

Jyrki Niemi

# Tuotantolinjan kehityskohteiden määrittäminen ja analysointi AviX-ohjelmaa hyödyntämällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

11.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jyrki Niemi Tuotantolinjan kehityskohteiden määrittäminen ja analysointi AviX-ohjelmaa hyödyntämällä 36 sivua + 2 liitettä 11.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Manufacturing Engineering Manager Virpi Kokkila Lehtori Jari Savolainen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Eaton Power Quality Oy:lle. Insinöörityö käsitteli kohdeyrityksen tuotteen eli UPS-laitteen loppukokoonpanolinjaa ja sen kehittämistä. UPS tulee sanoista Uninterruptible Power Supply ja tarkoittaa häiriötöntä sähkönsyöttöä.</p> <p>Insinöörityön tavoitteena oli perehtyä kohdeyrityksen loppukokoonpanolinjaan tarkasteluun valitun tuotteen osalta ja tuottaa selkeää ja käyttökelpoista tietoa loppukokoonpanolinjan tuotantoprosessista etsimällä siitä hukka, arvoa tuottava työ sekä määrittämällä prosessin läpimenoaika. Tavoite oli myös saada käsitys AviX-ohjelmiston soveltuvuudesta yrityksen käyttöön kehitystyössä.</p> <p>Insinöörityö toteutettiin videoimalla tuotantolinja ja hyödyntämällä AviX-ohjelmistoa videoiden analysoinnissa. Videomateriaali jaettiin työvaiheisiin, joista ohjelmistolla määritettiin hukka. Hukka otettiin tarkempaan tarkasteluun ja jaettiin leanin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti. Työvaiheet käytiin läpi analysointipalaverissa, joissa etsittiin ratkaisuja hukan poistamiseksi tuotantolinjalta.</p> <p>Työssä perehdyttiin aineistoon lean-filosofiasta ja sen tämän insinöörityön kannalta olennaisiin työkaluihin. Tämän lisäksi perehdyttiin myös UPS-laitteiden toimintaperiaatteeseen sekä Avix-ohjelmistoon.</p> <p>Insinöörityön lopputuloksena syntyi kattava visuaalinen esitys työvaiheiden sisältämästä hukasta ja sen jakautumisesta eri työpisteille. Projektin kokemukset antoivat paljon ymmärrystä AviX-ohjelmiston soveltuvuudesta yrityksen käyttöön, sekä sen eduista ja rajoituksista. Toteuttamalla hukkaa poistavat toimet yrityksen on mahdollista parantaa loppukokoonpanoprosessin tuottavuutta oleellisesti.</p>	
Avainsanat	AviX, JIT, Kanban, UPS, hukka

Author(s) Title Number of Pages Date	Jyrki Niemi Determination and Analysis of Improvement Opportunities on Assembly Line Using AviX Software 36 pages + 2 appendices 11 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Virpi Kokkila, Manufacturing Engineering Manager Jari Savolainen, Senior Lecturer
<p>This final year project was commissioned by Eaton Power Quality Oy. The company makes UPS devices for its customers. UPS is an abbreviation of Uninterruptible Power Supply. This thesis discusses the development of the final assembly line for one the UPS devices made by the company.</p> <p>The goal of this final year project was to examine how this particular UPS device was made at the time and produce comprehensive and useful data about its current state. This was accomplished by using a program called AviX to analyse footage recorded from the assembly line. Part of the reason for using AviX was to evaluate its suitability for development work of Eaton's assembly lines and subsequent wider deployment in the organization.</p> <p>The analysis itself was carried out by videotaping the assembly line and separating the video material into value-adding work and waste, which was then separated into seven categories according to the lean model's seven wastes. Meetings were held to analyse the waste and research ways to eliminate it.</p> <p>Part of the thesis work was to become acquainted with the lean theory and tools that would be used in the project. This included learning how UPS devices work and how to use the AviX software.</p> <p>The result of the final year project was a comprehensive analysis of the waste identified in the process and how it is divided to each workstation. As a result of the project, the company gained a great deal of understanding of the strengths and limitations of AviX in developing the manufacturing process. By executing the actions for eliminating waste in the process, the company is able to considerably improve the productivity of the final assembly line.</p>	
Keywords	AviX, JIT, Kanban, UPS, waste

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Eaton Power Quality Oy	1
1.2	Tutkimusongelmat	3
1.3	Tavoitteet	4
1.4	Rajaukset	4
2	Tutkimuksen aineisto ja menetelmät	5
2.1	UPS-laitteet	5
2.2	Lean	8
2.3	AviX	13
3	Tutkimuksen toteutus	18
3.1	Nykytilan kuvaus	18
3.1.1	Toiminnan kuvaus	18
3.1.2	Nykyisen prosessin kuvaus	19
3.1.3	Organisaation kuvaus	19
3.2	Tutkimuksen toteutus	20
3.2.1	Tutkimuksen strukturointi	20
3.2.2	Sidosryhmien sitouttaminen	21
3.2.3	Käytännön toteutus	21
3.3	Tulokset	23
3.3.1	Kvantitatiiviset tulokset	24
3.3.2	Kvalitatiiviset tulokset	28
4	Tulosten tarkastelu ja päätelmät	31
5	Yhteenveto	35
	Lähteet	36

## Liitteet

Liite 1. Muistiinpanot-raportti AviX

Liite 2. Hukan jakautuminen työpisteillä

## Lyhenteet

AC	<i>Alternating Current.</i> Vaihtovirralla tarkoitetaan sähkövirtaa, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona.
CAA	<i>Configuration After Assembly.</i> Kokoonpanon jälkeinen laitteen konfigurointi ja testaus.
DC	<i>Direct Current.</i> Tasavirralla tarkoitetaan sähkövirtaa, jonka suunta ei muutu.
JIT	<i>Just In Time.</i> Juuri oikeaan aikaan. Termi on osa leanin työkaluja sekä logistinen varastonhallinta- ja tuotannonohjausstrategia.
PQD-EMEA	<i>Power Quality Division- Europe, the Middle East and Africa.</i> Eatonin Power Quality divisioona joka toimii Euroopan, Lähi-idän ja Afrikan alueella.
TPS	<i>Toyota Production System.</i> Toyotan tuotantojärjestelmä, leanin perusta.
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply.</i> Häiriötöntä sähkönsyöttöä tarjoava laite tai järjestelmä.

## 1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin Eaton Power Quality Oy:n Koskelon UPS-tehtaalle. UPS tulee sanoista Uninterruptible Power Supply ja tarkoittaa häiriötöntä sähkönsyöttöä. Tarkasteluun otettiin yhden UPS-tuoteperheen loppukokoonpanoprosessi, johon pyrittiin perehtymään mahdollisimman tehokkaasti. Kirjallisuuskatsauksessa haettiin tarpeellinen pohjatieto yrityksen tuottamista laitteista ja järjestelmistä, lean-filosofiasta, sekä AviX-ohjelmistosta. Käytännön tutkimuksen ja AviX-ohjelmiston avulla laadittiin hukka-analyysi sekä kehitysideoita tuotannon tehostamiseksi. Insinööriyö on osa isompaa tuotantolinjan kehitysprosessia. Sillä pyritään saamaan tuotantolinja tavoiteltuun kuntoon, jotta tulevaisuuden myyntiennusteisiin pystytään vastaamaan paremmin.

### 1.1 Eaton Power Quality Oy

Eaton Power Quality Oy sisältää Eatonin Suomen liiketoiminnot, ja se on osa Eaton-konsernia, joka toimii maailmanlaajuisesti voimanhallinnan saralla. Konsernin liikevaihto vuonna 2015 oli noin 20,9 miljardia dollaria, ja se työllisti lähes 100 000 henkilöä. [1.] Konserni on jaettu Electrical- ja Industrial-sektoriin, joilla on eri osa-alueisiin keskittyviä segmenttejä ja divisioonia. [2.] Eaton Power Quality Oy kuuluu PQD-EMEA -divisioonaan. Se kehittää ja tuo markkinoille korkealaatuisia teknologiatuotteita, jotka sopivat teollisuus- ja kehittyvien maiden markkinoille EMEA-alueella. Eaton on Suomen UPS-markkinajohtaja. [3.]

Eaton Power Quality Oy:n Koskelon tehdas työllistää noin 240 henkilöä, joista suuri osa työskentelee erilaisissa asiantuntijatehtävissä ja vajaa neljäsosa tuotannossa. [4.] Koskelon tehtaassa on todella kattava tuotekehitysosasto, ja se toimiiikin kehityskeskusena PQD-EMEA-divisioonalle.

Koskelon tehtaassa valmistetaan ja suunnitellaan UPS-laitteita ja järjestelmiä, joiden tehtävä on taata häiriötön sähkönsyöttö erilaisiin tarkoituksiin ja käyttökohteisiin konealeista teollisuuden vaativiin olosuhteisiin. Eaton jatkaa Koskelon tehtaassa Fiskarsin 1960-luvulla aloittamaa UPSien valmistusperinnettä. [5.] Tehtaan tuotevalikoima sisältää UPS:it eri käyttötarkoituksiin aina 8 kVA:n tehoisista laitteista 1200 kVA:n tehoisiin järjestelmiin. [6.] Kuva 1 esittelee tehtaalla valmistettavan tuotevalikoiman.



Kuva 1. Tehtaalla valmistettavat UPS-tuoteperheet muokattu [6].

93 prosenttia Suomessa Koskelon tehtaalla valmistettavista tuotteista ja järjestelmistä menee vientiin [5].

## 1.2 Tutkimusongelmat

Uudehko loppukokoonpanolinja valittiin tutkimuksen kohteeksi, koska sen nykytila erilaisten muutosten jälkeen ei ollut täysin selvillä. Tämän tuotantolinjan työvaiheita ei ollut luokiteltu vielä millään tavoin. Yrityksellä ei ollut tiedossa arvoa lisäävän työn osuutta eikä hukkaa sen eri muodoissa. Nyt haluttiin kartoittaa myös AviX-ohjelmiston käyttömahdollisuutta toiminnan kehittämisessä, mutta ohjelman käyttökohteet ja soveltuvuus yrityksen toimintaan ei ollut selkeästi tiedossa. Näiden ongelmien pohjalta laadittiin seuraavat kysymykset.

- Onko tuotantolinjan tämänhetkinen standardityöaika tavoitteiden puitteissa?
- Miten tuotantolinjan työvaiheet jakautuvat eri työlajeihin?
- Mitkä prosessin työvaiheet sisältävät hukkaa?
- Miten hukka jakautuu eri työpisteille?
- Mikä on tuotantolinjan työaikasäästöpotentiaali?
- Miten sitouttaa työntekijät kehitysprosessiin?
- Mitkä ovat AviX-ohjelmiston hyödyt ja heikkoudet kehitystyössä?

### 1.3 Tavoitteet

Insinööri työ tehtiin osana laajempaa tuotantolinjan kehitysprojektia. Työn päätavoitteena oli tuottaa selkeää ja käyttökelpoista tietoa loppukokoonpanolinjan tuotantoprosessista etsimällä siitä hukkaa, arvoa tuottava työ sekä prosessin läpimenoaika. Loppukokoonpanoprosessin hukkaa poistavista kehitysehdotuksista haluttiin selkeä ehdotus.

Toisena tavoitteena oli kasvattaa yrityksen ymmärrystä AviX-ohjelmistosta ja sen soveltuvuudesta yrityksen kehitystoimintaan. Ohjelmasta pyrittiin löytämään sen vahvuudet ja heikkoudet kehitystyössä ja kartoittamaan sen käyttökohteita myös muissa yrityksen toiminnoissa. Nämä kaksi päätavoitetta yhdistettiin yhdeksi projekti, joka toteutettiin kevään 2016 aikana.

### 1.4 Rajaukset

Työ rajattiin koskemaan vain yhtä tuotantolinjaa ja linjalla tuotettavan laitteen optioita. Rajaus jätti tarkastelun ulkopuolelle materiaalimiehen työt ja muut linjaa tukevat tehtävät, kuten erillisen funktionaalisen otantatestauksen sekä toimittajilta tulevien osien tai osakokonaisuuksien vastaanottotarkistukset. Työ piti kuitenkin sisällään laitteiden kokoonpanon, visuaaliset tarkistukset, turvallisuustestit, sekä CAA (Configuration After Assembly) -konfiguroinnin ja lopulta vielä valmiiden tuotteiden pakkauksen. Työn edetessä rajausta täsmennettiin niin, että jätettiin perusmalliin saatavilla olevat optiot. Näin haluttiin varmistaa työn tulosten kattavuus sekä antaa aikaa AviX-ohjelman analysointiprosessin yhtenäistämiseen.

## 2 Tutkimuksen aineisto ja menetelmät

### 2.1 UPS-laitteet

#### Yleistä

UPS tulee englannin kielen sanoista Uninterruptible Power Supply ja tarkoittaa häiriötöntä sähkönsyöttöä. UPS-laitteen tai järjestelmän yleinen käyttötarkoitus on suojata IT-laitteita sekä muita sähkölaitteita erilaisilta häiriöiltä sähkönsyötössä. UPS suojaa syötettävää laitteistoa ali- ja ylijännitteen aiheuttamilta vaurioilta. Kehittyneet UPS-laitteet jopa säätelevät tulovirtaa jatkuvasti, varmistaen syötettävän laitteen saaman sähkön laadun. UPS myös varmistaa, etteivät tärkeät tiedot häviä tai turmellu, mikäli syötettävä laite joudutaan ajamaan alas nopeasti esimerkiksi sähkökatkotilanteessa. Se mahdollistaa erilaisten sovellusten kuten verkkojen mahdollisimman korkean käytösteen estämällä seisokit. UPS-laitteita käytetään myös yhdessä generaattorin kanssa. UPS antaa generaattorille aikaa käynnistyä ilman, että laitteen saama sähkö katkeaa. [7, s. 8.] Kuvassa 2 on esitelty yhdeksän yleisintä sähköhäiriötä, niiden määritelmät sekä syyt häiriöille. Näiltä yleisimmiltä sähköhäiriöiltä UPS-laitteet suojaavat syötettäviä järjestelmiä [7, s. 9].

