

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# SAILDRIVE-TUOTANTOPISTEEN SUUNNITTELU

Oceanvolt Oy

TEKIJÄ/T Jukka Kolehmainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jukka Kolehmainen	
Työn nimi Saildrive-tuotantopisteen suunnittelu	
Päiväys 19.10.2022	Sivumäärä/Liitteet 36/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Oceanvolt Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uusi Saildrive-tuotantopiste Oceanvolt Oy:lle yrityksen uusiin toimitiloihin, lean-työkaluja apuna käyttäen. Työssä paneudutaan työpisteen kehittämisen teoriaan ja lean-työkaluihin, joiden avulla pyrittiin luomaan uusi viihtyisämpi, siistimpi ja tehokkaampi tuotantopiste.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään ensin vanhaan tuotantopisteeseen, jota ollaan kehittämässä uudelleenlaiseksi. Vanhan työpisteen ongelmat kartoitetaan ja kuvataan ja ongelmien kartoittamisen ja tunnistuksen jälkeen ongelmat pyrittiin ratkaisemaan kerätyn teorian perusteella. Yhtenä työpisteen ongelmien kartoittamisen työkaluna käytettiin spagettikaaviota, jolla pystyttiin seuraamaan kokoonpanon aikana syntyvää liikehukkaa. Toisena tuotantopisteen mittarina toimi kokoonpanoaika, jota verrattiin uudessa ja vanhassa työpisteessä keskenään, jotta työpisteen tehokkuutta voitiin verrata konkreettisesti.</p> <p>Työpisteen uudelleen suunnittelussa käytettiin hyväksi lean-työpisteen periaatteita ja 5S:n mukaisesti toteutettiin uusi työpiste. Uusi työpiste siistittiin, siitä poistettiin ylimääräiset työkalut, työkaluille merkittiin oma paikkansa ja ne merkittiin selkeästi. Lisäksi työpisteen siisteyttä ylläpidetään säännöllisellä siivouksella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin aikaan tehokkaampi, toimivampi ja siistimpi tuotantopiste. Kokoonpanoaika pieneni ja liikehukkaa saatiin vähennettyä merkittävästi kokoonpanoprosessin aikana. Työ toimii hyvänä esimerkkinä, mikäli yritys haluaa uudistaa tai kehittää jatkossa myös muita työpisteitään.</p>	
Avainsanat lean, työpisteen suunnittelu, hukka, 5S	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Jukka Kolehmainen	
Title of Thesis Designing a New Workstation for Saildrive	
Date 19.10.2022	Pages/Appendices 36/2
Client Organisation /Partners Oceanvolt Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The subject of this thesis was to design a new Saildrive workstation for Oceanvolt Oy in the company's new premises by using lean tools. The work focused on the theory of workstation development and lean tools, which were used to create a new, more comfortable, cleaner and more efficient workplace.</p> <p>In this thesis, first the old workstation, which is being developed into a new one, was introduced. The problems of the old workstation were mapped and described, and after mapping and identifying the problems, the problems were solved based on the gathered theory. A spaghetti diagram was used as one of the tools for mapping the problems of the old workstation. The diagram was used to monitor the movement waste produced during the assembly process. Also, the total assembly time, between the new and old workstations was compared, so that the efficiency of the workstation would become clear.</p> <p>In designing of the workstation, the principles of the lean workstation were used, and a new workstation was implemented in accordance with 5S. The new workstation was tidied up, extra tools were removed, the tools were given their own place and they were clearly marked. In addition, the cleanliness of the workplace is maintained by regular cleaning.</p> <p>As a result of this thesis, a more efficient, more functional and cleaner saildrive workstation was created. The assembly time was reduced and movement waste could be significantly reduced during the assembly process. The work serves as a good example if the company wants to renew or develop its other workplaces in the future as well.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>lean, designing of a workstation, waste, 5S</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	OCEANVOLT OY .....	7
3	KOKOONPANO .....	8
3.1	Kokoonpanojärjestelmät .....	8
3.2	Manuaalinen kokoonpano .....	8
3.3	Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen .....	8
4	LEAN-PROSESSI .....	10
5	LEAN-TYÖPISTEEN PERIAATTEET .....	12
5.1	Työpisteen muoto ja tila .....	12
5.2	Työkalut ja tieto.....	12
5.3	Osat.....	13
5.4	Työpisteen muokattavuus ja huolto .....	13
5.5	Laatu .....	14
5.6	Ergonomia.....	14
6	LEAN MENETELMÄT .....	15
6.1	Just-in-time ja imuohjaus .....	15
6.2	Kaizen .....	16
6.3	Demingin ympyrä.....	16
6.4	5S-menetelmä .....	18
6.5	Spagettikaavio .....	19
7	HUKKA JA SEN MUODOT .....	22
7.1	Kuljettaminen .....	22
7.2	Varastot .....	22
7.3	Liikkeet .....	22
7.4	Odottaminen .....	23
7.5	Ylituotanto.....	23
7.6	Yliprosessointi.....	23
7.7	Viat.....	23
7.8	Taito .....	23
8	KOKOONPANOPISTEEN SUUNNITTELU.....	25
8.1	Saildrive .....	25

8.2	Lähtötilanne .....	26
8.3	Uuden tuotantopisteen suunnittelu.....	30
8.4	Yhteenveto .....	33
8.5	Jatkokehitysideat .....	34
9	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET .....	37
	LIITE 1: SAILDRIVE MITAT JA RÄJÄYTYSKUVA .....	40
	LIITE 2: SAILDRIVEN KOKOONPANON TYÖVAIHEET .....	41

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Esimerkki Oceanvoltin järjestelmästä. (Oceanvolt, 2017.) .....	7
KUVA 2.	Esimerkki u-mallisesta lean-tuotantosolusta. (Lean Fabrika, 2012.) .....	12
KUVA 3.	Työkalujen sijoittaminen työkaluvaunuun. (Muelaner 2019.) .....	13
KUVA 4.	Oikea työtason korkeus. (Ketola & Laaksonlaita 2004.).....	14
KUVA 5.	Työntö- ja imuohjaus. (Logistiikan maailma, julkaisuaika tuntematon.).....	15
KUVA 6.	PDCA-kuvio. (mukaillen Laatuakatemia, 2010.) .....	17
KUVA 7.	Esimerkkikuva spagettikaaviosta. (Rosen, 2015.) .....	20
KUVA 8.	Valmis Saildrive-vetolaite. (Kolehmainen 2022.) .....	25
KUVA 9.	Saildrive-tuotantopiste alussa. (Kolehmainen 2022.).....	27
KUVA 10.	Saildrive-tuotantopisteen työkalut alussa. (Kolehmainen 2022.) .....	28
KUVA 11.	Spagettikaavio työpisteessä ennen muutosta. (Kolehmainen 2022.) .....	29
KUVA 12.	Esimerkki potkuriakselin laakeroinnissa tarvittavista työkaluista ja välineistä. (Kolehmainen 2022.).....	30
KUVA 13.	Uusi Saildrive-tuotantopiste. (Kolehmainen 2022.).....	31
KUVA 14.	Uuden Saildrive-tuotantopisteen työkalut. (Kolehmainen 2022.) .....	32
KUVA 15.	Spagettikaavio uusissa tiloissa. (Kolehmainen 2022.).....	32
KUVA 16.	Muutokset kuvattuna metreissä. (Kolehmainen 2022.).....	33
KUVA 17.	Muutokset kuvattuna minuuteissa. (Kolehmainen 2022.) .....	34

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe kehitettiin yhdessä yrityksen toimitusjohtajan kanssa. Opinnäytetyön aihe valikoitui, koska kohdeyritys oli siirtymässä uusiin isompiin tiloihin entisten käydessä ahtaaksi kasvaneiden tuotantomäärien vuoksi. Kasvaneiden tuotantomäärien vuoksi olikin aika kiinnittää huomiota työpisteisiin. Oceanvolt Oy, jolle opinnäytetyö tehtiin valmistaa sähköisiä propulsiojärjestelmiä purjeverneisiin ja sen nykyinen sijainti on Helsinki.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää uusi Saildrive-tuotantopiste, lean-työkaluja hyväksi käyttäen. Tavoitteena on, että uusi työpiste olisi toimivampi ja työskentely uudella työpisteellä olisi tehokkaampaa, keskeytyksetöntä ja mahdollisesti turvallisempaa kuin vanhassa työpisteessä. Tämän työn teoreettisessa viitekehyksessä pyritään selvittämään, miten kokoonpanoa voidaan tehostaa, mitä lean on ja miten sitä voidaan hyödyntää tuotannon ja ennen kaikkea kokoonpanon tehostamiseen.

Lean on yleistynyt ja siitä puhutaan paljon. Leanissa ei keskitytä yksittäisiin asioihin vaan ennen kaikkea kokonaisuuteen ja sen tavoitteena on tuottaa asiakkaalle parasta mahdollista arvoa tuottajan resurssit huomioiden. Arvoa tuotetaan työllä, johon kuluu aikaa ja tätä aikaa kutsutaan läpimenoajaksi. Läpimenoaika voidaan taas jakaa kolmeen eri osaan, jotka ovat arvoa lisäävää aikaa, ei-arvoa lisäävää aikaa ja oheis- ja sivutyö. (Lean, julkaisuaika tuntematon; Karjalainen & Karjalainen, 2020, 62) Lean perustuukin tähän arvoa lisäämättömän ajan eli hukan minimoimiseen. (Arezes, Dinis-Carvalho & Carvalho Alves, 2015.)

Opinnäytetyö toteutettiin tutustumalla lean-työkaluihin, selvittämällä minkälaista hukkaa saildrive kokoonpanoprosessissa syntyy ja ennen kaikkea millaista liikehukkaa kokoonpanoprosessin aikana on ja miten tätä hukkaa voidaan minimoida. Hukan määrää mitattiin työvaiheisiin kuluvaan aikaan mittaamalla ja spagettikaavion avulla, joka on yksi lean-työkaluista (Coutinho, 2021.) Työpisteiden toimivuutta verrattiin keskenään vanhassa ja uudessa työpisteessä mittaamalla niissä valmistettavan tuotteen kokoonpanoaika sekä työntekijän liikkeistä laaditun spagettikaavion avulla, jotta hukan määrä voitaisiin osoittaa konkreettisesti.

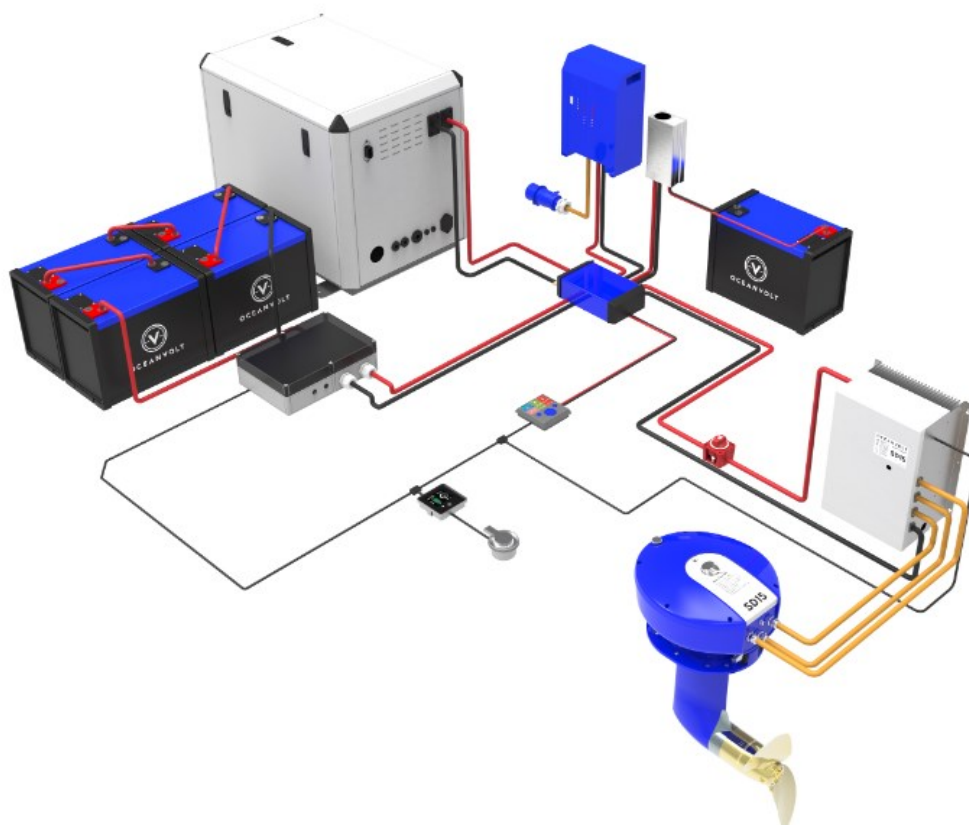
### **Työn rajaus**

Saildriven koeajo, joka kuuluu myös oleellisena osana valmistukseen, rajattiin työstä pois, koska koeajo tapahtuu eri tilassa kuin itse kokoonpanotyö. Opinnäytetyössä keskitytään vain saildrive kokoonpanopisteen suunnitteluun ja sen toteutukseen.

## 2 OCEANVOLT OY

Opinnäytetyö toteutettiin Oceanvolt Oy:lle, joka on sähköisiä- ja hybridipropulsiojärjestelmiä valmistava yritys, joka sijaitsee Helsingissä. Oceanvolt on perustettu vuonna 2004. Oceanvolt tarjoaa näitä järjestelmiä purje- ja moottoriveneisiin. Oceanvoltin järjestelmät koostuvat sähkömoottorista, vetolaitteesta, akuista ja erilaisista ohjainlaitteista.

