

Tuotantotilojen layout-suunnittelu

Rautatyö Kröger Oy

Jarmo Jalkanen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Jalkanen, Jarmo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2017
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tuotantotilojen layout-suunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, Miikka Parviainen		
Toimeksiantaja(t) Rautatyö Kröger Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena on tuotantotilojen layout-suunnittelu ja työn toimeksiantajana toimi Rautatyö Kröger Oy. Yritys on erikoistunut ruostumattomien ja haponkestävien ohutlevytuotteiden valmistukseen.</p> <p>Tavoitteena oli luoda ja toteuttaa uusi layout-suunnitelma olemassa oleviin tuotantotiloihin ja samalla parantaa materiaalin käsittelyä sekä varastointia. Lisäksi pyrittiin tehostamaan uuden layoutin toimintaa kehittämällä menetelmiä järjestyksen ylläpitämiseksi. Opinnäytetyö aloitettiin lähtötilanteen kartoittamisella ja suurimpien ongelmakohtien tunnistamisella hyödyntäen omia havaintoja sekä johdon ja tuotannon työntekijöiden mielipiteitä. Kokonaiskuvan perusteella luotiin layoutvaihtoehtoja, joista soveltuvin valittiin jatkokehitystä varten. Varastoinnin parantamiseksi suunniteltiin ratkaisut keskeneräisen tuotannon välivarastointiin ja määritettiin varastointialueet tyyppin mukaan. Lopullisen layout-suunnitelman valmistuttua aloitettiin tuotantotilojen muutosten toteuttaminen.</p> <p>Tuloksena saatiin selkeämpi layout, jossa kaikki ylimääräinen on karsittu pois ja olennaiset elementit ovat helposti saatavilla. Materiaalin käsittelyä paransi selkeämmin määritetty varastointi ja rajatut alueet. Työkoneiden ja laitteiden käytettävyyttä onnistuttiin parantamaan tehokkaamman tilan optimoinnin avulla. Järjestyksen ylläpitämiseksi luotiin 5S -menetelmää soveltava järjestelmä, jolle asetettiin seuranta sen toimivuuden toteutukseksi. Osaan välivarastoinnin ongelmista ei pystytty vaikuttamaan layoutmuutosten avulla tuotantotilojen tilanpuutteen takia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Rautatyö Kröger, layout, materiaalinkäsittely		
Muut tiedot		

Author(s) Jalkanen, Jarmo	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 48	Permission for web publication: x
Title of publication Design of a production layout		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Kivistö, Hannu; Parviainen, Miikka		
Assigned by Rautatyö Kröger Oy		
Abstract <p>The topic of the bachelor's thesis is designing a production layout and it was assigned by Rautatyö Kröger Oy. The company specializes on stainless and acid-proof sheet metal production.</p> <p>The goal was to create and implement a new layout for the existing production facilities and improve the material handling and storing in the process. In addition, the aim was to improve the operation of the new layout by developing new methods to maintain the cleanliness of the facilities. The thesis started by mapping the starting point and identifying the largest problems using the viewpoint of the production workers and the company's management. Based on the overall picture a selection of layouts were created and the most suitable one was selected for further development. To improve storing solutions to store unfinished production was designed and the storage areas for different storage types were defined. After the final layout was finished, the changes were executed.</p> <p>The outcome was a clearer layout where everything unnecessary left out and only the essential elements were easily at hand. More defined storage areas improved the material handling and more efficient usage of facility spaces improved the usage of the production machines and tools. A plan that is based on 5S method was created to maintain cleanliness and it was given a deadline to monitor its functionality. Some parts of storing problems could not be affected with layout changes because of the lack of space.</p>		
Keywords/tags (subjects) Rautatyö Kröger, layout, material handling		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat	4
1.1	Rautatyö Kröger Oy	4
1.2	Ongelma ja sen taustat.....	5
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet.....	5
2	Käytetyt kehittämismenetelmät	5
3	Tuotannon layoutsuunnittelu	6
3.1	Layouttyypit.....	6
3.1.1	Tuotantolinja	6
3.1.2	Funktionaalinen layout.....	7
3.1.3	Solulayout	7
3.2	Layoutsuunnittelun vaiheet	8
3.2.1	Layouttyypin valinta	8
3.2.2	Systemaattinen layoutsuunnittelu	9
3.3	Hyvän layoutin ominaisuudet.....	10
4	5S – Siisteyden ja järjestyksen toimintamalli	11
4.1	5S perusajatus	11
4.2	5S vaiheet	13
5	Opinnäytetyön toteutus.....	14
5.1	Nykytilan kartoitus	14
5.2	Seuranta ja havainnot	16
5.3	Layoutin suunnittelu.....	17
5.3.1	Ohjelmiston valinta.....	17
5.3.2	Layout tyyppin valinta	17
5.3.3	Työnkulkukaavio	17
5.3.4	Tuotantovaiheiden sijoittelu	19
5.4	Järjestyksen ylläpidon kehittäminen	23
5.5	Varastoinnin kehittäminen.....	24

	2
5.5.1 Piha-alueen määrittäminen.....	24
5.5.2 Kuormalavahyllyjen suunnittelu.....	24
6 Tulokset.....	28
6.1 Piha-alue ja varastointi.....	28
6.2 Layout.....	31
6.3 Järjestyksen ylläpito.....	43
7 Johtopäätökset ja pohdinta.....	44
Lähteet.....	46
Liitteet.....	47

Kuviot

Kuvio 1. Tuote-määrä -analyysi.....	9
Kuvio 2. Layoutsuunnittelun kulku.....	10
Kuvio 3. Esimerkki standardityölehdessä (5S -vihko 2009, 16 – 17).....	14
Kuvio 4. Ohutlevytuotteen työnkulkukaavio	17
Kuvio 5. Välivarastointi ennen laserhitsausta	18
Kuvio 6. Vaiheiden sijoittelu: Ratkaisu 1.	20
Kuvio 7. Materiaalivirta: Ratkaisu 1.	20
Kuvio 8. Vaiheiden sijoittelu: Ratkaisu 2.	21
Kuvio 9. Materiaalivirta: Ratkaisu 2.	22
Kuvio 10. FEM -analyysi: Maksimi jännitys.	25
Kuvio 11. FEM -analyysi: Maksimi taipuma.....	26
Kuvio 12. Kuormalavahyllyille valittu seinusta.....	27
Kuvio 13. Ylimääräisestä materiaalista vapautettu seinusta.	27
Kuvio 14. Yläpihan tulos.	28
Kuvio 15. Alapihan tulos.....	29
Kuvio 16. Käyttöön otetut lavahyllyt.....	30
Kuvio 17. Uusi layout: Ylähalli.	31
Kuvio 18. Uusi layout: Alahalli.....	32
Kuvio 19. Vanha layout: Ahtaasti sijoitetut työkoneet.	33
Kuvio 20. Vanha layout: Hallinoven edusta.	34
Kuvio 21. Uusi layout: Hallinoven edusta.....	35
Kuvio 22. Vanha layout: Kulkuväylä sosiaalityötiloihin.	35
Kuvio 23. Uusi layout: Kulkuväylä sosiaalityötiloihin.	36
Kuvio 24. Vanha layout: Tarpeetonta ja tarpeellista tavaraa.	37
Kuvio 25. Raivattu nurkkaus.....	38
Kuvio 26. Vanha layout: Näkymä kokoonpanopisteelle.	39
Kuvio 27. Uusi layout: Näkymä kokoonpanopisteelle.....	39
Kuvio 28. Vanha layout: Työkappaleen käsittelyongelma.	40
Kuvio 29. Kulkuväylä särmäysosion oviaukolta.....	41
Kuvio 30. Vanha layout: Särmäyspuristimen seinusta.....	42
Kuvio 31. Uusi layout: Särmäyspuristimen seinusta.	42
Kuvio 32. Standardityölehti: Kokoonpano 1. ja Putkityösolu	43

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

1.1 Rautatyö Kröger Oy

Rautatyö Kröger Oy on noin 40 vuotta sitten perustettu yritys, jonka toiminta jatkuu toisessa ja kolmannessa polvessa. Yritys aloitti toimintansa alunperin Kuopiossa, josta se myöhemmin siirtyi töiden myötä omistajansa mukana Jyväskylään. Rautatyö Krögerin toimintaan kuului alussa kaukolämpöasennukset ja sen toimitilat ja henkilöstömäärä olivat pienet. Ensimmäinen Jyväskylään sijoitettu toimipaikka perustettiin Jyväskylän Keltinmäkeen samalle tontille, jossa toiminta jatkuu nykyäänkin. Halli toimi pääasiassa laitevarastona ja toimistona. Rautatyö Kröger on kaukolämpöasennusten lisäksi ollut mukana mm. Kuokkalan sillan rakennuksessa sillan teräsrakennetöissä. Kaukolämpöasennusten jälkeen yritys siirtyi perinteisempään konepajatoimintaan, jolloin tuotantotiloja laajennettiin ja henkilöstön määrä kasvoi. Nykyään Rautatyö Kröger keskittyy ruostumattomiin ja haponkestäviin ohutlevytuotteisiin ja sen suurimpana asiakkaana toimii paperikoneyhtiö Valmet Oyj. Muita tuotteita ovat mm. hoitosiltakokonaisuudet, läpivientikasetit ja putkistokaapit. Rautatyö Krögerin erikoisuutena on laserhitsauslaitteisto ja se tarjoaa myös ruostumattomien ja haponkestävien tuotteiden pintakäsittelyä erillisessä peittauslaitoksessa.

Rautatyö Kröger Oy:n toiminta perustuu kappaletuotantoon ja tarkemmin yksittäistuotantoon. Tuotteissa, kuten ohutlevytuotteet, esiintyy paljon samankaltaisuutta ja toistuvuutta keskenään, mutta ne ovat lähes poikkeuksetta yksilöllisiä. Tuotannon resurssit kykenevät tuottamaan erilaisia tuotevariaatioita ja layoutista oli selvästi havaittavissa funktionaalisen tuotannon piirteet. Vaikka tuotteet ja tuotanto voi olla samankaltaista jopa vuosia, silti uusien asiakkaiden ja erikoisempien tuotetilausten takia tuotannon täytyy olla joustavasti muunneltavissa hyvinkin erilaisiin tarpeisiin. Tämä aiheuttaa ongelmia erityisesti työkappaleiden massan tai äärimittojen asettaman tilantarpeen takia.

1.2 Ongelma ja sen taustat

Rautatyö Kröger Oy perusti vuonna 2007 erillisen laserhitsausyksikön Jyväskylän Sepälänkankaalle. Kuitenkin vuoden 2008 laman jälkiseurauksena jouduttiin erillisestä laseryksiköstä luopumaan ja toiminta keskitettiin lopulta Jyväskylän Keltinmäen toimipisteeseen. Perinteinen konepaja ja laseryksikkö yhdistettiin työntekijöineen ja laitteineen. Vaikka yksikköjen yhdistäminen ja tuotannon jatkaminen onnistuivat pääasiassa hyvin, ongelmia on kuitenkin ilmennyt tuotantotilojen tilanpuutteen, suurien koneiden ja laitteiden sekä kookkaiden tuotteiden takia.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Työn tavoitteena oli selkeyttää tuotantotilojen layoutia ja hyödyntää paremmin ahtaita ja epäkäytännöllisiä tiloja sekä selkeyttää materiaalin käsittelyä. Olemassa olevien ja myös harvemmin käytössä olevien koneiden ja laitteiden käytettävyyttä tuli parantaa. Lisätavoitteeksi työn aikana muodostui järjestyksen ja siisteyden ylläpidon kehittäminen. Kokonaisuutena tähtäimessä oli työntekijäystävällisempi ympäristö ja sitä kautta sujuvampi tuotanto.

2 Käytetyt kehittämismenetelmät

Opinnäytetyötä voidaan pitää kehitystutkimuksena, sillä työllä tavoitellaan toiminnan kehittämistä ongelman tunnistamisen ja sen ratkaisun kautta. Ongelmasta ja sen ratkaisusta hankitaan tietoa, jota hyödyntämällä luodaan johtopäätöksiä ja pyritään toimiviin kehitysehdotuksiin. Kehitystutkimus kuvaa ja analysoi tiettyä prosessia tai toimintoa ja samalla pyrkii toimivampaan toimintamalliin (Kananen 2012, 13-14,44).

Kyseisessä työssä ongelman taustatietoa kerättiin haastatteluilla, mielipiteillä ja omalla havainnoinnilla. Toimenpiteet ja menetelmät olivat ennalta tuttuja, joten niiden keskeiset ongelmat oli helppo paikantaa. Tuotannon työntekijöiden näkemykset ja kokemuspohja toivat lisäarvoa kerätylle taustatiedolle ja rajasivat mahdollisia ratkaisuja. Ongelmanratkaisuun vaadittavaa tietoa haettiin aihetta käsittelevästä kirjallisuudesta ja internetistä.

3 Tuotannon layoutsuunnittelu

Layout on tavanmukainen ammattisana, joka kuvaa tuotannon eri osioiden, kuten koneiden, laitteiden, kulkuväylien tai varastointipaikkojen sijoittelua tehdasympäristössä. Tehdaslayoutit voi jakaa kolmeen eri päätyyppiin, jotka ovat tuotantolinja, funktionaalinen layout sekä solulayout. Tuotannon tehokkuuden ja sujuvuuden kannalta layoutin valinnalla on suuri merkitys, joten sen suunnitteluun ja toteutukseen kannattaa panostaa. Layout tyyppin määrittää tuotantolaitteiden sijoittelu, tuotantomäärät sekä tuotteiden vaihtelevuus. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475.) (Tuotannon layout. N.d.)