Sähköhäiriö	Määritelmä*	Syy*	Ratkaisu
1 Sähkökatko	Ei verkkuvirtaa	Voi olla monia eri syitä: salamiskul, voimajohtojen häiriöt, verkon ylikuormittuminen, onnettomuudet ja luonnonkatastrofit.	3-sarjan yleisvaihteiset UPSit 5S-sarjan yksivaihteiset UPSit 6-sarjan yksivaihteiset UPSit
2 Lyhytaikainen alijännite	Lyhytaikainen jännitteen lasku	Syyinä voi olla suurien kuormien käynnistäminen, sähkölaitoksen kytkentä tai laitteistovika, ukkonen tai sähkönsyöttö ei ole ollut riittävä kattamaan tarvetta. Muiden laitevikojen lisäksi alijännite voi vahingoittaa myös tietokonelaitteistoja.	
3 Lyhytaikainen ylijännite	Lyhytaikainen ylijännite yli 110 % nimellisjännitteestä	Salamansku, joka voi nostaa pääjännitteen yli 6 000 voltin tasolle. Ylijännitepilkki aiheuttaa lähinnä aina tietojen häviämisen tai tietokonelaitteiston vaurioitumisen.	
4 Pitkäaikainen alijännite	Jännitteen lasku, voi kestää muutamista minuuteista muutamia päiviä.	Verkkojännitteen laskeminen sähkökoneilmoituksen saattamiseksi, kun sähkönsyöttö on hiljussaan tai muiden suurten kuormitusten aikana, jotka ylittävät syöttökapasiteetin.	
5 Pitkäaikainen ylijännite	Jännitteen nousu, voi kestää muutamista minuuteista muutamia päiviä.	Syyinä äkkijännite luhokuormien lasku verkossa, raskeat laitteet kytketty pois päältä tai sähköilmoituksen kytkentä. Voi aiheuttaa vaurioita tietokonelaitteistolle.	
6 Suurtaajuinen häiriö	EMI-häiriön aiheuttama korkeataajuuksinen aaltomuoto	Syyinä voi olla lähtevien, hissa-aselaitteiden, SCR-käynnistysten tulostimien, salamiskun tms. aiheuttama RFI- tai EMI-häiriö.	
7 Taajuuden vaihtelet	Muutos taajuuden vakauudessa	Johdon generaattorin tai pienen lisägeneraattorilaitoksen latautumisesta tai tyhjentymisestä. Taajuuden vaihtelu voi aiheuttaa epästabiilissa toimintaa, tietojen häviämistä, järjestelmien vikaantumisen ja laitevaurion.	
8 Kytkeäntä-transientit	Äkillinen alijännite (notkahdus)	Samassa verkossa (kinteistössä) sijaitsevat laitteet esim. kahvinkölin, jääkaappi ja loistevalaisimet.	
9 Harmoninen särö	Normaalin aaltomuodon vääristymä, yleensä epälineaaristen kuormien välittämä	Nopeussäätöiset moottorit ja käytöt, kopiokoneet ja faksit ovat erittäin tehokkaita epälineaarisista kuormista. Voi aiheuttaa tietoliikennehäiriöitä, ylikuormenemista ja tietokonelaitteiston vaurioita.	

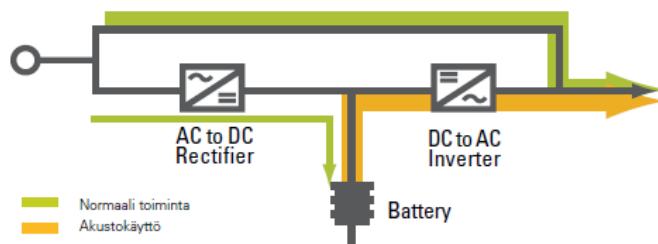
\*Lähde: IEEE I-050R & uld IUPS PUR 94

Kuva 2. Yhdeksän yleisintä sähköhäiriötä [7, s. 9].

## Topologiat

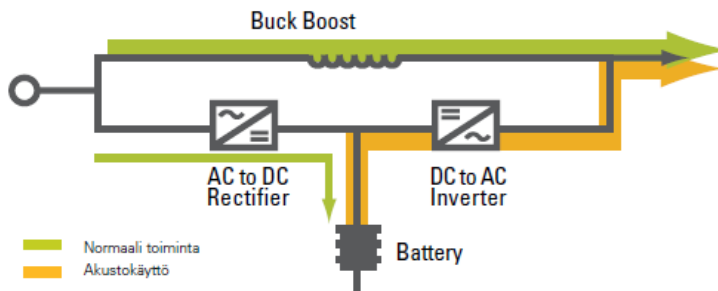
Topologioilla tässä yhteydessä tarkoitetaan eri UPS-laitteissa käytettyä teknologiaa. Koska kyse on kalliista laitteista, jotka on suunniteltu estämään vieläkin kalliimmat häiriöt sähkönsyötössä, on hyvin oleellista kartoittaa suojattava järjestelmä perusteellisesti ja niin löytää parhaat UPS-ratkaisut kyseiselle järjestelmälle. Seuraavissa kuvissa esitellään kolme yleisintä UPS-topologiaa, jotka ovat Off-line UPS, Line-Interactive UPS sekä On-line UPS. [7, s. 10.]

Off-line UPS kuva 3 käyttää passiivista off-line–teknologiaa ja soveltuu hyvin esimerkiksi tietokoneiden tai muiden pienehköjen laitteiden suojaamiseen kuvassa 2 esitellyiltä ensimmäiseltä kolmelta häiriöltä. Normaalikäytössä Off-line UPS syöttää virtaa suodatettuna laitteelle suoraan verkosta ja häiriötilanteessa akustolta. [7, s. 10.]



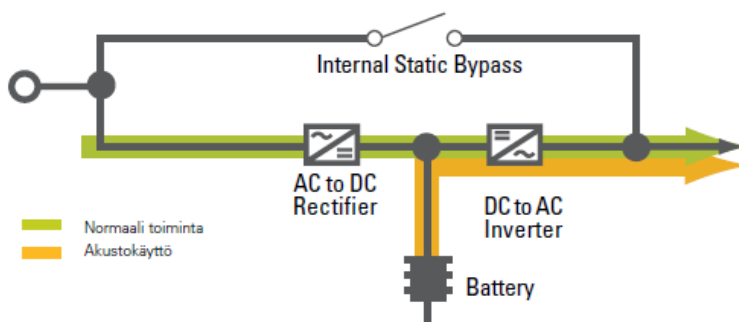
Kuva 3. Off-line UPS -topologia [7, s. 10].

Line-Interactive UPS kuvassa 4 hyödyntää jännitteentasauspiiriä, joka mahdollistaa alija ylijännitteen tasaamisen ilman akustoja. Normaalikäytössä laitteen toimintaa ohjaa mikroprosessori, jonka tehtävä on valvoa virransyötön laatua ja reagoida jännitevaihteluihin. Teknologiaa käytetään erityisesti yritysten tietoverkkojen ja IT-sovellusten suojaamiseen häiriöiltä. Kyseinen teknologia suojaa syötettävää laitetta kuvan 2 ensimmäiseltä viideltä häiriöltä. [7, s. 10.]



Kuva 4. Line-Interactive UPS -topologia [7, s. 10].

Kuvassa 5 On-line UPS eli kaksoimuunnosteknologiaa käyttävä UPS ei syötä suojattavalle laitteella virtaa suoraan verkosta, vaan lähtöjännite tehdään täydellisesti uudestaan muuntamalla AC-virta DC-virraksi ja sen jälkeen DC-virta takaisin AC-virraksi. Kyseinen menettely suojaa kaikilta kuvassa 2 esitetyiltä yhdeksältä häiriöltä. On-line UPS -järjestelmät on tarkoitettu kaikkein kriittisimpien laitteistojen varmistamiseen. [7, s. 10.]

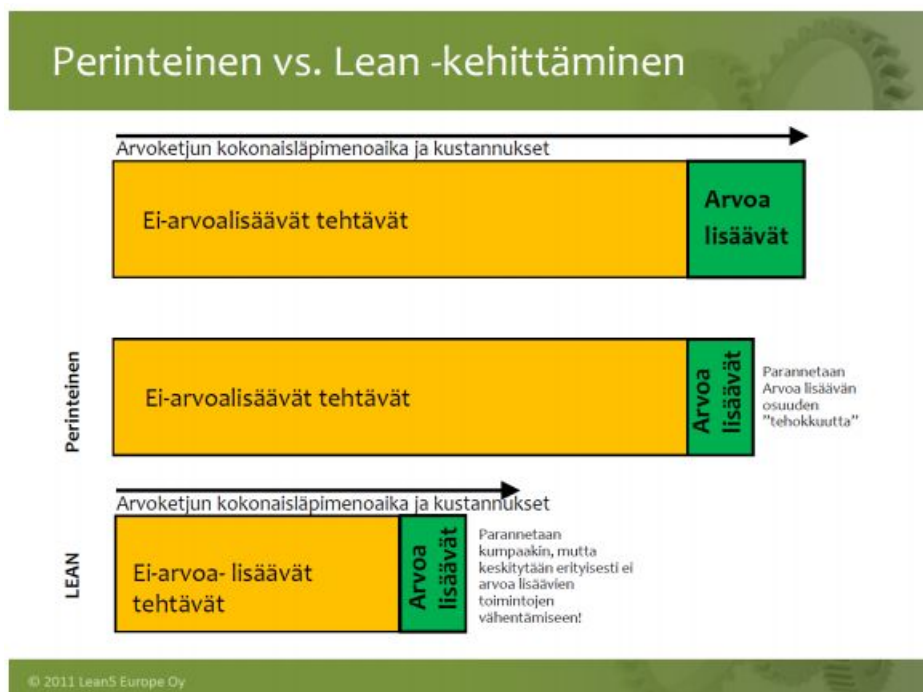


Kuva 5. On-line UPS -topologia [7, s. 10].

## 2.2 Lean

### Lean vs. perinteinen kehitystyö

Lean käsitteenä on hyvin laaja, ja parhaiten lean-filosofiaa havainnollistaa sen vertaaminen perinteiseen tapaan kehittää prosessia. Perinteisessä lähestymistavassa keskitytään prosessin yksittäisiin vaiheisiin ja pyritään tehostamaan niitä. Yleisimmin keskitytään vielä arvoa tuottaviin vaiheisiin siten, että vaihdetaan kokoonpanija robottiin tai hankitaan lisää työntekijöitä johonkin tiettyyn osaprosessiin. Syy tähän on se, että arvoa tuottavat prosessin kohdat ovat huomattavasti helpommin esillä. Usein kuitenkin suurin osa tuotteen läpimenoajasta on arvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa. Ja vaikka panostamalla arvoa tuottavan työn kehittämiseen voidaan saada isoja parannuksia aikaiseksi, puhutaan kokonaisarvovirran kannalta hyvin pienestä parannuksesta. Lean-filosofiassa keskitytään eri asioihin. Siinä nähdään prosessi laajemmin ja siksi prosessin rakenne ymmärretään paremmin. Suurimmassa osassa prosesseja arvoa lisäämättömä työtä on huomattavasti enemmän kuin arvoa lisäävää työtä, joten on loogista keskittyä arvoa lisäämättömän työn eli hukan poistamiseen prosessin tehostamiseksi. [8, s. 31.] Kuvassa 6 havainnollistetaan perinteisen- ja Lean -kehittämisen eroja.



Kuva 6. Perinteinen vs. Lean-kehittäminen [9, s. 13].

Lean-filosofia pohjautuu Toyotan tuotantojärjestelmään nimeltä TPS. Sen takana on Taiichi Ohno, joka on ollut järjestelmän pääkehittäjä toisen maailmansodan jälkeen. [8, s. 7.] Kuten edellä on kerrottu, lean perustuu arvoa tuottamattoman työn poistamiseen prosessista. Tätä tavoitetta varten Toyota tunnisti seitsemän lisäarvoa tuottamattoman työn päätyyppiä eli hukkaa. Seitsemää hukkaa käydään läpi seuraavassa. [8, s. 28–29.]

1. **Ylituotanto.** Tilaamattomien osien valmistaminen, mikä aiheuttaa tarpeetonta henkilökunnan palkkaamista ja varasto- ja kuljetuskustannuksia liiallisen varaston vuoksi.

2. **Odottelu.** Työntekijät joutuvat vain seuraamaan automatisoitua konetta tai seisoskelemaan odotellen seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua, toimitusta, komponenttia ja niin edelleen, tai heillä ei yksinkertaisesti ole mitään tekemistä varaston loppumisen, käsittelyviiveiden, välineistön sammuttamisen ja kapasiteetin pullonkaulojen vuoksi.

3. **Tarpeeton kuljettelu.** Keskenäisen työn kuljettaminen pitkiä matkoja, tehotoman kuljetuksen luominen tai materiaalien, osien tai valmiiden hyödykkeiden siirtely varastoon, varastosta tai prosessista toiseen.

4. **Ylikäsittely tai virheellinen käsittely.** Tarpeettomien vaiheiden suorittaminen osien käsittelyssä. Tehoton käsittely kehnon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi, mistä aiheutuu tarpeetonta liikkumista ja virheitä tuotteeseen. Hukkaa syntyy, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita, kuin on välttämätöntä.

5. **Tarpeettomat varastot.** Liikaa raakamateriaalia, keskenäisiä tuotteita tai valmiita hyödykkeitä, mistä seuraa pidempiä läpimenoaikoja, vanhentuneisuutta, vahingoittuneita hyödykkeitä, kuljetus- ja varastokustannuksia ja viivettä. Lisäksi liian suuret varastot kätkevät sellaisia ongelmia kuin tuotannon epätasapainon, myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta, viat, välineistön alhaalla oloajan ja pitkät asennusajat.

6. **Tarpeeton liikkuminen.** Kaikki turha liike, mitä työntekijöiden täytyy suorittaa työn aikana, kuten osien, työkalujen ja niin edelleen etsiminen, kurkottelu ja piinoaminen. Myös kävely on hukkaa.

