

Sami Karjalainen

Tuotantotilojen laajennus & tuotannon tehokkuuden mittaaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

31.10.2016

Tekijä Otsikko	Sami Karjalainen Tuotantotilojen laajennus & tuotannon tehokkuuden mitta
Sivumäärä Aika	28 sivua + 1 liite 31.10.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaaja	Lehtori Timo Junell Tuotantopäällikkö Jyrki Junttila
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää Teknoware Oy:n valolinja-solun tuotannon toimintaa ja tehokkuutta. Työ suoritettiin osana yrityksen kehityshanketta, jossa valolinja-solu muutti uusiin tuotantotiloihin.</p> <p>Työ aloitettiin sopimalla tutkimuksen kohteiksi ne työtehtävät, joissa työaika kuluu muihin kuin tuotetta jalostaviin työtehtäviin. Näitä tehtäviä tarkasteltiin valolinja-solun tuotantotiloissa Yhdyskatu 36:ssä ja Yhdyskatu 25:ssä. Työssä suoritettiin työajankäyttötutkimus työn aloitusajan, tuotteen testauksen ja tuotteen pakkauksen osalta. Mittaukset suoritettiin molemmissa tuotantotiloissa ja niitä vertailtiin keskenään. Työn tavoitteena oli mittaustulosten perusteella pohtia tuotannon kehitystä ja tehokkuuden kasvua. Lisäksi suoritettiin uuden tuotantotilan rakenteellisten muutosten dokumentointi sekä pohdittiin muutoksella saatavia hyötyjä.</p> <p>Mittaustulosten perusteella saatiin selville asiat, jotka kehittyivät tuotantotilojen laajennuksen myötä. Mittaustuloksista nähtiin varastointipaikkojen etäisyyden työpisteistä sekä niille siirtyessä kuluvan ajan vähentyneen. Tuotteiden testaukseen ja pakkaukseen kulunut aika väheni pakkausalueen ja testauslaitteiston välisen etäisyyden lyhentyessä. Mittaustulosten ja niiden pohdinnan perusteella valolinja-solun tuotanto tehostui työn aloitusajan, tuotteen testauksen ja tuotteen pakkauksen osalta uusissa tuotantotiloissa.</p>	
Avainsanat	Tuotantotilojen laajennus, tuotannon tehokkuus, layout, Lean

Author Title	Sami Karjalainen The Expansion of Production Facilities & Measurement of Production Efficiency
Number of Pages Date	28 pages + 1 appendix 31 October 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Technology
Instructor(s)	Timo Junell, Senior Lecturer Jyrki Junntila, Production Manager
<p>The aim of This Bachelor's thesis was to improve the operation and production efficiency of "valolinja" production cell of Teknoware. This thesis was accomplished as a part of the development project where the "valolinja" production cell was relocated to a new production facility.</p> <p>The work was started by deciding to focus on the targets in the production process which included the loss of working time. These work assignments were inspected in the working facilities at Yhdyskatu 36 and Yhdyskatu 25. A study of the use of working time was made, which included: work starting time, testing of the product and product packaging. The survey of these working times was executed in both of the production facilities and they were compared to each other. The goal of this survey was to study and discuss the improvement and growth of the production efficiency. In addition, a documentation of structural modifications was made of the new production facilities and the advantages of these modifications were discussed.</p> <p>On the basis of the working time study, the improvements caused by the expansion of production facilities were discovered. It was noticed that the distances between storage locations and the transition time to the storage locations had decreased. In addition, it was found out that the work time when testing the products and packaging was decreased by the shortened distances between them. As a result, it was discovered that the production efficiency was improved considering the work starting time, the testing of the product and product packaging in the new production facilities.</p>	
Keywords	The expansion of Production facilities, Production efficiency, Layout, Lean

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	1
1.3	Työn toteutus	2
2	Teollinen tuotanto ja layout	3
2.1	Teollinen tuotanto käsitteenä	3
2.2	Layout	3
2.2.1	Tuotantolinja layout	4
2.2.2	Funktionaalinen layout	6
2.2.3	Solulayout	7
3	Lean	9
3.1	Lean-ajattelumalli teollisessa tuotannossa	9
3.2	Jatkuva parantaminen	9
3.3	Jalostava ja jalostamaton työ	10
3.4	Työmenetelmien kehittäminen	10
3.4.1	Ajankäyttötutkimus	11
3.4.2	Työnmittaus	13
4	Teknoware Oy	14
5	Tuotantolinjan esittely	15
5.1	Valolinja	15
5.2	Laajennus	16
5.2.1	Muutokset	16
5.2.2	Uusi tuotantoalue	17
5.3	Solun toiminnan analysointi	19
5.4	Vapautunut tuotantoalue	22
6	Työajan mittaukset	23

7	Loppupäätelmät	25
	7.1 Keskeiset tulokset	25
	7.2 Päätelmät	25
8	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Työajan mittauspöytäkirja

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tämä insinööri työ tehtiin Teknoware Oy:lle Lahdessa. Teknoware Oy on päättänyt laajentaa tuotantotilojaan kasvaneen työmäärän sekä uusien asiakkaiden projektien vuoksi vuokraamalla suuremman tuotantotilan Yhdyskatu 25:stä sekä laajentamalla valaisintehdasta entuudestaan. Uusien tuotteiden valmistus on vaatinut sellaisten menetelmien kehitystä, joiden mahdollistamiseksi on parannettava työn suorituksen vaatimia edellytyksiä. Uusien tuotteiden valmistusta varten on rakennettava uusia työpisteitä, hankittava uusia työkaluja sekä valmistettava työn joutuisuutta parantavia apuvälineitä. Tuotteiden sähköturvallisuustestaukseen on myös valmistettava tarvittavat johtosarjat sekä testiohjelmat. Kattovalaisinrakenteiden liimaustyö vaatii myös tarkasti kontrolloidun, eristetyn alueen, jossa suoritetaan ainoastaan liimaustyöt. Menetelmien kehityksen myötä tuotannon toiminnan tehostaminen on ajankohtaista. Tällä pyritään parantamaan yrityksen kilpailukykyä työmarkkinoilla, sekä minimoimaan valmistettavien tuotteiden jalostamatonta työtä. Kehittämällä tuotannon tehokkuutta saavutetaan niin laadun parantuminen kuin toimitusvarmuuden kasvu.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän insinööri työn tavoitteena oli suorittaa dokumentointia tulevaan tuotantolaitoksen laajennuksen muutokseen Yhdyskatu 25:n tuotantotiloissa. Toisena tavoitteena oli tarkastella valolinja-solun tuotannon siirtoa uusiin tuotantotiloihin. Kolmantena tavoitteena oli tarkastella valolinjasolun toimintaa uudessa tuotantotilassa, sekä suorittaa ajankäytön tutkimusta valolinja-solun tuotannon toiminnasta, sekä analysoida tuloksia laajennuksen kehityksen kannalta. Työn mittaukset kohdistettiin tuotteiden valmistuksen aloitus- ja apuaikoihin. Mittaukset eivät koskeneet tuotteen valmistukseen kuluvaa aikaa. Tämä insinööri työ suoritettiin osana yrityksen kehityshanketta, joka keskittyy tuotannon tehokkuuden parantamiseen.

1.3 Työn toteutus

Työtä lähdettiin suunnittelemaan aloituspalaverin muodossa, sekä perehdyttiin tuotannon rakennetta ja tehokkuutta käsittelevään kirjallisuuteen. Lopulta päädyttiin toimintatapaan, jossa varsinaiseksi aiheeksi muodostui valolinja-solun tuotannon tehokkuuden tutkimus uudessa tuotantotilassa. Kehityksen suuntaa tarkasteltaessa kartoitettiin valolinja-solun toiminta, sekä tehokkuus aiemmassa tuotantotilassa, suorittamalla normaaliaikatutkimus solun toiminnasta. Normaaliaikatutkimuksessa mitattiin aikaa, joka kului kun komponentit keräiltiin tuotteen osaluettelon mukaisesti ja palattiin työpisteelle suorittamaan kokoonpanotyötä. Myös tuotteen siirtäminen työpisteeltä testialueelle sekä tuotteen siirto testialueelta pakkaukseen mitattiin. Valolinjan siirtyessä uusiin tuotantotiloihin suoritettiin uudet mittaukset, ja aloitettiin tuloksien vertailu sekä analysoitiin tuotannon kehitystä henkilöstön kanssa. Tutkimuksessa perehdyttiin valmistusprosessiin, jossa mittauksien kohteena ovat työn aloitus- ja apuajat sekä tuotteiden testaukseen ja pakkaukseen kuluva aika. Työssä pohdittiin myös layoutin muutoksen tuomia etuja valolinja-solun toimintaan.