3.1 Layouttyypit

3.1.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjan koneet ja laitteet on järjestetty tuotteen työnkulun mukaan ja se on sidottu vain tietyn tuotteen valmistukseen. Linjan toiminta on pitkälle automatisoitua ja tehokasta. Suurimmat edellytykset tuotantolinjalle ovat suuri volyyymi ja korkea kuormitusaste. Vaikka tuotantolinjan perustaminen vaatii isoa investointia, suurien tuotantomäärien myötä kappaleen yksittäishinta putoaa alhaiseksi. Tuotantolinjan heikkoutena on sen huono häiriönsietokyky, koska pienelläkin häiriöllä on suuri vaikutus linjan tuottavuuteen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475.)

Virheellisten tuotteiden välttämiseksi, tulee laadunhallinnan olla tarkkana. Kustannukset voivat nousta suuriksi, kun tuotantolinja tuottaa virheellisiä tuotteita samalla

tehokkuudella, kuin alkuperäisiä tuotteita. Sarjakoot ovat suuria eikä linjan muuttamista toista tuotetta varten suosita pitkien asetusajkojen takia. Työnkulun selkeyden ansiosta tuotannonohjaus on helppoa ja linjaa käsitellään usein kokonaisuutena. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475 – 476.)

3.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalille layoutille ominaista on koota samat toiminnot osastoittain yhteen, kuten hitsauskoneet hitsaamoon, sorvit sorvaamoon tai pakkaus omaan osastoonsa. Tuotekirjo voi olla laaja ja tuotantomäärät voivat vaihdella paljon. Yleistä on, että koneet ja laitteet soveltuvat monen erilaisen tuotteen valmistamiseen, yksittäiskappaleista pieniin sarjoihin. Automaation hyödyntäminen funktionaalisessa layoutissa on hankalaa, sillä työnkulku eri kappaleilla voi vaihdella suuresti ja jopa edestakaista liikettä työvaiheiden välillä voi tapahtua. Työt kasautuvat usein jonoiksi eri työvaiheille ja on lähes mahdotonta optimoida töiden kulkua ajoituksellisesti oikein. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476.)

Kustannuksiltaan funktionaalisen layoutin perustaminen on halpaa verrattuna tuotantolinjaan. Tuotteiden ja tuotemäärien muutosten hallinta on helppoa layoutin joustavuuden ja kapasiteetin kasvatuskyvyn ansiosta. Tuottavuudeltaan funktionaalinen layout on huomattavasti tuotantolinjaa heikompi ja yksikkökustannukset kasvavat suureksi. Keskeneneräiseltä tuotannolta ei voi välttyä, mutta tuotannon häiriönkestävyys on hyvä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476 – 477.)

3.1.3 Solulayout

Solulayout koostuu sananmukaisesti erillisistä soluista, jotka keskittyvät vain tiettyjen osien valmistukseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solujen sisällä olevat koneet ja laitteet on valikoitu sen mukaan, mitä tuotetta solussa valmistetaan. Läpäisy aika tuotteille on lyhyempi verrattuna funktionaaliseen layouttiin ja tuotteiden valmistus on solun sisäisesti joustavaa. Joustavuudeltaan solu myös voittaa tuotantolinjan ja on tehokkuudeltaan parempi kuin funktionaalinen tuotantojärjestelmä, mutta vain

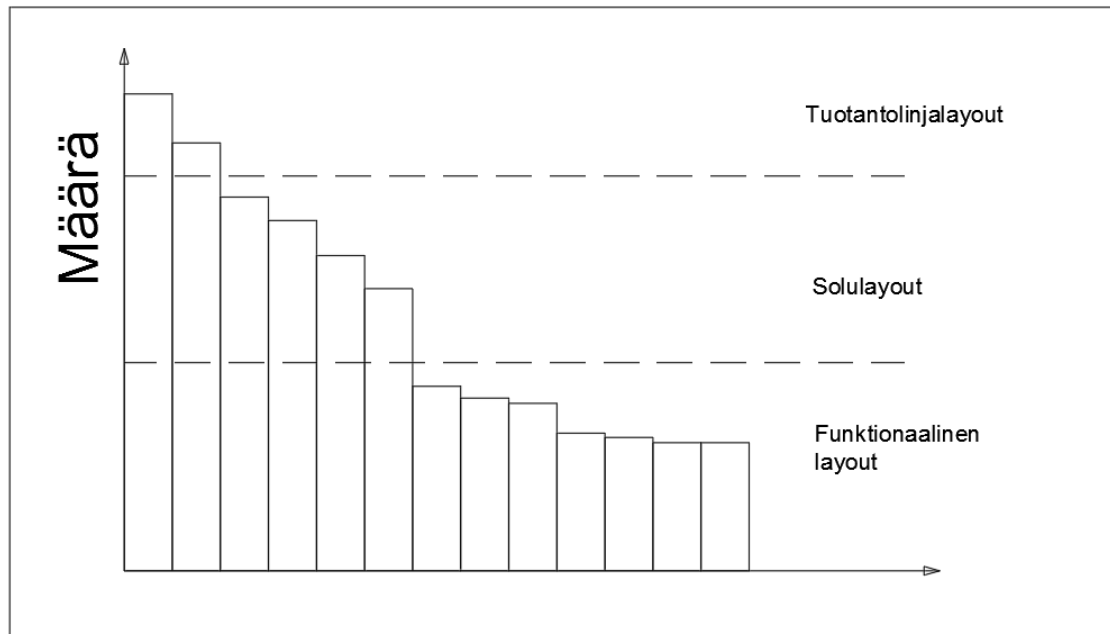
niissä tuoteryhmissä, joihin solut on tarkoitettu. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477 – 478.)

Solulayoutin tuotemäärissä ja eräkoissa voi olla paljon vaihtelevuutta ja tuotteita voidaan valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Tuotannonohjaukseltaan solu on helppo ohjattava, sillä se koostaa vain yhden kuormituspisteen. Solun sisäisissä koneiden ja laitteiden kuormitusasteissa voi olla suurta vaihtelevuutta ja ne jäävät usein tuotantolinjaa alhaisemmiksi. Koska solua käsitellään kokonaisuutena, solussa työskentelevät työntekijät voivat suunnitella ja jakaa työtehtävänsä itsenäisesti. Tämä lisää myös työntekijöiden viihtyvyyttä ja vaihtelua työtehtävissä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 478.)

3.2 Layoutsuunnittelun vaiheet

3.2.1 Layouttyypin valinta

Layouttyypin valinta perustuu tuotevalikoiman laajuuteen ja niiden tuotantomääriin. Valinnan selkeyttämiseen apuna voi käyttää Tuote-määrä -analyysiä (ks. Kuvio 1). Analyysistä on helposti havaittavissa, mikä layouttyyppi sen perusteella soveltuu parhaiten. Tuotantolinjalayoutissa tuotantomäärät ovat suuria, mutta erilaisia tuotteita tuotetaan vähä. Funktionaalisen layoutin valinta on selkeä, kun valmistetaan useita erilaisia tuotteita pienissä määrissä. Solulayout sijoittuu näiden ääripäiden väliin, kun valmistettavia tuotteita on useampi, mutta tuotantomäärät eivät puolla vielä tuotantolinjan perustamista. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 479.)

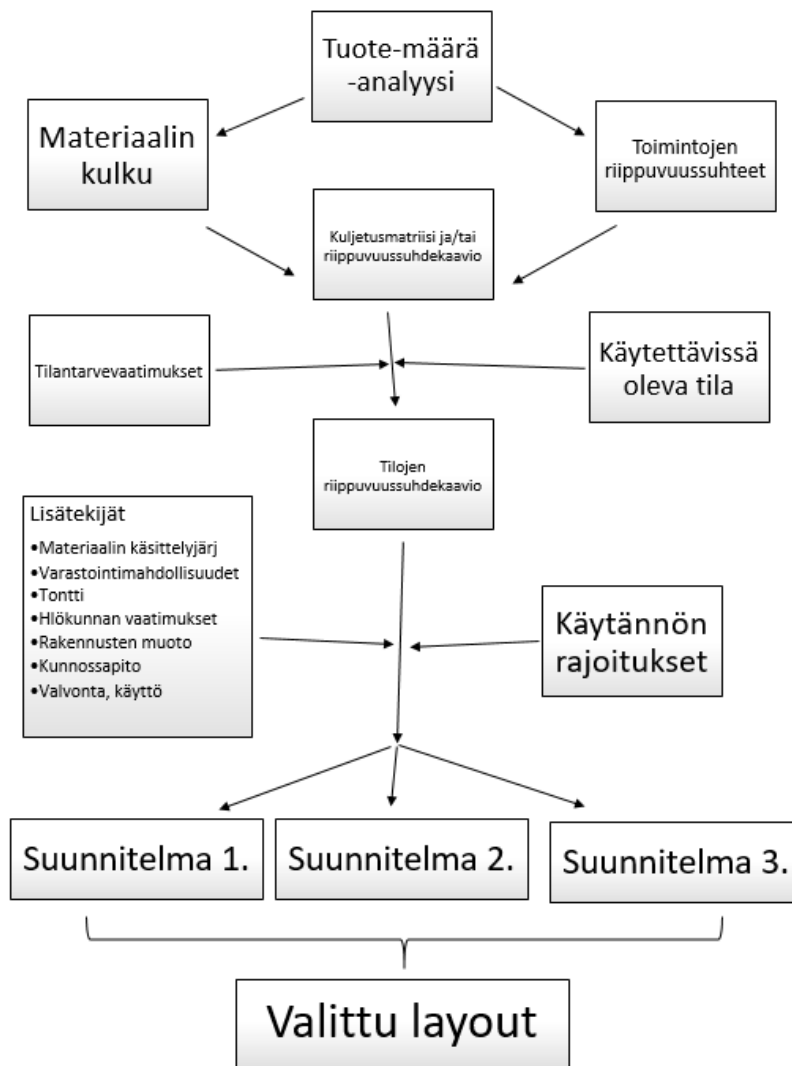


Kuvio 1. Tuote-määrä -analyysi.

Tuotannon layout ei ole sidottu vain tiettyyn layoutmalliin, vaan tuotannon eri osat alueet voivat muodostaa erilaisia osalayoutteja. Esimerkkinä kokoonpanolinja, jota ruokitaan soluissa valmistetuilla osilla. Funktionaalinen tehdaslayout voi sisältää myös soluja, jos tiettyntyyppisille osille on jatkuvasti kysyntää. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 480.)

3.2.2 Systemaattinen layoutsuunnittelu

Kokonaisuudessaan layoutsuunnittelu on mutkikas monen eri vaiheen ketju. Lopullinen layout koostuu aina kompromisseista, koska kaikkien vaiheiden kannalta optimaaliseen ratkaisuun on lähes mahdoton päästä. Päätavoitteena tulee keskittyä materiaalivirran tehokkaaseen suunnitteluun, jossa osastojen sekä työpisteiden väliset kuljetuskerrat- ja matkat minimoidaan. Suunnittelussa on huomioitava myös tulevaisuuden muutokset mahdollisia tuotantomuutoksia ajatellen. Uusien tuotteiden ja tuotantomäärien vaihtuessa layoutin muuttamisen on oltava joustavaa. Tämän myötä on kiinnitettävä tarkkaa huomiota vaikeasti siirreltäviin koneisiin ja laitteisiin, jotta niiden sijainti ei ole haitta mahdollisesti muuttuneessa pohjassa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 480-482.) (Bicheno & Holweg 2009, 125 – 127).



Kuvio 2. Layoutsuunnittelun kulku.

3.3 Hyvän layoutin ominaisuudet

Hyvin suunnitellussa layoutissa materiaalivirrat on muodostettu selkeästi, layout on joustava ja sitä on helppo muuttaa tarvittaessa. Materiaalien siirtely on minimoitu ja kuljetusmatkat ovat mahdollisimman lyhyet. Erikoisosaamista vaativien tuotteiden valmistus keskittyy tiettyyn paikkaan ja tehtaan sisäiset palvelut on sijoitettu käyttöpaikkojen läheisyyteen. Materiaalin vastaanoton ja jakelun tulee olla tehokasta ja turha siirtely minimoida. Kaikilla tuotantopisteillä on huomioitu niiden omat erityistarpeet ja tuotantotila on tehokkaasti hyödynnetty. Sisäinen kommunikaatio on järjestettävä helpoksi eikä työturvallisuutta tai -tyytyväisyyttä saa laiminlyödä. (Have-riila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 482.)

Varastoinnissa tulee välttää yhtä isoa varastoa. Varsinkin automatisoidut varastointijärjestelmät luovat houkutuksen pitää varasto aina täynnä. Materiaalin käsittelijöille on hyvä määrittää säännöllinen kierto, joka näin tahdittaa työtä työpisteillä ja lisää informaation kulkua. Pyri ajattelemaan myös lattiatasoa laajemmin ja etsi mahdollisuuksia hyödyntää tilaa kolmiulotteisesti. Voisiko esimerkiksi raaka-aineet kulkea yläkautta tai lattiaan sijoitetuissa väylissä, vapauttaen tilaa kaikelle muulle? Älä myöskään rajoita suunnitelmaa vanhoihin tuotantotiloihin. Usein uuden tuotantotilan kustannukset on nopeasti nollattu ja tulevaisuuden muutokset on helpompi ottaa huomioon. Vanhan tilan ongelmat voivat uusiutua, vaikka tuotannon pohja saataisiinkin optimoitua alkuperäistä toimivammaksi. (Bicheno & Holweg 2009, 127).

Jos mahdollista, sijoita suunnittelu- ja insinööriosastot mahdollisimman lähelle tuotantoa ja järjestä heille myös yhteiset taukotilat. Lisäksi muodosta insinöörien työpisteille vievät kulkuväylät niin, että ne kulkevat tuotannon läpi. Nämä seikat lisäävät tiedonkulkua osastojen välillä ja antavat myös visuaalista informaatiota kaikille osapuolille. (Bicheno & Holweg 2009, 127).