Oceanvolt tarjoaa järjestelmiä, jotka sisältävät sähkömoottorin, vetolaitteen, akkumoduulit, akkujenhallintajärjestelmät ja ohjainlaitteet (kuva 1.). Näissä järjestelmissä keskiössä on hydrogenerointi eli ”energian luominen purjehtiessa”. Tämä toiminto on automaattisesti kaikissa Oceanvoltin moottoreissa. Hydrogenerointia voidaan ohjata näytön nappia painamalla. Normaalilla taittavalla potkurilla varustettu vetolaite avaa potkurin lavat ulospäin ja keskipakovoima yhdistettynä moottorihjaimen pitää potkurin lavat auki. Moottorihjain ”virittää” järjestelmää aktiivisesti 10 Hz:llä, mikä estää lapojen sulkeutumisen (liian suuri jarrutus sulkee potkurit). Tämä tapahtuu koko ajan ja järjestelmä säätää potkurin kierroslukua veneen nopeuden mukaan. Järjestelmä lopettaa hydrogeneroinnin automaattisesti, kun akut ovat täynnä. (Oceanvolt, 2017.)



KUVA 1. Esimerkki Oceanvoltin järjestelmästä. (Oceanvolt, 2017.)

### 3 KOKOONPANO

Kokoonpanolla tai koonnalla tarkoitetaan eri vaiheessa valmistettujen, muualta hankittujen osien, standardikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa, joka yhdessä muodostaa toimivan laitteen tai sen osan. Kokoonpano on isossa osin ollut käsityötä ja on sitä edelleenkin, vaikka muu valmistus on yhä suuremmissa määrin pyrkinyt koneistumaan. Tuotteita kootaan pienistä, isoina erinä tehdyistä kulutustavaroista aina suuriin koneisiin ja teräsrakenteisiin asti. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 111.)

Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on usein yllättävän suuri, usein jopa 20–40 %. Kokoonpanotyö sisältää kappaleiden käsittelyä, siirtämistä paikasta toiseen, varastointia, liittämistä, sovittamista ja tarkastamista. On huomioitava, että vain osa työstä kohottaa tuotteen jalostusarvoa. Periaatteessa vain liittäminen tekee tätä. Tarkastaminen, siirrot, muut käsittelyt ja varastoinnit eivät kohota jalostusarvoa, joten näiden määrä tulisi pitää mahdollisimman vähäisinä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 112.)

#### 3.1 Kokoonpanojärjestelmät

Kokoonpano voidaan toteuttaa paikkakokoonpanona tai linjakokoonpanona. Isojen valmistusmäärien kokoaminen tapahtuu erillisissä kokoonpanotehtaissa. Kokoonpanoon tarvittavien osien saaminen lähelle paikkaa, jossa ne asennetaan, on kokoonpanojärjestelmän suunnittelun isoimpia kysymyksiä. Yksittäinen kokoonpanopaikka soveltuu yksittäis- ja pienerätuotantoon. Siinä, tuotteen koon mukaan kokoonpanon hoitaa työryhmä tai yksittäinen henkilö. Työ voidaan jakaa ammattialoitain, mutta siinä joustavuus ja työn tuottavuus saattavat kärsiä. Muita kokoonpanojärjestelmiä ovat kokoonpanolinja, jossa henkilöstön työ on jaettu eri vaiheisiin, kokoonpanolinja tai kokoonpanotehdas, joka soveltuu erityisesti isoille tuotteille ja tuotemäärille. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 112.)

#### 3.2 Manuaalinen kokoonpano

Manuaalinen kokoonpano on ehkä perinteisin kokoonpanotapa. Siinä kokoonpanija kokoaa tuotteen osista ja tarvikkeista piirustuksia ja ohjeita seuraten toisiinsa, sopivassa järjestyksessä. Valmis tuote normaalisti testataan ja siihen tehdään tarvittavat muutokset, jos siihen on tarve. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 116.)

Tavallisin kokoonpanon työpaikka on pöytä tai kokoonpantavan tuotteen mukaan lattia tai pukit kokoonpanopaikan läheisyydessä. Kiinteän pöydän lisäksi on mahdollista käyttää myös liikkuvia vaujuja, jotka on varustettu pyörillä. Kokoonpanija käyttää tyypillisesti kevyitä ja yksinkertaisia käsityökaluja, puristimia, pora- ja hiomakoneita tai muita vastaavia melko halpoja laitteita. Monipuolisten laitteiden käyttö kokoonpanotyössä on harvinaisempaa. Kokoonpanokiinnittimiä eli ns. jigejä on käytössä jonkin verran. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 116–117.)

#### 3.3 Manuaalisen kokoonpanon kehittäminen

Kokoonpanotyön kehittäminen on tärkeää, koska kokoonpanotyö vie tilaa ja muodostaa ison kustannus- ja tilankäytönosuuden. Kokoonpanon kehittäminen on harvoin pääkehityskohde, mutta sitä voi-



daan kehittää vähäisin investoinnein asiaan paneutumalla. Kokoonpano vaatii aina ennakkosuunnittelua toimiakseen häiriöttömästi ja oikein ja tämä suunnittelutyö joudutaan tekemään aina, joko toimistossa tai työpisteellä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 119.)

Kokoonpanoajasta suurin osa kuluu usein osien siirtämiseen ja paikoilleen asettamiseen, joka ei ole kokoonpanon tarkoitus vaan osien liittäminen toisiinsa. Kokoonpanoa kehittämiseksi on otettava huomioon kaikki siihen vaikuttavat tekijät. Käytännössä tämä tarkoittaa tarkastelun aloittamisen tuotteesta. Kokoonpantavan tuotteen rakenne määrittää suoritustavan. Mikäli kokoonpano otetaan huomioon jo tuotteen suunnittelussa, voidaan kokoonpanokustannuksissa säästää paljon. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 120.)

Jokainen työ voidaan tehdä usealla eri tavalla. Työmenetelmät määrittävät työpaikan järjestelyn ja se vaatii työpaikan suunnittelua. Järjestelemällä sopivat työkalut ja apuvälineet työpisteelle, luodaan häiriöttömän toiminnan edellytykset ja jalostavan työn osuus on näin mahdollista jopa kaksinkertaistaa kokoonpanossa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 122.) Työpisteille kertyy usein erilaisia tavaroita ja työkaluja, joita ajatellaan tarvitsevan joskus. Loppujen lopuksi nämä tavarat vievät vain tilaa työkaluilta, joita tarvitaan päivittäin. Työpisteen tavoitteena on järjestää työkalut ja tarvikkeet niin, että ne ovat helposti saatavilla esimerkiksi työkaluseinällä, harvemmin käytettävät työkalut voidaan sijoittaa laatikostoon ja tarvikkeet, joita ei käytetä ollenkaan, siirretään pois pöydältä. (Turvallisuuspakki, julkaisuaika tuntematon.)

Varsinainen kokoonpanon kehittäminen voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen. Turhan työn poistamiseen ja tarpeellisen työn kehittämiseen. Turhalla työllä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä työtä, joka ei jalosta työtä ja jota ei lainkaan tarvita. Ja kaikki se työ mikä tehdään tuotteen kokoonpanemiseksi parhaimmilla ja järkevimmillä tavoilla tehtynä, on tarpeellista työtä. Sitä voidaan kehittää hyvillä työkaluilla, apuvälineillä, materiaalin käsittelyn ja työmenetelmiä kehittämällä. Työmenetelmien kehittämiseen olevat perusohjeet ovat Lapinleimun, Kauppisen & Torvisen (1997, 123.) mukaan:

- Lyhennä etäisyyksiä
- Helpota tarttumista
- Pyri suoriin liikeratoihin
- Mahdollista samanaikainen työskentely molemmilla käsillä.

## 4 LEAN-PROSESSI

Lean ei ole tila, johon pyritään pääsemään vaan se on prosessi, jolla pyritään jatkuvaan kehittymiseen ja oppimiseen. Proessin aluksi opitaan eri lean-tekniikoita ja ymmärretään niiden periaatteet aina kehittyvänä järjestelmänä. Tuomisen (2021, 5) mukaan lean perustuu kahteen keskeiseen periaatteeseen, jotka ovat:

- Keskeyttämättömän virtauksen luominen kaikissa yrityksen toimintaprosesseissa. Kaikki leanin työkalut, kuten nopeat työkalujen vaihdot, standardisoitu työ, siisteys, järjestys ja laadun ohjaus ovat menetelmiä tämän virtauksen parantamiseksi.
- Johto on sitoutunut panostamaan työntekijöihinsä ja edistämään jatkuvaa parantamista.

Lean voi pohjautua myös aikaan, kuten virtausaikaan ja arvovirtaan sekä siinä oleviin muutoksiin. Tämän seurauksena tuottavuutta kuvataan ja luonnehditaan yleensä läpimenoajalla. Esimerkiksi palkkakin maksetaan ajan perusteella eli euroina tunnissa. Leanissa, työprosessissa kuluva aika jaetaan yleensä kolmeen osaan. Arvoa lisäävään työhön, oheis-/sivutyöhön ja hukkaan. Leanin tarkoituksena on kasvattaa arvoa lisäävää aikaa ja vähentää sitä aikaa mikä ei lisää arvoa eli hukkaa. (Karjalainen & Karjalainen, 2020, 62)

Melkein jokaisen tuotteen tai palvelun valmistamiseen kuluva kokonaisaika voidaan mitata. Myös jollakin tarkkuudella työhön tai töihin kuluva aika voidaan jakaa, aiemmin mainittuihin arvoa tuottavaan, oheistyöaikaan ja hukkaan. Leanin tarkoituksen mukaisesti hukka pyritään minimoimaan siten, että arvoa tuottava osuus kasvaa tai ainakin pysyy samana. (Karjalainen & Karjalainen, 2020, 62)

Lean-ajattelu perustuu tähän hukan minimoimiseen, eli kaikki mikä ei lisää arvoa tuotteelle on hukkaa. Tämä perustuu taas viiteen periaatteeseen, jotka ovat arvon luominen asiakkaalle, määritä arvovirta, luo virtaus esteettömäksi, asiakas ”vetää” tuotantoa eli ns. imuohjaus ja täydellisyyden tavoittelu. Jotta nämä periaatteet saavutetaan, ei voi sivuuttaa kahta leanin pääkonseptia, jotka ovat JIT-tuotanto ja jatkuva parantaminen eli kaizen. Jatkuva parantaminen linkittyy taas toiseen lean-ajattelun menetelmään, luovaan ajatteluun eli Toyota Production Systemiin. (Arezes, Dinis-Carvalho & Carvalho Alves, 2015.)

### **Leanin synty ja TPS**

Toyota Production Systemiä, eli TPS:ää pidetään leanin edeltäjänä. TPS:n juuret sijoittuvat toisen maailmansodan aikaiseen Japaniin, jossa oli niukkuutta raaka-aineista, työntekijöistä ja eri resursseista. Massatuotantoa, jota sovellettiin paljon Yhdysvalloissa autotuotannossa, ei ollut mahdollista alkaa harjoittamaan resurssipulan vuoksi. TPS:n perustaja Taiichi Ohno vieraili Yhdysvalloissa auto-  
tehtaalla ja tuli siihen tulokseen, että massatuotanto, johon Yhdysvaltojen autoteollisuus perustui, on täynnä hukkaa, eli mudaa. Liukuhihna pidettiin koko ajan liikkeellä, koska sen pysäyttäminen oli niin kallista. Tämän seurauksena vialliset tuotteet pääsivät eteenpäin ja jokaiselle tehtaan työntekijöistä oli määritetty hyvin kapea työtehtävä. Lisäksi Ohno havaitsi, että kokoonpanolinjan jälkeen työskentelevä työntekijä ei tuottanut mitään lisäarvoa tuotteelle. TPS lainaa monia ideoitaan Yhdysvalloista, kuten mm. systemaattisen lähestymistavan ongelmien ratkaisemiseen eli ns. Demingin ympyrän. (Lev, 2018, 8–9.)

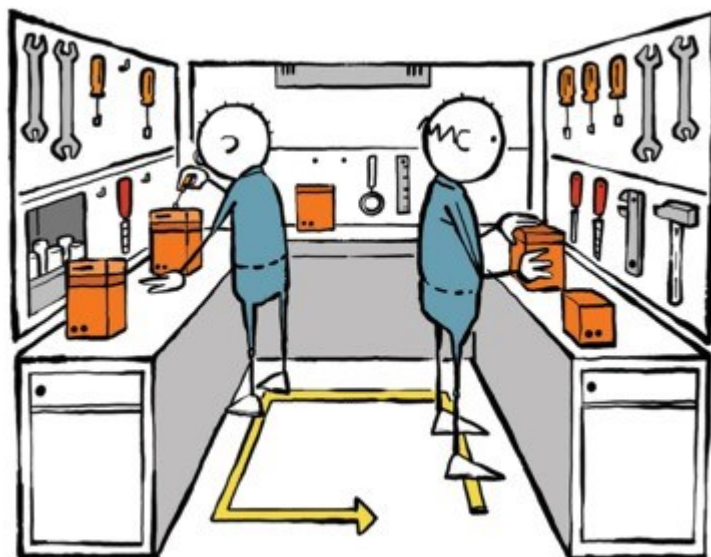
Termi lean production, julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1988 John Krafcikin kirjoittamassa tekstissä *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto*, joka julkaistiin Sloan management Review -lehdessä. Artikkelissa kerrotaan kuinka pienillä varastoilla ja pienillä puskureilla on mahdollista saada tehokasta tuottavuutta eli niin sanottu hauras tuotantojärjestelmä. Hauras tuotantojärjestelmä terminä kuulostaa kuitenkin kielteisenä ja niinpä termi lean jäi voimaan kuvaamaan tuottavuutta. Termi lean sekoitetaan usein Toyotan lanseeraamaan termiin Toyota Production System, mutta se on kuitenkin eri asia. (Modig & Åhlström, 2020, 77–79.)

