

FMS-SOLUN KÄYTTÖASTEEN PARANTAMINEN



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

kevät 2022

Teo Lammela

Konetekniikka

Tekijä Teo Lammela

Työn nimi FMS-solun käyttöasteen parantaminen

Ohjaaja Tapio Väisänen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Tämän työn tärkeimpänä tavoitteena oli parantaa käyttöastetta Sisu Worxin tehtaalla Hämeenlinnassa. Muina tavoitteina oli selvittää ja analysoida nykytilaa, sekä hankkia tietoa tuotantoprosessista yrityksen johtoa ja jatkokehitystä varten. Työn tilaajana toimi Logistic TKT Systems Oy / Sisu Worxin toimipiste. Toimeksiantaja on keskisuuri ja keskiraskas konepajayhtiö. Työ rajattiin tehtaan FMS-soluun ja sen kolmeen vaakakaraiseen työstökeskukseen. Solu toimii kahdessa vuorossa 2+2 miehityksellä. Tilauskannan nousu toi ajankohtaiseksi kehittää tuotantoa ja sen kapasiteettia.

Tutkimuksen toteutus alkoi perehtymällä kohteeseen ja ihmisiin. Koneistajille tehtiin kyselylomakkeet, minkä lisäksi kuutta ihmistä haastateltiin erikseen. Lisäksi työt ja solun toimintaa tutkittiin viidellä eri menetelmällä. Tutkimuksen teoriapohja painottui Lean-ajattelun laajaan kenttään. Työn edetessä nousivat paikoin haasteeksi teorian tiedon ja kirjaviisauden yhteensopivuus käytännön kanssa. Osittain ne taas tukivat toisiaan tarkasti. Niinpä teoriaa tulkittiin ja sovellettiin tarpeen mukaan vastaamaan kohteen erityispiirteitä. Tähän joissain lähteissä kannustettiin. Käyttöasteeseen vaikuttavat lukuisat asiat solun sisällä, mutta myös ulkopuolella. Tämän takia käsiteltiin myös koko organisaatioon liittyviä asioita.

Tutkimuksista saatiin paljon materiaalia - sekä subjektiivisia mielipiteitä, että mitattua dataa. Näitä kaikkia yhdisteltiin, ja niistä kudottiin johtopäätöksiä ja edelleen toimenpide-ehdotuksia. Tuloksena saatiin pitkäkö lista erilaisia ehdotuksia, näkemyksiä ja parannuskohteita, joista osa oli konkreettisia, ja osa abstrakteja. Parista kymmenestä ehdotuksesta valittiin lopulta seitsemän lupaavinta, joita alettiin heti toteuttaa. Toimenpiteet mahdollistivat hukan ja vaihtelun vähentämisen, ja näin ollen myös käyttöasteen nostamisen. Toimenpiteiden tarkkoja vaikutuksia ei useiden muuttujien vuoksi voida suoraan eritellä, eivätkä vaikutukset näy täysimääräisenä heti. Kuitenkin käyttöaste nousi selvästi jo projektin aikana, joten suunta lienee oikea. Kaiken kaikkiaan työ avasi uusia näkökulmia niin tutkijalle kuin toimeksiantajallekin.

Avainsanat Johtaminen, kehittäminen, tuotanto

Sivut 50 sivua ja liitteitä 10 sivua

The main objective of this study was to improve the utilization rate at the Sisu Worx factory in Hämeenlinna. Other objectives were to analyze the current state and to obtain information on the production process for management and further development. The study was commissioned by Logistic TKT Systems Oy / Sisu Worx. The commissioner is a medium-sized and medium-heavy engineering company. The study was limited to the factory's FMS cell and its three horizontal machining centers. The cell operates in two shifts with a 2+2 occupation. The positive development in orders made it timely to improve production and its capacity.

The implementation of the study began by exploring the subject and the people. The machinists were subjected to questionnaires and six additional people were interviewed separately. Work and cell function were studied using five different methods. The theory base of the study was focused on the broad field of Lean thinking. There were parts where the theoretical knowledge conflicted with practice, whereas in other parts, they supported each other closely. Thus, the theory was interpreted and applied as needed to reflect the specific characteristics of the object. Some of the used sources suggested this. The utilization rate is influenced by numerous factors inside, but also outside the cell. Therefore issues relating to the organization as a whole were also addressed.

The studies yielded a lot of information - both subjective opinions and measured data. These were all combined, woven into conclusions and further proposals for measures. The result was a long list of proposals, views and improvements, some of which were concrete, and some abstract. Out of twenty proposals, seven of the most promising ones were eventually selected and taken into practice. The measures made it possible to reduce waste and variability, and thus also to increase occupancy rate. Due to a number of variables, the exact effects of these measures cannot be directly specified, and the effects will not be fully reflected this year. However, the utilization rate clearly increased already during the project, so the direction is probably correct. Overall, the study broadened the perspectives for both the researcher and the commissioner.

Keywords Development, management, production

Pages 50 pages and appendices 10 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Taustaa aiheesta	2
2.1	FMS-järjestelmä	2
2.2	Kehittämisen pakko	3
2.3	Kehittämisen vaihtoehtoja	4
2.4	Kehittämisen kulttuuri	5
2.5	Lean	6
2.5.1	Lean tasot	8
2.5.2	Lean, Six Sigma ja Lean-Six Sigma	9
2.5.3	Vaihtelu	10
2.5.4	Hukka	12
2.5.5	Virtaus	14
2.5.6	Arvovirtakuvaus	14
2.5.7	Leanin ongelmat	16
2.5.8	Leanin strategiaa - resurssitehokkuus vai virtaustehokkuus	17
2.6	Työntutkimus	19
2.7	Automaatio	20
2.8	Kestävä kehitys	20
2.9	Yhteenveto	21
3	Suuntaviivoja	22
4	Yritys ja lähtötilanne	23
4.1	Tuotanto	24
4.2	Virtaus- ja resurssitehokkuus	25
4.3	Käyttöaste	27
4.4	Layout	28
4.5	Vaihtelu ja laatu	30
4.6	Pullonkaulat	31
5	Toteutus	31
5.1	Kyselytutkimus	32
5.2	Haastattelut ja keskustelut	33

5.3	Spagettianalyysi	35
5.4	Arvovirtakuvaus	37
5.5	Odotusajan analysointi	38
5.6	Työntutkimus	39
5.7	Robottiikka ja automaatio	40
5.8	Yhteenveto tutkimuksista	41
6	Toimenpiteet	41
6.1	Konsernitaso	42
6.2	Tehdastaso	43
6.3	Solutaso.....	43
6.4	Toteutettavat toimenpiteet.....	44
7	Yhteenveto	45
7.1	Tulokset.....	45
7.2	Palaute	46
7.3	Pohdinta.....	47
	Lähteet.....	48

Kuvat

- Kuva 1. Tuotannon lisäämisen vaihtoehtoja
- Kuva 2. Lean vs Six Sigma
- Kuva 3. Control chart
- Kuva 4. DPMO Sigma level
- Kuva 5. Arvovirtakuvaus
- Kuva 6. Tehokkuusmatriisi 1
- Kuva 7. Runo
- Kuva 8. Tehokkuusmatriisi 2
- Kuva 9. FMS-Solu
- Kuva 10. Käsittelyalue
- Kuva 11. Spagettianalyysi

Liitteet

- Liite 1 Kyselylomake
- Liite 2 Arvoketjukuvaus
- Liite 3 Koneen ”odottaa”-tilan syitä minuutteina
- Liite 4 Havainnointitutkimus
- Liite 5 Robotisoinnin kannattavuuslaskelma

Käsitteistö

abstraktiotaso	Käsitteellinen taso, joka ilmaisee konkretian määrää. Esimerkiksi filosofinen tai toiminnallinen taso.
FMS	Flexible Manufacturing System.
kappale	Tuote tai aihio, joka on prosessin kohteena. Leanin termeillä myös virtausyksikkö. Yrityksessä käytetään myös termiä nimike.
kiinnitin	Koneruuvipenkki tai erikoiskiinnitin, joka on kiinnitetty palettiin.
layout	Toimintojen ja tuotantolaitteiden sijoittelu tuotantoalueella.
paletti	Eräänlainen pöytä tai alusta kiinnittimiä varten. FMS-järjestelmä siirtää paletteja koneiden, varaston ja käsittelypisteiden välillä tietokoneelle asetetun työjonon mukaisesti.
terä	Konetyökalun lastuava osa.
vaihtelu	Prosessiin tai tuotoksen laatuun liittyvää vaihtelua, joka voi olla satunnaista tai johdonmukaista, ennustettavaa tai arvaamatonta. Vaihtelun lain mukaan vaikuttaa aina haitallisesti suorituskykyyn. (Piirainen, 2014, s. 9)

1 Johdanto

Opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantona Logistic TKT Systems Oy:lle, jonka Hämeenlinnan toimipisteessä työ tehtiin. Hämeenlinnan tehdas tunnetaan myös nimellä Sisu Worx, jolla on historiaa suomalaisessa autoteollisuudessa. Sisu Worx eriytettiin Sisu Akselit Oy:stä vuonna 2014. Nyt se palvelee useita asiakkaita toimien alihankintakonepajana. Lastuava työstö eli koneistus on toiminnan ydin. FMS-solu on yksi osa konepajaa. Opinnäytetyö on luonteeltaan tuotannonkehitysprojekti.

Oma taustani työn suorittamiseen muodostuu pitkästä koneistuskokemuksesta ja Kone- ja tuotantotekniikan koulutuksesta. Lisäksi koen kaikenlaisen kehittämisen itselleni luontaiseksi. Nämä tarjoavat sinänsä hyvät lähtökohdat kyseisen työn suorittamiseen. Lähteettömät tekstikohdat raportissa nojaavat omaan kokemukseeni, insinöörin peruskoulutukseen ja valinnaisiin kursseihin, sekä näiden tietojen yhdistelyyn. Työn kannalta hyödyllisiä lisäkursseja olivat lähinnä Laadunhallinta, Projektinhallinta, Lean, Lean jatko, Johtaminen ja työyhteisötaidot sekä Ratkaisukeskeisyys työ- ja elämäntaitona.

Sanotaan, että pakko ei ole muuta kuin kuolla. Ihmiselämässä kuolema onkin väistämätöntä, mutta markkinataloudessa passiivinen yritys jollain aikajänteellä kuolee, vaikka voisi elää. Yhtiön ja solun tilauskanta on viime aikoina kasvanut voimakkaasti. Asiakkaiden tarpeisiin halutaan vastata. Samalla omistaja koki, että FMS-solun tuotto ja tuotantokyky eivät vastanneet vahvaa laitekantaa. Pysyäkseen elinvoimaisena toimeksiantaja päätyi käynnistämään tämän kehitysprojektin.

Tavoitteeksi opinnäytetyölle asetettiin selkeästi käyttöasteen nostaminen. Toinen tavoite oli saada luotettavaa tietoa solun ja prosessin toiminnasta. Lisäksi pidettiin hyvänä saada tuoretta näkökulmaa talon ulkopuolelta.

Kasvavaan tilauskantaan olisi sinänsä helppo vastata laajentamalla tehdasta ja ostamalla lisää koneita – tämä on kuitenkin kallis ja hidas tapa. Matalaan käyttöasteeseen voitaisiin vastata palkkaamalla lisää työntekijöitä – tämä on kallis tapa. Lisäksi alalla on erittäin vaikeaa tällä hetkellä löytää osaavaa väkeä. Näistä syistä päädyttiin etsimään muita keinoja. Jos

keinot olisivat helppoja ja ilmeisiä, ne olisi todennäköisesti jo toteutettu. Tässä piili tutkimuksen haaste.

Haastetta lähdettiin ratkomaan teoriapohjan suhteen lähinnä Lean-ajattelun pohjalta. Aluksi tutustuttiin yritykseen ja sen ihmisiin sekä perehdyttiin aiheeseen liittyviin tutkimuksiin ja julkaisuihin. Solun toimintaa tutkittiin useilla eri menetelmillä. Käytettiin sekä spesifejä seurantatutkimuksia, että vapaamuotoisia haastatteluita.

Mielenkiintoiseksi projektin teki se, että tiedossa oli vastaavan kaltaisia kehitysprojekteja, joissa on päästy kymmenien prosenttien parannuksiin. Toisaalta oli myös tiedossa lukuisia projekteja, jotka olivat vain kuluttaneet resursseja ilman mitään tuloksia. Nähtäväksi jäi mihin kohtaan tuota janaa tässä tapauksessa tultaisiin sijoittumaan.

2 Taustaa aiheesta

Vaikka tavoite oli selkeä ja vaikutti rajauksineen suppealta, itse aihe on lopulta varsin laaja. Tässä luvussa avataan teoriataustaa ja sen eri ulottuvuuksia.

2.1 FMS-järjestelmä

FMS on joustava valmistusjärjestelmä, joka koostuu tuotantokoneista, latausasemasta, varastohyllyköstä, hyllystöhissistä ja tietokoneesta, sekä ohjelmistosta, jolla hallitaan kokonaisuutta. Tuotantokoneilla on yleensä omat ohjausjärjestelmänsä. Tuotantokoneet ovat tyypillisesti 4-akselisia vaakakaraisia jyrsinkoneita, mutta ne voivat olla myös muunlaisia koneita. Tästä Mäntykoski (2010, ss. 19–25) mainitsee muutaman esimerkin. Järjestelmää voidaan laajentaa jälkeenpäin. Varastohyllykköön voidaan sijoittaa sekä materiaalia, että kiinnittimiä. Järjestelmässä voidaan valmistaa useita eri tuotteita joustavasti tarpeen mukaan, automatiikan avulla myös miehittämättömänä. Edellytyksenä on, että ne on ennakkoon valmisteltu ja sisään ajettu. Erona robotiikkaan on se, että robotiikka yleensä suoraan korvaa ihmisen tekemää työtä. Vaikka FMS sisältää automaatiota se ei välttämättä suoraan korvaa mitään koneistajan tekemää työvaihetta. Se vain mahdollistaa koneiden paremman käyttöasteen, koska valmistelu- ja oheistyö voidaan tehdä koneiden ulkopuolella ilman, että koneiden toiminta niiden takia keskeytyy. Suuri esiasetettujen työkalujen määrä

yhdessä suuren palettimäärän kanssa vähentää kyllä käsityötä toistuvilla tuotteilla, koska kiinnittimiä ja työkaluja ei tarvitse purkaa ja asettaa uudestaan joka kerta. Muuten FMS-linjan kone vaatii työvuoron aikana jopa enemmän käsityötä kuin yksittäinen kone, koska koneajoaika tulee enemmän. Kappaleenvaihtotyö, mittaus, purseenpoisto ja muut oheistyöt eivät siis vähene, ellei myös niitä ole automatisoitu. FMS-järjestelmä tarjoaa silti oman näkemykseni mukaan neljä etua: enemmän koneaikaa, mahdollisuus miehittämättömään ajoon, joustava ajo pienillä sarjoilla sekä vähemmän asetuksia. Haittapuolina voidaan pitää mm. seuraavia: Miehittämätön ajo vaatii huolellisempaa työtä, huollettavaa laitteistoa on enemmän ja investointi on kalliimpi verrattuna pelkkiin koneisiin.

FMS-järjestelmä on Leanin näkökulmasta katsottuna aika radikaali tuotantojärjestelmä. Siinä on mahdollista päästä korkeaan käyttöasteeseen ja samanaikaisesti olla joustava piensarjatuotannossa. Vastaavasti voidaan puhua resurssitehokkuudesta ja virtaustehokkuudesta. Käytännössä joustavuudelle ja käyttöasteelle on tietysti erinäisiä rajoitteita. Näitä käsitellään tarkemmin luvussa 4.

2.2 Kehittämisen pakko

Teollisessa tuotannossa pyritään yleisesti tehokkuuteen ja kannattavaan liiketoimintaan. Jatkuva muutos tekniikassa ja toimintaympäristössä haastavat näitä, mutta samalla luovat mahdollisuuksia. SFS-standardin (9000/2015, s.11) mukaan parantaminen on tärkeää yrityksille myös, jotta ne voivat ylläpitää suorituskykynsä nykyisen tason. Sama standardi määrittää jatkuvan parantamisen toistuvaksi toiminnaksi, jolla suorituskykyä parannetaan. Voidaan siis ajatella, että ilman mitään parantamista suorituskyky laskee. Kohtuullinen ajoittainen parantaminen riittää säilyttämään tason. Vasta jatkuva aktiivinen parantaminen lisää kilpailukykyä.

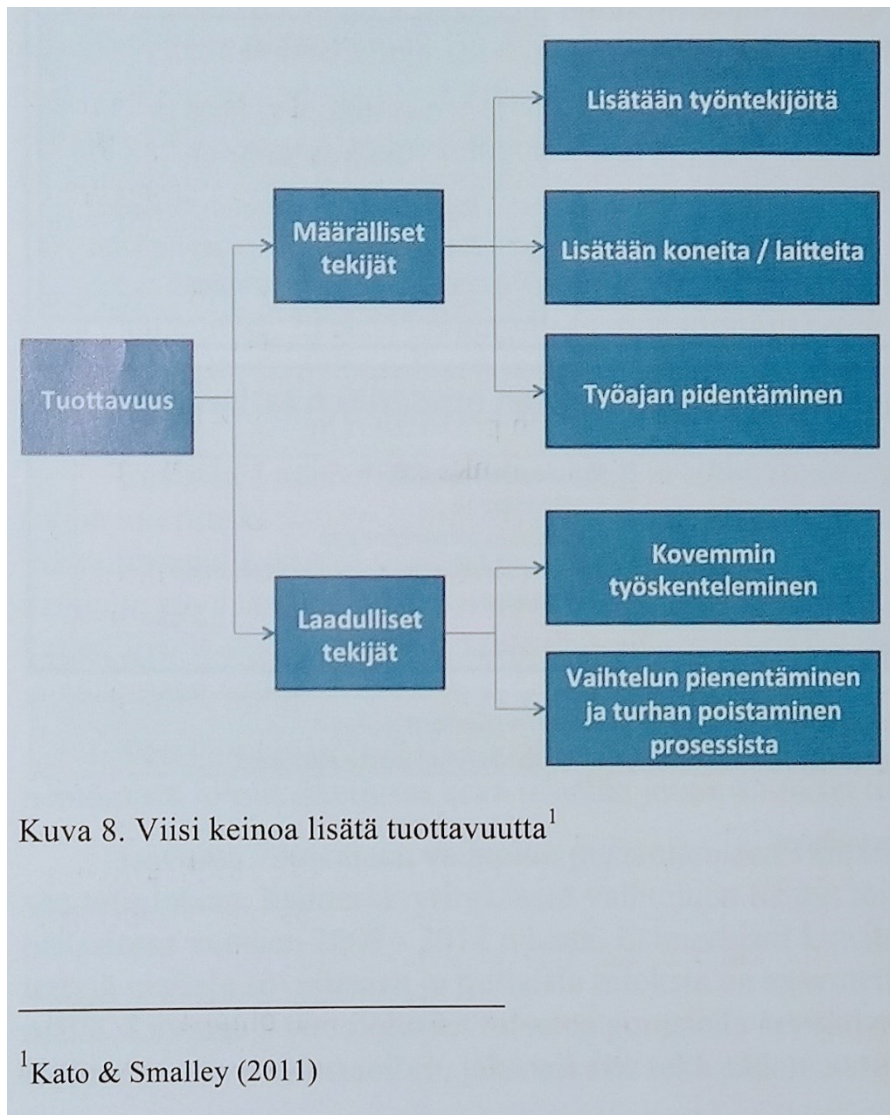
Globaalissa markkinataloudessa on vallalla jatkuvan kasvun tavoite. Aivan kaikki eivät pidä kasvua ehdottomana edellytyksenä menestykselle. Sen sijaan kehittyminen on välttämätöntä. Jos me emme kehity, kilpailijamme todennäköisesti kehittyvät – jos eivät Suomessa, niin Kiinassa tai Yhdysvalloissa.