4 5S – Siisteyden ja järjestyksen toimintamalli

4.1 5S perusajatus

Siisteyttä ja järjestystä voidaan pitää hyvän ja toimivan yrityksen tunnusmerkkinä niin asiakkaille, kuin myös työntekijöille. Järjestys lisää työvoiman viihtyvyyttä, parantaa työturvallisuutta ja laatutasoa sekä vähentää tuhlausta. 5S -menetelmä on lähtöisin Japanista ja se koostuu viidestä vaiheesta, jotka ovat:

- Seiri (Errottele)
- Seiton (Yksinkertaista)
- Seiso (Puhdista)
- Seiketsu (Systematisoi)
- Shitsuke (Standardoi)

Vaiheiden suomennoksista on hyvinkin erilaisia versioita, mutta toiminnaltaan kaikki noudattavat samoja periaatteita.

5S luo perustan kaikelle parannukselle ja on pohjimmiltaan yksinkertainen ja perusteellinen. Kuitenkin ilman jokaisen vahvaa sitoutumista sen toteuttamiseen, 5S -menetelmällä saavutetut hyödyt menetetään. (Teknologiateollisuus ry:n MET -julkaisu nro. 16/2001, 7)

Oikein toteutetulla 5S -ohjelmalla saavutetaan tuottavuuden ja laadun paranemista sekä lisätään työiihtyvyyttä. Toiminnalla ehkäistään myös ongelmien syntymistä ja onnistutaan vähentämään tuotannosta syntyvää hukkaa. Tuotannon työtä saadaan nopeutettua, kun siisteys, järjestys ja puhtaus ovat jatkuvasti vallitsevia. Samalla tehostetaan tilan käyttöä, kun ylimääräistä tavaraa ei enää kerry toiminnan tielle ja tila vapautuu työn tekemiseen. (Tuominen 2010, 8)

4.2 5S vaiheet

Erottele:

Erottelu vaiheessa seurataan kolmea kysymystä: Mitä tarvitset? Mitä et tarvitse? Mitä voit poistaa? Kaikki tarpeeton tavara poistetaan työpisteestä ja vain työhön tarvittavat välineet sijoitetaan helposti saataville. Työpisteisiin kertyy ajan kanssa käyttämättömäksi jääneitä jigejä, työkaluja, tyhjiä lavoja, raaka-aineita, papereita ym. Todellisuudessa päivittäin tarvitaan vain pieni määrä näistä tavaroista ja loput luovat vain epäjärjestyä ja haittaavat työn tekemistä. (5S -vihko 2009, 8 – 9)

Yksinkertaista:

Työpisteisiin jääneille tavaroille, kuten työkaluille, merkitään oma paikkansa. Paikan merkitseminen on erittäin tärkeää, sillä se helpottaa jatkuvaa ylläpitoa, kun jokaisella tavaralla on selkeä paikka, mihin se käytön jälkeen palautetaan. Paikoilleen palauttaminen vie aikaa minuutin, kun taas palauttamattoman tavaran etsiminen voi viedä aikaa tunnin. Myös varastopaikat tulee määrittää ja varastolle tulee asettaa enimmäiskoko. (5S -vihko 2009, 10 – 11)

Puhdista:

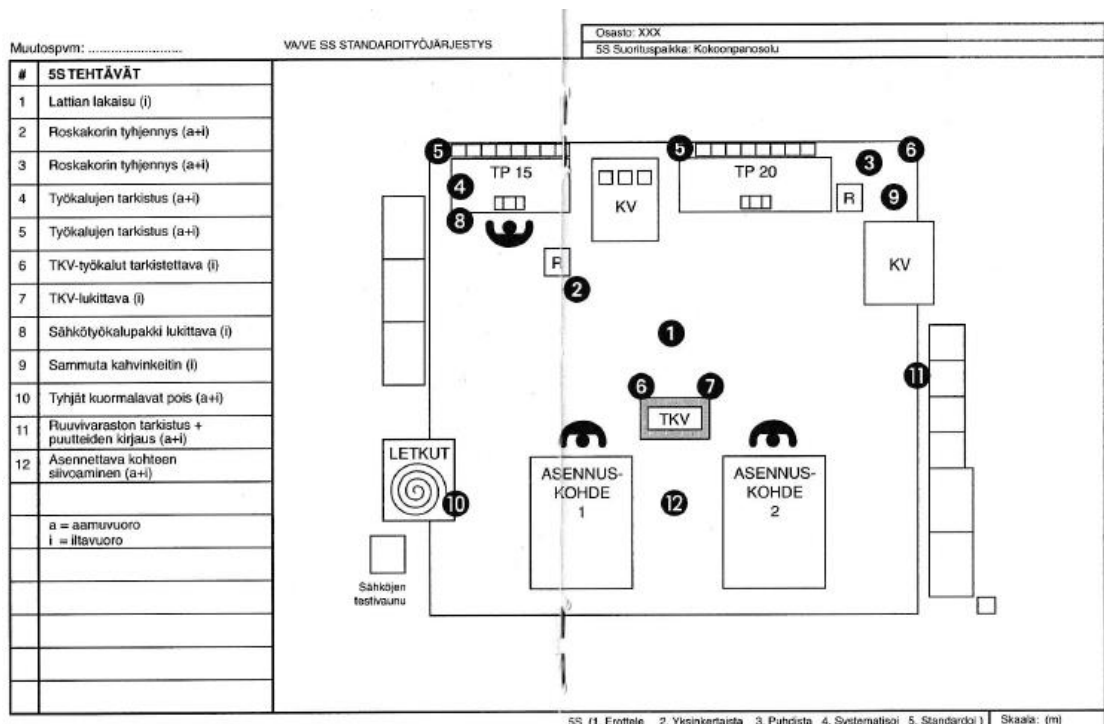
Työympäristön siisteys vaikuttaa moneen asiaan. Siisti ympäristö nostaa viihtyvyyttä, parantaa työturvallisuutta ja auttaa havaitsemaan poikkeamia. Työpisteiden tulisi olla yksinkertaisia, jotta niiden siistiminen olisi mahdollisimman helppoa. Liian kapeat väylät tai epämääräisesti sijoitetut laitteet tekevät siistimisestä hankalaa ja se jää usein toteuttamatta. (5S -vihko 2009, 12)

Systematisoi:

Systematisoinnissa on tarkoitus luoda kolmesta edellisestä vaiheesta rutiininomaisia toimintatapoja. Kertaluontoisesti 5S -menetelmän läpikäynti on helppoa ja nopeaa, mutta kun siisteyden ylläpitämisestä halutaan jatkuvaa, tulee toimintatapoihin sitoutua päivittäin. Ilman vahvaa sitoutumista vanhat tavat palaavat helposti ja ilman aikaa uusien tapojen omaksuminen on mahdotonta. Ylläpidon seuraamiseksi 5S -menetelmälle asetetaan tavoitteet ja niitä auditoidaan esimerkiksi kuukausittain. (5S -vihko 2009, 13)

Standardoi:

Standardoinnilla luodaan selkeä pohja edellisistä vaiheista, josta kuka tahansa voi havaita työpisteen poikkeamat ja korjata ne. Jopa uusi työntekijä löytää nopeasti työkalut ja työn vaatimat välineet sekä tietää miten toimitaan. Standardointiin aputyökaluna on hyvä käyttää 5S -standardityölehteä, johon kirjataan aiemmissa vaiheissa sovitut tavaroiden järjestykset ja sijainnit. (5S -vihko 2009, 14)



Kuvio 3. Esimerkki standardityölehdessä (5S -vihko 2009, 16 – 17)

5 Opinnäytetyön toteutus

5.1 Nykytilan kartoitus

Työ aloitettiin käymällä läpi kaikki hallien koneet, laitteet ja työtasot ja listaamalla ne ylös paperille. Samalla mitattiin koneiden ääriimitat ja arvioitiin käyttämiseen vaadittava tilantarve kokemuspohjaisesti. Tämän jälkeen mitoitettiin hallien ja piha-alueen mitat käyttäen lasertoimista etäisyysmittaria. Huomioitiin myös tuotantotilojen epäjärjestys.

Tuotantotilat jakautuvat kahteen vierekkäiseen tuotantohalliin, jotka eritellään toisistaan nimillä ylähalli ja alahalli. Hallit jakavat yhteisen piha-alueen, joka laskee hieman kohti alahallia. Lähtötilanne layoutin kannalta oli yhdellä sanalla sekava. Ensituntuma molemmissa halleissa oli ahdas ja epäselvä. Kiintopisteinä toimi työtasot ja isot koneet, joiden ympärille jakaantui työntekijät, lavat, raaka-aineet, työkalut ja nostovälineet epämääräiseen järjestykseen. Selkeitä kulkuväyliä ei ollut määritetty, vaan liikuminen tapahtui sieltä, mistä oli tilaa ja pahimmassa tapauksessa jopa lavojen tai työkappaleiden yli. Isojen halliovien edustat eivät pysyneet tyhjänä, joka hankaloitti trukkiliikennettä viedessä tavaraa ulos hallista tai sisään halliin. Harvemmin käytössä olevia työkoneita oli sijoitettu tilanpuutteen takia niin, että niiden ääriliikkeitä tai vaadittavaa työtilaa ei ollut huomioitu.

Yrityksen varastointitilana toimi tuotantohallien piha-alue, jossa tapahtui myös työntekijöiden ajoneuvojen pysäköinti ja rekkaliikenne tavaran vastaanottoon ja lähetykseen. Piha-alueen ongelmana oli sen pieni koko ja epäjärjestelmällisyys. Saapuvaa ja lähtevää tavaraa oli sijoitettu sekaisin sen mukaan, mistä sattui löytymään sopiva tila laskea tavara. Näiden lisäksi piha-alueella varastoitiin keskeneräistä tuotantoa työvaiheiden välillä. Alueelle oli myös varastoitu vuosien saatossa kertyneitä materiaaleja, joiden käyttö oli harvinaista tai olematonta. Tämä aiheutti tilanteen, jossa jokainen työntekijä vuorollaan joutui etsimään piha-aluetta läpi löytääkseen tarvitsemansa osat tai raaka-aineet. Pahimmillaan työntekijä joutui siirtämään tavaroita ja levittämään niitä ympäri pihaa, jotta pääsisi käsiksi esimerkiksi tarvitsemaansa raaka-aineseen. Tämä taas aiheutti lisää sekaannusta seuraavien työntekijöiden joukossa, koska lava, jolla hänen tarvitsemansa osat olivat, olikin siirtynyt yhtäkkiä monen muun lavan taakse eri puolelle pihaa.

5.2 Seuranta ja havainnot

Työn alussa suoritettiin seuranta ja huomioitiin kokemuspohjaisia havaintoja, joita allekirjoittanut oli kohdannut työskennellessä tuotannon työtehtävissä. Apuna käytettiin myös muiden työntekijöiden ja johdon havaitsemia epäkohtia ja huomioita.

Seurannassa esille tulleita huomioita ja epäkohtia:

- Tilojen ahtaus
- Epäselvä varastointi
- Virtapisteiden riittämättömyys
- Nostovälineet eivät löydä takaisin paikoilleen
- Kulkuväyliä ei määritetty
- Pienet leikkeet ja särmätyt osat monesti hukassa
- Koneistuksesta tulleet osat hukassa
- Siivousvälineet hukassa, ei selkeää paikkaa
- Työkaluja lojuu määrittelemättömissä paikoissa
- Työkoneiden ääri liikkeitä ei otettu huomioon

Epäkohtien seurauksia:

- Tilojen ahtaus vaikeuttaa työn tekemistä, kappaleen käsittelyä, liikkumista ja aiheuttaa jopa tapaturmatilanteita. Ylimääräinen raivaus vie aikaa pois tuottavasta työstä.
- Epäselvä varastointi turhauttaa työntekijää ja tavaroiden siirtely vie aikaa tuottavasta työstä.
- Virtapisteiden riittämättömyys turhauttaa työntekijää. Esimerkiksi hitsauskonetta ei saa toivomaansa paikkaan tai oma kone on kesken päivän irrotettu seinästä muun koneen alta.
- Nostovälineet, kuten liinat, jäävät helposti lojumaan lattioille, lavojen alle tai työtaison kulmalle. Työntekijä joutuu etsimään hallin ympäri ja tämä aiheuttaa ongelman, jossa sisään tuotua tavaraa ei saada pikaisesti nostettua oviaukosta. Pahimmillaan useamman työntekijän työ seisahtuu nostureiden ollessa käytössä tai työtilan tukkeutuessa siirrettävästä tavarasta.
- Kulkuväyliä ei oltu määritetty, jolloin liikkuminen tapahtuu sieltä, mistä löytyy tilaa. Pahimmillaan työkappaleiden ja lavojen yli. Aiheuttaa tapaturmariskin.
- Pienillä leikkeillä ja särmätyillä osilla ei ole selkeää paikkaa, jolloin ne pääsevät hukkaan laatikkoihin, tasojen reunoille tai lavoille.
- Koneistuksesta saapuneilla osilla sama tilanne pienten leikkeiden ja särmäysten kanssa.
- Siivousvälineitä tarvittaessa, niitä joutuu etsimään ympäri hallia. Kuluttaa aikaa ja turhauttaa työntekijää.
- Työkaluja lojuu työtasojen reunoilla ja ne ovat usein hukassa tai tiellä.
- Harvemmin käytettyjen työkoneiden ääri liikkeitä on jätetty huomioimatta, joka vaikeuttaa koneen kunnollista käyttöä tai tekee siitä jopa mahdotonta. Turhauttaa työntekijää.

