

Laajennuksen layout-suunnittelu

Case KST-Yhtiö Oy

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

Kevät 2021

Nina Hartikka

Tiivistelmä

Tekijä(t) Hartikka, Nina	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 29	Valmistumisaika Kevät 2021
Työn nimi Laajennuksen layout-suunnittelu Case KST-Yhtiö Oy		
Tutkinto Konetekniikka, Insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Johannes Mäenpää, Tekninen johtaja, KST-Yhtiö Oy		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee toimeksiantoyrityksen laajennukseen tulevan tuotantotilan layout-suunnitelmaa ja sen luomisprosesseja. Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona lahtelaiselle rakennusteollisuuden yritykselle, KST-Yhtiö Oy:lle, jonka päätoimialaa ovat konesaumakatot ja julkisivupellitykset. Yrityksen tuotantotilat ovat käymässä liian pieniksi kasvaneen asiakaskunnan ja uusien laitehankintojen myötä. Näin ollen yritys toteuttaa vuonna 2021 toimitilojen laajennuksen. Tämä opinnäytetyö keskittyy laajennukseen tulevan tuotantotilan layout suunnitelmaan.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käsitellään layout-suunnitelman luomisprosesseja ja hyötyjä aihetta käsittelevän kirjallisuuden, teorian ja aikaisemmin tehtyjen tutkimusten pohjalta. Layout-suunnitelma luotiin yrityksen tarpeiden mukaan. Tarpeiden kartoittamisen ja teoriaan tutustumisen pohjalta suunniteltiin yrityksen tuotannon virtaukseen ja toimintaan sopiva layout-malli. Tärkeimpänä tekijänä huomioitiin koneiden optimaalinen sijoittaminen. Lopullinen suunnitelma mallinettiin AutoCAD 2021-ohjelmistolla.</p> <p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena tutkimuksena. Tämä mahdollisti layoutsuunnitelman luomis- ja kehittämisprosessin rakentamisen toimeksiantajayrityksen tarpeita parhaiten palvelevaksi. Opinnäytetyön tuloksena yritys sai tuotannon laajennukseen kaksi sopivaa layout-suunnitelmaa, joiden pohjalta KST-Yhtiö Oy pääsee aloittamaan laajennushankkeensa.</p>		
Asiasanat layout, tuotantoprosessi, AutoCAD, suunnittelu		

Abstract

Author(s) Hartikka, Nina	Type of Publication Thesis, UAS	Published Spring 2021
	Number of Pages 29	
Title of Publication Extension Layout Plan Case KST-Yhtiö Oy		
Name of Degree Engineer (UAS) Bachelor's Degree Programme in Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Johannes Mäenpää, Technical Director, KST-Yhtiö Oy		
Abstract <p>This thesis aims to study the commissioning company's new production facilities layout design. This thesis was made for a metal construction company named KST-Yhtiö Oy, the company is located in Lahti, Finland. Due to business growth and acquisition of new industry machinery their production facilities have become too small. For this reason, the company will build an extension to their facilities. This thesis concentrates on the new layout of the extension.</p> <p>In the theory portion the processes involved in the planning of the layout design and its benefits are looked at with information from books and previously done studies. The layout plan was based on the needs of the company. By becoming familiar with the layout plan and mapping out the needs of KST-Yhtiö Oy, a plan was made for production flow and a fitting layout plan. The most important aspect that was taken into account was the optimal placement of the machinery. The final layout drawing was made with AutoCAD 2021 -program.</p> <p>This thesis was made as a practice-based thesis. The creating and development of the layout plan was made possible by the practice-based thesis which was able to answer the needs of KST-Yhtiö Oy. As a result of this thesis the company received a well-fitting layout on the basis of which KST-Yhtiö Oy can proceed with the expansion project.</p>		
Keywords layout, production process, AutoCAD, planning		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Työn tavoitteet ja menetelmät.....	1
1.2	Tehtävän rajaus.....	2
2	Yrityksen esittely.....	3
2.1	KST-Yhtiö Oy.....	3
2.2	Tuotannon osiot.....	4
3	Layout-suunnittelu	7
3.1	Layout-määritelmä.....	7
3.2	Layout-tyypit	9
3.2.1	Funktionaalinen layout.....	9
3.2.2	Solulayout.....	10
3.2.3	Tuotantolinjalayout	11
4	Nykytilanteen kartoitus.....	13
4.1	Lähtökohdat.....	13
4.2	Varastot	14
4.3	Trukki- ja työkäytävät.....	16
4.4	Koneet ja laitteet.....	17
5	Suunnittelu ja toteutus	19
5.1	Työn aloitus	19
5.2	Layout-tyypin valinta	20
5.3	Layoutin mallinnus	22
5.4	Layout-piirustuksien esittely ja arviointi.....	24
6	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

1 Johdanto

1.1 Työn tavoitteet ja menetelmät

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona lahtelaiselle rakennusteollisuuden yritykselle KST-Yhtiö Oy:lle. Kasvavan asiakaskunnan myötä yrityksen nykyiset tuotantotilat ovat käymässä pieniksi. Tämän työn tarkoitus on toteuttaa yritykselle uusi toimiva ja tehokas layout-suunnitelma tuotantotilojen laajennusta varten, niin että se jatkossa tukisi yrityksen toimintaa parhaimmalla mahdollisella tavalla.

Insinööri työn luomisprosessi alkoi perehtymällä laajennuksen suunnitelmiin sekä yrityksen tarpeisiin, sekä tarkastelemalla erinäisiä vaihtoehtoja layout-suunnitelmalle. Näiden vaiheiden jälkeen päästiin esittelemään toimeksiantoyritykselle mahdolliset layout-vaihtoehdot uudelle tuotantotilalaajennukselle. Nämä layout luonnosvaihtoehdot esitettiin palikkamalleina, jolloin työstökoneista tehtiin yksinkertaistetut mallit eli palikat, jotka vastasivat koneen mittoja ja työstötilaa. Nämä palikat olivat käteviä työn alussa suunnittelun mahdollisuuksien hahmottamisessa.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan layoutin erinäisiä osa-alueita aihetta käsittelevän kirjallisuuden, tutkimusten sekä internet-lähteiden pohjalta. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että nykytilanteen kartoittaminen on oleellinen osa layout-suunnitelman luomisprosessia. Nykytilanteen kartoittaminen vaatii runsaasti tietoa tuotannosta ja valmistettävien tuotteiden etenemisestä sekä valmistusmääristä. Layout suunnitelmaa tehdessä on erittäin tärkeä pyrkiä huomioimaan myös lähitulevaisuudessa mahdollisesti ilmenevät uudet tuotemallit sekä laitehankinnat. Nykytilannetta selvitettiin käymällä läpi tuotannon etenemisprosesseja sekä yleistä toimintaa työntekijöiden ja työnjohtajien kanssa. Työntekijöillä ja työnjohtajilla on erinomainen näkemys siitä, mitä heidän toimintaprosesseissaan on erityisen tärkeää ottaa huomioon, sillä heiltä löytyy tietotaito käytännössä.

Yrityksen tuotantoprosessista, tuotteista ja niiden kulusta saatiin tietoa henkilöhaastatteluilla, sekä omien havaintojen perusteella aikaisemman työkokemuksen pohjalta yrityksessä sekä säännöllisillä tuotantovierailuilla.

Palikkamallien jälkeen valittiin kaksi potentiaalisinta layout-vaihtoehtoa ja näistä luotiin AutoCAD 2021 -ohjelmalla piirustukset, jotka havainnollistavat käytännönläheisesti ja loogisesti työpisteiden sekä käytävien tarvittavat mitat. Ennakoivana toimenpiteenä layoutiin jätetään tuotantoon käyttämätöntä tilaa, mikä mahdollistaa myös pienet muutokset tulevaisuudessa, mikäli syntyy tarve uusille laitehankinnoille. Tulevaisuutta on haasteellista

ennustaa, sillä muutokset liiketoimintaympäristössä tapahtuvat usein nopealla aikataululla. Tästä syystä ennakoiva toiminta on kannattavaa.

Tällä hetkellä yritys operoi kolmessa eri toimipisteessä. Tavoitteena on, että tämän insinöörityön luoma layout-suunnitelma mahdollistaa yrityksen toiminnan jatkossa vain yhdessä laajentuneessa toimipisteessä. Toiminnan keskittäminen vaikuttaa kokonaisvaltaisesti yrityksen toimintaan, palvelutasoon, kustannuksiin sekä koko henkilöstöön. Keskittämisellä on myös hallinnollisesti ja yrityksen toiminnan kannalta positiivinen vaikutus yrityksen operointiin.

1.2 Tehtävän rajaus

Tämän työn tavoitteena on löytää layout-malli, joka on teoriaosuuden pohjalta havaittu toimivimmaksi vaihtoehdoksi toimeksiantoyrityksen tuotannon kannalta. Layout-mallia valittaessa huomioidaan myös tulevaisuuden mahdolliset laitehankinnat luomalla joustava layout-suunnitelma. Työstä on rajattu pois yrityksen ennalleen jäävä ohutlevytuotanto, tämän tilan layoutiin ei tule muutoksia. Eri tuotantopuolien mahdollisimman sujuva yhteistyö täytyy kuitenkin ottaa huomioon suunnittelussa.

Tämän työn ensimmäisessä osiossa esitellään toimeksiantoyritys KST-Yhtiö Oy. Teoriaosuudessa perehdytään aikaisempiin tutkimuksiin ja teorioihin, jotka käsittelevät suunnitelman toteuttamista syvemmin. Aikaisemmat tutkimukset luovat kattavan teoriapohjan tämän työn luomiselle ja sen kehittämiseksi vastaamaan juuri toimeksiantoyrityksen tarpeita ja toiveita. Opinnäytetyön osiossa neljä (4) käsitellään layout-suunnitelmaan vaikuttavia tekijöitä. Suunnitelmiin vaikuttavien tekijöiden selvittämisen jälkeen päästiin valitsemaan laajennuksessa käytettävä layout-tyyppi, tämän avulla päästiin toteuttamaan layout-suunnitelmaa. Lopuksi esitellään kaksi valikoitua layout-ehdotusta.

2 Yrityksen esittely

2.1 KST-Yhtiö Oy

KST-Yhtiö Oy on Lahdessa vuodesta 1995 asti toiminut rakennusteollisuuden yritys. Yrityksen toimintaan kuuluvat julkisivu- ja listapellitykset sekä konesaumakatot. KST-Yhtiön toiminta on keskittynyt Hämeen ja Uudenmaan talousalueille. (KST-Yhtiö-Oy, 2016c.) Vuonna 2020 yrityksen liikevaihto oli 8.7 miljoonaa euroa ja yritys työllisti yhteensä 78 henkilöä (Finder, 2021). Yritys on toiminut nykyisessä toimitilassa vuodesta 1997 ja on ajan saatossa tarpeiden mukaan laajentanut toimitilojansa. Tällä hetkellä yrityksen toimitilojen pinta-ala on noin 900 m² ja laajennuksen jälkeen yhteispinta-ala tulee olemaan hieman vaajaa 1300 m². Yrityksen tämänhetkistä toimitilaa voi tarkastella kuvasta 1, kuvan keskellä on nykyinen toimistotila ja laajennus toteutuu vasemmalla olevan tuotantotilan jatkoksi.



Kuva 1. KST-Yhtiön toimitilat Lahden Ahtialassa

Vuonna 2020 uuden Finnpower levytyökeskuksen hankinnan sekä kasvaneen asiakaskunnan myötä nykyiset tuotantotilat ovat käyneet yrityksen toiminnalle liian pieniksi. Uusi levytyökeskus mahdollistaa suurempien tilauskokojen valmistamisen nopeammalla toimitusajalla. Eri osoitteiden välillä tapahtuva liikkuminen loppuu laajennuksen ansiosta. Tämä tulee säästämään henkilöstön aikaa sekä pienentämään yrityksen kuluja. Yrityksen tuotanto-osiot kokonaisuudessaan halutaan saada mahdollisimman lähelle toisiaan, joten paras ratkaisu oli tuotantotilojen laajentaminen.