2 Teollinen tuotanto ja layout

2.1 Teollinen tuotanto käsitteenä

Teollisen tuotannon työympäristö on ryhmä ammattitaitoisia ihmisiä, menetelmiä ja laitteita, jotka toimivat yhdessä tuotteen valmistuksessa (Alarova ym. 2005: 9). On kuitenkin huomioitava, että suurin merkitys tuotannon tehokkuudesta koostuu ammattitaitoisista työntekijöistä sekä työn organisoinnista. Yrityksen tuotannon ajankäyttö on sen kannattavuuden ja menestymisen ehto. Nopeus reagoida on ratkaisevaa yritysten välisessä kilpailussa. (Aaltonen & Torvinen 1997: 9.)

2.2 Layout

Layout on tietyn prosessin fyysisten osien, tuotetta muuttavien resurssien, sijoittamista sen toimintaympäristöön. Fyysiset osat käsittävät kaikki prosessiin liittyvät koneistot, tilat sekä henkilöstön. Tämä määrittää sen, kuinka materiaali ja tieto kulkee prosessin läpi. Muutokset prosessin layoutiin vaikuttavat sen toiminnan virtaukseen, joka voi vaikuttaa prosessin kustannuksiin sekä tehokkuuteen. (Slack ym. 2013: 191.)

Hyvän layoutin pääperiaate on minimoida prosessin pituus sekä monimutkaisuus, kuitenkin prosessin tulee olla luonnostaan työturvallinen, sekä kaikkien laitteistojen tulee olla helposti käytettävissä. Hyvällä layoutilla saavutetaan oikeanlainen tilankäyttö sekä prosessin joustavuus pitkällä aikavälillä. (Slack ym. 2013: 192.)

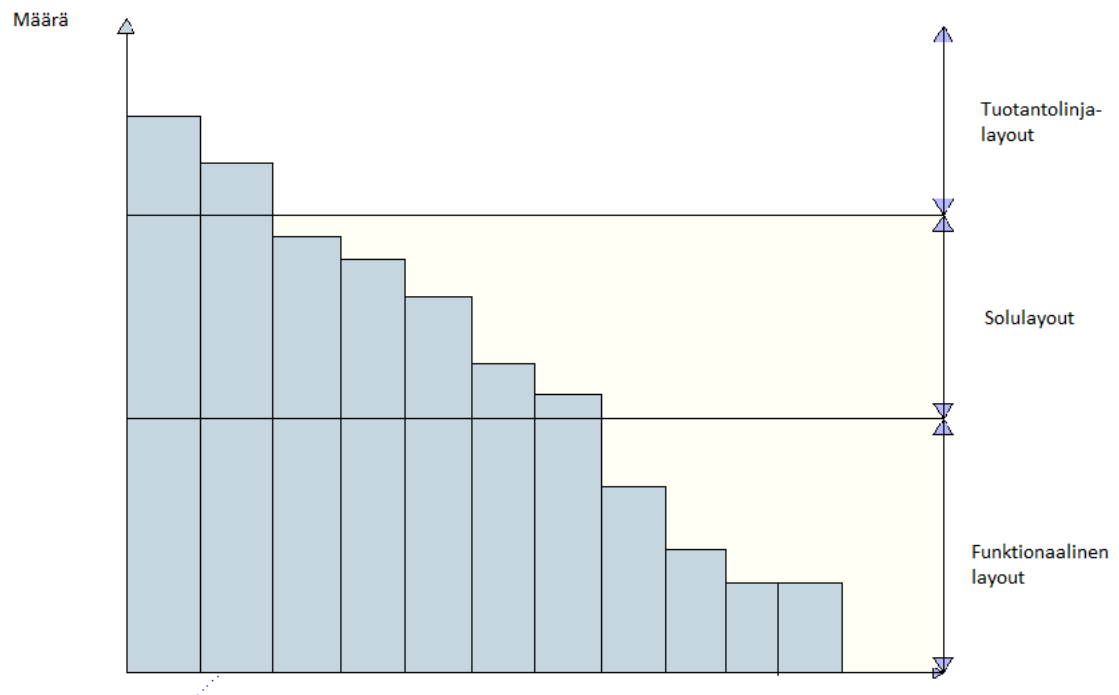
Hyvän layoutin ominaisuuksia teollisessa tuotannossa ovat seuraavat:

- materiaalivirrat ovat selkeät
- layout on helposti ja joustavasti muutettavissa
- siirtotarve materiaaleille on pieni
- kuljetusmatkat ovat lyhyet
- erityisosaamista vaativa valmistus on keskitetty samaan paikkaan
- tehtaan sisäiset palvelut on sijoitettu käyttöpaikan lähelle
- materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta

- sisäinen kommunikaatio on helppoa
- eri valmistusvaiheiden erityistarpeet on huomioitu
- tilan käyttö on tehokasta
- työturvallisuus ja työtyytyväisyys on otettu huomioon

(Haverila ym. 2005: 482).

Layout-tyypit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinja-, solu- ja funktionaalinen layout. Layout-tyyppi valitaan tuotannon fyysisten osien sijoittelun sekä työnkulun perusteella. Layout-tyypin valinta määräytyy tuotevalikoiman ja tuotemäärien perusteella. (kuva 1.) (Haverila ym. 2005: 475,477.)

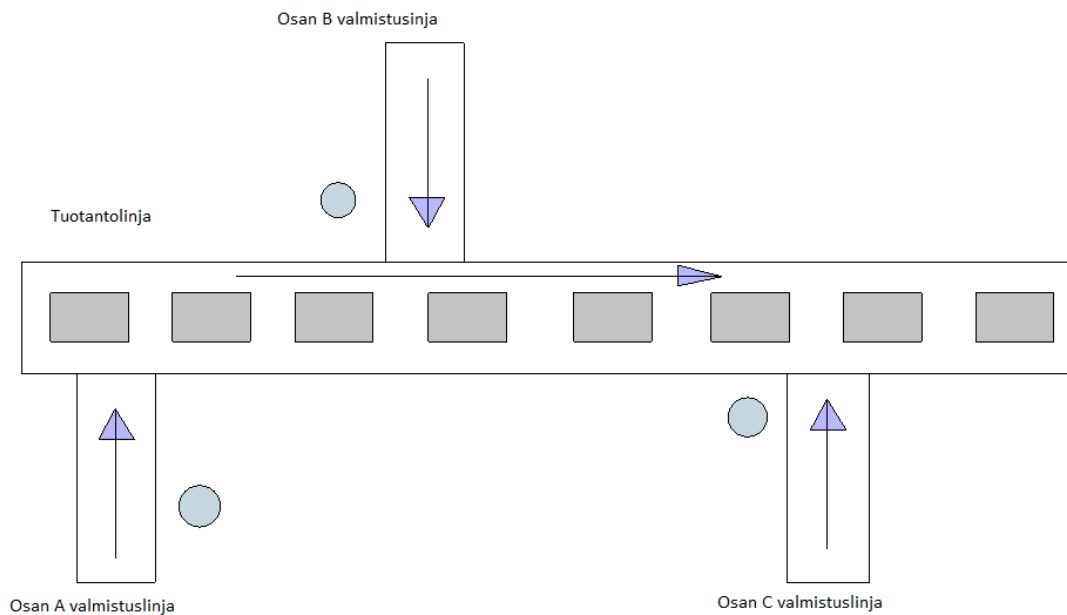


Kuva 1: Tuote-määrä -analyysi (Haverila ym. 2005: 479)

2.2.1 Tuotantolinja layout

Tuotantolinja layoutissa tuotteen valmistukseen käytettävä laitteisto on työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinjan ominaispiirteitä ovat tehokas ja automatisoitu tuotteen valmistus sekä kappaletavaran käsittely. Työnkulku on selkeää ja kokoonpanolinjaston työvaihepisteet ovat sijoitettu linjaston mukaisesti kappaleen

valmistusprosessin mukaisesti. Tuotantolinja on erikoistunut tietynlaisen tuotteen valmistukseen. (kuva 2.)