7. **Viat.** Viallisten osien tuottaminen tai korjaaminen. Korjaaminen tai uudelleen-työstäminen, pois heittäminen, täydennysosan tuottaminen ja tarkastus tarkoittavat tarpeetonta käsittelyä, hukattua aikaa ja turhaa työtä. [8, s. 28–29.]

Näiden edellä esitellyn seitsemän hukan lisäksi laajasti tunnistetaan myös kahdeksas hukka: työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Tällä tarkoitetaan työntekijöiden ideoiden, taitojen, parannusehdotusten ja ylipäätään heiltä saatavan arvokkaan tiedon hyödyntämättä jättämistä. [8, s. 29.] Ohnon mielestä ylituotanto oli kaikista pahin hukka, koska siitä seuraa moni muista seitsemästä hukasta [8, s. 29].

Womack ja Jones pohtivat kirjassaan Lean Thinking, kuinka lean-filosofialta puuttui selkeät periaatteet. Oli tietoa lukuisista erilaisista yksityiskohtaisista menetelmistä joilla toteuttaa ajattelutapaa, mutta ei ollut mitään, mikä sitoisi nämä yhteen ja kuvaisi kokonaisuutta. [10, s. 10.] He päätyivät tietojensa ja lukuisten haastatteluiden perusteella pukemaan leanin sanoiksi seuraavasti:

“Lean thinking can be summarized in five principles: precisely specify value by specific product, identify the value stream for each product, make value flow without interruptions, let the customer pull value from the producer, and pursue perfection.” [10, s.10.]

Periaatteet voidaan tulkita seuraavasti:

**Määrittele asiakkaan kokema lisäarvo.** Oleellista on tunnistaa arvoa tuottavat toiminnot ja arvoa tuottamattomat toiminnot prosessista. Lean-filosofiassa nähdään organisaatio vain arvoa tuottavia asioita tekevänä. Yrityksen pitää olla erittäin hyvin perillä toiminnastaan ja siitä, mikä on asiakkaan kannalta arvoa tuottavaa toimintaa ja mikä ei. [11, s. 179.]

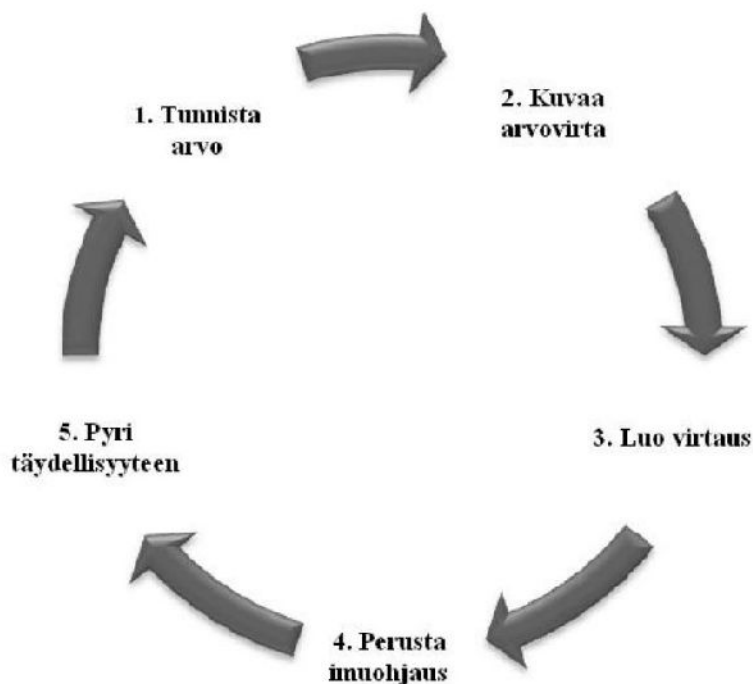
**Tunnista jokaisen tuotteen arvovirta.** Toimintojen ketjua, joka pitää sisällään kaikki prosessin osat, jotka vaaditaan tilauksen saamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle, kutsutaan arvovirraksi. Kun arvovirta on määritelty, pitää sitä tutkia hyvin kriittisesti, mutta asiakaslähtöisesti. Arvovirta pitää tehdä selkeäksi ja palvelemaan vain sille määriteltyä tarkoitusta poistamalla siitä ylimääräiset toiminnot. [11, s. 179.]

**Varmista arvon keskeytymätön virtaus prosessin läpi.** Arvovirran määrittelyn ja sen optimoinnin jälkeen katsotaan sitä virtauksen kannalta. Arvovirta tulee järjestää jatkuvaksi virtaukseksi lyhentämällä läpimenoaikaa. Läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä esimerkiksi poistamalla välivarastoja ja odottamista prosessin eri vaiheista. [11, s. 179.]

**Tuota tuotteita tai palveluita imuohjatusti.** Asiakkaalle tuotetaan mitä asiakas haluaa. Kun tuotantoprosessi on imuohjattua, tuotetaan vain se, mitä asiakas haluaa. Ei tehdä tuotetta valmiiksi varastoon odottamaan ja myydä asiakkaalle sen mukaan, mitä on varastossa. [11, s. 179.]

**Pyri täydellisyyteen.** Täydellisyys tavoittelulla tarkoitetaan jatkuvaa parannusta. Kun edellä mainitut neljä vaihetta on suoritettu, tehdään sama uudestaan. Jatkuvassa parantamisessa pyritään täydellisyyteen, vaikka sitä ei aina tavoitetaakaan. [11, s. 179.]

Lean-tuotanto pyrkii siihen, että tehdään vain niitä asioita, joista asiakas on valmis maksamaan. Nämä viisi edellä esiteltyä peruseriaatetta toimivat ikään kuin karttana kohti 100 % arvoa lisäävää työtä tekevää organisaatiota. [10, s. 10.] Kuvassa 7 leanin viisi peruseriaatetta jatkuvan parantamisen ympyränä.



Kuva 7. Leanin peruseriaatteet jatkuvan parantamisen ympyränä.

## JIT-menetelmä

JIT-termi tulee sanoista Just In Time ja tarkoittaa vapaasti suomennettuna juuri oikeaan aikaan. Menetelmän keskeinen aate on edellisessä kappaleessa tarkasteltu leanin neljäs periaate, innohjaus. Taiichi Ohno löysi tämän etulyöntiaseman supermarketien toimintatavoista. Supermarkettien innoittamana hän 1950-luvulla kehitti uuden virtauksenhallintajärjestelmän JIT:n. [10, s. 37.]

Tänä päivänä JIT on osa lean-ajattelua ja erittäin oleellinen osa sitä. Menetelmä pohjautuu kysynnän ja tarjonnan lakiin, jossa asiakas on aina ohjaavana tekijänä. Termi on lähtöisin Toyotan tuotantojärjestelmästä. [12.]

Perinteisesti yrityksessä tuotetaan tuotteita varastoihin odottamaan ja myydään sieltä tuotteet asiakkaalle. Leanissa varastot nähdään hukkana, jotka eivät lisää asiakkaan kokemaa arvoa. Esimerkkinä UPS-laitteita valmistettaessa JIT-menetelmällä laitteen tuotanto alkaa vasta asiakkaan tilauksen jälkeen. Asiakkaan tilauksen käynnistämä tuotanto antaa tällöin signaalin esimerkiksi alihankkijoille tuottaa ja toimittaa laitteen valmistuksessa tarvittavat kaapelit ja mekaniikkaosat. Menetelmä johtaa siihen, että vain osat, jotka ovat asiakkaan tilauksen valmistamisessa oleellisia, tuotetaan ja juuri siihen aikaan kun on tarve. [12.]

### Kanban

Kanban-menetelmä on osa lean-tuotantoa. Se on yksinkertaisesti viesti- tai signaalijärjestelmä. Esimerkiksi kokoonpanolinjalla voidaan käyttää kortteja, jotka on kiinnitetty kaikkiin osiin, joita linjalla käytetään. Kun jokin osista käytetään tuotannossa, kortti poistetaan osasta ja palautetaan takaisin paikalleen, jolloin se toimii signaalina automaattiselle osan uudelleen tilaamiselle. Kyseinen toimintatapa minimoi paperityön ja muun tilauksen tekemiseen liittyvän työn ja maksimoi tehokkuuden. [8, s. 35.]

Tehtaissa usein käytetty järjestelmä on kahden laatikon järjestelmä, jossa signaalina on tyhjä laatikko. Linjalla on kaksi laatikkoa, jotka sisältävät tietyn määrän osia ollessaan täynnä. Kun laatikon osat on käytetty, se laitetaan tyhjänä ennalta määrättyyn paikkaan, missä se toimii signaalina materiaalimiehelle. Materiaalimies voi signaalin saatuaan käydä täyttämässä laatikon ja tuoda täyden laatikon takaisin linjalle. [13.]

Samaa logiikkaa käyttää myös kolmen laatikon järjestelmä, missä prosessiin on otettu toimittaja mukaan. Tehtaalla on aina kaksi laatikkoa ja kun ensimmäinen tyhjenee, se lähetetään tyhjänä toimittajalle. Samalla kolmas laatikko palautuu täytenä toimittajalta. Tyhjä laatikko indikoi toimittajalle selkeästi tavarantoimittajan tarvetta. Toimittaja täyttää laatikon ja lähettää sen takaisin yritykselle. Menetelmällä saadaan minimoitua kommunikointi ja turha työ toimitusprosessista ja siten tehostettua sen toimivuutta. [8, s. 108–109.]

## 2.3 AviX

AviX-ohjelma on tuotannon kehitykseen luotu videopohjainen ohjelmistotyökalu, joka pohjautuu periaatteeseen ”mitä ei voi mitata ei voi kunnolla kehittää”. Ohjelma pyrkii edistämään sitä käyttävän yrityksen omien prosessien ja tuotteiden tuntemusta ja sitä kautta kehittämään niitä. Näin toimimalla AviX-ohjelma pyrkii auttamaan kehityskohtien löytämisessä ja niiden implementoinnissa, sekä motivoimaan jatkuvaan parantamiseen. Ohjelmisto pitää sisällään moduuleja, jotka on tarkoitettu erilaisiin tarkoituksiin. Jokainen näistä moduuleista kuitenkin palvelee ohjelman perusideaa. [14.]

**AviX Method** -moduuli on kokoonpanotyön tai muun tuotantotyön aikaa ja prosessin menetelmiä analysoiva työkalu. Se käyttää hyödyksi prosessista kuvattua videota ja MTM-pohjaisia standardiaikoja. [14.]

**AviX Resource Balance** -moduuli on tarkoitettu tuotantolinjan tasapainottamiseen. Se osoittaa riippuvuudet työpisteiden sisältämien työvaiheiden osalta ja näyttää epätasapainoisen tuotantolinjan aiheuttamat hukat. [14.]

**AviX FMEA** -moduuli on tarkoitettu tarjoamaan uuden helpon tavan toteuttaa FMEA-analyysi hyödyntäen videomateriaalia ja sen avulla yksinkertaistamaan FMEA-analyysin suorittamista. [14.]

**AviX SMED** -moduuli on asetusajojen tehostamiseen tarkoitettu työkalu. Se helpottaa visuaalisuudellaan parhaimpien käytäntöjen löytämistä ja siten vähentää asetusajoja ja seisokkeja. [14.]

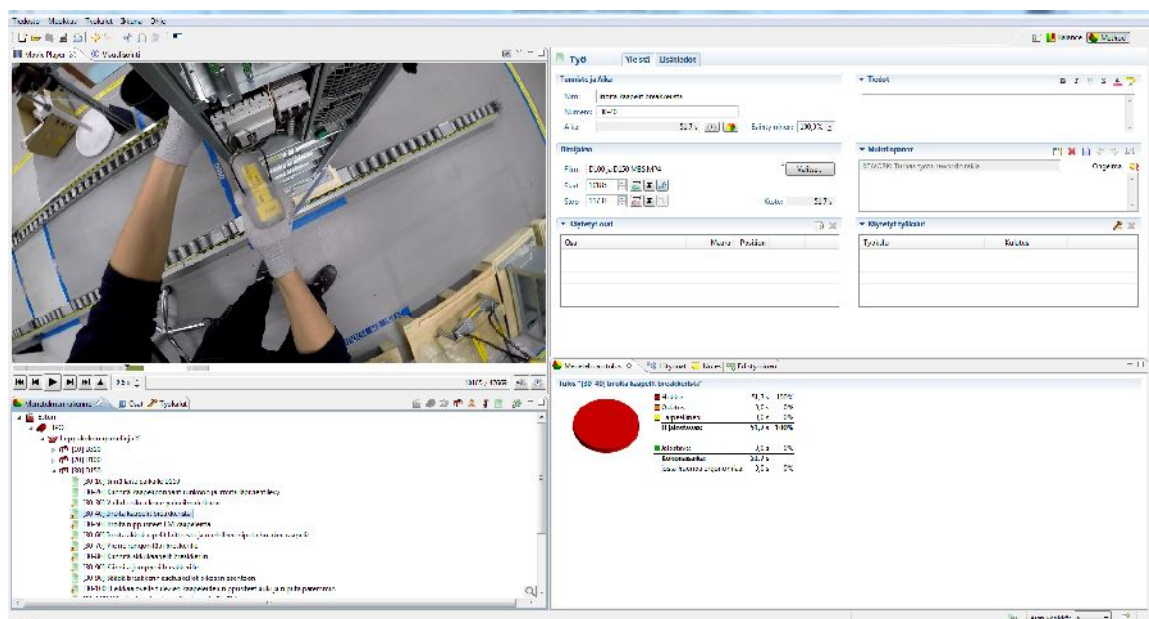
**AviX DFX** -moduuli kerää yhteen eri arviointitekniikat kokoonpantavuuden analysoinnin avuksi. Se yksinkertaistaa ja standardoi menetelmät, joilla ratkaista kokoonpantavuuden ongelmat, nopeuttaa kokoonpanoprosessia, sekä parantaa laatua ja tehokkuutta. [14.]