## 5 LEAN-TYÖPISTEEN PERIAATTEET

Kasvatavat paineet vähentää kustannuksia ja rajalliset taloudelliset resurssit ovat usein paras motivaatiokeino siirtyä jatkuvaan parantamiseen ja lean-tuotantoon. Lean-työkalut tarjoavaa keinoja yksinkertaistaa työpisteen sijoittelua ja auttaa vähentämään hukkaa ja muita ei-arvoa tuottavia työvaiheita, parantaen laatua, tehokkuutta, tuottavuutta ja turvallisuutta työpisteessä. (Lesková, 2013, 31–36.)

### 5.1 Työpisteen muoto ja tila

Työpisteessä tulee huomioida se, että kaikki ei-arvoa tuottava liike tulee olla minimoitu. Suositeltu työpisteen tai tuotantosolun muoto on u-mallinen (kuva 2.). Solussa jokainen prosessi etenee järjestyksessä kohti seuraavaa ja kohti valmista tuotetta. Mikäli tuotantosolu on u-mallinen, liikkumisen määrä on minimoitu ja valmiin tuotteen kohdalla, kokoonpanija voi vaan kääntyä ympäri ja aloittaa uuden tuotteen kokoonpanon. (Lesková, 2013, 31–36.)



KUVA 2. Esimerkki u-mallisesta lean-tuotantosolusta. (Lean Fabrika, 2012.)

Turhan tilan minimoiminen työpöydällä on tärkeä seikka huomioida ja kun turha tila on minimoitu se kannustaa siihen, että tuotetta valmistetaan vain yksi kerrallaan. Tällöin vältetään automaattisesti ylimääräisiltä varastoilta ja alikokoonpanot eivät vie työtilaa, vaan ne ovat varastoituja asian kuuluvien tavoin oikealle paikalleen. (Lesková, 2013, 31–36.)

### 5.2 Työkalut ja tieto

Mikään ei pysäytä työnvirtausta pahemmin kuin puuttuva työkalu tai -väline. Jokaiselle työkalulle ja työprosesseissa käytettävillä välineillä tulee olla oma teline. Muokattava työkaluseinä on hyvä vaihtoehto työkaluille. Siihen voi prosessin kehittyessä helposti lisätä tai poistaa työkaluja tarpeen mukaan. (Lesková, 2013, 31–36.) Työkalujen sijainti tulee olla selkeä ja selvästi merkattu, jotta työkalu voidaan palauttaa ja puuttuvat työkalut huomataan helposti. Työkalujen paikka voidaan merkitä nimi-

tarralla tai vaihtoehtoisesti työkalut voivat sijaita myös työkaluvaunussa vaahtomuotissa, josta työkalun puuttumisen huomaa heti ja työkalu on myös helppo palauttaa oikealle paikalleen. (kuva 3.) (Muelaner, 2019.)



KUVA 3. Työkalujen sijoittaminen työkaluvaunuun. (Muelaner 2019.)

Tuotantoon vaikuttavan kriittisen tiedon olisi oltava saatavilla tehokkaasti työpisteellä. Oikeat työ- ja asennusohjeet tai jopa tuotannontavoitteet voivat olla tarpeen mukaan hyödyllistä olla työpisteellä. Tämä antaa työntekijöille välineet tehdä oikeita päätöksiä ja toimia niiden mukaan, ilman esimiehen läsnäoloa. Tietojen tulee olla saatavilla helposti, nopeasti ja uudestaan. (Lesková, 2013, 31–36.)

### 5.3 Osat

Kuten työkalujen, myös kokoonpantavien osien kohdalla täytyy huomioida sujuva virtaus. Työ ei voi keskeytyä osien puutteen takia normaalin työvuoron aikana. Siksi, osien tuominen työpisteelle tulisi järjestää työpisteen ulkopuolelta, jottei kokoonpanijan työ häiriinny tai muulla tavoin niin, ettei osia tarvitse noutaa kesken kokoonpanotyön. Kaikenlaiset liukuhihnat ja kuljettimet ovat hyviä tähän tarkoitukseen, erityisesti painovoiman avulla toimivat, jolloin painovoima tuo tarvittavat osat työntekijän ulottuville. Pienet osat voivat tulla pienissä laatikoissa ja isommat osat saattavat tarvita ulkoista nostovoimaa osien liikutteluun, kuten sähkö-, hydraulikka- tai paineilmaa nostoavuksi. (Lesková, 2013, 31–36.)

### 5.4 Työpisteen muokattavuus ja huolto

Työpistettä suunniteltaessa on hyvä huomioida, että työpisteellä valmistettava tuote voi vaihtua ajan kuluessa tai siihen kuuluvat prosessit voivat vaatia enemmän tilaa. Työpiste tulisi ollakin mahdollisimman muokkautuva ja siirreltävässä oleva, mahdollisuuksien mukaan. Mitä helpompaa työpisteen muokkaus on toiseen tarkoitukseen, sen vähemmän aikaa hukataan tuotannossa, jos työpisteessä valmistettava tuote vaihtuu. (Lesková, 2013, 31–36.)

Joissain työpisteissä myös huollon merkitys on suuri. Pitkät huoltoajat eivät tule kysymykseen imuohjauksella toimivissa tehtaissa. Työpisteessä käytettävät osat, työkalut ja telineet tulee olla huollettavissa tai korvattavissa minuuttien aikana. (Lesková, 2013, 31–36.)

## 5.5 Laatu

Laatu täytyy pystyä varmistamaan jokaisen työprosessin alussa, jotta jokaisen työvaiheen jälkeen tuote täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. (Nawanir, Lim, Othman & Adelake, 2018.) Valmiille tuotteelle tehdään visuaalinen tarkastus, jonka tuotteen kokoonpanija voi tehdä. Virhe kokoonpanon aikana tai viallisesti toimiva kone voi olla syynä laatuongelmiin. Kun virhe huomataan heti työpisteellä ja työkalujen ja tuotteen valmistuksessa käytettävien laitteiden huolto ja vaihdettavuus on otettu huomioon tuotannossa, menetetään vain minimimäärä aikaa vian korjaamiseen. (Lesková, 2013, 31–36.)

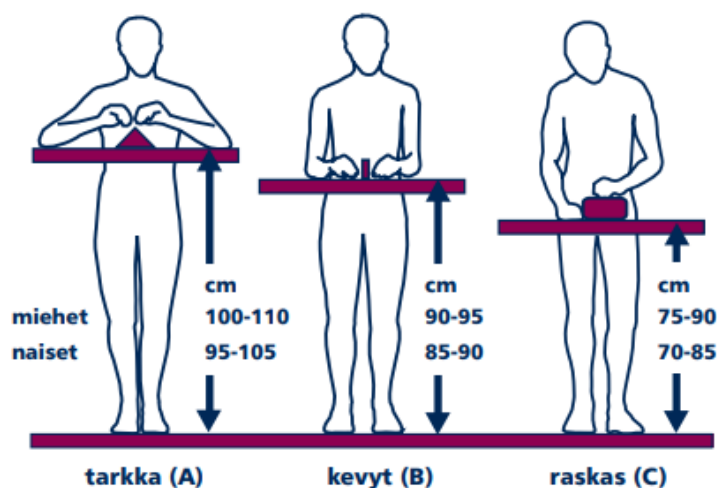
## 5.6 Ergonomia

Ergonomia on keskiössä, kun suunnitellaan työpistettä. Työpöydän tai pöytien tulisi olla oikealla korkeudella, joka aikaan saa terveempiä työntekijöitä, he kokevat vähemmän räsitusta työnaikana ja ovat tehokkaampia. Työpöydän ja työtuolien on hyvä olla säädettävät. Näin työolosuhteet saadaan optimoitua jokaiselle työntekijälle sopivaksi ja työkaluja ei tarvitse kurotella ja tämä vähentää fyysistä räsitusta. (Lesková, 2013, 31–36.)

Ergonomisessa työpisteessä työntekijä voi tarvittaessa muokata työkohteen sijoittelua haluamseen, työnvaatimusten mukaan tai halutessa vaihtaa työasentoa, myös korkeudensäätö tarvittaessa on huomioitava, varsinkin jos työntekijät ovat eri mittaisia. Valmiiden tuotteiden tulisi olla sijoitettavissa työpisteen läheisyyteen niin, että kiertyminen, nostojen korkeuserot sekä matkat ovat mahdollisimman lyhyitä, riippumatta tuotteet tai materiaalin painosta. Usein tarvittaville työvälineille on tila työpisteellä. Tila voi olla laatikko, teline tai muu siirrettävä taso. Työvälineet on saatava käyttöön kurotteleematta. Sopiva työtason korkeus on esitetty alla olevassa kuvassa (4.) (Ketola & Laaksonlaita 2004.)

### Työtason korkeus (kynnärkorkeus vertailumittana):

- suurta näöntarkkuutta vaativa työ – työtaso noin 10–20 cm kynnärkorkeuden yläpuolella (A)
- pienet, tuetut liikkeet – työtaso vähän kynnärkorkeutta ylempänä (B)
- runsasta liikkumista sisältävä työ – työtaso vähän kynnärkorkeutta alempana
- painavien /suurien esineiden käsittely – työtaso paljon kynnärkorkeutta alempana (C).



KUVA 4. Oikea työtason korkeus. (Ketola & Laaksonlaita 2004.)

## 6 LEAN MENETELMÄT

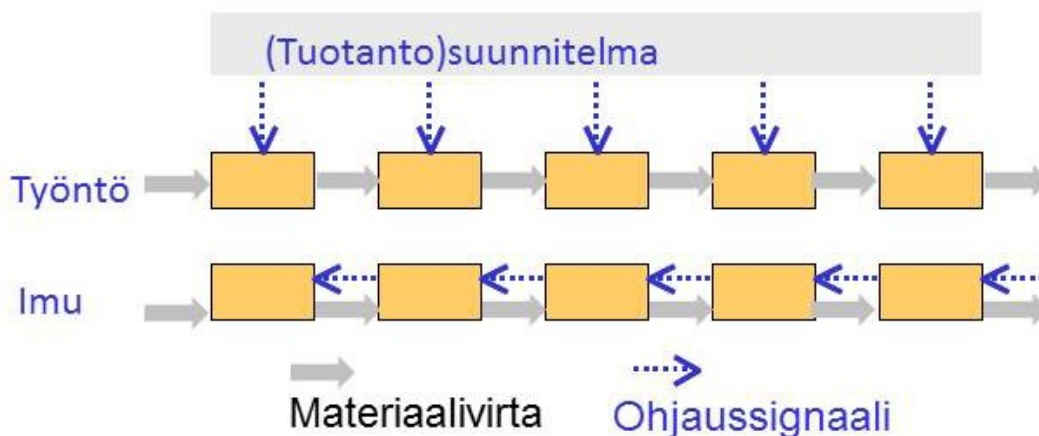
Lean mielletään usein väärin. Saatetaan luulla, että leanin eri menetelmät ratkaisisivat ongelmat. Tämä on itseasiassa täysin päinvastoin. Nämä lean menetelmät tai työkalut etsivät prosessista ongelmat esiin. Ihmisten tehtäviä on ratkaista ongelmat, työkalujen ja eri konseptien avulla. Työntekijöiden tulee nostaa ongelmat esiin ja esimiesten täytyy omalla tietotaidolla pyrkiä ratkaisemaan ongelmat. Ongelmien ratkaisussa auttaa hyvät ongelmanratkaisutaidot ja hyvä prosessien tuntemus. Mikäli näitä lean työkalujen konseptia ja roolia ei ymmärretä oikein, johtaa se lean-projektin epäonnistumiseen. (Yleistä leanista, julkaisuaika tuntematon.)

### 6.1 Just-in-time ja imuohjaus

Just-in-time on syntynyt Japanissa ja se on monesti perinteisiä toimintamalleja parempi tuotantoperiaate. Tätä tuotantomallia ja -periaatteita voidaan soveltaa muihinkin tuotantomuotoihin, vaikka se on syntynyt vakiotuotetuotannossa. Erityisiä tunnusmerkkejä JIT-tuotannolle on korkea tuottavuus, pääoman pieni sitoutuminen, korkea laatu ja nopea läpäisy aika. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 428.)

Just-in-time eli JIT on ollut yksi japanilaisten tuotantofilosofioiden periaate jo ennen leania. Suomeksi saatetaan puhua termistä JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteita valmistetaan, siirretään ja liikutetaan vain tarpeen mukaan. Tämä tarve on taas peräisin asiakkaan kysynnästä. JIT voidaan suppeasti määritellä samana asiana kuin imuohjaus. (Logistiikan maailma, julkaisuaika tuntematon.)

Imuohjaus on olennainen osa leania ja sillä tarkoitetaan, että aloite tuotantoon syntyy kysynnän perusteella. Imuohjauksessa signaali tuotantolinjaan saadaan asiakkaalta tai työasemalta ja signaali virtaa ylävirtaan. Tämä signaalin perusteella tunnustetaan materiaalien, osien tai tuotteen tarve ja milloin sitä tarvitaan. Imuohjaus perustuu siis kysyntään, eikä ennakkointiin niin kuin niin sanottu työntöohjaus. (Raita, 2016, 39–40) Alla olevassa kuvassa (5.) on kuvattu visuaalisesti työntö- ja imuohjauksen eroa.



KUVA 5. Työntö- ja imuohjaus. (Logistiikan maailma, julkaisuaika tuntematon.)

JIT voidaan ymmärtää myös paljon laajemmin kuin pelkkänä imuohjauksena. Siihen on liitetty useita erilaisia japanilaisia tuotantofilosofioita ja tällöin JIT voidaan käsittää tarkoittamaan tuotannon nopeaa tyydyttämistä täydellisellä laadulla, ilman hukkaa. Just-in-time tuotannon tavoitteena käsitellään nollavarastot, todella nopea tuotteen läpäisy aika, virheettömyyttä, tuotannon virtaus ja joustavuus on sujuvaa ja kaikki tuhlaus on minimoitu. Edellä mainitut seikat tulee käsittää visiona, eli näitä kohti pyritään, mutta niiden saavuttaminen ei ole todennäköistä, ainakaan lyhyellä aikavälillä. (Logistiikan maailma, julkaisuaika tuntematon.)