Kuva 2: Tuotantolinja (Haverila ym. 2005: 476)

Tuotantolinjassa erityisen tärkeää on tehokas laadunvalvonta, koska häiriöiden aiheuttamat kustannukset voivat kasvaa suuriksi. Tuotantolinja voi myös valmistaa paljon virheellisiä tuotteita ilman toimivaa laadunvalvontaa. Linjan selkeä työnkulku tekee sen tuotannonohjauksesta vaivatonta, tuotantolinjaa ohjataan yhtenä kokonaisuutena. (Haverila ym. 2005: 475 - 478.)

Tuotantolinja layoutin ominaisuuksia ovat

- pienet yksikkökustannukset
- vähän keskeneräisiä töitä
- jäykkä tuotepolitiikassa
- vaikea rakentaa
- suuri häiriöalttius
- tuotannonohjaus helppoa
- joustamaton kapasiteetin lisäämisessä

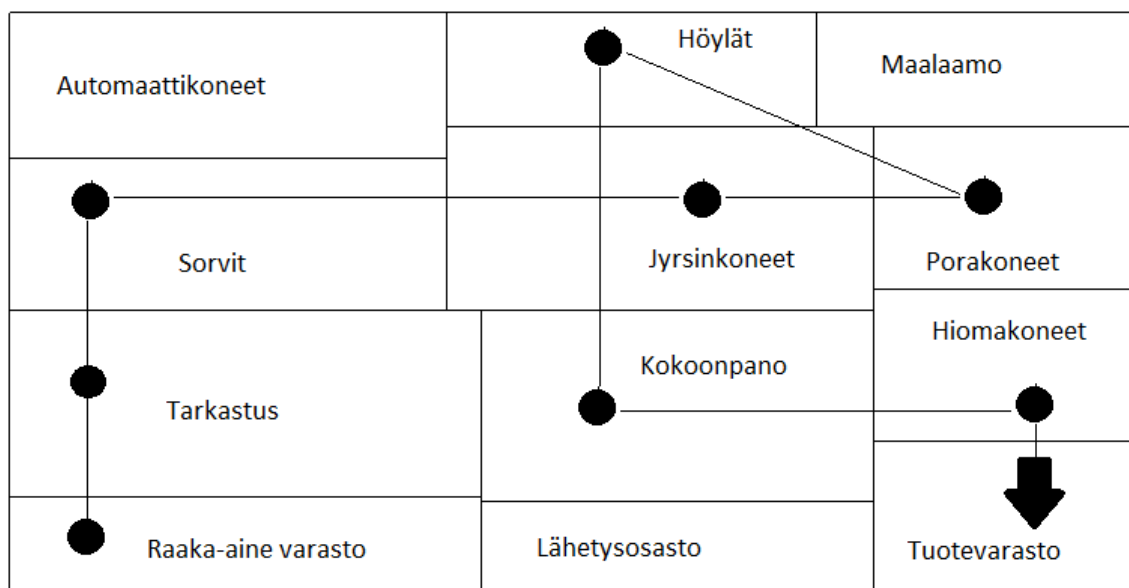
- kuormitusaste korkea (80 - 100%)

(Haverila ym. 2005: 477).

Tuotantolinjan tuotteenvalmistuksen suuri volyyymi ja kuormitusaste ovat edellytyksiä tuotantolinjan rakentamiselle. Valmistetun kappaleen yksikköhinta on alhainen johtuen suurista valmistusmääristä. Linjan tuottavuus perustuu sen häiriönsietokykyyn sekä oikeanlaiseen toiminnanohjaamiseen. (Haverila ym 2005: 475.)

2.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa (kuva 3) työpaikat ja koneet on hajautettu omiin alueisiinsa työtehtävien samankaltaisuuden mukaan. Funktionaalisisessa layoutissa esimerkiksi hitsaustyö tapahtuu hitsaamossa ja sorvaus sorvaamossa. (Haverila ym. 2005: 476.)



Kuva 3: Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2005: 477)

Tuotantomäärät sekä tuotetyypit voivat vaihdella huomattavasti funktionaalisisessa layoutissa. Monipuolisten yleiskoneiden avulla erilaisten tuotteiden valmistus onnistuu joustavasti niin yksittäiskappaletuotantona kuin sarjatuotantonakin. Tuotannonohjaus funktionaalisisessa layoutissa perustuu jonottavien töiden järjestelyyn, tällöin ongelmaksi muodostuu ruuhkautunut työjono. Työjono kasvattaa tuotannon keskeneräisten töiden

määrää ja samalla tuotannon läpäisy aika pitenee. Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus oikea-aikaisesti voi muodostua haasteelliseksi. Työvaiheiden välillä olevat välivarastot ja työpisteiden väliset suuret etäisyydet toisistaan voivat hankaloittaa tarkkaa laadunvalvontaa sekä nostaa materiaalien kuljetus- sekä siirtokustannuksia suuriksi. (Haverila ym. 2005: 476.)

Tuotantolinjaan verrattuna, funktionaalisen layoutin toteutus on helpompi ja halvempi ratkaisu. Tuotannon kapasiteetin kasvattaminen on joustavaa sekä erilaisten tuotteiden valmistus on vapaampaa kuin tuotantolinjassa. Tuotannon tuottavuus jää heikommaksi ja kuormitusaste matalammaksi funktionaalaisella layoutilla kuin tuotantolinjalla. (Haverila ym. 2005: 476 - 477.)

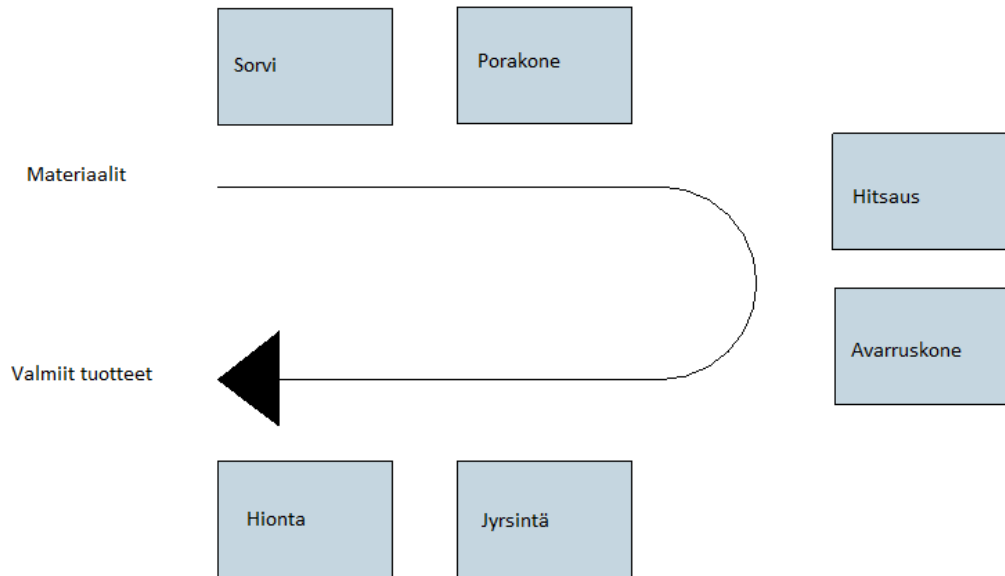
Funktionaalisen layoutin ominaisuuksia ovat

- suuret yksikkökustannukset
- paljon keskeneräisiä töitä
- joustava tuotepolitiikassa
- helppo rakentaa
- pieni häiriöalttius
- hankala tuotannonohjaus
- kapasiteetin lisääminen joustavaa
- kuormitusaste 60 - 90 %

(Haverila ym. 2005: 477).