**AviX ERGO** -moduuli tuo videoanalysoinnin työergonomian kehitykseen. Se yhdistää Method-moduulilla luodut vaiheet ja Borg CR-10-skaalan ja analysoi vaiheissa toistuvat fyysiset ja psykologiset rasitukset. [14.]

## AviX Method kehitystyössä

Tämän insinööriyön toteutuksessa hyödynnettiin pääasiassa AviX Method -moduulia. Muihin moduuleihin ja niiden käyttötarkoituksiin perehdyttiin yleisellä tasolla, jotta selvitetäisiin, soveltuuko ohjelmisto muiltakin osin yrityksen tarpeisiin.

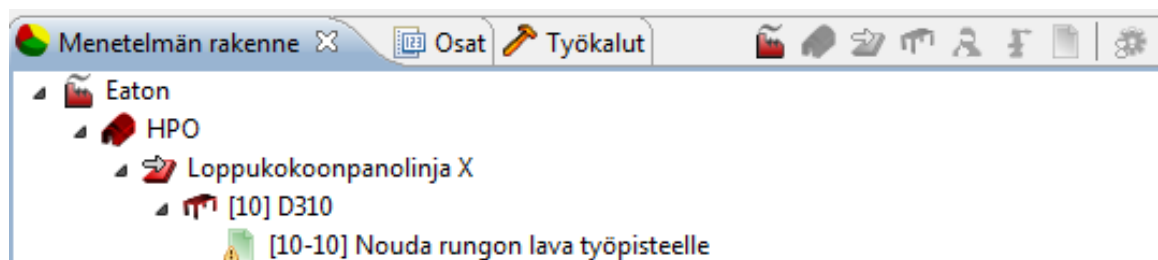
Kun tutkittava kokoonpanoprosessi on kuvattu, AviX Methodilla se saadaan jaettua työvaiheiksi ja työvaiheet ryhmiteltyä omille työpisteilleen. Työvaiheet voidaan edelleen luokitella tuottavaksi työksi, tarpeelliseksi työksi tai hukaksi. Luokittelun jälkeen on helppo kohdistaa resursseja leanin mukaisesti oikeisiin kohtiin eli pääasiassa hukan poistamiseen. Ohjelman avulla toteutetun analysoinnin tuotoksia ovat muun muassa kehitysideoita prosessin parantamiseksi, prosessin läpimenoajan selvitys sekä visuaaliset esitykset ja raportit halutuista kohdista. Tuloksia voidaan hyödyntää päätösten teossa ja toiminnan jatkuvassa parantamisessa. Niiden avulla voidaan myös päättää, siitä panostetaanko prosessin läpimenoajan lyhentämiseen vai prosessin laadun parantamiseen. Kuvassa 8 on AviX Method-käyttöliittymä, jossa on selkeästi saatavilla yleisimmät työkalut videoiden hallintaan.



Kuva 8. AviX Method-käyttöliittymä.

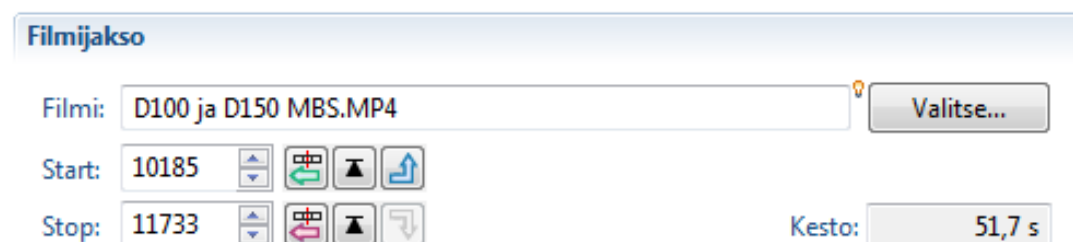
Ohjelman käyttöliittymä kuvassa 8 sisältää useita hyödyllisiä funktioita, jotka käydään seuraavaksi karkeasti läpi. Näin ohjelman helppous ja käyttötarkoitus selventyy. Tuotantolinjan työvaiheiden kuvauksen valmistuttua video tallennetaan haluttuun sijaintiin tietokoneella, jonka jälkeen voidaan käynnistää AviX-ohjelma ja sen Method-moduuli.

Käyttö alkaa rakenteen luomisella. Ensimmäisenä luodaan tehdas, jonka alle luodaan rakennus. Rakennuksen alle luodaan tuotantolinja tai haluttaessa useita tuotantolinjoja. Tuotantolinjan alle luodaan linjan työpisteet ja jokaiseen näistä työpisteistä luodaan yksitellen työvaiheet, jotka nimetään kuvaavasti. Kuvassa 9 nähdään Method-puun rakenne.



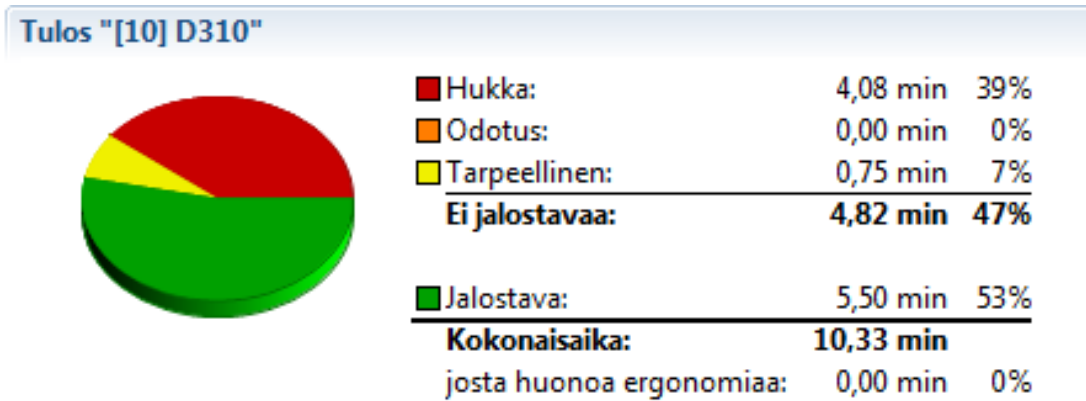
Kuva 9. AviX Method-käyttöliittymän Menetelmän rakenne -ikkuna.

Työpisteen ensimmäisen tehtävän luonnissa siihen liitetään video. Video voi pitää sisällään koko tuotantolinjan tai vain yhden työpisteen, sillä se on helppo pilkkoa työvaiheiksi. Kuvassa 10 näytetään AviX Method-filmijakso-ikkuna, jossa lisätään videotiedosto ohjelmaan ja määritellään työvaiheen aloitus- ja lopetuskohta videolta. Kuvassa luku 10185 tarkoittaa kuvakehystä, josta työvaihe alkaa. Ikkuna näyttää myös työvaiheen keston, joka tässä tapauksessa on 51,7 sekuntia.



Kuva 10. AviX Method-käyttöliittymän Filmijakso-ikkuna.

Method-rakenteen luomisen ja videoiden työvaiheiksi paloittelun jälkeen voidaan aloittaa työvaiheiden luokittelu. AviX Method sisältää valmiiksi lean-periaatteiden perusteella määritetyt luokitteluvaihtoehdot. Luokitteluvaihtoehdot ovat lisäarvoa tuottava, tarpeellinen, odotus, hukka ja luokittelematon. Jokainen edellä mainituista vaihtoehdoista näytetään eri värillä AviX Tulos-ikkunassa kuva 11, jossa näytetään selkeällä piirakka-mallilla luokiteltujen työvaiheiden käyttämä aika kokonaisprosessista.



Kuva 11. AviX Method-käyttöliittymän Tulos-ikkuna.

Työvaiheiden luokittelu antaa Tulos-ikkunan piirakkamallin mukaista tietoa prosessista. Oleellista on myös luokittelun ohessa antaa selkeä kuvaus työvaiheelle ja määrittellä mahdolliset käytetyt osat ja työkalut. Pakollista on ainoastaan työvaiheiden jaottelu, jotta Tulos-ikkuna antaa kuranttia tietoa piirakkamallissa. Muut edellä mainitut tiedot selkeyttävät ja helpottavat prosessin analysointia, joten ne on suositeltavaa lisätä. Kuvassa 12 nähdään Työ-ikkuna, jossa prosessin tietoja täydennetään.

The screenshot shows the 'Työ' (Work) window in the AviX Method software. It has two tabs: 'Yleistä' (General) and 'Lisätiedot' (Additional Information). The 'Yleistä' tab is active and contains several sections:

- Tunniste ja Aika** (Identifier and Time):
  - Nimi: Nouda rungon lava työpisteelle
  - Numero: 10-10
  - Aika: 12,4 s (with a clock icon and a color-coded status icon)
  - Esiintyminen: 100,0%
- Filmijakso** (Video Segment):
  - Filmi: D310.MP4 (with a 'Valitse...' button)
  - Start: 0
  - Stop: 309
  - Kesto: 10,3 s
- Tiedot** (Details): A rich text editor with a toolbar containing Bold, Italic, Underline, Strikethrough, and Text Color options.
- Muistiinpanot** (Notes): A text area containing the note 'Kapea käytävä josta johtuen lavojen sijoitteli' and an 'Ehdotus' (Suggestion) icon.
- Käytetyt osat** (Used Parts): A table with columns 'Osa', 'Määrä', and 'Position'. The table is currently empty.
- Käytetyt työkalut** (Used Tools): A table with columns 'Työkalu' and 'Kulutus'. The table is currently empty.

Kuva 12. AviX Method-käyttöliittymän Työ-ikkuna.

Prosessia analysoitaessa AviX Method on hyvin käyttökelpoinen, sillä se antaa helpon käyttöliittymän analysointipalaverien työkaluksi. Videota voi hidastaa, nopeuttaa ja ke-lata saumattomasti, ja ohjelman Tulos-ikkunan näyttämä työvaiheiden jaottelu auttaa kohdistamaan resurssit hukkan poistoon. Ohjelman Muistiinpanot-ikkuna on hyödyllinen työkalu analysoinnissa, sillä siihen on helppo lisätä huomioita käsittelyssä olevasta työvaiheesta. Analysoinnin lopuksi ohjelmasta voidaan tulostaa raportti muistiinpanoista jaettavaksi kehitykseen osallistuville.

### 3 Tutkimuksen toteutus

Työn ensisijaisena tavoitteena oli tuottaa tietoa tuotantolinjan laajempaa kehitysprosessia varten. Tavoite jaettiin selkeiksi osatavoitteiksi, joista ensisijaisina oli kartoittaa tuotantolinjan nykytila ja standardityöaika sekä verrata sitä tuotantolinjan asetettuihin tavoitteisiin. Tuotantolinjan työvaiheet videoitiin yhteistyössä tuotantolinjan työntekijöiden kanssa ja analysoitiin AviX-ohjelmaa apuna käyttäen. Työ piti sisällään AviX-ohjelmaan perehtymisen tuotannonkehityksen näkökulmasta ja sen hyötyjen ja puutteiden havainnoinnin. Tutkimuksen pohjalta tavoitteena oli loppukokoonpanolinjalla esiintyvien hukkien etsiminen sekä niiden jaottelu työpistekohtaisesti sekä lopulta läpimenoajan lyhentämispotentiaalin osoitus ja kehityskohteiden kartoitus.

Oheistavoitteena oli edellä mainittujen lisäksi AviX-ohjelman hyödyntämismahdollisuuksien havainnointi yrityksen liiketoiminnassa, mutta varsinkin työohjeistuksen teossa. Työturvallisuus- ja laadunparannuskohteiden löytäminen kuului myös tavoitteisiin.

#### 3.1 Nykytilan kuvaus

##### 3.1.1 Toiminnan kuvaus

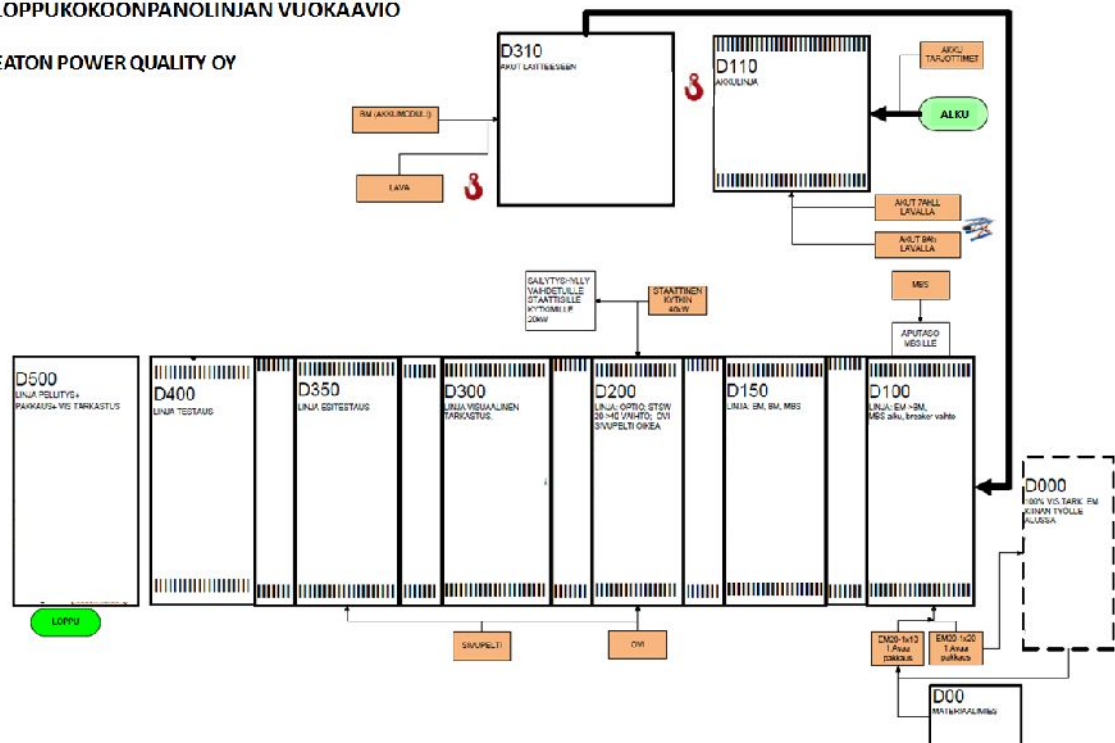
Eaton Power Quality tuottaa laitteita luvussa 2 esitellyn JIT-menetelmän mukaan. Tuotteita ei tuoteta varastoon, vaan asiakkaan tilaus ohjaa tuotantoa. Eatonin UPS-laitteet valmistetaan Espoossa Koskelon tehtaassa kahdessa kerroksessa. Tässä insinöörityössä tarkastelussa oli kohtalaisen pitkälle viety loppukokoonpanoprosessi. Prosessi toimii selkeästi lean-periaatteiden mukaisesti, eli varastoista on pyritty pääsemään eroon. Käytössä on erilaiset Kanban- ja kolmen laatikon järjestelmät, joita käsiteltiin luvussa 2. Yritys hyödyntää paljon alihankintaa loppukokoonpanoprosessissaan, ja esimerkiksi mekaniikkaosat ja kaapelit on kolmen laatikon järjestelmän parissa. Tämän insinöörityön kohteeksi valittu loppukokoonpanolinja sisältää eri komponenttien yhdistämisen mekaanisesti ja valmiin tuotteen testaukset sekä konfiguroinnit aina paketoitiin saakka.