## 6.2 Kaizen

Kaizen on japania ja tarkoittaa "muutosta parempaan". Sillä tarkoitetaan jatkuvaa parantamista pienten ja asteittaisten parannusten kautta. Kaizenissa tehdään pieniä muutoksia, jotka ajan kuluessa tuovat huomattavia parannuksia lopputuotteeseen. Pienillä kontrolloiduilla askelilla eteenpäin viety prosessi tarkoittaa sitä, että kun virheet huomataan, ne voidaan ratkaista ennen kuin prosessi jatkuu eteenpäin. (Bland, 2015.)

Tyypillisesti kaizen perustuu yhteistyöhön ja sitoutumiseen ja on vastakohta menetelmille, jotka käyttävät isoja ja radikaaleja tapoja muutoksen aikaansaamiseen. Kaizen on kehitetty tuotantosektorilla vähentämään vikoja, eliminoimaan hukkaa, lisäämään tuottavuutta ja kannustamaan työntekijöitä saavuttamaan tavoitteensa ja edistämään heidän innovaatiotaan. (Daniel, 2021.)

Danielin (2021) mukaan Kaizen voidaan toteuttaa seitsemänaskelisinä portaina, jotka perustuvat jatkuvaan parantamiseen. Portaot sisältävät seuraavat vaiheet:

- Työntekijöiden osallistuttaminen. Työntekijöiltä tulee hakea apua ongelmien löytämisessä ja niiden ratkaisussa.
- Ongelmien löytäminen. Ongelmista voi koota luettelon ja ongelmien mahdollisista ratkaisuista työntekijöiltä saatujen tietojen perusteella.
- Ratkaisun luominen. Kannusta työntekijöitä luomaan uusia ratkaisuja ongelmiin. Ratkaisulla tai ratkaisulla pyritään ratkaisemaan ongelma.
- Testaa ratkaisu.
- Tulosten analysoiminen. Ongelman ratkaisun toimivuus tulee tarkistaa väliajoin ja selvittää kuinka toimiva muutos on ollut.
- Jos tulokset ovat positiivisia, ota ratkaisu käyttöön koko organisaatiossa.
- Nämä vaiheet on toistettava jatkuvasti ja testattava uusia ratkaisuja tai ratkaistava uusia ongelmia.

Kaizeniin on olemassa myös muita lähestymistapoja. Eräs sellainen on Demingin ympyrä, jossa seitsemän askelta on tiivistetty neljään vaiheeseen. Suunnittele, toteuta, tarkasta ja toimi. (Daniel, 2021.)

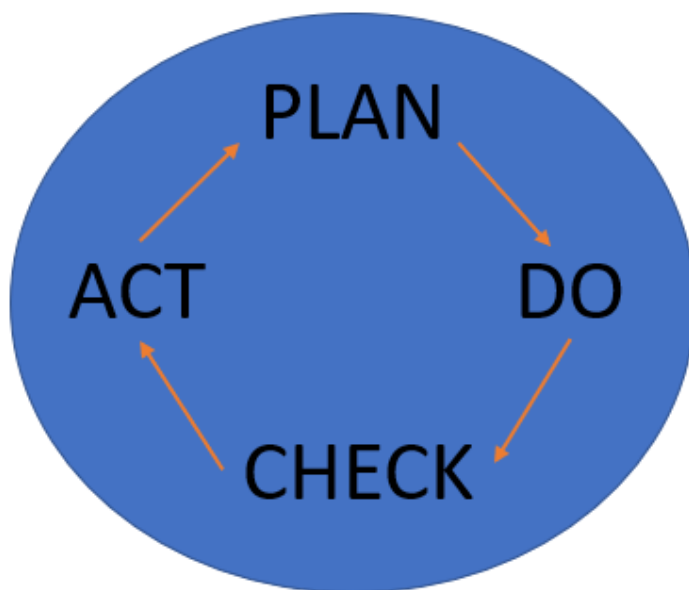
## 6.3 Demingin ympyrä

Toiminnan parantaminen tehokkaasti vaatii jonkin rakenteen, keinon tai menetelmän. PDCA-kehä (kuva 6.) on suosittu toiminnan parantamismenetelmä (Petersson ym. 2018, 91), joka tunnetaan



myös nimellä Demingin ympyrä (Liker, 2010, 23). Tämä menetelmä antaa kehittämistoiminnalle rungon ja se on saanut nimensä siinä olevien vaiheiden mukaan. Vaiheet ovat Peterssonin ym. (2018, 91) mukaan:

- Plan (suunnittele)
- Do (toteuta)
- Check (tarkista)
- Act (standardisoi).



KUVA 6. PDCA-kuvio. (mukaillen Laatuakatemia, 2010.)

Kuvio alkaa suunnitteluvaiheesta *Plan* ja tähän vaiheeseen tulee kulu eniten aikaa. Silloin muun muassa määritellään toiminnan parantamisen tavoitteet ja laaditaan toimintasuunnitelma. Seuraavaksi on toteuttamisvaihe *Do*, joka on yleensä melko helppo tehdä, jos poikkeama on selkeä, juuri-syy tunnetaan ja kaikki työntekijät tietävät miten toimia. Suunnitelmassa mainitaan toimenpiteet, joita tehdään, toteutetaan ja testataan toteutusvaiheessa. (Petersson ym. 2018, 92)

Tarkistamisvaiheessa *Check* enemmänkin arvioidaan kuin tarkastetaan, sujuiko toteuttamisvaihe hyvin vai huonosti. Tällöin tapahtuu suurin osa oppimisesta riippumatta toteuttamisvaiheen *Act* lopputuloksesta. Tässä vaiheessa tuloksia verrataan tavoitteeseen ja käsitellään, kuinka toiminnan parannustyö sujui. (Petersson ym. 2018, 92)

Mikäli toiminnan parannus onnistui, se kuvataan ja viestitään osallisille henkilöille. Toiminnan parannuksen lisäksi on saatu aikaan myös uutta osaamista. Tämä toiminnan parannus täytyy varmistaa jollain keinolla, jotta siitä tulisi pysyvä tapa, eikä sitä osaamista unohdettaisi. Tämä tehdään päivittämällä standardi ja kuvataan uusi parempi työtapa ja tuodaan se kaikille tiedoksi ja sovitaan, että jatkossa käytetään uutta parempaa työtapaa tai menetelmää. Kun kaikki menetelmän vaiheet on käyty läpi ja uusi toimintatapa lisätty käytettäviin toimintatapoihin, on mahdollista havaita uusia poikkeamia. Näin kuvio alkaa taas alusta. (Petersson ym. 2018, 92)

## 6.4 5S-menetelmä

Hyvin organisoitu ja toimiva työpiste on yksi edellytys työhyvinvoinnille ja viihtyvyydelle. Työpisteen standardisoinnin apuna voidaan käyttää 5S-menetelmää (Petersson, 2018,80.) 5S-menetelmä on viisiportainen työpisteen organisointimenetelmä. Se on työkalu, jolla työpiste voidaan organisoida toimivaksi. Se auttaa pääsemään eroon turhista työkaluista, helpottaa pitämään työympäristö siistinä, järjestyksessä ja toimivana sekä pitämään tarvittavat työkalut järjestyksessä. Tämän seurauksena on toimiva työpiste ja sen käytettävyyden paraneminen. (Väisänen, 2013.)

5S mielletään usein siivousohjelmaksi tai yksittäiseksi parannuskampanjaksi, jota se ei ole. Se ei ole työtehtäviin sisällytettävä erillinen toiminta vaan, jokapäiväisen työhön kuuluva toimintamalli. Keskeistä on, että työpisteeltä poistetaan ylimääräiset työkalut, materiaalit ynnä muut asiat, jotka estävät työnvirtausta, eli kaikki ne asiat, joita ei tarvita sillä hetkellä tehtävästä suoriutumiseen. Muut asiat järjestetään ja työpiste puhdistetaan. Tämä menettely standardisoidaan ja työpisteen käyttäjät sitoutuvat siihen. Kaiken tarkoituksena on lyhentää läpimenoaikaa ja saada virtaus nopeammaksi. (Väisänen, 2013.)

5S koostuu nimensä mukaisesti viidestä portaasta (Petersson, 2018, 80), joita Väisänen (2013) mukaan ovat:

- Lajittelu. (Sort, Seiri) Lajittelu tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että työpisteeltä poistetaan ne esineet ja asiat, joita ei tarvita käsillä olevaan työhön. Kaikki ylimääräinen siis poistetaan. Työkalut voidaan jakaa tässä kohdassa kolmeen kategoriaan. Työkaluihin, joita käytetään usein, harvoin tai ei ollenkaan. Työkalut, joita ei käytetä ollenkaan, poistetaan työpisteeltä. Ne, joita käytetään harvoin, voidaan poistaa työpisteeltä, mutta niille täytyy suunnitella paikka, josta ne voidaan tarpeen tullen hakea käyttöön ja työkalut, joita käytetään usein, tulee olla helposti saatavissa. (Santos, Wusk & Torres, 2006,151)
- Järjestäminen. (Store, Seiton) Järjestetään paikka työkaluille ja kaikki tulee olla omilla paikoillaan ja asianmukaisesti merkittynä. Tarpeellisten asioiden tulee olla oikeilla paikoillaan ja helposti saataville, niin että niiden käyttö on helppoa, nopeaa ja ne voidaan helposti palauttaa omille merkityille paikoilleen. Osien ja materiaalien noudon tulisi olla mahdollisimman esteetöntä ja tehokasta, pitäen mielessä tehokkuus, turvallisuus ja ergonomia.
- Puhdistaminen. (Shine, Seiso) Työalue pidetään järjestyksessä ja siistinä. Puhdistetaan kaikki käytettävät laitteet ja työkalut sekä luodaan järjestelmä, että työpiste, työkalut ja laitteet pysyvät siistinä ja hyvässä kunnossa.
- Standardisoiminen. (Standardize, Seiketsu) Standardisointi liittyy aiempaan kolmeen ensimmäisen portaaseen, mutta kaikkein vahvimmin se liittyy edelliseen. Luodaan siisteystaso, jotta työpiste tai -alue saadaan pidettävä järjestyksessä ja asiat oikeilla paikoillaan. Tee visuaalinen ja selvä standardi. Tästä on hyvä myös luoda visuaalisia tauluja ja ohjeita, jotta muutkin tietävät missä asioiden oikea paikka on.

- Sitoutuminen. (Sustain, Shitsuke) Sitoutuminen tarkoittaa sitä, että oikeisiin ja luotuihin toimintatapoihin sitoudutaan ja niitä ylläpidetään. Se tarkoittaa sitä, että 5S menetelmää harjoitetaan niin kauan, että siitä tulee rutiinia. Tämä on vaikein ja arvokkain osa 5S:ssä ja jos se ei toteudu, niin muutkin osiot kaatuvat.

Tämä viimeinen vaihe eli sitoutuminen/seuranta on hankalin toteuttaa. 5S:n tavat tulisi saada pysymään pysyvästi jokapäiväiseen arkeen. 5S:stä ei ole juuri hyötyä, jos menetelmä jää kertaluonteiseksi suoritteeksi. (Jääskeläinen, 2020.) Yleisin syy 5S-menetelmän käyttöönottoon on, että juuri tästä seurannasta tehdään liian haastavaa. Paperinen seuranta tuo lisää työtä ja työvaiheita ja tämä ei houkuttele työntekijää toimimaan 5S:n mallin mukaan ja työpöytä pysyy epäsiistinä. Paperinen seuranta jää usein vain 5S auditoijan henkilökohtaiseen käyttöön ja sen jakaminen kaikille vaatii lisää työtä. Näin seurannan hyödyt jäävät useimmilta havaitsematta ja koko seuranta unohtuu. (Opas 5S-menetelmän digitalisointiin, julkaisuaika tuntematon.)

Seuranta tulisikin toteuttaa Jääskeläisen (2020.) mukaan seuraavasti:

- Näyttämällä esimerkkiä. Esimerkin näyttäminen on kaikista parhain keino. Myös vastaavasti huonoa esimerkkiä näyttämällä mikään ei tee 5S menetelmän toteutusta yhtä tyhjäksi kuin huono esimerkki.
- Ottamalla 5S osaksi työkuultuuria. Positiivisista kokemuksista tulisi nostaa esille ja onnistumisista tulisi palkita. Siivoaminen kotona ja työpaikalla on mukavampaa, kun tavaroita on vähemmän tiellä.
- Sitouta ihmiset. Kaikkien tulisi hyväksyä muutokset ja päätösvalta tulisi antaa työryhmille. Hyvin motivoituneet henkilöt tekevät työstä tehokkaampaa, parantaa viihtyvyyttä ja yleistä työkuultuuria. Omaan työpisteeseen vaikuttaminen antaa työntekijälle päätösvaltaa ja tämä parantaa työssä viihtymistä.
- Jokainen ottaa vastuuta. Kaikki saavat luvan kyseenalaistaa tehtäviä asioita, ja samalla kaikki voivat puuttua toimimattomiin tapoihin.

## 6.5 Spagettikaavio

Spagettikaavio on yksi lean-työkaluista, jossa pohjapiirroksen merkityt viivat edustavat kuljettua matkaa, jonka työntekijä kulkee suorittaessaan hänelle määrättyä tehtävää. (Coutinho, 2021.) Spagettikaavion avulla voidaan visualisoida, analysoida ja optimoida etäisyyksiä (kuva 7.) Hyöty etäisyyksien optimoinnista saavutetaan, joko nopeampana materiaalin kuljetuksena tai saman kuljetuksen tekemisenä pienemmällä vaivalla. (Rosen, 2015.)



KUVA 7. Esimerkkikuva spagettikaaviosta. (Rosen, 2015.)

