



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK)
Konetekniikan koulutus

Jukka Soininen
Roope Lavinen

SUUNNITELMA KAHDEN ERILLISEN KOKOONPANOSOLUN
YHDISTÄMISESTÄ TUOTANTOLINJAKSI

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2022

	<p>OPINNÄYTETYÖ Huhtikuu 2022 Konetekniikan koulutus</p> <p>Tikkarinne 9 80200 Joensuu +358 13 260 600</p>
<p>Tekijät Jukka Soininen, Roope Lavinen</p>	
<p>Nimeke Suunnitelma kahden erillisen kokoonpanosolun yhdistämisestä tuotantolinjaksi</p> <p>Toimeksiantaja John Deere Forestry Oy</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä suunnitelma kahden erillisen kokoonpanosolun yhdistäminen yhdeksi toimivaksi tuotantolinjaksi John Deere Forestry Oy:lle. Suunnitelmaa varten selvitettiin työkulkua nykytilassa. Seurantaan kuului hukkatyön arvioiminen sekä materiaalin kulku.</p> <p>Tavoitteena työlle oli suunnitella toimiva layout-malli tuotantolinjalle, jonka tahtiaika on noin yksi tunti. Työn teoriaosuudessa käsitellään eri layout-malleja suunnittelusta toteutukseen. Yrityksen vaatimukset huomioitiin suunnitelmaa laadittaessa.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi linjamallinen layout-suunnitelma metsäkoneiden kuormain kokoonpanoon ja huomioita tuleviin kehityskohteisiin tuotannossa. Työn alussa asetetut tavoitteet on saavutettu, ja toivottavasti suunnitelma auttaa myös yritystä omassa tavoitteessaan.</p>	
<p>Kieli Suomi</p>	<p>Sivuja 41 + 1 liite</p>
<p>Asiasanat layout, tuotantolinja, kapasiteetti</p>	

	<p>THESIS April 2022 Degree Programme in Mechanical Engineering</p> <p>Tikkarinne 9 80200 Joensuu FINLAND +358 13 260 600</p>
<p>Authors</p> <p>Jukka Soininen, Roope Lavinen</p>	
<p>Title</p> <p>Plan to combine two different working cells to one functional working line.</p> <p>Commissioned by</p> <p>John Deere Forestry Ltd.</p>	
<p>Abstract</p> <p>The main purpose off this thesis is to create a layout plan to combine two different working cells to one functional production line to John Deere Forestry Ltd. For this layout plan the current state off the workflow was analysed. One of the main points in the follow up was to estimate the wasted working hours and the material flow.</p> <p>The goal of the thesis was to plan a workable line layout model which cycle time is about one hour. The Theoretical part of the thesis deals with different layout models from planning to implementing. The Requirements of the company was paid attention to when making the plan.</p> <p>The final results of the thesis was to create line layout plan for assembling loaders for forestry machines. Also attention was paid to development targets in the production. We achieved our goals we aimed and hopefully the plan helps the company in their achievements.</p>	
<p>Language English</p>	<p>Pages 41 + 1 attachment</p>
<p>Key words</p> <p>layout, production line, capacity</p>	

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Taustaa	6
1.2	Toimeksiantaja	7
1.3	Ongelman määrittely ja rajaus	7
1.4	Tavoitteet opinnäytetyössä	8
2	Tuotantoprosessit	8
2.1	Projektituotanto ja yksittäistuotanto	8
2.2	Massatuotanto	9
2.3	Erätuotanto	10
3	Tuotannon layout	11
3.1	Funktionaalinen layout	12
3.2	Solulayout	13
3.3	Tuotantolinja	15
3.4	Virtautettu layout	17
3.5	Layoutin kehittäminen ja vertailu	18
4	Prosessien kehittäminen	19
4.1	Kapasiteetin suunnitteleminen	19
4.2	Kuormituksen suunnittelu	21
4.3	Hienosuunnittelu	22
5	Valmistuksen ohjaus	24
6	Materiaaliohjaus ja toteutustavat	25
6.1	2-Laatikko	26
6.2	Kanban-kortti	26
6.3	Supermarket	26
7	Tuotannon työmenetelmien suunnittelu	27
8	Työn tarkoitus ja tavoitteet sekä tutkimustehtävät	28
8.1	Tarkoitus ja tavoitteet	28
8.2	Tutkimustehtävät	30
9	Tutkimuksen toteuttaminen ja huomiot	31
9.1	Harvesterikuormainsolun nykytila	32
9.2	Ajokonekuormainsolun nykytila	34
9.3	Tutkimusmenetelmät	35
10	Tulokset ja tulkinta	35
11	Johtopäätökset	38
11.1	Menetelmän ja toteutuksen arviointi	38
11.2	Tutkimuksen virhearviointi	38
11.3	Toimenpidesuosituksien ja jatkotutkimusaiheet	39
	Lähteet	41

Liitteet

Liite 1 työajantutkimus harvesteri ja kuormakone

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Me molemmat opinnäytetyöntekijät työskentelemme toteutettavan työn kohdeyrityksessä. Päätimme sen vuoksi suorittaa yritystä hyödyttävän tutkimuksen. Tutkimus- ja kehitystyö koskee linjalayoutin valintaa, perusteita ja huomionarvoisia seikkoja. Vaikka mielessämme olisi valmis ratkaisu asiaan, täytyy tietää perusteet suunnittelun aloitukselle, ja tutkimuksen kautta rakentaa vankka pohja tekemiselle. Työ tiivistää asiaan kuuluvaa kirjallisuus- ja tutkimusaineistoa. Tarkoitus on tuottaa käyttövalmis layout-ratkaisu, jolla korvataan kaksi vanhaa osakokoonpanoa. Yhdistetään solulayoutit uudeksi toimivaksi linjamalliksi. Layoutilla tarkoitetaan tuotantotilan pohjapiirrosta. Työnantaja määritteli linjamallin oman tarpeen mukaan, ja esitämme työssä valintaprosessin ja perustelut asiaan. Layoutmalleja on useita johtuen tuotannon tarpeista, esimerkiksi tuotantovolyymeistä ja tuotteiden toistuvuudesta. Nykyinen tuotanto perustuu hyvin paljon sarjatuotantoon, jolloin tuotteet ja työntekijät joutuvat mukautumaan uusiin työskentelytapoihin tuotannon muuttuessa. Tämä koskee koko teollisuuden alaa, eikä vain yhden tehtaan tekemisiä.

Työn eteen tehtiin pohjatöitä tutustumalla kirjallisuuteen sekä alkukartoittamalla kohteen nykytila. Tarkalla alkukartoituksella päästään moneen ongelmaan kiinni. Nykytilanteessa huomattiin useita pieniä ongelmakohtia, joihin puututaan raportin edetessä ja tulevassa layout-mallissa. Yhden linjan tai työpisteen varsinainen työskentelyaika tuotetta kohden voi olla muutamasta minuutista tunteihin. Tukitoimintojen rooliin puututaan ja paneudutaan, jolloin on mahdollista saada käytetty aika mahdollisimman tuottavaksi. Aikaa on varattu vähintään puoli vuotta työn aloituspäätöksestä lopetukseen.

1.2 Toimeksiantaja

Suomessa toimiva John Deere Forestry Oy on osa monikansallista John Deere -yritystä. Kansallisella tasolla yritys työllistää yli 67 000 henkilöä, ja toimintaa on yli 70 maassa. Ydintoiminta alueena on maanviljely- ja maanrakennusala. (John Deere 2021.)

John Deere Suomessa toimii Tampereella ja Joensuussa. Tampereen toimialueina ovat henkilöstöhallinta sekä tuotekehitys. Joensuussa on tuotantotilat kuormakoneiden ja harvestereiden valmistukseen. Tehdas on toiminut aikaisemminkin metsäkoneiden valmistuksessa, mutta vuonna 2005 tuotemerkki vaihtui Timberjackista John Deereksi. Valmistuskapasiteetti tehtaalla on kahdeksan konetta päivässä. (Deere 2022.)

Vuoden 2020 tilikauden tietojen mukaan yrityksen liikevaihto oli 457 000 000 euroa. Työntekijöitä Suomessa oli 786. (Asiakastieto 2021.)

1.3 Ongelman määrittely ja rajaus

Aiheelle on tehty selkeä rajaus koskemaan vain uuden tuotantolinjan suunnittelua ja siihen liittyvää layoutmuutosta. Lopputuloksena pyritään tuottamaan pohjapiirros tulevasta alueesta, sekä tärkeimmät tarkastelukohteet linjamuutoksen tueksi. Oletuksena tuotetaan toimiva järjestelmä, joka saadaan hienosäätämällä toimivaksi tuotantolinjaksi. Layout käsittää valmistustavat, materiaalin säilytyspaikat ja nosturimuutokset. Tehtaan sisäisiä materiaalivirtoja emme lähde spekuloidaan, kuten tiedämme, mitä linjaan tarvitaan ja logistiikka suorittaa toiminnot sen osalta. Työntutkimusta ei suoriteta kokonaisuudessaan uusiksi, vaan nojataan vanhoihin tutkimuksiin sekä omakohtaiseen tarkasteluun. Aihe rajattiin koskemaan yhtä vuoromallia ja sen tarvitsemaa tahtiainaa sekä resurssitarvetta. Pohdintaosiossa käsitellään tulevaisuuden muutoksia ja tarpeita.

Suurimpana haasteena on yhdistää kaksi tuotantosolua yhdeksi linjaksi. Toiminta tapahtuu nyt kahdessa vuorossa. Tuleva layout ja resurssit määritellään yhden vuoron mukaan. Työ on yrityksen kannalta tärkeä, kun alati kehittyvä tuo-

tanto vaatii useamman kokonaisuuden suunnittelua, joten helpotamme työkuormaa ja nopeutamme muutosaikataulua tutkimalla määritetyn kokonaisuuden. Molemmat työt ovat periaatteeltaan samankaltaisia eli metsäkoneiden kuorintaan kokoontamotyötä. Tarkoituksena on yhdistää puomi, jatkepuomi ja kääntölaite yhdeksi kokonaisuudeksi ja suorittaa esivalmistelut sekä liittyvät osakokoonpanot. Niin ajokoneiden kuin harvesterien kasauksessa on toisistaan poikkeavia nostoja ja siirtoja sekä viimeistelyvaiheita. Nosturityöskentely ja työpisteen sisäiset siirrot täytyy miettiä samankaltaistamalla työskentely tai muuten siirrot pitää mahdollistaa nostoapuvälineiden avulla.

1.4 Tavoitteet opinnäytetyössä

Opinnäytetyön tavoite on tehdä valmis pohjapiirros ennen kaikkea toimiva ja totuudenmukainen. Totuudenmukaisella tarkoitamme, että raportti on yrityksen näkökulmasta käyttökelpoinen toteutuksiltaan ja huomioiltaan. Tieteellisen perustan tulee olla vankka ja tukea suunnittelutyötä kaikilla osa-alueilla. Oma oppimismme vahvistuu, saadaan koulutukseen kuuluvaa kokemusta ja muutamme teorian käytännöksi.

Isomman projektin läpivienti ja työn aikatauluttaminen todelliseen työympäristöön on suurin tavoite. Pienimmätkin yksityiskohdat pyritään ottamaan huomioon. Valmis työ ei tule käyttöön, ellei se ole toimiva, kustannustehokas ja tuo huomattavaa parannusta entisiin solumalleihin.

2 Tuotantoprosessit

2.1 Projektituotanto ja yksittäistuotanto

Lähtökohtana valmistamiselle on tarpeeseen ja kysyntään vastaaminen. Kautta aikojen tuotteita on tuotetta käsityönä. Tällä tarkoitetaan tuotteen valmistamista määriteltyyn tarpeeseen. Valmistettavat asiat vaihtelevat ja ovat erilaisia keskenään. Nykyaikanakin on käsityönä valmistettavia tuotteita esimerkiksi kellot ja

taide-esineet. Käsityötä voidaan tehostaa ja tuottavuutta parantaa nykyaikaisella teknologialla. (Teollisuustalous 2016, 270.)

Projekti- ja yksittäistuotanto tarjoavat asiakkaalle räätälöidyn tuotteen hänen tarpeeseensa. Yhtenäinen tekijä kyseisille tuotantomuodoille on toistettavuuden puute. Tuotteen aloitusvaiheessa ei ole selvää koko tuotantoketju eikä alihankkijoiden tarve. Näin ollen valmistusvaiheessa tuotantosunnitelmat elävät ja määrittyvät sen mukaan, kun kohdataan ongelmia tai uusia asioita. (Teollisuustalous 2016, 270.)

Tunnusmerkit projektituotannossa ovat erilaisten tuotteiden valikoiman laajuus, jolloin jokainen on oma projektinsa. Tällöin valmistuksen määrät ovat yleensä suppeita. (Logistiikanmaailma 2021.)