Suomalaisen teollisuusyrityksen keskimääräinen kannattavuus on melko vaatimatonta. Keskimääräinen nettotulos suomalaisilla teollisuusyrityksillä oli 5 % vuonna 2018 (Suomen virallinen tilasto, 2018). Itse lähestyn kehittämistyön mielekkyyttä edellisen tiedon valossa seuraavasti: Jos tuotantoa kyetään lisäämään ilman lisäkuluja 5 %, tarkoittaa se yrityksen liikevaihdon kasvua samaisella, melko vaatimattomalla viidellä prosentilla. Jos taas ajatellaan saman muutoksen vaikutusta tulokseen, tarkoittaa se kasvua peräti sadalla prosentilla! Yritys elää ensisijaisesti tuloksesta, ei liikevaihdosta. Liikevoitto mahdollistaa paitsi uuden auton omistajille, myös investoinnit, ja jatkuvuuden työsuhteille. Tämän takia pienikin tuotannon kehittäminen on mielestäni merkittävää.

2.3 Kehittämisen vaihtoehtoja

Tämä kappale pohjautuu Piiraisen (2014, ss. 22–24) tekstiin, jossa hän käsittelee etenkin Frederick Taylorin ja Edwards Demingin ajatuksia. Haluttaessa lisää kapasiteettia ja suurempia tuotantomääriä on siihen olemassa ainakin muutama vaihtoehto. Yksi niistä on konkreettisuutensa ja yksinkertaisuutensa vuoksi paljon käytetty: Rakennetaan lisää hallitilaa, ostetaan lisää koneita ja palkataan lisää työntekijöitä. Tämä ei kuitenkaan ole kovin hyvä menetelmä, koska kaikki edellä mainitut tuovat huomattavia lisäkuluja, usein liian huomattavia. Toinen perinteinen ja tyyppillinen tapa on pyrkiä eri keinoin vaikuttamaan työntekijöiden motivaatioon, työsuoritukseen ja ahkeruuteen. Tämä voi toimia tiettyyn rajaan asti, mutta vaatii taitavaa johtamista onnistuakseen. Kolmantena vaihtoehtona on joukko menetelmiä, joiden avulla pyritään pääsemään haluttuun lopputulokseen edullisemmin ja pysyvämmiin. Voidaan puhua myös tuotannon optimoinnista suhteessa resursseihin tai asiakkaan tarpeisiin. Näistä lisää luvussa 2.5. Alla vielä kuva Piiraisen kirjan sivulta (kuva 1), jossa sama asia eri muodossa.

Kuva 1. Tuotannon lisäämisen vaihtoehtoja (Piirainen, 2014, s. 22).



2.4 Kehittämisen kulttuuri

Tavoitteisiin pääsemiseksi voidaan hyödyntää myös pehmeämpiä, Rehnin (2018) mukaan suorastaan naismaisia, tai ainakin naismaisiksi miellettyjä keinoja. Tästä viitteenä oheinen katkelma positiivisen psykologian kurssilta:

Elämän myrskyjen ja myllerrysten keskellä on tärkeää omata jokin kiintopiste, majakan valo, jonka avulla navigoida eteenpäin. Siksi tavoitteet, jotka ovat meille epävarmuudestaan huolimatta tärkeitä, ovat toivon ankkureita. Ne tarjoavat toiveikkaalle ajattelullemme jonkinlaisen suunnan ja maalin. Onko katseeni tyrskyistä huolimatta suunnattu eteenpäin? Tiedätkö, mihin olen

menossa? Tarvitsemme ennen kaikkea uskoa siihen, että toivoa on, mutta toiveikkaat ihmiset ovat valmiita myös tekemään töitä paremman tulevaisuuden eteen. (Björkstam, 2021)

Vaikka edellä kuvattu lienee tarkoitettu ensisijaisesti yksityiselämään, soveltuu sama ajattelu käymieni kurssien (Ratkaisukeskeisyys ja positiivinen psykologia, Johtaminen ja vuorovaikutustaidot) valossa myös työelämään. Moderni johtaja luo yhteisiä tavoitteita, unelmia ja – toivoa. Näistä seuraa motivaatiota, hyvinvointia, innovaatioita ja itsenäistä ajattelua. Näistä taas konkreettista kehitystä, tuottavuutta ja liikevoittoa.

Yritysjohdon merkitys on keskeinen muutoksen aikaansaamisessa. Kulttuurimuutos on mahdollinen vain, jos johtajat toimivat esimerkkeinä omalla esiintymisellään. Ihmisiin luottamista ja heidän mielipiteidensä kunnioittamista ei voi teeskennellä. Vain aitous vie eteenpäin. Henkilöstölle on selvitettävä, mihin suuntaan ollaan menossa. Voimakas muutosvastarinta syntyy, jos tavoite on epäselvä. (Kajaste & Liukko, 1994, s.74)

Edellä mainittuja voidaan nimittää ylemmän abstraktiotason asioiksi. Tästä Modig & Åhlström (2013, ss. 130–143) kertovat kirjassaan esimerkin Toyotan autotehtaalta. Siellä ylin johto lähti toisen maailmansodan jälkeisenä aikana liikkeelle ylimmältä abstraktiotasolta saavuttaakseen tavoitteitaan – he määrittivät yhtiölle arvot. Huomattakoon, että tässä kohtaa ei viitata niihin arvoihin, joita mainostoimiston pojat riimittelevät yhtiön nettisivuille. Tässä viitataan niihin arvoihin, joita yhtiön johto pohti ajan kanssa ja antaumuksella, ja joihin kaikki käytännön päätöksenteko vastaisuudessa pohjautui. Osana tärkeimpiä arvoja ovat siitä lähtien olleet ihmisten kunnioitus ja keskinäinen yhteistyö. Näitä pidettiin edellytyksinä tuotannon tehokkuudelle. Toyota kehittyi sittemmin kansainväliseksi esikuvaksi tuotannon tehokkuudessa. Pitkälti Toyotan ansiosta rakentui myös Lean-ajattelu.

2.5 Lean

Edellisten lukujen kuvaamiin haasteisiin pyrkii vastaamaan Lean – ideologia, ajattelutapa, johtamisoppi, toimintastrategia, työkalupakki – mm. näitä kaikkia on Lean, määrittäjästä riippuen.

Leania käsitellään tässä laajasti, koska se vaikuttaa olevan vallitseva johtamismalli. Itse myös pidän siitä, koska siinä yhdistyy hienosti inhimillisuus ja käytäntö. Leania hyödynnetään sekä teollisuudessa, että enenevässä määrin myös palvelutuotannossa. Se on laaja kokonaisuus, käsittäen n. 50 eri työkalua ja menetelmää. Lean-ajattelun soveltamisesta on olemassa monia hienoja esimerkkejä eri sektoreilta. Kuitenkin on tervettä myös muistaa, että läheskään kaikki Lean-projektit eivät onnistu (Heikkilä & Martinsuo 2015, s. 18).

Leania avataan tässä muutaman erilaisen määritelmän kautta. Koska aihe on laaja, on myös määritelmiä paljon:

Lean-ajattelun keskeinen oivallus on kahden erilaisen tehokkuuden lajin ymmärtäminen. Nämä kaksi tehokkuuden lajia ovat resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus. Resurssitehokkuus pyrkii erillisten resurssien mahdollisimman hyvään hyödyntämiseen tuotantojärjestelmässä, kun taas virtaustehokkuus tähtää järjestelmän mahdollisimman hyvään läpivirtaukseen ja asiakaspalveluun. Resursseilla tarkoitetaan ihmisiä, koneita ja laitteita, jotka tarvitaan tuotteiden tai palveluiden työstämiseen ja asiakkaalle toimittamiseen. Läpivirtaus tarkoittaa sitä tuotteiden tai palveluiden määrää aikayksikköä kohden, mikä saadaan tuotantojärjestelmässä valmiiksi ja asiakkaalle toimitetuksi. (Heikkilä & Martinsuo 2015, s. 19)

Ajatuksena on, että investointien ja maksimaalisen ahkeroinnin sijaan pyritään tavoitteisiin ensisijaisesti tekemällä vähemmän asioita, ja tekemällä ne paremmin ja helpommin. Tämä tapahtuu hyödyntämällä varmennettua tietoa vähentämään *vaihtelua* ja *hukkaa* prosesseissa.

Leanissa yhdistyy pitkäjänteisyys, jatkuva järjestelmällinen kehittäminen, asiakkaan tarkka kuunteleminen, työntekijöiden arvostus ja osallistaminen sekä erilaiset valmiit, testatut työkalut.

Leania voi ja pitää johtaa. Toisaalta henkilökunnalle voi ja pitää antaa vastuuta. Sama koskee kaikkia kehityshankkeita, tilapäisiä ja jatkuvia.

Käsite Lean-toiminta (Lean-production) otettiin käyttöön vuonna 1990 eri maiden autoteollisuusyritysten kilpailukykyä selvittäneessä tutkimuksessa. Siinä löydettiin menestyneiden yritysten toiminnasta useita yhteisiä piirteitä. huomattiin, että keskittymällä vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan, voidaan säästää merkittävästi kustannuksia ja aikaa. Paljon on tehtävissä jopa ilman investointeja. Päähuomio on ihmisen, organisaation ja tekniikan yhdistämisessä. (Kajaste & Liukko, 1994, s.8)

Leania on luvallista soveltaa tilanteen mukaan. Jokainen yritys, prosessi ja tilanne ovat erilaisia. Tämä edellyttää ymmärrystä ja tarkkaa harkintaa. Soveltamisessa tulee muistaa, että kaikki Leanin menetelmät ja työkalut ovat pitkään hiottuja ja koeteltuja. Siksi ei kannata yrittää itse keksiä uusia, vaan hyödyntää valmiita. Tämä ohje asettaa rajat soveltamiselle. (Pesonen M., 15.9. 2021. Verkkokurssi, Leading quality. Quality Knowhow Karjalainen)

2.5.1 Lean tasot

Lean-ajattelu voidaan jakaa eri tasoihin. Jakamistapoja on erilaisia. Tässä käydään läpi Toyotalla käytössä oleva neljäosainen jaottelu (Modig & Åhlström, 2013, s. 141–145):

1. Arvot – kertovat millainen organisaation on oltava.
Yhteisten arvojen myötä voidaan vähentää vaihtelua siinä, millaisia työntekijät ovat.
(Vaihtelu-käsitettä käsitellään kappaleessa 2.5.3)
2. Periaatteet – määrittävät miten organisaation tulee ajatella.
Yhteisten periaatteiden myötä voidaan vähentää vaihtelua siinä, miten työntekijät ajattelevat.
3. Menetelmät – määrittävät mitä organisaation tulee tehdä.
Menetelmien yhdenmukaistamisella voidaan vähentää vaihtelua siinä, mitä työntekijät tekevät.
4. Työkalut - yhteiset tavat työskennellä.
Työkalujen yhdenmukaistamisella voidaan vähentää vaihtelua siinä, miten työntekijät tekevät.

Yleensä kehoitetaan aloittamaan ylimmältä abstraktiotasolta ja koko organisaation tasolta, koska paikalliset ongelmat eivät ole irrallisia kokonaisuudesta, ja käytännön asiat eivät ole

irralisia ylemmän tason linjauksista. On myös mahdollista aloittaa alempaa tai paikallisesti – riippuu tavoitteiden suuruudesta ja aikataulusta - haetaanko pikaista ratkaisua yhteen paikalliseen ongelmaan, vai pyritäänkö pysyvään ajattelutavan ja organisaatiokulttuurin muutokseen. Alempaa lähtiessä törmätään erilaisiin rajoitteisiin. Vastaavasti aikajänne voi vaihdella viikoista vuosikymmeniin. Jatkuva parantaminen on dynaaminen prosessi, joka ei lopu. (Modig & Åhlström, 2013, s. 151), (Heikkilä & Martinsuo, 2015, ss. 22–23). Laajoissa kehityshankkeissa on mahdollisuus saavuttaa merkittäviä parannuksia tuottavuudessa ja kannattavuudessa. Mitä suppeampi hanke, sitä pienempiin tuloksiin voidaan päästä.

Laajimman tason muutokset edellyttävät koko tuotantojärjestelmän perusteellista uudistamista. Tällöin tarvitaan myös koko henkilöstön ajattelutavan radikaalia uudistamista ja ainakin johdolta syvällistä ymmärrystä ja perehtymistä. Ajatustason muutokset ovat vaikeimpia (Proinno 2022).

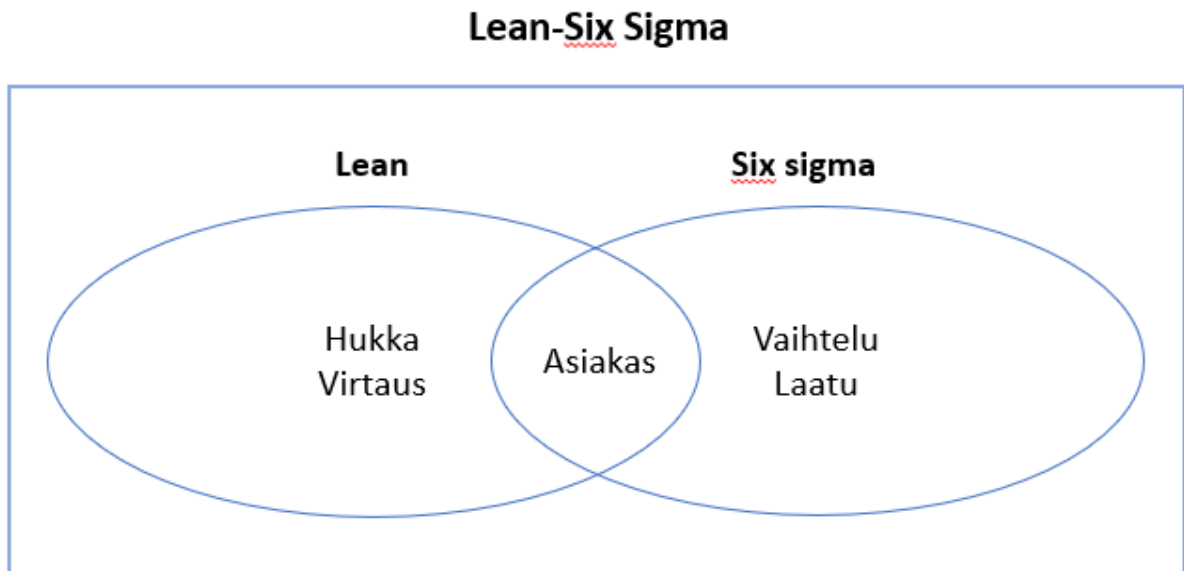
Vaikka edellä kerrottiin ajattelun ja tekemisen yhdenmukaistamisesta, sen ei kuitenkaan tule merkitä sitä, että ihmisiä käsitellään massana. Tämä tosin on valitettavan yleistä.

Tehokkaana pidettyä työntekijää pyritään herkästi ”kloonaamaan”. Parempiin tuloksiin päästään ymmärtämällä ja huomioimalla ihmisten välisiä eroja. (Piiainen, 2014, s. 25)

2.5.2 Lean, Six Sigma ja Lean-Six Sigma

Otsikon käsitteiden erot saattavat alkuun hämmentää. Mainittuja termejä käytetään kutakin erikseen, mutta myös yhdessä. Lean ja Six Sigma ovat kehittyneet eri maissa ja eri tahojen toimesta. Vuosikymmenien myötä teoriatausta on myös laajentunut. Kehityksen maantieteellinen painopiste on alun perin Leanilla ollut Japanissa ja Six Sigmalla Yhdysvalloissa. Sisällön suhteen ne painottuvat myös eri asioihin, kuitenkin niin, että Lean ja Six Sigma (6S) tukevat ja täydentävät toisiaan. Siksi ne nykyään mielellään nähdään yhtenä laajana kokonaisuutena. Siinä piilee myös Lean-Six Sigman (LSS, L6S) vahvuus – kyse ei ole vain yksittäisestä opista vaan kattavasta kokonaisuudesta. Asioiden yksinkertaistamiseksi puhun jatkossa yleisesti vain Leanista, käsittäen koko Lean-Six Sigman kentän. Kuvassa 2 asiaa on havainnollistettu karkealla tasolla.

Kuva 2. Lean vs Six Sigma. (Yhdistelty eri lähteistä)



2.5.3 Vaihtelu

Vaihtelu on Leanissa keskeinen käsite, joka tulee ymmärtää. Vaihtelua on monenlaista. Vaihtelulla tarkoitetaan kaikkea prosessissa olevaa ja prosessiin vaikuttavaa vaihtelua. Vaihtelulla on olennainen merkitys laadun suhteen, jopa niin, että vaihtelu on, käänteisenä, laadun määritelmä (professori Douglas C. Montgomery). Laadun lisäksi vaihtelua esiintyy esimerkiksi kysynnässä, tuotantokapasiteetissa, olosuhteissa jne. Vaihtelun merkitys nousee siitä, että vaihtelu laskee tuotantoyksikön suorituskykyä, ennakoitavuutta ja asiakastyytyvyyttä, sekä lisää kustannuksia. Kaikki vaihtelu on haitaksi tuotannolle, koska se vaatii ylimääräistä huomiota, soveltamista ja poikkeamista rutiinista. Jos vaihtelua saadaan vähennettyä, prosessi muuttuu sujuvammaksi ja käyttöastetta pystytään nostamaan. (Piirainen, 2014, s. 121).

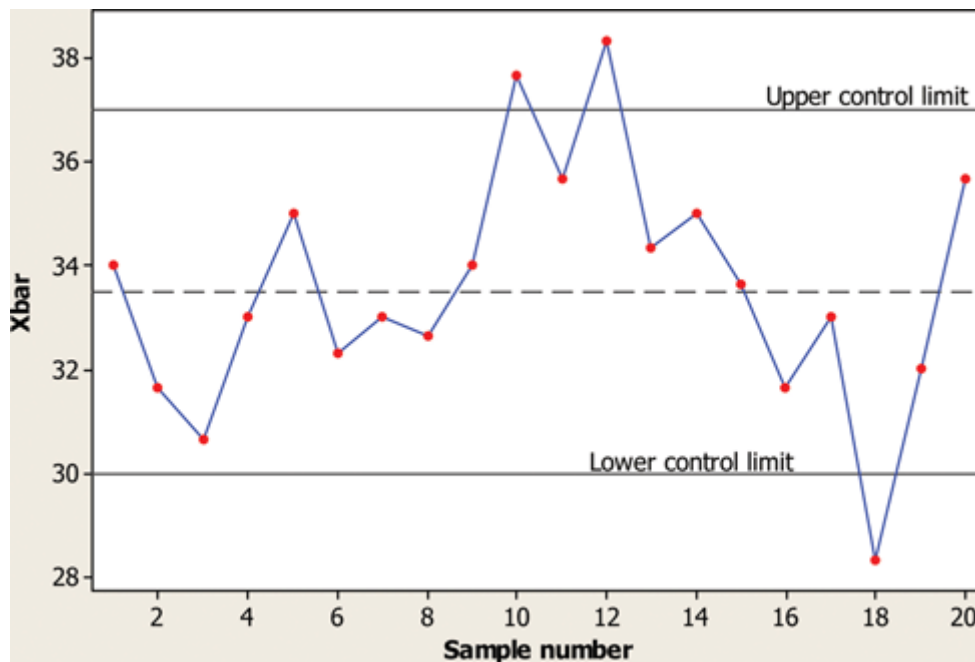
Virheet (vaihtelu) pannaan perinteisesti ihmisten syyksi, vaikka ihmisten arvosteleminen on haitallista tuottavuuden kehitykselle. Virheet pitäisi panna prosessin syyksi ja alkaa miettiä miten sitä voitaisiin kehittää. Systemi ei useinkaan tue laadun tuottamista optimaalisesti. (Pesonen M., 15.9. 2021. verkkokurssi, Leading quality. Quality Knowhow Karjalainen)

Vaihtelun vähentämisessä olennaista on tunnistaa vaihtelun laji. Onko se niin sanottua satunnaista kohinaa vai erityistä vaihtelua. Satunnainen vaihtelu on prosessille luontaista

heiluntaa. Sitä ei voida, eikä näin ollen edes pidä yrittää poistaa. Yrittäminen vain lisää vaihtelua (Demingin suppilokoe). Erityinen vaihtelu on sellaista, jolle on olemassa erityinen syy. Tämä syy tulee tunnistaa ja poistaa. Tähän on tarjolla erityisiä metodeja. (Pirainen, 2014, ss. 24–122)

Tuotannon ja tuotettavien tuotteiden ominaisuuksia pyritään ilmaisemaan numeerisessa muodossa. Tällöin niiden vaihtelua / laatua on mahdollista mitata ja tilastoida. Tämä taas mahdollistaa järjestelmällisen, tietoon perustuvan kehittämistoiminnan. Tyypillisesti voidaan seurata vaikkapa koneistettavan reiän halkaisijamittaa ja sen pysymistä annetun toleranssin rajoissa. Tässä hyödynnetään seurantakortteja tai ohjelmia. (kuva 3.)