Laajennuksessa otetaan huomioon tarvittavat varastotilat, sekä erityisesti tuotantoprosessien saaminen mahdollisimman toimivaksi sekä kustannustehokkaaksi. Yrityksen tuotanto on yksittäistuotantoa. Logistiikan maailman (2021a) mukaan yksittäistuotannon resurssit on organisoitu tuotantotehtävien mukaan. Kyseiseen tuotantomuotoon liittyy myös tilauskohdainen tuotesuunnittelu. Tilauksista löytyy tiettyä toistuvuutta ja tämä erottaa sen projekti-tuotannosta.

Yrityksen asiakaskunta koostuu ensisijaisesti suurista rakennusalanyrityksistä, joille KST-Yhtiö Oy toimii aliurakoitsijana. KST-Yhtiö Oy on erikoistunut peltitöihin erityisesti isoimmilla työmailla kuten kerrostalorakennuksissa. Yksityisasiakkaat eivät kuulu yrityksen asiakaskuntaan. Kaikki yrityksen tuotteet valmistetaan mittatilaustyönä, eikä yksikään työmaa ole samanlainen. Esimerkiksi kerrostalon rakennusprosessissa yritys toteuttaa peltityöt kuten ikkunavesipellit, listapellit, räystäät, piiput sekä kynnykset mittauksien perusteella.

Asennettavat pellit valmistetaan ohutlevytpelistä tai alumiinikomposiiteista. Nämä yrityksen käyttämien ohutlevypeltien paksuudet vaihtelevat 0,5–1,5 mm välillä. Alle 2 mm paksuisia peltejä kutsutaan ohutlevyksi. Ohutlevypellit tulevat työstettäväksi kahdessa muodossa: ohutlevyrullissa sekä arkkilevyissä.

2.2 Tuotannon osiot

KST-Yhtiö Oy:n tuotanto voidaan jakaa karkeasti kahteen osioon: ohutlevytuotanto ja levytyöstö. Näillä kummallakin osastolla on omat työnjohtajat. Suurin ero näillä tuotannon eri osilla on työstömateriaali. Erilaisten materiaalien myötä valmistus on toisistaan poikkeavaa ja vaatii eri koneita valmistukseen. Alumiinikomposiittipuoli eli levytyöstöpuoli, pitää sisällään muutaman eri työstökoneen, joita ei ohutlevytuotannossa käytetä lainkaan. Seuraavissa kappaleissa esitellään lyhyesti yrityksen tuotannon eri osastot.

Ohutlevytuotanto

Ohutlevytuotanto jakautuu kahteen osioon, perustuen työssä käytettävän materiaalin toimitusmuotoon. Peltien valmistusmateriaalit tulevat kahdessa eri muodossa, jotka ovat arkit ja

rullat. Rullapuolen tämänhetkistä tuotantotilaa voi tarkastella kuvasta 2. Kuvasta voi huomata, kuinka ohutlevyrullat säilötään tuotantotilan keskellä ja rullat nostetaan tilassa olevalla kattonosturilla leikkauspisteelle. Ohutlevyrullien vasemmalla puolella on käytävä ja työpisteitä. Oikealla puolella ovat peltirullien leikkurit.

Peltiarkit ovat kooltaan yleensä 1500 x 2500 mm ja 1500 x 3000 mm. Arkkit on sijoitettu lavoille. Näiden lavojen siirtämiseen ei käytetä kattonosturia vaan arkkeja siirrellään trukeilla. Peltiarkit säilytetään viereisen hallin varastotiloissa, joissa niiden leikkaaminen toteutetaan.

Yrityksen laajennus ei tule vaikuttamaan ohutlevytuotannon toimintaan muuten kuin mahdollistamalla uudet, nopeammat työstöt suuremmille tilausko'oilte uuden levytyöaseman avulla. Jatkossa tuotantopuolien ollessa samassa osoitteessa, eri tuotantopuolien on myös helpompi käyttää toisen osaston laitteita ja varustuksia tarvittaessa.



Kuva 2. Nykyiset tuotantotilat (KST, 2016b)

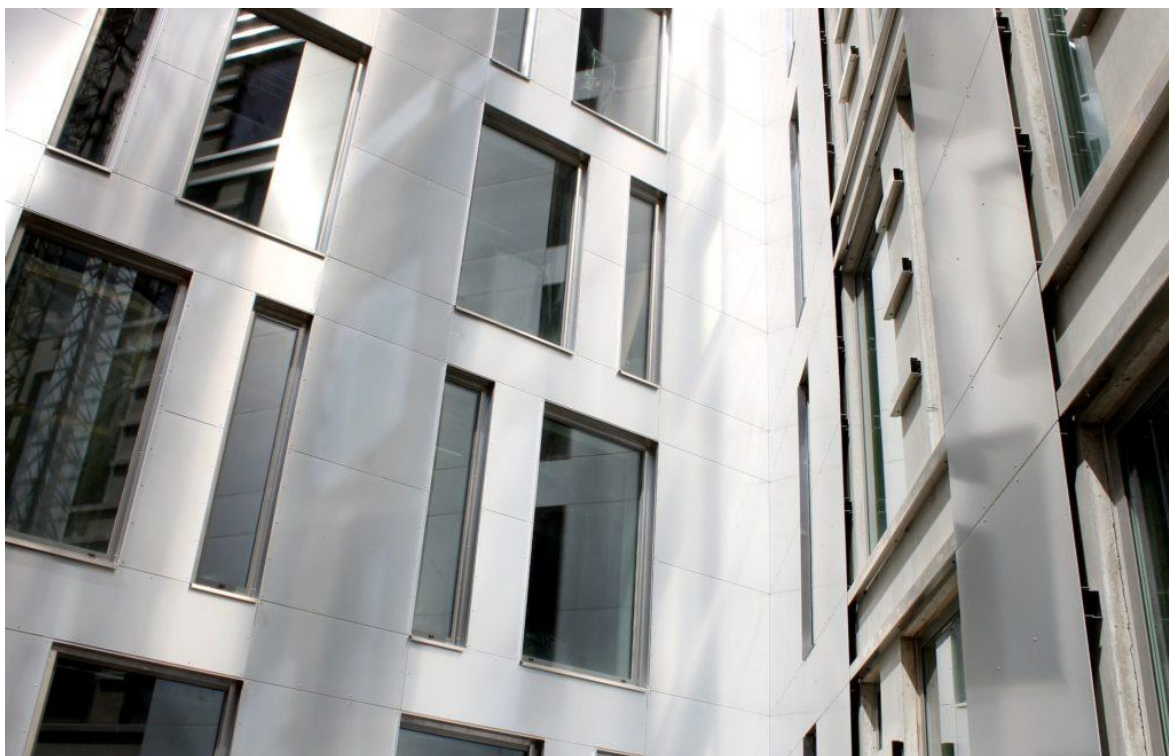
Levytyöstösasto

Tämänhetkinen alumiinikomposiittiosasto toimii vielä toistaiseksi eri toimiosoitteessa. Laajennuksen myötä, tämän osaston tuotanto saadaan lähemmäksi perustuotantoa.

Alumiinikomposiittipuoli tulee toimimaan myös nimellä levytyöstöosasto. Tämänhetkisessä tuotannossa materiaalina käytetään pääsääntöisesti Alucobondin alumiinikomposiitteja.

Alucobond tarjoaa tasaisen ja peilaamattoman alumiinijulkisivun rakentamiseen. Levyn tasoisuus ja suoruus perustuvat sandwich-rakenteeseen, se koostuu kahdesta alumiinilevystä, joiden välissä on mineraalipohjainen sisus. Sandwich-rakenteesta johtuen Alucobond A2 on luokiteltu jopa A2, s1, d0 paloluokkaan. Tämä paloluokka on soveltuva lentokenttien terminaalien, toimistojen ja sairaaloiden rakentamiseen. (KST, 2021a.) Kuvassa 3 on yrityksen toteuttama julkisivupellitys Alucobond-materiaalilla, muun muassa näitä komposiitteja tullaan valmistamaan laajennuksen tuotantotilassa.

Tuotannosta löytyy kolmea eri laatutyyppiä. Työkohteena olevan rakennuksen ollessa vain muutaman kerroksen korkuinen, voidaan käyttää PE-laatua, mikä on myös halvin näistä laatuvalikoista. Korkeampiin rakennuksiin täytyy olla laadultaan korkeampaa komposiittilevyä. Korkeammiksi käytössä olevista laaduista luokitellaan +- ja A2-laadut.



Kuva 3. Alumiinikomposiittilevyistä toteutettu julkisivu (KST, 2016a)

3 Layout-suunnittelu

3.1 Layout-määritelmä

Haverilan ym. (2009, 475) mukaan tehtaassa sijaitsevan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua kutsutaan layoutiksi. Slackin ym. (2016, 217) mukaan layout tarkoittaa sitä, kuinka tuotantotilat, pöydät, laitteet, koneet ja ihmiset sijoitetaan yrityksen tuotantoon. Layout-suunnittelu pitää sisällään tehtaan koneiden, laitteiden ja materiaalivirtojen suunnittelun. (Haverila ym. 2009, 475.) Näitä käyttämällä voidaan luoda toimiva tuotantoprosessi yrityksen tuotannolle. Työn suunnittelussa keskitytään työmenetelmien, erinäisten työvaiheiden sekä työpisteiden suunnitteluun (Haverila ym. 2009, 475.). Suunnitelmaa peilataan yrityksen tuotantoon, jotta layoutista saadaan juuri kohdeyritykselle sopivin mahdollinen.

Layout-suunnitelma teorian mukaan layoutit jaetaan kolmeen päätyyppiin ja tämä jaottelu tehdään prosessin ja tuotantovälineiden sijoittelun mukaan. Nämä kolme layout-suunnitelman luokittelutyyppiä ovat funktionaalinen layout, tuotantolinjalayout ja solulayout. (Haverila ym. 2009, 475.) Aikaisemman tutkimusten mukaan layout-suunnitelmassa on tehtävä tärkeitä päätöksiä, sillä jos valittu layout osoittautuu vääräksi, se voi näkyä liian pitkinä tai sekavina virtauskuvioina, liian pitkinä tuotantoaikoina, ennustamattomina virtauksina tai korkeina kustannuksina. On siis tärkeää huomioida ensiksi se, kuinka tuotantoprosessin resurssien muuttaminen sijoittuu tuotannossa toisiinsa nähden, toiseksi, kuinka sen eri tehtävät ovat kohdennettu näihin muutettaviin resursseihin sekä kolmanneksi, kuinka tuotannon resurssien yleinen ilme muodostuu. (Slack 2016, 217.)

Toisin sanoen tuotantolaitoksen layout viittaa itse tuotantotilojen fyysiseen järjestelyyn. Layout pitää sisällään osastojen kokoonpanon, työkeskukset ja tuotteiden muuntoprosessit. Layout-suunnitelma on lattiatason suunnitelma fyysisistä tiloista, joita käytetään tuotannossa. Tuotannon layoutin ensisijainen tavoite on maksimoida liikevoitto järjestämällä tuotantotilat parhaalla mahdollisella tavalla tuotteen kokonaistuotannosta. (Kumar 2009, 81.)

Hyvä ja onnistunut layout on sellainen, jossa materiaalit liikkuvat aina eteenpäin kohti valmistumisvaihetta, esimerkiksi prosessissa ei saisi olla yhtään peräytyvää liikettä. Onnistunut layout on sellainen, jota voidaan muuttaa ilman suuria kustannuksia ja lyhyellä aikajänteellä. Näin ollen tulevaisuuden vaatimukset tulisi osata ottaa huomioon jo suunnitellessa uutta layoutia. (Kumar 2009, 82.) Keskeisenä ja tärkeänä tavoitteena itse layout-suunnittelussa on materiaalivirtojen tehokkuuden maksimointi. Tuotantolaitoksen layout-suunnitelman tavoitteena on, että työnkulusta aiheutuva osastojen väliset siirrot jäisivät mahdollisimman lyhyiksi ja vähäisiksi. Suunnittelussa on tärkeä keskittyä osaston layoutin helppoon

muokattavuuteen siltä varalta, että tuotteissa tai niiden työnkulussa tapahtuu muutoksia tulleisuudessa. (Haverila ym. 2009, 482.)