5.3 Layoutin suunnittelu

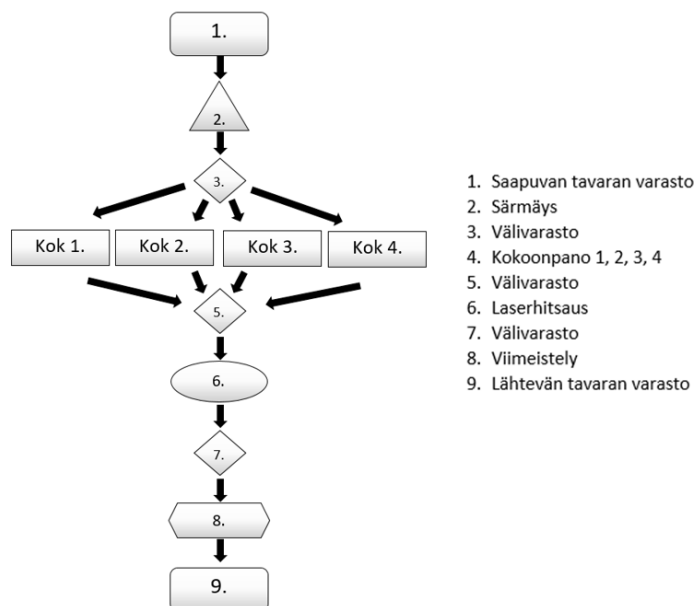
5.3.1 Ohjelmiston valinta

Layoutin suunnitteluun ja piirtämiseen käytettäväksi ohjelmistoksi valikoitui Autodesk AutoCAD 2017 -ohjelmisto. Ohjelmisto oli helposti saatavilla, tuttu käyttää ja oli varmaa, että sillä pääsee tyydyttävään lopputulokseen. AutoCAD on ohjelmisto, joka on laajasti yritysten käytössä teknisten 2D- piirustusten piirtämisessä ja lukemisessa. Ohjelmisto on myös käytössä kohdeyrityksessä, jolloin oli mahdollista jakaa alustavia layoutsuunnitelmia johdon kanssa, ja tehdä muutoksia heti kohteessa.

5.3.2 Layout tyyppin valinta

Tuotteiden erilaisuus ja tuotemäärät puolsivat funktionaalisen layoutin mallia aivan kuin vanhassa layoutissa. Myös tuotteiden suuri koko tuotantotiloihin nähden karsi nopeasti muut layoutmallit pois. Pieni osa tuotteista vaati erikoistuneita työkoneita ja tuotantovaiheita, joten niiden tuottamiseen olisi mahdollista perustaa solu.

5.3.3 Työnkulkukaavio



Kuvio 4. Ohutlevyvalmistuksen työnkulkukaavio

Valtaosa tuotteista ovat ohutlevytuotteita, jotka noudattavat pääasiassa samaa työkulkua tuotannossa (ks. Kuvio 4). Raaka-aineet saapuvat leikkeinä ja varastoidaan saapuvan tavaran varastoon. Seuraava vaihe on särmäys, joka välivarastoinnin kautta pystyy ruokkimaan neljää kokoonpanopistettä. Särmäyksen jälkeinen välivarastointi on mahdollista toteuttaa ulkona. Kokoonpanon jälkeen tuotteet siirretään jälleen välivarastoon odottamaan laserhitsausta. Tämä välivarastointi muodostaa ongelman, sillä kokoonpannut tuotteet vievät suuren tilan, eikä niitä kosteuden välttämiseksi voi varastoida enää ulkotiloissa ennen laserhitsausta (ks. Kuvio 5).



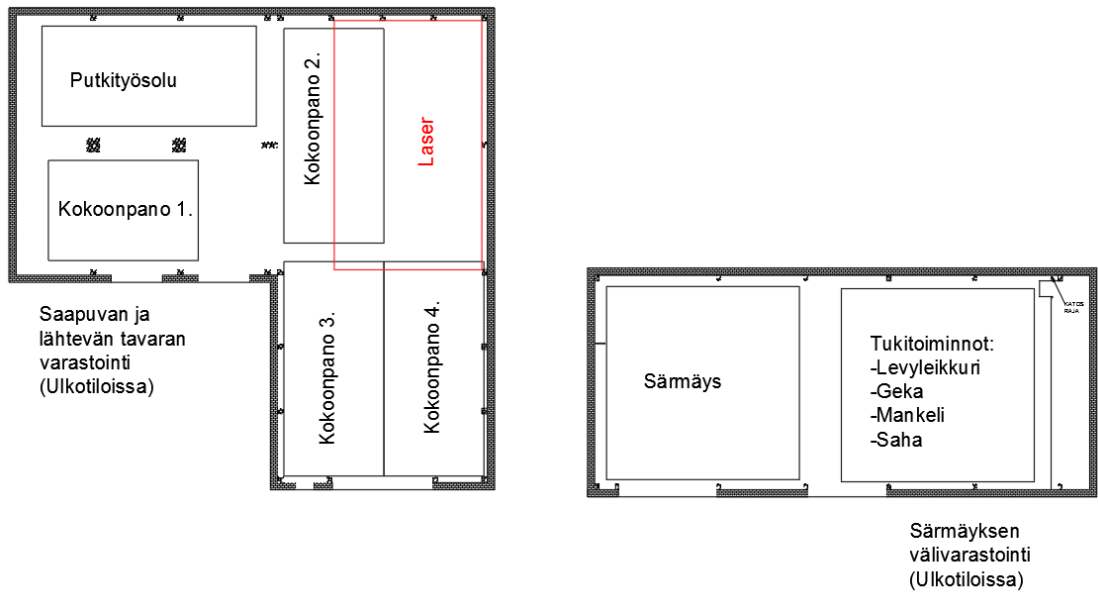
Kuvio 5. Välivarastointi ennen laserhitsausta

Laserhitsauksen jälkeen tuotteet vaativat vielä usein viimeistelyhitsausta ennen kuin ne ovat valmiita. Viimeistely suoritetaan jollain neljästä kokoonpanopisteestä ja riippuen siitä, onko pisteellä jo uusi tuote kokoonpanossa, joutuu laserhitsattu tuote odottamaan jälleen välivarastossa. Myöskään tämä välivarastointi ei voi tapahtua ulkotiloissa, sillä tuotteessa voi olla edelleen avonaisia rakenteita, jonne kosteuden

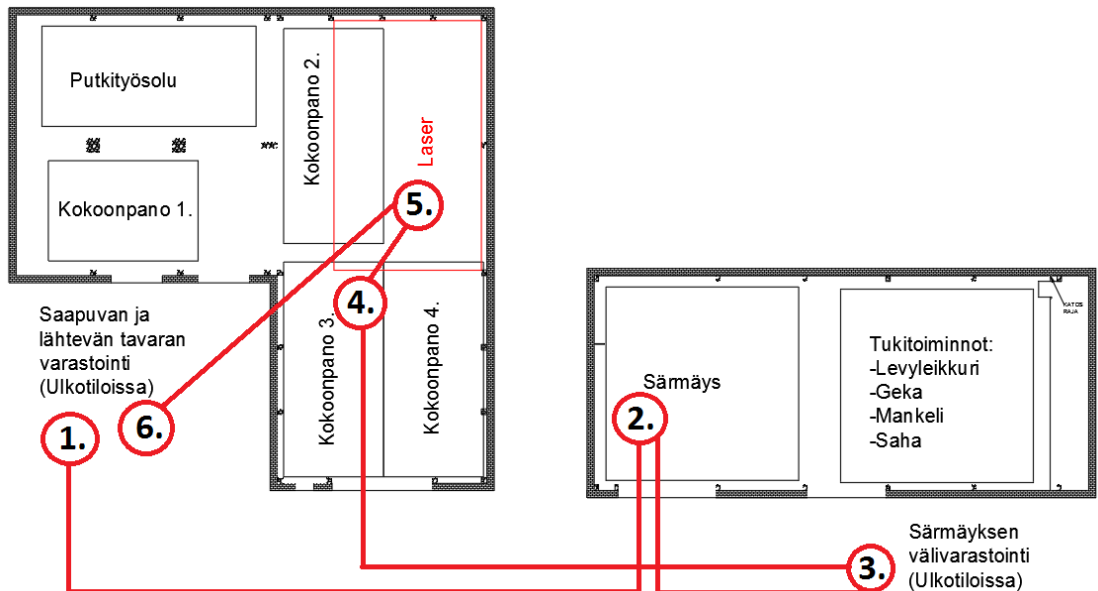
pääsyä tulee välttää. Viimeistelyn jälkeen tuote siirretään lähtevän tavaran varastoon, jossa se odottaa kuljetusta eteenpäin.

5.3.4 Tuotantovaiheiden sijoittelu

Tuotantovaiheille arvioitiin vaadittu lattiapinta-ala, jonka jälkeen vaiheet pyrittiin sijoittamaan tuotantotiloihin niin, että ne seuraisivat työnkulkukaaviota mahdollisimman selkeästi ja työvaiheiden väliset siirrot olisivat lyhyet. Löydettiin ratkaisu, jossa särmäys sijoitettaisiin alahalliin ja sen vieressä olisi muut levyn työstämiseen vaaditut työvälineet kuten levyleikkuri ja pistin (ks. Kuvio 6). Näin nämä toimisivat särmäyksen tukitoimintoina mahdollisten osien puutosten tai muokkauksen kannalta. Tavaran purku ja lähetys on mahdollista toteuttaa vain yläpihalla, joten saapuva ja lähtevä tavara varastoidaan sinne. Alahallin ulkopihalle sijoitettiin välivarasto särmättyjä osia varten, jolloin särmäyksen ja välivarastoinnin välinen siirtomatka olisi lyhyt. Kaikki kokoonpanopisteet sijoitettiin ylähalliin, jossa sijaitsee myös laserhitsauslaitteisto. Tällöin kokoonpanopisteiden ja laserin väliset siirrot voidaan toteuttaa hallin sisäisesti siltanostureita käyttäen. Välivarastoinnille kokoonpanopisteiden ja laserin välillä jää huonosti tilaa, joten välivarastointia tulisi minimoida mahdollisimman hyvällä työohjauksella. Ongelmaksi muodostuu myös laserin ja kokoonpanopiste 2:n risteävä työtila. Putkentyöstölaitteet kuten saha, putkentaivutin ja putkenistutuskone sijoitettaisiin omaan soluunsa ylähalliin.



Kuvio 6. Vaiheiden sijoittelu: Ratkaisu 1.

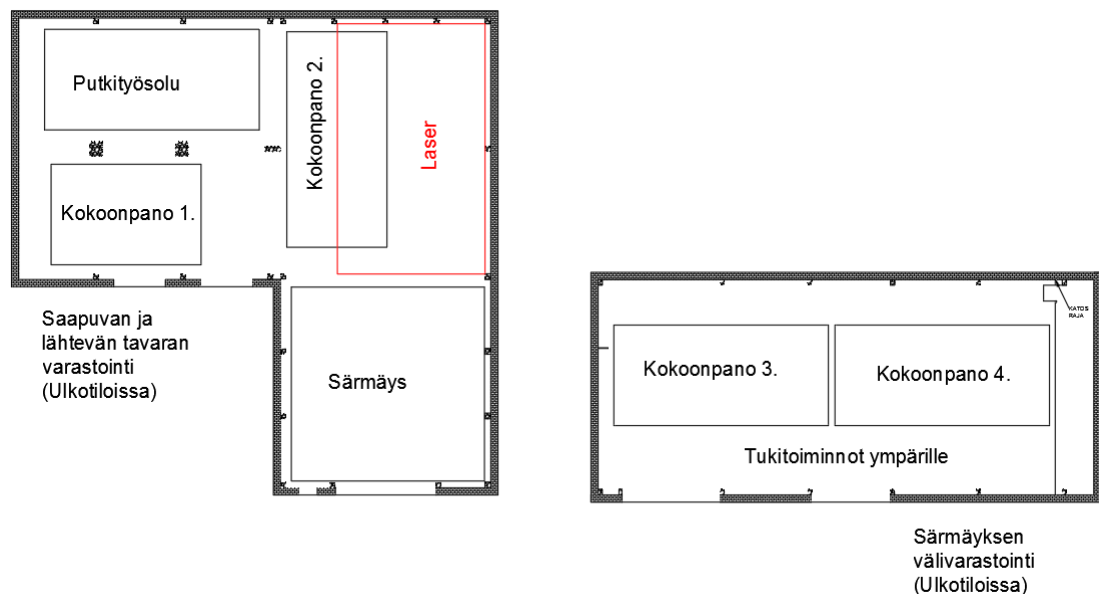


Kuvio 7. Materiaalivirta: Ratkaisu 1.

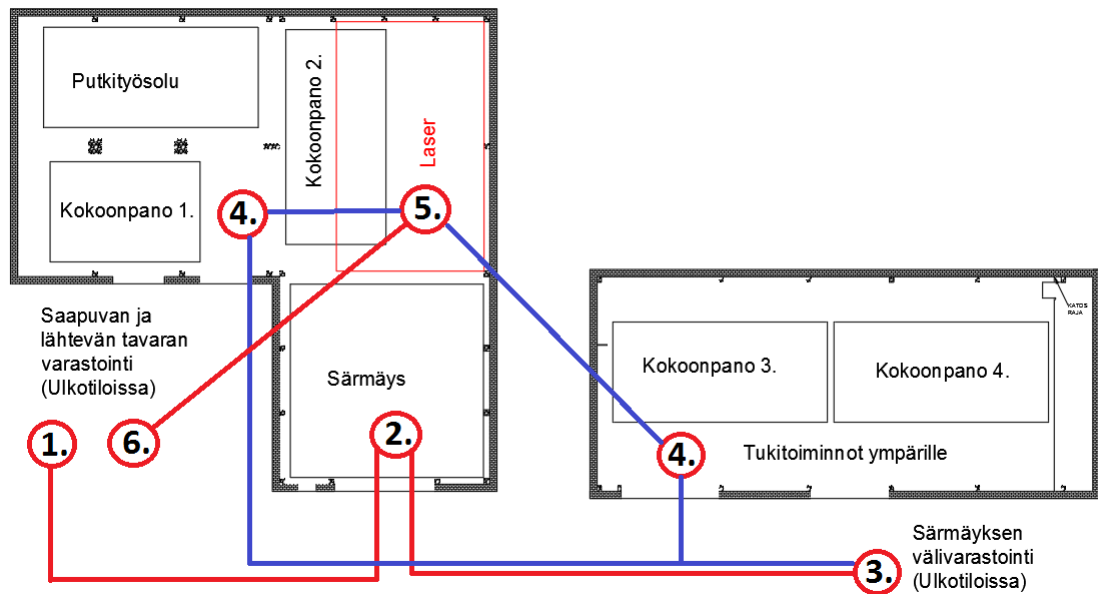
Materiaalivirraltaan Ratkaisu 1. olisi tilojen hankalan muodon kannalta toimiva (ks. Kuvio 7). Saapuva ja lähtevä tavara varastoidaan yläpihalla, jossa tapahtuu myös tavarän purku ja lastaus. Särmäys ja sen välivarastointi on sijoitettu lähemmäksi omaan osioonsa. Kaikki kokoonpano tapahtuu samassa hallissa ja laserhitsauskoneen läheisyydessä, joten siirtoetäisyydet ovat lyhyet. Laserhitsauksen jälkeinen viimeistely voi tapahtua vaiheiden 5. ja 6. välissä millä tahansa kokoonpanopisteellä. Lopuksi valmiilla tuotteella on lyhyt siirtomatka lähtevän tavarän varastointialueelle.

