikojen summa.

Keskihajonta laskettiin kaavalla

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{kaava 2})$$

jossa  $n$  on otosten lukumäärä  
 $x_i$  mitattu elementin valmistumisaika  
 $\bar{x}$  on mitattujen elementin valmistumisaikojen keskiarvo.

Taulukko 17. Työvaiheiden sisäinen hajonta ja kesto

	<b>keskiarvo</b>	<b>keskihajonta</b>	<b>variانسsi</b>
moduuli	73,6	31,8	1009,6
hattulankun merkit	28,0	28,0	784,0
juoksut vasteeseen	24,8	17,0	287,4
hattulankku	65,6	16,1	259,2
yläjuoksun jatkaminen	88,0	13,2	175,3
runkotolppa pk	24,5	11,1	123,9
karsinaan ajo	24,0	8,9	78,5
alajuoksun jatkaminen	30,5	8,3	68,9
runkotolppa	16,6	7,8	61,6
rungon katkaisu	17,2	7,4	55,2
alajuoksun villojen kääntö	14,4	7,4	54,7
yläjuoksun hakeminen	31,5	6,8	46,7
saumavilla	26,6	6,7	45,5
villa	12,8	6,5	41,9
juoksujen päiden vah- vistus	21,0	5,8	33,9
kävely pc:lle	12,6	5,8	33,6
aloituskuittaus	8,8	3,6	13,0
wupin aukaisu	9,7	3,5	12,2
wup koneelle kävely	10,8	3,4	11,7
paperit telineeseen	6,7	3,4	11,6
alajuoksun hakeminen	15,7	2,1	4,3



## 11 Pohdinta

Tein opinnäytetyön lean - filosofiaan tutustumalla ja sen oppeja toteuttamalla. Leanissa on vahvasti mukana työn tutkiminen, hukkan poistaminen ja standardointi. Mielestäni lean on läheisessä suhteessa kyseisten asioiden perusteella taylorismiin eli tieteelliseen liikkeenjohtoon. Taylorismi on peräisin 1910-luvulta, jolloin se yleistyi ja mahdollisti teollisen tuotannon kasvun. Käsityöläisyydestä teolliseen tuotantoon siirtymisen yksi edellytys oli, että valmistettavat ja käytettävät osat olisivat keskenään vaihdettavia ja siihen päästiin työtä standardoimalla. Ydinajatuksia taylorismissa olivat työn jakaminen, standardointi, urakkapalkka sekä työn ja suunnittelun erottaminen toisistaan ja valvonnan tehostaminen. Ominaista taylorismissa olivat myös mm. työviihtyvyyden ja työturvallisuuden parantaminen sekä työntekijöiden merkitys työsuunnittelussa. Taylorismia on arvosteltu siitä, että ihminen muuttui tehtaassa koneeksi koska ”ajattelu on kielletty”. [2, s.6-12].

Lean - kulttuuri eroaa mielestäni kuitenkin taylorismista siinä, että leanissa korostetaan kaikkien henkilöiden osuutta tavoitteisiin pääsemisessä. Leanissa on tärkeässä asemassa koulutus, tiedottaminen ja ihmisistä huolehtiminen. Tämä pitäisi muistaa myös lean-kulttuuria yritykseen luotaessa, sillä pelkkiä suoraan tehokkuuteen vaikuttavia keinoja käyttämällä tulokset eivät ole pysyviä ja jäävät lyhytaikaisiksi. Siksi myös ihmiset pitää muistaa huomioida ja opittuja parhaiksi todettuja työtapoja pitää kouluttaa ja kehittää yhdessä työntekijöiden kanssa. Johtajilla ja esimiehillä on tärkeä tehtävä näyttää esimerkillään lean -kulttuurin toteuttamista.

Lean ei ole vaikeaa tai mystistä, koska leanin opit ja keinot perustuvat kuitenkin suurimmaksi osaksi ns. maalaisjärkeen, jota lähes jokainen henkilö käyttää selvittääkseen töistään paremmin. Tärkeää on kaikkien määrätietoinen halu parantaa prosessia sekä esimiesten ja työntekijöiden molemminpuolinen avoimuus ja luottamus sekä tieto yhteisistä tavoitteista ja keinoista niihin pääsemiseksi. Työn tutkimus, standardointi ja hukkan poistaminen sopivat kokoonpanolinja - ja liuku-

higna- tyyppiseen tuotantoon, koska tuotteiden on edettävä tasaisesti linjalla ilman pysähdyksiä ja jokainen pysähdys pysäyttää myös muut tuotteet linjalla. Siksi työvaiheiden pitää olla selkeät ja yksinkertaiset sekä mahdollisten virheidensä määrä pitää olla minimoitu jo suunnittelussa

Uusia järjestelmiä ja ismejä käyttöön otettaessa pitäisi muistaa, että sokea teoriaan uskomisen ja teorian mukaan toimiminen voi aiheuttaa prosesseihin suuria ongelmia, jos teoria on ymmärretty väärin tai sitä käytetään väärin. Silloin kun teoriaa ei voi selittää maalaisjärjellä tai perustella laskelmilla, pitäisi se kerrata ja esimerkiksi testata ennen käyttöönottamista. Esimerkiksi poistamalla puskurivarastot väärästä kohti linjaa aiheuttaa linjalle enemmän haittaa kuin hyötyä. Myös uusista järjestelmistä kertovaan kirjallisuuteen pitää osata suhtautua kriittisesti, koska usein kirjojen kirjoittajat tekevät muutakin bisnestä kyseisellä järjestelmällä esimerkiksi kouluttamalla sitä. Tuskin kukaan bisneshenkilö kirjoittaa omasta bisneksestään kriittiseen sävyyn ja yrittää samalla myydä koulutuspalvelujaan yrityksille.

Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että runkoaseman valmistusprosessit on suunniteltu hyvin, koska hukkaa oli vain n.17 % ja muuta arvoa lisäämätöntä työtä 20 % eli arvoa lisäämätöntä työtä oli yhteensä noin 37 %. Pidän tulosta hyvänä, koska kirjallisuuden mukaan useimmissa prosesseissa on hukkaa yli 90 %. [15, s.86].

Tietysti hukan osuus olisi kasvanut, jos arvoa lisäävänä työnä olisi pitänyt ainostaan sitä hetkeä kun kappale kiinnittyy toiseen, eli esimerkiksi hetkeä jolloin runkotalppa kiinnittyy naulalla alajuoksuun. Runkotalpan paikalleen nostaminen olisi määritelty silloin hukaksi. Tällä tavalla laskettuna hukka olisi noussut yli 90 %.