Kuva 3. Control chart (Researchgate, 2022).



Tulosta verrataan tavoitteisiin. Äärimmäinen tavoite on saavuttaa kuuden sigman taso. Tavoite voi olla alempikin, mutta joskus kuuden sigman taso on tarpeen. Tyypillinen taso teollisuudessa on kolmen ja neljän sigman välillä. Tässä yhteydessä sigma siis tarkoittaa yhtä keskiahajontaa Gaussin käyrällä, ja kuvaa mittaustulosten osumista tavoitealueelle. Puhutaan prosessin suorituskyvystä. Tästä käytetään lyhennettä DPMO (Defects per million opportunities), virheitä miljoonaa mahdollisuutta kohti (SFS 13053-1/2014, ss. 12,20). Kuuden sigman tasolla virheellisiä tuotteita on siis vain noin kolme kappaletta miljoonasta. (Kuva 4)

Kuva 4. DPMO Sigma level. (Lean Strategies International, 2016).



DPMO-lukua voidaan parantaa kolmella eri tavalla:

1. Säädetään prosessia niin, että hajonta osuu symmetrisesti tavoitealueelle.
2. Laajennetaan sallittua tavoitealuetta. Tämä on joskus mahdollista ilman, että asiakastytyväisyys heikkenee. Tuote tai tuotantotapa voidaan myös alusta lähtien suunnitella uusiksi niin, että tarkkoja toleranssialueita ei tarvita.
3. Parannetaan prosessia niin, että hajonta pienenee.

Vaihtoehto 3. lienee tyypillisesti käytetty. Vaihtoehdot 1. ja 2. ovat Lean-ajattelussa suositeltavampia. Vaihtoehto 3. on tietysti mahdollinen ja sallittu. Sen avulla päästään melko helposti sigmatasolle neljä, mutta sen jälkeen haasteet ja kustannukset lisääntyvät eksponentiaalisesti, eikä koskaan päästä todella korkealle tasolle. Juuri siksi tarvitaan laajempaa näkökulmaa.

2.5.4 Hukka

Hukka on Leanissa toinen keskeinen käsite, joka tulee ymmärtää. Alla suora lainaus Jaakkolan (2018) blogikirjoituksesta.

Taiichi Ohno määritteli työhön sisältyvän jalostamattoman ajan seitsemäksi hukaksi, jotka pitää poistaa. Alla hukat lueteltuna sekä esimerkki kustakin hukasta.

1. Odottaminen: Työntekijä odottaa esimerkiksi materiaalia tai ohjeita.
2. Ylituotanto: Valmistetaan enemmän, kuin on tarvetta.
3. Yliprosessointi: Valmistetaan osat tarpeettoman tiukoilla toleransseilla.
4. Kuljettaminen: Puolivalmisteet viedään varastoon odottamaan jatkokäsittelyä.
5. Liikkuminen: Työntekijä hakee tarvitsemiaan osia tai työkaluja varastosta.
6. Varastointi: Pidetään varastossa tarpeettoman suuri määrä raaka-ainetta.
7. Virheet: Mikä tahansa tuotteessa oleva poikkeama, joka johtaa korjaamiseen tai hylkäämiseen.

Näitä hukkia pitää vähentää ja lopulta poistaa, koska yritys maksaa niistä aiheutuneet kustannukset aina itse. Niitä ei voi maksattaa asiakkaalla.

Leanin seitsemän hukaksi lisättiin myöhemmin kahdeksas, eli henkilöstön osaamisen hyödyntämättä jättäminen. Tämä hukka ilmenee strategian epäonnistumisena ja kehitysprojektien hitautena sekä vaikeutena tehdä muutoksia. Syy ongelmaan on se, että henkilöstö on tottunut siihen, että ehdotetut asiat eivät mene eteenpäin. Tämä on aiheuttanut passivoitumisen ja lopulta ylempää tulevien kehitysajatusten periaatteellisen vastustamisen. Jotta henkilöstö alkaa tuottaa ideoita, pitää heillä olla varmuus niiden toteutumisesta. Tarvitaan siis näkyvä tapa kerätä ideat, kertoa niiden etenemisestä ja käyttöönotosta. Kun henkilöstö luottaa siihen, että heidän ideansa huomioidaan ja niitä toteutetaan, aktivoituu jatkuva parantaminen. Tällä tavoin valittavista ja välinpitämättömistä työntekijöistä tulee kehittävä ja innostunut resurssi huolehtimaan yhdessä yrityksen kehittämisestä. Kun kahdeksas hukka poistetaan, alkaa koko henkilöstö yhdessä huolehtia muiden seitsemän hukkan poistamisesta.

Seitsemän hukkaa ovat toimintoja, jotka eivät tuo lisäarvoa, vaan aiheuttavat kustannuksia (SFS 13053-2/2014, s. 74). Lisäarvo tarkoittaa nimenomaan arvoa asiakkaalle. Työvaihe, joka Asiakkaan näkökulmasta on hukkaa, voi silti olla tarpeellinen, esimerkiksi koneiden huolto.

2.5.5 Virtaus

Virtauksella tarkoitetaan Leanissa valmistettavien tuotteiden eli virtausyksiköiden jatkuvaa etenemistä tuotantoprosessissa. Oletuksena on myös, että asiakkaan kokema arvo tuotteelle samalla lisääntyy. Tähän liittyy myös JIT eli ”Just In Time” -ajattelu. Sen vastakohta on ”Just In Case”, eli varmuuden vuoksi. Virtaava tuotanto tarkoittaa äärimmäisen joustavaa tuotantoa olemattomilla varastomäärillä ja minimaalisilla sarjakoilla. Ei-virtaavassa tuotannossa on tyypillisesti yli 99 % odottamista (Kouri, 2009, s. 21). Tällöin tuotteen läpimenoaika on pitkä.

Tavoitteena on jopa yhden kappaleen erä koko, jolloin välivarastot voidaan poistaa (Kouri, 2009, s. 20). Tämä on Lean-ajattelussa keskeinen tavoite. Olemattomat puskurivarastot sisältävät kuitenkin suuren riskin. Mikä tahansa häiriö tai ongelma uhkaa keskeyttää koko tuotannon ja samalla asiakastoimitukset. Virtauttamisen hyödyt tulevat mm. varastokulujen ja laatuongelmien poistumisesta sekä asiakastarpeen paremmasta tyydyttämisestä (Kouri, 2009, s. 21).

Virtauksen pitkälle viety toteuttaminen on varsin vaikeaa, ja vaatii perinpohjaista muutosta ajattelussa, toimintatavoissa ja vuorovaikutuksessa. Modigin ja Åhlströmin mukaan (2013, s. 143) jopa niin, että ihmisiä täytyy erikseen kouluttaa keskinäiseen kunnioittamiseen ja yhteistyöhön, sekä yhtiön arvojen sisäistämiseen. Tämä vaikeus on osin jopa tarkoitushakuista koska muuten prosessin ongelmat jäisivät piiloon ja korjaamatta. Haastava prosessi pakottaa ongelmat esiin ”koloistaan” ja vaatii päättävistä puuttumista. Toinen syy ”kaivaa verta nenästään” on markkinoiden vaatimukset – lyhyet toimitusajat alati vaihtelevilla tuotevariaatioilla ja tuotantomäärillä.

2.5.6 Arvovirtakuvaus

Arvon määrittely on prosessin parannustyössä olennainen vaihe. Arvovirtakuvauksessa jaetaan prosessin vaiheet kolmeen luokkaan:

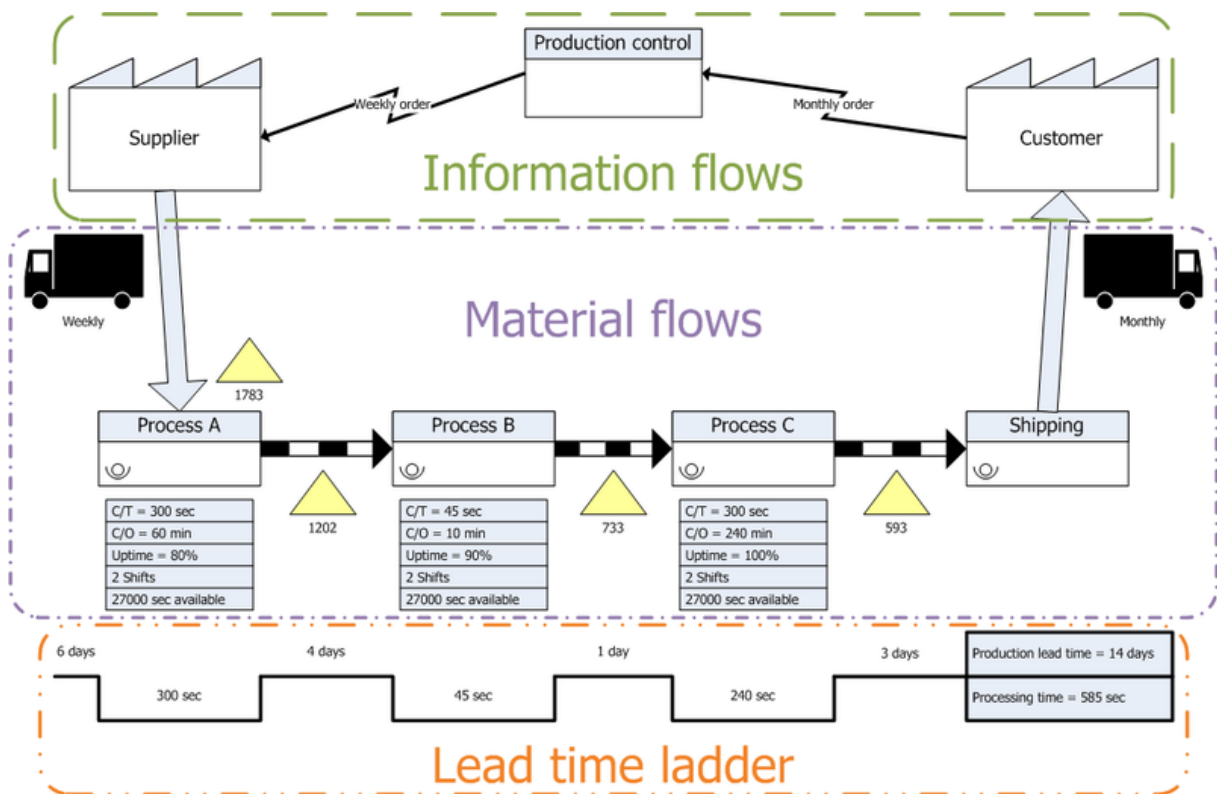
1. Arvoa tuottaviin
2. Arvoa tuottamattomiin, mutta tarpeellisiin.
3. Arvoa tuottamattomiin tarpeettomiin, eli hukkaan.

Ensin prosessi pitää rajata, kuvata ja jäsentää visuaalisesti. Sen jälkeen arvon muodostuminen täytyy etsiä prosessista ja pohtia mikä lisää arvoa ja mikä ei. Olennaista on selvittää asiakkaan näkökulmaa - mikä asiakkaan mielestä lisää arvoa. Olennaista on myös kysyä, kuka itse asiassa on asiakas (Modig & Åhlström, 2013, s. 24).

Arvovirtakuvauksessa tutkitaan kuinka monta minuuttia virtausyksikkö vastaanottaa arvoa (esimerkiksi koneistusta) suhteessa koko läpimenoaikaan. Samalla tunnistetaan hukkaa. Näkökulma on virtausyksikössä ja sen ”matkassa” läpi tuotantoprosessin. Tässä nousee tyypillisesti korostuneesti esiin ne ajat, jolloin kappale seisoo varastossa tai odottaa seuraavaa vaihetta. Tulosten perusteella voidaan kohdentaa kehitystoimia ja helpottaa tuotannon suunnittelua jatkossa.

Analyysin tuloksiin vaikuttaa merkittävästi prosessin rajaus. Tutkimuksen tekijä voi itse määrittää, mikä on järkevä alku ja loppu tarkasteltavalle prosessille. Yleensä se on kuitenkin laaja, käsittäen ketjun tilauksesta toimitukseen, (Modig & Åhlström, 2013, s. 22) kuten kuvassa 5. Prosesseja tai osaprosesseja (työvaiheita) voi olla useita kymmeniä, jolloin kokonaisuus on monimutkaisempi. Virtauksen merkitys korostuu pitkissä valmistusketjuissa, joissa vaiheet seuraavat toisiaan. Perättäisten vaiheiden kesto vaihtelee ja poikkeaa toisistaan, jolloin syntyy pullonkauloja (Heikkilä & Martinsuo, 2015, s. 19).

Kuva 5. Arvovirtakuvaus. (Wikimedia Commons, 2022).



2.5.7 Leanin ongelmat

Kuten aiemmin mainittiin, kaikki Lean-projektit eivät onnistu. Kuten kaikki projektit, myös Lean-projektit vaativat onnistuakseen riittävästi perehtymistä, valmistelua ja resursseja. Ihan ”tavallistakin” kehitysprojekteista suuri osa vaan jää kesken, tai muuten epäonnistuu. Leanin suhteen lisähaasteena on, että se edellyttää ajattelutavan muutosta. Tätä ei aina riittävästi huomioida. Ryhdyttäessä toteuttamaan Lean-projektia, saattaa ylimmän tason asiat jäädä kiireessä sisäistämättä. Tällöin ruvetaan ikään kuin rakentamaan taloon seiniä, vaikkei perustusta ole tehty. Jos siitä huolimatta oletetaan, että saadaan kaikki Leanin hyödyt, ajaudutaan kohti pettymyksiä. Jos ei jakseta sisäistää ajattelutapaa, on parempi toteuttaa vain rajallisia projekteja tai käyttää yksittäisiä työkaluja. Etenkin kokonaisvaltainen muutos vaatii runsaasti aikaa ja pitkäjänteistä johtamista.

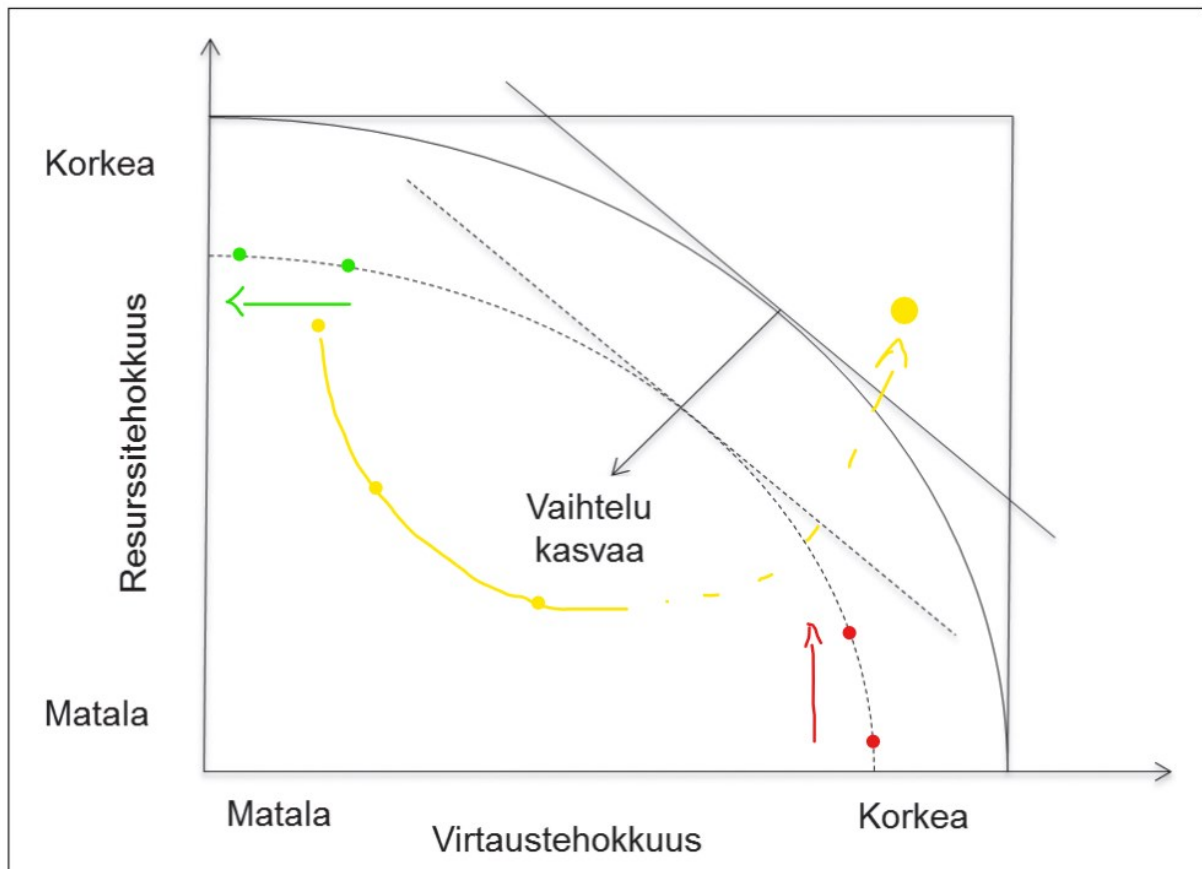
Kansainvälisen tutkimuksen mukaan hankkeet päättyivät tyypillisesti tilastollisen ongelmanratkaisun vaiheessa. Tärkeimpiä syitä ongelmiin olivat ylimmän johdon sitoutumisen puute, muutosvastarinta, riittämättömät kannustimet, hankkeiden epäjohtonmukainen seuranta ja valvonta sekä huono viestintä. (Antony ym., 2020)

2.5.8 Leanin strategiaa - resurssitehokkuus vai virtaustehokkuus

Edellä on kerrottu, kuinka tärkeäksi Lean-ajattelussa koetaan virtaustehokkuus (läpimenoaika, asiakaskeskeisyys). Kuitenkin monet yritykset päättävät painottaa enemmän resurssitehokkuutta (käyttöastetta). Teollisen tuotannon investoinnit ovat yleensä melko kalliita. Tällöin on luonnollista, että koneiden halutaan olevan jatkuvassa käytössä. Molemmat ovat tärkeitä ja hyviä tavoitteita (Modig & Åhlström, 2013, ss. 15–16). Kuitenkin Lean-ajattelun mukaan lopulliseen tavoitteeseen päästään nimenomaan virtaustehokkuuden kautta.

