

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka

Sami Seppänen
LTKAS11

TUOTANTOLINJAN OSAN LAYOUT-SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
(013) 260 600

Tekijä
Sami Seppänen

Nimeke
Tuotantolaitoksen osan layout-suunnittelu

Toimeksiantaja
Metalliteollisuuden yritys

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus suunnitella tuotantolaitoksen osan layoutmuutos ja tarkastella prosessissa vastaantulevia ongelmia ja haasteita. Opinnäytetyön aihe tuli työnantajalta.

Opinnäytetyön käytännön osuus toteutettiin tutustumalla ensin olemassa olevaan layouttiin ja siitä olevaan mittausdataan. Alku- ja tarvekartoituksen perusteella alkoi kolmivaiheinen suunnittelutyö, jonka lopputuloksena saatiin pohjapiirustus uudelle layoutille.

Uusi layout on edeltäjänsä tiiviimpi ja selkeämpi. Lisäksi se mahdollistaa työntekijöiden joustavan liikkumisen työpisteiden välillä ja siten tasoittaa tuotannon virtausta.

Suunnitteluprosessissa tuli vastaan monia ennalta arvaamattomia esteitä ja suunnittelua vaikeuttavia asioita. Opinnäytetyöstä voi saada käsityksen layoutsuunnittelun haasteista ja vaiheista ja se voi auttaa ennakoimaan tekijöitä, jotka eivät muuten tulisi mieleen.

Kieli
Suomi

Sivuja 26
Liitteitä 0
Sivuja liitteissä 0

Asiasanat

Layout, layoutmuutos, lean, konepaja, metalliteollisuus, tuotanto, tuotantolaitos



THESIS
May 2015
Degree Programme in technology
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 600

Author
Sami Seppänen

Title
Layout Change to a Part of a Production Line

Commissioned by
Metal industry company

Abstract

The purpose of this thesis was to design a layout change for a part of the factory and explore challenges faced in the process. The subject for this thesis came from my employer's need.

The practical part of thesis was carried out by first getting to know the current layout and all the data for it. The next step was to start a three-stage design work that was based on the previously mapped needs. The result was a draft for the new layout.

The new layout is more visual and more compact than the previous one was. It also ensures that the employees can easily move between work stations and in this way equalizes production flow.

Many unexpected aspects that made designing harder were faced in the process. This thesis helps the reader to understand challenges and steps included in layout design and it may help to foresee factors that wouldn't come to mind otherwise.

Language
Finnish

Pages 26
Appendices 0
Pages of Appendices 0

Keywords
Layout change, lean, workshop, factory, metal industry, production

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto.....	5
1.1. Opinnäytetyön taustat.....	5
1.2. Toimeksiantaja.....	5
1.3. Tavoitteet.....	5
2. Rajoittavat tekijät.....	5
2.1. Rajoitukset.....	6
2.2. Haasteet.....	6
3. Konepajatuotanto.....	8
3.1. Lean.....	8
3.2. Layout.....	8
3.3. Systemaattinen layoutsuunnittelu.....	8
4. Oman suunnittelutyön eteneminen.....	10
4.1. Vanha layout.....	12
4.2. Uusi layout.....	14
5. Solukohtaiset muutokset.....	19
5.1. Solut A, B ja C.....	19
5.2. Solu D.....	20
5.3. Solut E ja F.....	21
5.4. Prototyyppi-solu.....	21
6. Tulokset.....	22
6.1. Laadulliset tulokset.....	21
6.2. Mitattavat tulokset.....	22
6.3. Muutoksen vaatimat investoinnit.....	23
7. Pohdintaa.....	24
Lähteet.....	26

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustat

Aihe opinnäytetyöhön tuli työnantajani tarpeesta suunnitella eräs tuotantolaitoksen layoutin osa vastaamaan tehtaan nykyistä tilannetta, sillä tuotannon volyymi sekä tuotanto- ja tuoterakenteet ovat muuttuneet hiljalleen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada vanhat tuotantosolut järjestykseen ja tilankäyttöä tehostaen tehdä tilaa uusille työpisteille ja nimikkeille. Samaan aikaan oli tarkoitus miettiä osien varastointia, sisäistä ja ulkoista logistiikkaa ja työergonomiaa sekä arvioida vaihtoehtoja nykyisille toimittajille, mutta nämä on rajattu raportista pois ja niihin viitataan korkeintaan muutamalla sanalla.

1.2 Toimeksiantaja

Toimeksiantaja on suuri kansainvälinen metalliteollisuuden yritys, joka ei halua salassapitosyiden vuoksi antaa lupaa minkäänlaisten liiketoimintaan liittyvien lukujen ja liikesalaisuuden alaisten tai tunnistettavien tietojen julkaisuun. Tämä voi vaikuttaa joidenkin raportissa esitettyjen asioiden esitystarkkuuteen, mutta ei haittaa merkittävästi luettavuutta.

1.3 Tavoite

Opinnäytetyön päätarkoitus on layoutia muuttaen raivata tilaa uusille tuotteille ja tuotantolinjalle tiivistämällä ja tehostamalla tilankäyttöä. Onnistunut lopputulos edellyttää, että työpisteiden täytyy muutoksen jälkeen olla vähintään yhtä toimivia ja tehokkaita kuin ennen muutosta.

Järkevällä suunnittelulla voidaan tilankäytön optimoinnin lisäksi vaikuttaa tuotannon virtaukseen ja hukkien, kuten ylimääräisen siirtomatkojen määrään. Suunnitelmassa pyrin myös visuaaliseen eli helposti hahmotettavaan ja selkeään lopputulokseen. Visuaalisuus helpottaa logistiikkaa ja parantaa viihtyisyyttä.

Tavoitteisiin asetettiin lisäksi työergonomian huomioon ottaminen, mutta siihen liittyy myös uusien työvälaineiden ja tasojen järjestäminen, enkä käsittele niitä asioita tässä raportissa tämän enempää.

2 Rajoittavat tekijät

2.1 Rajoitukset

Layout-suunnitelmalle annettiin raamit, joita tulee noudattaa, mutta joiden sisällä suunnittelulle on varsin vapaat kädet. Rajoitukset ovat käytäntöihin liittyviä asioita joiden täytyy olla lopputuloksessa kunnossa eli niistä muodostuu eräänlainen toimintaohje. Kuvassa 1 (sivu 9) on eritelty layoutsuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä kolmeen kategoriaan. Rajoittavista tekijöistä tärkein on tässä tapauksessa tietysti tila. Uuden mallin olisi mahdollista huomattavasti pienempään tilaan ennalta osoitetulle alueelle.

Toinen määräävä tekijä oli logistiikan toiminta ja liikenne. Tavaroihin ja hyllyihin tulee olla esteetön pääsy sekä niitä täyttävillä trukeilla, että niitä käyttävillä työntekijöillä. Tarpeetonta trukkipäylien ylitystä tulee työturvallisuussyistä välttää, eivätkä hakumatkat saa olla liian pitkät. Väylien leveyksille on tehtaan sisäiset ohjemitat.

Kolmantena oli toive saada muutos aikaan ilman turhia kustannuksia. Suunnitelma tulisi laatia siten, että ylimääräisiä investointeja vältetään mahdollisimman paljon. Kalliita investointeja ovat muun muassa suuret nosturilinjojen muutokset.

2.2 Haasteet

Haasteet eroavat rajoituksista siten, että niitä ei ole määrätty, vaan ne vain ovat. Haasteiden selvittämiseen kannattaa käyttää luovuutta, vaikka toisinaan ne tuntuvat todella hankalilta ja jopa ylitsepääsemättömiltä.

Salakavalimpia ja hankalimpia haasteita ovat fyysiset esteet. Kun uutta asetelmaa rakennetaan vanhoihin tiloihin, on selvää, etteivät vanhat siltanosturien ja rakennuksen tukipylväät osu haluttuihin kohtiin. On myös paikkoja joihin laitteita ei voi eri syistä

asentaa tai jossa korkeus ei ole riittävä. Uusi layout on suunniteltava nämä tekijät huomioon ottaen ja osittain niiden ehdoilla. Jotkin käytännön esteet saattavat paljastua vasta toteuttamisvaiheessa, ja tällöin suunnitelmaa voi joutua soveltamaan tai muuttamaan lennosta. Jotkin esteet voidaan purkaa tai niiden paikkaa on mahdollista siirtää, mutta se on kallista ja varsinkin kantavat rakenteet pysyvät siinä missä ovat.