Yksittäistuotanto perustuu tyypillisesti joustaviin resursseihin, jotka kykenevät tuottamaan hyvin erilaisia tuotevariaatioita. Nämä resurssit on usein organisoitu tuotantotehtävän mukaan niin sanottu funktionaalinen layout, jossa samanlaiset toiminnot, kuten esimerkiksi hitsaus ja kokoonpano on ryhmitelty yhteen. Tuotantoon liittyy usein myös tilauskohtaista tuotesuunnittelua. Tuotannossa on kuitenkin tiettyä toistuvuutta, mikä erottaa sen selkeimmin projektituotannosta. (Logistiikanmaailma 2021.)

2.2 Massatuotanto

Viitattaessa prosessituotantoon ja toistuvaan tuotantoon luokitellaan ne massatuotannoksi. Massatuotantoon on pyritty teollistumisen alkuajoista lähtien. Kuluttajien kysyntä tietyille tuotteille ja muutenkin kulutustavaralle on luonut tarpeen valmistaa kustannustehokkaasti suuria määriä. Ennalta määrittäminen ja tavaran rajaaminen tiettyyn kategoriaan mahdollistaa tuotannon tarkan suunnittelun, ja samalla pyritään luomaan tehokas valmistustapa, jolloin samanlaisen tai samankaltaisen tuotteen suurella volyymilla valmistaminen on edullista ja mahdollisimman tehokasta. Työvaiheiden standardisointi ja työntekijän kouluttaminen tiettyyn työvaiheeseen tuo nopeasta tuotantolinjasta hyvin toimivan tuotantolinjan. Asetusaikojen minimointi uusia vaiheita varten jätetään massatuotannossa

vähiin. Laadun näkökulmasta saadaan vakioitua menetelmät, jolloin saadaan tasalaatuisia tuotteita ja ylimääräiset muuttujat minimiin.

(Teollisuustalous 2016, 270.)

Lieveilmionä työn mielekkyys kärsii ja työ ei motivoi tekijäänsä enää samalla tavalla. Työhyvinvointiin kiinnitetään huomiota työnkierrolla ja otetaan työntekijät mukaan kehittämiseen. Työntekijöiden motivointi osoittautuu tärkeäksi, jos työntekijät kokevat tekemisen yksinkertaiseksi ja työ itsessään ei haasta tekijäänsä. Tarpeen kasvaessa maailmanlaajuisesti ja erikoistuvaan kysyntään vastaaminen tuo tarpeen kehittää niin sanottua liukuhihnalla valmistettavaa tuotetta. Samankaltaisesta tuotteesta on oltava lukuisia vaihtoehtoja kuluttajille. Esimerkiksi kuulokkeet ovat hyvä esimerkki massatuotantotavarasta, mutta variaatioita on oltava lukuisia erilaisia, vaikkakin tarkoitus on sama jokaisella tuotteella.

(Teollisuustalous 2016, 270.)

Toistuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan tyypillisesti tuotantolinjoissa, joissa kukin työpiste tekee tarkkaan ennalta määritellyt tehtävät. Toistuvassa tuotannossa haetaan työn tarkalla organisoinnilla kustannustehokkuutta. Tuotteissa voi sinänsä olla paljonkin variantteja, kuten esimerkiksi modernissa auto-tehtaassa, mutta variantit pyritään suunnittelemaan siten, että niiden vaikutus valmistukseen on minimoitu. Tuotannon vaihtelevuus on matala siinä mielessä, että täysin erilaisen tuotteen valmistus vaatii usein uuden valmistuslinjan. Toisessa ääripäässä on prosessituotanto, jota luonnehtivat suuret tuotantovolyymit mutta pieni määrä eri tuotevariaatioita. (Logistiikan maailma 2021.)

2.3 Erätuotanto

Erätuotannossa tuotteita valmistetaan nimenmukaisesti valmistuserissä. Samaa tuotetta valmistetaan toistuvasti, mutta tietynkokoisia eriä kerrallaan. Tuotanto voidaan organisoida esimerkiksi tuotantosoluiksi tai virtautetuksi tuotannoksi.

(Logistiikan maailma 2021.)

Erilaiset tuotteet voidaan valmistaa samalla henkilöstöllä ja laitekannalla kulloinkin määrätyn verran. Tärkeää on tiedostaa, minkä kokoisia eriä kannattaa valmistaa, koska tuotantoerien välissä joudutaan tekemään uudet säädöt laitteisiin ja jopa muuttamaan valmistustapaa enemmän. Nämä ajat yhdessä ovat seisokkia tuotannolle ja puhdasta kulua. Erätuotanto kulkee massa- ja yksittäistuotannon välimaastossa. Tasapainottelu voi olla haastavaa kysynnän vaihteluissa. Ratkaisuja on esimerkiksi asiakastarvelähtöinen erätuotanto, jolloin valmistus alkaa tilauksesta. Laaja tuotevalikoima onkin kilpailuvaltti yritykselle. (Teollisuustalous 2016, 271.)

3 Tuotannon layout

Tuotannon layout käsitteenä tarkoittaa koko tuotantoa koskevaa kaaviota. Layouttiin on kuvattu materiaali sen saapumisesta lähtemiseen, työskentelytilat ja -pisteet sekä kulkureitit tuotannossa. Puhutaan siis koko tehtaan pohjakaaviosta. Layoutin suunnittelussa on syytä olla tarkka, koska se on ohjenuorana kaikelle materiaalivirrälle, jolloin saadaan hyvin virtaava ja tuottava valmistusyksikkö. Ennalta suunnittelu on tärkeää myös resurssien käytön kannalta. Ei ole kannattavaa muuttaa suunnitelmia heppoisin perustein. (Logistiikan maailma 2021.)

Tunnusmerkit onnistuneelle tuotannon layoutille voidaan havaita selkeästä päämateriaalivirrasta, jonka ympärille on rakennettu sitä tukevat toimet. Tukitoimilla pyritään lyhyeen läpimenoaikaan, karsitaan ylimääräiset liikkeet tuotannon eri pisteillä sekä tavaran kuljetuksessa. Tehokas tilan käyttö on tavoite tinkimättä kuitenkaan työntekijöiden tai ulkopuolisten turvallisuudesta. Usein huomataan laadun parantuvan selkeällä ja siistillä työympäristöllä. Layoutit jaetaan prosessilähtöisiin ja tuotelähtöisiin layoutteihin. (Logistiikan maailma 2021.)

Layoutin valintaan vaikuttavat tuotemäärät, valmistuskalusto ja tuotantomäärät. Monesti isoimmista tehtaissa on useita eri layouteja riippuen tuotannon tarpeesta. Joustava ja kysyntään vastaava kokonaisuus onkin tärkein asia. Automaation lisääntyminen ja lyhyet asetusajat vaativat joustavuutta, joten eri

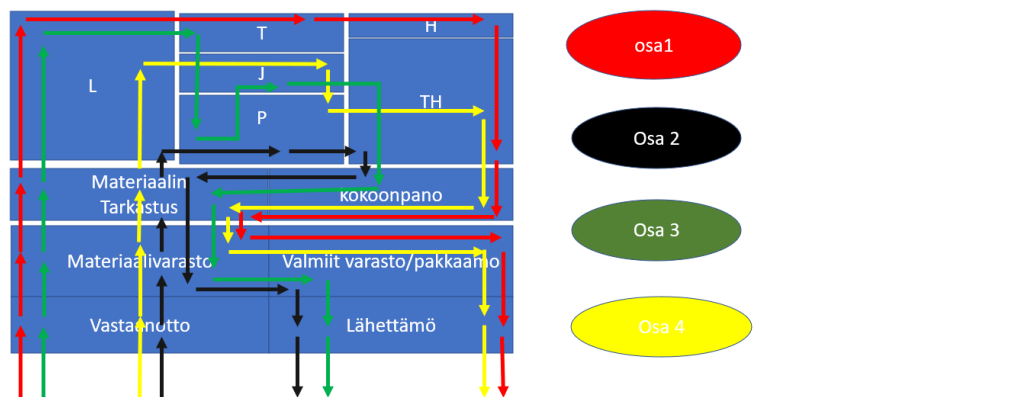
layout-valinnat jäävät kompromisseiksi. Jokaisesta mallista pyritään hyödyntämään parhaat puolet, olipa kyseessä funktionaalinen- tai linjamallinen layout. Kirjallisuudessa painotetaan työvaiheiden sekä vaihekaavioiden tuntemiseen. Kaikki tuotteen valmistamiseen liittyvä tieto ja työtavat on dokumentoitava. (Teollisuustalous 2016, 155.)

3.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout edustaa prosessilähtöistä mallia (kuvio 1). Layout-mallissa on pyritty jäsentämään tietyt toiminnot omaksi osastokseen, esimerkiksi jyrä on oma osastonsa tai metallin työstö kokonaisuudessaan. Seuraava osasto voi olla pakkaus tai maalaus. Kuitenkin suunnitellaan selkeä linja mitä kullakin osastolla tuotetaan ja pyritään samankaltaisuuteen yksikön sisällä. Edellä mainitun kokonaisuuden hallitseminen ja ohjaaminen ovat kuitenkin hankalaa työmääränsä takia ja materiaalin kuluaika muodostuu ongelmaksi. Materiaalinohjaus on myös monimutkaista ja erilaisia keskeneräisiä välivarastoja syntyy helposti. (Logistiikan maailma 2021.)

Työtavat ja työnkulku vaikeuttavat automaatiota. Tuotannon koneet ovat usein monikäyttöisiä ja soveltuvat useampaan työhön. Joustavuus on tärkeää ja vaihtuvuus on rutiinia. Tapa soveltuukin parhaiten yksittäis- ja pientuotantoon. Työnkulun ohjaus on haastavaa ja vaatii tarkan tuntemuksen työnkulusta. Välivarastojen minimointi, tavaroiden siirtely ja läpimenoajat tulee minimoida. (Teollisuustalous 2016, 157.)

Funktionaalinen layout

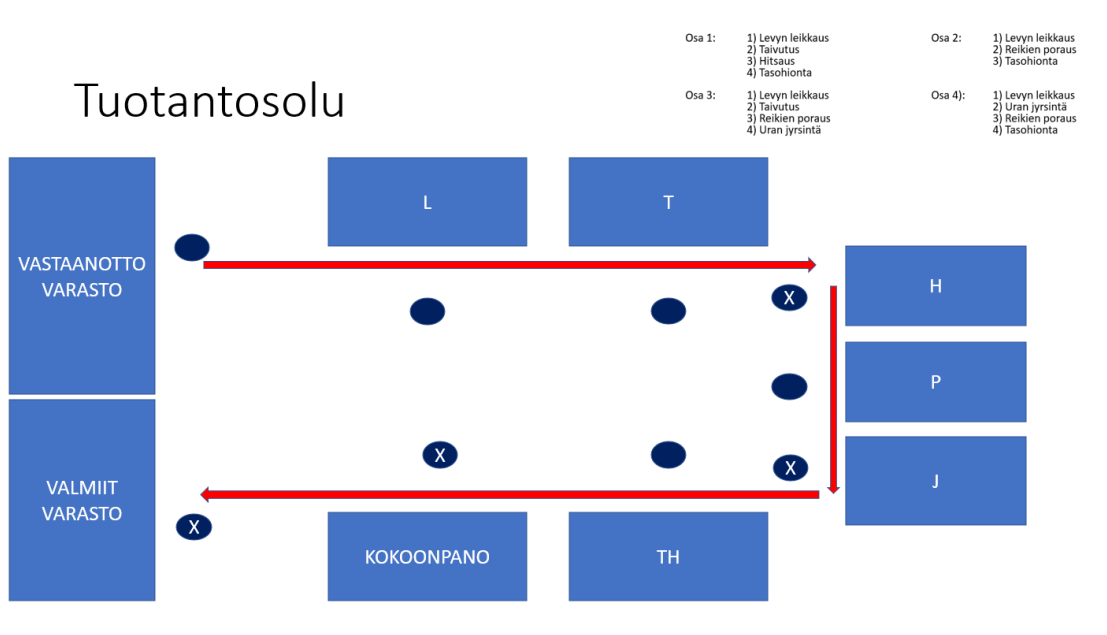


Kuvio 1. (Havu 2020.)