### 3.1.2 Nykyisen prosessin kuvaus

Insinööriyön laatimishetkellä työn keskipisteenä olleen loppukokoonpanolinjan prosessi oli kuvan 13 mukainen. Se esittää loppukokoonpanoprosessin koko tuotantolinjan osalta, sisältäen erilaisten optioiden tarkastelun. Tutkimukseen sisältyi kuitenkin vain yhden tyyppinen laite, eivätkä kaikki linjalla tuotettavat eri optiot.

#### LOPPUKOKOONPANOLINJAN VUOKAAVIO

EATON POWER QUALITY OY



Kuva 13. Loppukokoonpanolinjan vuokaavio

### 3.1.3 Organisaation kuvaus

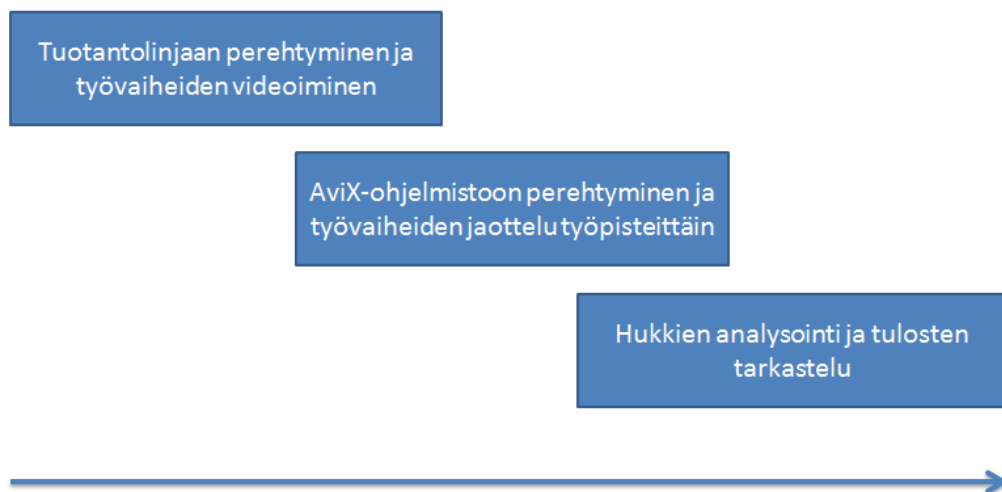
Eatonilla on useita tuotantolinjoja eri tuoteperheille ja sen johdosta yhden linjan organisaatio on hyvin joustava. Tuotantolinjalla on oma esimies, joka vastaa usein myös useammasta linjasta kerrallaan. Tuotannon ollessa imuohjattua luvussa 2 esitellyn JIT-menetelmän mukaisesti työntekijämäärä vaihtelee tuotteiden kysynnän mukaan. Eatonilla on pyritty kouluttamaan työntekijät tekemään useita erilaisia laitteita, jolloin työntekijämäärä on mahdollista sopeuttaa sen hetkisen tilanteen mukaan työntekijöiden liikkeessä linjalta toiselle. Tämän työn tekohetkellä tuotantolinjan tehtävissä työskenteli yksi esimies ja kokoonpanotyössä keskimäärin kolme henkilöä.

## 3.2 Tutkimuksen toteutus

### 3.2.1 Tutkimuksen strukturointi

Insinööriä aloittaessa kävi nopeasti ilmi, että työ on ajankohtainen ja sen toteutuksen onnistuessa tuloksista on hyötyä yritykselle. Se myös sopii hyvin yrityksen jatkuvan parantamisen toimintamalliin. Projekti lähti käyntiin kick-off-palaverista, jossa käytiin läpi rajausta ja tavoitteita sekä määritettiin alustavasti tarvittavat työkalut. Palaverin jälkeen laadittiin projektisuunnitelma, tilattiin kaksi Gopro hero4 silver -kameraa ja hankittiin lisenssi AviX-ohjelmistoon.

Tutkimuksen toteutus jaettiin karkeasti kolmeen osaan: tuotantolinjaan perehtyminen ja työvaiheiden videoiminen, AviX-ohjelmistoon perehtyminen ja työvaiheiden jaottelu työpisteittäin sekä videoiden analysointi ja tulosten tarkastelu. Tutkimuksen käytännön toteutus eteni limittäin kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Tutkimuksen käytännön toteutuksen rakenne.

Työn toteutuksen aikataulu oli nopea, ja se saatiin hyvin toteutettua kevään 2016 aikana. Aineisto- ja menetelmäosuus ja siihen pohjautuva käytännön tutkimus toteutettiin pitkälti rinta rinnan, työn ollessa vauhdilla etenevä oppimisprosessi.

### 3.2.2 Sidosryhmien sitouttaminen

Tutkimusprojektilla oli kohtalaisen paljon sidosryhmiä ja näiden sitouttaminen työhön olikin todella oleellinen asia. Keskusteluissa tuotannonjohtajan kanssa päädyttiin nyt tehtyyn insinööriyön aiheeseen, koska se oli hyvin kiinnostava kokonaisuus ja ajan-kohtainen yritykselle. Projektin aikana tuotannonjohtajan kanssa käytyjen keskustelujen mukaan myös tarvittaessa täsmennettiin rajauksia ja projektin suuntaa. Projektin muut sidosryhmät esimies- ja asiantuntijatasolla olivat erittäin kiinnostuneita projektista myös sen uuden ja nykyaikaisen toteutuksen johdosta.

Hyvin tärkeä sidosryhmä projektin onnistumisen kannalta oli tuotantolinjan työntekijät. Työntekijöiden sitouttamiseksi informaatio projektin aloituksesta kerrottiin hyvissä ajoin heille. Samalla kartoitettiin projektista kiinnostuneet ja mahdolliset kuvausten läpiviemisessä avustavat henkilöt. AviX-ohjelmaa kehitysprosessissa hyödyntämällä saatiin myös tuotannon työntekijät projektin kehitysvaiheeseen mukaan ja heiltä saatiin paljon tietoa prosessin perusteelliseen ymmärrykseen sekä hyviä ideoita.

Videoiden kuvausvaiheessa työ eteni tiiviissä yhteistyössä tuotantolinjan esimiehen ja linjan työntekijöiden kanssa. Kuvaukset toteutettiin usean päivän aikana johtuen loppukokoonpanolinjan vaihtelevasta tilauskannasta. AviX-ohjelmistoon perehtyminen oli pitkälti yksilötyötä ja ohjelman rakenteeseen sekä ominaisuuksiin tutustumista. Videoiden editointi ja jaottelu ohjelmassa toteutettiin pienissä ryhmissä, joiden rakenne vaihteli pitkälti aikataulujen päällekkäisyyksien vuoksi, kuitenkin niin, että mukana oli aina aiheen asiantuntijoita. Videoiden analysointi oli prosessin mielenkiintoisin ja haastavin vaihe. Analysointi toteutettiin yhdessä useiden asiantuntijoiden ja tuotantolinjan työntekijöiden kanssa.

### 3.2.3 Käytännön toteutus

Työ aloitettiin perehtymällä tuotantolinjaan vapaamuotoisilla keskusteluilla eri tehtävissä olevien ihmisten kanssa hyvän yleiskuvan saamiseksi prosessista. Samalla informoitiin tuotannon työntekijöitä projektin toteutuksesta hyvissä ajoin ennakkoon. Varsinainen tiedon keräys suoritettiin videoimalla tuotantolinjan työvaiheet kokonaisuudessaan. Heti projektin alkaessa tuotannon työntekijöistä löytyi nopeasti halukkaat työvaiheiden kuvaukseen. Kuvaus toteutettiin käyttäen Headstrap-lisätarviketta, johon kamera kiinnitettiin kuvaamaan työntekijän kokoonpanotyötä. Kuvausten aikana kirjattiin tar-

kentavia kysymyksiä, joilla pyrittiin selvittämään linjan rutiinistyöstä poikkeavat kohdat, sekä selvittämään AviX-ohjelmalla analysoitaessa huomioon otettavat asiat. Tilanteet, kuten jonkin osan satunnainen hakeminen väliavarastosta tai vastaava, oli syytä ottaa tarkempaan tarkasteluun ja pohtia, voiko ohjelmistoa apuna käyttäen satunnaisia häiriöitä ylipäättään kattavasti tarkastella.

Tuotantolinjan videokuvauksen jälkeen videot lisättiin tietokoneella AviX-ohjelmaan, jossa luotiin videoita varten tuotantolinja ja työpisteet luvussa 2 läpikäytyjen esimerkkien mukaisesti. Ohjelmassa editoitiin ja jaoteltiin videot eri työpisteille sekä lopulta jaoteltiin ja nimettiin työvaiheet. Huolellinen jaottelu ja nimeäminen vei huomattavasti aikaa, mutta se oli oleellinen perusta koko analysointiprosessille, joten se oli syytä tehdä huolella.

Työvaiheiden määrittelyn jälkeen ne käytiin läpi työpistekohtaisesti useissa muutaman hengen palaverissa. Niissä jaoteltiin työvaiheet joko arvoa lisääväksi työksi, tarpeelliseksi työksi tai hukaksi. Palaverissa pyrittiin pitäytymään vain työvaiheiden jaottelussa, pureutumatta sen enempää kehitysideoihin. Jos ja kun ideoita kuitenkin tuli esille jo tässä vaiheessa, ne kirjattiin ylös ja niihin palattiin jaottelun jälkeen.

Kun tuotantolinjan työvaiheet oli saatu määriteltyä ja jaoteltua hukaksi, tuottavaksi työksi tai tarpeelliseksi työksi, pidettiin analysointipalavereja. Analysointipalaverissa käytiin videot uudelleen läpi hukaksi määriteltyjen työvaiheiden osalta ja pohdittiin keinoja hukan poistamiseksi. Palaverihin osallistui tuotantolinjan esimies ja niin monta tuotantolinjan työntekijää kuin mahdollista sekä monesti jokin aihealueen asiantuntija. Esimerkiksi testausprosessia analysoitaessa mukaan otettiin testauksen suunnittelija ja tuotantolinjojen testaajia. Palaverit vietiin läpi johdonmukaisesti aivoriihinä ja niissä saatiin esille paljon kehitysideoita ja selkeitä parannuskohteita. AviX Method-moduulissa pystytään jokaiseen työvaiheeseen kirjoittamaan muistiinpanoja. Muistiinpanoissa voidaan eritellä esimerkiksi kehitysideoita tai huomioita työvaiheessa. Tätä ominaisuutta hyödynnettiin paljon juuri analysointipalaverissa. Palaverin lopussa oli mahdollista tulostaa PDF-muotoinen Muistiinpanot-raportti, josta näki helposti kehityskohteet ja parannusehdotukset, sekä kenen vastuulla niiden eteenpäin vieminen oli.

Analysointipalaverien ohella huolellisen työvaiheiden määrittelyn ja niiden luokittelun jälkeen ohjelmasta saatavaa dataa käsiteltiin. Ohjelma tuottaa itse selkeitä raportteja moneen tarkoitukseen, mutta tärkeimpänä tämän työn osalta oli Method Tulos-näkymä,

joka päivittyi automaattisesti työvaiheita luokiteltaessa. Kun kaikki vaiheet oli käsitelty ja niistä oli löydetty hukka ja muut luokitteluvaihtoehdot, pystyttiin hukat jaottelemaan edelleen eri tyypeiksi. Ohjelmasta sai ulos karkean Excel-raportin, jota jalostamalla saatiin hukat jaoteltua luvussa 2 esitellyn seitsemän hukan jaottelun mukaisesti.

Käytännön toteutus sujui kokonaisuutena hyvin, mutta yllättäviä tekijöitä kuitenkin esiintyi. Haasteita havaittiin alussa videon pätkimisenä AviX-ohjelmistossa. AviX-ohjelmisto on kohtalaisen raskas, joten haasteena oli löytää videomuoto, jossa kuva pysyisi halutun laatusena, pätkimisen ollessa minimaalista. Toinen selkeä haaste oli tuotannon tilauskannan vaihtelevuus tutkimushetkellä. Vaihtelevuus aiheutti haasteita kuvausten aikataulutuksessa, sekä analysointipalaveriin halutun kokoonpanon mukaan saamisessa. Työvaiheiden jaottelu eri työluokkiin osoittautui myös haasteelliseksi, koska työvaiheet olivat monesti hyvin poikkeavia toisistaan eikä välttämättä selkeitä määrittää tuottavaksi työksi, tarpeelliseksi tai hukaksi.

Työntekijöiden ja työn muiden sidosryhmien sitouttaminen projektiin onnistui puolestaan huomattavasti paremmin odotuksiin nähden. Projektiin osallistui monia henkilöitä, joten alkuvaiheessa heidän sitouttamisensa projektiin nähtiin haasteena. AviX-ohjelmiston käyttö osoittautui myös helpommaksi kuin projektin alussa luultiin. Ohjelmistolla toteutettiin suurin osa projektin tiedonhankinnasta, joten sen käytön helppous ja odotuksia sujuvampi toiminta nopeutti osaltaan projektin etenemistä.