Kokoonpanoihin tarvittava nimikemäärä on valtava. Hyllymetrejä saattaa olla reilusti enemmän kuin työpisteen ympärille mahtuu. Kun käytettävä pinta-ala vielä minimoidaan, niin tavarasta muodostuu todellinen ongelma. Asiaa voi helpottaa esimerkiksi tekemällä soluista pitkulaisia, jolloin pinta-alan kehämitta kasvaa. Geometriasta tiedämme, että vakiomäärällä aitaamme suurimman pinta-alan muodostamalla neliön. Sama toimii toisinkin päin, kun haluamme pienelle pinta-alalle mahdollisimman paljon kehämittaa.

Tilan tehokas käyttö on haasteista mielenkiintoisin. Kuinka saataisiin supistetusta tilasta toimiva ja viihtyisä, kun fysiikan lait alkavat tulla vastaan? Nyrkkisääntönä voi pitää, että tilaa saa käyttää niin vähän kuin mahdollista, mutta niin paljon kuin välttämätöntä. Kävimme työntekijöiden kanssa läpi pienintä mahdollista tilaa, jossa työ voidaan esteettömästi tehdä. Lisäksi mietimme yhdessä työpisteen muotoa ja sijoittelua parhaan ratkaisun löytämiseksi, jossa sekä tilankäyttö että työn edellytykset toteutuvat. Vanhoja ratkaisuja tarkastellessa totesimme, että selkeä asettelu saa pienenkin työpisteen näyttämään väljältä, ja lisää siten viihtyisyyttä.

3 Konepajatuotanto

3.1 Lean

Lean on Toyotan kehittämä johtamisfilosofia, jota on sovellettu menestyksekkäästi useissa suurissa tuotantolaitoksissa. Lean perustuu seitsemän hukan (tuottamattoman toiminnan) poistoon tuotantojärjestelmästä ja ajatukseen, että mitä ei voida mitata, sitä ei voi johtaa. Leanin mukaan hukkaa ovat kuljetukset, varastot, liike, odotus, ylituotanto, ylikäsittely ja laatuvirheet. Näitä hukkia eliminoimalla pyritään parantamaan laatua, lyhentämään toimitus- ja läpimenoaikoja sekä pienentämään kustannuksia. Lean-työkalupakkiin kuuluu useita erilaisia järjestelmiä, kuten 5S (työpisteiden organisointi), JOT (juuri oikeaan aikaan), Kanban (imuohjaus) sekä monia muita.

Tekemisen ja toiminnan arvoa käsitellään leanissa asiakkaan näkökulmasta. Ajatellaan, että asiakas on valmis maksamaan vain siitä toiminnasta, joka tuottaa lisäarvoa hänelle. Layoutia suunnitellessa on pyrittävä maksimoimaan lisäarvoa tuottavan työn osuus.

3.2 Layout

Layout tarkoittaa tuotantolaitoksen koneiden, laitteiden, varastojen ja kaikkien muiden tuotantoon liittyvien tekijöiden asetelua. Konepajateollisuudessa yleisimmät käytetyt layout-tyypit ovat solulayout, tuotantolinjalayout ja funktionaalinen layout, sekä näiden yhdistelmät. Optimaalisin layout tyyppi kuhunkin tuotantolaitokseen riippuu tuotanto- ja tuotemääristä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen, 2009, ss. 475–481.)

3.3 Systemaattinen layoutmuutoksen suunnittelu

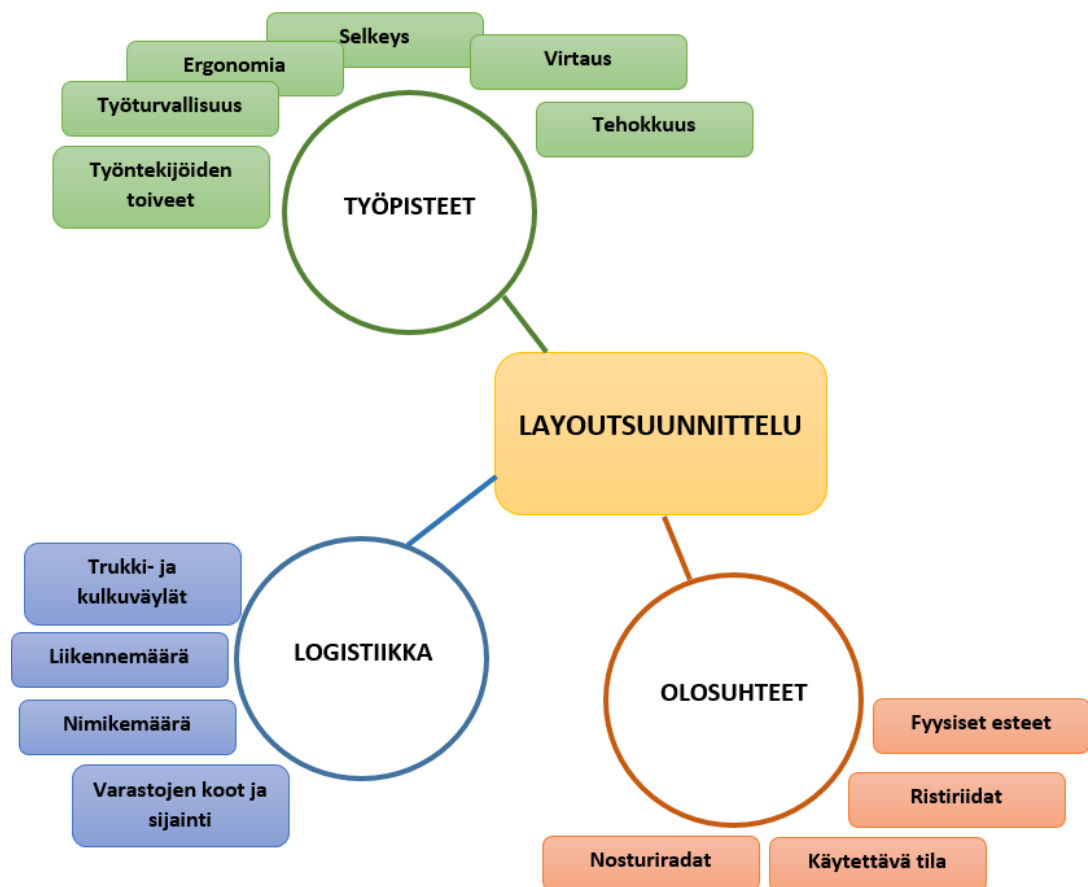
Ennen layout-suunnittelun aloittamista tulee tehdä selväksi muutoksen tarpeet. Paikkoja ei siirrellä huvikseen, vaan muutokselle on oltava syy ja tavoitteet. Tavoitteita voivat olla muun muassa logistiikan parantaminen, väli- ja kulkumatkojen lyhentäminen, tuotannon virtauksen parantaminen, tuoterakenteen muuttuminen tai uusien koneiden mahdollistaminen. Tavoitteet voivat olla myös ristiriidassa keskenään, jolloin on löydettävä paras kompromissi. Layout-suunnittelulle haasteita asettavat myös erilaiset

rajoittavat ja määräävät tekijät, jotka usein estävät optimaalisen ratkaisun toteuttamisen. (Haverila ym. 2009, ss. 480–483.)

Layoutsuunnittelu voidaan Kangasmäen (2014, 5–9) mukaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen joita ovat

1. esisuunnitelmavaihe eli tiedonkeruu ja tilanteen arviointi
2. karkeasuunnittelu eli hahmotelma
3. yksityiskohtaisen toteuttamiskelpoisen suunnitelman luominen

Jokaisessa vaiheessa tulisi tarkastella useampia vaihtoehtoja edellisen vaiheen ratkaisujen pohjalta ja valita toimivin.