Funktionaalisen layoutin suunnittelun ohjenuorana voidaan käyttää suunniteluohjetta, jossa kaikki työpisteet tukitoimintoihin määritellään kokonaisuutena tilana. Tilan tarve työpisteille sekä muille toiminnoille hahmotellaan. Käytetään esimerkkinä jotain tiettyä tuotetta ja lasketaan siirtokerrat sekä valmistusvaiheet. Piirretään nuolikaaviona keksittyyn tilaan kuljetukset ja vaiheet. Tässä vaiheessa otetaan huomioon turvallisuus ja ergonomia. Poistetaan kaavioista pitkät siirtomatkat ja epäedulliset varastointipaikat. Tuotetaan useampia pohjakaavioita, joiden välillä suoritetaan vertailua esimerkiksi siirtokertojen määrällä. Tässä vaiheessa tarkastetaan trukkikäytävät sekä muutkin materiaalin siirrot. (Teollisuustalous 2016, 157, 158.)

3.2 Solulayout

Tuotelähtöisistä layout-malleista solulayout on tyypillinen pientuotannon valmistustapa (kuviot 2). Suunnittelu noudattaa tuotannon normaalia kulkua. Yleisesti tuote kokonaisuudessaan valmistetaan yhdessä solussa tai puolivalmisteena. (Logistiikan maailma 2021.)



Kuvio 2. (Havu 2020.)

Solumallissa tuotanto voidaan järjestellä osa komponenttien tai kokonaisten tuotteiden valmistamiseen tarvittavien vaiheiden ja työkalujen mukaisesti. Useammasta solusta koostuva kokonaisuus palvelee viimeistä solua, jossa kokoonpano saatetaan valmiiksi. Yhdessä tehtaassa on tarpeen mukaan lukuisia soluja. Kirjallisuudessa puhutaan työn monipuolistamisesta ja erikoisosaamisen kartuttamisesta. Työntekijät osaavat koko solun toiminnan alusta loppuun. Kuvainnollisesti solulayout on välimalli tai yhdistelmä linjamallista ja funktionaalista layoutista. Malli tulisi suunnitella niin, että materiaalin kulku tapahtuisi joutuisasti ilman välivarastoja. (Teollisuustalous 2016, 161, 162.)

Tasapainottelemalla ja hienosäätämällä soluissa tapahtuvaa toimintaa. Jokaisen solun olisi päästävä samoihin valmistusaikoihin ja yhtenäisesti tuotettava materiaalia seuraavaan pisteeseen. Valmistettavien tuotteiden asetusajat eri laitteilla saadaan näin minimiin. Tuotannon ollessa samankaltaista, solumalli on tuotannon kannalta tehokkain ja tuottavin verrattuna funktionaaliseen- tai linjalayoutiin. (Teollisuustalous 2016, 161, 162.)

Tuotannonohjauksen kannalta tarkastellaan koko solua ja sen toimintaa. Materiaalin virtaus on tärkeää määrittää, tuotannonohjauksen ja laadunkin kannalta. Peräkkäin tapahtuvat työvaiheet on helpompi tarkastaa laadun kannalta. Kun

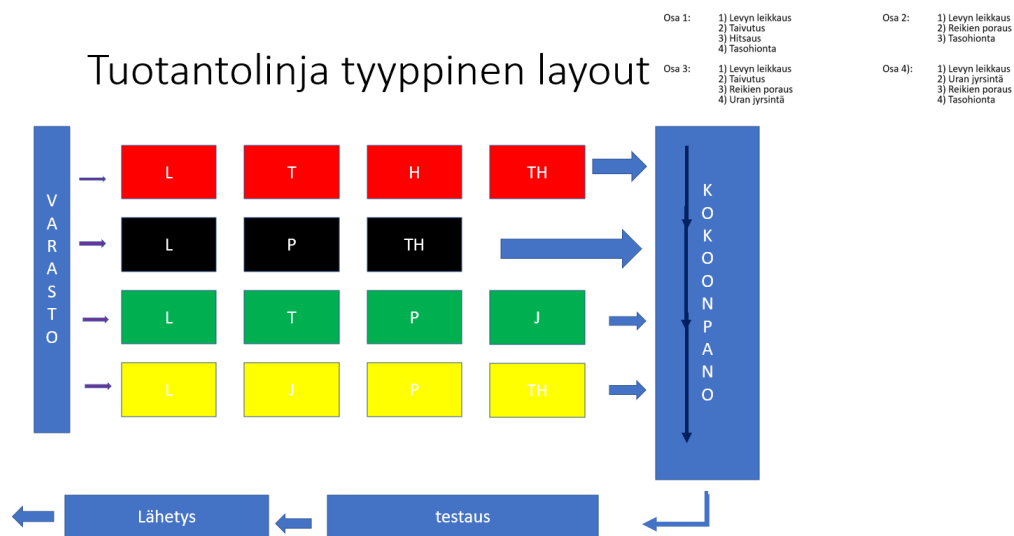
yksi solu vastaa koko tuotteesta, laatuvirheet tulevat helpommin ilmi välivaiheiden välillä. Jos esimerkiksi kappaleeseen tarvittava pinnan suoruus koneistetaan kiinnityskohtien mukaisesti kohtisuoraan, on tämä vaihe tärkeä, jotta kappale saadaan asetettua paikoilleen. Kun tämä toimenpide työstämisestä kiinnitykseen tapahtuu samassa solussa, voidaan olla varmoja, ettei laadun kannalta virheellistä tuotetta siirry eteenpäin ja haittaa tuotantoa myöhemmissä vaiheissa. Silloin kun työntekijät vastaavat itse laadun tarkastamisesta ja korjaustoimenpiteistä, laatuun kiinnitetään herkemmin huomiota jo valmistusvaiheissa. Kirjallisuudessa mainitaan esimerkkejä positiivisesta vaikutuksesta työntekijöihin. Annetaan muun muassa suurempi mahdollisuus vaikuttaa omaan työhön ja työskentelytapoihin. Vastuun kasvamisen ja työtehtävien lisääntyminen myötä on tekijänkin helpompi suunnitella työnsä kulkua.

(Teollisuustalous 2016, 161, 162.)

Periaatteena mallin suunnittelussa käytetään tarvittavan tuotteen tai komponentin valmiiksi saattamista yhdessä solussa. Tarvittavat tekijät ja työkalut sijaitsevat siis saman solun sisällä. Koko lattiatason toiminnan tulee noudattaa työnkulkua alusta loppuun. Solulayout-mallissa pyritään välttämään turhia siirtomatkoja. Pieniä välivarastoja voi syntyä, mutta isompia vältetään. Alkusuunnitteluun otetaan mukaan työvaiheiden tuntijoita. Solujen toiminta kehittyi osaamisen kasvaessa ja läpimenoaikaa tulisi seurata, kun jokainen työntekijä osaa ja tottuu työhön. (Teollisuustalous 2016, 162.)

3.3 Tuotantolinja

Tuotelähtöisiin layoutteihin lukeutuu myös tuotantolinja (kuviokuva 3). Tuotantolinja määritellään pakkotahtiseksi tai vapaatahtiseksi. Nimensä mukaisesti tuote kulkee linjassa valmistuen aste asteelta. Pakkotahtisessa tuotantolinjassa tuotteet noudattavat tahtiaikaa, jolloin tietyn ajan kuluessa linjassa tuote nytkähtää eteenpäin, esimerkiksi autotehtaissa. Vapaatahtisessa mallissa tuote kulkee linjassa noudattaen vapaampaa aikataulua eri työpisteiden välillä antaen mahdollisuuden erilaisille tuote variaatioille. Toki koko linjan tasapainottamisessa on omat hankaluutensa. Molemmat esimerkit on mahdollista optimoida tuottaviksi vaihtoehtoisiksi tehtäisiin ja kehittää edelleen. (Logistiikan maailma 2021.)



Kuvio 3. (Havu 2020.)

Työnkulku määrittää laitteiden ja henkilöstön asemoinnin. Virtaus järjestetään alusta loppuun. Parhaimmillaan linja on automatisoitu, jolloin työvaiheet voidaan suorittaa liukuhihnalla tai sen välittömässä läheisyydessä. Materiaalisiirrot voidaan minimoida, suurten tuotekokojen valmistamisessa on tärkeää poistaa kaikki ylimääräinen työskentely. Kuormitusasteen pysyminen korkealla kertoo linjan toimivuudesta. Alkuinvestointi linjamallissa on suuri, mutta jatkuva pyrkimys tehostamiseen tiputtaa valmistuskustannuksia ja saavuttaa suuren hyödyn isoissa tuotemäärissä. Jälkikäteen kapasiteetin kasvattaminen ja muutokset tuotteissa vaativatkin isoja investointeja ja ovat hankalasti toteutettavissa. Tuotannon häiriöt ja muutokset vaikuttavat herkästi linjaan. Laadun tarkkailu onkin tärkeää nopeatahtisessa ympäristössä. Heikkoa laatua tulee linjasta nopeaan tahtiin, ellei syytä saada kiinni ajoissa. Ohjaus on selkeää tuotteen kulun ollessa suoraviivainen, millä varmistetaan jokaiseen vaiheeseen oikeat resurssit. Tahti-aika on hitaimman pisteen mukaan, joten optimointiin eli tasapainottamiseen pitää löytyä tukitoimia. Tasatahtinen linja vaatii työpisteitä ja resursseja oikean määrän. Ylimääräistä aikaa kutsutaan tyhjäkäyntiajaksi, joka on tahtiajan ja vaiheajan erotus. (Teollisuustalous 2016, 159, 160.)

Suunnitteluohjeina linjamalliin on tärkeä määrittää tuotteen työvaiheet ja materiaaltarpeet. Työjärjestyksestä piirretään kaavio siitä valmistusjärjestyksestä

millä tehtävät pitää suorittaa ennen eteenpäin siirtymistä. Kokonaisaika mitataan kellottamalla työtä. Tahtiaika lasketaan seuraavalla kaavalla. Kaavassa 1 aika tarkoittaa käytettävää tehollista työaikaa määrättyssä ajanjaksossa.

$$\frac{T}{Ht} = tT \quad (1)$$

missä

T = aika

Ht = haluttu tuotanto

tT = tahtiaika

Tarvittava määrä työpisteitä saadaan kaavalla 2.

$$\frac{Kt}{tT} = Tm \quad (2)$$

missä

KT = kokonaisaika

tT = tahtiaika

tm = työpisteiden määrä

(Teollisuustalous 2016, 160.)

3.4 Virtautettu layout

Viimeisenä layout-mallina on virtautettu layout. Termillä tarkoitetaan useamman layout-tyypin yhdistelmää. Kuvitellaan isompi tehdas kokoonpanolinjoineen. Päävirtaa tukee useammat pienet solut tai funktionaaliset järjestelmät. Päätuote kulkee siis tuotelinjassa, jota syötetään komponenteilla tai niiden kokonaisuuksilla. (Logistiikan maailma 2021.)

3.5 Layoutin kehittäminen ja vertailu

Layoutin kehityksessä perusajatuksena pidetään suunnitelman sekä tämänhetkisen tilanteen mallintamista, joko 3D-mallina tai luonnospaperille. Spagettikaaviota pidetään hyvänä tapana aloittaa nykytilan kartoitus. Lyhykäisyydessään tarkoitetaan viivakaaviota, joka kuvaa materiaalivirrat ja ihmisten liikkeet. 3D-mallilla on helpompi kokeilla useampia vaihtoehtoja ja tutkia virtausta, jolloin voidaan suunnitella toimivin layout-malli. Mallintamisessa on tärkeää ottaa huomioon tulevaisuudensuunnitelmat niin pitkälle kuin mahdollista tai järkevää. Huomioidaan layoutmuutosten todelliset kustannukset jo tässä vaiheessa. Mallin tuottaminen on kannattavaa niin pienissä kuin isoissakin projekteissa, tarkastelu tuottaa usein erilaisia ideoita ja voidaan huomata tulevia ongelmakohtia ennen todellista tilannetta. (Logistiikan maailma 2021.)

Tuotannon lattiataason muutokset vaativat aina investointeja sekä tuotannon keskeyttämistä. Alkujaan on hyvä määrittää tarve ja miettiä tulevaisuutta. Onko tarvetta muutoksille vai ennustetaanko tuotannon pysyvän samana. Voidaanko kysyntään vastata vain kapasiteettia muuttamalla, vai tuleeko toteuttaa muutoksia asennuspisteiden järjestelyissä. Kiinteitä isompia koneita, esimerkiksi koneistuskeskuksia, ei tietenkään ole kannattavaa siirrellä myöhemmin, eikä ottaa huomioon sen kaltaista vaihtoehtoa. Alla oleva kuvio 4 esittää esimerkin vertailusta. (Teollisuustalous 2016, 164.)