Ensimmäisen ratkaisu osoittautui kuitenkin soveltumattomaksi, sillä toimeksiantajan rajoituksena oli, että laserhitsauslaitteisto ja särmäyspuristin jätettäisiin entisille paikoilleen. Syynä tähän oli siirtojen hankaluus ja sen aiheuttamat kustannukset. Toinen ratkaisun kumoava tekijä löytyi, kun alahallin korkeus ei soveltunut särmäyspuristimelle. Alahalli on korkeudeltaan liian matala, jotta särmäyspuristin mahtuisi kooltaan kunnolla tilaan. Hallin rakenteita tulisi korottaa, ennen kuin särmäyspuristimen siirto olisi mahdollista. Tämä luonnollisesti aiheuttaisi kustannuksia alahallin rakennustöiden sekä tuotannon keskeytymisen vuoksi.

Toisessa ratkaisussa särmäyspuristin ja laserhitsauslaitteisto jätettiin entisille paikoilleen ja kokoonpanopisteet jakautuivat molempiin halleihin (ks. Kuvio 8). Tämä jako oli pitkälti sama vanhassa layoutissa, jolloin mahdollisten parannusten täytyi tapahtua tarkemmin työtiloja optimoimalla. Materiaalin kulku vaiheiden välillä jää heikommaksi ensimmäiseen ratkaisuun verrattuna, joten uuden layoutin hyöty tulee tilankäyttöä tehostamalla ja varastoinnin kehittämisen kautta. Särmäyksen välivarastointi pidettiin edelleen ulkotiloissa alapihalla.



Kuvio 8. Vaiheiden sijoittelu: Ratkaisu 2.



Kuvio 9. Materiaalivirta: Ratkaisu 2.

Materiaalivirraltaan Ratkaisu 2. jää huomattavasti ensimmäistä ratkaisua heikommaksi (ks. Kuvio 9). Särmäyksen ja sen välivarastoinnin välille jää suurempi siirtoetäisyys ja tavaran kulku kokoonpanopiste 2:lle ja Laserhitsaukselle tapahtuu särmäyksen läpi. Tämä aiheuttaa satunnaisia katkoksia särmäyksen toiminnassa. Kokoonpanopisteiden jakautuminen kahteen halliin lisää edestakaista liikennettä ja alihallin kokoonpanopisteiden 3. ja 4. matka laserhitsauksen välillä on suuri. Kappaleiden siirtäminen ulkokautta on myös hitaampaa ja vaivalloisempaa, kuin hallin sisäiset siirrot.

Vaihtoehdoista jatkoon valikoitui toinen ratkaisu, jossa tuotantovaiheet pysyvät pitkälti samoilla sijoilla, kuin vanhassa layoutissa. Layoutsuunnittelun edetessä tulee löytää ratkaisut, joilla vaiheiden sisäistä tilankäyttöä ja materiaalinkäsittelyä parannetaan, jotta tuotannon sujuvuus tehostuisi.

5.4 Järjestyksen ylläpidon kehittäminen

Layoutsuunnitelman edetessä heräsi kysymys, kuinka siisteyttä ja järjestystä uudessa layoutissa voitaisiin ylläpitää? Ahtaissa tuotantotiloissa lisäongelman aiheuttaa ympärille kertyvä hukka, ylimääräiset työkalut ja esimerkiksi tyhjät kuormalavat. Ratkaisun pohjalle otettiin 5S -menetelmä ja sen kautta saatavat hyödyt.

5S -menetelmää päätettiin soveltaa kohdeyritykseen sopivaksi. Erotteluvaiheessa noudatettaisiin ohjeita ja hävitettäisiin turha tavara välttämättömien joukosta. Koska työntekijöiden työpisteet eivät ole vakiot, vaan ne saattavat vaihtua työtehtävien mukaan, päätettiin henkilökohtaiset työkaluvaunut järjestellä uudelleen ja nimetä kaikki työkalut omistajansa mukaan. Aiemmin työkaluja lojui ympäri työpisteitä ja niiden kunto oli vaihtelevaa. Henkilökohtaisten ja merkittyjen työkalujen myötä niiden kunnosta ja sijainnista pidettäisiin paremmin huolta sekä kuka tahansa voisi palauttaa unohtuneen työkalun helposti oikeaan vaunuun. Samalla yleisille työkaluille, siivous- ja nostovälineille, roskapöntöille ynnä muille vastaaville tarvikkeille määritettäisiin kiinteät paikat, jolloin olisi selkeää mikä löytyy mistä ja minne tavarat palautetaan. Merkittäisiin myös kulkuväylät ja vapaana pidettävät alueet lattiaan, jolloin olisi selvästi nähtävillä, mihin tavaraa ei saa varastoida tai kerryttää. Lopuksi siisteydelle annettaisiin tavoite, jota pyrittäisiin jatkuvasti ylläpitämään. Luotaisiin työvaiheluettelo niistä toimista, joita kullakin tuotannon alueella tulisi noudattaa ja jaettaisiin vastualueet niille, jotka yleisimmin työskentelevät kyseisellä alueella.

5S -menetelmän toimivuus perustuu vahvaan sitoutumiseen ja jatkuvaan ylläpitoon. Tämä tarkoittaa päivittäistä, omiin työtapoihin sisällytettyä toimintatapaa, jonka ansiosta siisteyden ylläpito toteutuu. Kompastuskiviksi kuitenkin luetaan vanhoista tavoista poisoppimisen vaikeus ja uusien tapojen hankala omaksuminen ja jopa vastustaminen. Kohdeyrityksessä on totuttu toimimaan pitkälle oman pään mukaan jopa usean kymmenen vuoden ajan. Tästä syystä päädyttiin ratkaisuun, jossa viikon viimeinen puolituntinen pyhitetään täysin siisteyden ylläpitämiselle. Tällöin jokainen tarkistaa työalueelle määritetyn standardityöohjeen ja noudattaa yksin tai yhdessä siihen määritettyjä työvaiheita. Tälle menettelylle asetetaan kuuden kuukauden mää-

räaika, jonka jälkeen tilanne arvioidaan ja pyydetään palautetta menetelmän toimivuudesta ja sovitaan mahdollisesta jatkosta. Kuuden kuukauden aikana ihanteellista olisi, kun viikko viikolta viimeisen puolituntisen työmäärä vähenisi sen seurauksena, että siisteyden ylläpito tarttuisi pikkuhiljaa jokapäiväiseen työhön.

5.5 Varastoinnin kehittäminen

5.5.1 Piha-alueen määrittäminen

Kohdeyrityksen piha-alueella varastoidaan valmiita tuotteita, saapuvia materiaaleja sekä särmäyksestä tullutta keskeneräistä tuotantoa. Lisäksi piha-alueella säilytetään tyhjiä kuormalavoja sekä kahta materiaalin siirtelyyn tarkoitettua trukkilavettia. Epäjärjestelmällinen varastointi aiheutti monia ongelmia materiaalin käsittelyn kanssa. Varastoitavasta materiaalista suurimman osan muodostaa särmäyksestä tuleva keskeneräinen tuotanto, jota varastoidaan pääasiassa 2 x 6 m kuormalavoilla. Koska varastointi tapahtui ainoastaan maan tasossa ja varastoitavia kuormalavoja voi olla toista kymmentä, oli pienen piha-alueen pinta-ala nopeasti täynnä.

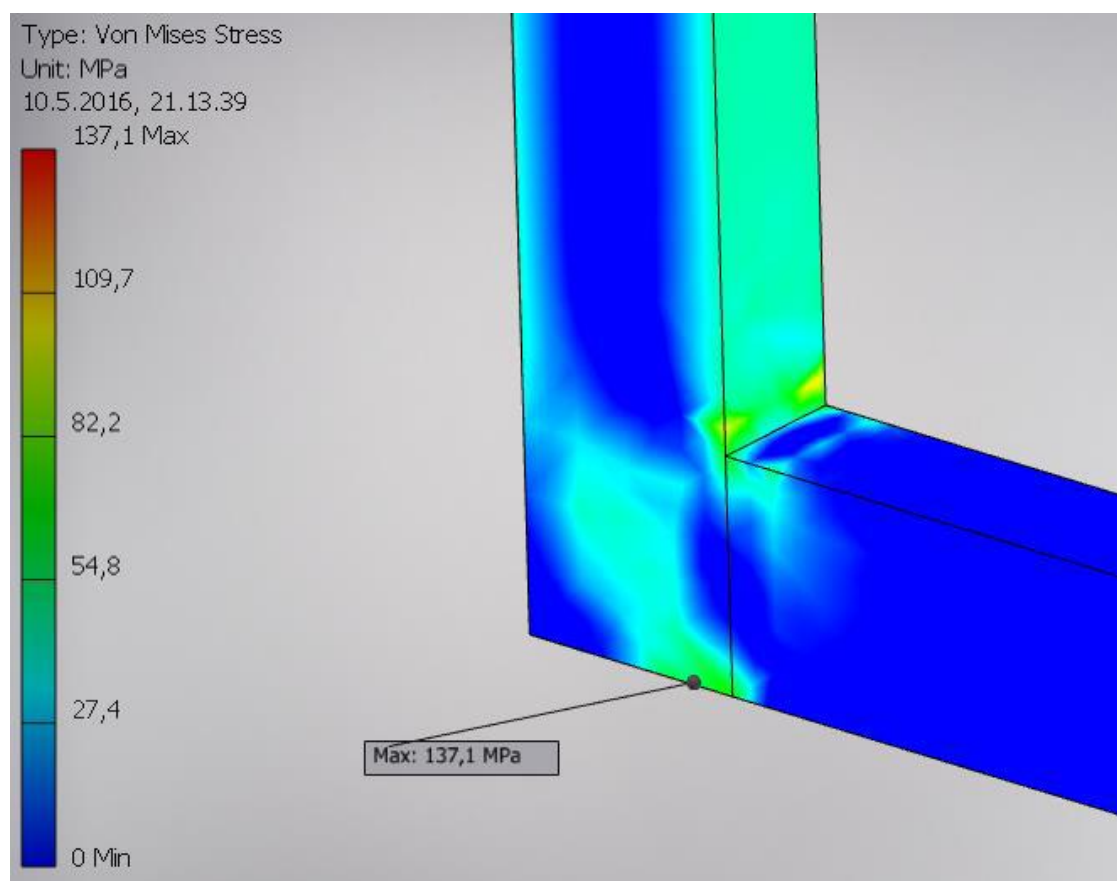
Ratkaisuna määritettiin alueet, joihin tietyt materiaalit varastoidaan. Koska materiaalin purku ja lastaus tapahtuvat yläpihalla, oli loogista, että saapuva ja lähtevä tavara varastoidaan sinne. Molemmille rajataan näkyvä alue maalaamalla rajat asfalttipihaan. Särmäyksen keskeneräinen tuotanto varastoidaan alapihalle. Alapihan pinta-ala on pieni, joten varastoinnille piti suunnitella toimiva ratkaisu. Varastoitava tuotanto kuormalavalla on kokonaiskorkeudeltaan melko matala, joten ratkaisuksi päätettiin kuormalavahyllyihin, jolloin keskeneräistä tuotantoa voitaisiin varastoida päällekkäin säästäten pihan pinta-alaa.

5.5.2 Kuormalavahyllyjen suunnittelu

Kuormalavahyllyissä tahdottiin hyödyntää trukkien nostokyky mahdollisimman hyvin ja samalla luoda hyllyyn mahdollisimman monta tasoa. Maksimikuormaksi arvioitiin

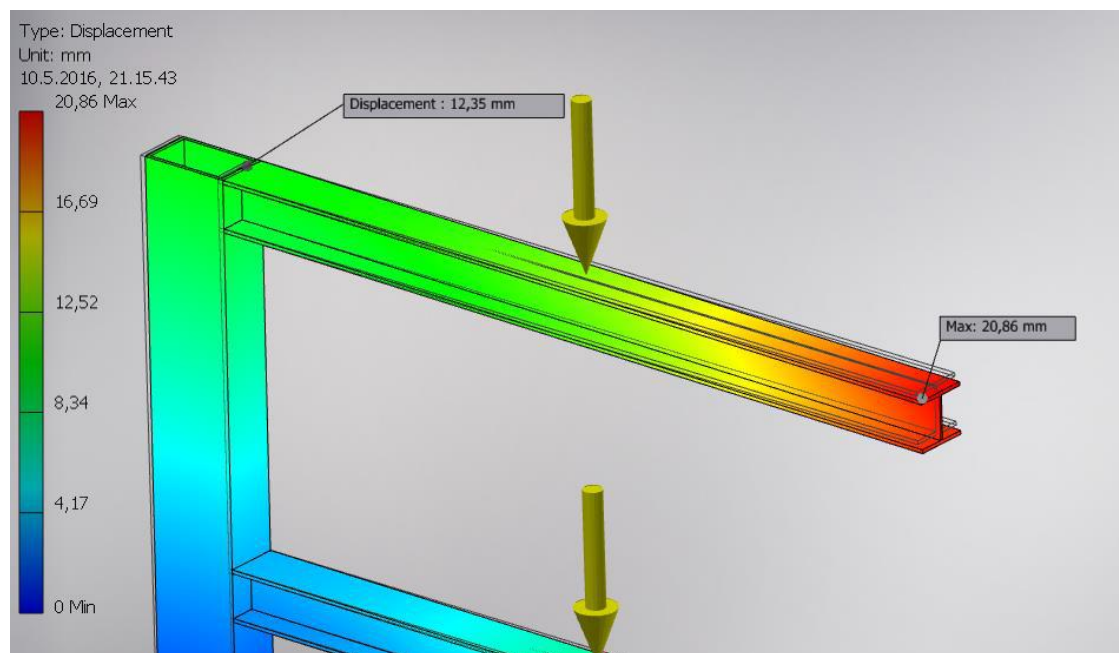
1500 kg tasoa kohden, jonka toteutuminen on epätodennäköistä. Realistinen kuormitus jää alle 1000 kg tasoa kohden. Trukkien nostokyvyn ja varastoitavan materiaalin kokonaiskorkeuden mukaan hyllyyn saadaan neljä tasoa, joista ylin on noin kolmen metrin korkeudessa. Kuormalavahyllyjen sijainniksi päätettiin alahallin ulkoseinusta, johon hyllyjä mahtuisi kaksi vierekkäin. Näin kokonaishyllypaikkoja saataisiin kahdeksan kappaletta.