Spagettikaavio on hyödyllisin silloin, kuin määritetään reittiä, jonka ihminen on kulkenut. Spagettikaavion tekemiseen tarvitaan vain tuotannon layout, kynä ja joku tarkkailtava henkilö. Hyviä apuvälineitä ovat myös mittanauha ja sekuntikello. Spagettikaaviota tehdessä, seurataan luonnollisesti sen ihmisen liikkumista, kenestä kaavio tehdään. Tyypillisen työpäivän aikana, ihmistä seurataan ja tarkkaillaan häntä hänen normaalissa työssään. Kun tarkkailu aloitetaan, aloitusaika otetaan ylös. Työntekijän liikkuaessa hänen kulkema matka merkataan kynällä layouttiin, jonka hän kulkee työtiloissa työsuoritusta tehdessään. Työntekijän kaikki liikkumiset kuten jonkun asian etsimiset, virheiden takia kulkeminen tai muun tyyppinen hukka merkitään layouttiin. Myös muistiinpanoja voi merkitä spagettikaavioon. Työpäivään liittymättömiä, kuten wc-taukoja ei tarvitse merkitä kaavioon. Spagettikaavion tekemiseen ei ole kuitenkaan varattu mitään tiettyä aikaa. Kun, tarkkailu on päättynyt, lopetusaika otetaan ylös. Mikäli työpäivän aikana on taukoja, myös tauot on merkattava muistiin. (Rosen, 2015.)

Spagettikaavio ei kuitenkaan yksin ole optimisointikeino. Se antaa vain tietoa nykytilanteesta, minkälaisia etäisyyksiä työntekijä liikkuu tarkkailtavana aikana. Matkojen mittaaminen tai askelmittaria voidaan käyttää keinona mitata liikkumista työpäivän aikana. Yhden askeleen pituus on noin 70 senttimetriä. (Rosen, 2015.)

Spagettikaavio on siis kuva nykytilanteesta ja sen todellinen arvo tulee esiin, kun parannukset tehdään ja se toistetaan. Parannuskeinot, joita on hyvä miettiä ovat Rosenin (2015.) mukaan seuraavanlaisia:

- Tuo tarvittavat osat lähemmäksi työpistettä
- Järjestele koneet tai prosessit uusiksi, jos mahdollista lähemmäksi toisiaan.
- Yksinkertaista prosessit, kuten merkitse osien sijainnit selkeästi. Tarvittaessa osan sijainnin voi merkitä jo kasausoheeseen, jos sellainen on.

- Määritä voiko jonkin asian tehdä elektronisesti, älä kävele vain katsomaan jotain, jos sen voi tehdä esimerkiksi kameran avulla.
- Voiko työkalut tuoda lähemmäksi, voiko jonkin automatisoida, voiko jonkin työvaiheen eliminoida?
- Vähennä työkalujen ja materiaalien etsimiset, odottelut ja muut häiriöt normaalin työnteon aikana.

Kun parannukset ovat tehty, on spagettikaavio tehtävä ehdottomasti uudelleen, jotta huomataan, onko parannuksista ollut hyötyä. (Rosen, 2015.)

## 7 HUKKA JA SEN MUODOT

Lean ajattelu tähtää siihen, että turha hukka poistetaan työhön kuuluvista prosesseista. Kuten aiemmin on todettu, hukka on kaikkea sitä mikä ei lisää arvoa asiakkaalle. Toisin sanoen, hukka on kaikkea sitä mistä asiakas ei halua maksaa. TPS:n kehittäjän Taichii Ohnon listaamat hukan muodot olivat kuljettaminen, varastot, liikkeet, odottaminen, ylituotanto, yliprosessointi ja viat. Myöhemmin tähän listaan on lisätty myös lahjakkuus tai taito. (Skhmot, 2017.) Hukkaa tarkastellessa on syytä muistaa, että leanissa tavoitteena on usein arvon lisääminen ja tuotteiden läpimenon kasvattaminen. Hukka on keino nostaa ongelmat esiin mitkä estävät tähän tavoitteeseen pääsyä. (Piirainen, 2014.)

### 7.1 Kuljettaminen

Kuljettaminen käsittää ihmisten, työkalujen, varastojen, laitteiden tai tuotteiden kuljettamisen kauemmaksi kuin on tarve. Liikat kuljetukset voivat johtaa tuotteessa käytettävien materiaalien tai itse tuotteen vahingoittumiseen. Lisäksi turhat kuljetukset tarkoittavat usein ylimääräistä työtä. Tehtaissa materiaalien tulisi olla helposti saatavissa ja tuotteiden sijoitus tulisi miettiä niin, että asioita ei tarvitse kuljettaa edes takaisin. (Skhmot, 2017)

### 7.2 Varastot

Yhtenä hukan muotona esitetään myös varastot. Usein ajatellaan, että iso varasto on etu ja tavaran-toimittajat antavat alennuksia isoihin tavaratilauksiin, niin isompi varasto voi olla hankala ylläpitää ja se voi johtaa materiaalien vahingoittumiseen, isompaan läpimenoaikaan tai tehottomaan pääoman jakamiseen. Ylisuuret varastot voivat aiheutua ”yliostamisesta” tai tuottamalla enemmän tuotteita kuin asiakas tarvitsee. Liialliset varastot estävät myös tuotannosta johtuvien vikojen huomaamista, sillä vikoja ei huomata heti ison varaston takia. Tuotannossa isot varastot voivat johtaa siihen, että tuotteita on valmistettu enemmän kuin tarvitaan, ylimääräiset materiaalit vievät työtilaa ja valmiita tuotteita ei saada heti myydyksi, joten nämäkin vievät tilaa. Isoja varastoja voidaan välttää viisaasti ostamalla, vähentämällä puskureita tuotannossa tai luomalla järjestelmä estämään ylituotantoa (Skhmot, 2017)

Varastojen kohdalla on syytä huomata, että jos ne ovat kertyneet prosessien myötä turhan isoiksi, silloin ne voidaan poistaa, mutta se ei lisää suoraan tuottavuutta, vaan se tuo arvoa yritykselle ei asiakkaalle. Pienet varastot tuovat lisää tilaa, mutta tämä lisätila on lähes aina taloudellisilta vaikutuksilta pienempi kuin läpimenoajan kasvattaminen. (Piirainen, 2014.)

### 7.3 Liikkeet

Liikkeissä hukkana käsitetään kaikki ylimääräiset ihmisten, koneiden tai laitteiden liikkeet. Tähän kuuluu, kävely, nostaminen, kurottaminen, kyykistyminen ja muu turha liikkuminen. Kaikki tehtävät, joissa on turhaa liikettä, tulisi suunnitella uudelleen. Tuotannossa turha liike käsittää kaikki toistuvat liikkeet, jotka eivät lisää arvoa asiakkaalle, materiaalien kurottelut, kävely hakemaan työkalua tai materiaalia ja tuotteen uudelleen käsittely. Tätä voidaan välttää hyvällä työpisteen organisoinnilla, sijoittamalla laitteet lähelle tuotantopistettä ja laittamalla materiaalit ergonomisesti, joka vähentää kurkotteluja ja kyykistymisiä. (Skhmot, 2017)

#### 7.4 Odottaminen

Odottaminen hukkana tarkoittaa, että ihmiset odottavat materiaaleja tai laitteita tai koneet eivät ole käynnissä. Odottaminen johtuu usein tuotantopisteiden epätasaisuudesta, joka voi johtua liiallisesta varastosta tai ylituotannosta. Tuotannossa odotus voi olla materiaalin odottelua, ohjeiden odottamista tai sitä, että laitteiden vapautumista tarvitsee odottaa. Turhaa odottamista voidaan välttää suunnittelemalla tuotanto niin, että jonotusta ei synny, työkuorman tasaaminen standardi työhajeilla ja työntekijöiden kouluttamisella niin, että työntekijät voivat helposti vaihtaa omaa työtehtäväänsä tarpeen mukaan. (Skhmot, 2017)

#### 7.5 Ylituotanto

Tuotetaan tarpeettomasti tuotteita, kun niitä ei tarvita ja suurempia määriä kuin on tarve. (Santos, Wysk & Torres, luku 1, 2006) Voi olla houkuttelevaa valmistaa niin monta tuotetta kuin mahdollista kun työntekijällä on aikaa tai valmistukseen vaadittava kone on vapaana. Tuotteen valmistaminen niin sanotusti varmuuden vuoksi johtaa lukuisiin ongelmiin. Ylituotanto estää tuotannon sujuvan virtauksen, lisää varastokustannuksia, lisää tuotantokustannuksia ja lisää joissain tapauksissa läpimenoaika. Lisäksi ylituotanto todennäköisesti aiheuttaa sen, että tuotemäärät tai itse tuote ei ole asiakkaantoivomuksen mukainen tapauksen mukaan. Ylituotantoa voidaan ehkäistä asennusaikoja lyhentämällä, jolloin valmistettavien tuotteiden erät voidaan pitää pienenä tai niin, että valmistaminen käynnistyy vasta kuin tuotetta tarvitaan (Skhmot, 2017).

#### 7.6 Yliprosessointi

Yliprosessointi tarkoittaa, että tehdään liikaa töitä, asennetaan enemmän komponentteja tai tuotteen valmistuksessa on liikaa vaiheita kuin on tarve. Tuotannossa tämä voi tarkoittaa liian tarkkojen laitteiden turhaa käyttämistä, tuotteessa on komponentteja, joiden ominaisuuksia ei välttämättä tarvita, ylianalysointia, tuotteen uudelleen kokoamista asennuksen jälkeen, tuotteessa on ylimääräisiä ominaisuuksia, joita ei tarvita. Yksi keino ehkäistä yliprosessointi on työn vaatimuksien ymmärtäminen asiakkaan näkökulmasta. Asiakas tulisi pitää aina mielessä työtä aloittaessa. Tuota laatua ja pyri täyttämään asiakkaan odotukset ja tee tuotetta vain tarvittava määrä. (Skhmot, 2017)

#### 7.7 Viat

Viat ilmenevät, kun tuote ei ole sopiva käyttöön. Tyypillisesti tämä johtaa siihen, että tuote heitetään roskiin tai tuotetta joudutaan uudelleen käsittelemään. Molemmat ovat hukkaa ja lisäävät vain kustannuksia tuomatta mitään arvoa asiakkaalle. Vikoja voidaan välttää, etsimällä yleisin vika ja keskittymällä siihen. Kehittämällä prosessi, joka huomaa epänormaaliudet ja tuotantoon ei hyväksytä mitään materiaaleja, joissa on havaittu jotain epänormaalia. Prosessi tulisi myös suunnitella uudelleen niin, että vikoja ei enää ilmene. Standardisoitu työ myös turvaa johdonmukaisen valmistusprosessin, jossa ei ilmene vikoja. (Skhmot, 2017)

#### 7.8 Taito

Taito hukkana, ei ole osa Toyotan kehittämää Toyota Production Systemiä, mutta usein hukkana pidetään myös ihmisten potentiaalinen hukkaamista. Sitä voidaan myös kuvata ihmisten lahjojen käyttämättömyytenä. Tämä hukka ilmenee usein, kun organisaatio erittelee työnjohtajat työntekijöistä.

Näissä organisaatioissa työnjohdon tehtävänä on suunnitella, organisoida, kontrolloida ja innovoida tuotannon prosesseja. Työntekijöiden tehtävä on yksinkertaisesti seurata ja toteuttaa näitä ohjeita kuten on suunniteltu. Mikäli työntekijöiden tieto ja taitoa ei hyödynnetä, työprosesseja on hankala parantaa. Tämä perustuu siihen, että ne työntekijät, jotka toteuttavat työprosesseja, huomaavat niissä helpoiten ongelmia ja keksivät näihin toimivan ratkaisun. Tuotannossa tämä hukka ilmenee usein niin, että työntekijät on huonosti koulutettu, he eivät tiedä kuinka laitteita käytetään tehokkaasti, eikä heitä välttämättä haasteta miettimään, kuinka työ voitaisiin tehdä tehokkaammin. (Skhmot, 2017.)



## 8 KOKOONPANOPISTEEN SUUNNITTELU

Työn tavoitteena oli suunnitella uusi Saildrive-vetolaitteiden kokoonpanopiste tuotannon uusiin tiloihin lean-työkaluja apuna käyttäen. Kokoonpanopiste tulisi olla valmis kesäkuun 2022 aikana. Tuotannon tehokkuus ja hukan vähentäminen olivat keskeisiä tavoitteita työpistettä suunniteltaessa. Tuotannon tehokkuuden mittaamiseen käytettiin valmistukseen menevää aikaa ja tämän lisäksi tuotteen kokoonpanosta tehtiin spagettikaavio vanhassa ja uudessa työpisteessä, jotta voitiin verrata arvoa tuottamattoman eli ylimääräisten liikkeiden määrää uudessa ja vanhassa työpisteessä. Prosessi toteutettiin PDCA-mallin mukaisesti. Aluksi luotiin suunnitelma, se toteutettiin, tarkastettiin tulokset ja sen perusteella tehtiin muutokset.

### 8.1 Saildrive

Purjeveneissä käytetään työntövoiman aikaansaamiseksi purjeiden lisäksi usein vetolaitetta, joka toimii sähköllä tai polttomootorilla. Vetolaite voidaan sijoittaa veneen perälle, rungon ulkopuolelle tai rungon sisään. Mikäli moottori sijoitetaan rungon sisään, voidaan voima tuoda potkurille rungon ulkopuolelle Saildrive-tyyppisellä vetolaitteella. (Kujala, 2012, 1) Mekaanisena laitteena Saildriven toimintaperiaate on melko yksinkertainen. Moottorin voima välittyy pinionakseliin, pinionakseli välittää voimaan kartiohammaspyörällä potkurinakseliin ja potkuriakseli pyörittää nimensä mukaisesti potkuria, saaden aikaan työntövoiman. Oceanvoltin Saildrive rungon pituus on noin 45 cm ja painoa valmiilla tuotteella on noin 10,8 kilogrammaa. (kuva 8.) Saildriven mitat ja kokoonpanon räjäytyskuva on esitetty liitteessä 1.