	Vahvuudet	Heikkoudet, haasteet
Tuotantolinjalayout	Tehokas ja selkeä materiaalivirta Pieni keskeneräisen tuotannon määrä Pinta-alan käyttö tehokasta Tuotannon ohjaus helppoa	Vaikea laajentaa jälkikäteen Heikko joustavuus valmistettavan tuotteen suhteen Suuret perustamiskustannukset: onko Valaisinpajalla tarpeeksi pääomaa Vaatii korkean kuormitusasteen, jotta kannattava: riittääkö pajalla kysyntä?
Funktionaalinen layout	Erittäin joustava valmistettavan tuotteen ja kasvun suhteen Alkuinvestointi suhteessa pieni Sietääkö häiriöitä ilman, että tuotanto keskeytyy kokonaan	Pinta-alan käyttö ei välttämättä kovin tehokasta Materiaalivirrat sekavia, mahdollisesti hitaita ja jopa vaarallisia Vaatii paljon ohjausta ja tukitoimia
Solu-layout	Investointitarve kohtuullinen Pinta-alan käyttö on mahdollista suunnitella tehokkaasti Materiaalivirrat selkeitä Työympäristöltään motivoiva Solut voivat erikoistua tiettyihin valaisimiin	Valmistuksen ohjaus tuotantolinjaa vaikeampaa Kasvu vaatii suuremman panostuksen kuin funktionaalisella layoutilla Työpisteiden ja -koneiden kuormitusasteet vaihtelevat suuresti

Kuvio 4 (Teollisuustalous 2016, 164.)

4 Prosessien kehittäminen

Prosessilla teollisuuden yrityksissä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu tehtävien ja tapahtumien yhteen nivoutumisesta. Prosessi alkaa siis asiakkaan tarpeesta ja päättyy lopputuotteeseen, joka vastaa asiakkaan tarvetta. Näin ollen koko tuotantoa ja tukitoimia on syytä ajatella kehitettävänä prosessina. Kokonaisuus näkyy asiakkaalle ja vain sillä on todellinen merkitys kilpailukyvyyn, tunnettavuuden ja markkina-asemaa ajatellen. Toiminnan kehittäminen kokonaisuutena, päinvastoin kuin osioiden pilkkominen, tukee tätä ajatusta.

(Logistiikan maailma 2021.)

Ajatuksena useiden kokonaisuuksien jakaminen eri tahojen alle ja pilkkominen pienimmäksi helpommin ohjattavaksi tuntuu luonnolliselta. Tällä tavalla kehitty nopeasti siiloutumista, jolloin tieto ei kulje osastojen välissä eikä tiedetä mitä toinen tekee. Toiminnoissa tulee helposti päällekkäisyyksiä. Tällöin saman työn tekeminen useissa eri osastoissa on mahdollista. Prosessiajattelussa tulee miettiä jatkuvasti, kuinka organisaatio voi oppia uutta, jolloin kehittyminen on mahdollista. Useista eri toiminnoista tulevat ihmiset oppivat yleensä uutta toisten kokemusten kautta ja oma pienen piirin ajattelu laajenee.

(Logistiikan maailma 2021.)

Perusajatuksena on edelleen pidettävä asiakkaan tarpeen tyydyttäminen, joten kaikki ylimääräinen toiminta on pois tästä kehityksestä. Päällekkäiset työtehtävät ja usean sähköpostin viestiketjut kulkevat parhaassa tapauksessa osastolta osastolle tiedustellen, kuuluisiko tämä teille. Ydinajatuksen ymmärtämiseen ja käyttöönottoon tulisi keskittää riittävästi resursseja. Toisin sanoen yrityksen toiminta on prosessi, jota ylläpidetään jatkuvalla kehityksellä ja sitä tukevat lukuisat aliprosessit. (Logistiikan maailma 2021.)

4.1 Kapasiteetin suunnitteleminen

Kapasiteetti voidaan suunnitella koko yritykselle, tietylle osalle liiketoimintaa tai tietylle tuotteelle. Markkinoiden kysyntä ja tuleva tarve pyritään ennustamaan

mahdollisimman tarkasti. Yritykselle on tietty määrä kapasiteettia ja se pitää kohdentaa oikeaan tarpeeseen oikealla hetkellä. Kapasiteetin lisääminen tarkoittaa laitteiden ja työtapojen tehokkuuden parantamista sekä lisätyövoimaa. Kapasiteettia voidaan kasvattaa ostamalla sitä ulkopuoliselta toimijalta. Nettokapasiteetti voidaan laskea kaavalla 3.

$$\frac{tv}{tt} = nk \quad (3)$$

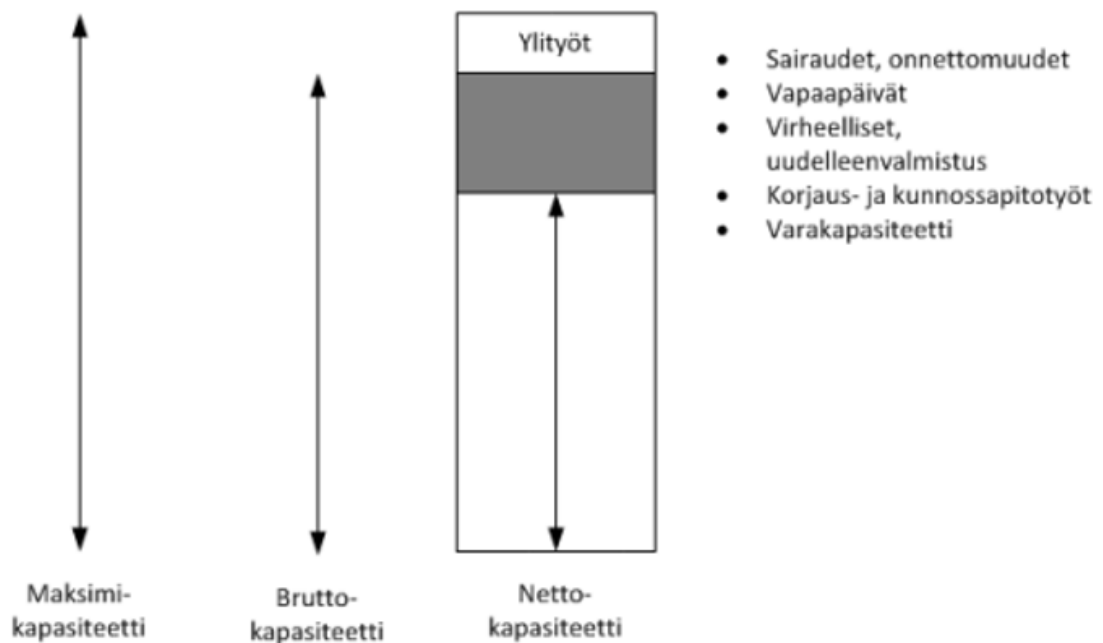
missä

tv = tuotteet vuodessa

tt = teholliset työpäivät

nk = nettokapasiteetti

Tehollisiin työpäiviin ei voida vaikuttaa, jolloin yksinkertaisesti vaikutetaan työpäivän tapahtumiin. (Teollisuustalous 2016, 271, 272.)

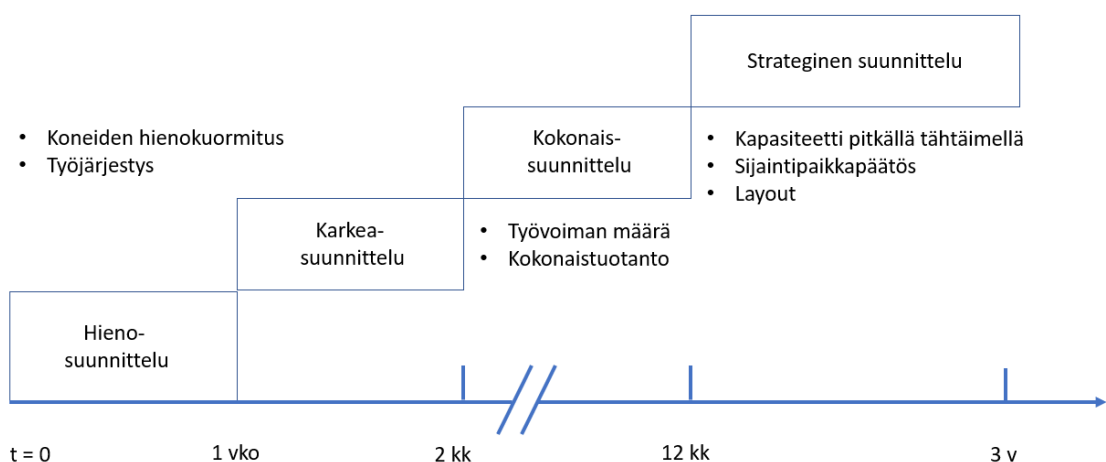


Kuvio 5 (Miettinen 1993, 38.)

Kapasiteetin suunnittelussa halutaan käyttää saatavilla olevien koneiden, laitteiden ja työntekijöiden hyöty mahdollisimman tarkasti. Maksimikapasiteetillä tarkoitetaan jatkuvaa toimintaa tuotannossa täydellä teholla, tämä tilanne ei tietenkään ole muuta kuin laskennallinen sadan prosentin arvo. Bruttokapasiteetti on todellinen käsite, jos kaikki menee suunnitellusti ja muuttujat on poistettu. Tästä vähennetään ylityöt, sairaustapaukset, lomat ja virheellinen tekeminen, jolloin saadaan nettokapasiteetti. Nettokapasiteetti on tyypillisesti seitsemänkymmenen ja yhdeksänkymmenen prosentin välillä bruttoarvosta kuvio 5. Tämä lopullinen käytössä oleva vara on saatava suunnittelulla tarkasti käytettäväksi ja tukitoimintojen on tuettava samaa ajatusta. (Pauli Miettinen 1993, 37.)

4.2 Kuormituksen suunnittelu

Lähtötietoina ovat myyntiennusteet ja sisällä olevat tilaukset. Ennusteita tarvitaan, jotta voidaan reagoida muutoksiin tarvittavalla nopeudella. Kasvavaan kysyntään ei voida reagoida, ellei saada tarvittavia materiaaleja tai alihankinnan osia. Varastot ja henkilöstösatsaukset on syytä ajoittaa oikein. Lisähenkilöt tai laitehankinnat aiheuttavat aina työaikojen kasvua varsinaiselle tuotannolle, harjaantumisesta ja ylösajoista johtuen. Toimituskyky ratkaisee nykyaikaisessa markkinataloudessa. (Teollisuustalous 2016, 142.)



Kuvio 6. (Teollisuustalous 2016, 142.)

Kuormituksen suunnittelun lähtökohtana on hyödyntää todennettu kapasiteetti tehtävälle työlle. Kuormituksen suunnittelu voidaan aloittaa tehtaan lattiatasolta

kokonaiskuvaan (kuvio 6). Nämä lattiatason osa-alueet muodostavat kuormitusryhmiä. Monesti valvonta ja suunnittelu kohdennetaan kriittisimpiin kokonaisuksiin tai osa-alueisiin. Esimerkiksi koneistuskeskus, valmiiksi rajallinen ja erilaisille häiriöille altis tuotantolaitte on syytä suunnitella mahdollisimman todellisesti kaikki muuttujat huomioon otettuina. Poissaolojen aiheuttamaa haittaa tai laiterikkojen mahdollisuuden vähättelyä kannattaa välttää. Jos päädytään tilanteisiin, joissa suunniteltu kapasiteetti ei riitä kuormituksen tasaamiseen, lyhytaikaisin keino on ylityöt. Seuraavaksi pitää harkita lisälaitehankintoja tai lisätyövoimaa. Tiivistelmänä kuormitus on yhtä kuin nettokapasiteetti. Nettokapasiteetin laskennassa on jo otettu huomioon poissaolot, virheet ja kunnossapito. Pelkistetty kuormitussuunnitelma aloitetaan jakamalla vuoden tilauskanta eli tulevat ja tehtävät työt viikoille tai päiville kulloisenkin yrityksen palvelemaan tarkoitukseen, jolloin kuormituksen kuvaaja on tasainen viiva. Seuraavaksi tehdään nettokapasiteetin kuvaaja. Siihen tulevat lomat, pyhäpäivät ja muut suunnitellut seisahdukset tuotannossa. Näin ollen todetaan, mitä voidaan tehdä milloinkin. Kuormitus tasataan tällä kuvaajalla koko vuoden ajalle, jos huomataan tässä vaiheessa ylikuormitusta. Siihen puututaan välittömästi tai jatketaan tavaran toimitusaikoja. (Pauli Miettinen 1993, 38.)