Tuotantolayout-suunnitelma voi muodostuvat hybridilayoutista, joka yhdistää elementtejä jostain tietyistä layouteista tai vaihtoehtoisesti kaikista peruslayout-tyypeistä. Tuotantolayout-suunnittelussa voidaan käyttää myös niin sanottuja 'puhtaita' peruslayouteja eri kohdissa tuotantoa. (Slack ym. 2016, 226.) Tuotantoon valittu layout voi myös koostua pienemmistä osa-alueista, jotka muodostavat erilaisia osalayouteja. Layout-tyyppi voi vaihtua kesken tuotantoprosessin, esimerkiksi kokoonpanolinjassa voidaan käyttää osia, jotka on valmistettu solu-layoutissa. Tämä on esimerkki hyvin suunnitellusta layoutmallista. (Haverila ym. 2009, 480.)

Haverilan ym. (2009, 482) mukaan hyvä layout koostuu seuraavista ominaisuuksista:

- selkeät materiaalivirrat
- helposti ja joustavasti muutettavissa
- tarve materiaalien siirroille pieni
- lyhyet kuljetusmatkat
- erityisosaamista vaativa valmistus on keskitetty samaan paikkaan
- tehokkuus materiaalien jakelussa ja vastaanotossa
- sisäinen kommunikaatio helppoa
- eri valmistusvaiheiden erityistarpeiden huomiointi
- tehokas tilankäyttö, ja
- työntekijöiden työturvallisuus ja –mielekkyys otettu huomioon.

Kun layout-suunnitelma on edennyt jo siihen vaiheeseen, että on piirretty useampi layout-vaihtoehto, voidaan näiden arvioinnissa ja vertailussa toisiinsa käyttää hyötyarvomatriisia. Hyötyarvomatriisissa jokaiselle arvioitavalle tekijälle annetaan painoarvo. Tämän jälkeen eri layout-vaihtoehdot pisteytetään kyseisten arvioitavien tekijöiden pohjalta ja nämä pisteet kerrotaan painoarvolla. Nämä pisteet lasketaan yhteen, minkä jälkeen voidaan tarkastella, miten pisteet jakautuivat eri layout-vaihtoehdoille. Korkeimman tuloksen saanut layout-suunnitelma vastaa parhaiten painotettavien tekijöiden tarpeita. (Haverila ym. 2009, 481.) Esimerkki hyötyarvomatriisista on taulukossa 1.

	Painoarvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalin kulun tehokkuus	8	E 24	I 16	E 24	E 24	
2. Pinta-alan hyväksikäyttö	6	A 24	A 24	I 12	I 12	
3. Investointitarve	10	I 20	O 10	I 20	A 40	
4. Valmistuksen ohjaus	3	A 12	U 0	A 12	A 12	
5. Joustavuus laajennuksille	7	E 12	A 28	E 12	A 28	
6. Työkaluhuolto	6	A 24	O 6	I 12	I 12	
7.						
SUMMA		116	84	92	128	

A = melkein täydellinen (4) E = erittäin hyvä (3) I = hyvä (2)
 O = välttävä (1) U = huono (0) X = ei toivottava (-)

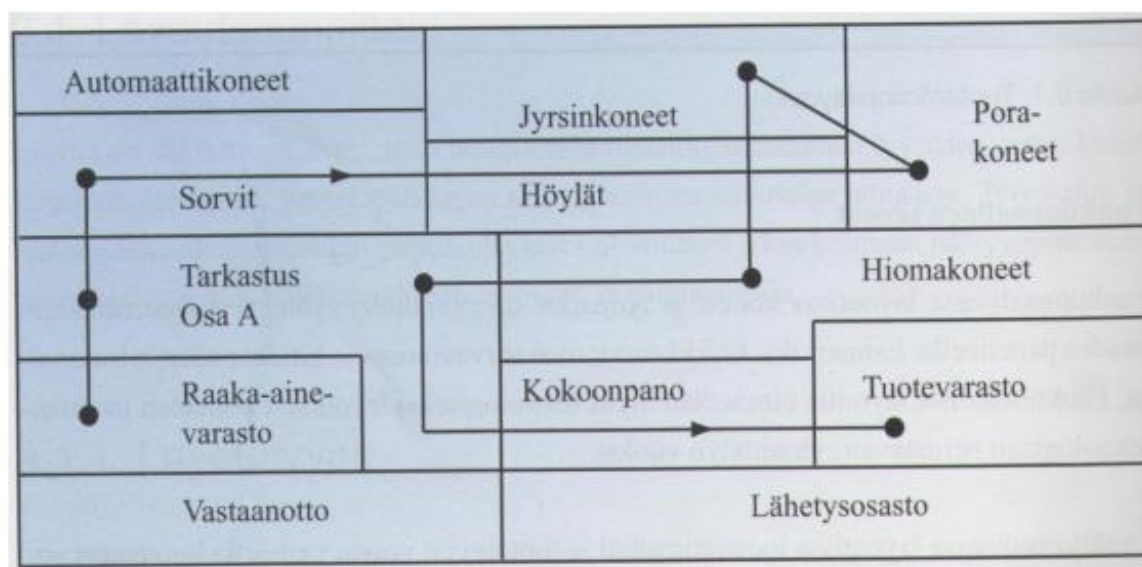
Taulukko 1. Hyötyarvomatriisi layout-piirustusten vertailuun (Haverila ym. 2009, 481)

3.2 Layout-tyypit

3.2.1 Funktionaalinen layout

Haverilan ym. (2009,476) sekä Lapinleimun ym. (1997,97) mukaan funktionaalisessa layoutissa koneet, laitteet ja työpisteet ryhmitellään ja sijoitetaan työtehtävän samankaltaisuuden mukaan. Nämä ryhmät yleensä nimetään valmistustapoja selkeästi kuvaillen, esimerkiksi sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauspaikat hitsaamossa. Tuotteiden valmistus tapahtuu yksittäiskappaleina tai sarjoina monipuolisilla yleiskoneilla, joilla valmistaminen on joustavaa monipuolisten ja erilaisten tuotteiden suhteen. Automaation käytön mahdollisuudet materiaalinkäsittelyssä ovat hyvin rajoitettuja, sillä monien tuotteiden työkulku on toisistaan poikkeavaa. Tuotannonohjaus pohjautuu eri koneille jonottavien töiden suunnitteluun ja organisointiin. Keskenäisen tuotannon määrä kasvattaa työjonoja ja näin ollen pidentää tuotannon läpäisyäikää. (Haverila ym. 2009, 476.) Kun tuotteet ja tieto kulkevat tuotannon läpi, ne käyvät läpi ennalta määritellyn tuotantoreitin. Tuotantoreitti kulkee työpisteeltä työpisteelle kyseisen tuotteen tarpeiden mukaan. Jokaisella tuotteella on omat tarpeet ja näin ollen käyvät läpi eri tuotantoreitit. Usein tämä saa aikaan sen, että virtausmallit operaatioissa ovat erittäin monimutkaiset. (Slack ym. 2016, 222.)

Funktionaalinen layout sallii laajan erilaisen tuotekirjon, mutta vaatii paljon ohjausta koska, materiaalivirrat ovat monimutkaiset ja tästä syystä läpäisyajat usein pitkiä (Logistiikan Maailma, 2021b). Funktionaalisen layoutin toteutus käytännössä on helppo ja halpa tuotantolinjalayoutiin verrattuna. Funktionaalisisessa layoutissa kapasiteetin kasvattaminen on joustavaa ja näin ollen mahdollistaa erilaisten tuotteiden valmistamisen. Funktionaalisen layoutin tuottavuus on tuotantolinjaan verrattuna usein heikompi ja tyypillistä on myös, että kuormitusasteet jäävät keskimäärin mataliksi. (Haverila ym. 2009, 476–477) Kuvio 1 voi havainnollistaa funktionaalisen layoutin tuotannonkulun esimerkin. Tässä kuvassa valmistettava tuote liikkuu raaka-aine varastosta eri työryhmien kautta tuotevarastoon.



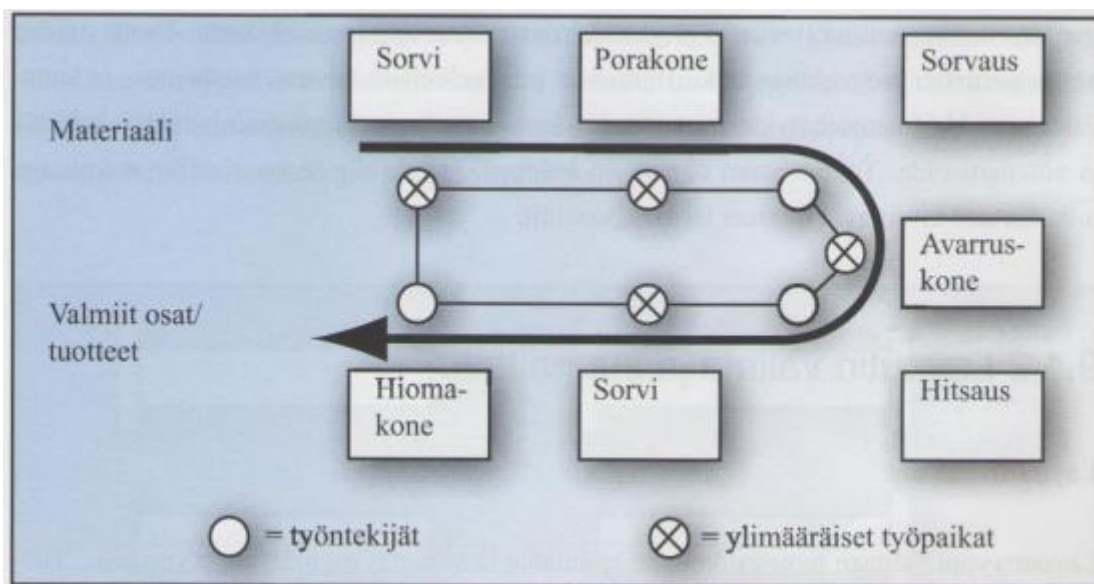
Kuvio 1. Funktionaalisen layoutin esimerkki (Haverila, ym. 2009, 476)

3.2.2 Solulayout

Solulayout on erikoistunut tuotannon tiettyjen osien valmistamiseen ja eri työvaiheiden läpiviintiin. Solulayout rakentuu itsenäisistä ryhmistä, jotka pitävät sisällään eri koneista ja työpaikoista kootut ryhmät. Solulayout on eräänlainen välimuoto funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinjasta. (Haverila ym. 2009, 477.)

Tuotannon eri tuotteiden kappalemäärät ja eräkoot voivat vaihdella huomattavasti. Tuotteiden valmistusprosessi tapahtuu usein yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Solun tuotannonohjaus on yksinkertaista, sillä se muodostaa vain yhden kuormituspisteen. Tuotannon eri valmistusvaiheiden suorittaminen tietyssä järjestyksessä ja tietyllä alueella helpottaa tuotannon laadunvalvontaa. (Haverila ym. 2009, 478.) Solulayout itsessään voi olla

sijoitettu joko funktionaalisesti tai tuotantolinjalayoutin mukaan. Kun tuote on käsitelty solussa, tämän jälkeen muokatut resurssit voidaan siirtää seuraavaan soluun. Solulayoutin avulla pystytään tuomaan selkeyttä myös monimutkaiseen tuotannonvirtaukseen, joka on funktionaaliselle layoutille ominaista. (Slack ym. 2016, 223.) Kuvio 2 kuvaa solulayoutin perustoimintomallia. Tässä toimintamallissa tuote käy vaiheittain läpi eri työpisteet. Jokaisella työpisteellä suoritetaan tuotteelle aina seuraava työvaihe.