Hyllyjen suunnittelussa käytettiin Autodesk Inventor ohjelmistoa, jolla 3D-mallinnettiin hyllyjen kannakkeet. Hyllyjen kestävyyttä arvioitaessa hyödynnettiin Inventorista löytyvää Stress Analysis mahdollisuutta, jonka avulla saadaan FEM -analyysi asetettujen parametrien mukaan. Kannakkeiden pystypalkeiksi valikoitui 200 x 120 x 8 suora-kaideputki ja hyllytasoiiksi HEB 120 -palkki.



Kuvio 10. FEM -analyysi: Maksimi jännitys.

Analyysien perusteella päädyttiin käyttämään kannakkeen materiaalina S355 raken-
 neterästä, jonka myötöraja on 355 MPa. Suurin jännitys ylimitoitetulla kuormalla
 1500 kg / hyllytaso, oli pystypalkin alanurkassa (ks. Kuvio 10) ja sen arvo oli 137,1
 MPa. 355 MPa myötörajalla turvakertoimeksi tulee 2,59, joka on riittävä varsinkin,
 kun todellinen käyttökuorma jää arviolta alle 1000 kg / hyllytaso. Autodeskin oman
 oppaan mukaan turvakertoimen tulee olla vähintään 1 maksimikuormalla, jotta ra-
 kenteeseen ei tule pysyviä muutoksia. Turvallisuussyistä kuitenkin suositetaan 2 – 4
 turvakerrointa maksimikuormilla. (Safety Factor. N.d.)



Kuvio 11. FEM -analyysi: Maksimi taipuma.

Suurin taipuma neutraalitasoon verraten tapahtuu ylimmän tason päässä ja se on
 20,86 mm. Pystypalkki taipuu 12,35 mm (ks. Kuvio 11). Taipuma on vähäistä ja todell-
 lisella käyttökuormalla se vielä pienenee. Suunnittelun jälkeen jätettiin harkintaan
 mahdollinen kannakkeen tukeminen seinään pystypalkin yläpäästä, joka tukevoittaisi
 rakennetta entisestään ja poistaisi myös jännitystä pystypalkin alanurkassa, jossa
 kuorman luoma jännitys oli suurinta.



Kuvio 12. Kuormalavahyllyille valittu seinusta.

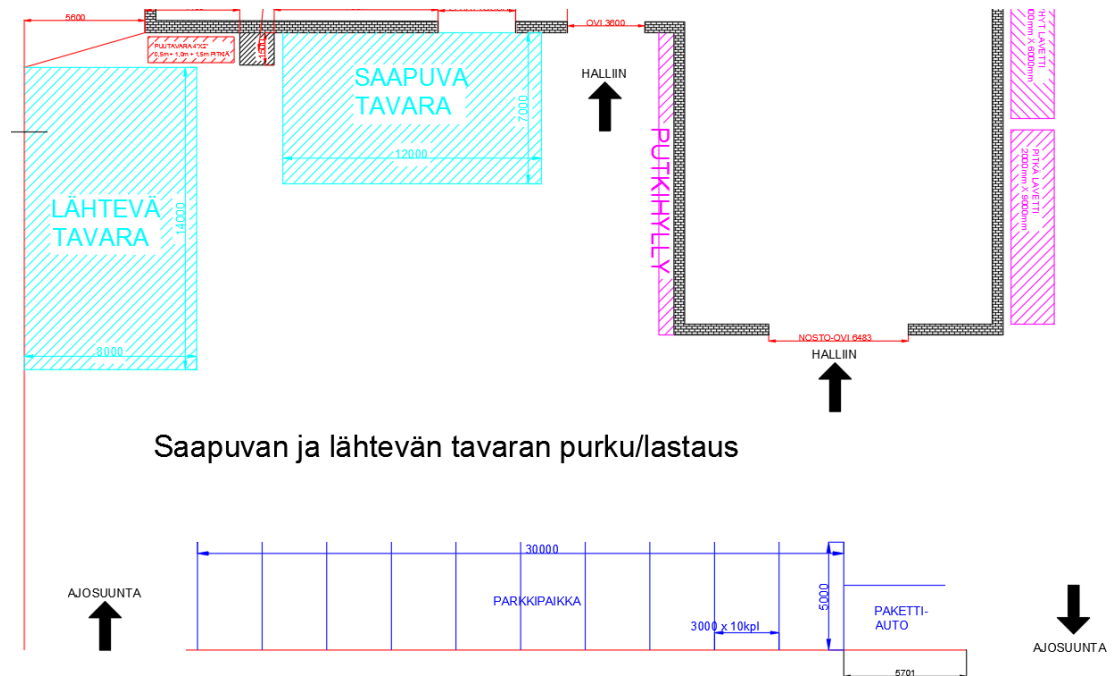
Alahallin seinustalle oli vuosien mittaan kertynyt paljon materiaalia, jota oli vaikea hyödyntää. Samalla kertynyt materiaali vei arvokasta varastointitilaa, joten kuormalavahyllyjen myötä tila saataisiin tehokkaammin hyödynnettyä. Turhasta materiaalista hankkiuduttiin eroon ja tila vapautettiin tulevia hyllyjä varten (ks. Kuvio 12 ja Kuvio 13).



Kuvio 13. Ylimääräisestä materiaalista vapautettu seinusta.

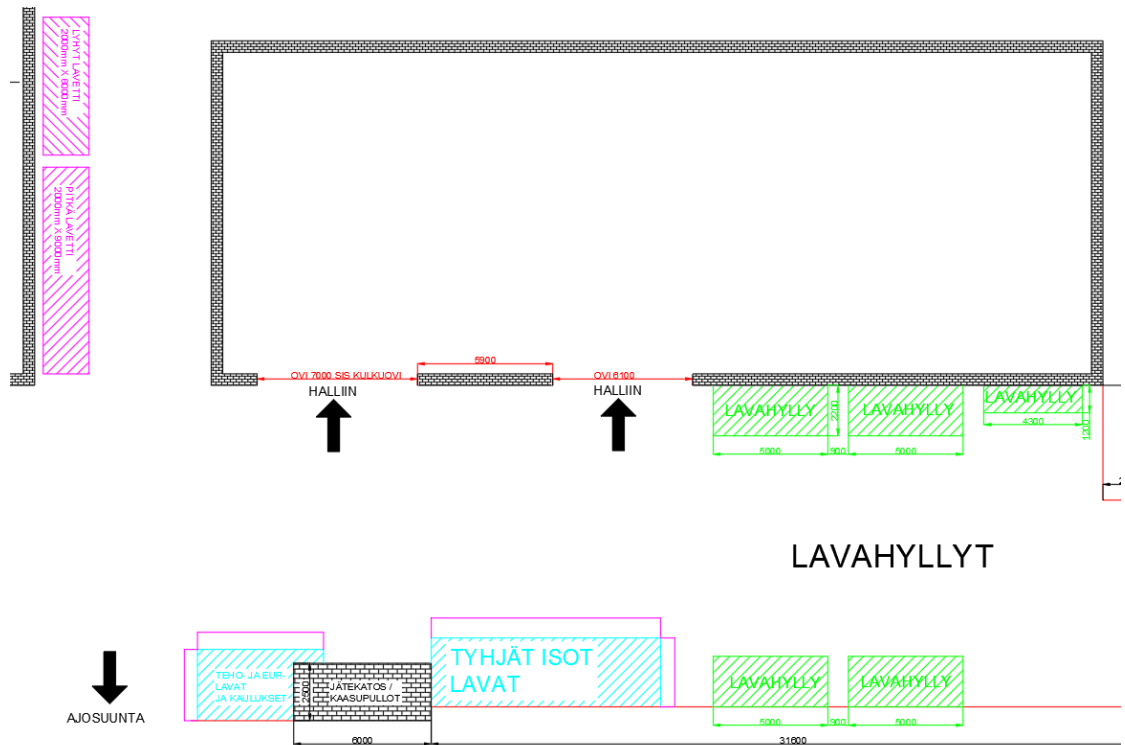
6 Tulokset

6.1 Piha-alue ja varastointi



Kuvio 14. Yläpihan tulos.

Yläpiha pyhitettiin saapuvälle ja lähtevälle tavaralle entisen sekavarastoinnin sijaan (ks. Kuvio 14). Alueet määritettiin selkeästi maalaamalla rajat asfalttiin. Putkihylly säilytti entisen paikkansa jolloin putkihyllyn ja putkityösolun välinen etäisyys jää lyhyeksi.



Kuvio 15. Alapihan tulos.

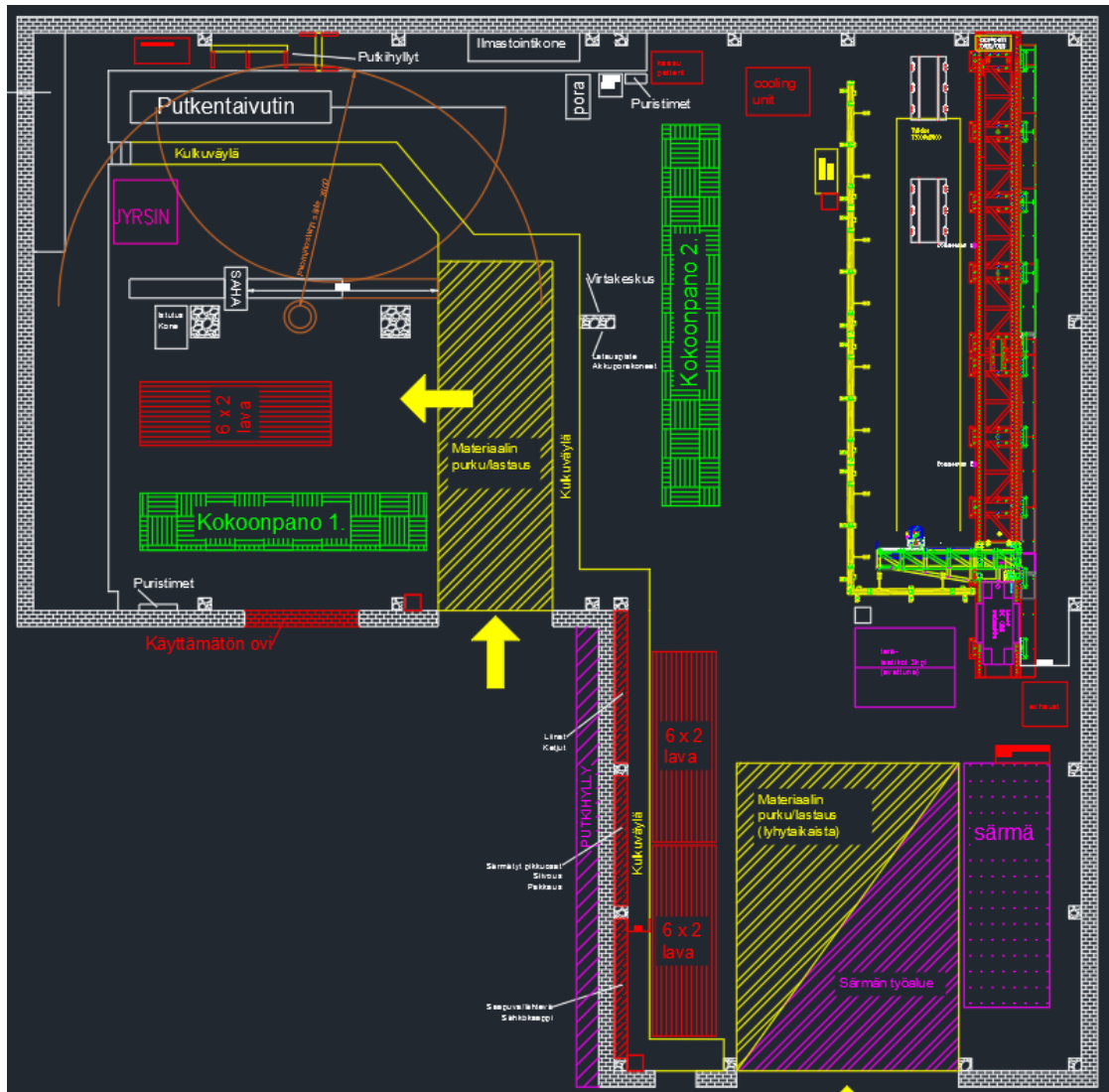
Alapihalle varastoidaan kaikki särmäyksestä tuleva keskeneräinen tuotanto sekä tyhjä kuormalavat (ks. Kuvio 15). Keskeneräisen tuotannon varastointi tapahtuu kuormalavahyllyissä (ks. Kuvio 16). Aluksi toteutettiin vain hallin seinustalle sijoitetut lavahyllyt, mutta ne havaittiin niin toimivaksi, että tulevaisuudessa on tarkoitus toteuttaa myös lavahyllyt pihan toiselle laidalle. Hallien välissä säilytetään tavaroiden siirtelyyn käytettäviä trukkilavetteja silloin, kun ne eivät ole käytössä.