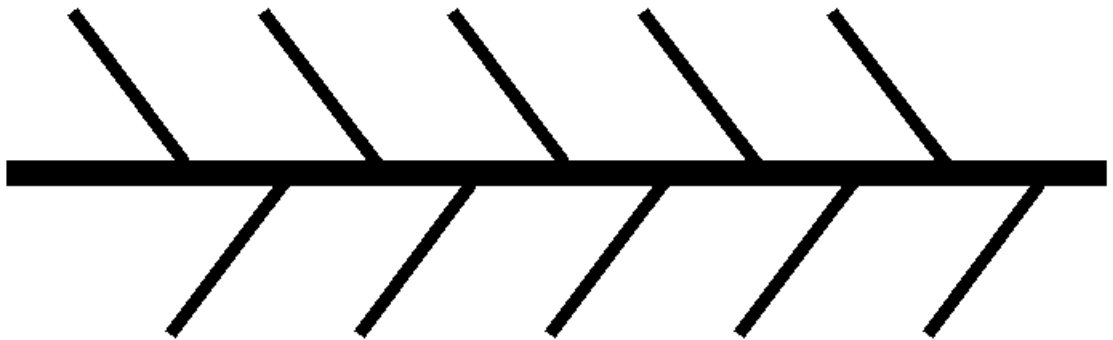


Kuva 1. Layoutsuunnittelussa on otettava huomioon monia tekijöitä.

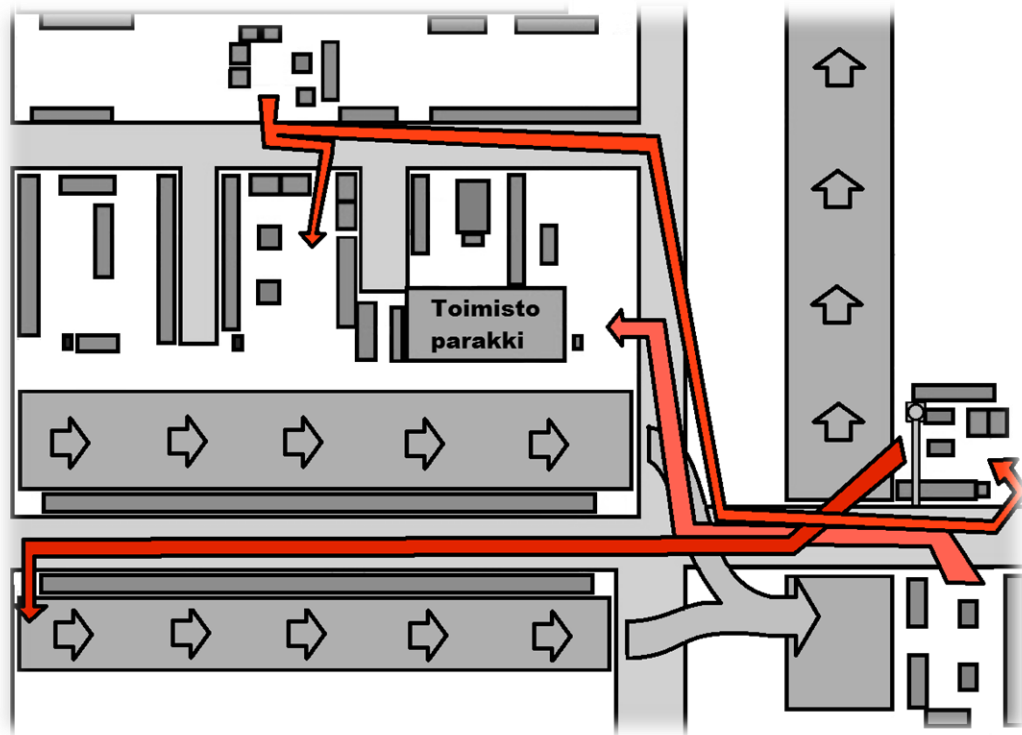
4 Oman suunnittelutyön eteneminen

Toimeksiantajan tuotantolaitoksen tuotantolinja perustuu niin sanottuun kalanruotomalliin (kuva 2.), jossa päätuotantolinjalle syötetään soluissa esikoottua tavaraa pitkin matkaa. Se on siis yhdistelmä solu- ja linjatuotantoa.

Kuten kuva 3 osoittaa, jotkin soluista ovat nykyisen tuotannon kannalta väärillä paikoilla, mikä taas aiheuttaa ylimääräisiä kuljetusmatkoja. Solut tulisi siirtää tuotannon kannalta oikeille paikoilleen, jotta toiminta olisi tehokkaimmillaan.



Kuva 2. Kalanruotomallissa reunoilla olevat tuotantosolut syöttävät esikoottua tavaraa keskellä kulkevalle päälinjalle. Jos ruoto on väärässä kohdassa se aiheuttaa ylimääräistä työtä eli hukkaa.



Kuva 3. Materiaalivirta joidenkin solujen välillä ei näyttänyt hyvältä. Vanha layout on joskus palvelut hyvin, mutta ei sovi enää nykytilanteeseen.

Alkuperäiset solut ovat pinta-alaltaan suurempia kuin tulevilla on tilaa olla, mutta ne eivät silti ole täysin esteettömiä. Muuttuneiden ja monimutkaistuneiden tuotteiden takia soluihin on jouduttu hankkimaan työkaluja, joita sinne ei ole alun perin suunniteltu. Se voi aiheuttaa sekamelskaa, joka haittaa liikkumista.

Tiivistämisessä on huomioitava ennen kaikkea ergonomia, työtavat ja visuaalisuus, jotta työnteko olisi helppoa ja viihtyisää myös entistä pienemmässä solussa. Kun työpiste on oikein suunniteltu, työntekijöiden ei tarvitse liikkua turhaan ja kaikki tarvittava on käden ulottuvilla. Tällöin tilaa ei tarvita paljoa, mutta työpiste voidaan silti saada vaikuttamaan tilavammalta panostamalla visuaalisuuteen ja selkeään aseteluun. Ahtauden tuntu on merkittävä työviihtyisyyden laskija. (Aalto yliopisto, 2014, dia 4)

Layoutissa ei myöskään saisi olla ylimääräisiä siirtymisiä, pitkiä välimatkoja tai turhia välivarastoja. Ne ovat kaikki leanin mukaista hukkaa jota pääsee helposti kertymään, ellei sitä ota jatkuvasti huomioon. (Liker, 2013, s. 89)

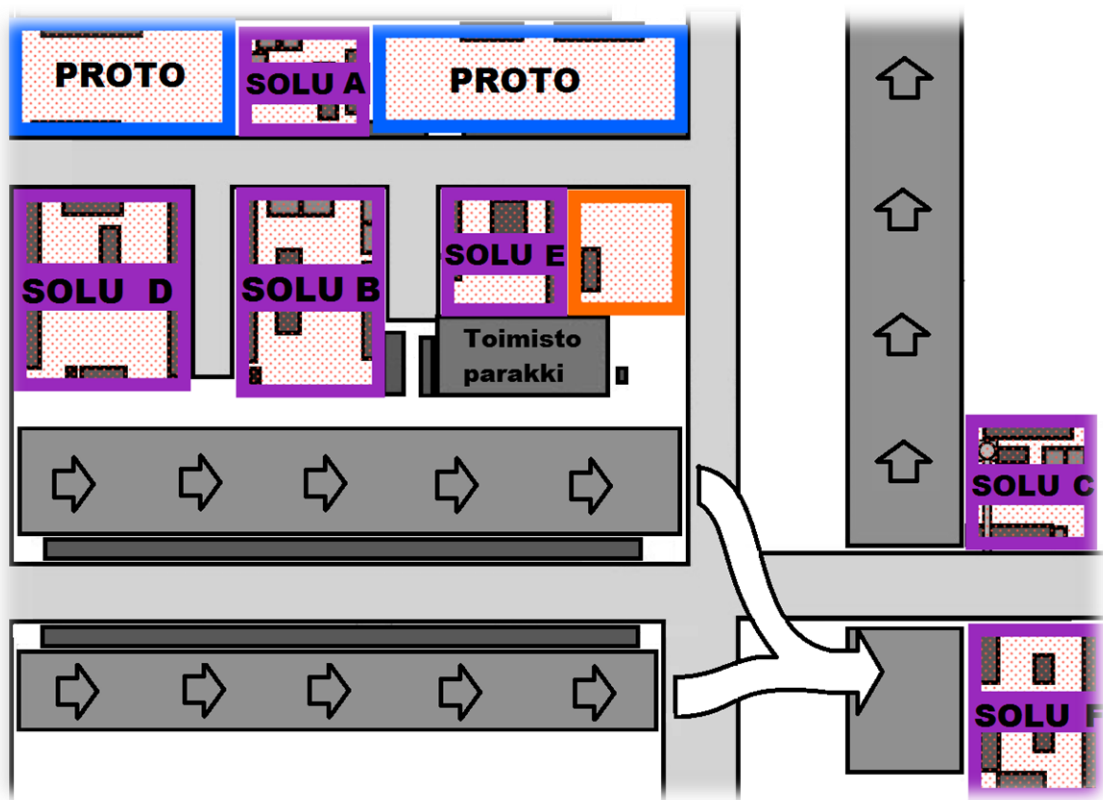
<i>A, B ja C solujen 'mistä mihin' -kaavio; työpisteiden välinen logistiikka viikossa</i>														
krt. /vk	A	B	C	Linja 1	Linja 2	Varasto	Yhteensä	Välimat.	A	B	C	Linja 1	Linja 2	Yhteensä
A		15	10	x	x	x	25	A		15	60	x	x	825
B	x		x	15	x	x	15	B	x		x	15	x	225
C	x	x		x	10	x	10	C	x	x		x	65	650
Päälinja 1	x	x	x		x	x		Päälinja 1	x	x	x		x	
Päälinja 2	x	x	x	x		x		Päälinja 2	x	x	x	x		
Varasto	20	5	2	x	x		27							Siirrot: 1700 m/vk