Voidaanko siis saavuttaa sekä hyvä virtaus, että korkea käyttöaste? Käyttöasteen lisäämisen sanotaan huonontavan virtausta, sekä aiheuttavan lukuisia epäsuoria ja suoria ongelmia ja kustannuksia. Korkean virtaustehokkuuden sanotaan vaativan ylimääräisiä resursseja, jolloin käyttöaste jää alhaiseksi. Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus ovat siis lähtökohtaisesti toisiaan poissulkevia. Lisäksi kaikki vaihtelu on haaste sekä virtaustehokkuudelle, että resurssitehokkuudelle. Kuvassa 6 näiden suhdetta on havainnollistettu.

Kuva 6. Tehokkuusmatriisi 1. (Heikkilä & Martinsuo, 2015, s. 21, muokattu).



Kuvan matriisissa vaihtelun määrä vaikuttaa kaaren sijaintiin. Sijainti kaarella sitten muuttuu, kun tehdään, tai tapahtuu muita muutoksia. Huomaa myös keskinäisriippuvuuden suuntaantavuus ja progressiivisuus – toisen muutos vaikuttaa toiseen sitä vähemmän mitä alemmalla tasolla ollaan ja sitä enemmän mitä korkeammalle pyritään. Värilliset merkinnät lisätty kuvaan. Punainen ja vihreä nuoli kuvaavat resurssitehokkuuden muutoksen vaikutusta virtaustehokkuuteen. Ihannetapauksessa yrityksen toiminta sijoittuisi oikeaan ylänurkkaan. Aivan nurkkaan saakka ei kuitenkaan ole mahdollista päästä. Modig & Åhlström kuitenkin esittävät, että virtaustehokkuuden nostamisen myötä on mahdollista tavoittaa samanaikaisesti korkea resurssitehokkuus (keltaiset merkinnät). Tämä perustuu ongelmien poistamiseen ja vaihtelun minimoimiseen, jolloin koko kaaren sijainti muuttuu paremmaksi. Näin tulkitsin läpimenoajan ja käyttöajan suhteita kuvaavaa osiota (Modig & Åhlström, 2013, ss. 99–123), jossa myös on erilaisia versioita tehokkuusmatriisista.

Resurssitehokkuus voidaan vielä jakaa kalustoresursseihin ja henkilöstöresursseihin. Joissain konepajoissa pidetään huolta siitä, että jokaisella koneella on varmasti riittävä miehitys.

Tällöin kaluston ja koneiden käyttöaste tulee maksimoitua. Toisissa konepajoissa varmistetaan, että jokaiselle koneistajalle on varmasti riittävästi koneita. Tällöin henkilöstöressurssin käyttöaste tulee maksimoitua. Molemmat vaihtoehdot voivat oman kokemukseni perusteella toimia, ja olla liiketoiminnallisesti kannattavia.

Se, mihin suuntaan yritys lähtee, ja mitä tasoa tavoittelee, on strateginen päätös (Modig & Åhlström, 2013, s. 156). Strategian valintaan vaikuttaa mm. resurssien arvo, eli koneiden hinta (paperikone vai porakone...), palkkataso, perättäisten työvaiheiden lukumäärä, sekä raaka-aineiden ja puolivalmisteiden arvo. Kaiken lähtökohtana tulisi olla asiakkaan tarpeet. Joskus tosin käy niinkin, että vain ajaudutaan jonnekin ilman varsinaista päätöstä tai suunnittelua.

2.6 Työntutkimus

Seuraava lainaus oikeastaan kiteyttää työntutkimuksen yleiset lähtökohdat mainiosti:

Työntutkimuksen tavoitteena on parantunut tuottavuus, työhyvinvointi ja kannattavuus tehokkailla, taloudellisilla ja turvallisilla työmenetelmillä ja työolosuhteilla. Työntekijät hyötyvät työntutkimuksesta ja tuottavuuden kehittämisestä parempien ansioiden, turvallisten työmenetelmien ja työn jatkuvuuden kautta. Työntutkimuksen soveltamisalue on nykypäivänä huomattavasti laajempi kuin perinteinen työarvon mittaus urakkapalkkauksen pohjaksi. Työntutkimusta tarvitaan yrityksissä muun muassa tavoitteiden asettamiseen, tuotannon suunnitteluun ja tasapainottamiseen, sekä resurssien suunnitteluun ja kuormituksen selvittämiseen. Samoin voidaan erilaisia työkohteita, työmenetelmiä ja laitteita pyrkiä kehittämään työntutkimuksen avulla. (Teknologiateollisuus 2011, s. 4).

Työntutkimus keskittyy ihmisen työn ja työympäristön kehittämiseen mutta osallistuu myös laajemmin työn ja toimintaedellytysten kehittämiseen. Tutkittaessa työntekijöiden ajankäytön jakautumista, työaika jaetaan eri aikalajeihin, kuten tekemisaika ja apuaika. Tutkimusmenetelmänä voidaan käyttää esimerkiksi havainnointitutkimusta tai normaaliaikatutkimusta. Työntutkimuksen menetelmiä voidaan hyödyntää yhdessä Lean-työkalujen kanssa. (Teknologiateollisuus 2011, s. 11, s. 21, s.24).

2.7 Automaatio

Myös automaation lisääminen on suositeltava tapa lisätä käyttöastetta. Tämä onnistuu paremmin, jos sarjakoot ovat suuria ja kappaleiden muoto on vakio ja koko pienehkö. Mitä suurempi on kappaleiden koko, muotovaihtelu ja eri mallien lukumäärä, sitä vaikeammaksi ja kalliimmaksi tulee automaation käyttö. Esimerkiksi valuaihioissa on aina mitta- ja muotovaihtelua. Automaatio on aina mahdollista, mutta aina se ei ole kannattavaa.

2.8 Kestävä kehitys

Konepajat ovat usein asuntorakennuksiin verrattuna pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan suuria. Lisäksi tuotantolaitteet kuluttavat energiaa. Energian kulutusta ja muita haittoja kannattaa arvioida suhteessa tuotantomääriin, mieluummin kuin esimerkiksi työntekijämäärään. Varsinaisten tuotantolaitteiden lisäksi energiaa kuluu mm. paineilman tuottamiseen ja materiaalin siirtelyyn ja kuljetuksiin. Uusitalo (2021) on arvioinut opinnäytetyössään konepajojen energiatehokkuutta. Etenkin vanhoissa kiinteistöissä on varaa tehostaa energiankäyttöä valaistuksen, ilmanvaihdon ja lämpöeristyksen osalta. Investointien kannattavuutta pohdittaessa kannattaa huomioida valtion tarjoamat energiatehokkuussopimukset, joiden myötä on mahdollista saada rahallista tukea.

Kemikaaleista konepajoilla käytetään lähinnä leikkuunestettä eli ”muljua”, joka on perinteisesti mineraaliöljypohjainen emulsiotuote. Mineraaliöljystä ollaan siirtymässä kasviöljyihin. Leikkuuneste voitelee ja jäähdyttää lastuavia työkaluja. Leikkuuneste on usein välttämätön, mutta sen käyttöä on mahdollista vähentää koneistettaessa esimerkiksi

teräksiä, valurautoja, polymeereja tai messinkiä. Käytetyn nesteen hävittäminen on myös huomattava kuluerä.

Koneistettavan raaka-aineen valmistus kuluttaa myös runsaasti energiaa. Käytettävän materiaalin määrää voidaan joissain tapauksissa vähentää vaihtamalla tuotantotapaa ainetta poistavasta ainetta lisääviin menetelmiin.

2.9 Yhteenveto

Edellä kuvatut keinot eivät ole ainoita oikeita mahdollisuuksia tuotannon kehittämiseen, eikä niitä kaikkia tarvitse käyttää. On muitakin oppeja ja keinoja. Terveellä maalaisjärjelläkin voi päästä pitkälle. Joskus tulee kuitenkin raja vastaan, ja silloin esimerkiksi Lean voi olla ratkaiseva apu.

Joka tapauksessa pitkällä tähtäimellä sellaisten yritysten on todettu menestyvän, jotka kasvattavat henkilöstön osaamista. Tällöin myös työn mielekkyys kasvaa. Osaamisen kasvattaminen liittyy olennaisesti Leaniin ja jatkuvaan parantamiseen. Tähän on työssä oppimisen lisäksi ainakin kaksi tapaa: antaa työntekijöiden itse hakeutua kiinnostaville kursseille, tai laittaa kaikki samalle, johdon mielestä tärkeälle kurssille. Molemmissa on etunsa. Lisäksi Kajaste & Liukko (1994, s. 50) näkee toimivana, että yrityksen sisällä voidaan kouluttaa suunnitellusti esimerkiksi kurssin käyneiden esimiesten kautta ja käytännön projektien avulla.

Diplomi-insinööri Juhani Tuuren runo (2017) kiteyttäköön vielä koko luvun sisällön. (Kuva 7)

Kuva 7. Runo (Tuure, 2014).

Yksinkertaista

Yksinkertainen on monimutkaista,
monimutkainen niin yksinkertaista.

Taakse katsoen sä kyllä huomaat sen,
palasista kootun monimutkaisen.

Nopeasti halusimme halvalla,
hyödyllisen lukitsimme salvalla.

Kokonaisuus katosi jo nurkan taa,
tavoitteista enää emme selvää saa.

Kerralla oikein – yksinkertaisinta,
muutakin löytyy kuin aika ja hinta.

Kirkkaana maalina käyttäjäpinta,
lopulta rakentaa edullisinta.

Pinnistä vielä - hae hyödyllisintä,
selkeää, suoraa ja jäsenneyintä.

Hyödyn ja helppouden ihminen ostaa,
itsestään selväksi ratkaisun nostaa.

-juhani tuure-

3 Suuntaviivoja

Edellä puhuttiin paljon Leanista. Työssä kyllä käytettiin Leaniin pohjautuvia menetelmiä sekä Leaniin pohjautuvaa ajattelua, mutta kyseessä ei ollut varsinainen Lean-projekti. Kyseessä oli käyttöasteen parannusprojekti. Lean oli vain apuvälineenä. Työstä ei haluttu Lean-projektia senkään takia, että silloin olisi lähdetty liikkeelle väärästä päästä, väärältä tasolta.

Varsinainen Lean-projekti tulisi aloittaa ylimmältä abstraktiotasolta, sekä koko yrityksen tasolta. Nyt oikaistiin suoraan alatasolle, kun lähdettiin kehittämään yhden solun toimintaa käytännön tasolla. Tämä oli järkevä ratkaisu suhteessa aikatauluun ja resursseihin.

Tuotantoyksikön tehokkuutta ja kehitystä arvioitaessa on tärkeää käyttää sopivaa mittaria tai mittareita. Hyvä mittari kertoo jotain merkityksellistä, sen käyttö on helppoa, ja se on riittävän selkeä ja ymmärrettävä kaikille asianosaisille. Mittareita ei tarvitse olla montaa, tärkeämpää on, että mittarit ovat toimivia, ja niitä myös seurataan, ja että niihin on liitetty mielekkäät tavoitteet. Sopivat mittarit auttavat seuraamaan, suunnittelemaan ja ymmärtämään tuotantoa. (Kouri, 2009, s. 29)

Käyttöaste mittarina ei ole hyvä siinä mielessä, että se ei mittaa olennaista asiaa. Käyttöaste on enemmänkin sekundäärinen arvo. Primääristä on se, kuinka paljon solu tuottaa. Minuuteilla tai prosenteilla ei itsessään ole arvoa. Periaatteessa säätämällä koneen nopeutta pienemmäksi, saataisiin käyttöaste näyttämään paremmalta, vaikka samalla todellinen tuottavuus laskisi. Käyttöaste on silti riittävän hyvä mittari toimeksiantajan tapauksessa. Mikäli käyttöaste olisi merkittävästi korkeampi, tulisi painottaa muunlaisia mittareita. Nykyisellään vuorokaudessa jää aina myös käyttämättömiä konetunteja, jolloin käyttöaste on mielekäs mittari.

Tavoitteen tasoa ei toimeksiantajan taholta suoraan määritelty. Todettiin kuitenkin, että selkeä ja välitön tarve käyttöasteen nostamiselle oli olemassa tilauskannan kasvun myötä. Karkeiden laskelmien perusteella todettiin yhden prosenttiyksikön parannuksen kattavan reilusti kaikki projektin kulut. Viisi prosenttia olisi jo varsin merkittävä parannus. Tämä siis tarkoittaa reilun kymmenen prosentin suhteellista parannusta aiempaan käyttöasteeseen, joka oli alle 50 %. Jatkossa puhumme nimenomaan absoluuttisista prosenteista. Maksimaalinen parannus oli tietysti oma tavoitteeni.

Useimpien lähdeaineistojen ja käymieni Lean-kurssien mukaan virtaus ja asiakaslähtöisyys ovat Leanin ydintä, resurssitehokkuus on vanhanaikaista ja vie väärille urille. Päätin olla keskittymättä virtaukseen ja asiakaslähtöisyyteen. Keskityin resurssitehokkuuteen. Asiaa pohdittiin, ja siitä keskusteltiin toimeksiantajan kanssa. Päädyttiin siihen, että käyttöasteen ja resurssitehokkuuden painottaminen oli järkevää tässä tapauksessa. Perusteluja lisää kappaleessa 4.2.

4 Yritys ja lähtötilanne

Ennakkotietojen ja tutustumisen myötä hahmotettiin kuvaa yrityksestä. Teoria-aineiston pohjalta peilattiin todellisuutta. Tässä kohtaa lähdemateriaalin teoria ja ihanteet ottivat ensi kertaa mittaa käytännön karuista realiteeteista.

Tehtaan menneisyydessä on ollut erilaisia vaiheita omistuksen ja myös kysynnän suhteen. Välillä on tehty suuria määriä tavaraa täydellä kapasiteetilla. Välillä on pysytty vaivoin pinnalla. Nyt eletään täyden kapasiteetin ja kasvun aikaa. Asiakassuhteet ovat pääosin pitkiä

ja vakaita perustuen ennakoitaviin sopimuksiin ja pysyviin tuotteisiin. Lisäksi viime vuosina on saatu uusia asiakkaita ja uusia töitä, joista osa on jäänyt kertaluonteisiksi. Tämä on ollut välttämätöntä yrityksen selviämisen kannalta. Samalla se on aiheuttanut runsaasti työtunteja.

Asiakkaat ovat kotimaisia mutta lopulta suuri osa tuotteista päättyy vientiin. Yhteydenpito vakiintuneisiin asiakkaisiin on päivittäistä ja suoraa. Uudemmat asiakkaat tulevat pitkälti Pirkkalan toimipisteen kautta, ja yhteys niihin on vähäisempää ja osin epäsuoraa. Tämä näkyy tiedon ja kommunikaation määrässä.

Solussa työskentelee vakituisesti neljä koneistajaa. Lisäksi menetelmä mies, mittahuoneen työntekijä ja huoltomies osallistuvat ajoittain solun toimintaan. He eivät kuitenkaan tuuraa tai muuten tee koneistajien töitä.

4.1 Tuotanto

Halli ja perusinfrastrukturi ovat rakennettu vuonna 1985. Halli on alun perin rakennettu nimenomaan akselitehtaaksi ja sen komponenttivalmistuksen tarpeisiin. Solun koneet ovat vuodelta 2006. FMS-järjestelmä on vuodelta 2011.

Solun tuotanto on nimenomaan lastuavaa työstöä eli koneistusta. Solussa koneistetaan keskisuuria kappaleita teräsvaluista ja jonkin verran muista metalleista. Kappaleiden paino vaihtelee pääosin viiden ja sadan kilon välillä. Koneistusta tehdään tyypillisesti vähintään kolmelle puolelle kappaletta. Solun tuotantomalli on pienerätuotantoa. Tämä valinta lienee tehty investointivaiheessa, koska paletteja on hankittu suuri määrä, samoin työkalupaikkoja ja työkalupitimiä. Ideana on, että koneessa voidaan pitää valmiina kiinnittimiä ja työkaluja toistuville tuotteille. Tällöin kiinnittimien paikoitus, työkalutyyppit ja työkalujen mittatiedot säilyvät. Tämä mahdollistaa nopeat asetukset ja ajettavan tuotteen vaihdot niin, että mitat saadaan suoraan kohdalleen ja virheen riski on pieni. Näin on mahdollista ajaa useita eri tuotteita peräkkäin, eikä ole suurta eroa sillä, tehdäänkö 2 vai 200 kappaletta samaa tuotetta. Kun yksi paletti on valmis, kone ottaa jonosta seuraavan sisään, ja ajettu paletti siirtyy kappaleiden irrotukseen.

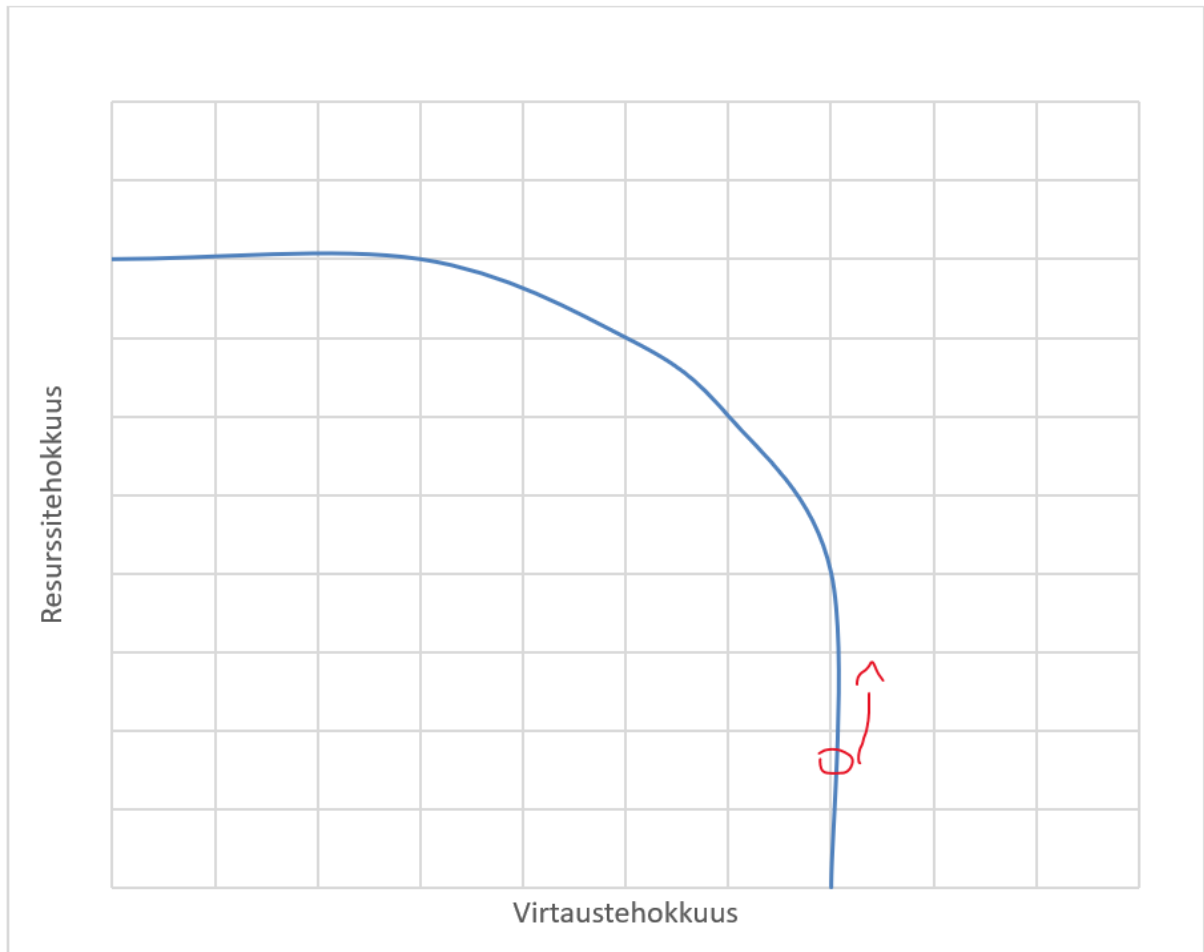
Panostus ja irrotus tapahtuu manuaalisesti. Purseiden poistoa tehdään sekä työstökoneessa, hiontarobotilla, että manuaalisesti. Laadunvalvonta tehdään manuaalisesti - osin solussa ja osin erillisessä mittahuoneessa 3D-mittalaitteella. Tuotantoa ajetaan arkisin kahdessa vuorossa sekä öisin miehittämättömänä.