Kuvio 2. Solulayout (Haverila ym. 2009, 478)

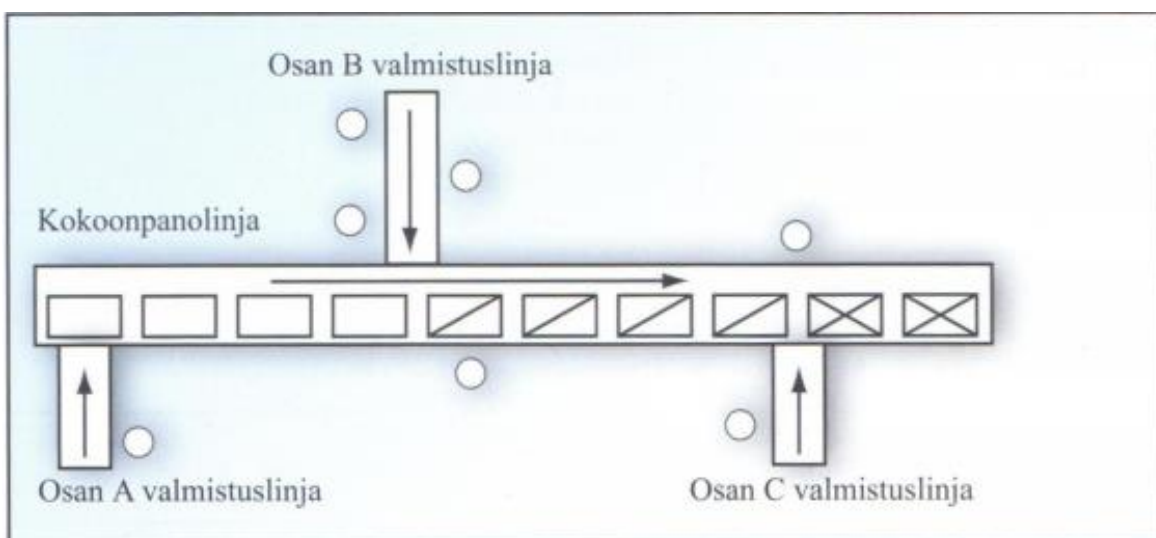
3.2.3 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayoutissa koneet ja laitteet ovat sijoitettu tuotteiden valmistettavuuden mukaan järjestyksessä. Tuotantolinjan valmistuksessa ja kappaleenkäsittelyssä käytetään paljon automatisoituja toimintoja, mikä mahdollistaa tuotantolinjan tehokkuuden. Automatisoinnin myötä tuotantolinja on yleensä erikoistunut tietyn tuotteen tai tuoteperheen valmistamiseen. (Haverila ym. 2009, 477.) Jokainen tuote seuraa valmiiksi suunniteltua reittiä, johon kuuluu sarja työtehtäviä, joita kyseiselle tuotannolle on määritelty. Tuotantolinjalayoutissa virtaus on selkeää ja helposti ennustettavissa suoralinjaisuuden ansiosta. Tämän ansiosta tuotantoa on myös suhteellisen helppo hallita. (Slack ym. 2016, 224–225.)

Tuotantolinjalayoutin käytön mahdollistamiselle täytyy tuotannolla olla suuri tuotevolyymi ja korkea kuormitusaste. Tuotantolinjalayoutin rakentamisen kustannukset ovat suuret, mutta yksikköhinnat muodostuvat suhteellisen alhaisiksi suurien valmistusmäärien ansiosta.

Pienikin häiriö vaikuttaa negatiivisesti koko tuotantolinjan toimintaan. (Haverila ym. 2009, 475.) Työstettävät materiaalit virtaavat tuotannossa linjaa pitkin valmistettavan tuotteen tarpeiden mukaan. Tämän virtaavan liikkeen takia kyseisen tyyppistä layoutia kutsutaan joskus myös virtautetuksi layoutiksi. (Slack ym. 2016, 225.)

Tuotantolinjalayout voi olla pakkotahtinen tai vapaatahtinen. Pakkotahtinen linja ei ole kovin joustava erilaisille tuotteille, hyvä esimerkki pakkotahtisesta linjasta on autotehdas, jossa tuotetaan samankaltaista tuotetta ja tuotevolyymit ovat suuria. Vapaatahtinen linja taas pysyy tuottamaan suuremman tuotekirjon. Tuotanto on silloin järjestetty linjamaisesti, mutta tuotanto ei etene pakkotahtisesti. (Logistiikan Maailma, 2021b.) Kuviossa 3 havainnollistetaan tuotantolinjan suoraviivaisuutta sekä tuotteiden selvää suoraa etenemistä. Onnistuneessa tuotantolinjassa ei tapahdu edestakaista liikettä.



Kuvio 3. Tuotantolinjalayout (Haverila ym. 2009, 476)

4 Nykytilanteen kartoitus

4.1 Lähtökohdat

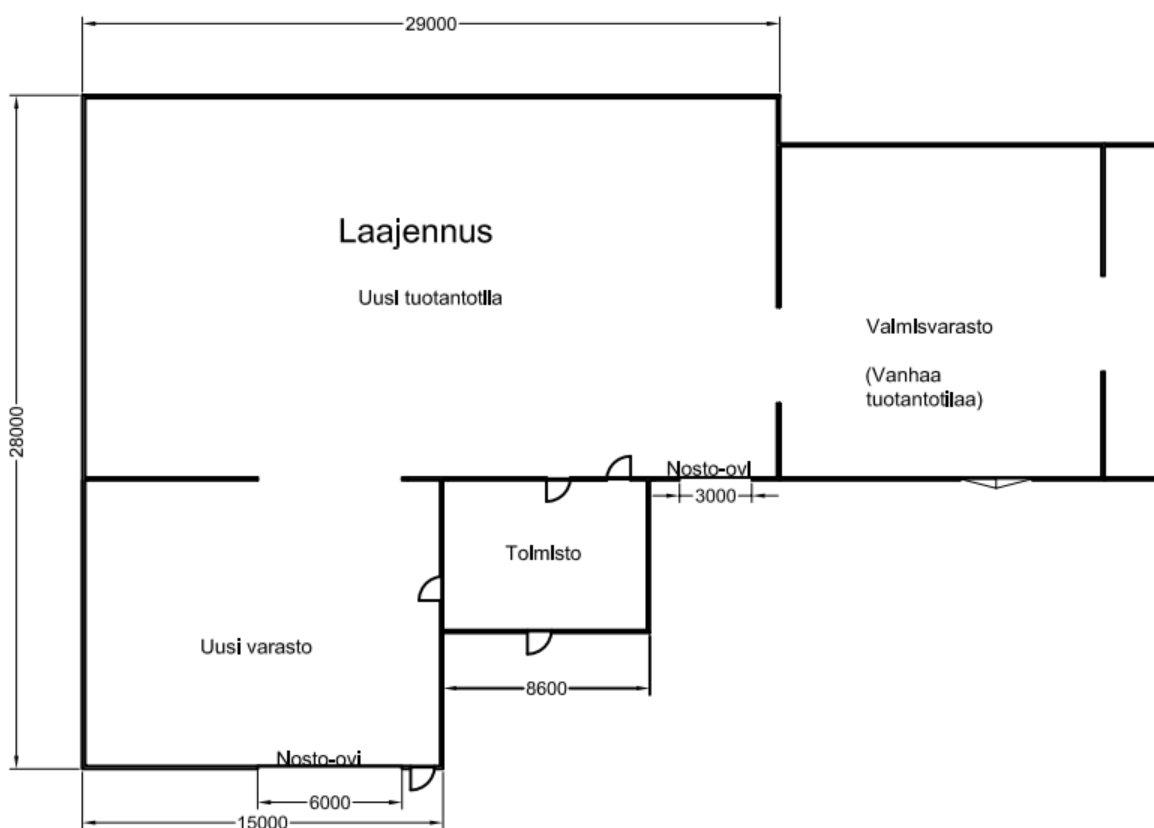
Opinnäytetyön toteutus aloitettiin konsultoimalla yrityksen henkilökuntaa laajennuksesta ja sen tarpeista. Useamman vuoden työkokemus yrityksessä ja henkilökunnan tunteminen entuudestaan edesauttoivat layout-suunnitteluprosessin aloittamista, sujuvuutta ja sen kulua. Koska yrityksen toiminta ja yrityskulttuuri olivat jo ennestään tuttuja, aikaa ei tarvinnut käyttää perehdytykseen vaan päästiin suoraan keskittymään työn tarpeiden kartoittamiseen. Laajennuksen layout-suunnittelun kartoituspalaverissa olivat mukana tuotannon työjohtajat sekä laajennuksesta vastaavat toimihenkilöt. Palaverissa käytiin läpi yksityiskohtaisesti kaikki osiot mitä laajennukseen täytyy sisältyä ja myös mahdolliset tulevaisuuden laitehankinnat. Palaverissa läpikäytyjen asioiden pohjalta suoritettiin tarvekartoitus, johon lisättiin vaatimukset suunnitelmalle. Suunnitelman vaatimuksiin sisältyivät esimerkiksi laajennukseen tulevat koneet, niiden mitat ja tarvitsema työtilat sekä tarvittavat varastotilat.

Layout-suunnitelmaa rakentaessa huomattiin, että oli tärkeää saada kaikki laajennuksesta vastaavat henkilöt samaan palaveriin, jotta suunnitelmat ja tarpeet pysyivät oikeassa ja yksimielisessä linjassa. Yhteispalaverissa oli huomattavissa ideoiden kehittyminen, kun kaikki pääsivät yhdessä miettimään. Nämä asiat olivat sellaisia, joita ei välttämättä olisi osattu huomioida pelkästään kahdenkeskisissä palavereissa. Palaverissa käytiin läpi mahdollisia tulevaisuuden ongelmakohtia ja näihin pyrittiin löytämään ratkaisu jo palaverissa ennakoina toimenpiteenä. Nämä ongelmakohdat olivat useimmiten asioita, joita työjohtajat olivat työkokemuksen perusteella havainneet toimimattomiksi tai tuotantoon tarpeettomaksi. Tuotantokoneiden sijoittelun ja tuotantoprosessin kulun lisäksi käytiin läpi työntekijöiden tarpeita ja viihtyvyyttä tulevissa tuotantotiloissa.

Yrityksen alkuperäiset tilat ovat valmistuneet vuonna 1997. Tuotantotiloihin on aina tarpeen vaatiessa tehty lisälaajennuksia. Viimeisin laajennus toteutettiin yrityksen toimistotiloihin vuonna 2020. Tässä opinnäytetyössä suunniteltuun laajennukseen (kuva 4.) tulee tuotantotilojen lisäksi pukuhuone, toimistotila sekä taukuhuone. Tämänhetkinen taukuhuone sijaitsee liian kaukana laajennuksen työpisteiltä. Uuden taukuhuoneen sijainti parantaa työntekijöiden viihtyvyyttä.

Yrityksen tuotanto on tilausohjattua, eli tuotteet valmistetaan mittatilaustöinä, koska jokainen työmaa on erilainen. Tilausohjatussa tuotannossa tuotteet valmistetaan tilauksien pohjalta alusta loppuun asti valmiiksi tuotteeksi. Tämä tarkoittaa sitä, että käytännössä yrityksellä ei ole lopputuotevarastoja sillä tuotteet lähtevät suoraan asiakkaille. Varastoissa säilytetään pääsääntöisesti vain keskeneräisiä tuotteita, jotka ovat valmiita vasta työmaalla

asennettuna. Tämän tyyppinen tuotantomuoto antaa yritykselle mahdollisuuden tarjota asiakaskunnalleen laajan tuotevalikoiman. Jokainen varastoitava keskeneräinen tuote, liittyy johonkin tilaukseen. Tilausohjautuva tuotanto pienentää yrityksen riskejä, koska kaikki valmistetut tuotteet on jo valmiiksi merkitty työmaakohtaisesti. Kaikki tuotannon aktiviteetit riippuvat työmailla mitatuista mittatilauksista. Näin ollen tuotannon työmäärä voi vaihdella ajoittain hyvin paljon. Jokainen tuote valmistetaan työmaalla mitatun tuotetilauksen mukaan. Tämä on suurin syy sille, että tuotetta ei tarvitse säilöä varstoissa pitkään, vaan ne yleensä noudetaan tai viedään suhteellisen nopeasti työmaille asennettavaksi.