2.2.3 Solulayout

Solu on itsenäisesti toimiva, eri koneista ja työpaikoista koostuva ryhmä, joka valmistaa tietynlaisia osia tai suorittaa tietynlaisia työvaiheita (kuva 4). Solulayout onkin funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan eräänlainen välimuoto. (Haverila ym 2005: 477.)



Kuva 4: Solulayoutin rakenne

Funktionaaliseen layoutiin verrattuna, solu kykenee huomattavasti lyhyempään tuotannon läpäisy aikaan. Materiaalin kulku solun sisäisesti on selkeää eikä välivarastointia esiinny. Solu kykenee joustavaan valmistukseen niiden tuotteiden osalta, joihin se on suunniteltu. Kun solu siirtyy yhden tuotteen valmistuksesta toiseen, on asetus aika tuotteiden välillä lyhyt. Omien tuoteryhmien valmistuksessa solu toimii joustavammin kuin tuotantolinja ja tehokkaammin kuin funktionaalinen järjestelmä. (Haverila ym 2005: 478.)

Solu kykenee erilaisista tuotteista koostuviin tuotantomääriin sekä niiden eräkoon vaihteluun. Solun valmistamat tuotteet ovat joko yksittäiskappaleita tai pieniä tuotantosarjoja. Samalla alueella toimiva solu helpottaa sen tuotannon ohjausta. Virheiden löytäminen ja niiden korjaaminen ei tuota hankaluuksia. Koneiden ja laitteiden kuormitusasteet voivat vaihdella solussa tuotettavien tuotteiden mukaan. Keskimääräisesti kuormitusaste solussa on alhaisempi kuin funktionaalilla layoutilla. Kuormitusasteen vaihtelu ja tuotevalikoiman suuret muutokset ovat ominaista solulayoutille. (Haverila ym. 2005: 478.)

3 Lean

3.1 Lean-ajattelumalli teollisessa tuotannossa

Lean on Toyotan kehittämä ajattelumalli tuotannonohjaukseen. Ajattelumallin painopisteenä on tuottaa mahdollisimman paljon tuottavaa työtä mahdollisimman pienillä resursseilla. Näin saavutetaan mahdollisimman lyhyessä ajassa mahdollisimman hyvä ja tasainen laatu. Tuotannon resurssien suuri määrä tarkoittaa suurempia kustannuksia. Nämä resurssit tuotannossa ovat laitteisto, työntekijät, materiaalit ja työtilat. (Groover 2008: 61.)

3.2 Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on yksi Lean-toimintatavan tärkeimmistä kehitystyökaluista. Jatkuvassa parantamisessa pyritään tuotannon toiminnan kehitykseen koko henkilöstön sekä asiakkaan kanssa. Keskeisimpiä piirteitä jatkuvalla parantamiselle ovat turhan työn ja tuhlaamisen eliminointi työympäristössä vähillä investoinneilla. Kaikki toiminnot, jotka ovat turhaa työtä ja tuhlausta, eivät tuota arvoa asiakkaalle. (Larikka & Pohjasmäki 1995: 8 - 9.)

Jatkuvan parantamisen tarkoituksena on saada yrityksen kaikki työntekijät mukaan kehitystyöhön. Hyvät ideat kehitykseen tulevat niiltä työntekijöiltä, jotka tekevät kyseistä työvaihetta. Tällä tavoin saavutetaan tehokkaasti turhien työvaiheiden poistamista, ongelmien ratkaisua ja kehitysideoita tuottamisessa. (Larikka & Pohjasmäki 1995: 13.)

Tuotannossa suoritetaan usein työvaiheita, jotka eivät lisää tuotteen arvoa, kuten työntekijän siirtymiset työn suorituksen aikana, virheellisen osan valmistaminen tai työntekijän odottaminen. Tuotannon työtehtävät voidaan jakaa jalostaviin ja jalostamattomiin työvaiheisiin, jotka vaikuttavat valmistettavaan tuotteeseen. (Larikka & Pohjasmäki 1995: 16 - 17.)

3.3 Jalostava ja jalostamaton työ

Jalostava työ on tuotteen arvoa ja ominaisuuksia lisäävä työvaihe. Tuotetta jalostavia työvaiheita ovat esimerkiksi ne, joissa tuotteeseen tarvittavaa materiaalia tai osaa muokataan koneistamalla tai tuotteeseen liitetään materiaalia tai osia kokoonpanemalla. (Larikka & Pohjasmäki 1995: 17.)

Jalostamattoman työn työvaiheet ovat tuotteen kannalta turhia työvaiheita, eivätkä ne lisää tuotteen arvoa. Jatkuvan parantamisen ideana on jalostamattomien vaiheiden ja tuhlauksen etsiminen ja vähentäminen järjestelmällisesti. Jalostamattomia työvaiheita voidaan luokitella seuraavasti:

- ylituotanto ja varastointi
- odottaminen ja etsiminen
- kuljetus, siirto ja käsittelyt
- virheelliset osat ja turha työ
- huono tai vaikea työmenetelmä
- siirtymiset, turhat liikkeet ja pitkät etäisyydet
- huono siisteys tai järjestys

(Larikka & Pohjasmäki 1995: 17).

Jatkuvan parantamisen mukaan huomio tulisi kiinnittää asiakkaan kannalta turhiin töihin ja pyrkiä poistamaan niitä pienin askelin ja vähillä investoinneilla. Jatkuvan parannuksen tehokkuus perustuu pieniin parannuksiin, jotka muodostavat suuren vaikutuksen tuotannon toimintaan. (Larikka & Pohjasmäki 1995: 35.)

3.4 Työmenetelmien kehittäminen

Työmenetelmiä voidaan kehittää teollisessa tuotannossa suorittamalla työntutkimuksia. Tällä tarkoitetaan kaikkia työn tuottavuuden kehittämiseen tähtääviä tutkimuksia.

Tarkoituksena on järjestelmällisesti tutkia ihmisiä, materiaaleja ja tuotantovälineiden yhteistoimintaa, ja päämääränä on löytää paras menettelytapa. Tämän lisäksi tavoitteena on myös luoda hyviä työolosuhteita ja määrittää tarvittava aika työn suoritukselle. Työntutkimusta sovelletaan laaja-alaisesti koko tuotantojärjestelmään. Työntutkimus sisältää tavallisimmin työnmittausta, ajankäyttötutkimusta ja menetelmätutkimusta. (Haverila ym. 2005: 490.)

Työntutkimuksella on monia tavoitteita riippuen tarkasteltavasta osa-alueesta, johon tutkimuksia kohdistetaan:

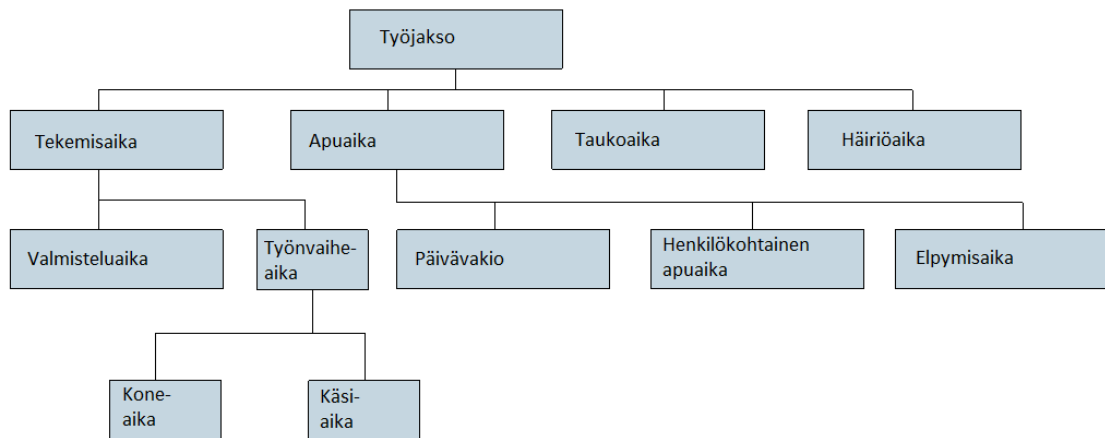
- 1) Ajankäytön tehostaminen. Työaika pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti välittömään työtehtävään tuottamattomien apu-, tauko- ja häiriöaikojen sijaan.
- 2) Työnkulun tehostaminen. Toimintaa pyritään tehostamaan suunnittelemalla tuotantoprosessin toisiaan seuraavia työvaiheita.
- 3) Yksittäisten työvaiheiden tehostaminen. Tarkoituksena kehittää työvaiheen tehokkuutta muuttamalla työolosuhteita, välineitä ja suoritustapaa
- 4) Työliikkeiden kehittäminen. Työliikkeitä parannetaan yksityiskohtaisesti tehokkuuden parantamiseksi, sekä ergonomian ja työturvallisuuden kehittämiseksi. (Haverila ym. 2005: 490 - 491.)