4.2 Virtaus- ja resurssitehokkuus

Alaluvussa 2.5.8 käsiteltiin antaumuksella eri tehokkuuden lajeja sekä niiden keskinäisiä suhteita. Tutkimuskohteen tapauksessa painopiste resurssitehokkuuden osalta on enemmän henkilöstöresurssien käytössä, kalustoresurssien käytön kustannuksella.

Resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden suhdetta tai sijaintia käyrillä ei varsinaisesti määritetty. Käyttöasteen ja resurssitehokkuuden lähtötaso on kuitenkin sen verran alhaisella tasolla, ettei niiden nousulla ole odotettavissa välittömiä haittavaikutuksia virtaustehokkuuteen, päinvastoin. Käyttöastetta pyritään nostamaan poistamalla hukkaa ja vaihtelua, ilman välivarastojen kasvua. Tällöin kappaleet viipyvät prosessissa vähemmän aikaa ja myös virtaus todennäköisesti aluksi paranee. Tätä on hahmoteltu ja havainnollistettu kuvassa 8, jonka käyrän muotoa kannattaa verrata kuvan 6 käyrään. Resurssitehokkuuden kasvaessa tulee kuitenkin tarkkailla milloin virtaukselle alkaa muodostua esteitä.

Kuva 8. Tehokkuusmatriisi 2.



Solun tuotantoketju on lyhyt ja varsinaisia työvaiheita on 1–3, riippuen tuotteesta. Vaiheita on myös yhdistetty samaan palettiin. Näin ollen vaiheiden väliin jäävät välivarastot on jo rakenteellisesti lähes eliminoitu prosessista. Lisäksi valujen toimitusajat ja toimittajien asettamat minimi tilausmäärät ovat tällä hetkellä ratkaiseva este virtaustehokkaamman kokonaisuuden tavoitteluun. Toimeksianto tietysti jo sinänsä kohdentaa ajatuksia resurssitehokkuuteen. Virtauksella on toki merkitystä, mutta nykyinen järjestelmä riittää vastaamaan joustavuudeltaan asiakastarpeisiin pääosin hyvin. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi työssä päätettiin keskittyä nimenomaan resurssitehokkuuteen.

Sen sijaan tarkasteltaessa tilannetta FMS-solua laajemmin, huomattiin että ennen ja jälkeen koneistuksen, eri varastoissa seisoo aihioita sekä puolivalmiita ja valmiita kappaleita. Suuret varastot heikentävät virtausta ja aiheuttavat hukkaa. Etenkin saapuva tavara tukkii lattioita solussa aiheuttaen toistuvaa tavaroiden siirtelyä.

Yrityksessä on tehty linjaus, että kappaleita pyritään ajamaan jonkin verran varastoon, niin sanottuun puskuriin. Tällä tasataan toimittajien epävarmuutta ja pyritään varmistamaan oma toimitusvarmuus. Tämä on koettu tärkeämmäksi kuin virtaustehokkuus.

4.3 Käyttöaste

Vertailuvuotena käyttöasteelle käytettiin vuotta 2021, ja tarkastelujaksona yhtä viikkoa. Viikonloppuja ei huomioitu, eli laskenta oli mallia 24/5. Keskimääräinen käyttöaste oli 35 %, ja paras tulos viikon ajalta 44 %, jonka arvioitiin olleen kutakuinkin kapasiteetti, eli se mihin silloisilla resursseilla kyettiin. Vertailuvuonna ei ollut aina täyttä tilauskantaa.

Käyttöaste muodostuu koneajan suhteesta kokonaisaikaan. Koneiden käyttöaste on pitkälti riippuvainen siitä, ehtivätkö koneistajat tekemään tehtävänsä ajallaan ja vielä koneiden ollessa käynnissä. Tavoitteena on, että koneet kävisivät koneistajien ollessa paikalla, sekä lisäksi mahdollisimman paljon muuna aikana, miehittämättömänä.

Miehittämätön ajo on riippuvainen siitä, ehtivätkö koneistajat tekemään arvoketjukuvauksessa (luku 5.4) eritellyt tehtävät jälkeensä toteutuneelta yöajolta, sekä ennakkoon tulevalle yölle. Tyypillisesti tämä jakso on noin kahdeksan tuntia. Optimitilanteessa vielä yön jälkeenkin tulisi ainakin kahden koneen käydä. Tällöin voitaisiin ensin suorittaa mainitut toimenpiteet pysähtyneen koneen osalta, ja saattaa se taas ajoon. Koska yksi ajo kestää keskimäärin vajaan tunnin, tulisi aamuvuoron alkuun käsiteltäväksi parhaimmillaan / pahimmillaan noin 30 ajettua palettia. Vastaavasti tulisi iltavuoron lopulla ehtiä valmistella sama määrä töitä. Palettien kokonaismäärän ollessa 50, tulisi tilauskannassa siis olla huomattavan suuri osuus tuotteista jatkuvasti. Koko yön mittaisen miehittämättömän ajon suhteen tulee useita muitakin rajoitteita vastaan. Katso tämän luvun kaksi viimeistä kappaletta.

Kerätyn tiedon mukaan yksi koneistajan työtunti tuottaa karkeasti yhden konetyötunnin. Tästä voidaan kääntäen johtaa, että yksi tunti lisätyötä aiheuttaa yhden konetyötunnin menetyksen ja koko viikon käyttöasteeseen muutaman promillen laskun.

Käyttöastetta rajoittaa näin ollen kaikki tekijät, jotka lisäävät koneistajan työtunteja. Yleisesti ottaen näitä ovat hukka ja vaihtelu.

Ajettavien nimikkeiden lukumäärää rajoittavia tekijöitä ovat käytettävissä olevien työkalupitimien ja työkalujen määrä, työkalupaikkojen määrä koneissa, palettien määrä, palettipaikkojen määrä järjestelmässä, lavapaikkojen määrä järjestelmässä, lattialla ja varastossa, sekä nosturin liikealue. Periaatteessa nimikkeiden määrää voidaan lisätä, mutta nimikkeiden määrän lähestyessä ääretöntä, käyttöasteen määrä lähestyy nollaa. Tässä olisi löydettävä järjestelmälle ominainen kantokyky eli luonteva määrä nimikkeitä, tai vähintäänkin kelvollinen kompromissi. Viime vuonna ajettiin yhteensä 91:tä eri nimikettä. Palettipaikkoja on järjestelmässä 50 ja työkalupaikkoja yhteensä noin 500. Luonteva nimikkeiden määrä olisi jossain 50:n ja 91:n välillä. Jokainen lisänimike, joka ylittää kantokyvyn, aiheuttaa ylimääräisiä työtunteja. Ylimääräisiä työtunteja aiheutuu myös vanhoille nimikkeille. Tämä johtuu juuri rajoittavista tekijöistä. Esimerkiksi jos vapaata palettia ei ole uudelle työlle, täytyy jokin vanhan työn paletti purkaa, ja virittää siihen uuden työn kiinnittimet. Sama lisätyö toistuu taas käänteisesti, kun tuo vanha työ tulee takaisin ajoon.

Miehittämätöntä ajoa rajoittavat edellisten lisäksi ajoittain tarvittavat mittalastut, erilaiset häiriöt, terien kuluminen, raaka-aineiden vaihtelu, lyhyet ajot sekä epävarmat ajot. Tutut, varmat ja yksinkertaiset ajot soveltuvat parhaiten miehittämättömään ajoon.

Mainittakoon tässä yhteydessä, että solun neljän hengen miehitys (2+2) on enemmän poikkeus kuin sääntö. Tämä perustuu laskennallisiin poissaolojen määriin. Kun otetaan huomioon vuosilomat, pekkasvapaat ja alan keskimääräiset sairauslomat, saadaan luvuksi n. 38 viikkoa, jolloin joku koneistajista on poissa (mikäli kaikki olisivat poissa eri aikaan). Näin ollen tavallisempi miehitys on 2+1 tai 1+2. Tähän ei ole korvaavaa järjestelmää käytössä.

4.4 Layout

Toimintojen sijoittelu solussa on sikäli yksinkertainen ja tehokas, että suurin osa työstä tehdään samalla alueella (kuva 9 etualalla ja kuva 10). Kappaleita siirrellään nosturilla lavojen ja käsittelypisteiden välillä. Tietokoneella ohjataan ja tarkkaillaan järjestelmää. Rullaston kautta lavoja lisätään ja poistetaan järjestelmästä. Panostus, purku, mittaus, hionta, pesu ja tarkastus tehdään kaikki kolmen metrin säteellä. Tällöin liikkuminen on vähäistä.

Työkaluhuolto tapahtuu koneiden sivussa, lähellä työkalumakasiineja (kuva 9 vasen laita)

Kuva 9. FMS-Solu.



Kuva 10. Käsittelyalue.



4.5 Vaihtelu ja laatu

Yritystasolla vaihtelua on ollut etenkin tilauksien määrässä. Solutasolla miehitys, ajettavat nimikkeet, niiden määrä ja laji vaihtelevat. Lisäksi vaihtelua aiheuttaa mm. terärikot, konerikot, järjestelmähäiriöt ja sekalaiset ongelmat.

Laadun suhteen vaihtelua on sekä ulkoisessa, että sisäisessä. Ulkoisella laadulla viitataan tässä lähinnä toimittajilta tulevien aihoiden laatuun – raaka-aineen ominaisuuksien, muotojen ja mittojen vaihteluun, sekä toimitusten aikatauluihin. Sisäinen laatu vaihtelu viittaa omassa työssä syntyneisiin mittavirheisiin ja muihin poikkeamiin. DPMO-tasoa on yrityksessä jo seurattu, ja laatu poikkeamia tilastoitu, eritellen ulkoiset ja sisäiset. Kaikki poikkeamat mukaan lukien ollaan tasolla 8 000 / 1 000 000, pelkät asiakasreklamaatiot antavat tasoksi noin 4 000 / 1 000 000. Näin ollen liikutaan kahta puolta neljän sigman tasoa,

sen ollessa 6 200. Tämä on hyvää keskitasoa suomalaisessa teollisuudessa. Tavoitteena on edelleen parantaa laadullista suorituskykyä.

Tässä työssä laatu oli yksi tarkasteltava osa-alue, ei kuitenkaan laadun itsensä takia, vaan laadun aiheuttaman prosessin vaihtelun takia. Huono laatu aiheuttaa vaihtelua. Vaihtelu aiheuttaa lisätyötä. Lisätyö heikentää käyttöastetta.

4.6 Pullonkaulat

Pullonkauloista puhutaan yleensä liukuhihnatyössä, tai työssä, jossa on useita erillisiä perättäisiä työvaiheita. Tässä tapauksessa on vain yksi varsinainen työvaihe, koneistus, mutta kaikkine oheistöineen siihen liittyy pari kymmentä vaihetta. Yksikään näistä ei päällisin puolin näytä muodostavan pullonkaulaa koko prosessille. Kuitenkin laajemmin ajatellen pullonkauloja on jokainen työvaihe, joka kuluttaa koneistajien aikaa. Jäljempänä selviää mihin asioihin aikaa menee eniten. Vastaisuudessa on hyvä pohtia yrityksen sisällä, mikä tekijä milloinkin rajoittaa käyttöastetta.

5 Toteutus

Tässä vaiheessa lähdettiin toteuttamaan varsinaista tutkimusosuutta. Tavoitteena oli kerätä tietoa, joka lisäisi ymmärrystä solun toiminnasta, ja auttaisi nyt ja jatkossa arvioimaan ja kehittämään toimintaa. Yksi konkreettinen tavoite oli tiedon avulla tuoda näkyväksi parannusta kaipaavia asioita.

Tutkimuksia lähdettiin toteuttamaan vaihe kerrallaan, siinä järjestyksessä, mikä tuntui helpoimmalta. Ensin helpompia ja pinnallisempia, sitten vaikeampia ja luottamusta vaativia. Toimeksiantajan kanssa käytiin ennakkoon läpi tulevia tutkimuksia ja niiden vaiheita. Henkilökuntaa informoitiin etukäteen suoritettavista tutkimuksista ja niiden luonteesta. Tuloksia käytiin tehtaan johdon kanssa läpi tuoreeltaan, ja myöhemmin kootusti yhdessä konsernin toimitusjohtajan kanssa. Myös työntekijöitä informoitiin matkan varrella, sekä lopussa kootusti. Kaikilta tutkimukseen osallistuneilta kysyttiin asianmukaiset suostumukset. Lisäksi kysyttiin, saako annettuja tietoja viedä yrityksessä ja opinnäytetyössä eteenpäin tunnustettavassa muodossa /nimellä. Positiivisista vastauksista huolimatta tulokset ja

vastaukset pääosin anonymisoitiin. Tällä haluttiin varmistaa luottamuksellinen suhde tutkimuksen tekijän ja tutkimuksen kohteena olevien henkilöiden kanssa, sekä varmistaa avoin ja todenmukainen tutkimustulos.

Työhön sisältyi myös vapaamuotoista tiedonhankintaa sekä oman harkinnan ja subjektiivisen tulkinnan käyttöä. Tässä mielessä myös työn tuloksia tulee lukea jonain muuna kuin objektiivisena faktana. Tuloksia tulkittaessa pyrittiin kuitenkin välttämään yksittäisen henkilön yksittäisen kommentin käyttämistä, mikäli sille ei löytynyt tukea muista lähteistä.

5.1 Kyselytutkimus

Kaikki solun koneistajat vastasivat nelisivuisen kyselylomakkeen kysymyksiin. Samaa lomaketta käytettiin pohjana myös kahdenkeskisissä haastatteluissa. Tavoitteena oli saada esille ensisijaisesti mielipiteitä, ongelmia ja kehitysehdotuksia solun toimintaan liittyen. Tietyillä kysymyksillä haettiin vastauksia myös vaihtelun ja hukkien esiintymiseen. Lisäksi haluttiin tunnustella kommunikaatiota, toimintakulttuuria ja asenteita, sekä myös työssä viihtymiseen liittyviä kysymyksiä. Niitä pidettiin paitsi kiinnostavina, niin myös tärkeinä solun toiminnan ja kehitystyön jatkumisen kannalta. Työhyvinvointikyselyä ei yrityksessä oltu tehty moneen vuoteen. Kysymysten muoto ja sisältö pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvin tavoitteita palveleviksi. Mahdollisimman moni kysymys muotoiltiin numeeriseksi, jotta niistä saatiin laskettua keskiarvot ja yhteenvedot helposti, ja tuloksia voitaisiin verrata mahdollisiin myöhempiin vastaaviin. Lopuksi oli sanallisia kysymyksiä, joita ei voitu numeerisessa muodossa esittää. Koneistajien numeerisista vastauksista laskettiin keskiarvot ja sanallisista tehtiin yhteenvedot. Kyselylomake yhteenvetoineen liitteessä 1, jossa lisäksi jälkepäin täydennetty numeeristen vastausten merkitystä sanallisesti.

Tutkimuksen toteutus onnistui hyvin. Suuri määrä kysymyksiä ei aiheuttanut ongelmia. Parissa kohdassa vastauksissa vaikutti olevan ristiriitaisuuksia. Muuten vastausten luotettavuutta ei ole syytä kyseenalaistaa. Vastauksista saatiin paljon yksityiskohtaista tietoa, mutta ennen kaikkea yhteenveto tarjosi hyvän pohjan selvittää tarkemmin esille nousseita asioita.

Tässä tuloksista poimittuna muutamia päällimmäisiä seikkoja:

- Yleisimmät työt sujuvat, ja laatu on hyvää.
- Hukkaa esiintyy, johtuen mm. informaation puutteesta, toimimattomista käytännöistä ja puutteellisesta järjestyksestä.
- Leipiintymistä on selvästi havaittavissa.
- Sekalaista parannettavaa riittää.
- Ongelmat ovat lisääntyneet, koska aika on riittänyt vain välttämättömiin tehtäviin.

5.2 Haastattelut ja keskustelut

Koneistajien lisäksi kahdenkeskisiä keskusteluja sekä suunniteltuja haastatteluja käytiin konsernijohdon, tehtaan johdon, koneiden huollosta vastaavan henkilön sekä menetelmäsuunnittelijoiden kanssa. Myös koneistajien kanssa käytiin vapaamuotoisia keskusteluita, joista kirjattiin havaintoja muistiin tuoreeltaan. Erilaisia ajatuksia ja ongelmakohtia kertyikin runsaasti.

Tavoitteena oli saada täydentävää ja syventävää tietoa. Menetelmämiehet ja huoltomies eivät työskentele vakituisesti solussa, mutta tuntevat sen toiminnan hyvin. Tämä oli hyvä asetelma. Heiltä saatiin näkemyksiä käyttöasteeseen vaikuttavista asioista sekä solun sisällä, että ulkopuolella.

Kaikkia haluttuja tahoja päästiin lopulta haastattelemaan ja haastateltavat kertoivat asioista perusteellisesti. Kunkin haastateltavan kanssa keskusteltiin vähintään tunti. Näin saatiin todennäköisesti kaikki oleelliset näkemykset esiin.

Päällimmäisiä seikkoja tiivistettynä:

- Lisäkoulutus ollut vähäistä.
- FMS-solulle töitä hankkivat tahot eivät tarpeeksi ymmärrä solun ominaispiirteistä.
- Projektit jäävät yleensä kesken. Syynä jatkuva kiire.
- Työkalujärjestelmässä paljon ongelmia, sekavuutta ja hukkaa. Tulisi käydä kokonaan läpi. Esimerkiksi työkalupitimissä on sirullisia ”nappeja”, jotka pienentävät virheen mahdollisuutta työkalujen mittauksen yhteydessä. Osa pitimistä on ilman nappia ja muutenkin ominaisuuden hyödyntäminen on unohtunut.

- Nimikkeitä on liikaa. Työtunteja aiheutuu paljon, konetunteja saadaan vähän.
- Käyttöastetta saa vain sopivista tuotteista.
- FMS-järjestelmässä on käyttämättömiä ominaisuuksia.
- Osan töistä voisi siirtää toiseen soluun viereiselle koneelle, jossa on vapaita paletteja ja työkalupaikkoja.
- Kehittämishaluja löytyy yrityksessä ja solussa.
- Tehtaan johdon näkemykset olivat pääosin samansuuntaisia työntekijöiden näkemysten kanssa.
- Tulevaisuuden näkymä puuttuu, omistajan intressit ja strategia kysymysmerkkejä työntekijöille.
- Konsernijohdon mukaan linjana on jatkuva kannattava kasvu, varaston kautta tuotanto ja asiakastarpeisiin vastaaminen nopeastikin, tarvittaessa investointien kautta.

Erilaisia isoja ja pieniä ongelmia tuntui olevan melko paljon. Lisäksi ongelmana oli, että vaikka ne tiedettiin, ja niistä oli puhuttu, asiat eivät useinkaan edenneet. Alkoikin tuntua siltä, että suurin ongelma oli toimintakulttuurissa.

Konsernitason näkökulma poikkesi tehdastason ja solutason näkökulmasta. Tavoite oli periaatteessa samansuuntainen käyttöasteen suhteen, mutta muuten ei ollut yhtenevää visiota. Tämä aiheutti turhautumista molemmissa päissä. Konsernitasolla painottui asiakastarpeet ja kannattavuus, solutasolle mentäessä korostui toiminnan sujuvuus.