Kuvio 16. Käyttöön otetut lavahyllyt.

Alkuperäisessä suunnitelmassa lavahyllyjen oli tarkoitus seistä omilla jaloillaan ja kaikki kestävyteen liittyvät laskelmat tehtiin sen mukaan, mutta hyllyjä rakennettaessa päätettiin, että ne tuettaisiin lopulta myös seinään kiinni. Pystypalkkien yläpäät tuettiin betoniseinän läpi kierretangoilla, jolloin koko rakenne tukevoitui entisestään. Tämä toi lisävarmuutta hyllyjen kestävyteen ja pystypalkkiin kohdistuva rasitus pienenee huomattavasti.

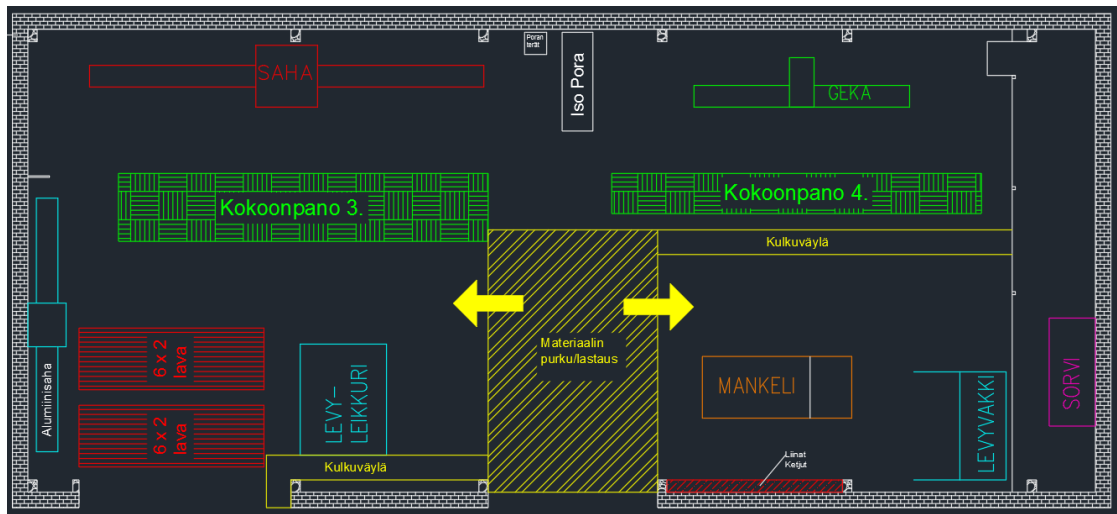
6.2 Layout



Kuvio 17. Uusi layout: Ylähalli.

Koska ylähallin vaikea muoto sekä tuotantolaitteiden ja kokoonpanopisteiden suuri koko antoivat vain vähän mahdollisuuksia suuremmille layoutmuutoksille, oli parannukset pakko tehdä työtilojen paremmalla optimoinnilla. Yksi suurimpia ongelmia on ollut tilan puute, johon ratkaisuna hallista karsittiin kaikki ylimääräinen pois. Lähes kaikki seinustat pursusivat erilaista tarpeellista ja tarpeetonta tavaraa. Tästä syystä kaikelle tarpeelliselle määritettiin oma paikkansa, jossa ne ovat selkeästi saatavilla ja kaikki vähemmän tarpeellinen sijoitettiin varastoon, josta ne ovat noudettavissa tarpeen vaatiessa. Halliovien edustat rajattiin materiaalin purkamista ja lastausta varten huomioteipillä, jolloin on selkeästi näkyvillä, mikä alue tulee pitää vapaana (ks. Kuviot

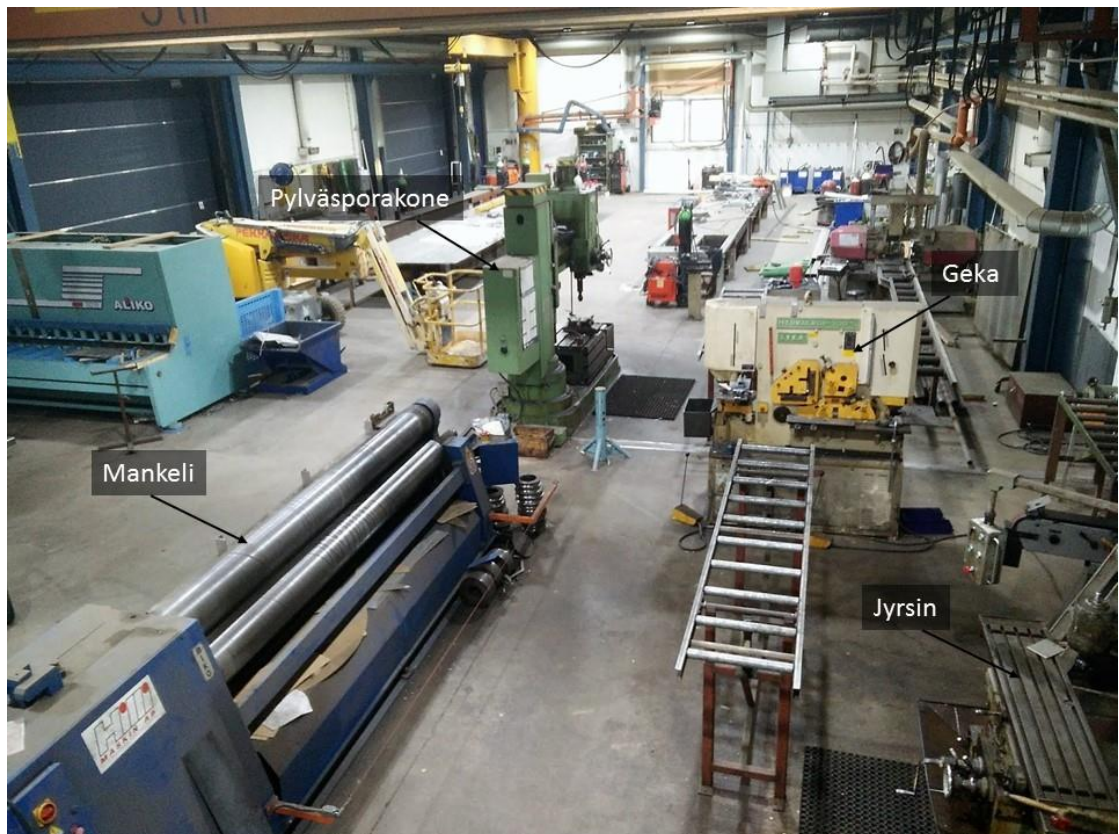
17 ja 18). Alueiden reunoille kiinnitettiin myös huomiokyltit muistuttamaan toiminta-ohjeista.



Kuvio 18. Uusi layout: Alahalli.

Alahallin parannuksissa toteutettiin samaa kaavaa, kuin ylähallissa ja ylimääräinen tavara karsittiin pois. Lisäksi pyrittiin sijoittamaan työkonheet niin, että niiden käytettävyys paransi. Vanhassa layoutissa iso pylväsporakone, levymankele, Geka -monitoimi-leikkuri ja jyrsin oli sijoitettu yhteen niin, että työkonoiden käyttötilaa oli erittäin vähän (ks. Kuvio 19). Erityisesti levymankelele käyttöä rajoitti sen sijainti aivan pylväsporakoneen takana. Levymankelella on mahdollista mankeleida maksimissaan kolme metriä pitkä putki suorasta levyaihiosta ja putken poistaminen levymankelele tapahtuu koneen päädyn kautta. Tämä tarkoittaa, että levymankelele päädysssä tulee olla myös vähintään kolme metriä tyhjää tilaa, jotta valmis putki on mahdollista vetää ulos mankelele telojen välistä. Pylväsporakone sijaitsee mankelele päädysssä alle kahden metrin päässä, jolloin mankelelele kunnollinen hyödyntäminen oli mahdotonta. Lisäksi suurten halkaisijoiden putkissa suora levyaihio voi olla useita metrejä pitkä, jolloin myös mankelelele sivuilla tulisi olla reilusti tyhjää tilaa.

Uudessa layoutissa levymankele onnistuttiin sijoittamaan niin, että sille jää sopivasti käyttötilaa joka suunnassa. Jyrsin sijoitettiin ylähalliin, Geka -monitoimileikkuri säilytti suunnilleen oman paikkansa ja iso pylväsporakone siirrettiin hallin pitkälle seinustalle. Tuloksena jokaisen koneen käytettävyys parani käyttötilan myötä huomattavasti. Kokoonpanopisteet sijoitettiin niin, etteivät ne leikkaa halliovien ovilinjoja ja tavarantoimitus purkualueelle olisi estotonta.



Kuvio 19. Vanha layout: Ahtaasti sijoitetut työkonet.



Kuvio 20. Vanha layout: Hallinoven edusta.

Vanhassa layoutissa hallinoven edustoille kertyi usein tavaraa, joka estää materiaalin helpon kuljettamisen sisään ja ulos (ks. Kuvio 20). Sen sijaan, että uuden työn aloittava työntekijä saisi helposti työkappaleen sisälle ja siirrettyä työpisteelleen, hänen täytyi ensin tehdä tilaa hallinoven edustalle. Tyhjien lavojen poistamisen ja muiden töiden raaka-aineiden varovaisen siirtelyn jälkeen saattoi aikaa olla kulunut jopa puolesta tunnista tuntiin, ennen kuin oma työkappale oli päätynyt edes työpisteelle.



Kuvio 21. Uusi layout: Hallinoven edusta.



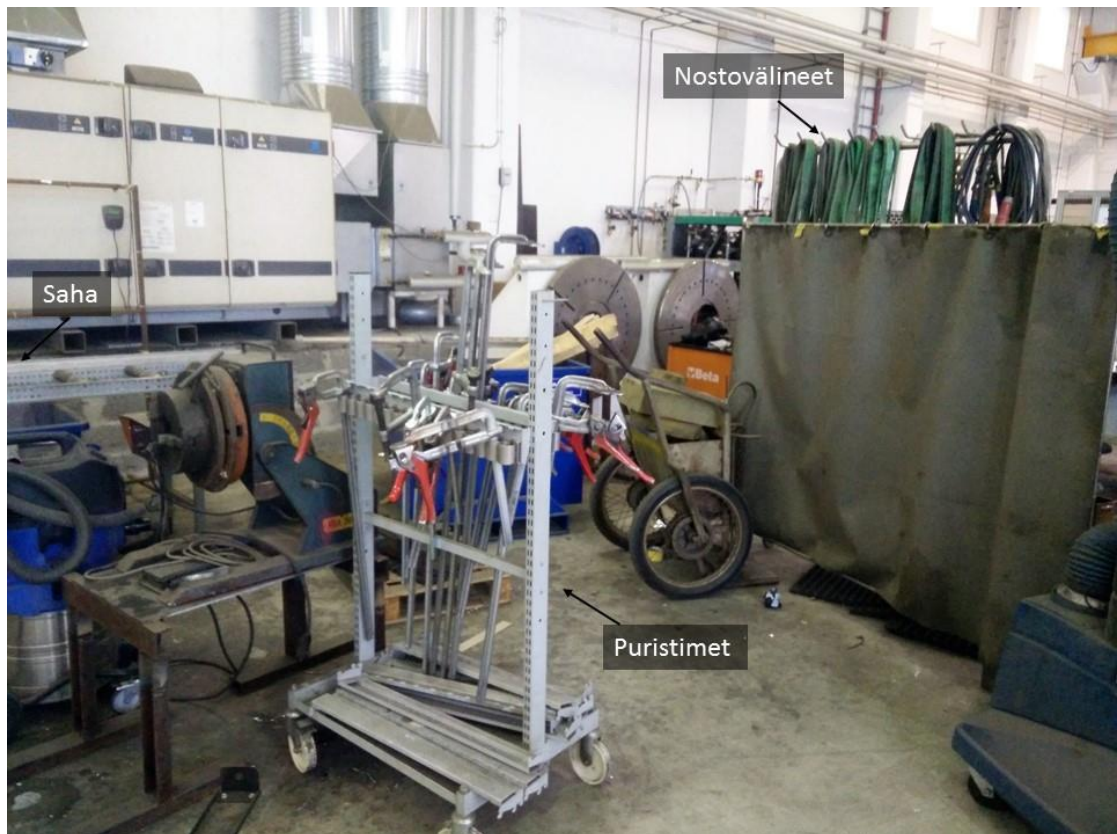
Kuvio 22. Vanha layout: Kulkuväylä sosiaalituloihin.

Kuviossa 22. on selvästi havaittavissa kulkuväylä, jota reunustaa kaikki sen tieltä siirretty tavara. Tavarapaljouteen hukkuu myös putkentaivutin, putkenistutuskone, pylväsporakone ja saha. Kaikkien näiden koneiden käytettävyys oli hankalaa ja osittain jopa mahdotonta tilanpuutteen takia.



Kuvio 23. Uusi layout: Kulkuväylä sosiaalituloihin.

Uudessa layoutissa ylimääräinen tavara on hävitetty ja tarpeellinen varastoitu paremmin (ks. Kuvio 23). Saha ja putkentaivutuskone on sijoitettu tilan laidolle ja niiden edustalle jää käyttötilaa. Putkentaivutuskoneen kääntösäde kulkee tyhjän tilan yli, joka nyt mahdollistaa koneen kunnollisen käyttämisen (ks. Kuvio 17). Aiemmin, koneen sijaitessa tilan vasemmalla laidalla, pitkiä putkia taivuttaessa hallin runkopalkit tulivat kääntösäteen tielle (ks. Liite 2). Lisäksi aiemmin nosturittomaan tilaan on tuotu alahallissa käyttämättömänä seissyt puominosturi, joka tarvittaessa tukee materiaalin käsittelyä. Kulkuväylä sosiaalituloihin on rajattu selvästi.