Kuva 4. Laajennuksen pohjapiirustus

4.2 Varastot

Materiaalivarastot ovat kohdeyrityksen tuotannolle välttämättömiä, sillä niitä tarvitaan tuotantoprosessien eri vaiheissa varmistamaan tuotannon jatkuvuus sekä sujuvuus (Haverila ym. 2009, 445–446). Yrityksen varastoissa säilötään pääsääntöisesti materiaaleja sekä puolivalmisteita. Varastoja yrityksellä on tällä hetkellä useammassa eri paikassa,

pääsääntöisesti samoissa osoitteissa yrityksen tuotantotilojen kanssa. Tuotantotilojen lisäksi yritykseltä löytyy erillinen varastohalli harvemmin käytettäville materiaaleille sekä työkaluille. Yrityksellä ei ole erikseen varastotyöntekijöitä, vaan verstastyöntekijät hoitavat saapuneiden ja lähtevien tuotteiden sekä materiaalien liikkumisen. Kun toimitus tulee verstaalle, vapaana oleva verstastyöntekijä menee vastaanottamaan toimituksen ja siirtää truckilla saapuneet materiaalit ja tuotteet niille kuuluville varastopaikoille.

Kuormalavahyllyt ovat toimiva säilytysmuoto ohutlevymateriaaleille sekä työmaille lähteville tuotteille. Kuormalavahyllyistä löytyy viisi eri säilytystasoa. Nykyisiin hyllyihin levytyöstöosaston puolella on mahdollista säilöä noin kymmenen arkkilavaa ja näiden arkkien päälle on mahdollista säilöä pienempiä lavoja, joissa säilötään aikaisemmista työstöistä jääneitä palasia, joita voidaan hyödyntää toisissa tuotteissa. Kuormalavahyllyt, jotka löytyvät yritykseltä jo entuudestaan nykyisessä käytössä tullaan siirtämään uuteen laajennusosioon. Varastokapasiteetin lisäämiseksi yrityksen tulee hankkia niitä ainakin kaksi kertaa enemmän. Sisätilan varastokapasiteetin kasvattamisella saadaan tällä hetkellä ulkona säilytettävät komposiitit sisälle säilöön, sillä myös yrityksen piha-alue on rajallinen. Laajennukseen tulevien varastotilojen suunnitelmaan sisällytetään kuusi kappaletta kuormalavahyllyjä, joiden määrän tulisi riittää tuotannon tämänhetkiseen varastointitarpeeseen.

Pientarvikkeille ja työkaluille tulee erilliset hyllyt tuotantotilojen reunoille. Näiden hyllyjen sijoittamiselle on varattu halliin muutama eri paikkavaihtoehto, mutta niiden lopullinen sijainti päätetään vasta koneiden ja laitteiden ollessa omilla paikoillaan. Hyllyt on helppo asentaa paikoilleen, kun saadaan varmuus siitä, mikä on tuotannon kannalta käytännöllisin paikka niille. Yrityksen tiloissa olevat varastot määräytyvät joko materiaalin tai tuotteen valmiusasteen mukaan. Seuraavissa kappaleissa esitellään yrityksellä käytössä olevat varastot:

Arkkivarasto

Arkkivarasto on yksi yrityksen pääraaka-ainevarasto, jossa käytetään kuormalavahyllyjä. Ohutlevytuotannon puolella näitä hyllyjä löytyy kuusi kappaletta ja jokaisella on viisi säilytystasoa. Arkkivaraston kapasiteetti pitää sisällään 60 lavapaikkaa. Käytännön kannalta materiaalit tulisi säilöä niin, että samanväriset ja paksuiset arkit säilötään päällekkäin, arkeja voi säilöä kaksi lavallista per taso. Uuden laajennuksen arkkivarasto tulee olemaan kuormalavahyllyjen määrältään yhtä suuri kuin tämänhetkinen eli varastotila kaksinkertaistuu.

Kelavarasto

Kelavarasto sekä sen sijainti säilyy entisellään. Ohutlevytkeloja ei varastoida ollenkaan uuden laajennuksen tiloissa, sillä niitä ei tarvita laajenuksessa tapahtuvassa tuotannossa.

Ohutlevykelojen siirtämiseen käytetään ohutlevyvuotannon halliin sijoitettua katonosturia, joten siitäkään syystä ei ole kustannustehokasta pitää varastoa kahdessa eri pisteessä.

Välivarasto

Välivarastoja käytetään eri työvaiheiden yhdistämisessä. Tuotteiden siirtäminen työpisteeltä toiselle kasvattaa helposti varastoja. (Haverila ym. 2009, 445.) Välivarastoja on usein jokaisen työvaiheen välillä. Välivarastoille ei ole merkattu omaa säilytyspaikkaa layout-suunnitelmassa. Välivarastoina toimii työpisteiden välissä oleva tyhjä lattiatila tai työstöön käytettävät rullapöydät. Keskeneräisiä peltejä liikutetaan näillä kyseisillä rullapöydillä työpisteeltä toiselle. Rullapöytiä löytyy tuotannosta tällä hetkellä kymmenen kappaletta, ja ne ovat kaikki useimmiten käytössä. Rullapöydillä on joko keskeneräisiä tuotteita työstövuoroa odottaen tai työntekijät suorittavat niillä työtehtäviään.

Valmistuotevarasto

Valmistuote- eli lopputuotevarasto sijaitsee yrityksen piha-alueella katoksessa. Varasto ei vie kovin paljon tilaa, sillä valmiita peltitilauksia ei säilötä pitkään. Yleensä työstettäville pelteille on jo tilausvaiheessa tiedossa, milloin tuotteet tarvitaan ja milloin ne noudetaan. Tämä auttaa työnsuunnittelun lisäksi varastointia ja tarvittavan varastomäärän hahmottamista. Varaston ollessa ulkona on valmiiden tuotteiden noutajien helppo hakea merkatut pellit häiritsemättä tuotannon toimintaa.

Ulkovarasto

Ulkovarasto on mahdollista sijoittaa kiinni laajennuksen ulkoseinään, mikäli yritys päättää sen toteuttaa. Ulkovarastossa olisi mahdollista käyttää samoja kuormalavahyllyjä, joita arkivarastossa on jo käytössä. Tämä ulkovarasto tullee todennäköisesti toteuttamaan tulevaisuudessa, mikäli laajennukseen tuleva varastot ei enää riitä ja kaikki pellit eivät mahdu enää sisätiloihin. Hyllyjen mahdollinen sijainti tulisi olemaan ulko-oven lähetyksillä, sillä seinän ympäristö asfaltoidaan ja tälle alueelle ei suunnitella parkkipaikkoja. Oven lähialueella tulee olla tarpeeksi tilaa materiaalia toimittaville rekoille.

4.3 Trukki- ja työkäytävät

Käytävien oikea mitoitus on turvallisuuden ja työn sujuvuuden kannalta tärkeä huomioida. Yrityksellä on tällä hetkellä käytössä kolme trukkia. Yksi trukeista on tällä hetkellä käytössä yrityksen toisessa toimipisteessä. Trukki tulee siirtymään tehtaan yhteiseen käyttöön. Trukeille ei tarvitse jättää tilaa kääntymiselle työpisteiden lähetyksille. Suurinta trukkia käytetään vain raskaimpien lastien liikuttamiseen ja se on harvoin käytössä päivittäisten lavojen

liikuttamisessa. Trukkien latauspisteet eivät vaadi paljon tilaa vaan latauspisteessä riittää, että trucki mahtuu tarpeeksi lähelle seinää, eikä ladatessa häiritse tuotannon toimintaa.

Trukkien liikkumiselle täytyy varata leveysuunnassa reilusti tilaa. Pellit voivat olla pituudeltaan jopa kuusi metriä pitkiä, joten osa oviaukoista tulee laajennuksessa olemaan tätä leveämpiä. Yrityksen nykyisissä tiloissa ei näin leveitä ovia vielä löydy, joten suurimpien peltiarkkien sisälle saaminen on ollut haastavaa ja aikaa vievää.

Jokaisen lavan liikuttamiseen tarvitaan truckia tai pumppukärryä avuksi. Tästä syystä jokaisen työpisteen läheisyyteen tulee jättää trukille tarpeeksi tilaa, jotta se pystyy toimittamaan työpisteelle tarvittavat työstömateriaalit. Leikkaamisen jälkeen trucki ei ole aina tarpeellinen vaan keskeneräisiä tuotteita voidaan säilyttää ja liikutella tuotannossa käytettävillä rullapöydillä. Monella työpisteellä riittää, että sen eteen jätetään lava. Ainoastaan suurin työstökone Finnpower, tarvitsee ajotilaa sivulleen, jotta trukilla pääsee tuomaan työstettäviä levyjä.

4.4 Koneet ja laitteet

Kaikki laajennukseen tulevat koneet ovat tällä hetkellä käytössä jo yrityksen muissa tuotantotiloissa. Nämä muut tuotantotilat tullaan sulkemaan laajennuksen valmistuttua ja kaikki koneet siirretään uuteen laajennukseen. Seuraavissa kappaleissa esitellään laajennukseen tulevat työstökoneet. Jokaista työstökoneetta tulee yksi kappale. Koneiden lisäksi tilaan tulee alumiinikomposiittien työstöpöytä, jota käytetään komposiittien leikkaamisen jälkeen.

Levytyökeskus

Levytyökeskusta käytetään pääsääntöisesti tuotannossa isoimmille tuotantosarjoille. Levytyökeskus mahdollistaa erilaisten muotojen työstämisen. Levytyökeskusta käytetään, kun työstöön tarvitaan pyöreyttä tai kappaleen keskelle tarvitaan reikiä. Nämä erikoismuotoa vaativat työstöt ovat nykyisillä laitteilla hyvin työläisiä, aikaa vieviä. Levytyökeskus mahdollistaa yritykselle suuremman tilauskoon toteuttamisen nopeammalla toimitusajalla.

Peltejä työstettäessä tulee levytyökeskus ohjelmoida kyseiseen toimintoon sopivaksi. Tämä ohjelmointi on hyvin tarkkaa, sillä kone tekee juuri niin kuin on ohjelmoitu. Tästä syystä, myös mittauksien täytyy olla hyvin tarkasti ja huolellisesti mitoitettuna. Kun levytyökeskus on ohjelmoitu, se leikkaa pellit haluttuun muotoon. Tämä toimintovaihe on hyvin äänekäs, sillä laite hakkaa työkalulla leikattavaa materiaalia n. 1000 kertaa sekunnissa. Tästä syystä laajennuksen oville tai laitteen ympärille on harkittu äänieristysverhoa. Kovan metelin takia, työntekijöiltä tullaan vaatimaan kuulosuojaimien käyttöä.

Levytyökeskus on yrityksen uusi laitehankinta ja se tulee viemään laajennuksesta eniten tilaa. Levytyöasema sijaitsee laajennuksen valmistumiseen asti eri kaupungissa, joten sen

käyttö on hyvin hankalaa. Levytyöasema on määräävin tekijä layoutin suunnittelussa. Se painaa noin 20000 kiloa ja paino jakautuu kahdeksalle jalalle. Suuren painon takia se tarvitsee allensa vahvistetun teräsbetonilattian. Vahvistettua lattiaa löytyy vain osasta laajennusta, joten levytyökeskuksen sijoittamiselle on vain muutama eri vaihtoehto. Fyysisiltä mitoiltaan levytyökeskus on noin 9,5 metriä pitkä ja 15 metriä leveä.

Alu Bender

Alu Bender on alumiinikomposiittilevyjen taittamiseen ja jyrsimiseen erikoistunut automaattinen kone. Kone taittaa jyrsinän jälkeen komposiittiin jäävän kuoren, jotta levyn ydin saadaan kokonaisuudessaan peittoon. Reunojen jyrsimistä varten koneeseen voi lisätä viisteytysyksiköitä. (Casadei industria 2017, 9.) Laitte ei itsessään ole suurikokoinen, noin 1x3m, mutta alumiinikomposiittien ollessa hyvin pitkiä. Laitteen oman mitan lisäksi molemmista päädyistä syötölle ja vastaanotolle on varattu 4 metriä. Tilavaraus tarvitaan vain, kun laitetta käytetään.