Näkemyserot kulminoituivat nimikkeiden määrään ja käyttöasteeseen. Konsernitasolla näitä ei nähty vastakkaisina. Tehtaan ja solun tasolla ne nähtiin vahvasti vastakkaisina. Näkemyserot tasoittuivat keskustelujen myötä ja voisivat edelleen tasoittua.

Koulutuksen määrä Sisu Worxissa on ollut huomattavan vähäinen menneellä vuosikymmenellä. Tämä ei ole alalla erityisen poikkeuksellista. Toisaalta myös suhtautuminen toteutettuun koulutukseen on ollut penseää. Kuitenkin kohteessa on ilmaistu laajaa leipiintymisen kokemusta. Leipiintyminen voi johtaa osaltaan kyynisyyteen. Kyynisyys puolestaan ei johda mihinkään – ei ainakaan mihinkään hyvään – ei ihmisen itsensä, eikä työnantajan kannalta. Koulutuksen lisäämisellä ajatellaan saavutettavan

kahdenlaisia vaikutuksia. Toisaalta tiedollisen ja taidollisen osaamisen lisääntymistä. Toisaalta toiveikkuuden, työn mielekkyyden ja yleisen hyvinvoinnin lisääntymistä. Nämä ovat edellytyksiä jatkuvan parantamisen laajemmalle realisoitumiselle.

5.3 Spagettianalyysi

Spagettianalyysin ideana on taltioida työntekijöiden liikettä työpisteessä. Tavoitteena oli saada tietoa, tehdä havainnot, löytää hukkaa, eli lähinnä ylimääräistä liikettä, ja siihen liittyen havainnoida layoutin toimivuutta. Analyysi toteutettiin helmikuussa kolmena puolen tunnin jaksena iltapäivisin. Kuvassa 11 näkyy kolme kappaletta solun pohjapiirrosta, sekä niissä käsin piirretyt liikeviivat. Työvuoroissa oli normaalit kaksi koneistajaa. Sinisellä värillä koneistajan liike, vaaleanpunaisella toisen koneistajan liike ja harmaalla kappaleiden siirtoliikkeet. Kolme ylintä isoa laatikkoa ovat solun työstökoneet. Niiden ympärillä näkyvä liike liittyy työkaluhuoltoon eli teräntarkastuksiin ja -vaihtoihin. Alhaalla oikealla ovat panostus- / purkuasemat ja järjestelmän ohjausyksikkö, keskemmällä jälkikäsittealue ja alimpana kuormalavat kappaleille, sikäli kun ne eivät ole mahtuneet itse FMS-hyllykköön.

Kuva 11. Spagettianalyysi.



Kuvasta voidaan havaita liikkeen määrän olevan runsasta puolen tunnin aikaikkunaan nähden. Liike on kuitenkin pääosin tarkoituksenmukaista ja layout järkevää. Lähinnä kehityskohteenä havaittiin kuvassa huonosti erottuvat harmaat viivat, joissa koneistaja siirtää kappaleita, yleensä nosturin avulla. Tämä liike on hitaampaa ja sisältää aina

jonkinasteisen riskin. Kulkuväylät lavoille ovat ahtaita. Lisäksi tuo liike on periaatteessa kaikki hukkaa, koska järjestelmän alkuperäisen ajatuksen mukaan kaikki lavat kuuluisivat järjestelmään sisään. Tällöin järjestelmä toisi ne suoraan lataus-purkupisteen viereen tarjolle, jolloin noin puolet liikkeestä jäisi pois.

Tutkimus täytti mielestäni tehtävänsä layoutin ja hukan havainnoinnin suhteen. Nykyinen Layout on toimiva lukuun ottamatta kuormalava-aluetta.

5.4 Arvovirtakuvaus

Heti aluksi todettakoon, että otsikko on väärä tähän työhön. Työssä kyllä sovellettiin arvovirtakuvauksen periaatteita mutta ei siinä laajuudessa kuin termi edellyttää. Alaluvun 2.5.6 mukaisesti arvovirtakuvaus tehdään kappaleen liikkeen ja virtaustehokkuuden näkökulmasta. Toimeksiantajan tapauksessa, alaluvun 4.2 perusteluilla, tätä lähestymistapaa hyödyllisemmältä tuntui suorittaa arvovirtakuvaus prosessikeskeisesti näkökulman ollessa resurssitehokkuudessa. Niinpä mitattiin, tai oikeastaan arvioitiin, prosessissa tapahtuvia vaiheita, niihin kuluva aika ja tutkittiin milloin se tuottaa arvoa kappaleelle ja asiakkaalle. Ratkaiseva ero oli, ettei kappaleiden varastoajoja huomioitu lainkaan. Toisaalta arvovirtakuvauksen päätavoitteena on Kourin (2009, s. 8) mukaan määritellä ne prosessit ja toiminnot, joissa arvoa muodostuu ja joissa ei muodostu. Tämä tavoite täyttyi myös valitsemassani vaihtoehdossa. Käytettäväksi termiksi kelpuutettiin arvoketjukuvaus.

Tehtaan johdon kanssa määritettiin tarkkailtavan prosessin rajat. Koneistajien ja tuotantopäällikön kanssa yhdessä jäsennettiin ja arvioitiin itse prosessia. Arvoketjukuvaus on nähtävissä liitteessä 2. Karkeasti tiivistäen koneistajien työtehtäviä ovat:

- Kappaleiden irrotus ja kiinnitys.
- Kappaleiden puhdistaminen ja terävien särmien poistaminen.
- Laadun hallinta.
- Työkaluhuolto.
- Järjestelmän valvonta ja ohjaus tietokoneella.
- Ongelmien ratkominen ja korjaaminen.

Toimeksiantajan tapauksessa edellä mainittu arvon tuottaminen, eli olennainen muunnos, tapahtuu pääosin lastuamalla tarkoituksenmukaisiksi todetuista metalliaihoista ylimääräinen aine pois siten, että jäljelle jää juuri tarpeiden muotoinen ja mittainen kappale. Itse asiassa koko tämä vaihe on periaatteessa tarpeeton. Halutunlainen kappalehan voitaisiin tuottaa jo alun perin. Tätä kuitenkin rajoittaa menetelmät. Valumenetelmällä tähän osin päästäänkin, mutta kun tarvitaan geometrialtaan ja mitoiltaan tarkkoja kappaleita, joudutaan lisäksi koneistamaan. Lisäävällä valmistusmenetelmällä päästäisiin valutekniikkaa parempaan mittatarkkuuteen. kuitenkin pinnanlaatu, ja näissä kokoluokissa kustannukset rajoittavat järkevimmitse menetelmiksi juuri nykyiset. Arvo siis muodostuu ainetta poistettaessa.

Muodostettu arvoketjukuvaus sisältää 26 erillistä työvaihetta. Jokaista vaihetta ja niiden tarpeellisuutta voidaan nyt erikseen pohtia. Se, mikä on hukkaa ja mikä ei, on myös näkemyskysymys. Määrityksen ei tarvitse olla joko tai. On hyödyllisempää pohtia missä määrin mikin vaihe on hukkaa, ja miltä kannalta se on hukkaa. Tätä pohdintaa tulisi jatkaa yrityksen sisällä eri kokoonpanoilla, ja koko akselilla konsernitaso – solutaso, ja siihen palata ajoittain. Näin arvoketjukuvaus pääsee siihen tehtävään, johon se oikeastaan on tarkoitettu – tuotannon kehittämiseen.

5.5 Odotusajan analysointi

Tämä tutkimus suoritettiin toimeksiantajan pyynnöstä. Se täydentää luvun 5.6 tutkimusta tuoden samaan aiheeseen eri näkökulmaa. FMS-järjestelmän hallintaohjelma näyttää visuaalista tilastoa kunkin järjestelmään liitetyn koneen tilasta ja historiasta viikoittain. ohjelmassa näkyy keltaisena viivana ajat, jolloin koneet ovat odotustilassa. Odotustila tarkoittaa, että kone ei ole aktiivisessa ”ajossa” eikä se ole häiriötilassa. Järjestelmä antaa antureiden perusteella virheilmoitukset ja tiedot häiriöistä, mutta ei anna tietoa, jos se ei tunnista virhetilaa, tai jos tila on ”odottaa”. Tehtaan johto kaipasi tietoa siitä, mitä tapahtuu odotusaikoina, mikä on tosiasiallinen tilanne, ja mitkä asiat vaikuttavat odotusajan määrään. Odotusajan määrä oli vertailuvuonna karkeasti 50 % koneistajien läsnäoloajasta. Nyt seuranta tehtiin neljän työvuoron aikana, yhteensä 27,5 tuntia. Odotusajan syyt jaettiin konekohtaisesti kahdeksaan kategoriaan. Niistä tehtiin yhteenveto, ja kirjattiin myös muita havaintoja. Nämä näkyvät Excel-taulukossa liitteessä 3.

Muutamia keskeisiä tuloksia tutkimuksesta: Häiriötila kuitataan yleensä nopeasti, jolloin tila muuttuu keltaiseksi, mutta häiriön syyn etsimiseen ja poistamiseen kuluva työ jatkuu. Häiriöaika vaihtelee paljon, ja sitoo vähintään yhden henkilön. Suurin syy ”odottaa”-tilaan oli analyysin mukaan työkaluhuoltotoimet. Lähes kaikki työkaluhuolto tapahtuu koneen odottaessa.

Miehityksen ollessa kaksi henkilöä, koneistajat ehtivät enimmäkseen pitää koneet käynnissä, ellei ongelmia ole. Ongelmat, häiriöt, lisätyöt, uudet työt, lyhyet ajot, lyhyet sarjat yms. johtavat odottaa-tilan kasvuun. Viikkoina, jolloin miehitys on vajaa, odottaa-tilaa tulee enemmän, koska yksi koneistaja ei ehdi tehdä kaikkia töitä.

5.6 Työntutkimus

Johdolta puuttui tietoa siitä, kuinka paljon mihinkin vaiheisiin menee työaika, ja mitkä kaikki asiat sitä vievät. Työntutkimus antaa siihen vastauksia. Toteutustavaksi valittiin havainnointitutkimus, ja edelleen jatkuva ajankäyttötutkimus. Työaika jaettiin eri aikalajeihin ja työvaiheista laadittiin eräluettelo. Työtä seurattiin yhteensä 7,6 tunnin ajan. Kunkin työntekijän kulloinkin työtehtävä kirjattiin muistiin Excel-taulukkoon kahden minuutin välein. Merkinnöistä laskettiin summat, ja neljästä erillisestä taulukosta tehtiin yhteenveto. Koska tämänkaltainen tutkimus menee lähimmäs työntekijöiden henkilökohtaista aluetta, päätettiin se suorittaa viimeisenä. Yhteenveto on nähtävissä liitteessä 4.

Havainnointitutkimuksen suppeahkossa otannassa taukoajat ovat ohjearvoja pidempiä. Yhdessä kyselylomakkeen vastausten kanssa päädyttiin pohtimaan mahdollisuuksia lisätä motivaatiotekijöitä. Yhtenä ajatuksena oli tarjota kannustinpalkkioita koneistajille. Nämä olisi kytketty vaikkapa viikoittaiseen käyttöasteeseen. Kannustimien hyödyt koettiin kuitenkin yrityksen johdon puolelta epävarmoiksi. Aiempien kokemusten perusteella tavoiteltu positiivinen vaikutus on ollut vähäinen tai se on peittynyt negatiivisten oheisvaikutusten alle. Tähän problematiikkaan viittaa myös esimerkiksi Söderström (2009, s. 26). Tämän vuoksi kannustinpalkkioiden käyttö jätettiin toteutuslistassa myöhempään harkintaan. Myös Kajaste & Liukko (1994, ss. 55–56) käsittelevät kirjassaan palkitsemista sekä palautetta motivaation näkökulmasta. Molemmat todetaan haastaviksi. He pitävät palautetta merkittävämpänä, mutta näkevät hyvänä myös yrityksen toimintaa tukevan ja

yhteisiin tavoitteisiin sidotun palkkion. Kehitysprojektin alkuvaihe olisi kuitenkin ollut mielestäni ajankohtana otollinen kannustimien käyttöön.

Havainnointitutkimuksen lisäksi määritettiin tarkempi standardiaika ottamalla sekuntikellolla aikaa yhden tavallisen kappaleen/paletin manuaalisesta käsittelystä kaikkine vaiheineen (10 kpl). Tavoitteena oli saada kuvaa käsityön määrästä kappaletta kohden. Yksi nimike ja yksi työsuoritus antaa varsin vajavaisen kuvan mutta kuitenkin jonkinlaista suuntaa. Samalla kaavalla on jatkossa helppo tehdä lisää otantaa. Mitatussa tilanteessa työ suoritettiin yhtäjaksoisesti ilman taukoja, häiriöitä tai ongelmia. Nettotyöaika oli 25 minuuttia.

5.7 Robotiikka ja automaatio

Solussa oli valmiiksi olemassa 6-akselinen käsivarsityyppinen teollisuusrobotti. Se oli osa FMS-järjestelmää, joten sinne saatiin koneistettu paletti suoraan käsiteltäväksi. Robottisolu oli varustettu purseenpoistotyökaluilla, kuten harjoilla ja pyöröviiloilla. Robotille oli ohjelmoitu huomattavan vähän töitä, koska talossa ei ollut ohjelmointitaitoista henkilöä ja ostopalvelu maksaa. Tämän vuoksi tehtiin kannattavuusarvio (Liite 5), jossa selvitettiin vastaavaan käsityöhön kuluva aika ja laskettiin arvio vuosikustannuksista sekä vaikutuksesta käyttöasteen nousuun. Näin saatiin vertailupohjaa robotiikan ohjelmointi-investoinnille.

Lisäksi pohdittiin robotiikan käyttöä kappaleiden panostuksessa. Tämä arvioitiin kannattamattomaksi, koska kappaleiden toistuvuus on vähäistä, ja kiinnittimet eivät ole hydraulisia tai muuten kohtuudella automatisoitavissa.

Vastaavasti pohdittiin kappaleiden mittauksen automatisointia. Tähän pätee kuitenkin sama kuin edelliseen, eli toistuvuutta ei ole tarpeeksi, jotta koneisiin integroitu mittaus vaikuttaisi mielekkäältä. Lisäksi laadunvarmistukseen liittyvät mittaukset ovat hyödyllisintä suorittaa heti ajon jälkeen. Näin ollen mittahuoneessa suoritettava ohjelmallinen mittaus ei useinkaan voi korvata solussa käsin tehtävää mittausta.

Uusista valmistusmenetelmistä pohdittiin lisäävän valmistuksen mahdollisuuksia. Metallin tulostaminen voi kannattaa, jos kappaleen paino saadaan pieneksi, ja jos kappale on muutoin vaikea valmistaa. Yrityksessä ajettavat kappaleet ovat joko liian kookkaita, tai liian helposti toteutettavissa nykyisillä menetelmillä.

5.8 Yhteenveto tutkimuksista

Muutamien tutkimusten otanta ei ollut riittävä luotettavan tiedon saamiseksi. Virhemarginaalin pienentämiseksi olisi tarvittu merkittävä lisäpanos. Tieteellistyypin tutkimuksen näkökulmasta tulos ei välttämättä vakuuta. Kuitenkin kyseessä oli toiminnallinen tutkimus, jossa ei oletettukaan saavutettavan ehdottoman luotettavaa ja tarkkaa faktaa. Tavoitteena oli saavuttaa riittävän luotettavaa tietoa, jotta sen pohjalta voidaan tehdä oikeansuuntaisia päätöksiä. Tässä käsittääkseni onnistuttiin, kun huomioidaan kokonaisuus.

Tutkimuksen aikana havaittiin molemminpuolista tyytymättömyyttä joihinkin asioihin. Molemminpuolisen vuorovaikutuksen avulla voidaan jatkossa nopeammin löytää keinot, joilla tyytymättömyys pystytään muuttamaan parannuksiksi. Palautteen kanssa tarvitaan kuitenkin sekä aktiivisuutta, että harkintaa. (Kajaste & Liukko, 1994, s. 56). Tätä edellytetään kaikilta osapuolilta.

Parannettavaa löytyi paljon. On kuitenkin tärkeää muistaa, että kaikki me ihmiset olemme vajavaisia. Näin ollen myös yritykset ovat aina vajavaisia ja keskeneräisiä. Puutteita löytyy, kun niitä riittävästi etsitään. Tästä eteenpäin kannattaakin kiinnittää huomio yhteiseen toimintaan asioiden kehittämiseksi.

6 Toimenpiteet

Materiaalia kertyi runsaasti. Siitä seulottiin ja yhdisteltiin asioita ja valmisteltiin lista toimenpide-ehdotuksista ja keskeisistä ajatuksista. Ne on alla esitelty luetteloissa, alkaen konsernin tasolta. Kuten alussa kerrottiin, toimeksianto rajattiin koskemaan vain FMS-solua. Aiemmin tekstissä kuitenkin myös todettiin, että paikalliset ongelmat eivät ole irrallisia kokonaisuudesta eivätkä käytännön asiat ole irrallisia ylemmän abstraktiotason linjauksista. Tämä myös havaittiin käytännössä. Näistä syistä niihinkin otettiin kantaa.

6.1 Konsernitaso

- Tehtaalta katsottuna ylin abstraktiotaso oli käytännössä tyhjä. Arvot ja visiot eivät näkyneet, eikä niistä tiedetty tehtaassa. Haastattelun perusteella konsernijohtolla kuitenkin oli linjauksia, visioita ja tavoitteita. Niiden jalkauttaminen paremmin tehtaan tasolle käytännön suuntaviivoiksi selkeyttäisi toimintaa ja edistäisi tavoitteita.
- Yritys- ja toimintakulttuurin kehittäminen kohti jatkuvan parantamisen kulttuuria.
- Koulutuksen lisääminen.
- Yhteisen ymmärryksen lisääminen, liittyen miehittämättömän ajon, käyttöasteen maksimin ja nimikkeiden määrään.
- Töiden valinnassa enemmän huomiota solulle sopiviin ja yöajoa helpottaviin tuotteisiin.
- Nimikkeiden määrän vähentäminen ja osittainen siirtäminen viereiselle koneelle.
- Yhteisen näkemyksen etsiminen siitä, mikä on jatkossa luonteva nimikkeiden määrä solun jouhevan toiminnan kannalta.
- Uusien projektien määrän ja aikataulujen sopeuttaminen tehtaanjohtoon ja työntekijöiden olemassa olevaan työkuormaan sekä aiempien projektien etenemiseen.
- Tilauskannan yhä kasvaessa, viides koneistaja paikkaamaan poissaoloja sekä lisäämään työkaluhuollon ennakoitua.

Mitä tulee ristiriitaan nimikemäärän ja käyttöasteen suhteen, niin oma näkemykseni on, että alhaisen tilauskannan aikana uudet työt ovat olleet elintärkeitä turvaamaan työpaikkoja. Täyden tilauskannan aikana ne laskevat koneiden käyttöastetta ja kokonaisuudessa vähentävät kykyä palvella asiakkaita. Mikäli uusien asiakastarpeiden täyttäminen on vallitseva kriteeri, ei käyttöaste voi ratkaisevasti nousta. Jatkuvat uudet työt ja runsas nimikkeiden määrä ovat vastakkaisia korkean käyttöasteen kanssa. Tähän liittyen olisi hyödyllistä lisätä ymmärrystä molempiin suuntiin akselilla solu - konsernijohto.