Kuva 4. Taulukosta voi lukea solujen A, B ja C väliset käyntikerrat ja välimatkat vanhassa layoutissa.

4.1 Vanha layout

Muutoksen alaiset työpisteet koostuvat yhteensä kuudesta eri puolilla tehdasta sijaitsevista tuotantosoluista (Kuva 5.), kahdesta irrallisesta prototyypin rakentamiseen varatusta alueesta sekä pienestä välivaraston virkaa toimittaneesta alueesta, jolla ei ollut mitään todellista tehtävää. Lukuun ottamatta U-muotoista solua D, kaikki solut ovat neliön mallisia.

Solut B, C, D ja F valmistavat koneeseen osakokoonpanoja, jotka asennetaan paikalleen päälinjalla. Solu A:n tehtävä on tuottaa osia soluille B ja C ja solu E tuottaa pienempiä kokoonpanoja kootusti useammille eri pisteille. Siirtomatkat toisiinsa linkittyvien solujen välillä ovat pitkiä ja osa soluista jopa ahtaita.



Kuva 5. Muutoksen alaiset solut sijaitsivat erillään vanhassa layoutissa.

4.1.1 Lähtökohtien kartoitus

Aloitin suunnittelutyön kartoittamalla solujen sisällön hyllyjen, pöytien ja laitteiden mitoista erilaisten nimikkeiden määrään. Jotta layoutin suunnittelussa voi päästä alkuun, on tiedettävä mitä sinne täytyy sijoittaa. Kuitenkaan kaikkea soluista löytyvää tavaraa ei tarvitse ahdata uuteen soluun, vaan siinä voi ja tulee käyttää harkintaa. Vanha layout on hioutunut muutoksissa nykyiseen muotoonsa, mutta samalla sinne on voinut kertyä tai jäädä paljon turhaakin tavaraa, jolle ei ole todellista tarvetta.

Käytännön toimivuutta arvioin tarkkailemalla solujen toimintaa, haastattelemalla työntekijöitä ja perehtymällä työpisteistä kerättyyn mittausdataan. Lisäksi keräsin alkuperäisestä layoutista erilaisia lähtökohtatietoja kuten pinta-aloja, siirtomatkoja, liikkumista solun sisällä, välivarastoja ja hyllymääriä. Näitä mittareita tarvitsin, jotta voisin saada vertailukelpoisia lukuja layout-muutoksen tulosten mittaamiseen.

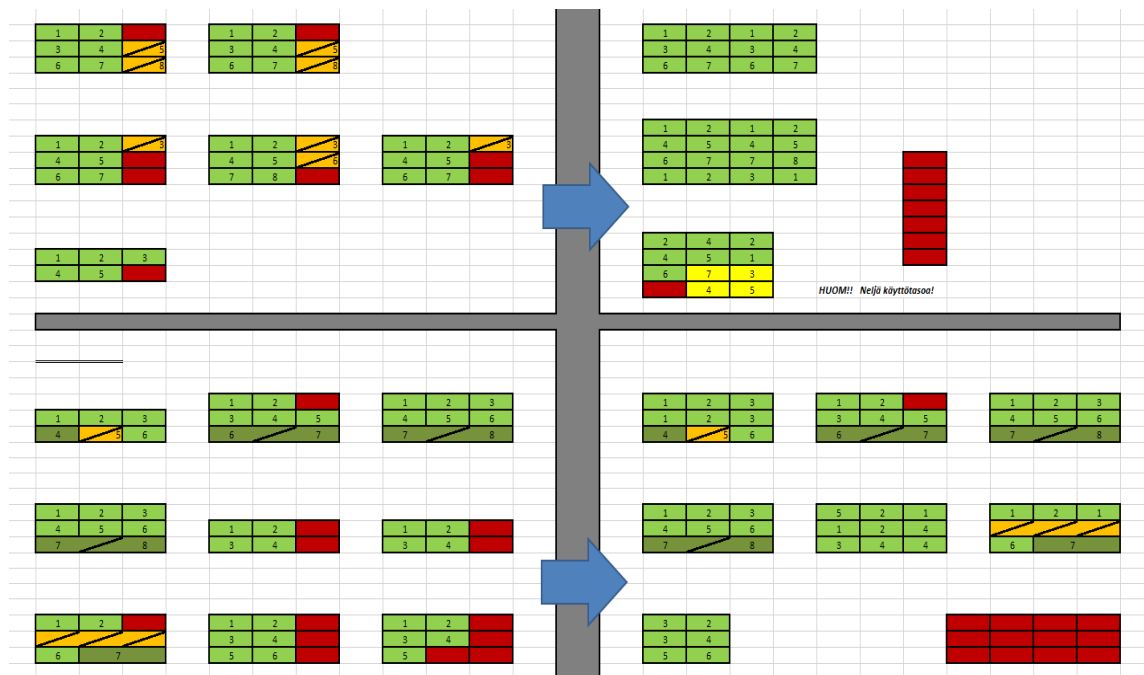
4.1.2 Tilansäästötoimenpiteet

Kartoitettuani solun sisällön, mittasin työpisteiden käyttämän lattiapinta-alan ja vertasin sitä uudelle layoutille varatun alueen pinta-alaan. Kuten kuvasta 6 voi todeta, työpisteiden kokoa olisi pienennettävä rajusti. Siihen päästään loppuun asti harkitulla asettelulla ja hankkiutumalla eroon kaikesta ylimääräisestä. Tarpeettomien työkalujen lisäksi näitä ovat vanhat käyttämättömät nimikkeet ja turhat varastot, joihin viittasin aikaisemmin.

Tilaa säästetään myös yhdistämällä soluja ja minimoimalla trukkireittien viemä ala. Trukki tarvitsee vähintään 3,5 metriä leveän väylän voidakseen täyttää hyllyjä ja se tulee huomioida suunnittelussa. Reittien tarve pyritään minimoimaan maksimoimalla niiden hyötykäyttö. Esimerkiksi täyttöpaikkoja kannattaa asetella reitin molemmin puolin.