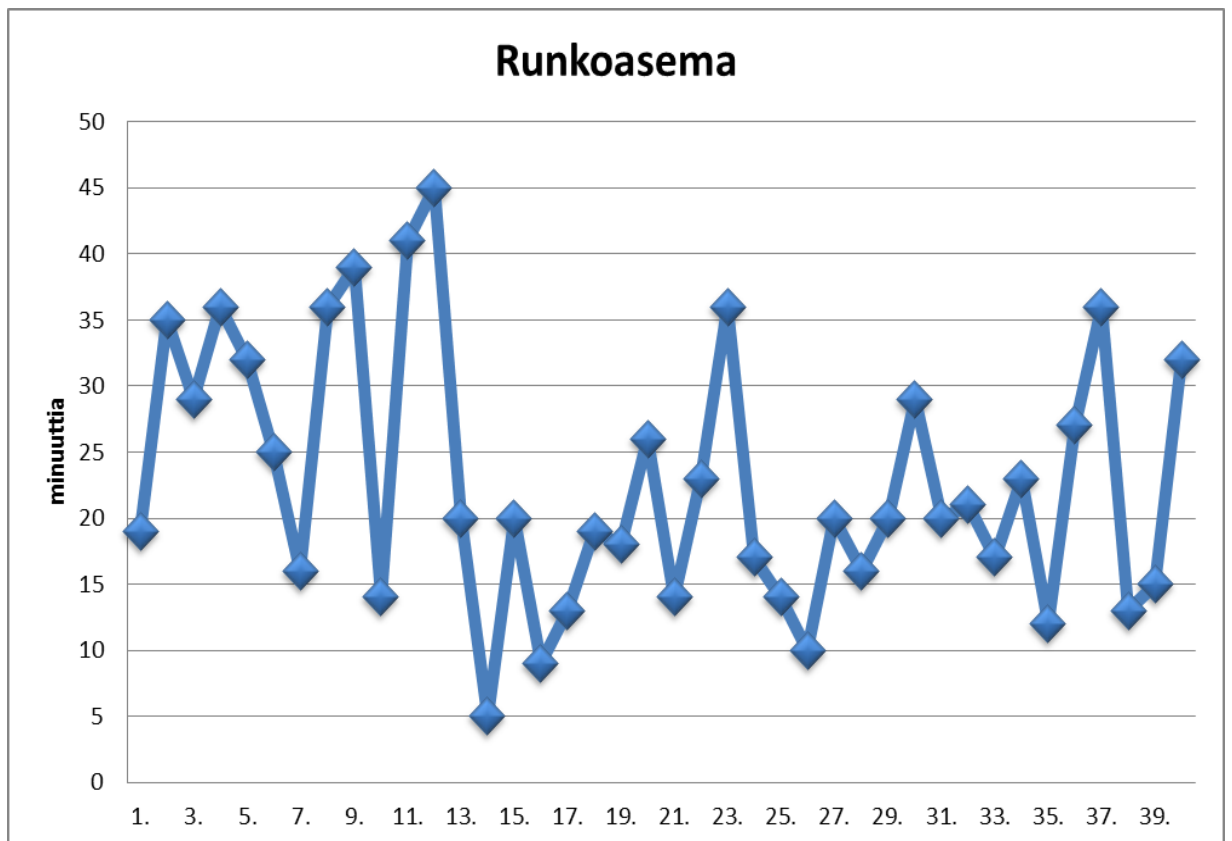
Työasemakohtainen tiedonkeruu ei ota kantaa siihen, miten valmistusaikojen vaihtelut syntyvät eri työpisteillä ja miten elementtien eri ominaisuudet korreloivat vaihtelun kanssa. Esimerkiksi elementin pituuden, aukkojen määrän sekä verhoustyyppin muutokset vaikuttavat kokemuksen perusteella elementin valmistusaikaan. Tutkimus elementin ominaisuuksien vaikutuksesta valmistusaikaan

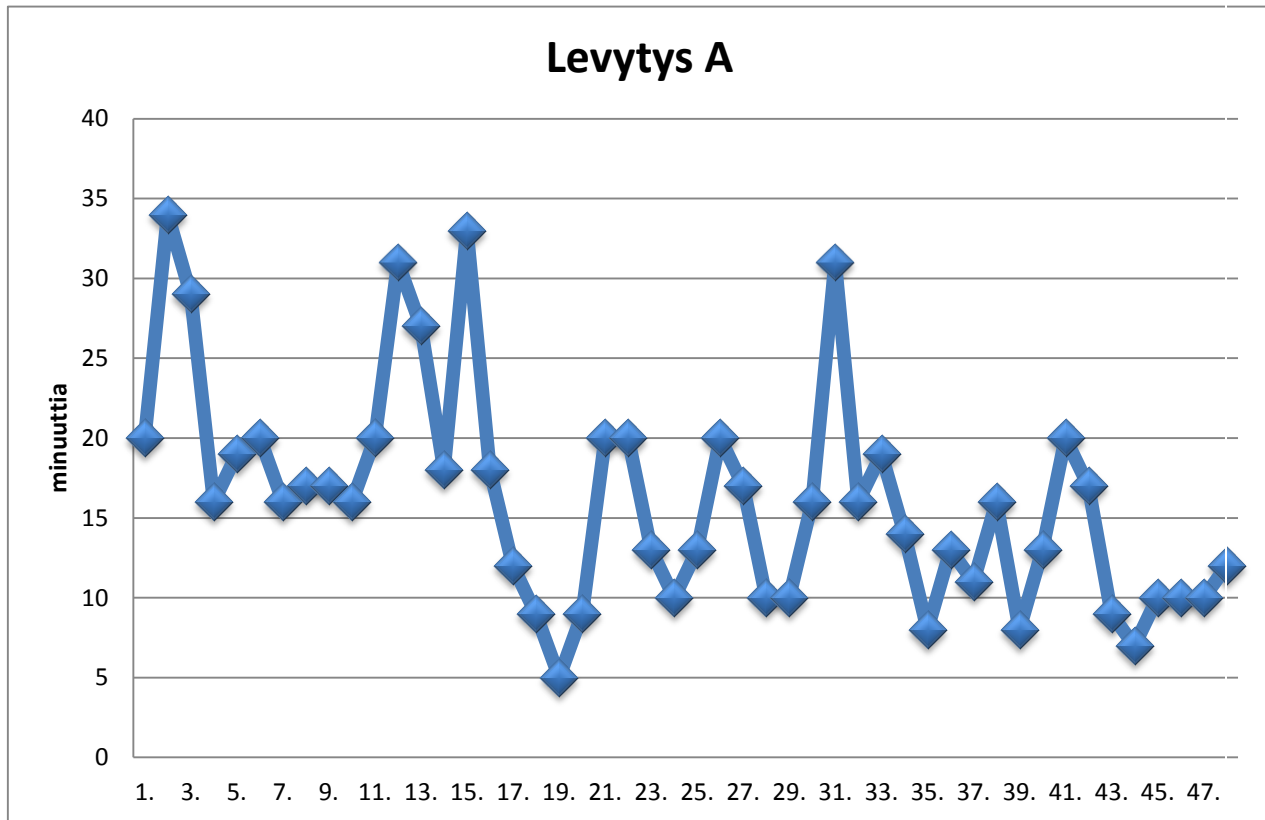
voisi olla seuraavan tutkimuksen aihe. Tutkimuksesta olisi hyötyä tuotannon suunnittelussa, tietojen perusteella tuotannosuunnittelija pystyisi määrittämään optimaalisimman työjonon kokoonpanolinjalle. Samalla tutkittaisiin miten lyhyiden elementtien yhdistäminen vaikuttaisi linjan toimintaan, eli yhdistettäisiin lyhyitä elementtejä toisiinsa siten, että jokaisella työasemalla olisi tasainen työ määrä.