Pystysaha

Pystysaha leikkaa alumiinikomposiitit. Sahalla voidaan leikata suoria leikkauksia. Tätä sahaa käytetään aina kun leikattavat komposiitit ovat yksinkertaisen mallisia eli komposiiteissa ei ole pyöreyttä. Leikkaukset onnistuvat joissain tapauksissa nopeammin kuin levytyökeskuksella, sillä sahaa ei tarvitse ohjelmoida ennen käyttöä.

Saha on pystysuorassa asennossa, mikä vie vähemmän tilaa tuotannossa kuin vaakatasoinen saha veisi. Sahaa käyttäessä syntyy runsaasti pientä alumiini- ja muoviroskaa. Tästä suurin osa saadaan laitteeseen asennetun imurin avulla suoraan niille varattuihin roskasäiliöihin. Imurin ei tarvitse olla sahassa ihan kiinni, putken avulla sahan ja säiliöiden välillä voi olla useampi metri. Imuri on kooltaan 1,2 x 0,6 m.

5 Suunnittelu ja toteutus

5.1 Työn aloitus

Yrityksen tilanteen ja tarpeiden kartoittamisen jälkeen päästiin aloittamaan layoutin suunnittelu. Työn suunnitelmat sekä tavoitteet muuttuivat pitkin suunnitteluprosessia. Ensimmäisen suunnitelman tavoitteena oli, että nykyiset tuotannonosiot pysyisivät eri osoitteissa, mutta ohutlevytuotanto laajentaisi toimintansa laajennuksen puolelle. Näin pystyttäisiin tyhjentämään yksi tuotantotilojen halleista peltien työstämisestä ja muuttamaan se vierasystävälliseksi tilaksi. Vierasystävällisessä tilassa olisi varastoitu esimerkiksi ruuveja, kittejä ja työkaluja sekä pienimuotoinen peltien työstäminen olisi ollut mahdollista. Ensimmäinen suunnitelma muuttui jo ennen kuin tarkempia layout-suunnitelmia tai AutoCAD-piirustuksia oli ehditty tekemään.

Toiseen ja lopulliseen suunnitelmaan johti tavoite siitä, että yritys pääsisi kokonaan eroon vuokrahalleista. Näin ollen yritys saisi eri tuotannonosiot lähemmäksi toisiaan, jolloin ne pystyisivät käyttämään samoja varastoja ja materiaaleja. Suunnitelmassa oli tärkeää ottaa huomioon ja minimoida yrityksen työntekijöiden liikkuminen eri hallien välillä. Toiveiden pohjalta tavoitteeksi muodostui, että nykyinen alumiinikomposiittituotanto siirtyisi täysin yrityksen pääkiinteistöön, uuden laajennuksen tiloihin.

Tämänhetkisessä alumiinikomposiittihallissa ei ole ollut riittävästi tilaa varastoinnille, vaan tuotannon materiaalit on jouduttu säilyttämään useammassa eri osoitteessa. Näin ollen oli tärkeä ottaa myös tämä asia huomioon uuden laajennuksen suunnittelussa. Laajennukseen on suunniteltu melkein 180 neliometriä varastointitilaa, joka tulee toimimaan materiaalivarastona.

Aloituspalaverien sekä ensimmäisten suunnitelmien jälkeen aloitin layoutluonnoksien tekemisen. Luonnosten teko alkoi työkoneiden sijoittamisella ja paikkojen hahmottamisella. Tätä varten tuli selvittää kaikkien laajennukseen tulevien työkoneiden mitat sekä niiden käyttäjien tarvitsemat työtilat (taulukko 2). Näin oli helppo tehdä jokaisesta työvaiheesta oma palikka tarkoilla mitoilla. Tätä palikkamallityyliä käsitellään tarkemmin luvussa 5.3.

Materiaalinkulku laajennukseen suunniteltiin niin, että saapuva materiaali tulee jatkossa eri ovista kuin lähtevä. Näin ollen tuotteet liikkuvat tuotantotiloissa aina eteenpäin eikä ylimääräistä edestakaista liikettä synny. Tähän asti lähteviä peltejä on säilytetty pääsääntöisesti ulkokatoksessa, mutta laajennukseen tulee oma varastotila lähteville materiaaleille. Asentajien noutaessa tilaamansa pellit he voivat siirtää ne varastosta suoraan autoon menemättä sisälle tuotantotiloihin. Tämän ansiosta peltien noutaja ei häiritse tuotantotyöntekijöitä

tai trukkiliikennettä. Materiaalin kiertosuunta on yhdensuuntainen, jolloin eri ovista kulkeva liikenne ei aiheuta ylimääräistä ruuhkaa tai keskeytystä tuotannolle.

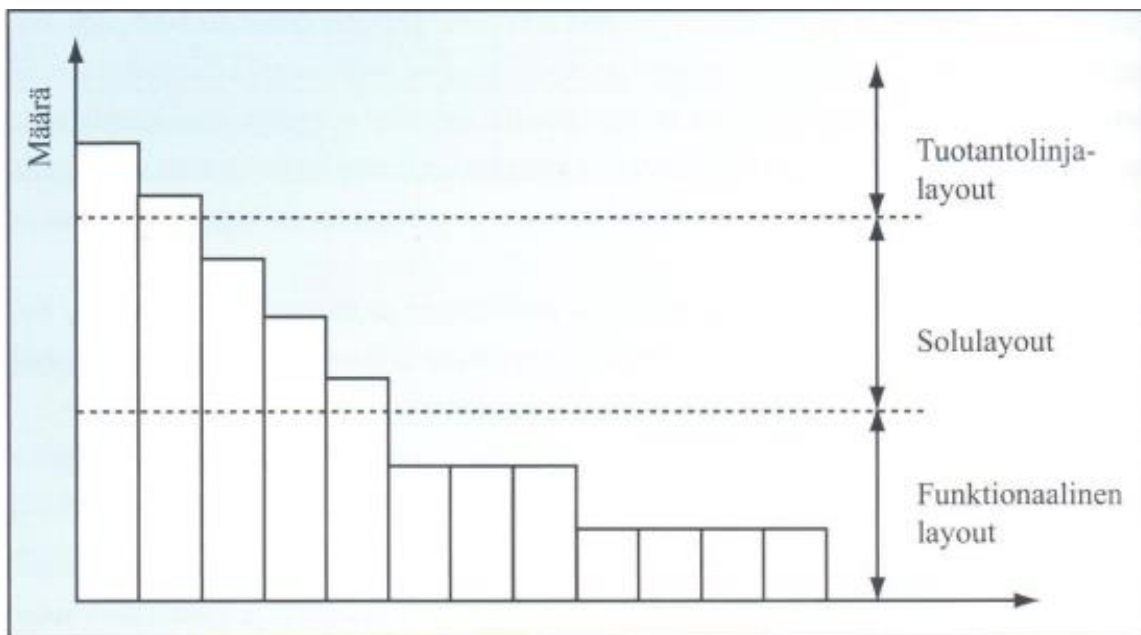
	Työpiste	Koneen mitat		Työtila
		x	y	m ²
Leikkaus	Levytyöasema	9,5	15	142,5
	Pystysaha	1,6	6,0	27,5
Työstö	Kanttauspöytä	1,5	5,0	21
	Alu Bender	1,0	3,0	38,5

Taulukko 2. Toimipisteiden tarvitsemat tilat

5.2 Layout-tyyppien valinta

Laajennuksen tarpeiden kartoituksen ja tulevan tuotannon mahdollisuuksiin tutustumisen jälkeen selvitettiin, mikä layout-malli olisi sopivin tuotantotilaan. Perehtyessä layout-suunnittelun kirjallisuuteen tarkemmin oli nopeasti helppo huomata mikä layout-tyyppi olisi luontevin valinta. Haverilan ym. (2009, 479) mukaan layout-tyypin valintaan vaikuttaa eniten valmistettavien tuotteiden määrä sekä tuotevalikoiman laajuus. Tuotantolinjalayout valitaan usein, kun samantyyppisten tuotettavien tuotteiden määrät ovat suuria. Funktionaalista layoutia sovelletaan, kun valmistetaan suuria määriä erilaisia tuotetyyppejä. Solulayout puolestaan soveltuu tilanteisiin, joissa eri tuotteiden valmistus on toistuvaa, mutta määrät eivät ole tarpeeksi suuria oman tuotantolinjan muodostamiseen.

Toimivimman layout-tyypin valitsemista varten täytyi selvittää tuotannossa valmistettavien tuotteiden tuotantomäärät ja kuinka monenlaista tuotetta valmistetaan. Tuote-määrä -analyysistä (Kuvio 4) voi tarkastella kuinka sarjakoot vaikuttavat toimivimman layout-mallin valintaan. Kuviota tarkastellessa huomaa, kuinka laajan tuotevalikoiman ja pienten tuotantomäärien myötä funktionaalinen layout on selkeä valinta yrityksen layoutiksi. Kuviossa 4 palkkien korkeus kuvastaa tuotteiden suuruutta määrällisesti.



Kuvio 4. Tuote-määrä analyysi (Haverila ym. 2009, 479)

Funktionaalisisessa layoutissa tärkeää on toiminnan ja tuotannon joustavuus. Oleellista on, että kiinteiden koneiden ja laitteiden sijainnit suunnitellaan siten, että layoutin muokattavuus on mahdollista ilman suurempia ongelmia tai haasteita. (Haverila ym. 2009, 482.) Suurin osa funktionaalisisista layouteista on suunniteltu intuition, maalaisjärjen sekä järjestelmällisen kokeilun ja virheiden yhdistelmällä. (Slack ym. 2016, 235.)

Yrityksen tämänhetkinen tuotanto on myös sijoitettu funktionaalisen layoutin mukaisesti. Tämä layoutin toimintamuoto on palvellut tuotantoa sen tarpeiden mukaan. Laajennuksen layoutia päätettiin kehittää funktionaalisen layoutin pohjalta. Funktionaalinen layoutmalli toimii yrityksen tuotantomuodolle, sillä tuotantotilaukset ovat usein tilausmäärällisesti suhteellisen pieniä. Yleensä tilauskoko on noin 10 kappaletta. Tilaukset saattavat olla määrällisesti välillä myös suurempia, mutta tilaus sisältää yleensä monen mittaista ja muotoista peltiä, joten suurta tuotettavaa eräkokoja ei välttämättä tulekaan. Tuotteiden eräkoot eivät yleensä ole kovin suuria, sillä jokainen tilaus on erilainen. Tuotannon tulee olla joustavaa, jotta jatkossakin voidaan toimia näin jokaisen yksittäisen tilauksen kohdalla. Tuotannonohjaus on tarkkaa, mutta ei kovin automatisoitua.

Työmaan edetessä pellit sekä komposiitit tilataan asentajan toimittamien mittojen mukaisesti. Kiireellisten peltitilauksen koot ovat usein pieniä, eikä niihin sisälly työmaan muita tarvittavia tilauksia. Yhden työmaan peltitilaukset toteutuvat sitä mukaan, kun ne mitoitetaan ja tilataan. Työmaat ovat yleensä niin isoja, ettei yksi tilaus työmaata kohden riittäisi.

Sama työntekijä harvoin hoitaa sekä peltien leikkauksen että kanttauksen. Työpisteillä on yleensä aina samat työntekijät. Kun valmistettava materiaali on haettu varastosta, leikataan pellit oikeankokoisiksi leikkurilla. Peltiarkkien leikkaamistyöpisteellä toimii usein kaksi työntekijää, sillä arkit ovat niin leveitä, että niiden nostaminen leikkauslaitteelle yksin olisi liian työlästä ja raskasta. Peltien leikkauksen jälkeen tuotteet siirretään seuraavalle työpisteelle, jossa ne kantataan tarvittaviin kulmiin ja malleihin. Peltien kanttaustyöpisteitä tuotannosta löytyy useampi, näillä työpisteillä yleensä toimitaan yksin. Näiden työvaiheiden jälkeen valmiit tuotteet pakataan lavoille ja siirretään noudettavien tuotteiden varastoon, josta asentajat hakevat tilaamansa pellit tai ne toimitetaan suoraan työmaille.