Myös tavarahyllyissä oli runsaasti käyttökelvotonta tyhjää tilaa jota ei pysty täysin hyödyntämään. Niin sanotuille euro koon lavoille pakattuja nimikkeitä toimitettiin leveämmille FIN-lavoille tarkoitettuihin trukkihyllyihin. FIN-lava on EUR-lavaa suurempi trukkilava, joten hyllyt vievät enemmän tilaa vaikka niille ei silti mahdu

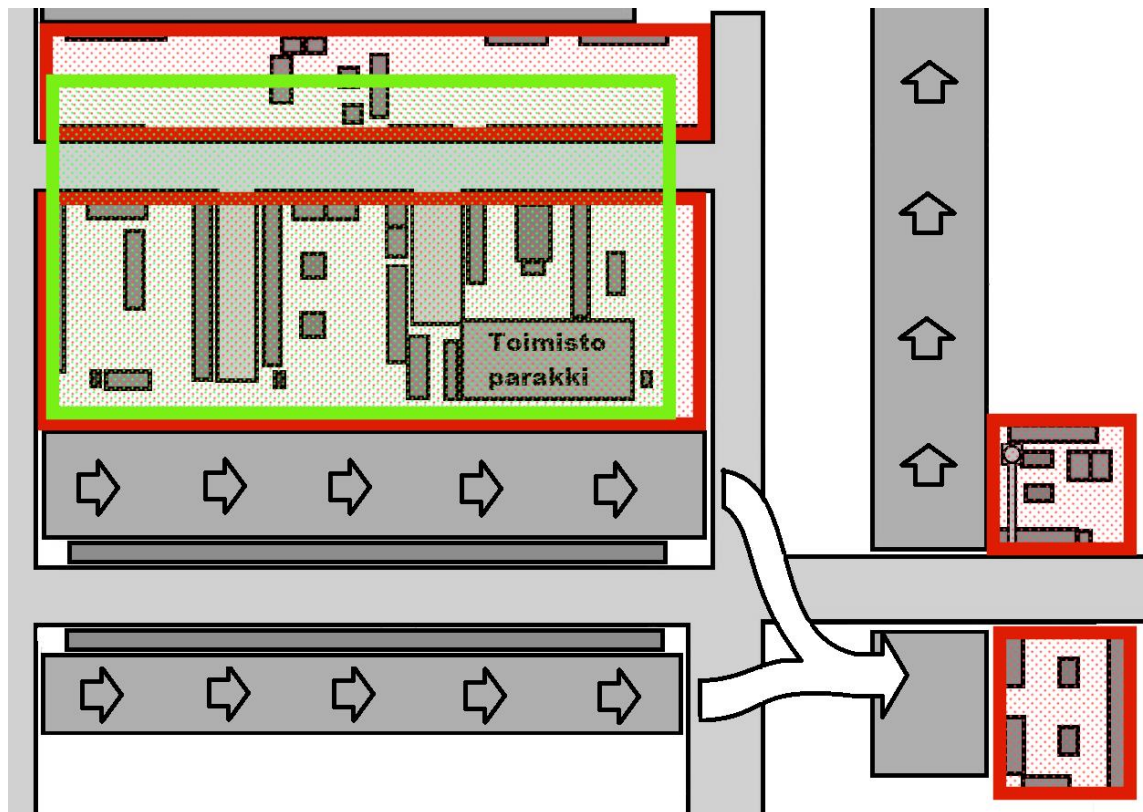
useampia EUR-lavoja. Myös vanhoja poistamattomia nimikkeitä ja kokonaan tyhjiä hyllypaikkoja paljastui. Yhteenlaskettuna kokonaisia hyllyrivejä voidaan poistaa.



Kuva 6. Hyllyjä voi tiivistää esimerkiksi näin.

4.2 Uusi layout

Uudelle layoutille varattu tila on pienempi, mutta toisaalta yhtenäisempi kuin entinen. Ympäri tehdasta ripotellut solut kootaan yhteen ja niistä saadaan muodostettua selkeä kokonaisuus. Alueella sijaitsee paljon erilaisia tukipilareita. Kantavia teräspilareita ei voi siirtää, joten ne osaltaan vaikuttavat lopputuloksen ratkaisuihin. Myös nosturilinjat sanelevat jonkin verran ehtoja, sillä suuret muutokset siltanosturiratoihin ovat kalliita. Alueella sijaitsee myös toimistoparikki, joka suunnitelman mukaan puretaan pois.

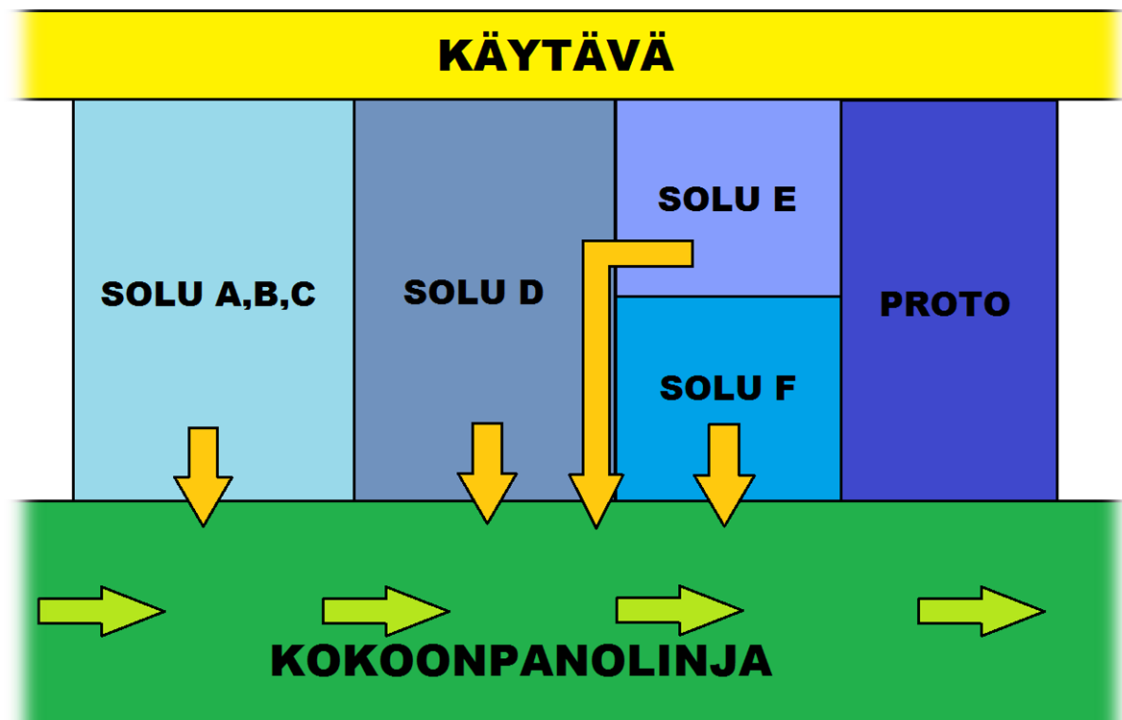


Kuva 7. Nykyinen solujen käyttämä alue (punainen) ja uudelle layoutille varattu alue (vihreä) samassa kuvassa.

4.2.1 Karkea suunnittelu

Kun työpisteellä todella tarvittavat välineet ja osat on kartoitettu, voidaan alkaa niiden sijoittelu uudelle pohjalle kuten kuvassa 8. Ennen sijoittelua tulisi olla näkemys työpisteen lopullisesta muodosta ja mallista. Tuleeko siitä liikkumaton solu vaiko linja? Onko muoto U-mallinen, tasainen neliö vaiko jotain muuta? On huomioitava katossa kulkevat siltanosturiradat ja pyrittävä mahduttamaan solut siten, että nosturit kattavat alueen jossa niitä tarvitaan.

Suunnitelmassani päädyin pitkulaiseen muotoon, jossa tuote virtaa solun alusta kohti päälinjaa, jossa se asennetaan koneeseen. Pitkulaisen muodon puolestapuhujia oli monia. Ensinnäkin kapeita ja pitkiä työpisteitä on helppo asetella rinnakkain. Toiseksi suorakulmion muotoisella alueella on neliötä enemmän kehäpituutta, jonne sijoitella hyllyjä. Kolmantena etuna tulee joustavuus ja helppo muokattavuus tulevaisuudessa.



Kuva 8. Näkemys uudesta solujen sijoittumisesta. Käytävä siirretään ylös ja vanhan layoutin solut A, B ja C yhdistetään.