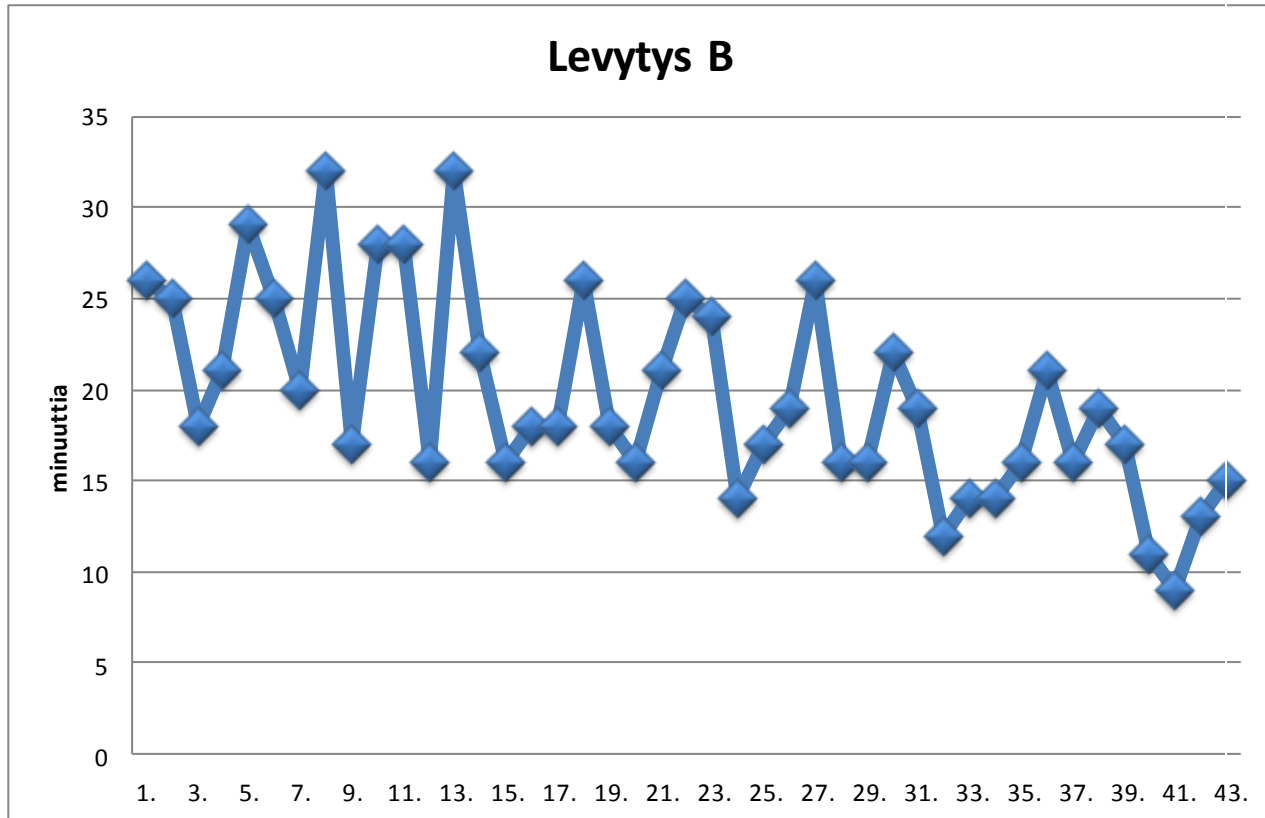
Toinen jatkotutkimuksen aihe olisi työpisteen työvaiheiden sisäisten vaihteluiden määrä ja syyt. Jo nyt tutkittujen videoiden avulla ja niistä kerätyn tiedon perusteella on mahdollista laskea, että moduulin asennuksessa on työaseman suurin vaihtelu ja keskimääräisesti pitkäkestoisin työvaihe on yläjuoksun jatkaminen. Seuraavaksi vaihtelun syyt selvitettäisiin ja selvityksen perusteella kyseistä työvaihetta kehitettäisiin siten, että vaihtelu pienenesi. Uskoisin, että niin toimimalla koko työaseman vaihtelua saataisiin pienemmäksi. Taulukossa 17 olevan tiedon perusteella kannattaisi seuraavan tutkimuksen aiheeksi ottaa moduulin asennuksessa, yläjuoksun jatkamisessa sekä runkotolpan asennuksessa oleva vaihtelun syiden selvittämisen. Nämä siitä syystä, että niissä on suuri vaihtelu ja ne ovat myös kappalemääräisesti isoja kokonaisuuksia elementin valmistuksessa.