6.2 Tehdastaso

- Työkalukokonaisuuden ottaminen hallintaan. Tilauskäytäntö, varasto, valikoima, vanhojen poisto ja vaihto, palalaatujen määrä...
- Täsmällisempi informaatio toimistolta halliin. Selkeä tieto kuka hoitaa, mitä hoitaa, millä ajalla hoitaa, mitä saa maksaa...
- FMS-linjan kunnossapidon jatkuva kehittäminen. Omassa huoltotoiminnassa voisi mahdollisesti vielä syventää ennakoivan huoltotoiminnan mallia tutustuttamalla vastuuhenkilö Leanin TPM- ajatteluun. Samoin linjan yhteistoimintaa voisi kehittää, tarvittaessa sisäisen koulutuksen avulla.
- PDCA-tyyppinen ohjattu ongelmanratkaisuprosessi toistuvaan käyttöön, aluksi kierretappien huonoon keston liittyvän hukkan vähentämiseksi.
- Mittavälineiden ja käsityökalujen täydennys.
- Robottisolun käytön lisäys.
- Projektien loppuun viemiseksi yhteiset käytännöt ja työkalut.
- Kokonaisuuden virtauksen tehostaminen, varastohallinnan kehittäminen, tai muilla keinoin lattiatilan ja varastotilan järjestäminen soluun. (Ks. luku 4.2)
- Mittahuoneen toiminta vastaamaan aikataulutarpeita – omien mittausten priorisointi.

6.3 Solutaso

- Palettien kunnostusta. Nimetty vastuuhenkilö.
- Solun laatikoiden, seinien, tiedostojen ja pöytien siivoaminen ja järjestäminen sekä tarpeettoman poistaminen. Yhteisestä järjestyksestä sopiminen, ja merkintöjen päivittäminen. Nimetty vastuuhenkilö.
- Järjestelmän tietokoneen käytön koulutus sisäisesti. Yhteiset tavat hyödyntää järjestelmää.
- Mahdollisesti FMS-ohjauksen ohjelmistopäivitys automaattitoimintojen hyödyntämiseksi.
- Työkalutiedot ajan tasalle ja järkevään muotoon. Nimetty vastuuhenkilö solu+menetelmä.
- Työkalumittanapit kaikkiin pitimiin. Nimetty vastuuhenkilö.

- Tarvittaessa vaihtoehtojen läpikäynti lavojen purku-/panostusalueen käytettävyyden parantamiseksi ja yöajon lisäämiseksi. Esimerkiksi uuden nosturin hankinta, tai vanhan nosturin liikealueen lisääminen.

Käyttöastetta voidaan parantaa nykyisellä miehityksellä, mutta ei koneresurssien sallimaan maksimiin saakka. Alussa tuntui selvältä, että kannattaisi palkata 1–2 työntekijää lisää. On kuitenkin taloudellisesti järkevää tehdä ensin kaikki mahdollinen nykyisillä resursseilla, ja vasta sen jälkeen, jos on välttämätöntä, hankkia kalliita lisäresursseja. Kuitenkin kaikkien kehitystoimien jälkeen seuraava vaihtoehto on lisätä henkilötyötunteja. Sopivin miehitys henkilöstöresurssitehokkuuden kannalta on kaksi per vuoro. Kalustoresurssitehokkuuden kannalta kolmannesta olisi hyötyä, mutta silloin, kun ei ole ongelmia ja työt sujuvat, niin kahdellakin tullaan toimeen. Toisaalta miehittämätön työn osuus jää tällöin vaatimattomaksi. Kokonaisuuden kannalta viides työntekijä olisi perusteltu, etenkin jos huomioidaan toiminnan turvaaminen ja tasaaminen pidempien vajaamiehitysjaksojen suhteen.

6.4 Toteutettavat toimenpiteet

Toimeksiantajan kanssa sovittiin, että edellisistä ehdotuksista valitaan osa heti toteutettavaksi. Valintaperusteena oli vaikuttavuus suhteessa panokseen ja toteutettavuus. Tämä oli työläs mutta olennainen osa projektia. Ehdotuksia ja ideoita listattiin edellä 25 kappaletta. Alun perin niitä oli arviolta kolminkertainen määrä. Vaihtoehtoja punnittiin tiiviisti ja pyrittiin tavoittamaan tavoitteiden kannalta olennaiset asiat. Tässä vaiheessa vielä kerrattiin kaikki muistiinpanot, haastattelut ja tutkimukset. Konsernitasoa koskevat huomiot tuli välitettyä eteenpäin jo aiemmin. Ensivaiheen toteutukseen valittiin seuraavat seitsemän kohtaa. Nämä esiteltiin ja perusteltiin tehtaan johdolle. Yhteisen näkemyksen myötä toteutus aloitettiin välittömästi.

- Palettien kunnostus.
- Solun järjestäminen.
- Järjestelmän tietokoneen käytön koulutus sisäisesti.
- Työkalutiedot kuntoon.
- Työkalunapit kuntoon.

- Työkalukokonaisuuden uudistaminen alulle, alkaen suunnittelusta.
- Selvitetään töiden siirtoa naapurikoneelle.

Työkalujärjestelmän kuntoon laitto on kokonaisuudessaan suuri ja aikaa vievä työ. Se katsottiin kuitenkin välttämättömäksi. Sitä on jaettu osiin, joita voidaan viedä eteenpäin yksi kerrallaan ja osin rinnakkain.

7 Yhteenveto

Jossain vaiheessa työtä huomattiin, että ollaan keskitytty vain negatiivisiin asioihin.

Epäkohtien löytäminen juuri olikin tavoitteena. Kuitenkin työhön olisi ollut mahdollista yhdistää myös positiivista näkökulmaa - etsiä vahvuuksia ja kehittää niitä. Tämä jäi nyt seuraavaan kertaan. On kuitenkin hyvä todeta, ettei tämän työn kautta muodostunut tasapuolista kuvaa kohteesta. Yrityksessä ja ihmisissä on myös paljon hyvää. Päälimmäisenä jäi mieleen vahva tuotantoinfrastruktuuri sekä ihmisten halu tehdä työnsä hyvin. Tältä pohjalta on hyvä jatkaa.

7.1 Tulokset

Alussa esitettiin kolme tavoitetta:

1. Käyttöasteen nostaminen.
2. Luotettavan tiedon saaminen solun ja prosessin toiminnasta.
3. Tuoretta näkökulmaa talon ulkopuolelta.

Vastattiinko tavoitteisiin?

1. Tieteellisten periaatteiden ja Lean- Six sigman mukaan tulosten seuranta, ja toimenpiteiden vaikutus olisi hyvä pystyä toteamaan ja todentamaan mitattavassa ja numeerisessa muodossa. Vaikka käyttöasteen muutoksia voidaan seurata helposti ja tarkasti, ei yksittäisten toimien vaikutusta päästä luotettavasti todentamaan. Tämä edellyttäisi ensinnäkin sitä, että solu rajattaisiin kaikkien muiden muutosten ulkopuolelle. Toisekseen käyttöaste vaihtelee luonnostaan useita prosentteja viikosta toiseen. Nämä aiheuttavat seurannalle haasteen ja pitkän aikajänteen. Käyttöaste

nousi projektin aikana välille 36–51 %. Syiksi arvioitiin kolme eri tekijää: tilauskannan nousu, sopivimmat työt ja projektin vaikutukset. Suunta on siis oikea.

Oikeastaan kaikki toteutukseen valitut toimenpiteet toteutettuina ovat omiaan vähentämään vaihtelua, hukkaa tai molempia. Näin ollen voidaan olettaa saatavan toivotun kaltaisia tuloksia käyttöasteen suhteen. Tosin sillä edellytyksellä, että konsernitason toimet tukevat samaa tavoitetta. Vaikka eivät tukisikaan, olisi toimenpiteistä silti hyötyä. Hyöty kuitenkin jäisi pienemmäksi, koska toivottu motivaation ja yrityskulttuurin kehitys kumoutuisi.

2. Tietoa kerättiin ja saatiin eri menetelmien avulla runsaasti. Prosessia tarkkailtiin, arvioitiin ja analysoitiin pieteetillä. Kokonaisuutena tieto arvioitiin myös riittävän luotettavaksi.
3. Omaa näkökulmaa tuotiin esiin luullakseni vähintäänkin riittävästi. Oliko se sitten ”tuoretta”, se jääköön muiden arvioitavaksi. Omien näkökulmien esittämisessä ei suuremmin arkailtu. Ajateltiin, että näin saadaan suurempi positiivinen vaikutus, vaikka kaikkia näkemyksiä ei jaettaisikaan.

Toimenpiteet saatiin hyvin liikkeelle, ja useimmat myös etenemään jo muutamassa viikossa. Merkittävänä asiana mainittakoon päätös joidenkin töiden siirrosta viereiselle koneelle. Tämä vapauttaa työkalupaikkoja sekä paletteja muille töille, ja helpottaa käytännön työtä solussa. Myös robottisolun käyttöä ollaan lisäämässä.

Viimeisen toimenpidelistan ulkopuolelle jäi ehdotuksia, jotka painottuvat ylemmän abstraktiotason ja ylemmän johdon alueelle. Niiden toteuttaminen jää osittain opinnäytetyön jälkeiseen aikaan, ja niihin toimeksiantaja voi harkintansa mukaan palata esimerkiksi kesälomien jälkeen. Uskoakseni hyödyllisiä toimia riittää niissäkin toteutettavaksi.

7.2 Palaute

Toimeksianto tuntui sopivan haastavalta ja monipuoliselta. Sain nojata vanhaan osaamiseeni, mutta enimmäkseen työn sisältö koostui uuden tiedon soveltamisesta ja

täydentävän tiedon hankkimisesta. Työn tulokset tulivat tarpeeseen, ja menivät suoraan käyttöön, mikä oli opinnäytetyössä palkitsevaa. Yhteistyö toimeksiantajan ja eri osapuolten kanssa sujui hyvin. Toimeksiantajalta saatu palaute oli positiivista.

7.3 Pohdinta

Loppujen lopuksi käyttöasteen paraneminen on pitkälti riippuvainen siitä, kuinka hyvin eri ihmiset ja ihmisryhmät oppivat ymmärtämään toisiaan ja toimimaan samaan suuntaan: Esimerkiksi koneistajat, tehtaan johto ja konsernijohto. Kullakin on luonnollisesti oma näkökulmansa samoihin asioihin. Näkökulmat eivät ole oikeita tai väärinä. Toisen näkökulman ymmärtäminen vähentää omaa turhautumista, ja edesauttaa motivaation ja käyttöasteen parantumista.

Mitä tulee Leaniin, on siinä paljon hyvää, arvokasta ja käyttökelpoista. Siinä oikeastaan pyritään saamaan prosessin kaikki osat **hallintaan** ja ennakoitaviksi. Tämä on hyvä tavoite. Kuitenkin todellisuus on nykyään alati muuttuvaa, ja osin mahdotonta hallita tai ennakoita. Onko Lean siis vanhentunut tai epätarkoituksenmukainen? Onko ylipäätään järkevää yrittää hallita systeemiä - tehdasta tai yritystä, ihmisineen? Eihän ihmisiä tai maailmaa voi kuitenkaan hallita. Onko parempi vain tyytyä reagoimaan muutoksiin ja edetä päivä kerrallaan? Jokainen päivä on erilainen ja jokainen yritys on erilainen, siksi johtaminen edellyttää joka tapauksessa luovuutta ja soveltamista. Näitä en ole tavannut lähteissä kiellettävän. Nostan hattua heille, jotka tässä parhaansa tekevät, ja joskus onnistuvat. Tässä projektissa **hallintaa** lisättiin. Tämä vaikuttaisi lisäävän sekä käyttöastetta, että työn mielekkyyttä.

Lähteet

Antony, J. & Lizarelli, F. & Fernandes, M. (2020). *A Global Study Into the Reasons for Lean Six Sigma Project Failures: Key Findings and Directions for Further Research*. Abstract. (Oma käännös). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9186804/authors#authors>

Björkstam, U. (2021). *Toivo on tapa ajatella*. [blogikirjoitus].

<https://www.sppy.fi/toivo-on-tapa-ajatella/>

Heikkilä, J. & Martinsuo, M. (2015). *Lean-tuotanto ja sen johtaminen: onnistuminen, haasteet ja soveltuminen Suomen yrityksiin ja muihin organisaatioihin*. Työ- ja elinkeinoministeriö, Työpoliittinen aikakauskirja.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74853/tak32015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Heikkilä, J. & Martinsuo, M. (2015). *Tehokkuusmatriisi 1*. [kuva]. *Lean-tuotanto ja sen johtaminen: onnistuminen, haasteet ja soveltuminen Suomen yrityksiin ja muihin organisaatioihin*. Työ- ja elinkeinoministeriö, Työpoliittinen aikakauskirja.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74853/tak32015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jaakkola, J. (2018). *Leanin seitsemän hukkaa ja niistä tärkein, kahdeksas*. [blogikirjoitus, Projektihuone Jaakkola Oy] <http://www.projektihuone.fi/jussin-blogi/8-hukka/>

Kajaste, V. & Liukko, T. (1994). *Lean-toiminta – Suomalaisten yritysten kokemuksia*. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Kouri, I. (2009). *Lean taskukirja*. Teknologiainfo Teknova Oy.

Lean Strategies International. (2016, haettu 13.4.2022). *DPMO Sigma level*. [kuva]. (Flickr Commons). <https://www.flickr.com/photos/147180135@N05/30571525630/in/photolist-Nzv4tu>

Modig, N. & Åhlström, P. (2013). *Tätä on Lean - ratkaisu tehokkuusparadoksiin* (M. Tillman, käänt.). Rheologica Publishing. (Alkuperäisteos julkaistu 2013)

Mäntykoski, J. (2010). *Joustava valmistus FMS-järjestelmällä*. [Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12132/Mantykoski_Juhani.pdf?sequence=1

Piirainen, A. (2014). *Tuotannon lisäämisen vaihtoehtoja*. [kuva]. *Vaihtelu*. Quality Knowhow Karjalainen Oy.

Piirainen, A. (2014). *Vaihtelu*. Quality Knowhow Karjalainen Oy.

Proinno Oy (2022). *Ajattele, ymmärrä ja muutu - Lean ajattelu*. [blogikirjoitus].

<https://proinno.fi/blogi/lean-ajattele-ymmarra-ja-muutu>

Rehn, A. (2018). *Johtamisen ristiriidat*. J.-P. Mikkola, lukija [äänikirja]. Docendo.

Researchgate. (2014, haettu 13.4.2022). *Control chart*. [kuva]. (Creative Commons).

https://www.researchgate.net/figure/Shewhart-location-control-chart_fig4_260870368

SFS-EN ISO 13053-1:fi (2014). *Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 1: DMAIC-menetelmä*. SFS Online.

SFS-EN ISO 13053-2:fi (2014). *Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 2: Työkalut ja tekniikat*. SFS Online.

SFS-EN ISO 9000 (2015). *Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto*. SFS Online.

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2018). *Yritysten rakenne- ja tilinpäätöstilasto*.

[verkkojulkaisu]. ISSN=2342-6217. *Yritysten tuottavuus ja kannattavuus 2018*. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 21.4.2022].

http://www.stat.fi/til/yrti/2018/yrti_2018_2019-12-19_kat_001_fi.html

Söderström, J. (2009). *Palkitsemisjärjestelmät ja niiden soveltaminen caseyrityksessä*. [kandidaatin tutkielma, Lappeenrannan teknillinen yliopisto].

<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/62853/nbnfi-fe201006021936.pdf?sequence=3>

Teknolohiateollisuus ry, EK-SAK tuottavuustyöryhmä. (2011). *Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita*.

https://teknolohiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf.

Tuure, J. (2014). *Runo* [kuva]. [blogikirjoitus].

<https://osaamattomuusmaksaa.wordpress.com/2014/07/13/yksinkertaista-2/>

Uusitalo, R. (2021). *Energiatehokas konepaja*. [Opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497060/Uusitalo_Riia.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Wikimedia Commons. (2013, haettu 20.4.2022). *Arvovirtakuvaus*. [kuva]. (Creative

Commons). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ValueStreamMapParts.png>

Liite 1: Kyselylomake**Kyselytutkimus, FMS-solu, koneistajat****Käyttöasteen parantaminen**

Voit vastata nimettömänä. Vastauslomakkeet eivät sellaisenaan mene muiden kuin minun nähtäväksi. Tulokset pyritään esittämään tunnistamattomina. Vastauksista tehdään yhteenveto, jota käsitellään myöhemmin tehtaan johdon, teidän sekä mahdollisesti omistajien kanssa. Yhteenveto liitetään myös opinnäytetyöni raporttiin.

Kaikkiin kohtiin ei ole pakko vastata. Rivien väliin voit laittaa täsmentäviä kommentteja.

Vastaamisen iloa!

Teo Lammela p. 0400 xxx ~~xxxx~~

Mitä mieltä olet seuraavista väittämistä asteikolla 1–5?

1 = täysin eri mieltä

5 = täysin samaa mieltä

Huomaa, että vaikka väittämien muoto vaihtelee, niin numero 5 tarkoittaa aina hyvää tilannetta.

TULOKSET, yhteenveto

Luvut ovat keskiarvoja annetuista neljästä vastauksesta (28.1.2022). Käyttämäni korostusvärit

vihreä=hyvä

puna=huono

keltainen=punaisten lisäksi otollinen kehityskohde käyttöasteeseen liittyen

Tekstikysymyksissä (30–37) tehty yhteenveto vastauksista.

- | | |
|---|----------|
| 1. meillä on hyvät käsityökalut | 3 |
| 2. työkalut löytyvät helposti, kun niitä tarvitsee
<i>LAATIKOSTOJEN JÄRJESTÄMINEN</i> | 3 |
| 3. menetelmät ja työvälineet ovat tarkoituksenmukaisia ja tehokkaita (mittavälineet, nostovälineet...)
<i>MITTAVÄLINEET!</i> | 3 |
| 4. ajot toimivat luotettavasti | 3,25 |

5. - etenkin yleisimmät työt sujuvat mallikkaasti, ilman häiriöitä ja ongelmia 4
6. työnkuvani ja työnjako solussa on selkeä ja toimiva 3,75
7. tiedän hyvin asiakkaiden todelliset tarpeet 3,5
8. teemme hyvää laatua asiakkaalle 4
9. - emme kuitenkaan tarpeettoman hyvää 3
10. joudun ani harvoin odottelemaan (tavaraa, tietoa...) 2,1
*VAJAVAISTA TIETOA, KONTTORI, MUUTOKSISTA AJOISSA TIETO, UUDET HOMMAT
 AIKATAULUT JA KOOORDINOINTI ET KAIKKI TULEE VALMISTELTUA, TÄRKEYSJÄRJESTYS.
 LASKUTUKSEN TAKIA MUUTELLAAN AIKATAULUJA YM HÄMMENNYSTÄ*
11. aikaa ei kulu virheiden korjaamiseen 2,25
*✓PPL- MITTOJEN KORJAUS/TARKISTUS. OMA LAADUNTARKASTUS ELI MITTAHUONE LIIAN
 HIDAS – KONEET AJAA TAI ODOTTAA, MUT TIETOO EI TUU MITOISTA, VOI MENNÄ PÄIVIÄ!
 Toinen mittakone?*
12. – eikä toisarvoisiin askareisiin 2,25
- *KESKEYTYKSET YM,*
 - *ERILLISET MITTAPK.POHJAT UUPUU TAI NIITÄ ON ERI PAIKOISSA... SELKEEMMÄT
 OHJEET/ YHTEISESTI SOVITTU TALLENNUS YMS, VOIS KÄYDÄ LÄPI KUNNOLLA,
 JOUTUU KOPSAAMAAN/PUTSAAMAAN KAAVAKKEITA...*
 - *TULOSTIN*
 - *TERÄPALARUUVIVALIKOIMA OK MUT KOODEJA EI OO KAIKKIIN -PITÄÄ SILMÄLLÄ
 VERTAILLA, TERIEN ETTIMINEN, VARATERÄ PUUTTUU, TKLUVARASTO SEKAVA JA
 VAIKEE LÖYTÄÄ MERKINNÄT YM.*
 - *PALETTIPAikkojen puutteen takia paljon ylimäärästä*
13. olen tyytyväinen työoloihini 3,4
14. en koe työtäni kuormittavana 2,75

UUDET HOMMAT, TOINEN PALETTIPAIKKA SAIS OLLA KÄÄNTYVÄ

15. koen työni mielekkäänä	3,5
16. opin jatkuvasti uutta, mikä pitää mielenkiintoa yllä	3,25
17. saan riittävästi osaamistani lisäävää koulutusta	2,9
18. nykyinen osaamiseni ja omat vahvuuteni pääsevät hyötykäyttöön	3,25
19. en ole lainkaan leipiintynyt	2
20. minulla on aina kaikki tarvittava tieto käytössä <i>"KAI SE SILLAI MENE" ... ELI TÄSMÄLLISEMPI INFORMAATIO OLIS KIVEMPI JA HELPOMPI</i>	2,25
21. tieto siirtyy mainiosti eri henkilöiden välillä <i>KONTTORIN SISÄLLÄ – MENETELMÄ - KONEISTUS – SOLUT – VUOROT -eli joka vaiheessa varaa parantaa</i>	2,4
22. informoin itse tarpeeksi muita ja kommunikoin riittävästi	3
23. kommunikaation suhteen ei ole ongelmia	3
24. jatkuva parantaminen on solussa vallitseva käytäntö	3
25. teen parannusehdotuksia aina kun sellaisia keksin	3,5
26. - ne otetaan hyvin vastaan	3,25
27. saan tarpeeksi tietoa firman asioista	3,75
28. - samoin omaan soluuni ja työhöni liittyvistä asioista	3,25

29. poikkeustilanteessa jonkun toisen solun koneistajan olisi helppo tuurata minua tarvittaessa. Ja päinvastoin.