### 3.3 Tulokset

Insinööriyön tulokset jaettiin kahteen osaan: loppukokoonpanolinjan tutkimuksen pohjalta saatuihin määrällisiin tuloksiin, sekä havaintoihin AviX-ohjelmistosta ja tutkimuksen toteutustavasta. Määrällisillä tuloksilla kuvattiin loppukokoonpanolinjan tutkimuksen aikaista tilaa työaikoineen pintaa syvemmältä, työvaiheiden jakautumista työlajeihin ja hukkatyyppejä työpisteittäin. Havainnoilla kuvattiin ohjelmiston soveltumista tutkimuskohteena olevan yrityksen käyttöön ja sen etuja ja rajoitteita tutkimustyössä.

Tulosten esittämisessä painotettiin visuaalisuutta. Työn tuloksena saatiin selkeätä kvantitatiivista dataa, jonka pohjalta laadittiin taulukko hukan jakautumisesta työpisteille, piirakkamallit hukan esiintymistavoista työpisteittäin ja pareto-analyysi koko tuotantolinjan osalta. Lisäksi AviX-ohjelmistolla laadittiin tutkimusta tukemaan työvaiheiden

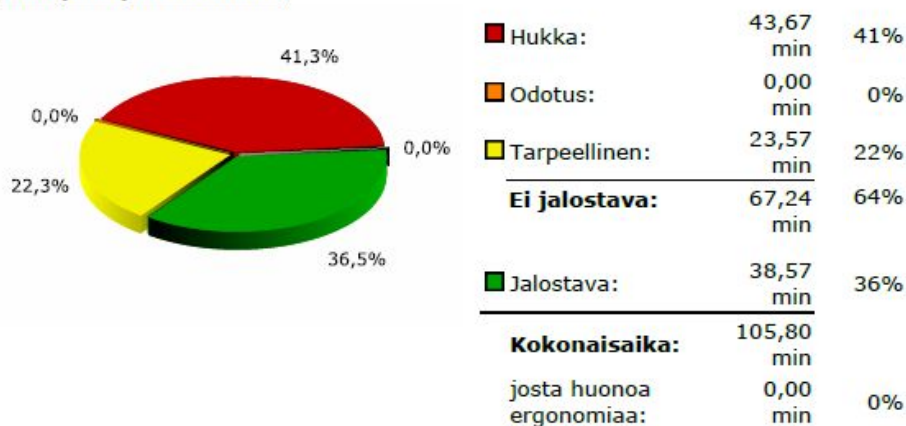
jakautuminen luokittain, työn kokonaisaika ja yksityiskohtainen raportti hukkaa sisältävistä työvaiheista.

Tutkimuksesta saatiin myös paljon kvalitatiivisia tuloksia, joita ei niiden luonteen vuoksi pystytä esittämään numeerisesti taulukoina, jakaumina tai muina visuaalisina esitystapoina. Niitä pyritään kuitenkin havainnollistamaan tässä ja seuraavassa luvussa tulosten tarkastelun muodossa.

### 3.3.1 Kvantitatiiviset tulokset

Tuotantolinjalta kuvatun videomateriaalin jaottelun jälkeen, saatiin AviX-ohjelmiston avulla määritettyä tarkastelun kohteena olleen laitteen sen hetkinen työaika. Työajaksi saatiin 105,8 minuuttia, jonka jälkeen työvaiheet pystyttiin luokittelemaan kuvan 15 mukaisesti eri lajeihin. Kokonaisajasta 41 % eli 43,68 minuuttia havaittiin hukaksi. Tarpeellista työtä tuotantolinjalta löydettiin 22 % eli 23,57 minuuttia koko linjan työvaiheista tarkastelussa olleen tuotteen osalta. Tuottavan työn osuudeksi jäi lopulta 36 % eli 38,57 minuuttia tuotantolinjan läpimenoajasta. Kuvassa 15 on piirakkamallin avulla hahmotettu työvaiheiden jakautumista eri työlajeihin.

#### Aika per työn luokittelu



Kuva 15. AviX Method -työvaiheiden jaottelu työlajeittain.

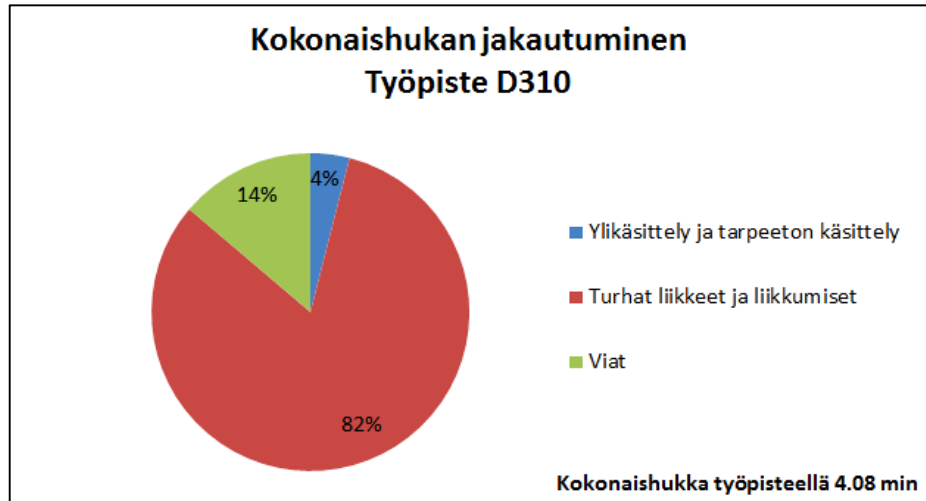
## Hukka-analyysi

Hukkaa sisältävät työvaiheet erotettiin omaksi osakseen ja niihin perehdyttiin tarkemmin. Liite 1 sisältää AviX-ohjelmistolla luodun raportin, jossa näytetään jokainen hukkaa sisältänyt työvaihe. Hukkaa sisältäneet työvaiheet otettiin tarkasteluun, jotta saataisiin selville, minkälaisessa muodossa hukka niissä esiintyi. Hukat jaettiin ja värikoodattiin leanin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti. Taulukossa 1 esitetään edellä mainittu hukka jaottelu ja värikoodaus.

Taulukko 1. Leanin seitsemän hukkaa.

<b>1</b>	<b>Ylituotanto</b>
<b>2</b>	<b>Odottaminen</b>
<b>3</b>	<b>Kuljettaminen</b>
<b>4</b>	<b>Ylikäsittely ja tarpeeton käsittely</b>
<b>5</b>	<b>Turhat liikkeet ja liikkumiset</b>
<b>6</b>	<b>Viat</b>
<b>7</b>	<b>Tarpeettomat varastot</b>

Hukkaa sisältäneet työvaiheet jaoteltiin edelleen työpisteittäin ja niistä laadittiin jokaisen työpisteen osalta piirakkamalli. Mallilla kuvattiin hukan esiintymistä työpisteittäin. Kuva 16 esittää hukan jakautumisen eri esiintymismuotoihin työpisteellä D310. Liitteessä 2 esitetään piirakkamallit myös muiden työpisteiden osalta. Prosessin eri vaiheissa tehtyä ylituotantoa ja sen seurauksena syntyviä välivarastoja ei AviX-ohjelmistolla saada kunnolla esille. Tästä syystä niitä kohtia ei seuraavista piirakkamalleista löydy eikä tässä tutkimuksessa ylipäätään käsitellä.



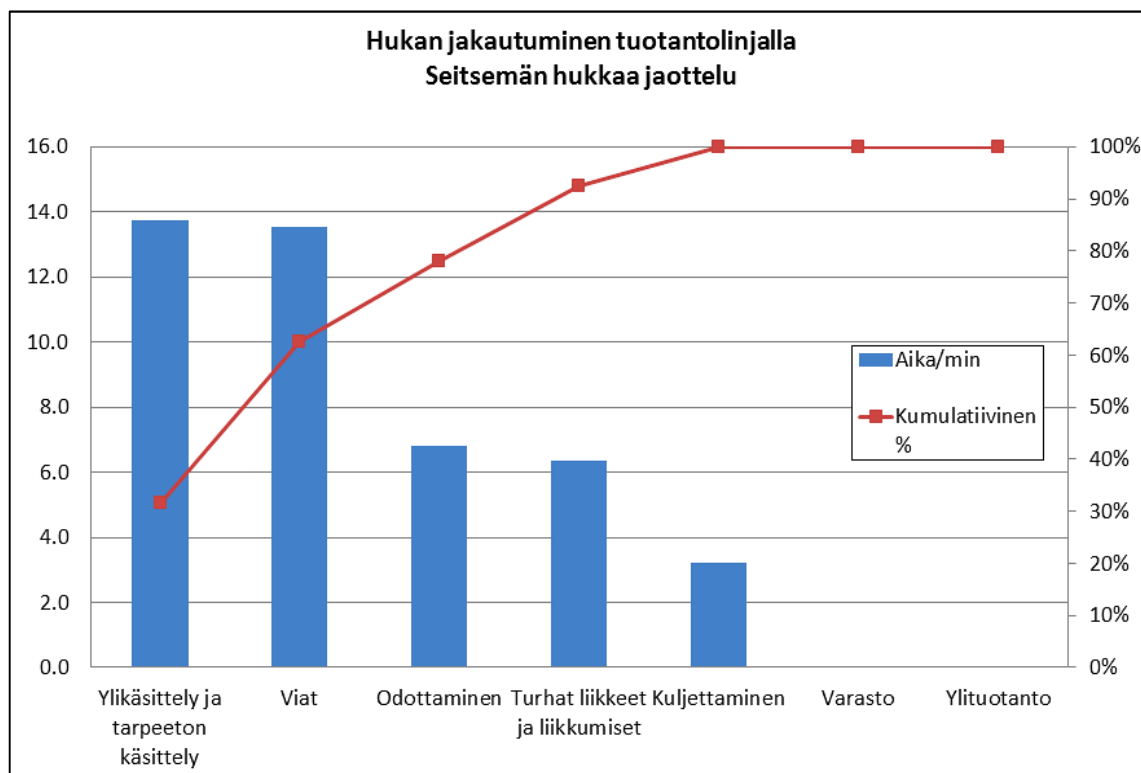
Kuva 16. Tuotantolinjan hukan jakautuminen työpisteelle D310.

Taulukossa 2 esitetään hukan määrä minuutteina sekä prosentteina työpistettä kohden. Taulukko sisältää kaikki ne työpisteet, jotka sisältyvät insinööriyön kohteena olleen laitteen kokoonpanoon.

Taulukko 2. Hukan määrä aikayksikössä ja prosentteina työpisteittäin.

Työpiste	Hukka/min	Hukka %
D310	4,08	9 %
D100	0,73	2 %
D150	7,06	16 %
D200	3,79	9 %
D300	6,87	16 %
D350	4,02	9 %
D400	11,13	26 %
D500	5,95	14 %
<b>Yhteensä</b>	<b>43,63</b>	<b>100 %</b>

Kuvassa 17 hukan jakautumista koko tuotantolinjalla leanin seitsemään hukkaan havainnollistettiin vielä Pareto-kuvaajalla. Eri hukkatyypit lajiteltiin ajallisesti eniten esiintyvistä vähiten esiintyvään vasemmalta oikealle. Kuvaajasta on todettavissa ylikäsittelyä ja vikoja esiintyvän selkeästi muita enemmän.



Kuva 17. Pareto-analyysi hukan jakautumisesta eri lajeihin.

Pareto-kuvaaja osoittaa havaintojen määrän visuaalisesti ja vertaa sitä niiden kokonaismäärään näyttäen siten eniten merkitsevien havaintojen vaikutuksen. Kuvaajassa vasen pysty akseli näyttää minuutteina hukan esiintymisen ja oikea pysty akseli prosenttiosuuden kokonaishukasta. Punainen käyrä kuvaa hukan kumuloitumista.

### 3.3.2 Kvalitatiiviset tulokset

Kvalitatiivisilla tuloksilla esitettiin ne insinööriyön tulokset, joita on hankala numeerisilla malleilla selkeästi esittää. AviX-ohjelmisto tuotti kehitystyössä paljon raportteja ja reaaliajassa muuttuvaa dataa kehitystyön edetessä. Kehittämistyössä sen suurimpina etuina huomattiin olevan visuaalisuus ja tutkimuksessa mukana olleiden sitouttaminen projektiin. AviX-ohjelmisto suoritti paljon niin sanottua manuaalista työtä tutkijan puolesta, jolloin aikaa pystyi hyödyntämään tulosten tarkasteluun ja tutkimuksen läpivientiin muilla osa-alueilla.

AviX-ohjelmisto auttoi pääsemään käsiksi työntekijöiden tietotaitoon prosessista ja heidän saamisessaan mukaan kehittämiseen. Heikkoutena AviX-ohjelmistossa on sen suhteellisen kallis hinta ja hyötyjen osin vaikeahko toteaminen. Videoiden jaottelu ja nimeäminen ensimmäisellä kerralla vie myös runsaasti aikaa, mutta jälkikäteen prosessin muuttuessa siihen on helppo tehdä lisäyksiä. Huomionarvoista on myös tutkimuksen luonne AviX-ohjelmistolla. Tutkimus perustuu sen hetkiseen otokseen prosessin tilasta.

Koska haluttiin vielä selventää tutkimusongelman pohjalta laadittuja tutkimuksen tuloksia, on seuraavassa kertauksen omaisesti vastattu yksityiskohtaisesti ensimmäisessä luvussa laadittuihin tutkimuskysymyksiin.

**Kysymys: onko tuotantolinjan tämänhetkinen standardityöaika tavoitteiden puitteissa?** Vastaus: Tutkimuksessa saatiin selville tuotantolinjan läpimenoajaksi 105,8 minuuttia tavoitteen ollessa 90 minuuttia. Huomioon on otettava mittauksen kertaluontoisuus.