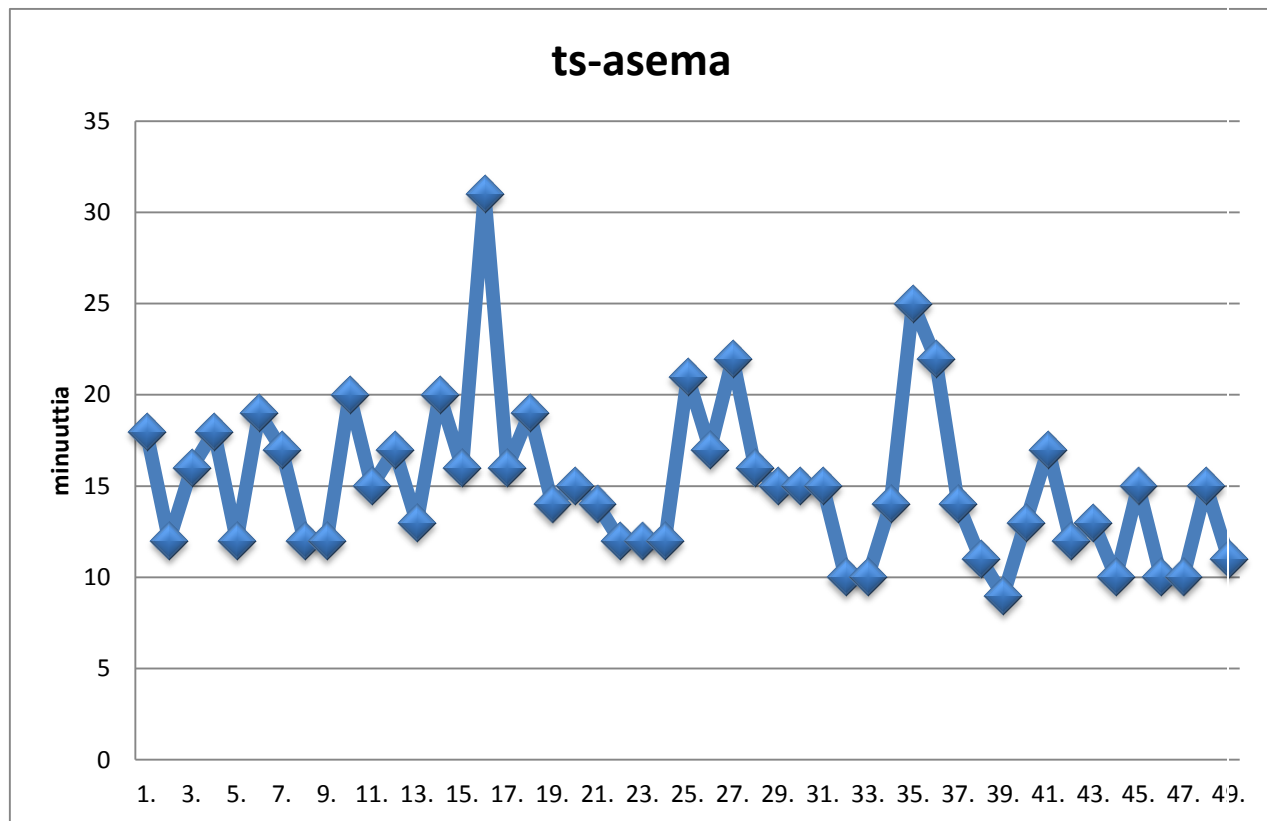
## Lähteet

1. Aaltonen, K. SPC. Luentomateriaali. Teknillinen korkeakoulu. 2008. [Viitattu 5.11.2011] Saatavissa: <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kon-15.3122/materiaali.> "tilastollinen laadunvalvonta (SPC)"
2. Johtamismallien pitkä linja: patriarkalismi, Taylorismi, Fordismi. Luento 2. Diat 6 – 12. Helsingin yliopisto. [Viitattu 4.11.2011]. Saatavissa: [www.valt.helsinki.fi/blogs/sfellman/JOS13 % 20luento2uusi.ppt](http://www.valt.helsinki.fi/blogs/sfellman/JOS13%20luento2uusi.ppt)
3. Koivisto, T. & Koski, P. Asiakassuuntautunut, joustava ja verkottunut. Tutkimus. 1999. S. 14 [Viitattu 4.11.2011]. Saatavissa: <http://www.mol.fi/esf/ennakointi/raportit/asiakas.pdf>
4. Limma, J. Kehitysjohtaja PRT-Forest Oy. Tilastollisten menetelmien merkitys tuotantoprosessin johtamisessa. Koulutus 19.2.2011.
5. Limma, J. Kehitysjohtaja PRT-Forest Oy. Arvovirtakuvaus. Koulutus. 24.2.2011
6. Haapasalo, H. Lean managementin merkitys tuotannollisessa toiminnassa - filosofiaa ja käsitteitä. Luentomateriaali. Oulun yliopisto. [Viitattu 2.6.2011] Saatavissa: [http://tuta oulu.fi/filosofia % 20ja % 20tuokalu.pdf](http://tuta oulu.fi/filosofia%20ja%20tuokalu.pdf)
7. Merikallio, L & Haapasalo, H. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. Yhteisraportti. 2009. [Viitattu 2.5.2011]. Saatavissa: <http://tuta oulu.fi/lean%20kehitysprojektin%20raportti%20final.pdf>
8. Kouri, I. Toyotan filosofiasta lean toiminnaksi. Luentomateriaali. Tekes. [Viitattu 10.5.2011] Saatavissa: [http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS\\_0\\_201\\_403\\_994\\_2095\\_43/http%3B/tek es- ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/tuotantokonseptit/document s/seminaariaineistot/tre\\_ilkkakouri.pdf](http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tek es- ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/tuotantokonseptit/document s/seminaariaineistot/tre_ilkkakouri.pdf)
9. Kouri, I. Lean Management – Miten vähemmän voi olla enemmän? Luentomateriaali. Tredea. [Viitattu 10.5.2011]. Saatavissa: [http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/6de5aaeee4bf43bcd53a9eb0ba908d41/1320585805/application/pdf/42650/Lean\\_Kouri.pdf](http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/6de5aaeee4bf43bcd53a9eb0ba908d41/1320585805/application/pdf/42650/Lean_Kouri.pdf)
10. Liker, J. The Toyota way. 2004. McGraw-Hill. Käännetty suomeksi. 2010. Readme. Helsinki. 323 s. ISBN 978-952-220-226-0
11. Lahti, S. & Tuominen, K. Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen. Helsinki. 2010. 144 s. ISBN 978-952-220-294-9.
12. Tuominen, K. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki. 2010. 118 s. ISBN 978-952-220-296-3.
13. Tuominen, K. Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen. Helsinki. 2010. 161 s. ISBN 978-952-220-295-6.
14. Tuominen, K. Tehoa ja laatua lean-kulttuurin luomiseen. Helsinki. 2010. 194 s. ISBN 978-952-220-293-2.
15. Tuominen, K. Lean kohti täydellisyyttä. Helsinki 2010. 149 s. ISBN 978-952-220-289-5
16. Pyhännän Rakennustuote Oy. Yritystarina. [Viitattu 28.11.2011]. Saatavissa <http://www.prt-forest.fi/yritystarina.php>
17. PRT-Forest Oy. Vuosikertomus 2010. 27s. [Viitattu 28.11.2011]. Saatavissa <http://www.prt-forest.fi/pdf/PRT-FORESTVuosikertomus2010.pdf>