Funktionaalinen layout-malli on varmasti toimivin ratkaisu, sillä valmistettavien tuotteiden määrä vaihtelee, mutta eräkkö on tyypillisesti pieni. Usein yhdessä tilauksessa on monia samanvärisiä eri mitoilla kantattavia peltejä. Samaa materiaalia käytetään usein yhteen tilaukseen, mutta mitat sekä mallit vaihtelevat runsaasti.

Funktionaalisen layoutsuunnitelman päävaiheet:

1. osastojen ja niiden tarpeiden määrittely
2. kuljetuskertojen laskeminen osastojen välillä
3. osaston sijoittelua määrittävien tekijöiden kartoittaminen. Määrittäviä tekijöitä voi olla esimerkiksi tärinän välttäminen, laajennusvaatimukset sekä osastojen väliset yhteydet
4. muutaman vaatimusten mukaisen piirrosvaihtoehtojen laatiminen
5. kuljetusten ja muiden suunnittelukriteerien kannalta parhaan vaihtoehdon valinta
6. piirroksen sijoittaminen käytettävään tilaan (Haverila, ym. 2009, 483.)

5.3 Layoutin mallinnus

AutoCADilla piirtäessä on muotoja, joita tarvitsee toistuvasti. Toistuvien muotojen kanssa voi toimia kahdella eri tavalla. Nämä kaksi vaihtoehtoa on piirtää kuvio tai muoto joka kerta uudestaan tai piirtää se kerran ja tallentaa tämä muoto block-malliksi eli palikaksi. Luotua palikkaa voidaan käyttää ja hyödyntää samassa piirustuksessa niin monta kertaa kuin halutaan tai tarvitaan. Palikkaa voidaan käyttää sen hetkisen tiedoston lisäksi myös muissa tiedostoissa. (Hamad 2020, 159.) Sijoitettuna piirustuksiin palikat esiintyvät identtisinä. Muokkaamalla palikan tietoja, kaikki palikan esiintymät muokkaantuvat automaattisesti yhdellä kerralla. (Fane & Byrnes 2013, 616.)

AutoCAD on ollut maailman suurin käyttäjäkanta CAD-liiketoiminnassa. Käyttäjät voivat käyttää AutoCADia sekä 2D- että 3D-piirustuksissa ja suunnittelussa. AutoCADia voidaan käyttää arkkitehtisiin, rakeenteellisiin, mekaanisiin, sähkö-, ympäristö- ja valmistuspiirustuksiin. (Hamad. 2020,1.) AutoCAD on laajalti käytetty logiikkansa, yksinkertaisuutensa ja käyttäjäystävällisyytensä ansiosta. AutoCAD kehittyi vuosien varrella kattavaksi ohjelmistovellukseksi, joka käsittelee kaikki näkökulmat teknistä piirtämistä ja suunnittelua koskien. (Hamad 2020.)

Hamadin (2020, 159) mukaan AutoCADilla piirtäessä palikoiden käyttämisestä on paljon hyötyä:

- Nopeuttaa piirustuksen valmistumista.
- Tiedoston koko tulee olemaan pienempi, sillä blokki lasketaan yhdeksi objektiksi piirustuksessa.
- Yritykselle standardisointi usein käytetyistä osista ja muodoista.

Sain laajennuksen pohjapiirustuksen yritykseltä paperiversiona. Nopein ja yksinkertainen tapa oli tehdä laajennukseen tulevista koneista paperiset palikat oikeassa mittasuhteessa. Tämä hahmottelu auttoi selkeyttämään tilan mittoja ja mahdollisuuksia ennen kuin sain AutoCAD -ohjelman käyttöön. Tällä tavoin sai karsittua myös piirrettävien layout-suunnitelmien määrää. Nämä paperiset hahmotelmat olivat ensimmäisiä versioita suunnitelmista. Paperisilla palikoilla oli helppo hahmottaa mitkä laitteet pystyivät olemaan vierekkäin sekä miten ne asettuisivat toimivasti. Palikat sisälsivät laitteiden mittojen lisäksi myös tarvittavan työtilan.

Palikkamallinnuksessa ei vielä otettu huomioon varastotiloja, koska varaston hyllyjen määrä ei ollut vielä tiedossa. Varastoalueelle jätettiin hyllyjen arvioitu tarvitsema tila, tätä tilaa päästiin mallintamaan suunnittelussa myöhemmin. Varastoalueelle varattiin laajennuksesta oven lähetyviltä osio, josta saapuva materiaali tulee sisään. Tämä on materiaalivirtauksen kannalta tehokkain ratkaisu.

Paperisten hahmotelmien jälkeen siirryin AutoCAD -ohjelmalla toteuttamaan lopullisia piirustuksia. Piirsin ohjelmalla tarvittavista koneista ja laitteista palikat eli blockit, joihin oli sisällytetty jokaiseen koneeseen ja laitteeseen tarvittava työtila. Layout-suunnitelmaan ei piirretty yrityksen jo olemassa olevia tuotantotiloja. Tämänhetkisiin tiloihin ei tule juuri lainakaan muutoksia, joten ne eivät vaadi uusia layout piirustuksia.

Layoutin piirtäminen toteutettiin AutoCAD 2021 -ohjelmistolla. Tuotannon tiloista toteutetaan 2D-kuvat hahmottamaan koneiden, varastoinnin sekä trukkien tarvitsema tila.

AutoCAD oli sopiva ohjelma tämän suunnitelman luomiseen, sillä ohjelman helpon muokattavuuden myötä koneiden uudelleen sijoittelu ja testailu oli helppo toteuttaa.

5.4 Layout-piirustuksien esittely ja arviointi

Lopullisten suunnitelmien, perehtymisen ja tavoitteiden pohjalta tiloista tehtiin toimeksiantoyritykselle kaksi erilaista layout-ehdotusta. Molemmissa vaihtoehdoissa otettiin huomioon yrityksen vaatimukset sekä toiveet. Suurin yhdistävä tekijä näillä layout-ehdotuksilla on Finnpower-levytyöaseman sijoittaminen samaan paikkaan molemmissa layout-suunnitelmissa. Molemmissa layout-suunnitelmissa myös materiaalivirtaus on samansuuntainen. Saapuvat materiaalit sijoitetaan ensiksi materiaalivarastoon odottamaan työstöä, materiaalivarastosta materiaalit siirretään työstettäväksi aina kyseisen materiaalin työstösuunnitelman mukaan. Työstövaiheiden jälkeen tuotteet siirtyvät valmisvarastoon odottamaan työmaalle noutoa.

Layout-ehdotuksissa keskitytään pääsääntöisesti tuotannon suunnitteluun. Varasto-osiolle on tehty vain yksi layout-ehdotus, joka on sama molemmissa layout-piirustuksissa. Tuotantoon on jätetty tarkoituksella käyttämätöntä tilaa, joka on varattu tulevaisuuden uusille laitehankinnoille. Laajennuksen layout-suunnittelu toteutettiin funktionaalisen layout-tyyppin pohjalta. Seuraavissa kappaleissa esitellään yritykselle tehdyt ehdotukset layout-suunnitelmista.

Layout-ehdotus 1

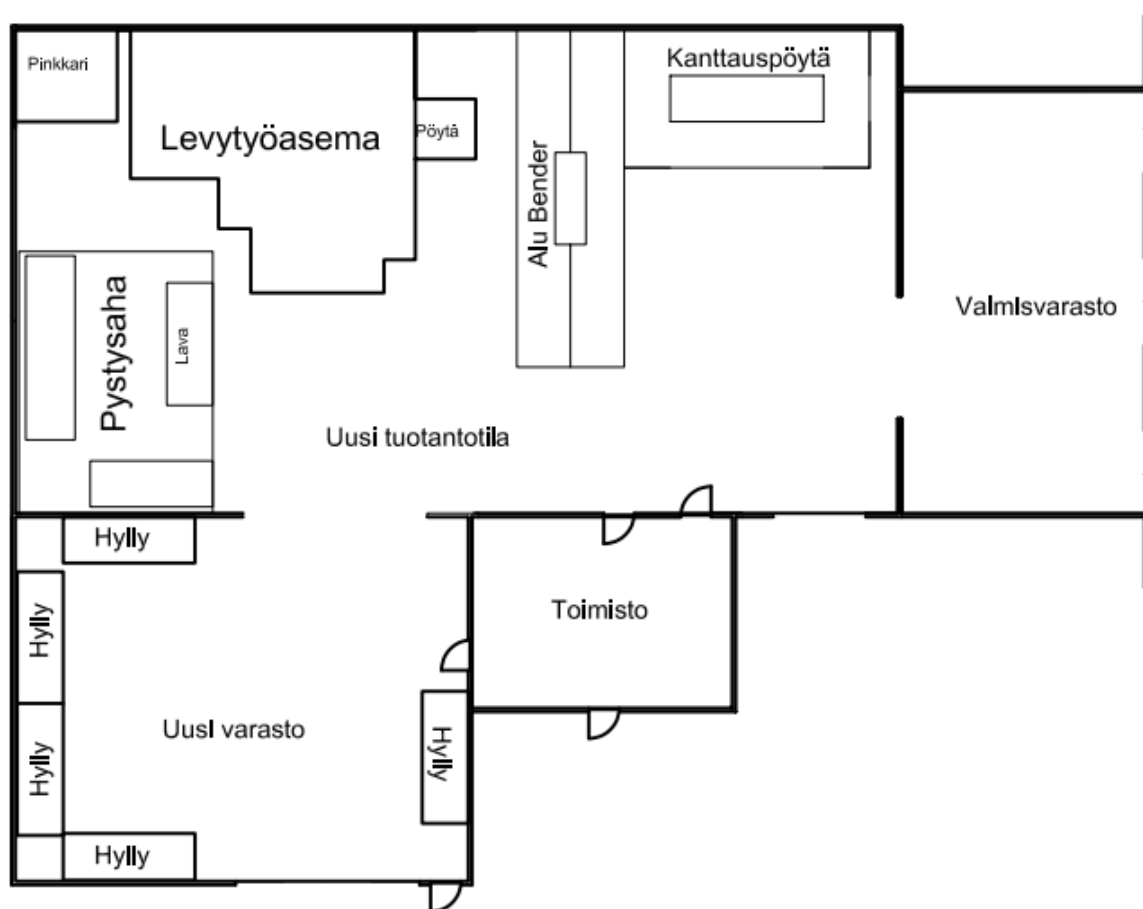
Ensimmäinen layout-ehdotus on toimivuudeltaan hyvin suoraviivainen, eikä ylimääräistä edestakaista liikettä aiheudu koneiden sijoittelun takia. Layoutin ensimmäinen versio esitetään kuvassa 5. Tuotannonvirtaus etenee varaston kautta tuotantotilaan. Tuotantotilassa työstettävä malli liikkuu suoraviivaisessa järjestyksessä työkoneelta toiselle. Tuotannossa työstetyt komposiitit siirtyvät tuotantoprosessin jälkeen yrityksen valmisvarastoon.

Layout-suunnitelma on rakennettu funktionaalisen layout-suunnitelman pohjalta, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että työpisteet on aseteltu ja nimetty työtehtävää kuvaten. Kun varastosta siirrytään tuotantotilan puolelle, on vastassa ensimmäisenä niin sanottu leikkaamo. Leikkaamosta valmistettava komposiitti etenee materiaalivirran mukaisesti eteenpäin työstöön ja sieltä kohti valmisvarastoa.

Leikkaamo pitää sisällään pystysahan ja levytyöaseman. Levytyöasemalla leikatut komposiitit siirtyvät pääsääntöisesti aina suoraan valmisvarastolle. Pystysahalla leikatut komposiitit jatkavat kulkuaan joko Alu benderille tai kanttauspöydälle, riippuen siitä mitä työvaiheita työstettävä komposiitti vielä vaatii. Pystysahalla leikatessa tehdään usein vain pieniä sarjoja

ja näin ollen lavalle jääneet ylimääräiset komposiitit palautetaan takaisin varastoon odotta-
maan seuraavaa työstöä. Tämä liikkuminen varaston ja pystysahan välillä on oleellinen
huomio pystysahan sijoittamiselle lähelle varastotilaa.