3.4.1 Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimuksessa työaika jaetaan tehokkaaseen työaikaan ja työn aikana tuleviin aikahäviöihin. Tutkimuksessa analysoidaan epäkohtia työmenetelmissä, ja niitä pyritään kehittämään menetelmätekniikan avulla.

Ajankäyttötutkimuksen tavoitteena on selvittää työvoiman ja koneiden käytössä tai työkappaleen kulussa ilmenevien aikahäviöiden suuruus ja niiden aiheuttajaa. Tietojen perusteella etsitään keinoja näiden häviöiden pienentämiseksi. Tavoitteena on myös arvioida apuaikaisia työnmittausta varten. Apuaika sisältää toimenpiteet, jotka ovat työn suorituksen aikana välttämättömiä, mutta eivät sisälly tuotteen tekemisaikaan, kuten

koneen puhdistus ja huolto. Ajankäyttötutkimuksessa työ jaetaan eri aikalajeihin (kuva 6).



Kuva 5: Työjakson jakaminen aikalajeihin (Haverila ym. 2005: 491)

Työjaksioon kuuluva tekemisaika kuvaa varsinaiseen työtehtävään kulunutta aikaa. Valmistelu aika kuvaa tehtyjen työosien aikaa, joka suoritetaan vain kerran yhtä sarjaa tai valmistuserää kohden. Kone aika on työkonen suorittamaa työtä, joka ei riipu koneenkäyttäjän joutuisuudesta. Käsi aikaan sisältyy työntekijän tekemää työtä, kuten materiaalin syöttö koneeseen tai materiaalin poisto koneesta. Huoltojen suoritus ja siivous työolosuhteiden ylläpitämiseksi sisältyvät apuaikaan. Päivävakio sisältää toistuvat työtapaukset, jotka eivät suoranaisesti riipu tehtävästä työstä. Henkilökohtainen apuaika on työntekijälle varattu aika. Elpymisaika kuvaa työn rasittavuudesta johtuvaa lepoaika. Tauko aika on työaikana taukoihin käytetty ylimääräinen aika. Häiriö aika sisältää odottamattomat työn keskeytykset. (Haverila ym. 2005: 492.)

Ajankäyttötutkimus on joko jatkuvaa tutkimusta, jossa työntekijää seurataan työtapauksen aikana tai havainnoivaa tutkimusta, joka keskittyy tiettyinä työnteon aikana tehtyihin, satunnaisiin tai tasavälein toistuviin, havaintohetkiin. Jatkuvalla tutkimuksella voidaan saavuttaa varmoja tuloksia, mutta se vaatii runsaasti resursseja. Havainnointitutkimus on helpompi suorittaa, mutta aikahäviöiden määrittäminen voi olla hankalampaa. (Haverila ym. 2005: 492.)

3.4.2 Työnmittaus

Työnmittauksella tutkitaan työmäärää, jonka työntekijä tekee tuoteyksikköä kohden. Työtä tutkitaan normaaliolosuhteissa vakiomenetelmiä käyttämällä. Näitä tuloksia voidaan käyttää työmenetelmien vertailussa, kuormitus suunnittelussa, hinnoittelussa sekä valmistusmenetelmien kehittämisessä.

Työnmittauksessa voidaan käyttää normaaliaikatutkimusta tai jatkuvaa ajankäytön tutkimusta. Samankaltaisiin töihin ja työvaiheisiin käytetään normaaliaikatutkimusta, jossa työ jaetaan sopivan pieniin osiin, joiden suoritus mitataan erikseen. Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa tutkitaan, kun työtehtävät eivät toistu tai työjärjestys ei ole vakiintunut. Työn mittausta voidaan suorittaa myös havainnoimalla, haastattelemalla tai vertailemalla toisiaan vastaaviin töihin. (Haverila ym. 2005: 492 - 493.)

4 Teknoware Oy

Teknoware Oy valmistaa valaisinkokonaisuuksia julkisiin liikennevälineisiin, sekä turvavalaisusratkaisuja kiinteistöihin ja laivoihin. Teknoware on vuonna 1972 perustettu perheyritys, jonka pääkonttori sijaitsee Lahdessa. Valaisinjärjestelmiin erikoistunut asiantuntijayritys suunnittelee, valmistaa ja markkinoi kilpailukykyisiä ja kestäviä valaistusratkaisuja. Yrityksessä noudatetaan ISO 9001 -laatu järjestelmää sekä ISO 14001 ympäristöjohtamisjärjestelmää vakaan laadun takaamiseksi. Työntekijöitä Lahdessa on noin 250 henkilöä.

Teknowarella on tuotantoa useassa eri kiinteistössä. Päärakennus ja elektroniikkatehdas sijaitsevat Ilmarisentie 8:ssa (kuva 6). Elektroniikkatehdas valmistaa pääosin vaihtosuuntaajia loisteputkivalaisimiin sekä led-kortteja loppukokoonpanon valaisimiin. Ajoneuvovalaisintehtas sijaitsee Yhdyskatu 36:ssa, jossa valaisimien loppukokoonpanoa suoritetaan.



Kuva 6: Ilmakuva Teknoware Oy:n kiinteistöistä (Teknoware.fi verkkosivut)

Ajoneuvovalaisintehtas toimii turvavalaisintehtaan kanssa samassa tuotantotilassa Yhdyskatu 36:ssa. Ajoneuvovalaistuksen tuotantoon kuuluvat: valaisin-, juna-, junaspotti- ja valolinjasolu. Rakennuksessa toimivat myös metalli- ja niittaus-solu, jotka vastaavat ajoneuvovalaistuksen ja turvavalaisituksen solujen metallirunkojen alkutuotannosta. Ajoneuvovalaisintehtaassa toimii myös saapuvan tavarantoimituksen vastaanotto.

sekä lähettämö. Ajoneuvovalaisintehtaassa suoritetaan tuotteiden loppukokoonpanoa, jonka jälkeen tuotteet lähetetään asiakkaalle.

Yhdyskatu 25:n tiloissa toimii profiilintyöstösolu, joka valmistaa alumiinirunkoja sekä kupuprofiilien sahausta ajoneuvovalaisintehtaan tuotantosolujen käyttöön. Profiilintyöstö -solussa rungot valmistetaan kahdella koneistuskeskuksella sekä kahdella manuaalisella sahalla.

5 Tuotantolinjan esittely

5.1 Valolinja

Valolinjassa valmistetaan kooltaan suuret valaisinlinjastot, joiden valaisinyksiköiden mitat vaihtelevat keskimäärin 1 – 5 metrin välillä. Valolinja-solussa valaisimien valmistus suoritetaan pääosin pitkissä rullatyöpöydissä. Kattorakenteiden valmistus suoritetaan leveillä työpöydillä. Kokoonpanotyö suoritetaan paineilmatoimisten työkalujen avulla, kuten niittaus-, krimppaus- ja porakoneilla. Kokoonpanossa käytetään myös akkutoimisia porakoneita liitostyöhön. Valolinja-solun tuotantoon kuuluu myös elektroniikkaosien juotostyötä, joka suoritetaan sille varatulla huuwapöydällä.