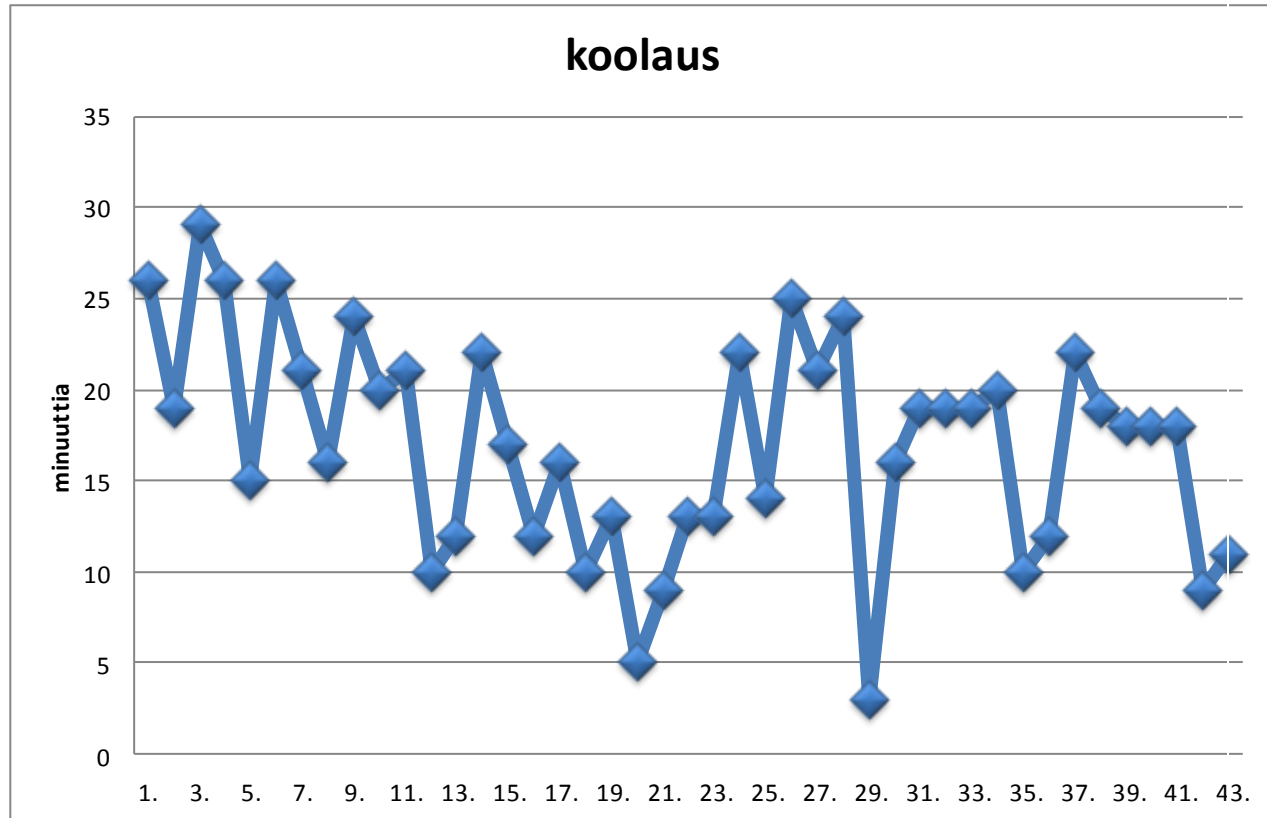
**Runkoasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

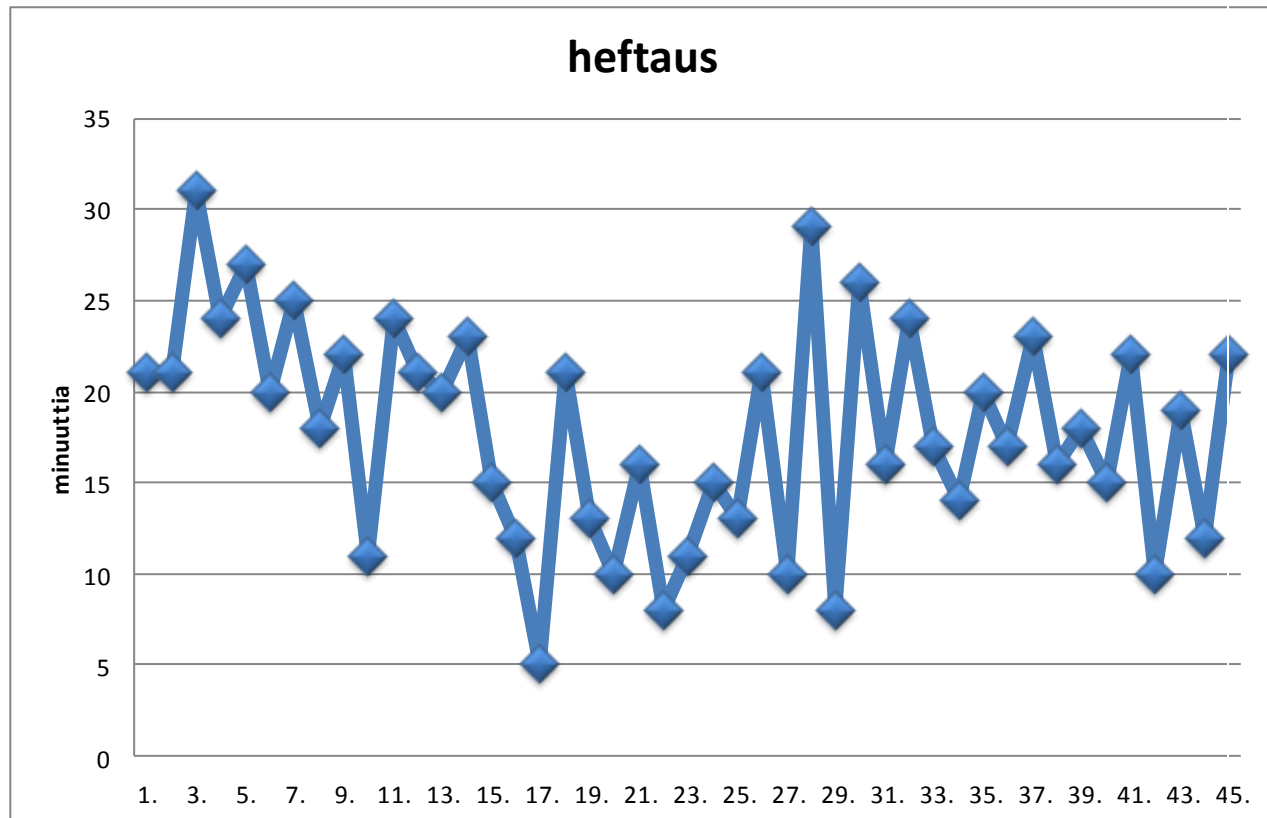
**Levytys A - asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