**Kysymys: miten tuotantolinjan työvaiheet jakautuvat eri työlajeihin?** Vastaus: Loppukokoonpanoprosessista erotettiin 139 yksittäistä työvaihetta, jotka jakautuvat kuvan 15 piirakkamallin mukaisesti eri työlajeihin. Tuottavaa työtä prosessissa on ajallisesti 36 %, tarpeellista 22 % ja hukkaa 41 %.

**Kysymys: mitkä prosessin työvaiheet sisältävät hukkaa?** Vastaus: Työvaiheiden kestosta 41 % oli hukkaa kuvan 15 mukaisesti. Työvaiheita oli yhteensä 139, joista 52 sisälsi hukkaa. Liite 1. sisältää AviX Method -moduulista tulostetun muistiinpanot raportin, joka käsittelee jokaisen hukkaa sisältäneen työvaiheen kommentteineen.

**Kysymys: miten hukka jakautuu eri työpisteille?** Vastaus: Hukka jaettiin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti eri lajeihin työpisteittäin. Liitteessä 2 kuvataan piirakkamalleina hukan esiintymistä eri muodoissa tuotantolinjan työpisteillä. Malleista on huomattavissa, ettei varastoja tai ylituotantoa esiinny lainkaan. Tällä haluttiin havainnollistaa AviX-ohjelmistolla tehtävän hukkien määrittelyn rajoituksia. Taulukossa 1. on esitetty hukan esiintyminen työpistekohtaisesti ajanmääräänä.

**Kysymys: mikä on tuotantolinjan työaikasäästöpotentiaali?** Vastaus: Teoreettisesti kaikki hukka olisi poistettavissa eli 43,67 minuuttia tuotantolinjan läpimenoajasta. Avix-ohjelmistolla simuloimalla eli poistamalla valitut hukan kohteet, jotka on realistisesti poistettavissa prosessista, saatiin erilaisilla simuloinneilla noin 25 minuutin työaikasäästö. Noin 25 minuuttia on arvio, koska monen hukan poisto poistaisi myös osan tarpeellisesta työstä, joten simuloimisessa on käytettävä harkittua tulkintaa.

**Kysymys: miten sitouttaa työntekijät kehitysprosessiin?** Vastaus: AviX-ohjelmisto havaittiin hyödylliseksi työkaluksi tuotannon kehityksessä. Kokoonpanolinjan työntekijät otettiin mukaan ohjelman avulla toteutettuun analysointiprosessiin, jotta päästäisiin käsiksi työntekijöiden ymmärrykseen kyseisestä prosessista. Selkeästi oman tai toisen työn näkeminen videolta rauhassa ilman, että joutui keskittymään itse työn tekoon, auttoi löytämään työstä kehitettävää. Työntekijöistä oli havaittavissa kiinnostusta kehitystyöhön AviX-ohjelmistolla analysoitaessa.

**Kysymys: Mitkä ovat AviX-ohjelmiston hyödyt ja heikkoudet kehitystyössä?** Vastaus: AviX-ohjelmistoa käytettäessä huomattiin sen olevan varsin hyödyllinen työkalu kehitystyössä. AviX laatii ja päivittää reaaliajassa dataa vaikka työvaiheita muokattaisiinkin ja laatii niistä visuaalisia malleja ja raportteja. Tämä helpottaa kehityskohteen ymmärrystä ja kehittäjien työtä. AviX toimii myös yhdistävänä tekijänä kehitystyössä vetäen mukana olevat henkilöt vahvasti mukaan projektiin. Ohjelmistolla laadittavat työlaajijaottelut on erittäin paljon helpompi laatia kuin käsin.

Heikkoutena on varsinkin analysoinnin viemä aika. Työvaiheiden kuvaus ja jaottelu ohjelmassa vie huomattavan paljon aikaa. Toisaalta kun se on kerran tehty, sitä on helppo päivittää. Myös tapahtuman kuvauksen otosluntoisuus asettaa rajoituksia. Tätä on havainnollistettu liitteessä 2 piirakkamalleilla. Niissä jaoteltu hukka havainnollistaa, ettei AviX-ohjelmiston käyttämällä video-analyysillä löydetä kattavasti varastoja, ylituotantoa tai muuta hukkaa, joka ei kuulu prosessin läpimenossa joka kerta toteutettaviin työvaiheisiin.

#### 4 Tulosten tarkastelu ja päätelmät

Tämän insinööriyön tavoitteena oli määrittää loppukokoonpanoprosessista työvaiheiden kokonaiskesto ja prosessin hukka AviX-ohjelmiston avulla. Edellä mainituista haluttiin selkeä ja käyttökelpoinen tietopaketti, jota voisi hyödyntää linjan jatkuvan parantamisen tukena. Tavoitteen saavuttamiseksi perehdyttiin yrityksen valmistamiin tuotteisiin, sekä sen omaksumaan lean-filosofiaan. AviX-ohjelmisto valikoitui tutkimuksessa käytettäväksi työkaluksi, koska kohdeyritys kartoittaa sen mahdollisia käyttökohteita tuotantonsa kehitystoiminnassa.

Edellisessä luvussa esiteltiin tulokset sellaisinaan. Tässä luvussa on tarkoitus ottaa tuloksiin kantaa ja pohtia myös työn toteutusta, tulosten hyödyntämismahdollisuuksia, sekä tulosten laatua. Tuloksia voidaan pitää onnistuneina. Pää tavoitteiden pohjalta onnistuttiin luomaan selkeä visuaalinen esitys tuloksista ja kuten arveltiin, prosessi sisälsi yllättävän paljon hukkaa. Hukan poistoa käytännössä käsitellään yrityksen kanssa kahden kesken, eikä siihen tässä raportissa oteta tarkemmin kantaa.

Tämän insinööriyön tuloksina saatiin selvitettyä loppukokoonpanolinjan läpimenoaika, sekä työvaiheet jaettua arvoa lisääväksi työksi, tarpeelliseksi työksi ja hukaksi. Hukaksi määritellyt työvaiheet analysoitiin ja jaettiin leanin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti osiin.

Läpimenoajan osalta saatu tulos oli jo suhteellisen lähellä tavoiteltua läpimenoaikaa ja poistamalla tutkimuksessa löydetty hukka prosessin läpimenoaikatavoite alittuu. Myöhemmin tässä luvussa esitetään esimerkin avulla, miksi on syytä panostaa löydetyn hukan poistamiseen, vaikka tavoiteaika olisikin jo saavutettu. Prosessin läpimenoaika on hyvin olennainen tieto, jotta on mahdollista tehdä päätöksiä linjan tulevaisuutta ajatellen. Läpimenoajan mittauksessa AviX-ohjelmiston avulla on kuitenkin syytä ottaa huomioon mittauksen kertaluontoisuus. Mittaus on tehty tiettyjen työntekijöiden avulla, joten se ei ole keskiarvo tai absoluuttinen arvo. Tämä on syytä pitää mielessä mittaus-tulosten hyödyntämisessä.

Työvaiheet jaettiin osiin arvoa lisääväksi työksi, tarpeelliseksi työksi ja hukaksi. Haasteellisinta oli tehdä määrittelystä yhdenmukainen. Määrittelyä varten kerättiin esimerkkejä, joiden avulla pyrittiin yhdenmukaistamaan työvaiheiden jakoa eri osiin. Jaottelua kuitenkin edisti yrityksen vankka lean-osaaminen, joka helpotti tulosten yhtenäisyyden

varmistamista. Prosessin työvaiheiden jako osiin on luvussa 2 esitellyn lean-filosofian kannalta hyödyllinen tapa kohdistaa resursseja. Leanissa pyritään keskittymään varsinkin hukan poistoon ja siksi on oleellista löytää se prosessista.

Edellä mainitun mukaan hukka otettiin huomion keskipisteeksi ja sitä haluttiin analysoida sitä vielä syvemmin. Hukka jaoteltiin luvussa 2 esitellyn leanin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti osiin työpisteittäin. Hukan perusteellisella analysoinnilla pyrittiin saamaan tarkemmin esille epäkohdat ja niiden jakautuminen loppukokoonpanolinjalla. Seitsemän hukan jaottelu valittiin tarkoitukseen sen takia, että tuloksista on selkeästi nähtävissä mihin AviX-ohjelmistolla tämänkaltaisen tutkimuksen toteutus rajoittuu. Ohjelmistolla saatiin todella hyvin esiin tapahtumat joiden tiedetään toistuvan jokaisen laitteen loppukokoonpanoprosessissa. Kuitenkin tapahtumat, kuten satunnainen osien hakeminen linjalle tai ylituotanto, ovat vaikeasti havaittavissa. Kuvauksen kertaluontoisuuden takia tällaiset tapahtumat saattavat esiintyä kuvauksissa tai saattavat jäädä esiintymättä. Siitä syystä tällä tavoin AviX-ohjelmistolla toteutettu tutkimus ei tutkijan mielestä sovellu satunnaisten havaintojen onnistuneeseen analysointiin.

Avix-ohjelmisto havaittiin erittäin hyväksi työkaluksi insinööriyön läpiviemisessä. Ohjelmistoa ja videokuvausta apuna käyttäessä mukana olleiden asiantuntijoiden ja työntekijöiden sitouttaminen projektiin oli erittäin mutkatonta. Osin siihen saattoi vaikuttaa uusi, kiinnostava toteutustapa. AviX-ohjelmistolla pystyttiin myös simuloimaan erilaisia tilanteita, koska siitä oli mahdollista poistaa jokin työvaihe ja nähdä heti sen vaikutukset prosessiin. Ohjelmisto helpotti ja nopeutti loppukokoonpanoprosessin määrittämistä ja analysointia merkittävästi. Se laati raportteja, sekä teki paljon työtä datan käsittelyn osalta tutkijan puolesta. Tärkeimpänä puolena sidosryhmien sitouttamisen ohella oli ehdottomasti aikataulutus. Kun videot on kuvattu, niitä voidaan analysoida ja kehitysehdotuksia voidaan pohtia kaikille osallisille sopivaan aikaan. Jos vastaava toteutettaisiin menemällä tuotantolinjalle, olisi otettava huomioon esimerkiksi koko ajan vaihteleva tilauskanta, arvioitava milloin tutkimukseen haluttu laite olisi tuotannossa, sekä sopeutettava kaikkien osallisten aikataulut kyseistä prosessia varten. Luvussa 2 esitellyn JIT-menetelmän mukaan toteutetussa tuotannossa ei pystytä näkemään kovin kauas, jotta tällaisen prosessin toteuttaminen olisi sujuvaa. AviX-ohjelmalla toteutettuna saadaan poistettua muut epävarmuustekijät paitsi osallisten aikataulut, ja tämä helpottaa kehitysprosessia huomattavasti.

## Tulosten hyödyntämismahdollisuudet

Tulosten perusteella voidaan identifioitua hukkaa poistaa ainakin 25 minuuttia tutkimushetken läpimenoajasta, joka oli 105,8 minuuttia. Hukan poistamisen jälkeen saadaan uusi läpimenoaika 80,8 minuuttia, jolloin vapautuu 25 minuuttia laitetta kohden.

Yrityksen tulosten parantamiseksi hukan poiston hyödyt voidaan jakaa kahteen osaluueeseen.

1. Kun myynti kasvaa, voidaan tuotannon puolesta nopeasti lisätä kapasiteettia nykyisen osaavan henkilöstön voimin. Näin voidaan hyödyntää nopeasti kasvava kysyntä.
2. Mikäli myynnin kasvua ei juuri nyt ole odotettavissa, voidaan tuotannon kustannuksia pienentää sopeuttamalla resursseja.

Edellä mainittujen yhdistelmää voidaan myös hyödyntää tilanteen mukaan. Tilannetta voidaan havainnollistaa seuraavalla esimerkillä.

Oletetaan, että tuotanto-osasto valmistaa 20 laitetta ja siihen tarvitaan 12 henkilöä. Seuraavassa laskelmassa käytämme tutkimuksen tuloksena saatua nykyistä läpimenoaika 105,8 minuuttia, sekä hukan osittaisen poiston eli 25 minuutin poistamisen jälkeistä läpimenoaika 80,8 minuuttia.

Lisämyynti samalla henkilöstöllä:

lasketaan aika, joka menee 20 laitteen tuottamiseen kertomalla yhden laitteen läpimenoaika laitemäärällä  $105,8 \text{ min} \times 20 = 2\,116 \text{ min}$ .

Jakamalla 20 laitteen valmistamiseen kulutettu aika hukan poiston jälkeisellä läpimenoajalla seuraavasti  $2\,116 \text{ min} / 80,8 \text{ min}$  saadaan samassa ajassa tuotettujen laitteiden määrä hukan poiston jälkeen: 26,2 kpl.

Jakamalla uusi tuotantomäärä 26,2 kpl vanhalla tuotantomäärällä 20 kpl, saadaan tulokseksi myynnin kasvu, joka on toteutettavissa henkilöstöresurssien pysyessä samana.  $26,2 \text{ kpl} / 20 \text{ kpl} = 1,31$  eli 31 %.

Nykyinen myynti pienemmällä henkilöstöllä:

Jakamalla poistettavissa olevan hukan kesto eli 25 minuuttia nykyisellä läpimenoajalla 105,8 minuuttia, saadaan poistettavissa olevan hukan osuus kokonaisajasta eli 23,6 %.

Kertomalla työntekijämäärä poistettavissa olevan hukan prosentuaalisella osuudella, saadaan vähennettävissä oleva työntekijämäärä 2,8 henkilöä.

Nykyinen työntekijämäärä 12 vähennettynä 2,8 työntekijällä on 9,2 työntekijää. Eli voidaan tuottaa sama määrä laitteita pienemmällä henkilöstöllä, jos prosessia tehostetaan.