4.3 Hienosuunnittelu

Termiä *hienosuunnittelu* käytetään yleisesti kuvaamaan jo olemassa olevan tuotannon tarkastelua yksityiskohtaisemmin. Hienosuunnittelussa tulee tuntea työvaiheet, ajat ja tavat hyvin tarkasti. Suunnittelu toteutetaan seuraamalla ja dokumentoimalla tuotantoa. Kokonaiskuvan jälkeen pyritään keskittymään ja poistamaan niin sanottuja kiinteitä aikoja, ovatko ne esimerkiksi nosturilla nostoja, materiaalin odotusta vai muita asetusaikoja. Nämä seikat selvitetään yleensä työntutkimuksella. Myös tuleva tuotanto tulee tuntea. Voidaankin huomata, että muutama työvaihe onkin järkevää suorittaa aina perättäin, jolloin tuleva tuotanto suunnitellaan sen mukaan. Myös häiriöiden tutkiminen on tärkeää. Perusasioita hienosuunnitteluun ovat esimerkiksi asetusaikojen minimointi. Olipa kyse laitteen muokkaamisesta toiselle tuotteelle tai nostolaitteen ketjujen vaihdosta, on

tärkeä tutkia voiko tätä aikaa pienentää tai poistaa samankaltaistamalla tuotantoa tai tuottamalla samaa tuotetta perättäin. Toimitusjanan säilyttäminen ja asetusajkojen pienentäminen on ihannetilanne. (Teollisuustalous 2016, 149.)

Toiseksi tutkitaan rajoitteet. Rajoitteet sitovat kapasiteetin tiettyyn työvaiheeseen kiinteäksi ajaksi. Otetaan esimerkkinä ilmastoinnintäyttö valmistettavaan kulkuneuvoon, työntekijä ei voi vaikuttaa kuinka nopeasti toimenpide tapahtuu. Sama tapahtumasarja tapahtuu aina automaattisesti. Tiettyyn työvaiheeseen on siis sidottu kiinteä aika. Näin ollen työvaihetta voidaan muokata niin, että suoritetaan muita töitä sen aikana ja linjan suunniteltu tahtiaika on vähintään tämä sidottu aika. (Teollisuustalous 2016, 149–150.)

Arvovirran ohjauksessa käytetään työntö- tai imuohjausta. Työntöohjauksessa kuvainnollisesti työnnetään tuotteita valmistukseen. Eli tuotteilla on vakioaika, jonka perusteella valmistuksessa aloitetaan aina uusi tuote. Tämä tapa on siinä mielessä hankala ohjausperiaate, että häiriöiden ja vaikka isompien laiterikkojen takia voi syntyä isojaikin välivarastoja. Tuotannonohjaus on haastavaa, kun joutuu ennustamaan tulevaa. Myös sisäinen logistiikka joutuisi toimimaan samalla periaatteella. Nykyään suuremmat tuotantolaitokset, hyödyntävät imuohjausperiaatetta. Toisesta päästä valmistuva tuote imee uuden tuotteen linjaan. Samainen imu toimii materiaalivirroissa, eli varastot ovat myös kyseisellä tavalla ohjautuvia. Materiaalin loputtua uusi lähetys pienemmältä välivarastolta saapuu hetken kuluttua täydennykseksi. Imuohjauksessa tuotannon ennakoiminen tarkoittaa tahtiaikojen tuntemusta sekä nopeaa puuttumista häiriötilanteisiin. Suuremmat valmiiden komponenttien varastot saadaan minimiin ja väliaikaisia puskuripaikkoja voidaan helpommin hallita, sekä tilan käyttö tehostuu. (Teollisuustalous 2016, 150.)

Ohjaukseen ja tietojärjestelmiin on syytä panostaa ja varmistaa tehokas toiminta. Hyvä toiminnanohjausjärjestelmä takaa tuotannon esimiehille ja muille vastaajille hyödyllisen työkalun. Ohjaus perustuu yksinkertaisuuteen. Näytetään tarvittava määrä tietoa, joka on helppo käsitellä sekä tehdä johtopäätöksiä. Tietoa tuotetaan useammasta lähteestä, esimerkiksi työstökoneet, robotit jne. Ny-

kyaikana tiedetään datan tarve. Vaikkakin puhutaan tuotannonohjauksesta, tulee huomioida samainen tieto myös tuotteiden myynnissä ja aikataulujen laadinnassa. Tarkoituksena on lopulta ilmoittaa ja tuottaa asiakkaalle tarkalla aikataululla tuote. (Teollisuustalous 2016, 151.)

Optimointikäsite on viimeinen askel hienosuunnittelussa. Ohjauksessa ja suunnittelussa syntyy keskenään päällekkäisiä tai pois sulkevia asioita. Optimoimalla tuotanto, pyritään näistä eroon. Kaikki päällekkäiset tai toisia vaiheita estävät menetelmät käsitellään ja korjataan parhaan mukaan. Suunnittelutaso ja linjataso ovat hyvin kaukana toisistaan. Esimerkiksi tuotannon suunnittelija, joka siirtää tärkeän asiakkaan koneet muiden edelle. Näin ongelmaksi muodostuu, onko materiaalit tilattu, miten vaikuttaa tuotannon kulkuun ja mitä ilmoitetaan muille asiakkaille, jos heidän tuotteensa myöhästyy. Silloin kun järjestelmät keräävät jatkuvasti tietoa ja on hankittu tehokkaat työkalut, ohjaajan on helppo simuloida ja tutkia vaikutukset tämän kaltaisissa päätöksissä.

(Teollisuustalous 2016, 151.)

5 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjaus kulkeutuu toimiston tasolta lattian tasolle. Hienosuunnittelussa saatu tieto työvaiheista, ajoista ja ongelmakohdista hyödynnetään ohjaukseen. Termiin kuuluvat yksityiskohtien ja työtehtävien valvominen, raporttien tuottaminen ja työnkulun ohjaaminen. Opinnäytetyön aiheen mukaisesti keskitytään linjamallin tuotannonohjaukseen. Linjamallissa on tärkeää osata kohdistaa resurssit oikeaan paikkaan ja kohtaan. Jokaisen työn vaatima resurssi on selvillä ja työtehtävien muuttuessa on jo huomioita tarvittava valmistusaika. Tarkennetaan esimerkiksi optiorakenteet, jotka vaihtelevat kussakin tuotteessa. Osa optioista tuo huomattavan lisätyön verrattuna muihin pienempiin lisäyksiin. Ei ole sopivaa, jos nämä kuormittavat linjaa toistuvasti. Muodostetaan työmääräykset niin, että kuormittavampi seuraa helpommin valmistettavaa, jolloin kokonaisaika pysyy raamien sisällä. (Teollisuustalous 2016, 153.)

Työmääräykset tarkoittavat paperista, elektronista tai muulla tavoin esitettävää tietoa, jolloin asentajien tiedossa ovat komponentin tai komponenttien kasaukseen tarvittavat tiedot. Samaista tietoa hyödynnetään materiaalin tilauksissa. Parhaimmillaan toiminta on automaattista. Kun työ aloitetaan, voidaan suoraan nähdä työhöjeet, materiaalityrve ja piirustukset kyseiseen kokoonpanoon. Työt määritellään päivä-, viikko- tai kuukausikohtaisesti.

(Teollisuustalous 2016, 153.)

Työnmäärityksen loppupäässä on toteutuneen työn seuraaminen ja tietojen tallennus. Alusta loppuun ja lopusta alkuun tietoa tallennetaan, jolloin voidaan suunnitella, parantaa ja kehittää jatkuvasti tehokkuutta. Aloituksen ja lopetuksen seuraaminen on perusasia, josta saadaan suoraan käytetty aika, eli tehokas työaika. Resurssien käyttöä seurataan tuottavuutena. Luku itsessään ei anna oikeaa tietoa, jos ajat tai resurssit on määritelty väärin. Ei ole merkitystä onko tehokkuus viisikymmentä tai sata prosenttia, jos parametrit ovat väärät. Luku kertoo tosiasiasa puutteet työn suunnittelussa ja johtamisessa. On todella tärkeää yrityksessä perehdyttää jokainen tuotannon sanastoon ja niihin seikkoihin joita seurataan. (Teollisuustalous 2016, 154.)

6 Materiaaliohjaus ja toteutustavat

Materiaaliohjaus on tuotannon kannalta tärkeimpiä peruspilareita menestyvään tuotannonohjaukseen. Tavoite on saada tarvittava määrä, oikea laatu ja kohtuullisin kustannuksin tavara sitä tarvitseville osa-alueille. Ostotilaukset, tulevan tavaran laadunvalvonta sekä varastot ja siirrot muodostavat kustannukset materiaaliohjauksen toiminnalle. (Logistiikan maailma 2021.)

Hyöty menestyneelle ohjaukselle on varastoihin sidotun rahan vähentäminen. Tehokkuus paranee ja asiakkaalle ei koidu ylimääräisiä kustannuksia. Ohjauksen pääalueina ovat varastot, materiaalin hankinta ja siirrot. Tavaravirtojen tulee olla säännöllisiä ja tukea muita toimintoja, määrät ja laadut on oltava sovittuja.

(Pauli Miettinen 1993, 69.)

6.1 2-Laatikko

Käytettävä materiaali tai osa on kahdessa peräkkäisessä laatikossa. Käyttöpaikan näkyvillä oleva laatikko on tarkoitettu käyttöön ja toinen täydennykseen. Ensimmäisen laatikon loppuessa, takana odottaa uusi erä. Laatikon tyhjentäminen on viesti varastolle tuoda täydennystä. Jäljellä olevat tavarat kattavat toimitusajan. Näin ollen materiaalia on saatavilla jatkuvasti. Varastojen toimitusajoista ja sisäisistä kuljetuksista riippuen laatikoiden määrä ja eräkoot voidaan valita sopiviksi. (Logistiikan maailma 2021.)

6.2 Kanban-kortti

Kortteja käytetään imuohjautuvassa tuotannossa. Laatikoissa tai kuormalavoilla on tuotannon tilaukseen tarkoitettu oma kortti ja varaston, sekä toimittajan välillä oma kortti. Esimerkiksi, kun asentaja ottaa viimeisen komponentin säilytyspaikasta, hän samalla suorittaa tilauksen varastolle täydennystarpeesta käyttäen kyseisen tuotteen kanban-korttia. Se miten kortin tilaus tulkitaan, on tuotannossa löydettävä hyvä ja luotettava tapa. Varaston oma kortti voi olla viesti väli-varaston täyttöön tai tilauskehotus suoraan toimittajalle. Eli tavaran siirto ja tilaus tapahtuu aina tuotannon kehoitteesta, eräkoot toki on oltava oikeanmukaisesti laskettu tilaus- ja toimitusaikojen suhteen. Varastot aiheuttavat sitoutunutta pääomaa ja tällä menetelmällä sitä pyritään vähentämään.

(Logistiikan maailma 2021.)

6.3 Supermarket

Menetelmällä tarkoitetaan käyttöpaikkahyllyä, josta toiselta puolen tavaraa otetaan tuotannon käyttöön ja varasto täydentää toista puolta. Se tunnetaan myös nimellä läpivirtaava varastopaikka. Järjestelmä perustuu kahteen laatikkoon, josta tyhjentynyt nostetaan signaaliksi täydennykselle esimerkiksi hyllystön sivuun tai päälle, kulloinkin sovitun tavan mukaan. Varasto on siis itseohjautuva

näiden tilauksien suhteen, jolloin tuotannon aika ei kulu muuhun kuin varsinaiseen työhön. Täydennyssignaalin on syytä olla selkeä ja tarpeen mukaan etäältä huomattava virheiden välttämiseksi. (Logistiikan maailma 2021.)

7 Tuotannon työmenetelmien suunnittelu

Työmenetelmällä kuvataan arvoa lisäävän toiminnon toteuttamista. Olipa kyse kone- tai ihmisvoimasta. Tutkimalla saadaan täsmennettyä jokaiseen menetelmää oikeanlainen lähestymistapa. Esimerkkinä voidaan käyttää metallikomponentin katkaisua, johon soveltuvia tapoja ovat termiset leikkaukset, sahaus, painin jne. Mikä näistä soveltuu parhaiten suunnittelunalaan tuotantoon, tulee selvittää. Mikäli valitaan tai todetaan parhaaksi jokin edellä mainituista menetelmistä, on arvioitava, voidaanko sitä hyödyntää muissakin prosesseissa vai tukeeko se vain yhtä osa-aluetta. Tutkimuskohde tai -joukko on syytä valita huolella ja kerätä tietoa myös alueen ympäriltä. Laajennetaan siis näkökulmaa. (Teollisuustalous 2016, 164–165.)