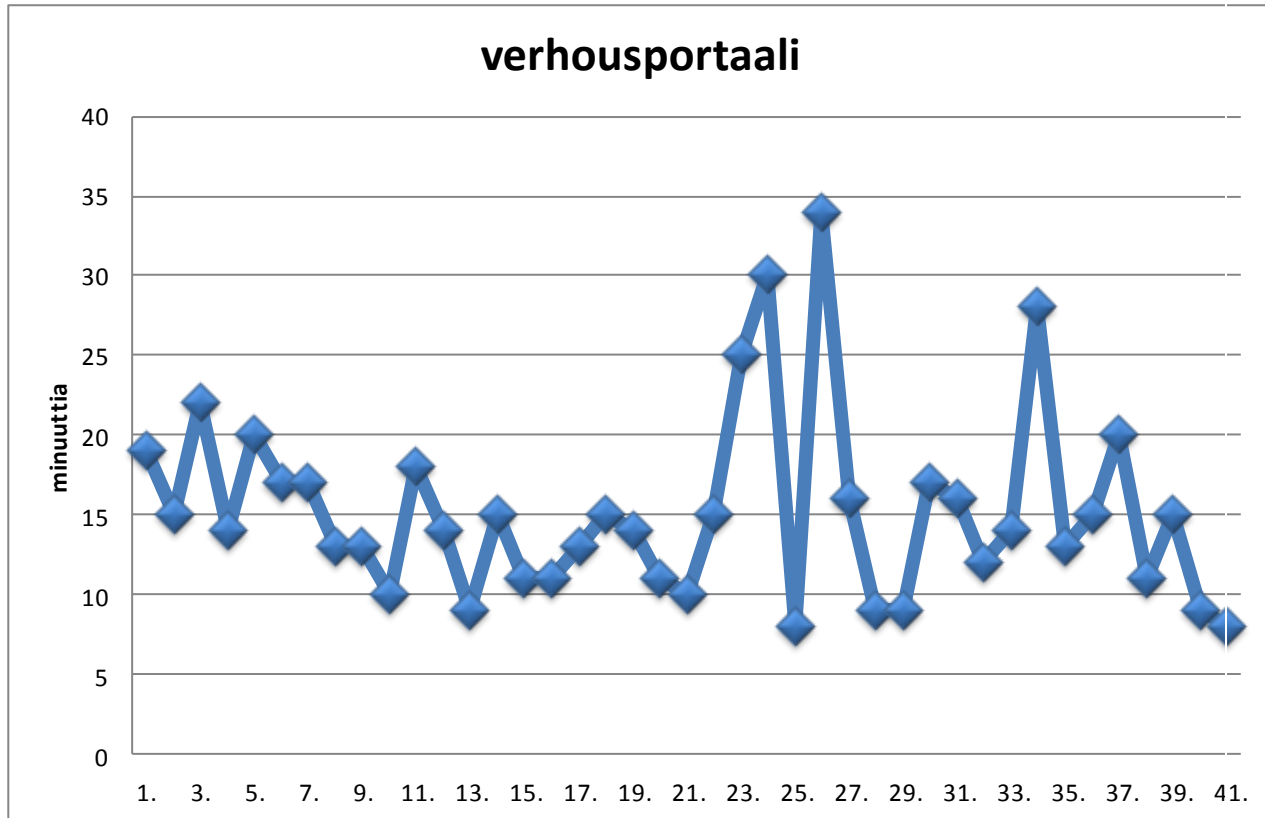
**Levytys B - asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