Uudessa layoutissa solut tulevat muistuttamaan enemmän lyhyitä tuotanto linjoja. En kuitenkaan pilkkonut osakoonteja tuotantolinjoille tyypillisiin työvaiheisiin, vaikka sitä harkitsinkin. Kellotin ja seurasin joidenkin tuotteiden kokoamista ja yhdessä työntekijöiden kanssa totesimme liian pieniin työvaiheisiin jakamisen vain hankaloittavan yksinkertaisten tuotteiden kasaamista. Myös laskelmat osoittivat, ettei linjastosta syntyisi merkittäviä etuja. Päätin että on parempi tehdä rinnakkain kahta tuotetta solutuotantona, kuin jakaa niiden valmistus väkisin osiin.

Esimerkiksi solu A tuottaa esikoottua materiaalia soluille B ja C, joten päätin yhdistää ne yhdeksi monitoimisoluksi. Uudessa mallissa solun keskeltä syötetään materiaalia kumpaankin suuntaan, jolloin vastaanottavat työpisteet ovat aivan vieressä. Mallilla saavutettavia etuja ovat siirtomatkojen poistumisen lisäksi mahdollisuus joustavampaan työntekoon. Aikaisemmin solujen A, B ja C työtaakka oli epätasapainossa, sillä solu C tuotti B:tä enemmän tavaraa vaikka kysyntää oli vähemmän. Tulevaisuudessa työntekijät voivat siirtyä työpisteiden välillä ja sillä tavalla tasoittaa kuormitusta.

Parhaassa tapauksessa joustavuus mahdollistaa työn tekemisen pienemmällä miehityksellä tai jopa yhdessä vuorossa. Kuvan 9 kaavio osoittaa hyvin yhdistämisellä saavutettavat edut.

ENNEN						
		Varasto 1 kpl 60 m siirto Kierto 1h	Solu B 1/aamu + 1/ilta 3-4 kpl/d (ylituotantoa)	Varasto 2-4 kpl 70 m siirto Kierto 2d	Asennus koneeseen	Siirtoja: 130m Odotusta: 31h
Varasto	Solu A 1/aamu + 1/ilta 6 kpl/d					
		Varasto 2 kpl 15 m siirto Kierto 1h	Solu C 2/aamu + 1/ilta 3-4 kpl/d (toisinaan kiire)	Varasto 3 kpl 5 m siirto Kierto 1d	Asennus koneeseen	Siirtoja: 20m Odotusta: 17h
JÄLKEEN						
	Solu ABC 3/aamu + 3/ilta Yht. 6 kpl/d (Ei solujen välisiä siirtomatkoja) (Ei solujen välisiä välivarastoja) (Työntekijöiden joustava siirtyminen tasaa tuotantoa)	Varasto 1 kpl 50 m siirto Kierto 4h	Asennus koneeseen			Siirtoja: 55m Odotusta: 4h
Varasto		Varasto 2 kpl 5 m siirto Kierto 2h	Asennus koneeseen			Siirtoja: 10m Odotusta: 2h

Kuva 9. Arvovirtakaaviosta nähdään, että solujen A, B ja C pitäminen erillään aiheuttaa paljon hukkaa matkojen, varastojen ja odotusten muodossa.

4.2.2 Hienosuunnittelu

Tässä vaiheessa layoutista on muodostettu karkea havainnekuva siitä, kuinka työpisteet sijoitellaan ja miltä ne suurin piirtein näyttävät. On aika pureutua yksittäisen työpisteen sisältöön, johon kuuluu työkalujen, työtasojen, osien ja muiden tarkka sijoittelu. Vasta tässä vaiheessa työpisteen todellinen koko ja muoto alkaa hahmottua. Enää ei piirretä suuria linjoja vaan sijoitellaan komponentteja lopullisille paikoilleen kaikki tekijät huomioon ottaen. Tämä aiheuttaa omat vaikeutensa, sillä käytännön haasteita ei voi enää sivuuttaa. Näitä ovat muun muassa aluetta halkovat pilarit ja muut kiinteät esteet, sekä nosturit ja ahtaus. Myös työntekijöiden näkemykset on otettava huomioon.

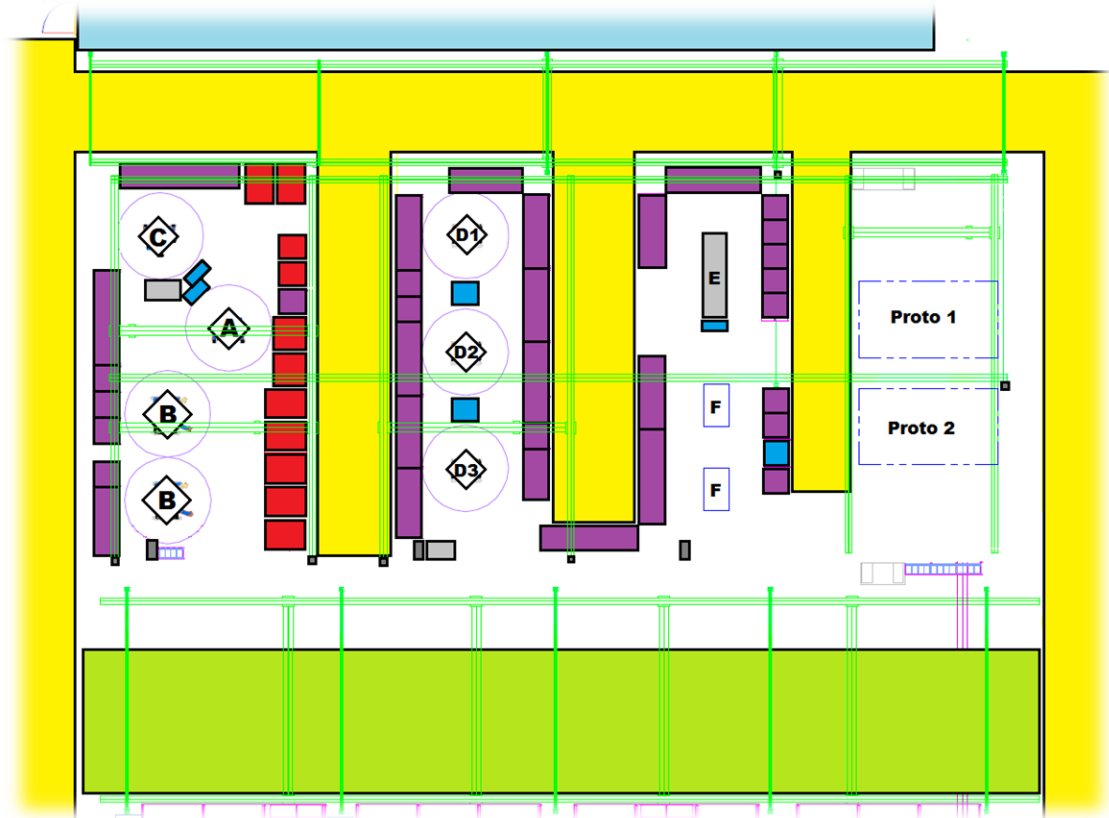
Ohjenuorana komponenttien sijoittelussa oli muun muassa työntekijöiden kanssa katsotut työskentelytilatoivomukset, lyhyet ja helpot hakumatkat ja helppo ja turvallinen

varastojen täyttö. Kokoonpanoissa tarvittavat nimikkeet pyrin sijoittamaan siten, että mitä useammin jotain nimikettä on haettava, sitä lähempänä sen varastopaikka on. Kuvassa 10 on esitettyä A, B ja C solujen eri tyyppisten varasto- ja käyttöpaikkojen määrä ja keskimääräiset käyntikerrat kussakin. Taulukosta nähdään, että hyllyjen sijoittelulla on todella suuri vaikutus ylimääräisen työn karsimisessa.