Tehokkaaseen määrittelyyn kuuluvat vaihekohtaiset järjestykset. Koko prosessin vaiheet tarkastellaan, onko järjestys oikea ja mikä on suoritusjärjestys. Monet vaiheet ovat sidottuja edellisiin, joten muokkaaminen ei ole järkevää. Layoutin suunnittelu, tilat, tarpeet, materiaalin siirrot ja työntekijöiden tila tehtävän työn ympärillä. Työmenetelmiin vaikuttaminen voi olla sidottua jo olemassa olevaan konekantaan tai työkaluihin. Investointeja varten täytyy olla perusteet, joten kustannukset ja menetelmät pitää olla tiedossa. Käyttötapakin tulee huomioida. Vanhasta muistista tehtävä työ tai koneen käyttö voi olla huomattavasti tehokkaampaa uudelleen mietittynä. Kehitys ei tapahdu itsestään ja on syytä muistaa, että vaikka samaa työtä on tehty vuosikaudet, ei se ole aina kustannustehokkain tapa. (Teollisuustalous 2016, 165–166.)

Tekemisaika: Varsinaisten työtehtävien suorittamiseen kuluva aika	Apuaika: Työolosuhteiden ylläpitämiseksi tehtyjä, ajoittain toistuvia työtapauksia	Aikahäviöt: Työstä riippumattomat tai poikkeamiin liittyvät häviöt
<ul style="list-style-type: none"> • Valmistelu-aika – tietyn sarjan tai valmistuserän vaatima valmistelu • Työvaihe-aika • Kone-aika – koneen tekemä työ • Käsi-aika – työntekijän joutuisuudesta, materiaalin syötöstä yms. työntekijän vaikutettavissa oleva aika 	<ul style="list-style-type: none"> • Päivävakio – toistuvat työtapaukset, esimerkiksi laitteen käynnistys aamulla tai puhdistus ja sammutus illalla • Materiaalisiirtoihin ja kuljetuksiin kuluva aika • Henkilökohtainen apuaika – henkilökohtaisiin tarpeisiin liittyvät tauot • Elpymis/siirtymisaika – työnrasittavuudesta johtuvat tauot 	<ul style="list-style-type: none"> • Tauko-aika – muut tauot • Häiriö-aika • Keskeytykset • Konevialat

Kuvio 7 (Teollisuustalous 2016, 167.)

Tehokas tapa suorittaa tutkimus on ajankäyttötutkimus kuvio 7. Tutkitaan ja kelloitetaan koko työtapauksia. Seurannassa kerätään tietoa vaiheen aloituksesta lopetukseen ja kerättävä tieto lajitellaan osiin. On tärkeää tiedostaa tarvittavat osat ennen tutkimuksen aloittamista. Koko tekeminen koostuu esimerkiksi työn valmistelusta ennen aloittamista, esimerkiksi materiaalien siirtäminen, työkalujen tai laitteiden valmistelu ja työohjeiden lukeminen. Tauot katkaisevat aina tekemisen päivän aikana ja tämä ei kuulu työaikaan. Työn suorittamisenkin aikana kerätään usein pienosia tai muuta asiaan kuuluvaa tavaraa. Tämä kerätty tieto kertoo kokonaisajan vaadittavaan tekemiseen. Tulevaisuudessa työtä voidaan seurata, esimerkiksi aloitus- ja lopetusajan mukaan, jolloin on jo yksityiskohtainen tieto mitä työaika sisältää. Tulevassa suunnittelussa pyritään vähentämään aikahäviöitä. (Teollisuustalous 2016, 166–167.)

8 Työn tarkoitus ja tavoitteet sekä tutkimustehtävät

8.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Työn pohjimmainen tarkoitus on hyödyntää opittuja, käytännössä hankittuja tapoja, keinoja ja oppeja niin sanotussa oikeassa ympäristössä. Omien ammatillisten taitojen kartuttamisen ja yritykselle tuottaman hyödyn näkökulmasta työn

aihe on ajankohtainen. Suoranainen tutkimustyö koskee osakokoonpanojen yhdistämistä nykyaikaiseen tuotantoon soveltuvaksi linjamallin layoutiksi. Yritys voi käyttää raporttia pohjana tai tietolähteenä uusia tuotantomalleja luodessa ja punnitessa eri vaihtoehtoja. Selkeän raportin tuottaminen juuri kyseiseen tarkoitukseen vaatii tarkkaa työn rajausta, etukäteen tiedon hankintaa ja seulomisen onnistumista. Kaikki ylimääräinen informaatio vähentää varsinaisen työn tulosta.

Tavoitteena on vastata eri linjamallien ja tuotannon termien kirjallisuuden referoimisen kautta täsmällisesti tarpeeseen. Kun luodaan uutta tuotantolinjaa, alkutietoina käytetään nykytilaa, kirjallisuutta ja sen kautta määrätyillä tavoilla, johdonmukaisesti työskennellen päädytään lopputulokseen. Lopputulosta pyritään arvioimaan kriittisesti tulevilla luvuilla ja etsimään ongelmakohtia. Lopulliseen layoutratkaisuun pääseminen vaatii huomattavan määrän työtä. Tiedon paljouden seulonta ja sieltä oleellisen asian löytämiseen, on nähtävä vaivaa. Lyhykäisyydessään tavoite on tuottaa linjamalli päivävuoron tahtiaikaan sopivaksi. Tämän hetken vuorotyöstä siirtyminen yhteen vuoroon vaatii tahtiaikamuutoksen. Tällä tiedolla saadaan linjan työpisteiden määrä ja tarvittava kapasiteetti.

Voidaksemme aloittaa uuden tuotannon suunnittelu, tarvitaan vankka pohjatyö nykytilasta. Tarkasti työskentelytapoja seuraamalla kartoitetaan kokonaisuus. Työtä tutkimalla voidaan todeta tutkimuksen aikainen tila. Tämä ymmärtäen, tutkimusta on laajennettava koskemaan eri konemalleja ja erilaisia ongelmatilanteita. Työskentely tehtaassa ei suinkaan ole aina suoraviivaista alusta loppuun puurtamista. Jokaisen päivän omat ongelmat sekä ratkaisut niihin ja eritoten näiden ennakoiminen, on laadukkaan työn perusedellytys. Itse työ kuormainkoonpanoissa on tuotemallin mukaan kahdesta neljään tuntia. Tukitoimien määrä tähän aikaan pääsemiseksi, tai tulevaisuudessa alittaen, on otettava huomioon. Nykyaikaisen tuotannon kehitykseen liittyvät haasteet ja kehittämisen pakollisuus on pyrittävä ennakoimaan, esimerkiksi millaisia malleja rakennamme tulevaisuudessa, kuinka isoja ne ovat, painavatko osat paljon ja tapahtuuko työskentely korkealla tai matalalla. Tällaiset seikat asettavat jo omat rajoitteensa käsityökaluille, nostureille ja siirtovaunuille. Työntekijöistä ja heidän ergonomiastaan puhumattakaan. Nykytilaosiossa kuvataan ja kerrotaan tämän

hetken työn tekemisen tila. Kuvallisesti ja sanallisesti pyritään lukijalle saamaan käsitys miksi ja miten työtä tehdään.

Varsinaista linjamuutosta ei ole tarkoitus tehdä raportin aikana. Toteutus tapahtuu muiden tehtaan investointien ja töiden ohella kuluvan vuoden aikana. Yrityksen saama hyöty tästä työstä vähentää varsinaisen työajan käyttöä tutkimukseen. Rahallinen summa ja kulutettu aika on suoraan poissa muista kehitysprojekteista. Oletuksemme tulevaisuuden tarpeesta ja tutkimustyömme nykytilasta ei ole siis mitattavissa, muuten kuin kriittisesti suhtautuen ja parasta yrittäen nykytilan perusteella. Hyödyt layout-muutoksissa mitataan suoraan rahana, jolloin kokoonpanoon käytetyn ajan tai työtuntien tulee vähentyä. Tähän pyritään kirjallisuudessa kerrotuin laskelmin ja hukkatyön määrän vähenemisellä. Keskitytään vain kyseisien työpisteiden työskentelytapoihin ja niiden muuttamiseen. Kaiken kattavaan tukitoimien tarpeen ja materiaalivirtojen analysoimiseen ei lähdetä. Todellisen muutoksen jälkeen tulee hienosäätämisen eli optimoimisen aika tuotannon tasolla.

8.2 Tutkimustehtävät

Nykytilan kartoittamisella saatiin selville tutkimuskohteet. Sekalainen työskentelyjärjestys, pitkät siirto- ja materiaalin kuljetusmatkat ja hankala layout aiheuttavat sotkuisen työskentelytilan sekä paljon kävelyä. Nämä asiat asetettiin oletuksina tutkimuksen pääkohteiksi. Nämä seikat vaikuttavat valmistuneiden koneiden lukumäärään. Tietoa on saatava, jos valmistusmäärät vaihtelevat. Ohjeistamalla ja seuraamalla jokapäiväistä tekemistä huomaa helpoiten mihin ja miten työn ohjaamista on keskitettävä. Näillä pohjatiedoilla suoritetaan kysely ja seuranta tutkimuksia. Yleisesti työskentelyajat on jo mitattu liite 1, joten sitä ei tarvitse tutkimukseen ottaa mukaan. Työntekijöitä ja esimiehiä haastatteleamalla voi saada ristiriitaista tietoa, jolloin tiedot on kyettävä seulomaan sekä palvelemaan työn tavoitetta. Yksi tärkeimmistä tehtävistä on olla muodostamatta liian yksinkertaista kuvaa työpisteistä. Prosessityössä työ on monien osien summa, jolloin tutkimus on kohdistettava laajalle alueelle. Varsinkin ongelmien toistuminen, siirtomatkojen pituus, onko aina käveltävä monta kertaa kokoonpanon ympäri hakeakseen oikean komponentin, miksi nykyisellään tarvemateriaalit eivät tule

työpisteen läheisyyteen, miksi taas odotetaan osia, onko materiaalin tilausjärjestelmässä puutteita vai luotetaanko työntekijän tilaukseen jne. Vai automatisoidaanko tilaus, jolloin unohduksille ei ole sijaa.

Tutkimustehtävänä oli myös selvittää laskelmien ja kirjallisuuden avulla vastaus kysymykseen miksi ja miten suunnittelutyö tehdään. Layout-mallit ja kapasiteetin tarve perustuu laskelmiin ja perusteisiin. Tehtävänä on löytää kattavaa ja puolueetonta tietoa aihealueesta. Useamman kirjallisuus lähteen kautta seulottua taustatietoa voi olla aikaa vievää löytää.

9 Tutkimuksen toteuttaminen ja huomiot

Sekalaista työskentelyjärjestystä tutkimalla huomattiin muuttuva koneiden valmistusjärjestys. Pitkän valmistusajan vaatima kokoonpano on hankala siirtää sivuun toisen tuotteen ohittaessa kyseisen tarpeen päälinjalla. Tämä on ratkaistavissa layout-muutoksen kautta, jolloin saadaan useampi työpiste rakentamaan kokonaisuutta ja yhden vaiheen ohittaminen on mahdollista. Oletetaan esimerkiksi, että yksi tuote on jaettu neljään kokoonpanopisteeseen linjamallissa. Huomataan, että päälinja tarvitseekin yhden koneen muutoksen tekojärjestykseen. Oletettavasti se on jo rakenteilla alkupään kokoonpanossa. Kyseiset henkilöt ja toisen kokoonpanon henkilöstö voi tehostaa valmistumista tekemällä yhteistyötä ja työntämällä hetkeksi sivuun aikaisemman tarpeen.

Kohdeyrityksessä valmistukseen tarvittava materiaali kuljetetaan erillisestä osien kittaamosta eli varastosta, jossa kyseisen kokoonpanon tavarat lajitellaan käyttövalmiiksi laatikkoon ja toimitetaan tarvepaikkaan. Näillä toimilla helpotetaan asentajan tarvitsevaa aikaa osien lajitteluun tai etsimiseen. Pyritään, että kaikki on käden ulottuvilla ja parin askeleen päässä. Näiden kittauslavojen tuonti varastohenkilöiden toimesta on saatava aivan kokoonpanon viereen. Tällä toimella saadaan nykytilaan verrattuna vähennettyä kävelyä huomattavasti. Tulevaan layouttiin on varmistettava riittävästi käsittelypaikkoja materiaaleille ja selkeät kulkualueet trukeille. Osakokoonpanossa tarvitaan myös työpis-

teillä kiinteästi sijaitsevia osia, esimerkiksi pultti- ja mutteritavara. Tämänhetkessä tilanteessa osat voivat olla eripuolella kokoonpanoa ja pienosat eripuolella. Osia voi joutua asentamaan kymmeniä, näin ollen edestakaisin ja ympäri kävelyä syntyy tahattomasti. Selkeästi tarvittava tavara pitää olla samalla puolen kuin kasaaminen tapahtuu. Lukijan selvyudeksi kyse on neljän metrin pituisesta kokoonpanosta.