Layout 1 rajoittaa uusien laitehankintojen sijoittamista tulevaisuudessa, sillä se vaatisi jär-
jestyksen muuttamista. Alu benderin sijoitus layoutissa estää sijoittamasta työkonetta vas-
takkaiselle seinälle, sillä jokaiseen trukilla kuljettavaan väliin on jätettävä vähintään 3 m.
Kanttauspöydän alapuolelle jää runsaasti käyttämätöntä tilaa. Siihen on vaikea sijoittaa työ-
koneita häiritsemättä trukkien liikkumista alueella.



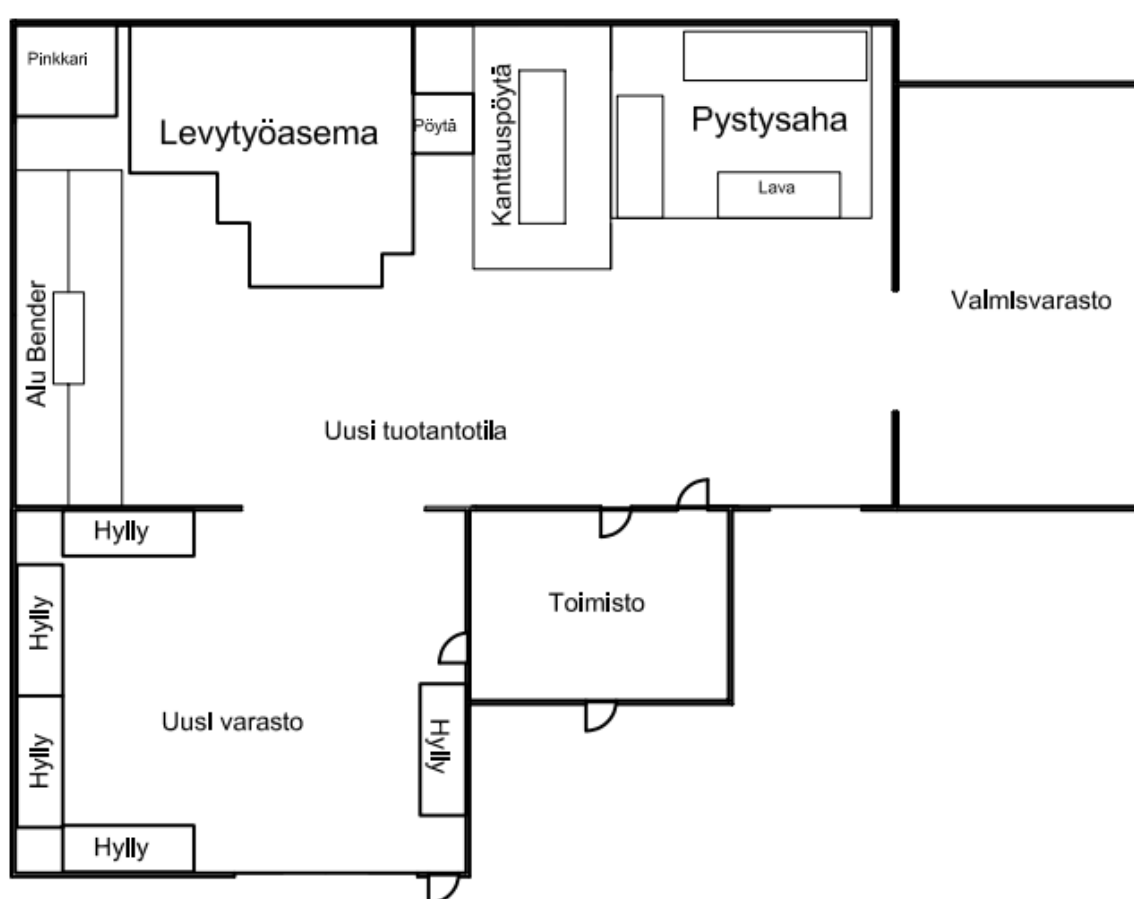
Kuva 5. Layout-ehdotus 1

Layout-ehdotus 2

Toisessa layout-ehdotuksessa (kuva 6) ilmenee tuotannon toiminnassa hieman enemmän
edestakaista liikettä verrattuna ensimmäiseen layout-ehdotukseen. Tämä edestakainen
liike heikentää materiaalikulun tehokkuutta, mutta samalla mahdollistaa tulevaisuudessa

uusien laitteiden ja koneiden sijoittamisen kanttauspöydän vastakkaiselle seinälle paremmin kuin layout-ehdotuksessa 1.

Tässä layout-mallissa materiaalit liikkuvat samalla idealla kuin ensimmäisessä layout-ehdotuksessa, eli ensin tuotteet liikkuvat leikattavaksi joko sahalle tai levytyöasemalle. Tässä layout-ehdotuksessa pystysahalla leikkauksien jälkeen tuotteiden eteneminen on vaihtelevampaa. Jatkotyöstö kanttauspöydällä onnistuu kätevästi ilman suurempia liikkumisia pöydän ollessa pystysahan vieressä. Alu benderiä käytettäessä työstettävät materiaalit kuljettetaan pystysahan jälkeen toiselle puolelle tuotantotiloja. Vaikka siirtymisiä tulee enemmän, tämä ei aiheuta suurta ongelmaa sillä tuotantotilat ovat suhteellisen pienet



Kuva 6. Layout-ehdotus 2

Layout-ehdotusten arviointi ja vertailu

Layoutversioiden vertailuun käytettiin hyötyarvomatriisia. Kyseistä vertailua voi tarkastella taulukosta 3. Hyötyarvomatriisin avulla voidaan saman tasoisilta vaikuttavat layout-suunnitelmat erotella tarkemmin toisistaan tärkeimpien huomioon otettavien tekijöiden pohjalta. Tärkeä huomioon otettava tekijä tuotannon toiminnan kannalta on tuotannon tehokkuus.

	Painoarvo	Layout 1	Layout 2
Materiaalivirtojen tehokkuus	10	A	E
Tilan hyötykäyttö	8	I	E
Työpisteiden sijainnit	8	E	I
Uusien hankintojen sijoitettavuus	5	I	E
Muunneltavuus	5	I	I
Summa		100	95
A=Täydellinen (4), E=erittäin hyvä (3), I=Hyvä (2)			

Taulukko 3. Hyötyarvomatriisi

Hyötyarvomatriisin avulla voi huomata layout-vaihtoehtojen olevan suhteellisen tasa-arvoisia. On kuitenkin huomioitava, että eri tekijöitä on painotettu eri vaihtoehtoissa. Tuotannossa prioriteettina on tuotannon tehokkuus. Ensimmäisessä layout-ehdotuksessa tehokkuus on selkeästi parempi.

Layout-vaihtoehdot annettiin yritykselle. Layout-suunnitelman toteutumista ei valitettavasti päässyt tarkastelemaan opinnäytetyön aikana. Laajennus valmistuu vasta loppuvuodesta 2021. Jos tilanteet ja suunnitelmat pysyvät tilojen valmistumiseen asti samana, niin silloin toinen näistä kahdesta layout-ehdotuksesta on hyvä valinta tuotantotiloihin. Mahdollisuus on, että suunnitelmat saattavat muuttua ja kehittyä vielä ajan saatossa. Siinä tapauksessa layout-ehdotukset antavat hyvän pohjan toteutettavaan layout-suunnitelmaan.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään KST-Yhtiö Oy:lle tuotantotilojen laajennukseen toimiva ja tehokas layout-suunnitelma. Suunnittelussa otettiin huomioon eri tuotantotilojen sujuva yhdistäminen. Tarkoituksena oli saada eri osoitteissa olevat tuotantohallit lähemmäksi toisiaan, tämän johdosta tuotanto tulisi olemaan jatkossa sujuvampaa ja tuotantohallien yhteistyö helpompaa. Laajennuksen layout-suunnitelmaan tuli sisällyttää alumiinikomposiittituotanto, yrityksen uusi laitehankinta Finnpower-levytyöasema ja pienet toimisto- ja sosiaalitalat työntekijöille. Layout-suunnitelmaan oli tarkoitus jättää käyttämätöntä tilaa tulevaisuuden laitehankintoja varten.

Oli tärkeä kartoittaa ja käydä läpi tuotannon etenemistä ja toimintaa työntekijöiden sekä työnjohtajien kanssa. Sillä heillä on käytännönläheisin näkemys ja kokemus siitä mikä heidän toimintaprosesseissaan on tärkeää ja mitä tulisi ottaa layout-suunnitelmassa huomioon. Tämä mahdollisti sen, että layout-suunnitelmasta pystyi toteuttamaan yrityksen toimintaa parhaalla mahdollisella tavalla palvelevan. Työn suunnitelmia päivitettiin aina työn edessä sekä muuttuvien tietojen ja uusien ideoiden ilmaantuessa.

Sain tutustua layout-suunnitteluun sekä tuotantotilojen laajentamisprosesseihin ja niiden eri vaiheisiin. Laajennuksen layout-suunnitelmaan valikoitui funktionaalinen layout-tyyppi. Funktionaalinen layout on toimiva ratkaisu tuotannoille, joissa tuotantomäärät ovat pieniä, mutta tuotevalikoima on suuri. Tämä layout-tyyppi mahdollistaa yrityksen tuotannon joustavuuden menettämättä tehokkuuttaan.

Insinööriyön tuloksena syntyi kaksi yritykselle toteutettavaa layout-suunnitelmaa tuotantotilojen laajennukselle. Molemmat vaihtoehdot tarjoavat toimivan ja tuottoisan tuotantoprosessin, sekä mahdollistaa laitteiston lisäämisen sekä niiden helpon sijoittamisen. Näitä kahta layout-ehdotusta vertailtiin tuotannolle tärkeiden ominaisuuksien pohjalta hyötyarvomatriisin avulla. Vertailun jälkeen voitiin huomata jokseenkin ulkoisesti saman näköisten layout-piirustusten erot painotettavien asioiden näkökulmasta.

Valitettavasti laajennus ei ehtinyt valmistua ennen työn valmistumista, joten opinnäytetyön tuloksia ei päästy käytännössä tarkastelemaan vielä työn aikana. Laajennuksen suunniteltu valmistuminen ja käyttöönotto on ajoitettu vuoden 2021 lopulle. Opinnäytetyö päättyi layoutpiirustusten esittelytilaisuudessa KST-Yhtiölle.

Lähteet

Casadei industria. 2017. Alu Bender - Automaattinen taivutus- ja jyrsinkone. Ohjekirja. Pro-CompositeTech

Fane, Bill & Byrnes, David. 2013. AutoCAD 2014 for dummies, John Wiley & Sons, Incorporated, 2013. Viitattu 26.5.2021. Saatavissa: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/lab-ebooks/detail.action?docID=1192864>.

Finder. 2021. KST-Yhtiö Oy. Viitattu 23.5.2021. Saatavissa: <https://www.finder.fi/Agentuuriliike/KST-Yhti%C3%B6+Oy/Lahti/yhteystiedot/1218113>

Hamad, Munir. 2020. AutoCAD 2021 Beginning and Intermediate, Mercury Learning & Information. Viitattu 26.5.2021 Saatavissa: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/lab-ebooks/detail.action?docID=6155276>.

Haverila, Matti, Uusi-Rauva, Erkki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs.

Kumar, S. Anil. 2009. Operations Management, New Age International Ltd. Viitattu 26.5.2021. Saatavissa: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/lab-ebooks/detail.action?docID=437706>.

KST-Yhtiö Oy. 2021a. Alucobond. Viitattu 26.5.2021 Saatavissa: <https://kstpelti.fi/alucobond/>

KST-Yhtiö Oy. 2021b. Etusivu. Viitattu 26.5.2021 Saatavissa: <https://kstpelti.fi/>

KST-Yhtiö Oy. 2021c. Konesaumakatot. Viitattu 26.5.2021 Saatavissa: <https://kstpelti.fi/konesaumakatot/>

Lapinleimu, Ilkka, Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY.

Logistiikan Maailma. 2021a. Tilauksesta valmistus. Viitattu 11.5.2021 Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>

Logistiikan Maailma. 2021b. Tuotannon layout. Viitattu 29.4.2021. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

Slack, N, Brandon-Jones, A & Johnston R. 2016. Operations management. 8. painos. Englanti: Pearson