KUVA 8. Valmis Saildrive-vetolaite. (Kolehmainen 2022.)

Saildrive on monelta osin perinteinen manuaalinen kokoonpano. Se koostuu 19 eri osasta ja sen kokoaminen tapahtuu tuotannon tiloissa pääasiallisesti yhdessä kokoonpanopaikassa työpöydän äärellä. Saildrive kootaan varta vasten sille suunnitellussa kokoonpanotelineessä, joka on kiinnitetty työpöytään pulteilla. Saildriven kokoaminen tapahtuu yleisillä käsityökaluilla ja muutamalla erikoiskäsityökalulla, jotka on suunniteltu saildriven valmistuksessa käytettäväksi.

Saildrive muodostuu kahdesta osakokoonpanosta, jotka ovat laakeroitu pinionakseli ja potkuriakseli. Potkuriakseliin on liitetty kartiohammaspyörä jo laakerointi vaiheessa, pinionakseliin kartiohammaspyörä asennetaan, kun se on kiinnitetty runkoon. Kartiohammaspyörien kosketuspinta ja välys säädetään sopivaksi säätölevyjen avulla. Säätölevyjen määrittäminen on usein ajallisesti isoin työvaihe, koska sopiva säätölevyjen määrä selvitetään kokeilemalla. Tämä työvaihe taas voi olla ajallisesti todella nopea tai aikaa vievä, riippuen miten säätölevyjen määrittäminen onnistuu. Säätölevyt määritetään ”yrityksen ja erehdyksen” kautta. Kun hammaskosketus ja siinä oleva välys on sopiva, voidaan kartiohammaspyörä liimata pinionakseliin ja liiman kuivumisen jälkeen saildrivelle voidaan suorittaa koeajo. Mikäli koeajo sujuu ongelmitta, se voidaan viimeistellä. Saildrive kokoonpanon työvaiheet on esitetty tarkemmin kuvien liitteessä 2. Työvaiheet voidaan karkeasti jaotella seuraaviin vaiheisiin:

- Rungon valmistelu ja laakerointi
- Potkuriakselin laakerointi
- Pinionakselin laakerointi
- Hammaskosketuksen ja välyksen säätäminen oikeanlaiseksi säätölevyillä
- Liimaus
- Viimeistely

## 8.2 Lähtötilanne

Työ aloitettiin tutustumalla ensiksi työpisteeseen. Työpistettä tarkasteltaessa huomattiin, että nykyinen työpiste on sekava ja ahdas. Saildrive kokoonpanoon tarvittavat osat oli sijoitettu työpisteeseen sekavasti ilman järjestelmällisyyttä. Saildrive työpöydän alle oli sijoitettu testiakkuja ja niiden laturi, joiden kaapeleita joutui väistämään työpöydän ääressä työskennellessä. (kuva 9.)



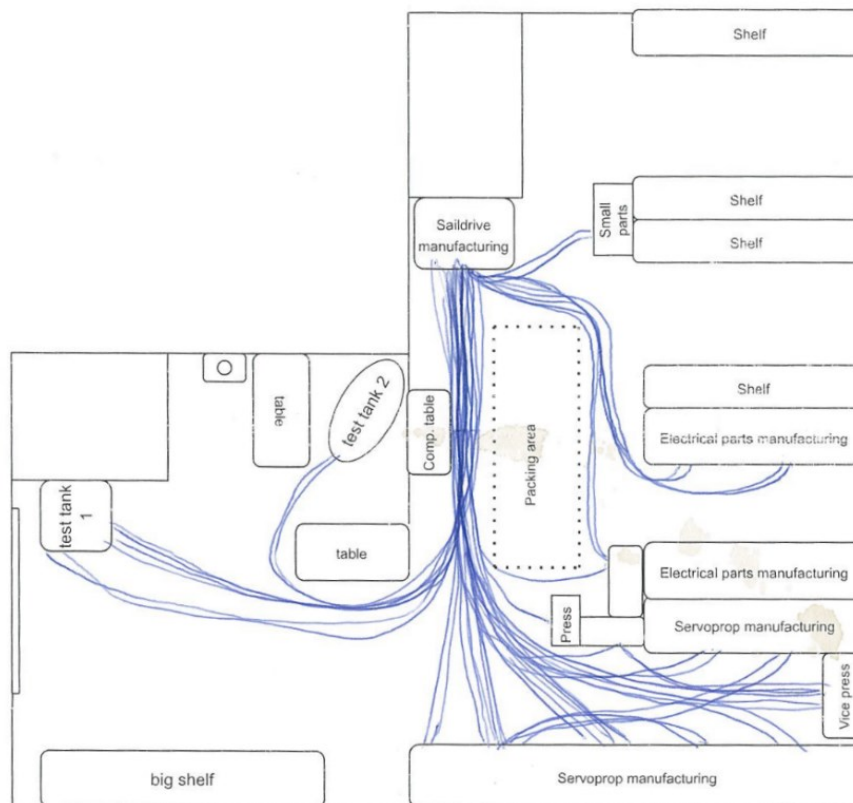
KUVA 9. Saildrive-tuotantopiste alussa. (Kolehmainen 2022.)

Osalle Saildrive-tuotantopisteen työkaluista oli määritelty paikka, mutta osalle ei. Pöydälle oli työkaluja, joita ei tarvittu saildriven kokoamiseen ja osalle työkaluista, joita tarvittiin ei ollut pöydällä. Tämä lisäsi työpisteen epäsiisteyttä ja tärkeän työkalun puuttumista ei edes välttämättä havainnut heti, koska sille ei ollut merkittyä paikkaa työpisteellä (kuva 10.) Tästä aiheutui työkalujen etsimistä ja osien järjestelyä eli tyypillistä hukkaa, jota tulisi minimoida.



KUVA 10. Saildrive-tuotantopisteen työkalut alussa. (Kolehmainen 2022.)

Hukan mittaamiseksi Saildriven valmistuksesta tehtiin spagettikaavio, jossa selvitettiin, miten paljon kokoonpanija joutuu liikkumaan työpöydän äärestä eli miten paljon liikehukkaa syntyy. Spagettikaavio tehtiin merkitsemällä kokoonpanijan liikkeet layouttiin (kuva 11.) ja asentajalla oli askelmittari, joka mittasi kuljettua matkaa kokoonpanon aikana. Spagettikaavio toteutettiin Rosenin (2015) mallin mukaan.



KUVA 11. Spagettikaavio työpisteessä ennen muutosta. (Kolehmainen 2022.)

Suurin osa spagettikaavion viivoista on osien ja työkalujen etsimistä sekä osien hakemista eri puolilta tuotantotilaa. Runsas liikkuminen ympäri tuotantotilaa johtui siitä, että kaikille työkaluille ei ole varattu saildrive työpöydälle omaa paikkaa tai joitain osia on säilytetty muualla kuin Saildrive tuotantopisteellä, missä niitä olisi myös tarvittu. Lisäksi joitain tarvittavia työkaluja on ollut vain yksi kappale koko tuotannossa ja työkaluja on jouduttu lainaamaan tuotantopisteiden kesken.

Tehokkuuden mittaamiseen käytettiin läpimenoaikaa, eli kuinka kauan kokoonpanijalta kuluu aikaa valmistaa yksi valmis tuote. Taulukkoon (Taulukko 1.) on eritelty Saildriven valmistuksessa olevat työvaiheet ja työvaiheen aikana tehdyt liikkumiset askeleina sekä metreinä. Taulukosta huomataan, että säätölevyjen määrittämisessä sopivaksi kuluu eniten aikaa, mutta tällöin on tarvinnut liikkua kolmanneksi vähiten työvaiheista. Eniten aikaa on kulunut potkuriakselin laakerointiin, jossa on myös syntynyt eniten liikehukkaa.

TAULUKKO 1. Saildriven valmistamiseen kulunut aika ja matka (Kolehmainen 2022.)

Työvaiheet	Kulunut aika /min	Askeleet	Metrit
Rungon valmistelu ja laakerointi	22	11	8
Potkuriakselin laakerointi	31	297	208
Pinionakselin laakerointi	7	151	106
Säätölevyjen määrittely	50	78	55
Liimaus	24	107	75
Viimeistely	8	20	14
<b>Yhteensä:</b>	<b>142</b>	<b>664</b>	<b>465</b>

Taulukon (1.) perusteella huomataan, että kun kokoonpanija ryhtyy valmistamaan yhtä saildriveä, hän joutuu kulkemaan 465 metrin matkan ja aikaa yhden saildriven valmistukseen kuluu 142 minuuttia eli 2 tuntia ja 22 minuuttia. Huomattavaa on, että jokaisessa vaiheessa kokoonpanijan täytyy liikkua edes vähän tehdäkseen, jonkun vaiheen valmiiksi. Taulukko selvensi missä työvaiheissa syntyy eniten liikehukkaa ja sen perusteella voitiin miettiä miten hukkaa missäkin vaiheessa voitaisiin vähentää esimerkiksi lisätyökaluilla ja työpisteen parannuksilla.

### 8.3 Uuden tuotantopisteen suunnittelu

Uudella työpisteellä tavoitteena oli vähentää liikehukan määrää järjestelemällä työpiste lean-työkaluja käyttäen niin, että työskentely työpisteellä olisi mahdollisimman toimivaa, tehokasta ja jouhevaa. Aiemmin tehtyä spagettikaaviota käytettiin pohjana muutoksille ja työpistettä suunniteltaessa jokainen Saildriven kokoonpanon työvaihe yksilöitiin ja mietittiin jokaisessa työvaiheessa tarvittavat osat ja työvälineet. (kuva 12.) Näin pyrittiin varmistamaan, että työpisteessä olisi saatavilla kaikki työvaiheissa käytetyt työkalut, mitä aikaisemmin työpisteellä ei ollut. Tarvittavat osat ja työvälineet pyrittiin sijoittamaan työpöydälle tai sen läheisyyteen.

Mitä tarvitaan potkuriakselin laakerointiin	Tilanne ennen	Mitä tehdään	Tilanne nyt
<i>kartiohammaspyörät</i>	Osien säilytyspiste on toisella työpisteellä	Jaetaan osat toisen työpisteen kesken.	Osia on saatavilla saildrivetyöpisteellä
<i>asetoni</i>	Asetonia säilytetty eripaikassa	Tehdään työpisteelle paikka asetonipulloa varten	Asetonia on saatavilla saildrivetyöpisteellä
<i>Loctite 638</i>	Loctiteä on työpisteellä	Merkataan loctitelle paikka työpisteelle	Loctiteä saatavilla
<i>lämpöpuhallin</i>	lämpöpuhaltimia on ollut vain yksi ja sitä on säilytetty työkaluhyllyssä.	Hankitaan toinen lämpöpuhallin ja merkataan sille paikka saildrivetyöpisteelle	Työpisteellä on lämpöpuhallin.
<i>lämpösuojahanskat</i>	Lämpösuojahanskoja on säilytetty työkaluhyllyssä.	Tehdään lämpösuojahanskoille merkattu paikka työpisteelle.	Lämpösuojahanskat ovat saatavilla saildrivetyöpisteellä.
<i>puhdistusliinoja</i>	Puhdistusliinoja on säilytetty eri työpisteellä.	Tuodaan puhdistusliinoja saildrivetyöpisteelle	Liinat ovat työpisteellä
<i>Hydrauliikkapuristin</i>	On sijannut n. 10 m päässä työpisteestä.	Puristinta ei ole järkevää tuoda lähemmäs, koska toisen tuotteen valmistuksessa sitä käytetään enemmän.	Tuodaan puristin mahdollisimman lähelle työpistettä. (nykyinen sijainti n.10 metrin päässä)
<i>Laakerit</i>	Laakereita on työpisteellä	Säilytetään laakerit työpisteellä.	Laakerit ovat työpisteellä.

KUVA 12. Esimerkki potkuriakselin laakeroinnissa tarvittavista työkaluista ja välineistä. (Kolehmainen 2022.)

Työpöydäksi on valittu Treston-merkkinen työpöytä, jonka korkeus on säädettävissä. Työtaso säädettiin 90 cm korkeuteen, kuten Ketola & Laaksonlaita (2004.) suosittelee, jotta työskentely työpöy-

dän ääressä olisi ergonomista. Treston työpöydät soveltuvat hyvin tuotantoon ja ovat helposti muokattavissa eri käyttötarkoituksiin. Lisäosilla työpöytiä voidaan muokata nopeasti soveltumaan eri käyttötarkoituksiin. (Treston, julkaisuaika tuntematon.) Työpöydässä on laatikosto, johon voidaan sijoittaa tietoa, kuten kasausohjeita tai muuta tietoa. Näin tieto on nopeasti ja helposti saatavilla. Työpisteen helppo muokattavuus eri tarkoituksiin ja tiedon saatavuus ovat lean työpisteen periaatteita. (Leskova, 2013, 31–36.)

Kokoonpano tapahtuu edelleen työpöydän edessä, mutta kokoonpanopiste ei ole U-mallinen. Tähän ratkaisuun päädyttiin siksi, koska tila on rajallinen. Tuotantotilat ovat isommat kuin aiemmin, mutta tilaan ei ollut mahdollista tehdä isoa kokoonpanotuotantosolua.

Isoimmat puutteet ja työn keskeytyksen syyt liittyivät työkalujen etsimiseen, osien sijoitteluun ja yleiseen siisteyteen. Työpisteeltä siivottiin kaikki ylimääräiset työkalut ja välineet pois, joita ei tarvita saildriven valmistuksessa 5S:n mukaisesti. Työpöydän alta poistettiin ylimääräiset tavarat, jotta työskentely työpisteen edessä olisi mahdollisimman vaivatonta ja turvallista 5S:n mukaisesti. (kuva 13.)



KUVA 13. Uusi Saildrive-tuotantopiste. (Kolehmainen 2022.)