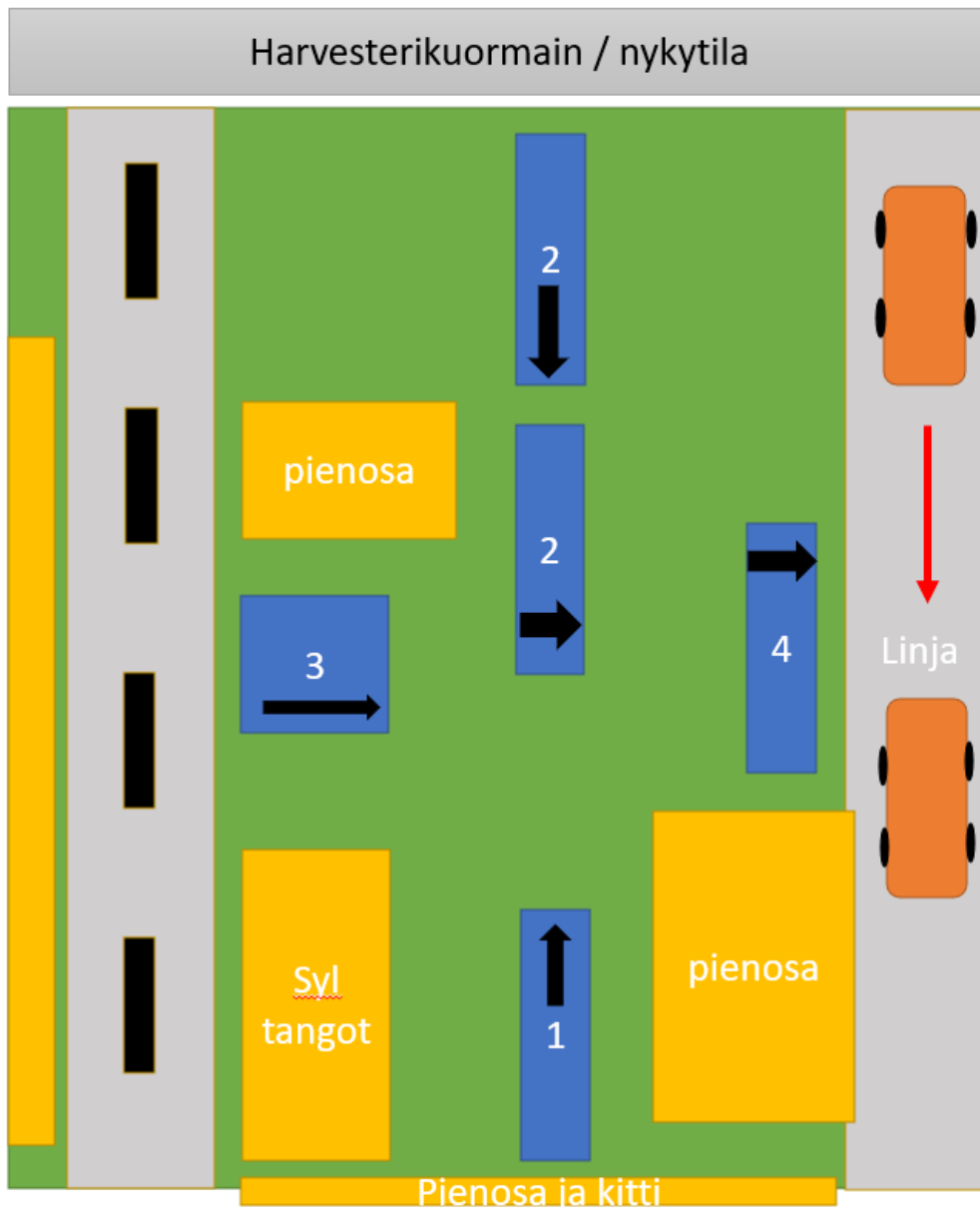
Työpisteen tilan, joka ei ole 5-S tilassa selvittämiseen on hankala löytää syytä, miksi näin on. Haastattelututkimuksen ja työn seuraamisen perusteella kyse voi olla totutuista tavoista. Valmiiksi ahdas sekä sekalainen tila ei edesauta työpisteen järjestyksen ylläpidossa. Materiaalitilausten, eli työpisteelle varastolta niin sanottua kotiin kutsutoimintaa, on seurannan perusteella tehostettava. Tilauksen ja toimitusten välillä ajat ovat hyvin vaihtelevia, myös kittitavaroiden toimituksessa havaittiin samanlaista ongelmaa. Työskentelyajoista puhumatta voidaan todeta, jos tarve on tasatahtiseen työskentelyyn, tulee myös tukitoimien olla tasatahtisia.

9.1 Harvesterikuormainsolun nykytila

Kuviossa 8 esitetään harvesterikuormainsolun nykytilanteinen työnkulku numerolaatikoilla. Solussa työskentelee kahdessa vuorossa seitsemän henkilöä. Tahti aika vaihtelee tuotteiden mukaan kahden ja neljän tunnin välillä. Tahti aikaa on hankala todentaa riippuen työtavoista ja mitä missäkin kokoonpannaan.

Liite 1 huomataan, että pisimmät kokonaisajat ovat noin neljän tunnin luokkaa. Solun toiminta nojaa osaaviin työntekijöihin. Paljon liikkumista ja omaa aktiivisuutta vaativa solu on haastava ympäristö. Yhteen tuotteeseen vaadittava osien hakeminen sekä omatoiminen työnhjaaminen on pidemmän päälle kuormittavaa. Havaitsimme työntutkimuksen aikana huomattavan määrän materiaalin siirtelyä, edestä pois ja takaisin paikoilleen. Kaikki niin sanottu painava tavara tulee jonkinlaisen karrin päällä. Sinänsä varastoa helpottava kuljetustapa ei ole tehokkainta työskentelyn kannalta solussa. Jos komponentteja ei saada välittömään läheisyyteen kasaupaikan kanssa ja asentaja joutuu itse siirtämään tarvittavan materiaalin paikoilleen, ei voida puhua tehokkaasta työajan käytöstä.

Tietoperustassa mainittu tehokas työajan käyttö ja tukitoimintojen tarve ei tällä hetkellä toteudu.



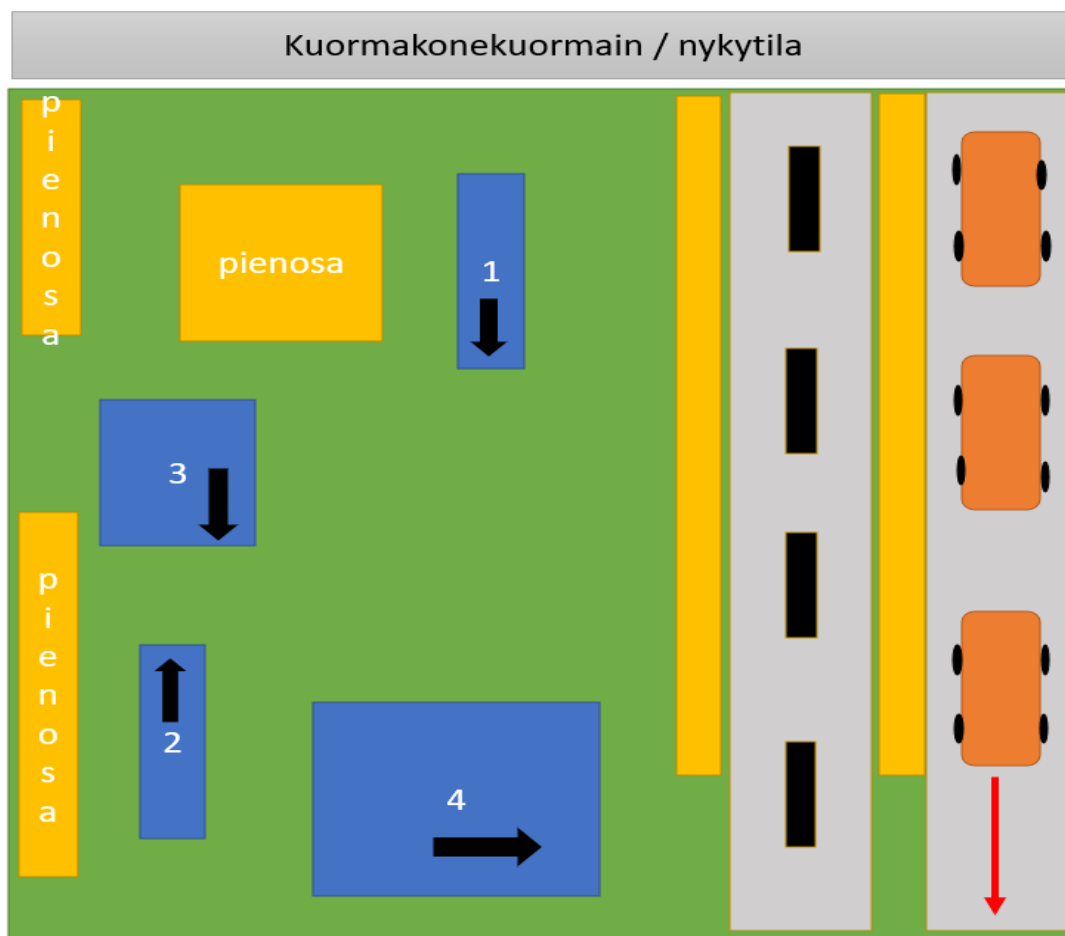
Kuvio 8. Harvesterikuormainsolu.

Kuvio 8 on kuvattu pääpiirteisesti nykyisen solun työjärjestys. Komponentit etenevät sinisten laatikoiden numeroinnin mukaisesti ja keltaiset laatikot ovat tarvittavia pienosia. Pienosalaatikot sisältävät ruuvi, mutteri ja muut tarvittavat osat. Sylinterit ja tangot-laatikon paikalla sijaitsevat isommat nosturilla nostettavat

komponentit. Oikealla kuvassa kulkee koneiden päälinja, johon kuormain nostetaan liitettäväksi. Vasemmalla harmaa tie kuvastaa materiaalikäytävää. Huomaetaan, että keltainen materiaalin täydennyspaikka jää käytävän toiselle puolelle. Kolmas ja neljäs ruudukko ovat nosturipisteitä. Niissä tärkeää on kahden nosturin tarve. Nostotyö on monimutkainen ja komponentin molempiin päihin tarvitaan nostoliinat. Pisteeltä neljä valmis kuormain kuljetetaan tai oikeastaan vedetään siirtovaunulla eli moverilla odotuspaikalle, josta se edelleen liitetään seuraavaan vaiheeseen. Moveriin on suunniteltu adapteri, joka kiinnittyy kasaustelineeseen ja mahdollistaa turvallisen kuljetuksen.

9.2 Ajokonekuormainsolun nykytila

Solussa kuvio 9 työskentelee kuusi työntekijää kahdessa vuorossa. Tahtiajat ovat kahden tunnin molemmin puolin liite 1.



Kuvio 9. Ajokonekuormainsolu.

Siniset ruudut numeroineen kuvaavat solun työvaiheet. Oranssit ruudut ovat pienosien hyllypaikkoja. Oikealle jää trukkikäytävä ja tuotelinja. Tekojärjestys on jokseenkin epälooginen. Tuotantoajat liikkuvat kahden tunnin molemmin puolin. Työnkulku on hyvin selkeä ja työtavat hyväksi havaittuja. Tämän työpisteen osalta linjamalliin siirtymisessä ei oleteta olevan ongelmia. Suoria parannuskoh-teita oli haastava löytää. Työnkulun ohjaaminen suoraviivaiseksi ja materiaalin saaminen suoraan työpisteelle tulisi tehostaa toimintaa. Tärkein asia työnkulun ja solujen yhdistämisen kannalta on, että komponentti kuljetetaan pisteeltä yksi nosturilla aina seuraavalle ja siitä taas eteenpäin numerojärjestyksen mukai- sesti. Toisessa solussa ei käytetä tätä menetelmää, joten mietintään jää kuinka muutetaan työtä tai menetelmiä. Pisteellä kolme kääntölaitteen liittäminen ta- pahtuu taas korkealta telineeltä käsin, joka on varta vasten suunniteltu työpis- teen käyttöön.

9.3 Tutkimusmenetelmät

Työtä tutkittiin paikan päällä seuraamalla työskentelyä. Havainnoimme työsken- telytapoja ja esitimme kysymyksiä usein, miksi mikäkin vaihe suoritetaan näin. Usein kysymys saa loogisen vastauksen ja jos ei, niin mietimme, onko paran- nuksen tarvetta. Vanhoista työajanseurantalomakkeista saimme arvokasta tie- toa eri työvaiheiden kestosta ja varsinaisen työajan ulkopuolisesta työstä. Työn nykytilan layout-mallit jotka näkyvät kuviossa 8 ja kuviossa 9 piirrettiin Power- Point-ohjelmistolla kuvaamaan solua. Valmis malli piirrettiin käyttämällä Micro- soft Visio -ohjelmalla.