Kuvio 24. Vanha layout: Tarpeetonta ja tarpeellista tavaraa.

Kuviossa 24. näkyvä nurkkaus piti sisällään tarpeellista ja tarpeetonta tavaraa, jota oli niin sanotusti varastoitu. Nostovälineet ja puristimet säilytettiin pyörillä liikuteltavissa kärryissä, jotka kuitenkin seisoivat aloillaan poissa tieltä. Tämä tila oli vaikeasti hyödynnettävissä, joka suoraan aiheutti sen, että tilaan oli helppo sysätä tarpeettomat tavarat.



Kuvio 25. Raivattu nurkkaus.

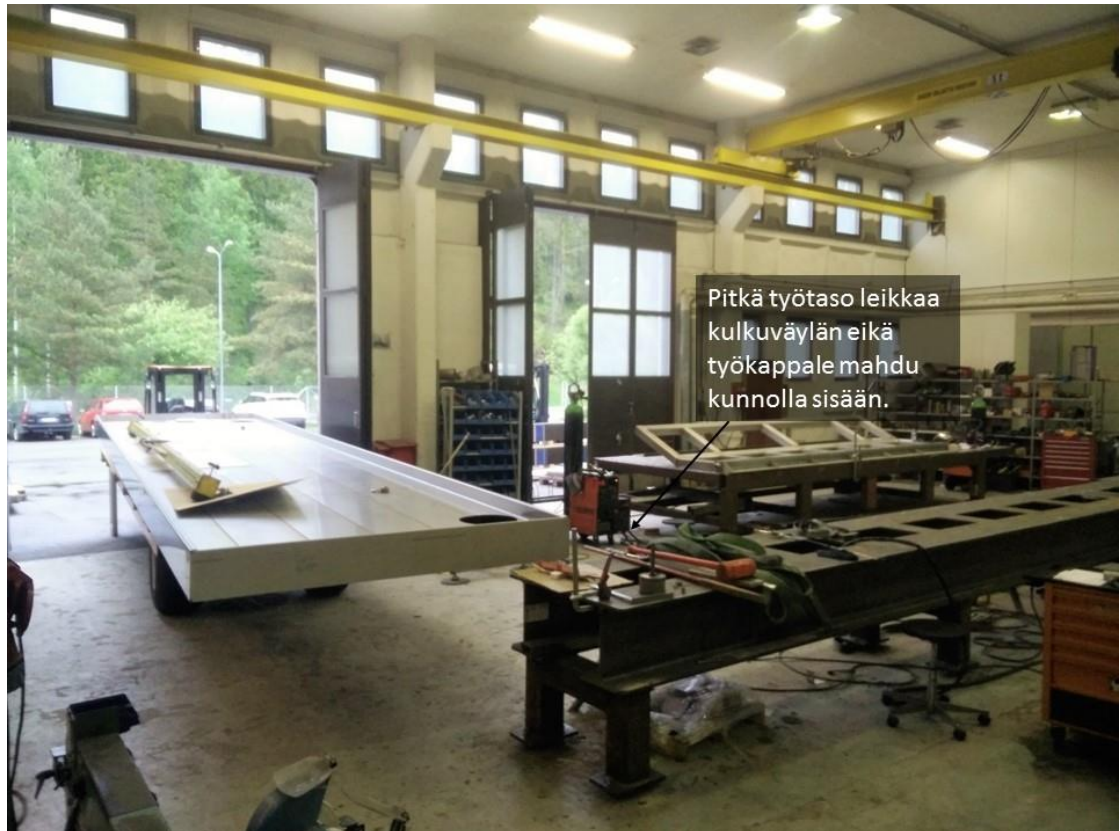
Tavarasta täyttynyt, vaikeasti hyödynnettävä ja ahdas tila raivattiin ja puristimille ja nostovälineille määritettiin omat kiinteät paikat. Pylväsporakone sijoitettiin nurkkaukseen ja aiemmin ahtaaksi kuviteltu tila osoittautui avaraksi käyttötilaksi pylväsporakoneen edustalle (ks. Kuvio 25).



Kuvio 26. Vanha layout: Näkymä kokoonpanopisteelle.



Kuvio 27. Uusi layout: Näkymä kokoonpanopisteelle.



Kuvio 28. Vanha layout: Työkappaleen käsittelyongelma.

Aiemmin ensimmäisessä kokoonpanopisteessä pitkiä työkappaleita ei pystynyt tuomaan kokonaan sisälle, koska kokoonpanopisteessä ollut pitkä työtaso leikkasi ovilinjaa eteen (ks. Kuvio 28). Tämä aiheutti ongelmia kappaleiden käsittelyssä ja pakotti pitämään ovia auki, joka oli epämukavaa etenkin talviaikaan. Uudessa layoutissa kokoonpanopisteelle ja materiaalinkäsittelyalueelle luotiin lisää tilaa korvaamalla kokoonpanopisteen kaksi työtasoa yhdellä, tilaan sopivammalla työtasolla (ks. Kuvio 27). Tuloksena saavutettiin mahdollisuus tuoda työkappaleet kokonaan sisälle ja saatiin lisää työtilaa kokoonpanopisteelle.



Kuvio 29. Kulkuväylä särmäysosion oviaukolta.

Särmäyspuristimen vastakkaiselle seinustalle oli kertynyt ajan kuluessa myös paljon vähemmän tarpeellista tavaraa. Kuvat on otettu oviaukosta tultaessa sisään halliin (ks. Kuvio 29). Aiemmin ei oltu määritetty kulkuväyliä, joten kulkeminen tapahtui pahimmillaan jopa särmättävien leikkeiden yli. Uudessa layoutissa kulkuväylät merkattiin selkeästi ja seinusta otettiin paremmin käyttöön. Hallin runkopalkkien väliin jäävät tilat hyödynnettiin ja niihin sijoitettiin kiinteät paikat nostovälineille, pakkaustarvikkeille, siivousvälineille ja pienille särmätyille osille sekä pienemmille saapuville ja lähteville tavaroille (ks. Kuviot 30 ja 31). Paikat merkittiin selkeästi huomiokylteillä.



Kuvio 30. Vanha layout: Särmäyspuristimen seinusta.

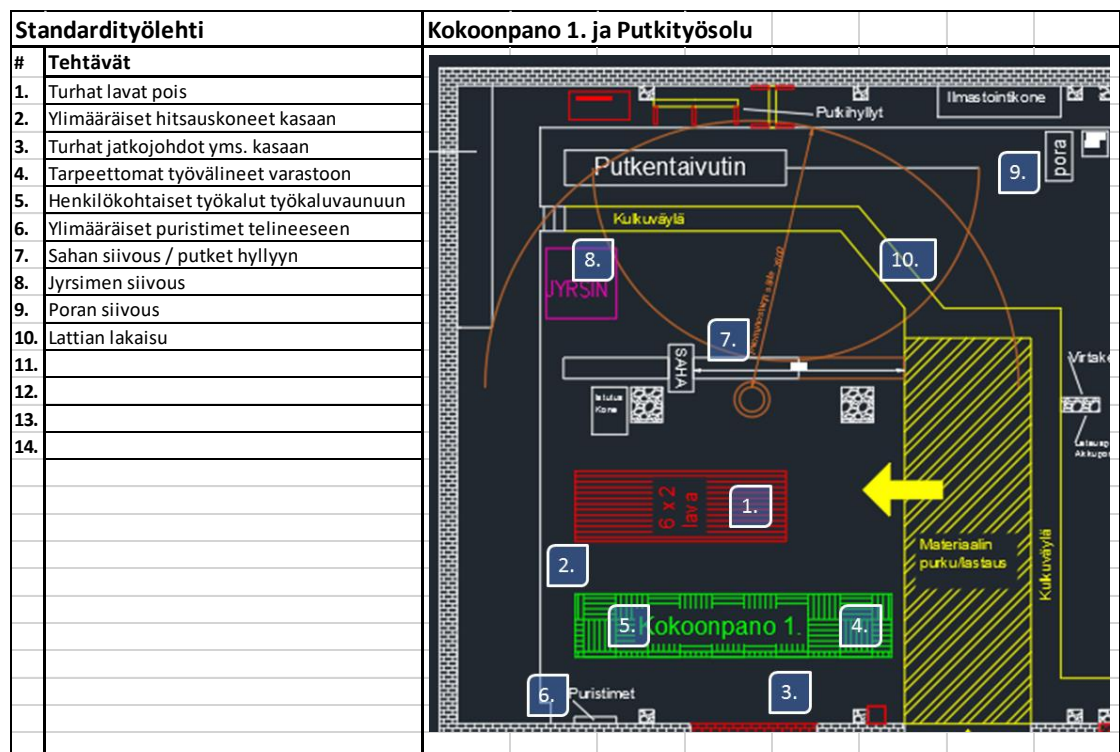


Kuvio 31. Uusi layout: Särmäyspuristimen seinusta.

6.3 Järjestyksen ylläpito

Järjestyksen ylläpidossa toteutettiin suunnitelma sovelletusta 5S -menetelmästä, jossa viikon viimeinen puolituntinen pyhitetään järjestyksen ylläpidolle. Jokaiselle työalueelle luotiin standardityölehdet (ks. Kuvio 32), joiden mukaan toteutetaan työalueelle määritetyt tehtävät. Vaikka työntekijöiden työpisteet eivät ole vakiot, niin silti työntekijät työskentelevät lähestulkoon aina samalla alueella. Tällöin jokaiselle työntekijälle vakioituu tietyn työalueen ylläpitoon vaaditut tehtävät ja tavoitteena on, että ne integroituisivat osaksi jokapäiväistä työtä.

Järjestyksen ylläpidolle asetettiin myös suunniteltu kuuden kuukauden aikajakso, jonka jälkeen arvioidaan toteutuksen toimivuus ja sen vaikutukset jokapäiväiseen työntekoon. Järjestetään myös palaveri, jossa otetaan vastaan palautetta ja parannusehdotuksia sekä tehdään päätös toteutuksen jatkosta ja sen muodosta.



Kuvio 32. Standardityölehti: Kokoonpano 1. ja Putkityösolu

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön alussa kohdeyritystä koskevat tavoitteet saavutettiin pääasiassa hyvin. Uudesta layoutista saatiin selkeämpi ja hankalat tuotantotilat hyödynnettiin tehokkaammin. Turhan materiaalin karsiminen tuotantotiloista ja järjestelmällisempi varastointi auttaa pitämään yllä järjestystä ja vapauttaa tilaa työn tekemiselle.

Sisätiloissa tapahtuva välivarastointi luo edelleen ongelmia tilanpuutteen takia, joten sitä tulisi minimoida tehokkaalla työnohjauksella. Tähän asti hieman epätasainen tuotanto korjaa ongelmaa, kun tuotannon kannalta hiljaisempaa aikana välivarastot purkautuvat ja tilaa vapautuu vähitellen. Tavoitteena on kuitenkin mahdollisimman tasainen ja tehokas tuotanto, jolloin välivarastointiin tulee kiinnittää enemmän huomiota. Tähän mahdollisena ratkaisuna voisi olla laserhitsauksen kapasiteetin lisääminen, jolloin laserin välivarasto ei pääse kasvamaan liian suureksi. Sen lisäksi tuotannon kiertoaikaa tulisi pyrkiä nopeuttamaan, jolloin keskeneräistä tuotantoa saataisiin vähennettyä ja valmiita tuotteita saataisiin tasaisemmin ulos tuotannosta.

Uusi selkeämpi varastointi helpottaa kokoonpanotyöntekijöiden materiaalinkäsittelyä ja vähentää turhaa materiaalin siirtelyä varastointialueilla. Samalla se nopeuttaa uuden työn aloittamista, kun särmäyksestä välivarastoitu tuote on helposti löydettävissä ja hallin sisäiset materiaalinpurkualueet pidetään avoimena turhasta materiaalista.

Järjestyksen ylläpitoon luotu suunnitelma ja sen toimivuus voidaan arvioida vasta sen oltua käytössä tarpeeksi pitkään. Suunnitelman toteuttaminen vaatii sitoutumista kaikilta, jottei se vähitellen jää taka-alalle. Tästä syystä johdon täytyy valvoa ja kannustaa suunnitelman toteuttamiseen ja uskon, että yhteiseksi määritetty ajankohta myös sitoo kaikkia pysymään suunnitelmassa.

Opinnäytetyöprosessin osalta moitittavaa löytyy omassa aikatauluttamisessa, jotta prosessin eteneminen olisi ollut jouhevampaa ja tasaista. Opinnäytetyötä suoritettiin kohdeyrityksessä päivätyön ohella, joka alkuun ajateltuna tuntui toimivalta

ratkaisulta. Muutosten ja tulosten käyttöönotossa ratkaisu olikin toimiva, sillä se mahdollisti jatkuvan mukana olemisen prosessin etenemisessä. Suunnittelun ja raportoinnin osuus taas kärsi tasapainottelussa työn ja vapaa-ajan kanssa, joka aiheutti lopulta myös motivaation laskua ja työn pitkittymistä.

Lähteet

Bicheno, J. & Holweg, M. 2009. The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation. 4. p. Buckingham: PICSIE Books.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Infacts Oy.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja.

Safety Factor. N.d. Autodesk Knowledge Network sivusto. Viitattu 10.5.2016.
<https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/Inventor-Help/files/GUID-D541AE00-F9FB-4B7E-A595-402219353010-htm.html>

Teknolohiateollisuus ry:n MET -julkaisu nro. 16/2001. 2009. 5S -vihko. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. 1. p. Helsinki: Readme.fi

Tuotannon layout. N.d. Logistiikan Maailma sivusto. Viitattu 27.2.2017.
http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tuotannon_layout.

Liite 2. Vanha layout