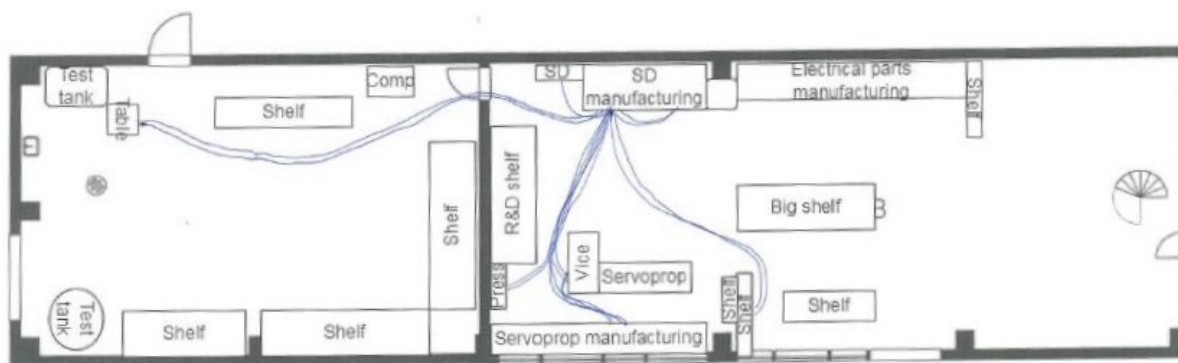
Jokaiselle työkalulle luotiin oma merkattu paikka, jotta työkalut löytyisivät helposti ja työkalun mahdollinen puuttuminen huomattaisiin mahdollisimman nopeasti. Eniten käytetyt työkalut ovat työkaluseinällä lähellä saildrive asennustelinettä, jotta niiden käyttö olisi mahdollisimman vaivatonta ja ergonomista. (kuva 14.) Myös tarvittavat osat ja ruuvit tuotiin työpisteelle omille paikoilleen laatikoihin, jotta kaikki saildriveen tarvittavat osat ja työkalut olisi työpisteellä. Työpisteellä olevat työkalut merkittiin tarralla, kuten Muelaner (2019.) suosittelee. Myös pienosalaatikoihin laitettiin tarrat, jotta jokainen työpisteen käyttäjä pystyy lukemaan laatikosta selkeästi mitä pienosia siinä säilytetään.

Tämä vähentää turhaa liikkumista työpisteeltä pienosahyllylle, josta aiemmin jouduttiin hakemaan kaikki pienosat. Osia on varastoitu työpisteelle reilusti, jotta osat eivät lopu kesken työvuoron. Materiaalin täydennys työpisteelle toteutetaan aina työpäivän päätteeksi, kuten työpisteen siivous. 5S:n mukainen siisteyden seuranta toteutetaan työpisteellä vastuuttamalla ja motivoimalla työpisteen käyttäjä/käyttäjät pitämällä työpöytä siistinä ja seuraamalla 5S:n toteutumista.



KUVA 14. Uuden Saildrive-tuotantopisteen työkalut. (Kolehmainen 2022.)

Tehtyjen parannusten jälkeen uusissa tuotantotiloissa tehtiin saildriven valmistuksesta uusi spagetti-kaavio. Spagettikaavion teko toteutettiin samalla tavalla kuin ensimmäinen mittaus. Kokoonpanijalla oli askelmittari ja jokaisesta työvaiheesta mitattiin aika, kuljettu matka askeleina ja metreinä. (kuva 15.)



KUVA 15. Spagettikaavio uusissa tiloissa. (Kolehmainen 2022.)



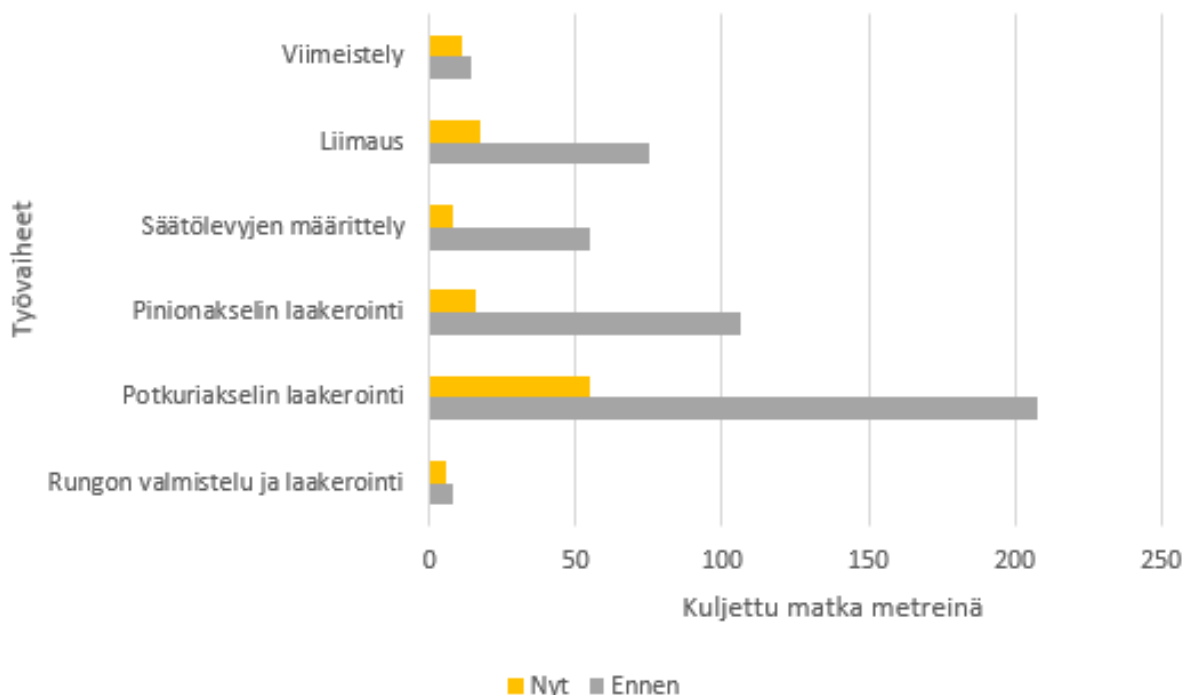
Kun uutta spagettikaaviota verrataan aiempaan spagettikaavioon (kuva 11.) huomataan kuinka viivat ovat selkeästi vähentyneet. Viivat liittyivät edelleen työkalujen hakemisiin tai jonkun tietyn työvaiheen suorittamisessa tarvittavaan välineistöön, kuten hydraulikkapuristimen käyttöön. Liikkeet ovat nyt kuitenkin yksilöitävissä, eikä edes takaisin liikkumista ympäri tuotantotilaa juuri esiinny. Taulukkoon (2.) on kerätty yhden saildriven valmistukseen kuluva aika, matka askeleina ja metreinä uusissa tuotantotiloissa uudella työpisteellä.

TAULUKKO 2. Saildriven valmistamiseen kulunut aika ja matka parannusten jälkeen (Kolehmainen 2022.)

Työvaiheet	Kulunut aika /min	Askeleet	Metrit
Rungon valmistelu ja laakerointi	10	8	6
Potkuriakselin laakerointi	17	78	55
Pinionakselin laakerointi	5	23	16
Säätölevyjien määrittely	68	11	8
Liimaus	10	24	17
Viimeistely	5	16	11
<b>Yhteensä:</b>	<b>115</b>	<b>160</b>	<b>112</b>

#### 8.4 Yhteenveto

Työpisteen uudelleen suunnittelulla ja parannuksilla saatiin vähennettyä liikkumista Saildriven valmistuksessa tuotantotiloissa 664 askeleesta 160 askeleeseen. Toisin sanoen, aiemmin kuin työ on aloitettu, liikettä on kertynyt 465 metriä ja nyt vain 112 metriä. Myös ajallisesti saildriven kokoonpano tehostui 2 tunnista 2 minuutista, yhteen tuntiin ja 45 minuuttiin. Eri työvaiheiden välillä olevat parannukset näkyvät metreinä ja askeleina kuvassa (16.) ja ajallisesti kuvassa (17.) Ajallisesti läpimenoaika tehostui 13,9 % ja otetut askeleet kokoonpanon aikana väheni, jopa 75,9 %.

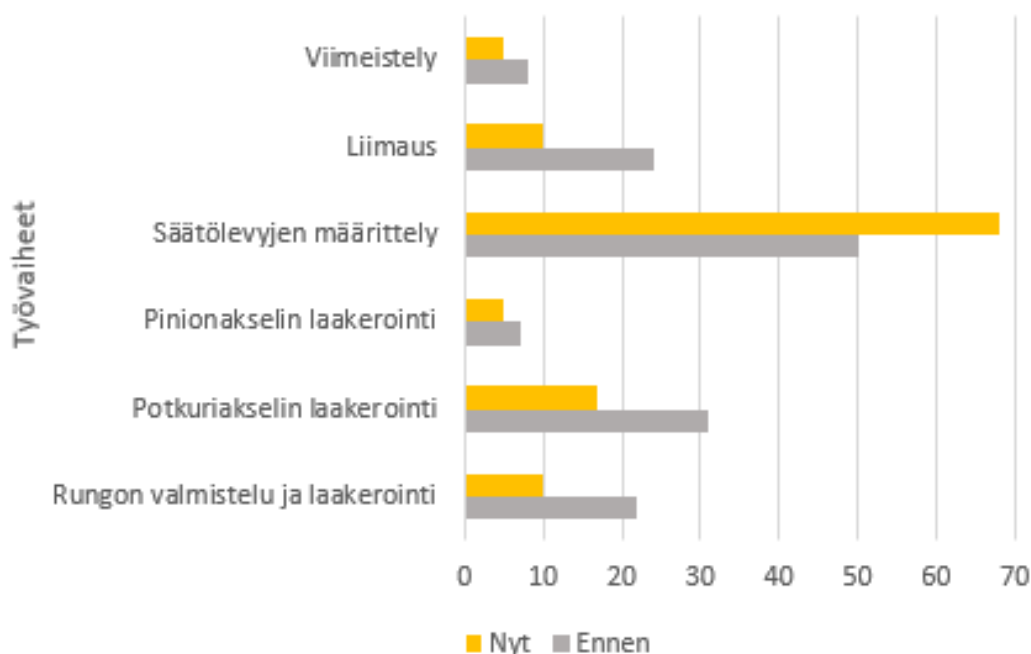


KUVA 16. Muutokset kuvattuna metreissä. (Kolehmainen 2022.)

Tehokkaimmin liikettä saatiin vähennettyä liimauksessa, pinionakselin ja potkuriakselin laakeroinnissa sekä säätölevyjen määrittelyssä. Liimausvaiheessa saatiin vähennettyä hukkaa sijoittamalla liimauspiste saildrive tuotantopisteen viereen, kun ennen se on sijainnut toisella puolella tuotantotilaa. Tämä mahdollistaa sen, että kokoonpanijan ei tarvitse liikuttaa osia edes takaisin tuotantotilassa, joka on klassista liikehukkaa ja ylimääräistä työtä.

Pinionakselin ja potkuriakselin laakeroinnissa sekä säätölevyjen määrittelyssä saatiin vähennettyä liikettä huomattavasti työkalujen ja osien sijoittelulla, kuten kuvassa 12. on esitetty. Jokainen työvaihe eriteltiin ja siinä tarvittavat osat ja työkalut tuotiin työpisteelle tai mahdollisimman lähelle työpistettä ja markatuille paikoille.

Alla olevassa kuvassa (13.) on nähtävissä kulunut aika eri työvaiheissa vanhassa työpisteessä ja kuinka kauan työvaiheisiin kului aikaa uudessa työpisteessä. Kuten kuvasta näemme, on kokoonpano nopeutunut, joka vaiheessa paitsi säätölevyjen määrittelyssä. Kun työvaiheeseen kulunutta aikaa verrataan työvaiheen aikana kuljettuun matkaan, huomataan kuitenkin, että liikehukka on työvaiheessa vähentynyt selvästi, vaikka vaiheeseen kulunut aika on kasvanut. Työvaihe on kuitenkin luonteeltaan sellainen, että joihinkin runkoihin säätölevyjen oikean määrän määrittely on hankalampaa ja kestää kauemmin kuin toisiin, joten ero työvaiheen kestossa selittyy tällä.



KUVA 17. Muutokset kuvattuna minuuteissa. (Kolehmainen 2022.)

## 8.5 Jatkokehitysideat

Demingin ympyrän mukaisesti kaikella toiminnalla on oltava rakenne ja runko (Petersson ym. 2018, 91), jonka perusteella myös tätä saildrive työpistettä suunniteltiin. Suunnittelussa spagettikaavio oli hyvä työkalu, jonka perusteella pystyi havaitsemaan liikehukan määrän, eli mihin muuhun aikaan kuuluu kuin arvoa tuottavaan työhön. Lisäksi spagettikaavio antoi mittarin, jolla hukkaa pystyi konkreet-

tisesti seuraamaan. Spagettikaavio tehtiin saildriven valmistuksen alkaessa uudessa ja vanhassa työpisteessä yhden kerran. Näin ollen otoskoko ei ole kovin suuri, mutta työn tavoitteena oli mitata valmistusaikaa vanhassa työpisteessä mahdollisimman normaalissa ajassa. Olisikin perusteltua seurata valmistusaikoja uudessa työpisteessä, jotta valmistusajoista saataisiin enemmän tietoa, onko työ tehostunut eli valmistusajat lyhentyneet.