A, B, C-solujen sisäinen logistiikka; käyttöpaikkojen käyttö							Solujen sisäinen liike		
krt/kpl	kpl/d	Pultit	Pientav.	Trukkih.	Varasto	IPK	Keskimääräiset käynnit / varastopaikka, yhden tuotteen kokoonpanon aikana		
		5	6	3	1	1	meters per unit	units per day	meters per day
A	5	1	1	1	2	1	24	5	120
C	2	1	1	2	1	1	87	3	261
B	3	1	3	3	1	1	43	2	86
Yhteensä	-	50	96	54	15	10	Yhteensä päivässä: 467		
Huomiot: Pientavarahyllyillä käydään tiheimmin, joten ne on paras sijoittaa lähimmäksi työpistettä ylimääräisen liikenteen vähentämiseksi.									
MIKSI!?! Erilaisilla hylly-, varasto- ja käyttöpaikoilla käydään keskimäärin yhtä monta kertaa, tuotteesta riippumatta. Tämä johtuu eri paikkojen yhtenevistä osa- ja laatikkokoista ja -määristä. Laskemalla samanlaisten paikkojen lukumäärä ja kertomalla se keskimääräisellä käyntimäärällä, saadaan tietää työpisteen ja osien välinen liikenne. Sama tulos saadaan visuaalisesti spagettikaaviolla. Kertomalla tulo päivän tuotantomäärällä, saadaan laskettua koko päivän liikenteen tiheys. Kertomalla käyntitiheys paikkojen ja työpisteen välisellä etäisyydellä, saadaan laskettua koko päivässä kuljettu matka, joka on pelkkää hukkaa.									

Kuva 10. Solujen sisäiset käyntikerrat eri varastopaikoilla ja niistä kertyvät matkat vanhassa layoutissa.

Hienosuunnittelussa on vaikea käyttää mitään työkalua tai laskemia parhaan layoutin löytämiseksi kuten suurissa linjoissa. Työ tapahtuu pitkälti katsomalla, kokeilemalla ja tekemällä uudestaan. Tein useita erilaisia vaihtoehtoisia suunnitelmia, ja valitsin niistä parhaat. Niitä edelleen muokkaamalla ja parhaita paloja yhdistelemällä alkoi lopullinen muoto hahmottua. Sama toistui jokaisen solun kohdalla ja usein oli palattava edelliseen, jotta sitä saisi vielä vähän tiivistettyä ja parannettua. On kuitenkin huomioitava, että työntekijöille jää aina riittävästi tilaa työn esteettömään suorittamiseen (Kuva 11).



Kuva 11. Uusi layout ja nosturiradat. Ympyrät työpisteiden ympärillä tarkoittavat työntekijän tarvitsemaa vähimmäistilaa työskennelläkseen.

Muutosvastarinta oli projektin alkuvaiheessa todella suurta ja ennakko-odotuksista huolimatta se yllätti. Suunnittelijan työ on myös rankkaa myyntityötä. Omien ajatusten jatkuva myyminen muille ja usko omiin päätöksiin on olennainen osa prosessia. Muita ei saa kuitenkaan jättää suunnittelutyön ulkopuolelle ja uudet solut pyrittiinkin koostamaan mahdollisuuksien mukaan työntekijöiden toivomukset huomioon ottaen. Esimerkiksi tilantarvetta ja edestakaisin kävelyä tarkasteltiin yhdessä heidän kanssaan. Kävimme yhdessä läpi kaikki erilaiset vaihtoehdot ja löysimme siten kaikkia parhaalla tavalla miellyttävän ratkaisun. Työntekijöiden osallistuminen työpistemuutoksiin on tärkeää sillä vaikuttamismahdollisuus vaikuttaa positiivisesti paitsi lopputulokseen niin myös muutoksen vastaanottamiseen.

5 Solukohtaiset muutokset

5.1 Solut A, B ja C

Solut A, B ja C yhdistettiin yhdeksi tuotantosoluksi. Yhdistäminen helpottaa työntekijöiden siirtymistä tehtävästä toiseen ja ehkäisee siten yli- ja alituotantoa, sekä tasaa työtaakkaa erilaisten kysyntäpiikkien kohdalla. Yhdistämällä solut voidaan poistaa välivarastoja joten keskeneräisten tuotteiden määrä vähenee. Keskeneräisten tuotteiden odotusaika pienenee päivistä muutamaan tuntiin. Myös solujen väliset siirtomatkat jäävät pois. Niitä saattoi kertyä yhdelle tuotteelle kymmeniä metrejä ja päivätasolla se tarkoittaa jopa satoja metrejä turhaa liikuttelua.

Solu siirtyi A:n ja B:n alkuperäiseltä paikalta pykälää vasemmalle leveämmän nosturiradan alle. Nosturiradalle joudutaan kuitenkin lisäämään yksi nosturi lisää, sillä kolmen solun yhdistelmä vaatii vähintään kaksi nostinta. Myös alkuperäinen vapaasti liikkuva nosturi täytyy moottorisoida.

ABC-solussa tuotanto virtaa keskeltä solua molempiin suuntiin. Tuote B etenee kohti käyttöpaikkaansa ja tuote C etenee kohti varastopaikkaa, josta se käydään hakemassa. Malli parantaa imuohjausta entisestään sillä asema A ei voi täyttää solua omilla tuotteillaan vaan niitä valmistetaan vain sen verran kuin B ja C tarvitsevat. Myöskään B ja C eivät valmista tuotteitaan jos varastot ovat täynnä.

5.2 Solu D

Solu D oli alun perin U:n muotoinen. U:n muotoisen solun etuja ovat muun muassa lyhyet välimatkat solun sisällä ja käytössä olevan tilan tehokas hyödyntäminen. Haittana oli solun keskelle sijoitetut pientavarahyllyt, joiden täyttäminen ei onnistu menemättä työpisteen sisälle. U:n muotoisessa solussa on yleensä hyvin liikkumatilaa, mutta tässä tapauksessa hyllyt poistavat sen edun.

Solu oikaistiin suoraksi riviksi, jolloin kaikki tarvikkeet pultteja lukuun ottamatta saatiin pois työpisteen sisältä. Työtasojen ympärille saatiin enemmän liikkumatilaa ja

kokonaisuus selkeytyi. Myös nosturien hyödyntäminen helpottuu suoraviivaisempien liikkeiden ansiosta. Solu virtaa kohti päälinjan asennuspaikkaa.

5.3 Solut E ja F

Solujen E ja F yllä ei ole nosturirataa, mutta toisaalta solujen luonne on sellainen että pitkiä siirtoja ei tarvitse tehdä. Solujen käyttöön tulee puominosturi, mikä soveltuu hyvin paikallaan tehtäviin nostoihin.

Solu E kokoo useita erilaisia pieniä kokonaisuuksia, joiden asennuspaikat ovat eri puolilla tuotantolinjaa. Osat kootaan yhden pöydän äärellä yhden työntekijän voimin. Näiden syiden takia solua ei tarvitse virtauttaa, eikä sen sijainti tietyssä kohti päälinjaa ole niin tarkkaa. Solu saa olla lähes ennallaan, mutta työntekijöiden toiveesta sinne hommataan suurempi ja korkeussäädettävä työpöytä.

F solussa koottavat tuotteet koostuvat muutamista raskaista komponenteista ja harvoista pientavaroista. Solun suunnittelussa on tärkeää, että suurten komponenttien nostamiselle ja liikuttelulle on tilaa. Solun päät ovat avoimet, jotta kuljetustelineitä voidaan kierrättää solun ulkokautta. Solu virtaa kohti tuotteen käyttöpaikkaa linjalla.

5.4 Prototyyppi-solu

Tuotannon tehokkuuden varmistamiseksi tuotantosolujen tarpeet menevät prototyyppien edun edelle. Sen takia protosolu on se jonka tilantarpeesta nipistetään eniten, kun lisää tilaa tarvitaan. Prototyyppien valmistus olisi parasta olla kokonaan poissa tuotannon seasta, mutta toistaiseksi tilaa muualla ei ole.

Prototyyppien kokoaminen vaatii paljon tilaa, sillä kaikki koneen osat kasataan samassa solussa. Tilaa on oltava myös esikasatuille komponenteille ja erikoistöille. Prototyyppisolun suunnittelussa on pyritty parhaan mukaan aukeaan ja moneen erilaiseen työhön soveltuvaan työpisteeseen.

Tärkeintä protosolussa on mukautuvaisuus ja monipuolisuus. Solu tarvitsee kattavat nostimet ja runsaasti työpöytiä, -kaluja ja -telineitä, mutta ei niinkään varastopaikkoja.