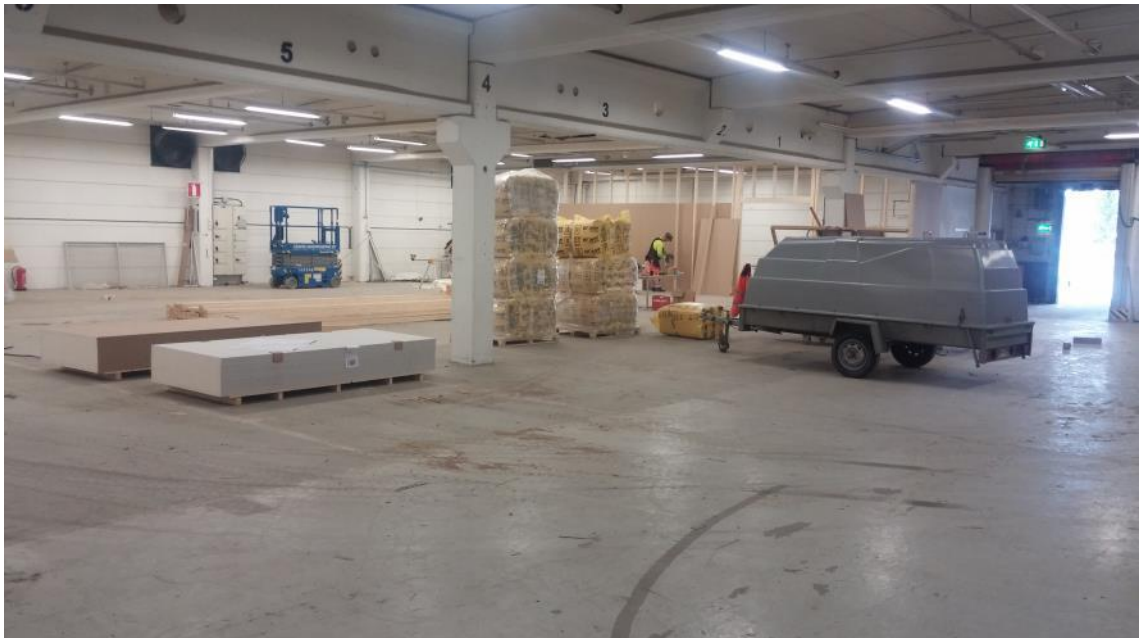
Varastointi on järjestetty raskailla lavahyllyillä sekä kevyemmillä hyllystöillä solun tuotannon alueella. Raskaisiin lavahyllyihin on sijoitettu maalatut runko-osat ja metallisolun valmistamat rungot. Kevytrakenteisissa hyllyissä varastoidaan kokoonpanossa tarvittavia osto- ja osakokoonpano-osia kuten tiivisteet, metallikiinnikkeet, teipit ja pienet runko-osat. Muut tuotantoon tarvittavat osat, kuten johtosarjat, ruuvit, mutterit, niitit sekä elektroniikkaosat kerätään rakennuksen eri osista kärryjen avulla. Nykytilanteessa runko-osat kuljetetaan kärryillä tai kuormalavoilla PRT-solusta kuorma-autolla ajoneuvovalaisintehtaalle. Rungot siirretään ulkovarastointialueelta nosto-oven kautta valolinjan tuotantotilaan. Kokoonpanotyön valmistuttua, valaisimille suoritetaan testaus, jonka jälkeen tuotteet pakataan puulaatikoihin. Valmiit puulaatikot kuljetetaan saman nosto-oven kautta ulkovarastointialueelle, josta ne lähetetään eteenpäin asiakkaalle.

Tämä tuotantosolu siirrettiin kokonaisuudessaan uuteen laajennusosaan, jotta saatiin lisätilaa niin valolinjan tuotantoon, kuin elektroniikkavaraston ja niittaussolun käyttöön. Samalla saadaan valolinjan tuotanto keskitettyä, ja pitkien runkojen sekä lähtevien pakkauslaatikoiden siirtelyä vähennettyä.

5.2 Laajennus

5.2.1 Muutokset

Yhdyskatu 25:n tuotantotilojen valmistelut valolinja-solun muuttoa varten käsittivät pukuhuoneiden, WC-tilojen sekä taukuhuoneen rakennuttamisen (kuva 7).



Kuva 7: Yhdyskatu 25 rakennusvaihe

Tuotantotilaan rakennettiin myös tulevien liimaustöiden vaatimana pölytön työtila, jonka lämpötila ja ilmankosteus on kontrolloitu (kuva 8).



Kuva 8: Liimaustöiden työtila

Tuotantotilaan rakennettiin paineilmayhteydet sekä verkkovirta- ja voimavirtapistokkeet työpisteiden tuleville paikoille.

5.2.2 Uusi tuotantoalue

Valolinja-solun muuton ajaksi tuotanto keskeytettiin ja muutto suoritettiin solun työntekijöiden kesken. Muutto uuteen tuotantotilaan aloitettiin siirtämällä käytössä olevat rullatyöpöydät sekä suurjännitetestissä käytettävä laitteisto työpöytineen ajoneuvovalaisintehtaasta Yhdyskatu 25:een. Varastoinnissa käytetyt hyllyt purettiin ja kuljetettiin uusiin tuotantotiloihin. Myös kaikki tuotantomateriaali siirrettiin uuteen tuotantotilaan kuormalavoilla sekä rullakoilla.

Valolinja-solun layout-tyyppi on yhdistelmä solu-layoutia ja funktionaalista layoutia. Layout muutos valolinja-solun muuton yhteydessä pyrittiin kehittämään paremmin toimivaksi kokonaisuudeksi. Rullatyöpöydät sijoitettiin niille varatulle alueelle, uuden tuotantotilan keskelle. Rullatyöpöydät asemoitiin siten, että arvioitu materiaalin kulku tuotannossa olisi suoraviivainen runkojen säilytysalueelta pakkausalueelle (kuva 9). Tuotteiden testaukseen käytettävä suurjännitetesteri sijoitettiin rullatyöpöytien ja pakkausalueen viereen siten, ettei tuotteiden turhaa siirtoa tapahdu, kun niiden pakkaus alkaa (kuva 10).



Kuva 9: Työpöydät



Kuva 10: Suurjännitetesteri

Tuotantotilaan asennettiin myös uusia hyllyjä metalli-, muovi- ja tiivisteosien varastointiin. Nämä hyllyt sijoitettiin merkityille paikoille tuotantotilojen reunoille. Kuormalavojen varastointiin käytettävä hylly sijoitettiin siten, että rullatyöpöytien sekä kattorakenteiden valmistukseen käytettävien työpöytien tila jakautuu. Hyllyt sijoitettiin keskeiselle alueelle tuotantotilaan välimatkojen minimoimiseksi. Leveät työpöydät, joissa tultaisiin valmistamaan erityisosaamista vaativia kattorakenteita, sijoitettiin omalle alueelleen varastohyllyjen jakamaan tuotantoalueeseen (kuva 11).



Kuva 11: Kuormalavahylly

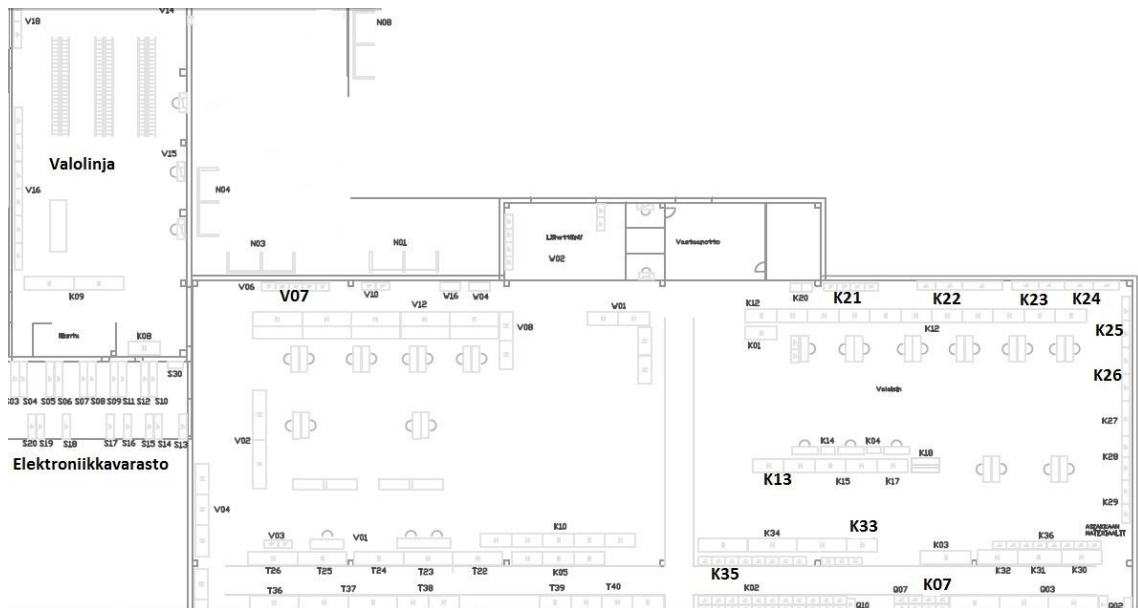
Varastointihyllyjen kokoaminen ja niiden täytön jälkeen ne merkittiin virallisiksi varastopaikoiksi kirjaintunnisteilla. Lattiapintoihin merkittiin teipillä kulkuväylät, varastoalueet sekä pakkaukselle tarkoitettu alue solun keskelle työturvallisuuden edistämiseksi.