Jatkokehitysideoita miettiessä helpointa on lähteä liikkeelle tutkimalla uusinta spagettikaaviota ja miettimällä mitä parannuksia sen perusteella voidaan tehdä. Kun tutkitaan uusinta spagettikaaviota (kuva 11.) huomataan siinä edelleen yksittäisiä viivoja, jotka johtuvat siitä, että jotain työkalua ei ole kuin yksi kappale ja tätä joudutaan lainaamaan, tai joitakin työvaiheissa tarvittavia välineitä ei ole kuin tietyssä paikassa. Yksinkertaisilla muutoksilla, esimerkiksi hankkimalla uusi ruuvipenkki työpisteen viereen ja hankkimalla yritykseen ylimääräinen infrapunalämpömittari työpisteelle, jolla voidaan mitata kartiohammaspyörän lämpötilaa potkuakseliin asennettaessa toisi lisää tehokkuutta ja tehostaisi työskentelyä. Muutosten jälkeen spagettikaavio tulee tehdä uudelleen, jotta huomataan, onko muutoksista ollut hyötyä.

Työn yhtenä tavoitteena oli saada aikaan mahdollisimman tehokas tuotantotyöpiste lean-työkaluja käyttäen. Tehokkuutta mietittäessä on myös hyvä pitää mielessä tuotteen kokoonpantavuus suunnitteluvaiheessa. Saildrivessä kartiohammaspyörien kosketusta säädetään säätölevyillä ja oikean säätölevyjen määrän määrittelyyn ei ole kehitetty luotettavaa mittausmenetelmää, joten työvaihe tehdään "yritys ja erehdys"-menetelmällä, joten tämän työvaiheen keston arvioiminen etukäteen on epätarkkaa. Työvaiheessa voi kestää mittausten perusteella 50–68 minuuttia. Työvaiheen kehittäminen on helppo nostaa ykköskohteeksi, sillä siinä kestää kauiten aikaa ja on selvää, että työpistettä parantamalla ei tätä työvaihetta saada nopeutettua.

## 9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda uusi Saildrive tuotantopiste Oceanvolt Oy:lle käyttämällä erilaisia lean-työkaluja. Työpisteen toimivuutta mitattiin mittaamalla saildriven kokoonpanoon kuluva aika sekä tekemällä spagettikaavio vanhassa ja uudessa työpisteessä, jotta myös hukkaa voitiin mitata konkreettisin keinoin.

Opinnäytetyön alussa käsittelen yleisesti kokoonpanoa, mitä se on ja kuinka sitä voidaan kehittää. Käyn lisäksi läpi mitä lean on yleisesti ja esittelen työn kannalta keskeisimmät käytössä olevat lean menetelmät. Työssä on kuvattu, millainen vanha työpiste oli ja millainen uusi on teoriaan pohjautuen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin Oceanvolt Oy:lle uusi lean-työkalujen avulla kehitetty toimivampi ja tehokkaampi työpiste, jossa hukan määrää on pyritty minimoimaan. Työpiste suunniteltiin yhdistelemällä eri lean-työkalujen menetelmiä ja pienillä muutoksilla Kaizenin mukaan. Mielestäni uusi työpiste osoittautui toimivaksi ja mittausten mukaan tehokkaammaksi kuin vanha työpiste, joten työpisteen kehittäminen oli onnistunut. Täytyy kuitenkin huomioida, että ei voida sanoa jonkun työpisteen olevan lean-työpiste vaan lean on prosessi, joka on jatkuvaa kehittämistä ja oppimista, mielentila. PDCA-menetelmän mukaan työpistettä voidaan aina kehittää.

Työpisteellä on suuri merkitys tuotteen kokoonpantavuudelle, mutta tuotteen suunnittelu määrittää kuitenkin lopulta sen kokoonpantavuuden. Kokoonpanon eri työvaiheisiin kuluneita aikoja seuraamalla tämä voidaan todeta helposti. Joten, voidaankin todeta, että hyvin suunnitellullakaan työpisteellä ei voida parantaa suunnittelun aikana tehtyjä päätöksiä tuotteen rakenteessa. Tämän perusteella voidaan siis sanoa, että mikäli läpimenoaikaa halutaan edelleen parantaa, on myös tuotteen rakenteeseen tehtävä muutoksia.

Työn suorittaminen oli mielestäni suoraviivainen prosessi, jossa auttoi se, että saildrive kokoonpano ja tuote oli minulle ennestään tuttu. Lean-työkaluihin tutustuminen tuki mielestäni ammatillista kehittymistäni ja ennen kaikkea spagettikaavio tarjosi hyvän työkalun, jolla voidaan mitata liikkumisen määrää työvaiheiden aikana. Oli mielenkiintoista huomata kuinka Kaizenin mukaisesti pienet muutokset voivat saada aikaan isoja muutoksia.

Mikäli jatkossa tulee tarve kehittää uusia työpisteitä mielestäni tämän työn rakenne, toimii hyvänä apuvälineenä uusien työpisteiden kehityksessä. Työssä on esitelty eräs malli, kuinka työpiste voidaan suunnitella ja mitä hyvältä työpisteeltä vaaditaan ja sitä voidaan soveltaa manuaalisen kokoonpanopisteen kehittämisessä.

## LÄHTEET

- Arezes, Pedro M, Dinis-Carvalho, José & Carvalho Alves, Anabela. Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work* 52, 57-70.
- Bland, Alecia 2015. What does Kaizen mean? Verkkajulkaisu. <https://www.unleashedsoftware.com/blog/what-is-kaizen-continuous-improvement-in-manufacturing>. Viitattu 29.9.2022.
- Coutinho, Thiago 2021. Spaghetti Diagram acts as a great ally in layout optimization projects. Verkkajulkaisu. <https://www.thinkleansixsigma.com/article/spaghetti-diagram>. Viitattu 18.9.2022.
- Daniel, Diann 2021. Kaizen (continuous improvement). Verkkajulkaisu. <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/kaizen-or-continuous-improvement>. Viitattu 1.10.2022.
- Haverila, Matti J., Uusi-Rauva, Erkki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko 2009. *Teollisuustalous*. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.
- Jääskeläinen, Janne K. 2020. 5S Seuraa: Miten varmistaa pysyvä muutos? Verkkajulkaisu. [https://www.jannejaaskelainen.fi/5s-seuraa-miten-varmistaa-pysyva-muutos/?fbclid=IwAR1SEt-BynS\\_pIewE21EyGq0Vqn42Zhyzmz-t3BliyBvG5IP7KglAOUmVvUzs](https://www.jannejaaskelainen.fi/5s-seuraa-miten-varmistaa-pysyva-muutos/?fbclid=IwAR1SEt-BynS_pIewE21EyGq0Vqn42Zhyzmz-t3BliyBvG5IP7KglAOUmVvUzs). Viitattu 19.10.2022.
- Karjalainen, Eero E. & Karjalainen, Tanja 2020. *Lean six sigma 2.0 ja laatuteknologia*. 1. painos. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Ketola, Ritva & Laaksonlaita, Sanna 2004. Toisto Repe – Toistotyön arviointimenetelmä. PDF-julkaisu. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140890/TTL\\_978-952-261-958-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140890/TTL_978-952-261-958-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 01.10.2022.
- Kolehmainen, Jukka 2022. Valmis saildrive-vetolaite. Valokuva. 24.8.2022. Helsinki: Jukka Kolehmainen kokoelmat.
- Kolehmainen, Jukka 2022. Saildrive tuotantopiste alussa. Valokuva. 14.2.2022. Helsinki: Jukka Kolehmainen kokoelmat.
- Kolehmainen, Jukka 2022. Saildrive tuotantopisteen työkalut alussa. Valokuva. 14.2.2022. Helsinki: Jukka Kolehmainen kokoelmat.
- Kolehmainen, Jukka 2022. Uusi saildrive tuotantopiste. Valokuva. 18.08.2022. Helsinki: Jukka Kolehmainen kokoelmat.
- Kolehmainen, Jukka 2022. Uuden saildrive tuotantopisteen työkalut. Valokuva. 18.08.2022. Helsinki: Jukka Kolehmainen kokoelmat.
- Kujala, Joonas 2012. Purjeveeneen vetolaitteen nostomekanismin suunnittelu. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotesuunnittelu. Metropolia-ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41847/Insinoorityo\\_JKujala\\_0603121.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41847/Insinoorityo_JKujala_0603121.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 12.7.2022.
- Laatuakatemia, 2010. Verkkajulkaisu. <http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>. Viitattu 10.10.2022.
- Lapinleimu, Ilkka, Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo 1997. *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. 1. painos. Porvoo: WSOY
- Lean Fabrika, 2012. Lean production cell. Verkkajulkaisu. <https://www.lean-fabrika.cz/ca/terminology/lean-production-cell-444739#.Yz7IW3ZByUk>. Viitattu 5.10.2022.

- Lev, Stefan 2018. Lean strategian tuominen palveluyrityksen liiketoimintaprosesseihin. Pro gradu-tutkielma. Liiketaloustiede, toimitusketjun johtaminen. Turun yliopisto. <https://www.utu-pub.fi/bitstream/handle/10024/144075/Lev%20Stefan.pdf;jsessionid=BBB066C886CD1ACFB4B361A5D83283C4?sequence=1>. Viitattu 10.9.2022.
- Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. Jyväskylä: WS Bookwell Oy
- Lesková, Andrea 2013. Principles of lean production to designing manual assembly workstations. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara* 11, 31–36. <https://www.proquest.com/docview/1418211833?pq-origsite=primo>. Viitattu 5.10.2022.
- Logistiikan maailma. julkaisuaika tuntematon. JIT (just-in-time) ja imuohjaus. Verkkojulkaisu. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>. Viitattu 1.10.2022.
- Modig, Niklas & Åhlström, Pär 2020. Tätä on lean. 9. painos. Tukholma: Rheologica Publishing
- Muelaner, Jody 2019. 5S- Organizing the Lean Workplace. Verkkojulkaisu. <https://www.engineering.com/story/5s-organizing-the-lean-workspace>. Viitattu 10.10.2022.
- Nawanir, Gusman, Lim, Kong Teong, Othman, Siti Norezam & Adelake A.Q., 2018. Developing and validating lean manufacturing constructs: an SEM approach. *Benchmarking: an international journal* 25, 1382-1405. <https://www-emerald-com.ezproxy.savonia.fi/insight/content/doi/10.1108/BIJ-02-2017-0029/full/html>. Viitattu 15.10.2022.
- Nawras, Skhmot 2018. The 8 wastes of Lean. Blogi. <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>. Viitattu 15.8.2022.
- Oceanvolt. Hydro Generator. Verkkojulkaisu. <https://oceanvolt.com/solutions/hydro-generator/>. Viitattu 18.10.2022.
- Oceanvolt. Propulsion systems for monohull. Verkkojulkaisu. <https://oceanvolt.com/solutions/private/monohull/>. Viitattu 18.10.2022.
- Opas 5S-menetelmän digitalisointiin, Pinja julkaisuaika tuntematon. Pdf-tiedosto. [https://blog.pinja.com/opas-5s-menetelman-digitalisointiin?utm\\_term=5s&utm\\_campaign=OE:+5S+%26+Lean&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=8097879798&hsa\\_cam=12106289955&hsa\\_grp=121758820932&hsa\\_ad=559741451193&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-65230501&hsa\\_kw=5s&hsa\\_mt=p&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&gclid=CjwKCAjwwL6aBhBIEiwADycBINMchV9DFOT5oY-qHieohEqYDZWDhaPg1PXBYPQy-hA9U3\\_SUNhZcxoCMikQAvD\\_BwE](https://blog.pinja.com/opas-5s-menetelman-digitalisointiin?utm_term=5s&utm_campaign=OE:+5S+%26+Lean&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=8097879798&hsa_cam=12106289955&hsa_grp=121758820932&hsa_ad=559741451193&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-65230501&hsa_kw=5s&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAjwwL6aBhBIEiwADycBINMchV9DFOT5oY-qHieohEqYDZWDhaPg1PXBYPQy-hA9U3_SUNhZcxoCMikQAvD_BwE). Viitattu 19.10.2022.
- Petersson, Per, Olsson, Björn, Lundström, Thomas, Johansson, Ola, Broman, Martin, Blücher, Dan & Alsterman, Henric 2018. Työntekijän opas menestykseen – kehitä leanin avulla! 1. painos. Bromma: Part Media.
- Piirainen, Antti 2014. Lean ja hukka – Muda, Mura ja Muri. Verkkojulkaisu. Päivitetty 19.2.2014. <https://sixsigma.fi/lean-ja-hukka/>. Viitattu 15.10.2022.
- Raita, Elina 2016. Toimittajien kytkeminen kokoonpanovirtaukseen. Case: Yritys X. Pro Gradu – tutkielma. Tuotantotalous. Vaasan yliopisto. [https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/4515/osuva\\_7332.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/4515/osuva_7332.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Rosen, Christoph 2015. All About Spaghetti Diagrams. Verkkojulkaisu. <https://www.allabout-lean.com/spaghetti-diagrams/>. Viitattu 17.5.2022.
- Santos, Javier, Wysk, Richard & Torres, José Manuel 2006. Improving production with lean thinking. E-kirja. Hoboken: John Wiley & Sons Inc. Viitattu 15.10.2022.

Treston, julkaisuaika tuntematon. LEAN tuo tehoa tuotantoon. Verkkojulkaisu. <https://www.treston.fi/toimiva-tyoymparisto/lean-tuo-tehoa-tuotantoon>. Viitattu 17.10.2022.

Tuominen, Kari 2021. Lean käytännössä. Uusittu painos. Oy Benchmarking Ltd.

Työturvallisuuspakki, julkaisuaika tuntematon. Työtilan järjestys ja kulkureitit. Verkkojulkaisu. <https://xn--tyturvallisuuspakki-r6b.fi/tyotilan-jarjestys-ja-kulkureitit/>. Viitattu 12.9.2022.

Väisänen, Jouni 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Verkkojulkaisu. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/5s/>. Viitattu 31.5.2022.

Yleistä leanista, julkaisuaika tuntematon. Mitä lean on? Verkkojulkaisu. <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>. Viitattu 17.10.2022.

## LIITE 1: SAILDRIVE MITAT JA RÄJÄYTYSKUVA

Poistettu julkisesta versiosta.



## LIITE 2: SAILDRIVEN KOKOONPANON TYÖVAIHEET

Poistettu julkisesta versiosta.