**Tuulensuoja asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

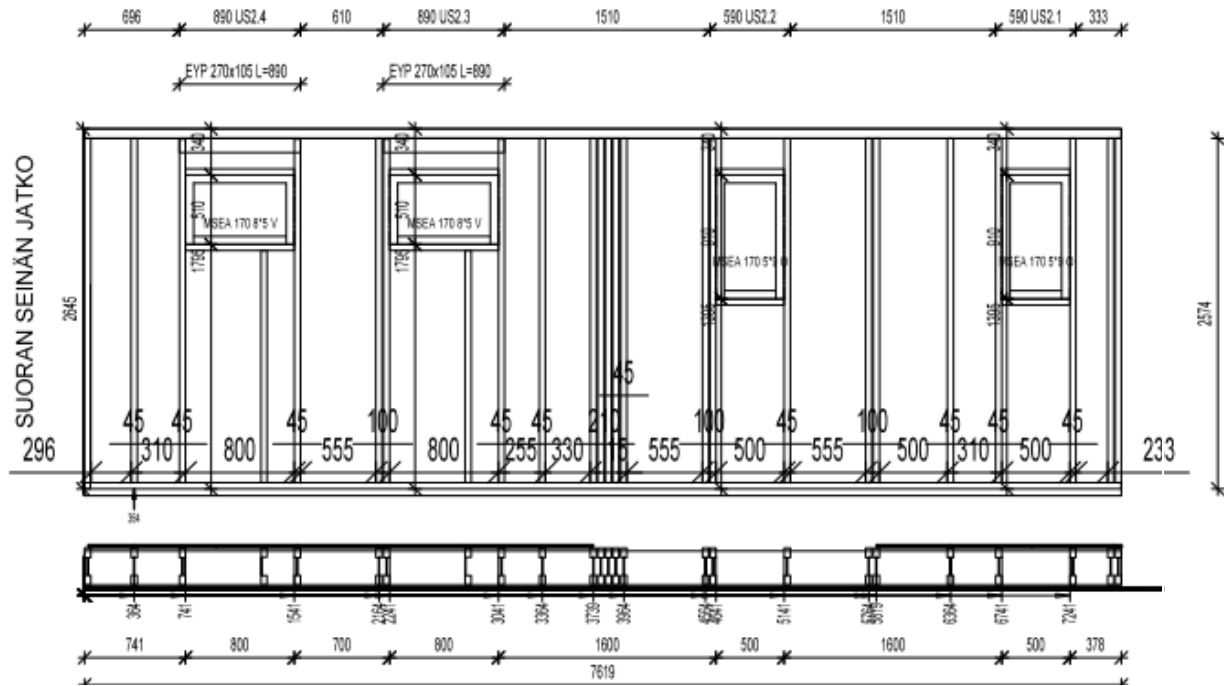


**Koolaus asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

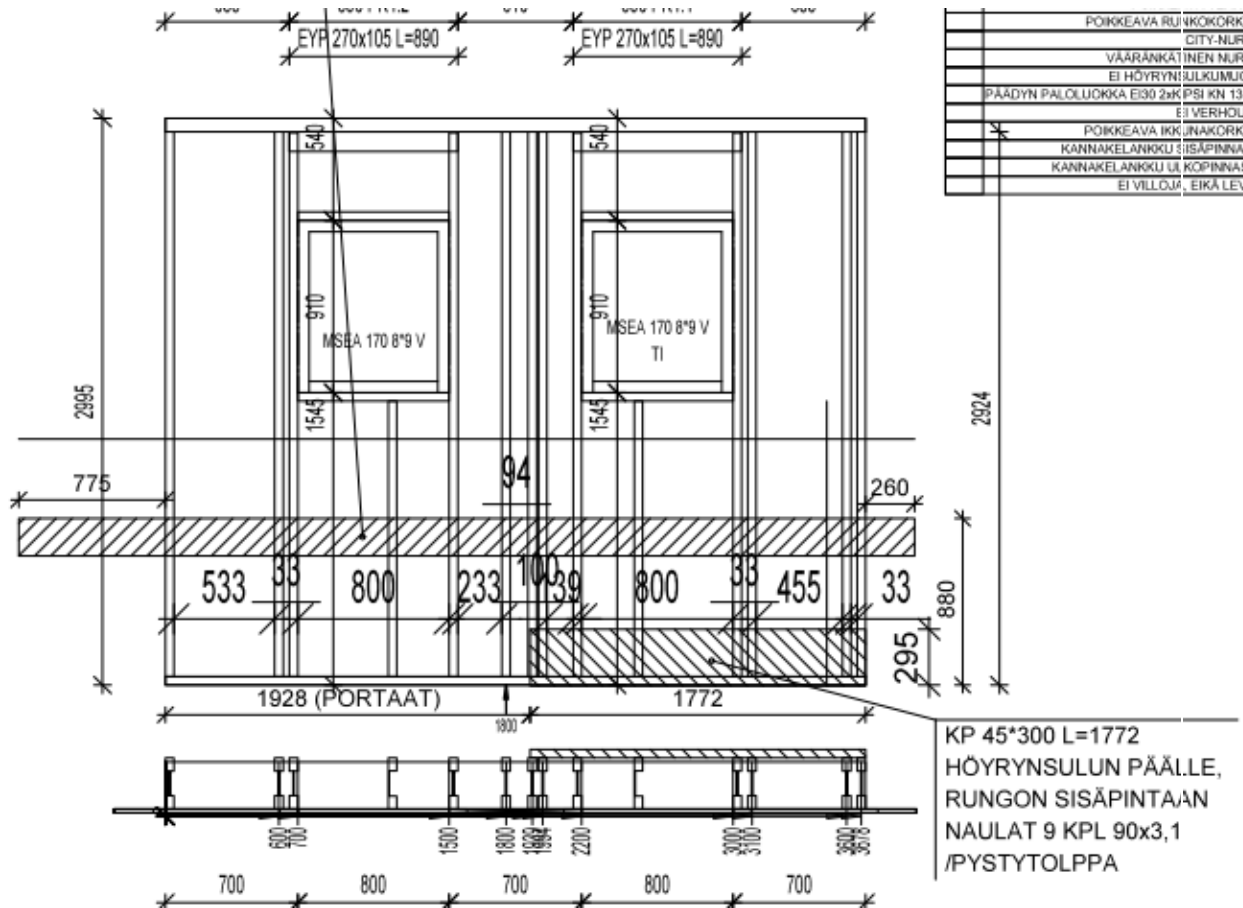
**Heftaus asemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