5.3 Solun toiminnan analysointi

Tarkkailtaessa valolinja-solun toimintaa, vanhassa sekä uudessa tuotantotilassa, päätettiin suorittaa tuotannon kehityksen vertailu.

Yhdyskatu 36:ssa valolinja-solun tuotantotilat olivat erillään muista tuotantosoluista. Tästä johtuen osa varastopaikoista oli valolinjaan nähden kaukana. Kuvassa 12 näkyy

valolinjan sijainti, sekä tärkeät varastopaikat korostettuna. Kuvassa 13 on valolinja-
solun tuotantoalue tarkempana.

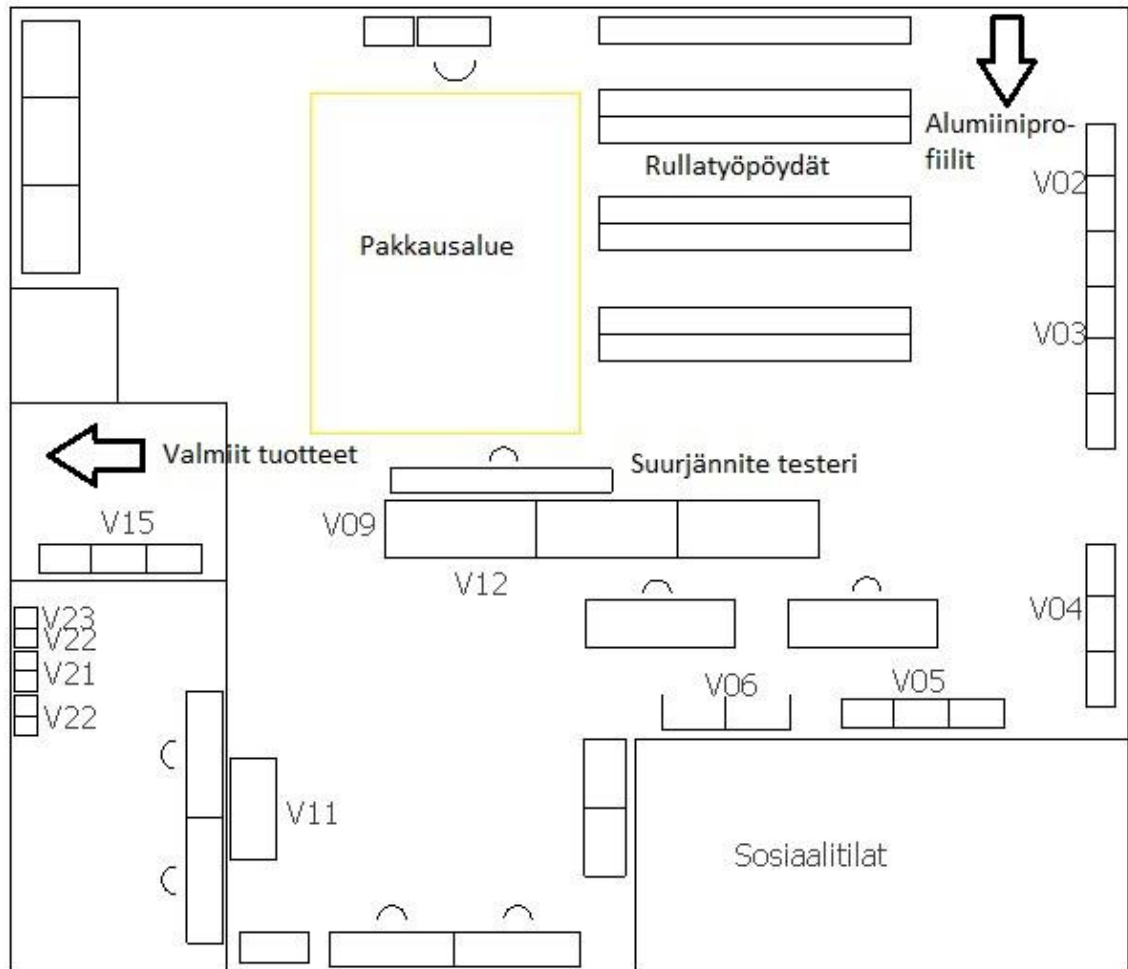


Kuva 12: Yhdyskatu 36:n varastopaikat



Kuva 13: Valolinja -solun tuotantoalue

Yhdyskatu 25:ssä valolinja-solun uusi tuotantotila sekä varastopaikat sijaitsevat samalla tuotantoalueella (kuva 14). Kuvaan on havainnollistettu tuotantoalueen pakkausalue sekä alumiiniprofiilirunkojen kulku valolinja-solun tuotantoon.



Kuva 14: Yhdyskatu 25:n tuotantotilat

5.4 Vapautunut tuotantoalue

Valolinja-solun muutettua uusiin tiloihin, vapautui Yhdyskatu 36:een tilaa elektroniikkavaraston käyttöön. Tällä järjestelyllä elektroniikkaosille saatiin lisää tilaa tuotannossa tarvittavien elektroniikkakomponenttien varastointiin sekä kuljetukseen. Osa uudesta elektroniikkavarastosta toimii myös niittaus- ja metallisolun tuotteiden lähettämönä.

6 Työajan mittaukset

Vertailu kohdistettiin työaikamittaukseen, jossa tarkasteltiin työn valmisteluihin kuluva aikaa. Työn valmistelua mitattiin sen ajan mukaan, joka kuluu kun materiaalit kerätään varastointipaikoista ja tuodaan tuotantosolun alueelle työn aloittamiseen. Tarkastelussa mitattiin myös valmiin tuotteen siirto suurjännitetestaukseen sekä tuotteen pakkaamiseen kulunut aika. Työn valmisteluun sekä tuotteen testaukseen ja pakkaamiseen kulunut aika on tuotteen arvoa lisäämätön aika, joka on verrattavissa tuotannon kustannuksiin.

Mittaukset aloitettiin Yhdyskatu 36:ssa valitsemalla työkortti työjärjestelmästä, minkä jälkeen keräiltiin työkortin määrittelemät komponentit niiden varastopaikoilta. Tähän kulunut aika mitattiin sekuntikellolla ja tulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan (liite 1) Mittaukset suoritettiin kolmeen otteeseen ja niistä laskettiin keskiarvo. Työajan mittauksista kuvaa taulukko 1.

Taulukko 1: Yhdyskatu 36:n mittaukset

Nimi	Varastopaikka	Kulunut aika (s), keskiarvo
Ruuvit & kiinnitystarvikkeet	K35	54
Johdot	V07	30
	K07	55
Tiivisteet	K21-26	49
Kupuprofiilit (osto)	K33	52
Elektorniikka	S	24
Metalliosat (pienet)	K13	54
Metalliosat (rungot)	K09	21
Runkoprofiilin haku	Halli	24
	Kylmävarasto	43
Valaisimen siirto testaukseen		23
Valaisimen pakkaus		18

Valolinja-solun muuton, sekä tuotantotilojen järjestelyjen jälkeen suoritettiin samat mittaukset uusissa tuotantotiloissa Yhdyskatu 25:ssä. Mittaukset suoritettiin kolmeen kertaan ja niistä laskettiin keskiarvo. Työajan mittauksista Yhdyskatu 25:ssä kuvaa taulukko 2.