2,25

PARI KAVERIA TALOSSA KYLLÄ OSAIS MUT EI KERKEE

Keskiarvo

87,8/29 = 3,03

Vastaa sanallisesti seuraaviin:

30. onko jotain työtehtäviä, jotka voisi jättää kokonaan pois tai hoitaa jotenkin muuten?

- hiontaan automaatiota ja parannusta
- Leikkuunestejärjestelmän ylläpito.

31. onko jotain ikäviä / kuormittavia / ärsyttäviä työtehtäviä?

- Kierrelukitteiden käyttö.
- Muiden virheiden korjaaminen.
- Myöhästyvät työt johtuen siitä, että tavara tulee liian myöhään soluun.

32. onko jotain mikä aiheuttaa toistuvasti odottelua ja viiveitä tai hidastaa työntekoa?

- Hissi reistailee toistuvasti. Huolto ei ole riittävää.
- Materiaalien puute tai virheet.

33. onko joitain töitä, joihin tuhraantuu turhan paljon aikaa?

- Paperityöt.
- Mittapöytäkirjat.
- Työkalutyöt.
- Virheiden korjailu.

34. mitä muuta muuttaisit / kehittäisit solun toiminnassa?

- Koko FMS-linjan yhteistoiminta kaipaa parannusta. Häiriötilan purku ym.
- Logistiikkaa solun ja oman varaston välillä. Nyt ei ole oikein kenenkään vastuulla
- Aikaa kuluu toistuvasti häiriöihin ym. ongelmiin. Ennaltaehkäisyä lisää.

35. tuleeko mieleen jotain muuta työn sujuvuuteen liittyvää?

- Paletit/jigit ovat huonossa kunnossa. Kaipaavat huoltoa ja korjailua. – kierteet, pinnatapit...

36. mitä muuta haluaisit sanoa?

- Aikaa ei ole käytettävissä asioiden tekemiseen niin kuin ne kuuluisi tehdä. Joudutaan oikomaan. -> ongelmat lisääntyvät
- Työkalujen laitossa muistettava paljon asioita. Jatkuva virheen mahdollisuus.

37. mitä mieltä kyselystä?

- Ihan hyvä ja mielenkiintoinen

2.

KONE



KONEISTAJA:



NVA +114

15

10

90

10

10

60

YHT. 114+195=309 MIN

VA +0

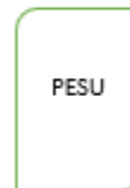
300

70

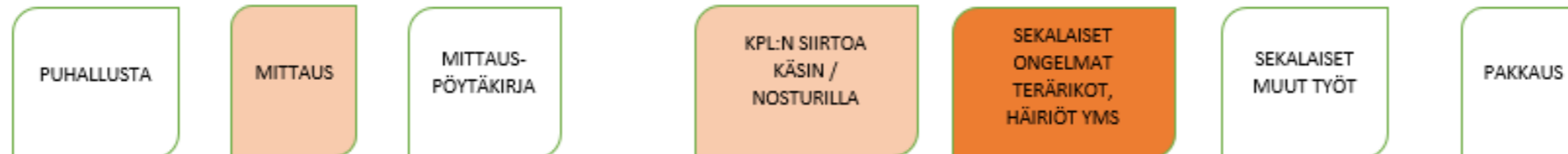
YHT. 370 MIN

3.

KONE



KONEISTAJA:



NVA +309

5

20

10

10-300

20

YHT. 309+65=374 MIN – 309+300=609 MIN

VA +370

5

10

20

10

YHT. 370+35=405 MIN

4.

KONE

KONEISTAJA

SIIRTO
VARASTOON /
LÄHETTÄMÖÖNTYÖN KUITTAUS
VALMIIKSINVA +374 - 609

10

5

YHT. $374+15=389$ MIN - $609+15=624$ MIN (keskim. 500 min)

VA +405

YHT. 405 MIN

PROSESSIAIKA:

 $405+389=794$ MIN – $405+624=1029$ MIN (keskim. 900 min)

PROSESSITEHOKKUUS:

VA AIKA:PROSESSIAIKA= $405:794=51$ % - $405:1029=39$ % (keskim. 45 %)

- (EI HUOMIOITU RAAKA-AINEEN JA VALMIIDEN KPLEIDEN SEISOMISTA ENNEN JA JÄLKEEN PROSESSIN, EIKÄ SEN AIKANA. Ei siis ole sama kuin virtaustehokkuus)

Liite 3: Koneen "odottaa"-tilan syitä minutteina

	1	2	3	4	5	6	7	8		
VKO 7/22	TKL-HUOLTO	KONEEN HOITO/HUOLTO	HÄIRIÖ	EI HAVAITTU	MITTALASTU	ETSIMISTÄ	MUITA TÖITÄ	TAUKO	vakiovälit	
NIIGATA 1										
ma klo 6-14.30	15	10			5		10	20		
ke 9-14		tälliä 60								
ke 14-21	30					pora 15	90			
to 6-13	terärikko15 +15					pora 15				
yht.	75	70			5	30	100	20		
NIIGATA 2										
ma klo 6-14.30	50							20		
ke 9-14	20 +tkl-tarkastus joka välissä						20	30		
ke 14-21	40 +tkl-tarkastus joka välissä		20 paletti							
to 6-13	120		hissirikko 30				45			
yht.	230 +tarkastukset 50		50				65	50		
NIIGATA 3										
ma klo 6-14.30		20								
ke 9-14	10							30		
ke 14-21			75 palettiproblem							
to 6-13	terärikko 60 +30		hissirikko 30			60				
yht.	100	20	105			60		30		
KAIKKI YHT.	455	90	155	0	5	90	165	100	300	yht. 1360
YHT.27,5h										

Kuusi ensimmäistä kategoriaa aiheuttavat yleensä suoraan koneen seisomista. Kaksi viimeistä epäsuoraan ja viiveellä, riippuen häiriöiden ja ongelmien määrästä ja ajojen luonteesta.

"ETSIMISTÄ" pitkälti sisältyisi "TKL-HUOLTO" -kohtaan, mutta tässä ne on erillisinä. Yleensä tklujen etsimistä mutta myös mittavälineiden ym.

Kaikkia töitä, myös etsimistä oli oikeasti paljon enemmän mutta aina koneet eivät seisseet

"MUITA TÖITÄ" tarkoittaa normaaleja töitä kuten kpl-vaihtoa

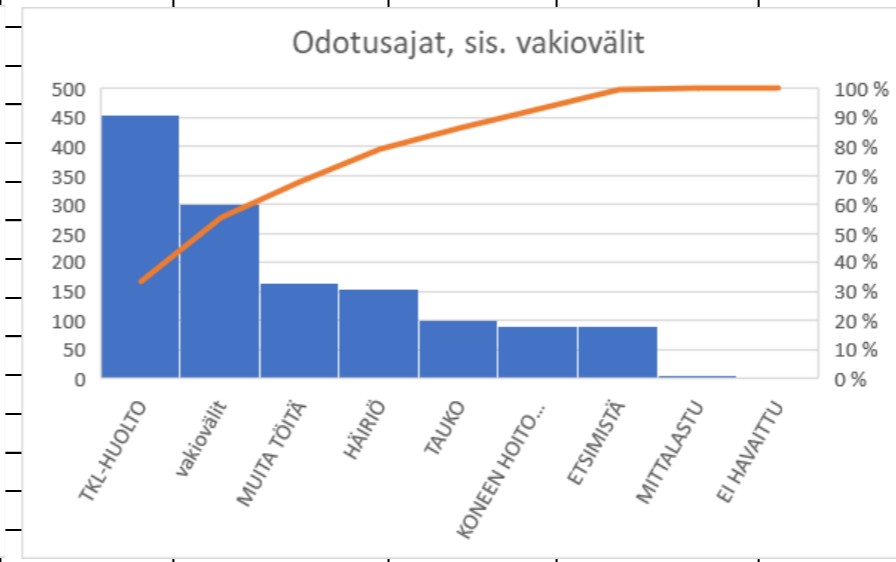
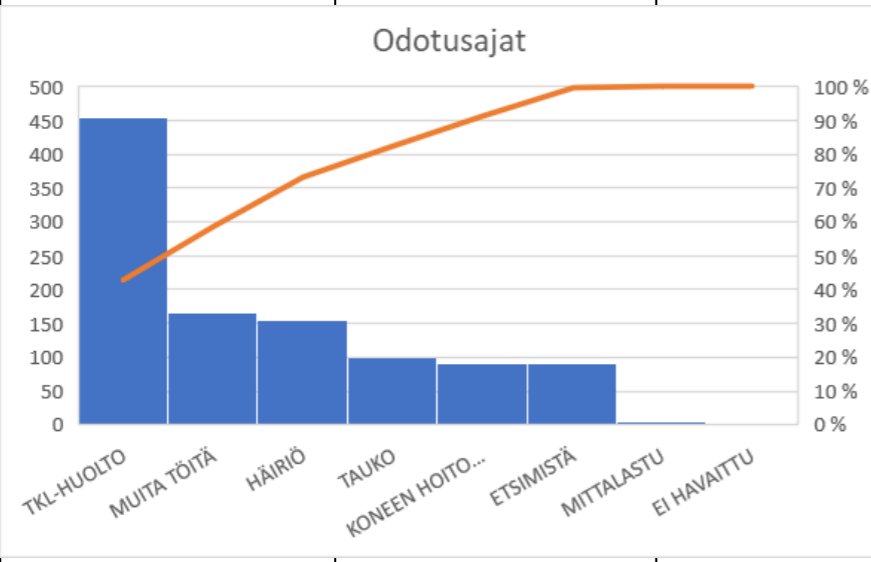
HÄIRIÖ ja ETSIMISTÄ ovat käytännössä hukkaa, jota on mahdollista vähentää paremmalla organisoinnilla. Tätä oli yhteensä 4-5 tuntia, n. 75 min/työvuoro

Terärikot, häiriöt ja etsiminen aiheuttivat selvästi myös turhautumista ja ärtymystä

Yhtä poraa etsittiin pitkään. Pora oli varastossa mutta pituus oli väärä. Tämä saattoi myös aiheuttaa edellisen poran katkeamisen. Tkl-listoissa/tilaustiedoissa puutetta

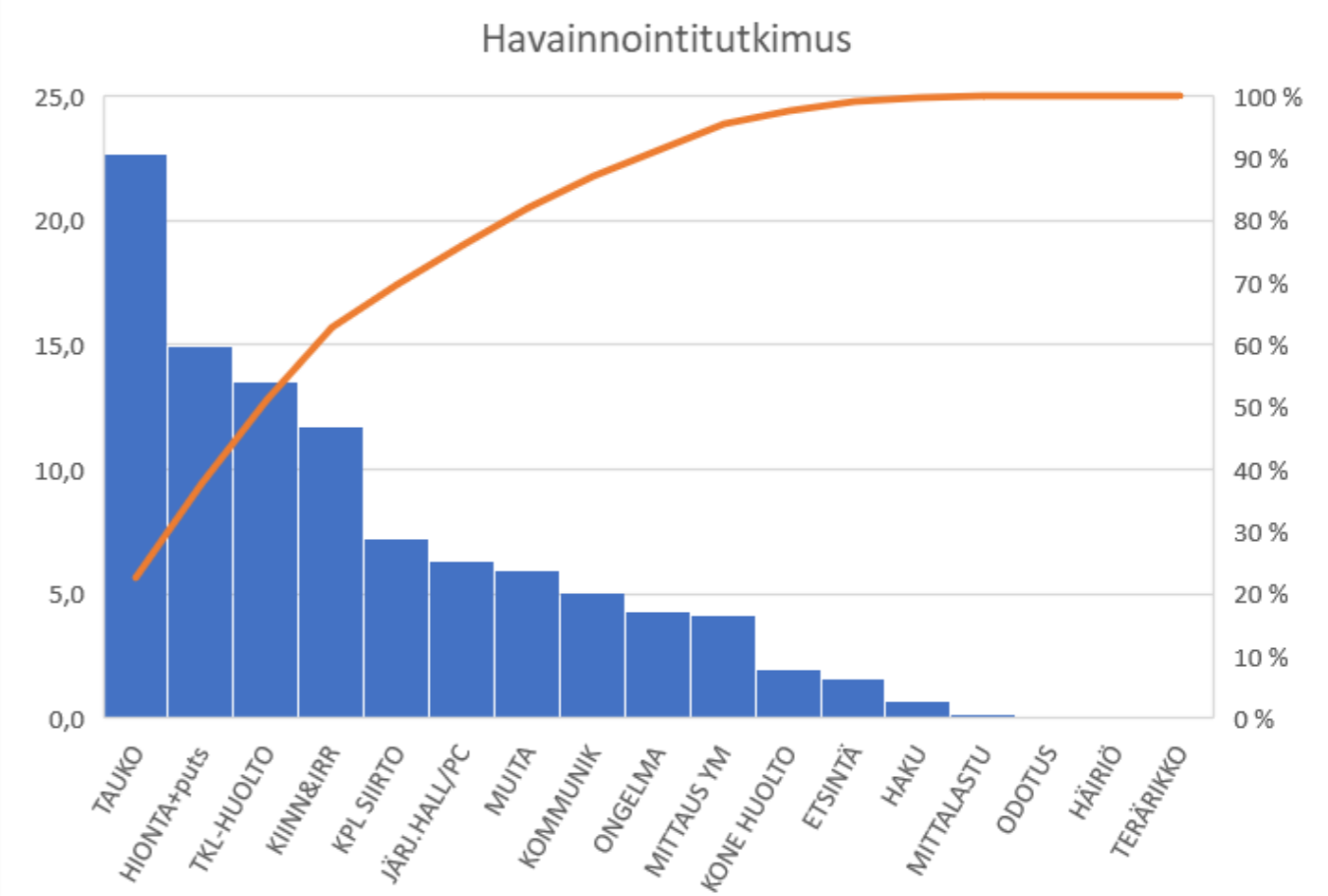
HÄIRIÖAIKA näkyi punaisena järjestelmässä mutta niiden selvittelyaika ei. Esim 2 minuuttia häiriötä ja tunti selvittelyä, joka näkyy keltasena

"vakiovälit" tarkoittaa aikaa, joka järjestelmällä kuluu paletinvaihtoihin, muutama minuutti per vaihto



Liite 4: Havainnointitutkimus

		havaintojen määrä kpl							
AIKALAJIT	ALALAJIT	SUMMA 1	SUMMA 2	SUMMA 3	SUMMA 4	SUMMA 5	YHT.	%	
TEKEMISAIKA	HIONTA+puts	27	5	13	26	12	83	14,9	
	MITTAUS YM	5	3	4		11	23	4,1	
	KIINN&IRR	16	10	12	12	15	65	11,7	
	TKL-HUOLTO	3	14	10	15	33	75	13,5	
	HAKU				2	2	4	0,7	
	MITTALASTU	1					1	0,2	
	KPL SIIRTO	10	13	4	5	8	40	7,2	
	JÄRJ.HALL/PC	8	14	9	2	2	35	6,3	
APUAIKA	KOMMUNIK	2	9	7	4	6	28	5,0	
	KONE HUOLTO			9		2	11	2,0	
	MUITA	4	10	10	8	1	33	5,9	
HÄIRIÖAIKA	TAUKO	19	13	36	26	32	126	22,7	
	ODOTUS								
	ETSINTÄ				9		9	1,6	
	HÄIRIÖ								
	TERÄRIKKO								
	ONGELMA		4	9	10	1	24	4,3	
	yht	95	95	123	119	124	556		



Seurantajaksot viikolla 10 tiistaina klo 6.20-9.40 ja 10.50-15.10. yht 7,6 tuntia. Sykli 2 minuuttia.

Tauko aika sisältää kaikki taukolajit

Punaisella korostettu selvää hukkaa

Otanta ei anna läheskään riittävää tilastollista luotettavuutta. Yhdessä Arvoketjukuvauksen ja Odotusaikatutkimuksen kanssa saadaan kuitenkin kohtuullinen kuva työtehtävistä ja niiden jakautumisesta.

Liite 5: Robotisoinnin kannattavuuslaskelma

Nimike	nimi	robolla	Määrä	määrä/v	työ min/kpl	työ min/v	turha työ min/v	30%	kulu e/min	turha kulu e/v	turha kulu e/3v	säästö/3v
		-	119	357,00	12,00	4284	1285,2		1	1285,2	3855,6	3555,6
		-	80	240	8	1920	576		1	576	1728	1428
		1v	36	108	20	2160	648		1	648	1944	1644
		-	78	234	6	1404	421,2		1	421,2	1263,6	963,6
		-	36	108	10	1080	324		1	324	972	672
		-	46	138	8	1104	331,2		1	331,2	993,6	693,6
		-	33	99	10	990	297		1	297	891	591
		-	44	132	5	660	198		1	198	594	294
		1-2v	42	126		0	0		1	0	0	0
		-	36	108	6	648	194,4		1	194,4	583,2	283,2
		-	36	108	6	648	194,4		1	194,4	583,2	283,2
		-	64	192	3	576	172,8		1	172,8	518,4	218,4
		-	25	75	10	750	225		1	225	675	375
		-		35	6	210	63		1	63	189	-111
		-	26	78	1,5	117	35,1		1	35,1	105,3	-194,7

Määrät laskettu edellisten 4 kk mukaan. Jatkossa ??

Robotti korvaa osan käsityöstä, koneistajien arvion mukaan n. 30 %

"Kulu" tarkoittaa laskennallisen palkkakulun (30 e/h) ja laskennallisen konetunnin myyntihinnan (100e) välistä kompromissia =myyntihinta - suorat kulut = n. 60e/h =1e/min

Koneistajan työtunti tuottaa keskimäärin yhden laskutettavan konetunnin

Robotin purseenpoiston ohjelmoinnin hinnaksi arvioitu n. 300e/paletti. Huomioitu laskelmissa.

Muita robotisoinnin kuluja ei ole huomioitu

Turha työ tarkoittaa käsityötä, jonka robotti voisi korvata.