Suurimpana muutoksena solun yllä olevaa kapeaa nosturirataa joudutaan leventämään, että se kattaisi tulevan protosolun kokonaan.

6 Tulokset

6.1 Laadulliset tulokset

Leanin oppien mukaan kaikkien tulosten on oltava mitattavissa. Niin ne ovatkin, mutta oikeiden tulosten saaminen vaatii muutoksen toteuttamisen ja tutkimustyötä. Tästä syystä tyydyn arvioimaan joitakin vaikutuksia tuntuman perusteella.

Pitkulaiset solut osoittautuivat ainakin paperilla hyväksi ideaksi. Uudet solut ovat avarat ja selkeät. Hyllyt ja työtasot ovat siistissä rivissä ja työpisteiden sisällä on selkeät liikkumisväylät. Työskentelytilassa on otettu huomioon työntekijöiden toivomukset.

Työntekijöiden siirtyminen solujen välillä tarpeen mukaan helpottuu. Nähdessään viereisen solun kaipaavan apua ei tarvitse kulkea kauas omalta asemalta. Monitaitoisuus ja joustavuus kasvavat kun ei tarvitse linnoittautua yhteen ainoaan työpisteeseen.

Materiaalivirta helpottuu, kun solujen välissä on selkeät täyttöväylät. Se lisää myös työturvallisuutta kun trukkitiet siirretään pois kulkemasta sieltä missä ihmiset pyörivät.

6.2 Mitattavissa olevat tulokset

Uusi layout tarvitsee lähes kolmanneksen vähemmän pinta-alaa kuin nykyinen. Siinä auttaa ennen kaikkea solujen yhdisteleminen, mutta myös ylimääräisten varastopaikkojen väheneminen ja kulkureittien muuttaminen.

Suunnitelman mukaan välivarastot vähenevät, sillä uusi layout mahdollistaa ainakin joiltain osin tekemisen niin sanotusti kädestä suuhun. Tuotteen valmistuksen eri vaiheiden ollessa rinnakkain nähdään heti esikootun tavaran tarve, ja voidaan vaihtaa tekemistä sen mukaan mitä tarvitaan. Tuotteiden puskuriin tekeminen varmuuden vuoksi on turhaa ja se vie aikaa ja tilaa niiltä toiminnoilta joille on oikeasti tarvetta.

Alkuperäisessä layoutissa erilaisia siirtomatkoja tuli viikkotasolla kilometrikaupalla. Uudessa mallissa solujen välisiä siirtomatkoja ei ole sillä soluja on yhdistetty. Tämä vähentää siirtoihin kuluvaa hukka-aikaa ja lisää tehollisen työn osuutta.

6.3 Muutoksen vaatimat investoinnit

Muutostyö tietää lähes aina ylimääräisiä investointeja, vaikka toteutus voitaisiinkin tehdä pitkälti omilla resursseilla. Investointeihin kuuluvat kaikki hankittavat laitteet ja palvelut.

6.3.1 Nosturiradat

Uudet solut onnistuttiin sijoittamaan vanhojen nosturiratojen alle melko pienillä muutoksilla. Prototyypin rakennusalueen yllä olevaa nosturirataa joudutaan leventämään ja A, B, C solun yllä olevalle radalle täytyy lisätä toinen nosturi. Joitakin vapaasti liikkuvia nostureita täytyy moottorisoida.

6.3.2 Toimistoparakin purku

Keskelle uutta layoutia osuva toimistorakennus täytyy purkaa pois tieltä. Toimistotilojen sijoittaminen muualle on ollut jo pitkään puheen alla eikä sitä voi varsinaisesti laskea tämän nimenomaisen suunnitelman kustannuksiksi.

6.3.3 Uudet työtasot

Ergonomiasyistä työpisteille suunnitellaan ja hankitaan uudet työtasot ja jigit. Työtasot suunnitellaan yhteistyössä toimittajien kanssa, joilta ne hankitaan. Tärkeimpiä ominaisuuksia ergonomisille työtasoille on korkeussäädettävyys ja mahdollisuus saada kokoonpantava tuote tukevasti sellaiseen asentoon, että se voidaan helposti kasata.

6.3.4 Kustannukset

Toteutusta suunnitellessa on huomioitava tuotannon kannalta edullisin ajankohta, työvoiman tarve ja alihankkijoiden tarve. Alihankkijoita tarvitaan muun muassa erityistä ammattitaitoa vaativiin muutoksissa ja purkutöihin.

Tuotantolaitos pysäytetään kesälomien ajaksi, joten muutostyö häiritsee tuotantoa vähiten silloin. Työvoiman määrää mietittäessä pitää muistaa, että tehdas on voitava käynnistää heti lomien loputtua. Riskiä, että muutos on vielä kesken, ei voi ottaa. Alihankkijoiden kohdalla on huomioitava mahdollinen toimitusaika ja ajoitettava töitä sen mukaan.

Muutoksen todelliset kustannukset selviävät vasta toteutusvaiheessa, mutta kaikista kohteista on pyydetty toimittajilta tarjoukset.

7 Pohdintaa

Layout suunnittelu ei ollut aivan niin yksinkertaista kuin alussa saatoinkin kuvitella. Suunnitteluun sisältyy monia sellaisia eri tasoja ja ulottuvuuksia, joita on hankalaa ja ehkä tarpeetonkin tuoda esille siinä mittakaavassa kuin mitä ne todellisuudessa työllistivät. Esimerkiksi momenttivääntimien, kääntöpuominosturien ja muiden kiinteiden työkalujen sijoittelu vaatii tarkkaa harkintaa, jotta niiden käytettävyys olisi parhaalla mahdollisella tasolla.

Kokemuksen puutteesta johtuen, myös turhaa työtä tuli tehtyä. Erilaiset laskelmat ja kaaviot, joiden tarkoitus oli auttaa parhaan layoutin löytämisessä, osoittautuivat epäkäytännöllisiksi ja toimimattomiksi. Painoarvotaulukoiden ja muiden pisteytysmallien mukaan paras layoutvaihtoehto saattoi maalaisjärjellä tarkasteltuna vaikuttaa todella typerältä ratkaisulta.

Tuotantoprosessin kulun kannalta muutokset eivät loppujen lopuksi olleet kovin suuria. Työvaiheita ei tarvinnut miettiä uudelleen tai prosesseja pilkkoa osiin. Suunnitelma keskittyi lähinnä paikkojen uudelleen järjestämiseen ja tilankäytön suunnitteluun. Työstä käy mielestäni hyvin ilmi, kuinka paljon pelkkä järjestyksen muuttaminen voi vähentää tuotantoprosessissa esiintyvää hukkaa.

Lopuksi tahdon pahoitella tämän raportin suurpiirteisyyttä ja tuotetietojen puuttumista. Olisi toki helpompaa, jos asioista voisi käyttää oikeita nimiä ja lukuja. Se toisi raporttiin konkretiaa joka helpottaisi lukijaa hahmottamaan, minkälaisesta prosessista on kyse ja

mitä erityispiirteitä siihen liittyy. Toimeksiantajan ohjetta on kuitenkin kunnioitettava ja työ kirjoitettava niillä faktoilla, joita on lupa käyttää.

Toivon kuitenkin, että tästä työstä on apua muille aloitteleville layout muutosta suunnitteleville henkilöille. Työstä käy toivottavasti ilmi minkälaisia asioita voi tulla vastaan ja miten ne vaikuttavat muutossuunnitelman lopputulokseen.

Lähteet

1. Tarkkanen, M. Tuotantotalouden perusteet: Tilasuunnittelu. Aalto yliopisto. 2015. Päivitetty 8.4.2015. [Viitattu 5.5.2015] Saatavissa: https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/a35a00310/luennot/A35A00310_luento_08_-_pruju.pdf
2. Haverila, M. J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy. 510 s.
3. Kangasmäki, J. Systemaattinen layout-suunnittelu. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemiantelekniiikan osasto. Prosessitekniiikan laboratorio. Lappeenranta. 2014. 44 s.
4. Liker, J. K. 2013. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Readme. 321 s.