10 Tulokset ja tulkinta

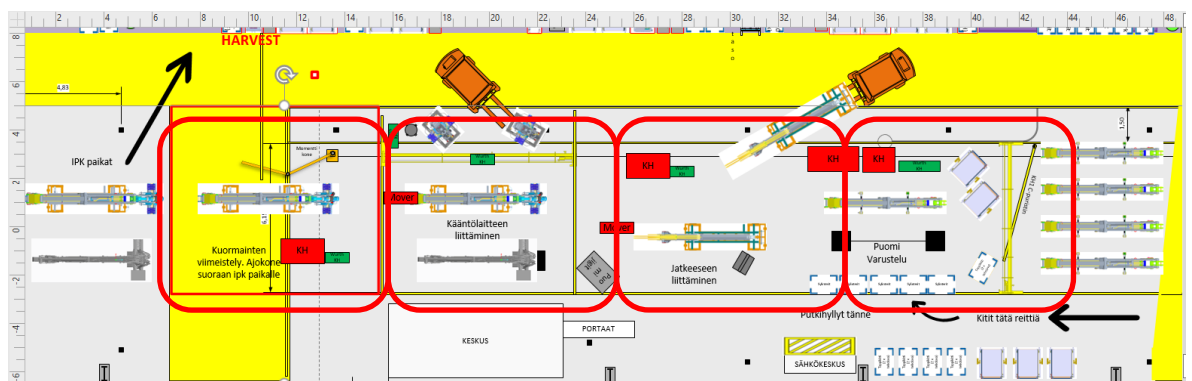
Raportin tuloksena on valmis layout-piirros, joka näkyy kuviossa 10. Työnkulku on oikealta vasemmalle. Reunoissa näkyvä mittakaava on totuudenmukainen. Linjan alkuun asetettiin varastopaikat tuotantoon tuleville puomeille. Alkuvarus- telua ja varaosapuomien helojen varustelu tehdään tässä. Seuraavat pisteet on

työjärjestyksen mukaisesti sijoitettu. Ensimmäinen piste on varattu puomin varusteluun. Varusteluun kuuluu putket, letkut, sylinteri ja tankopaketit.

Toinen sekä kolmas piste on niin sanotut nosturipisteet. Huomion arvoista, että kolmannella pisteellä nosturin puomi on kohtisuoraan linjaan nähden. Tämä johtuu kahden nostimen tarpeesta yhdessä puomissa, pisteellä suoritetaan kääntölaitteen asennus. Toisen työpisteeseen jatkamiseen liitää yhdistetään suoritettavaksi yhdellä nostimella, jolloin molempien kokoonpanojen nostot samankaltaistetaan.

Tahtiaikojen ylimenevä viimeistely työ siirretään neljännelle pisteelle. Nosto pisteillä suoritetaan pääsääntöisesti nostot ja niiden ehdolliset työt. Ehdolliset työt ovat nostotyön mahdollistavia töitä. Muut siirretään seuraavaan vaiheeseen. Kokoonpanoja kuljetetaan vanhaan malliin siirtokoneella eli moverilla. Kolmannella pisteellä kääntölaitteiden liittäminen täytyy yhtenäistää, tätä on kokeiltu ja ideaa pitää kehittää edelleen. Mikäli kääntölaitteiden osalta työn yhdistäminen ei onnistu, jatketaan vanhaan malliin. Tilanpuute ei ole ongelma. Ajokoneen-kuormaimen kohdalla pisteen yksi ja kaksi välinen siirto voidaan suorittaa edelleen nostimella. Siirtokärrä ja moveria hyödynnetään pisteestä kaksi eteenpäin aina loppusäilytykseen asti. Tähän asti työ on tehty nosturilla.

Tahtiaika on noin yhden tunnin, jokaisella pisteellä työskentelee kaksi työntekijää. Työn pilkkomista enemmän osakokoonpanoihin on tarkasteltava tilanteen mukaan.



Kuvio 10. Valmis layout linjamallista.

Seuraavissa laskuissa esitetään perustelut layoutin kuviossa 10 muodostumiseen. Aika on laskennassa käytettävän vuoromallin tehollinen työaika.

$$\frac{T}{ht} = tT \rightarrow \frac{404min}{7konetta} = 58min \quad (4)$$

missä

T = aika

Ht = haluttu tuotanto

tT = tahtiaika

Kokonaisaika on työläimmän mallin valmistusaika (liite 1).

$$\frac{kT}{tT} = tm \rightarrow \frac{230min}{58min} = 3.96 = 4 \quad (5)$$

missä

kT = kokonaisaika

tT = tahtiaika

tm = työpisteidenmäärä

Työntekijöiden määrän laskennassa käytetään työpisteiden ja työaikojen mittauksen osallistuneiden henkilöiden lukumäärän tuloa.

$$tm * h = t \rightarrow 4 * 2 = 8 \quad (6)$$

missä

tm = työpisteidenmäärä

h = henkilöt

t = työntekijät

11 Johtopäätökset

11.1 Menetelmän ja toteutuksen arviointi

Työ toteutettiin hyvin pitkällä aikavälillä, jolloin lopullisen ratkaisun pohtimiseen jäi hyvin aikaa. Se auttoi pääsemään lopulliseen tulokseen. Työn edetessä huomattiin, että lopullisen ratkaisun hiominen ei tuota paljoa lisäarvoa ennen kuin varsinainen linja on valmis ja työt käynnissä. Layout-suunnittelu on hyvin haasteellinen osa-alue ja työmäärä valtava. Työssä jouduttiin käyttämään rajaamista koskemaan vain linjan työnkulkua. Mitä enemmän tietoa saa kerättyä, sitä valmiimmat ovat lopputulokset. Toteutus ja siihen käytetty aika vastaa hyvin opinäytetyön työmäärää tai ylittää sen. Ilman kahden henkilön aikaa, rajausta olisi pitänyt tehdä entisestään. Lopputulokseen pääsemiseen helpotti työnantajan vaatimukset, jolloin ratkaisujen vertailu jäi vähemmälle. Toteutus on johdonmukainen teoriasta käytäntöön. Kaiken kaikkiaan pystyimme tuottamaan raportin, jota voidaan käyttää pohjana todellisen linjamallin rakentamiseen oikeassa tehdasympäristössä. Itsellemme kritiikkiä annetaan alkutietojen kartoittamisesta. Työn edetessä vastaan tuli tilanteita, jolloin toivottiin parempia pohjatietoja. Jouduimme siis useampaan otteeseen keräämään lisää tietoa. Tällaiset asiat tulevat ilmi vain tekemällä sekä kokemuksen ja osaamisen kartuttua. Tietoperustaosio oli myös haasteellinen laajan aihepiirin vuoksi. Tietoa tuotannon suunnittelusta on valtavasti ja moni taho tarjoaakin omia työkaluja, sekä erilaisia ohjeita suunnitteluun. Näiden tietojen jäsentäminen sekä poisjättäminen kulutti paljon aikaa.

11.2 Tutkimuksen virhearviointi

Tutkimus on luotettava tuloksen osalta ja pohjautuu todelliseen ympäristöön tietoihin. Ehdotukset ovat harkittuja sekä mietittyjä tarkkaan. Virheitä on hankala huomata näin kirjoitusvaiheessa, mutta tulemme törmäämään haasteisiin materiaalin ja varastopaikkojen sijoittelussa. Työ tulee kulkemaan työntekijöiden ansiosta hyvin. Yksi tavoitteista oli tuotannon tehostaminen, jota ei voida todentaa tässä vaiheessa, muuten kuin tulokset osion resurssitarpeen määrittämisessä. Näihin laskelmiin tulee suhtautua kriittisesti ja huomioida, että oikea työ on aina

muutoksia, häiriöitä ja erilaisia ongelmatilanteita sujuvan työskentelyn lisäksi. Aikaisemmin olemme pohjanneet perusteluja hukka-aikaan tavarantavaran- ja työnkulun moninaisissa vaiheissa. Tämä perustuu omalle työkokemuksellemme linjatyöskentelystä ja kirjallisuudesta saatuun tietoon. Työntekijöiden laskennallinen määrä perustuu teoriaan, joten lukuarvoon on suhtauduttava kriittisesti. Toiminnalliseen linjaan tarvitaan oletuksena yksi tai kaksi työntekijää lisää.

11.3 Toimenpidesuosituksat ja jatkotutkimusaiheet

Mietittiin tulevia tutkimuskohteita sekä toimenpiteitä, joita tulisi ottaa huomioon. Ensimmäisenä tulisi miettiä kokoonpanolinjan työpisteiden työvaiheiden erotte-
lua pienempiin kokonaisuuksiin. Tiedämme, että tulevien konemallien kohdalla on ehdotuksia kokoonpanovaiheiden pilkkomisesta ja tätä tulisi ehdottomasti kokeilla. Esikokoonpanossa voi säästää aikaa, jos se on nopeammin suoritettava kuin työn mukana tulevat lisäsiirrot ja jos nosturityöskentely saadaan vähemmäksi. Nosturityöskentelyä on kutsuttu sidotuksi ajaksi aikaisemmin raportissa ja termi pohjautuu siihen, että toimenpidettä ei voi nopeuttaa. Työtä voidaan nopeuttaa myös nostamalla suuret tavarakitit ja kuormalavat työskentelykorkeuteen eli noin metrin maasta ylös. Moni työvaihe vaatii paljon kyykistelyä sekä nostovälineiden asettelua maantasolla. Kokonaisuutena tämäkin lukeutuu turhaan työhön. Kuormaimissa on yhtenäisenä piirteenä, että työt voidaan tehdä tai tehdäänkin useassa työvaiheessa toiselta puolen kokoonpanoa. Käytettävästä materiaalista tulisi tarkastaa tarvittavat ja laittaa käyttöpaikat kyseiselle puolelle. Logistiikan tulee saada materiaalsiirrot juuri käyttöpaikalle eikä työntekijöiden noudettavaksi. Linjalle suoritetaan balansointitutkimus, kun toiminta uudella kokoonpanolinjalla on kunnossa. Nosturiradoille tarvitaan muutos, harvesteripuolen siltanosturi siirretään uuteen kokoonpanolinjaan. Hyödynnetään vanhaa moveria ja rakennetaan harvesterikuormaimen toiseenkin moveriin toimiva adapteri kärryjen siirtoon, jolloin on kaksi käyttökelpoista vetovaunua. Toiminnan vakiinnuttua tehdään linjalla uusi työaikatutkimus, jonka perusteella määritellään resurssitarve uudelleen.

Näillä suosituksella ja tiedoilla on hyvä aloittaa linjamuutoksen aikataulutusta ja tarkempi työsuunnittelu. Tiedostamme, että asioita on varmasti unohtunut tai

tulee löytymään lisää mihin täytyy kiinnittää huomiota. Kuormaintyö on hyvin fyysisesti vaativaa työtä ja kuormittaa huomattavasti pitkällä aikavälillä tekijäänsä. Ergonomiaratkaisuihin on hyvä kiinnittää huomiota mutta yhteistyössä työntekijöiden kanssa.

Lähteet

- Asiakastieto. 2021. Taloustiedot.
<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/john-deere-forestry-oy/15923318/taloustiedot> 13.3.2022.
- Deere. 2022. Joensuun tehdas.
<https://www.deere.fi/fi/metsakoneet/tehdas/> 13.3.2022.
- Havu, M. 2020. Tuotannon ohjaus ja optimointi-kurssi. Kurssi Karelia-ammatti-korkeakoulussa Kone- ja Tuotantotekniikan koulutuksessa 2020.
- Ilkka Kouri. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologia info Teknova Oy.
- John Deere. 2021. Deere & company at a glance.
<https://www.deere.com/assets/pdfs/common/our-company/deere-&-company-at-a-glance.pdf> 13.3.2022
- Kajaste, V. & Liukko, T. 1994. Lean-toiminta: suomalaisten yritysten kokemuksia. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Logistiikanmaailma. 2021. Tuotantotyytit.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyytit/> 11.11.2021.
- Logistiikanmaailma. 2021. Tuotannon layout.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/> 11.11.2021.
- Logistiikanmaailma. 2021. Prosessien kehittäminen.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/> 11.11.2021.
- Logistiikan maailma. 2021. Materiaalin ohjaus.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/materiaalinohjaus/> 11.11.2021.
- Martinsuo, M. & Mäkinen, S. & Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuus talous kehittyvässä liiketoiminnassa. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: ATK-Instituutti.
- Wikipedia. 2021. Lean. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lean> 13.11.2021.

Työaikatutkimus

Työajantutkimusasiakirjat kuormakoneet ja harvesterit (salassa pidettävä).



Harvesterit
työaikatutkimus.xlsx



Kuormakoneet
työaikatutkimus.xlsx