Taulukko 2: Yhdyskatu 25:n mittaustulokset

Nimi	Varastopaikka	Kulunut aika (s), keskiarvo
Ruuvit & kiinnitystarvikkeet	V02	13
Johtosarjat	V15	23
Tiivisteet	V05	18
Kupuprofiilit (osto)	V12	23
Elektroniikka	V15	24
Metalliosat (pienet)	V03	13
Metalliosat (rungot)	V12	22
Runkoprofiilin haku (V25)		13
Valaisimen siirto testaukseen		14
Valaisimen pakkaus		15

Mittaustulokset kirjattiin ylös, minkä jälkeen laskettiin työaikojen muutos sekä suoritettiin vertailu tuotantotilojen toiminnan kesken. Työajan vertailua tuotantotiloissa kuvaa taulukko 3.

Taulukko 3: Tuotantotilojen vertailu

Vertailu	Muutos aikaan (s)		Muutos prosentteina
K35/V02	-41		76 %
V07/V15	-8		25 %
K07/V15	-32		59 %
K21-26/V05	-31		64 %
S/V15	0		0 %
K33/V12	-29		56 %
K13/V03	-41		46 %
K09/V12	1		-5 %
		Keskiarvo	40 %
Runkoprofiilin haku	-11		47 %
	-30		70 %
Valaisimen siirto testaukseen	-9		39 %
Valaisimen pakkaus	-3		15 %
		Keskiarvo	42 %

7 Loppupäätelmät

7.1 Keskeiset tulokset

Tarkasteltaessa mittauksien tuloksia todettiin niiden antavan selkeän kuvan tuotannon tehokkuuden parantamisesta työn valmisteluajan osalta. Tulokseksi saatiin, että valolinja-solun tuotanto on tehostunut uusiin tuotantotiloihin muuton jälkeen. Työn valmisteluun kuluu vähemmän aikaa uudessa tuotantotilassa.

Kuitenkaan tulokset tehokkuuden parannuksesta eivät ole täysin yksiselitteisiä. Pelkästään työn valmistelu- ja pakkausajojen tarkistelu ei anna täydellistä kuvaa tuotannon kokonaistehokkuuden kasvusta. Valolinja-solun työ on loppukokoonpanoa, ja sen työn tehokkuuteen vaikuttaa alkukokoonpanon valmistamien tuotteiden saatavuus, esimerkiksi metalli-, elektroniikka- ja runko-osat. Myös väärät tai vialliset osat vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen ja lopputuotannon aikataulussa pysymiseen. Valolinja-solun tuotannon kokonaistehokkuuden kasvun voitaisiin arvioida olevan 10 - 15 % luokkaa ottaen huomioon työkannan monimuotoisuuden ja muuttumisen sekä hukkatyöajan arvioinnin perusteella.

Valmiiden tuotteiden pakkaus ja testaus on parantunut niin ajallisesti kuin layoutin perusteellakin. Uudessa tuotantotilassa suurjännitetesterin paikka on siirretty pakkausalueen läheisyyteen, kun vanhassa layoutissa se oli pakkausalueesta kaukana työpisteiden takana. Pakkaukselle määritetty alue on myös selkeämpi vanhaan tuotantotilaan verrattuna. Runkoprofiilien nouto kokoonpanoon on tehostunut, koska niiden varastointipaikka on täsmällisemmin määritetty, eikä niitä tarvitse hakea ulkovarastosta kuten edellisessä tuotantotilassa.

7.2 Päätelmät

Työssä onnistuttiin vertailemaan valolinja-solun toimintaa kahdessa eri tuotantotilassa. Mittaustuloksien otanta saatiin suoritettua hyvin ja tulokset antavat suunnan tuotannon toiminnan kehitykselle ja tehostumiselle.

Mittaus oli alkuun hidasta, johtuen työkannan laajuudesta. Myös työkannan vaihtelevuus ja monimuotoisuus vaikuttivat työn suoritukseen ja tutkimuksen tekoon,

koska täysin identtisiä työviikkoja tehtävien töiden suhteen ei ole. Tuotteita sekä varastointipaikkoja oli paljon Yhdyskatu 36:ssa. Kuitenkin saatiin valikoitua valolinja-solulle keskeisimmät varastointialueet, joita lähdettiin tutkimaan. Yhdyskatu 25:een muuton jälkeen työlista päivittyi uusien projektien myötä ja varastopaikkoja lisättiin tai muutettiin tarpeen mukaan. Tämä aiheutti myös hieman hankaluutta mittauksien tekoon. Henkilökohtainen työpanos osana valolinja-solun toimintaa hidasti tutkimusten tekoa, joten aikataulu mittausten suhteen olisi voinut olla tarkemmin suunniteltu.

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön aihe valikoitui työn tilaajalta tutkittavaksi, kun Teknoware Oy päätti aloittaa kehityshankkeen laajentamalla sen tuotantotiloja. Päällimmäisenä syynä laajennukselle oli tuotantotilojen ahtaus, joka oli seurausta kasvavasta asiakas- ja työkannasta. Yksi laajennuksen osa-alueista oli valolinja-solun tuotannon siirtäminen uusiin tuotantotiloihin Yhdyskatu 25:een, jotta saataisiin lisätilaa niin valolinjan tuotantoalueeseen kun ajoneuvovalaisintehtaan muiden tuotantosolujen käyttöönkin.

Työn alkaessa päätettiin tutkimuksen koskevan vain valolinja-solun tuotannon siirtoa sekä sen toiminnan tutkimista. Aloituspalaverissa sovittiin aiheet, joita tulitisiin tutkimaan. Näiksi valikoituivat solun toimintaa koskevat ajankäyttö ja erityisesti tuotteen jalostamaton työaika sekä valolinja-solun tuotannon siirrolla saatavien hyötyjen arviointi. Palaverissa sovittiin työn käsittelevän myös Yhdyskatu 25:n tuotantotilan rakenteellisten muutosten dokumentointia sekä pohtivan layoutin muutoksen perusteella saatavia hyötyjä.

Ajankäyttötutkimuksen mittausten kohteet sovittiin palaverissa ja päädyttiin suunnitelmaan, jossa mittauksien kohteet olisivat tuotteen osien haku varastopaikoilta, tuotteen siirto testaukseen ja tuotteen siirto pakkaukseen. Nämä mittaukset saatiin suoritettua molemmissa tuotantotiloissa ennen ja jälkeen valolinja-solun siirron Yhdyskatu 25:een. Mittaustulosten saannin ja niiden tutkimisen jälkeen pidettiin palaveri, jossa mittaustulokset käytiin läpi ja keskusteltiin solun kehityksestä ja toiminnan tehokkuudesta.

Palaverissa todettiin, että valolinjan toiminta on kehittynyt ja tehostunut työn aloitusajan, tuotteen testauksen ja tuotteen pakkauksen osalta. Keskusteluissa käytiin

myös läpi layoutin kehitystä, jossa tultiin päätökseen että solun materiaalivirran kulku on kehittynyt suoraviivaisemmaksi sekä tuotannon rakenne on joustavampi, kun on aika siirtyä uusien tuotteiden valmistukseen ja varastopaikkojen muuttamiseen uusien komponenttien varastointia varten.

Lähteet

Aaltonen, Kalevi & Torvinen , Seppo. 1997. Konepaja Automaatio. Porvoo: WSOY

Alarova, Raimo, Autio, Arvo, Niemi, Pekka, Repo, Timo & Yli-Viikari, Pekka. 2005. Yleistekniikka. Helsinki: OTAVA

Groover, Mikell P. 2008. Automation, Production Systems and Computer –integrated Manufacturing. Third Edition. New Jersey: Pearson Education Inc.

Haverila, Matti J., Uusi-Rauva, Erkki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2005. Teollisuustalous. 5.painos. Infacs Oy.

Larikka, Markku & Pohjasmäki, Jarmo. 1995. Jatkuva parantaminen. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET.

Slack, Nigel, Brandon-Jones, Alistair & Johnston Robert. 2013. Operations management. Seventh Edition. Pearson Education Inc.

.