**Verhousasemalta kerätty tieto elementtien valmistusajoista**

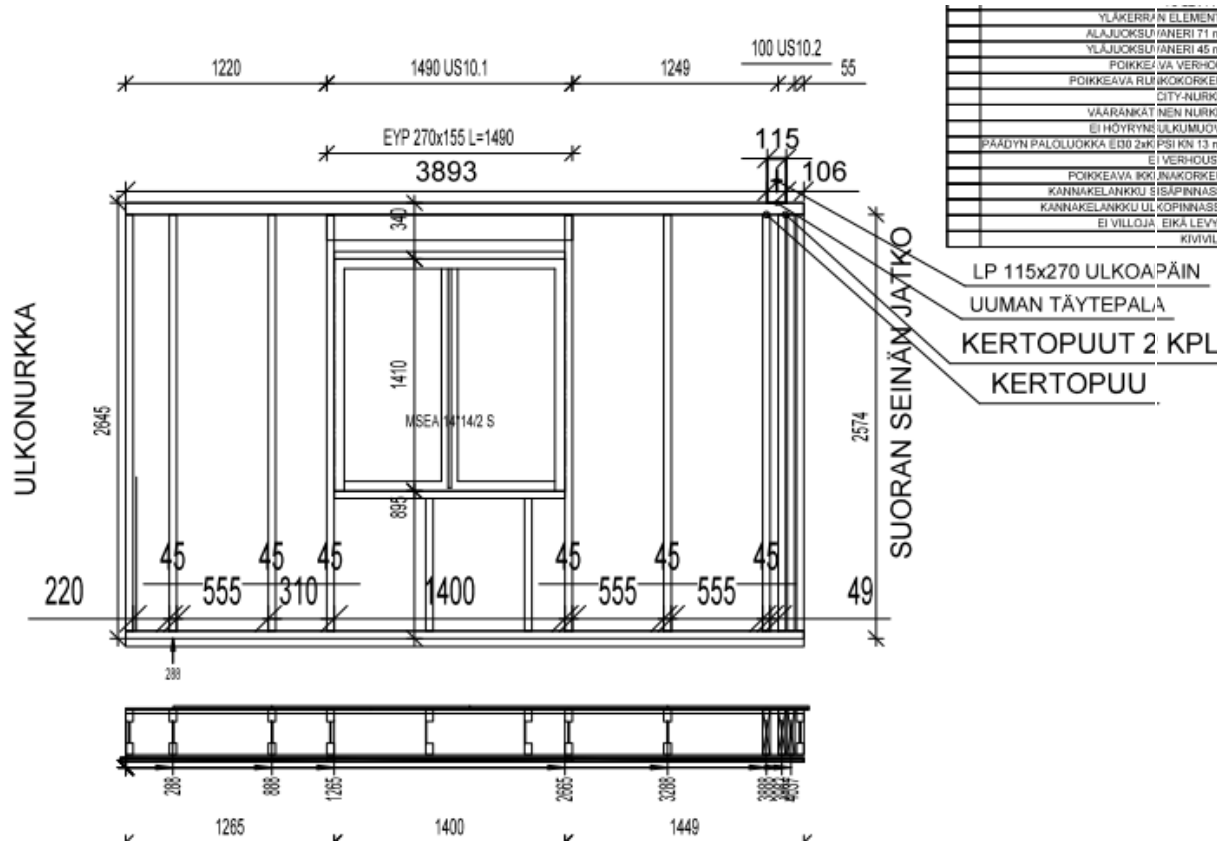
Elementti nro.1 runkokuva



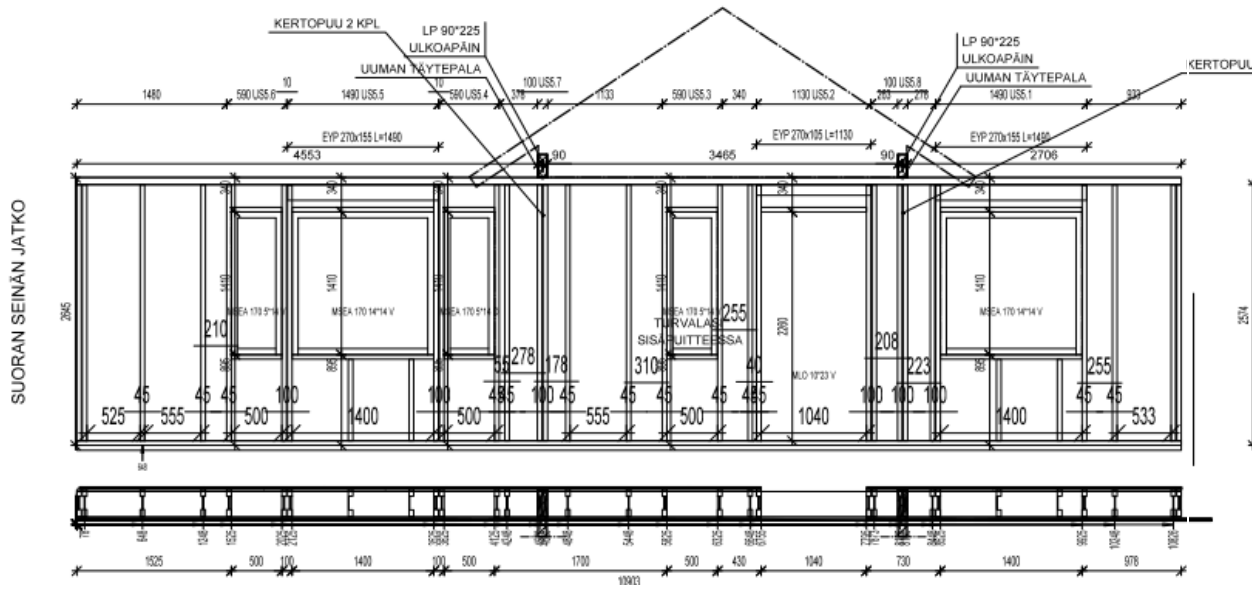
Elementti nro.2 runkokuva



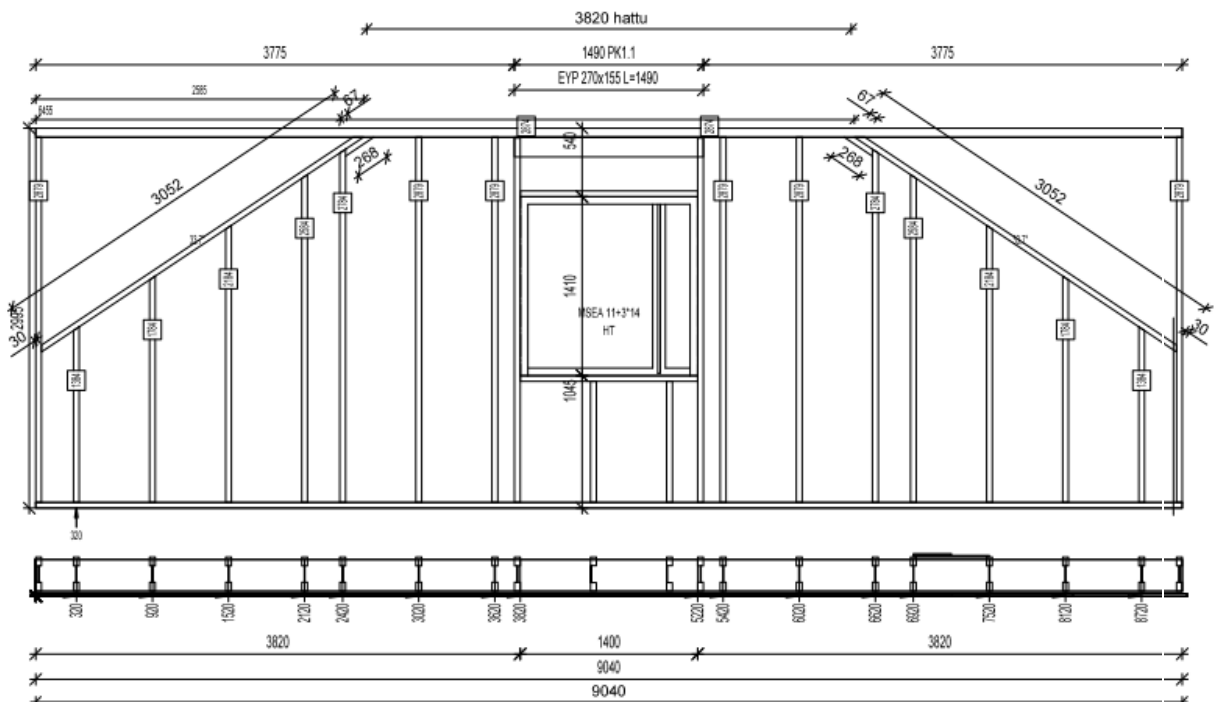
Elementti nro.3 runkokuva



Elementti nro.4 runkokuva



Elementti nro.5 runkokuva





Elementti nro.6 runkokuva