## 5 Yhteenveto

Tämä insinööriyö tehtiin Eaton Power Quality Oy:lle, ja se keskittyi yhden UPS-mallin loppukokoonpanolinjan kehitykseen. Työssä perehdyttiin tuotantoprosessiin ja videokuvattiin laitteen valmistus alusta loppuun. AviX-ohjelmistolla analysoitiin videomateriaalin avulla läpimenoaika ja tuotantoprosessi, josta saatiin eroteltua työvaiheet, sekä määriteltyä ne eri työlajeihin. Työlajeista keskityttiin hukkaan, joka edelleen jaoteltiin leanin seitsemän hukan jaottelun mukaisesti osiin. Hukkaa sisältäneet työvaiheet analysoitiin ja niiden poistamiseksi pohdittiin ratkaisuja.

Työn tuotoksena saatiin edellä mainituista selkeät visuaaliset esitykset, sekä ymmärrystä AviX-ohjelmiston käyttömahdollisuuksiin yrityksen kehitystoiminnassa.

Työn avulla löydettiin 41 % hukkaa loppukokoonpanoprosessin kokonaisläpimenoajasta. Löydösten pohjalta arvioitiin kohtuullisella työllä poistettavissa olevaksi hukaksi 23,6 % kokonaisläpimenoajasta eli löydettiin noin neljänneksen tuottavuusparannusmahdollisuus. Ilman AviX-ohjelmistoa olisi ollut hankalaa identifioida vastaavaa tuottavuuden parannusta.

Tutkimukseen valittiin AviX Method -moduuli, koska se soveltui parhaiten tähän tarkoitukseen. Muihin moduuleihin ja niiden käyttötarkoituksiin perehdyttiin yleisellä tasolla, jotta selvitetäisiin, soveltuuko ohjelmisto muiltakin osin yrityksen tarpeisiin.

Tutkimusta voisi jatkaa laajentamalla se käsittämään koko tuotantolinjan, jolloin olisi mahdollista hyödyntää AviX Resource Balance -moduulia. Sen avulla voidaan määrittää millä työpisteellä kannattaa mikäkin työvaihe tehdä. AviX-ohjelmistolla toteutettavaa analysointiprosessia voi myös kehittää sulavammaksi ja siten tehokkaammaksi.

Insinööriyön tuottamaa tietoa prosessista ja AviX-ohjelmistosta on tarkoitus hyödyntää laajemmassa tuotantolinjan kehitysprosessissa. Työn tuloksia voidaan käyttää myös prosessin jatkuvassa parantamisessa, sekä tulevaisuudessa AviX-ohjelmistoa hyödyntävissä kehitysprojekteissa.

## Lähteet

1. Corporate Information. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Corporation Plc. <<http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/AboutUs/CorporateInformation/index.htm>>. Luettu 20.3.2016.
2. Business Groups. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Corporation Plc. <<http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/AboutUs/BusinessGroups/index.htm>>. Luettu 20.3.2016.
3. Häiriöttömän sähkönsyötön Eaton UPSit. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<https://powerquality.eaton.com/Suomi/Products-services/Backup-Power-UPS/Default.asp>>. Luettu 29.3.2016.
4. Henkilöstötilinpäätös vuodelta 2015. 2015. Yrityksen sisäinen tiedote. Eaton Power Quality Oy.
5. News Releases. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <<http://powerquality.eaton.com/Suomi/About-Us/News-Events/2016/FI-PR100316.asp>>. Päivitetty 10.3.2016. Luettu 29.3.2016.
6. Uusien työntekijöiden perehdytys. 2015. Yrityksen sisäinen tiedote. Eaton Power Quality Oy.
7. UPS-käsikirja. 2012. Verkkojulkaisu. Eaton Corporation. <[pqlit.eaton.com/ll\\_download\\_bylitcode.asp?doc\\_id=24030](http://pqlit.eaton.com/ll_download_bylitcode.asp?doc_id=24030)>. Luettu 10.3.2016.
8. Liker, Jeffrey K. 2011. Toyotan tapaan. Jyväskylä: A Bonnier Group Company.
9. Kiili, Heikki. 2014. Keskipakoispumpun loppukokoonpanon hukka-analyysi. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
10. Womack, J.P. & Jones D.T. 2003. Lean thinking. New York: Free Press.

11. Haapasalo, Harri. 2011. Lean-filosofian ja menetelmien soveltaminen Suomessa. Verkkodokumentti. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110702.pdf>>. Luettu 28.3.2016.
12. Toyota Production System. 2016. Verkkodokumentti. Toyota Corporation. <<http://www.toyota.com.au/toyota/company/operations/toyota-production-system>>. Luettu 29.2.2016.
13. Lean Tools. 2011. Verkkodokumentti. 4Lean. <[http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70](http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70)>. Luettu 29.2.2016.
14. Our Products. 2015. Verkkodokumentti. Solme AB. <<http://www.avix.eu/en/>>. Luettu 20.3.2016.

Muistiinpanot-raportti AviX



**Muistiinpanot raportti**

Valittu objekti		Tiedosto	Loppukokoonpanolinja.avx4				
Nro	Nimi	Loppukokoonpanolinja X		Tyyppi	Linja		
Sijainti	Eaton\HPO\Loppukokoonpanolinja X1	Valinnan tyyppi		Ryhmitelty prosessin rakenteen mukaan			
Tyyppi/Nro	Omistaja	Muistiinpanot	Vastuu	Tärkeys	Tila	Tyyppi	Valmis pvm
	Loppukokoonpanolinja X						
10	[10] D310						
10-10	[10-10] Nouda rungon lava työpisteelle	Kapea käytävä josta johtuen lavojen sijoittelu täytyy ottaa huomioon	Antti	Medium	Uusi	Suggestion	
10-20	[10-20] Nouda runko työpisteelle	ERGO: Paino ja rungon nostaminen lavalta (rungot kahdessa kerroksessa)		Medium	Uusi	Suggestion	
10-30	[10-30] Rullaa säädettävät jalat välasentoon	Jalkojen rullaus: Voiko esim. Ojala tehdä valmiiksi ja kuuluuko rullata ylös?		Määrittelemät	Uusi	Suggestion	
10-50	[10-50] Nouda pultit, mutterit ja rungon kiinnikkeet	Pultit yms. mutterit lähemmäksi esim. nosturiin kiinni koska sinä on tilaa	Antti	Medium	Uusi	Suggestion	
10-70	[10-70] Vaihda painelmatyökälun pää	Tarvittavat työkalut työpisteille	Antti	Medium	Uusi	Problem	
10-100	[10-100] Nouda ja vaihda oikea pää painelimakoneeseen	Tarvittavat työkalut työpisteille		Medium	Uusi	Problem	
10-130	[10-130] Nouda sarana, läpiviennit ja painelimakone	M4 Paineilmakone molempien linjojen nosturipaikoille		Medium	Uusi	Problem	
10-140	[10-140] Kiinnitä sarana ja läpiviennit runkoon	Saranat mukaan jos framet ojalalta valmiiksi lavoilla tulevaisuudessa		Määrittelemät	Määrittelemät	Suggestion	
10-150	[10-150] Irroita rungon valmistekortti, nouda tyyppikilpi	Tyyppikilven haku kaukaa akutonta laitetta tehdessä. Akullisessa kilpi voi kulkea akkustringien mukana jolloin sitä ei joudu erikseen noutamaan		Medium	Uusi	Problem	
		Tyyppikilven haku		-	-	Comment	-

## Muistuinpanot raportti



Tyyppi/Nro	Omistaja	Muistuinpanot	Vastuu	Tärkeys	Tila	Tyyppi	Valmis pvm
■ 10-180	[10-180] Kiinnitä varoitustarra ylimpään akkuhyllyyn	Akkuyhlyjen stopparit: Miksi mukaan akuttomissakin laitteissa?		-	-	Comment	-
■ 20	[20] D100						
■ 20-20	[20-20] Nosta EM rungon päälle nostimella	SAFETY: Paljon työskentelyä käytävällä yms. Lavojen ja nostimen paikka		Medium	Uusi	Problem Comment	-
■ 30	[30] D150						
■ 30-30	[30-30] Vaihda oikea kone paineilmaletkuun	REWORK: Työkälun vaihto reworkin takia		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-40	[30-40] Irroita kaapelit breakerista	REWORK: Turhaa työtä reworkin takia		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-50	[30-50] Irroita nippusiteet EM kaapeleista	REWORK: Työvaiheen alussa reworkkia		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-60	[30-60] Irroita akkukaapelit laitteesta ja uudelleen niputa breaker-kaapelit	REWORK: Johdot terävää reunaa vasten, jonka takia avataan nippusiteet ja asennetaan paremmin		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-70	[30-70] Vie ne rungon läpi breakerille	REWORK: Kaapelit voi normaalisti pujottaa yläkautta		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-80	[30-80] Kiinnitä akkukaapelit breakeriin	REWORK		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-90	[30-90] Kiinnitä jumbperi breakerille	REWORK		Korkea	Uusi	Problem	
■ 30-100	[30-100] Leikkaa ovelle tulevien kaapeleiden nippusiteet auki ja niputa paremmin	REWORK: Irroitetaan ja asennetaan uudelleen paremmin		Medium	Uusi	Problem	
■ 30-110	[30-110] Kiinnitä breaker-kaapelit nippusiteillä EM:än	REWORK: Uudelleen niputusta		Korkea	Uusi	Problem	
■ 40	[40] D200						

## Muistiinpanot raportti



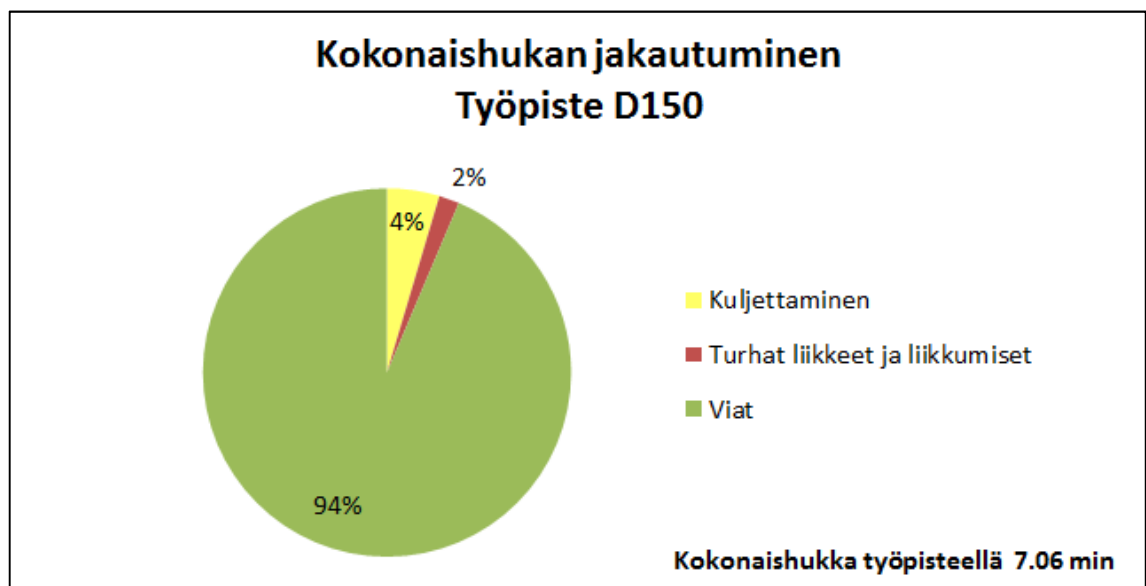
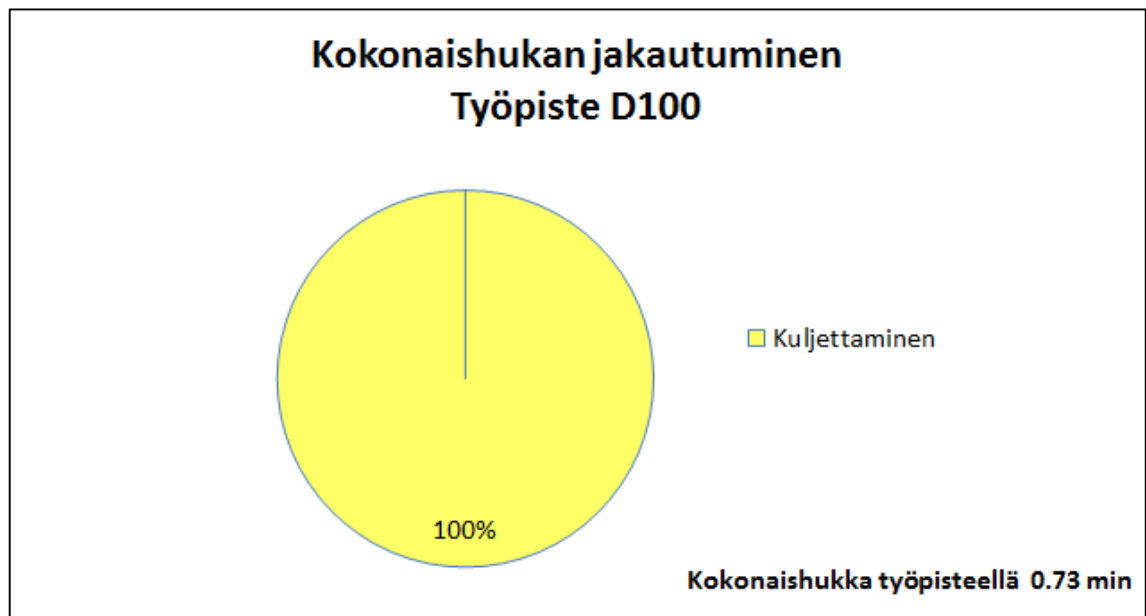
Tyyppi/Nro	Omistaja	Muistiinpanot	Vastuu	Tärkeys	Tila	Tyyppi	Valmis pvm
■ 40-20	[40-20] Asenna etupelti runkoon	Hidas kiinnittää; Paljon ruuveja yhteen peltiin DFA		-	-	Comment	-
■ 40-50	[40-50] Ota ovi kanbanista ja kierteytä reiät	REWORK: Kierteiden teko oveen		Korkea	Uusi	Problem	
■ 40-60	[40-60] Irroita oven yläpalkki, reittiä ja niputa kaapelit uudelleen. Kiinnitä palkki takaisin	REWORK: Turhaa purkua ja uudelleen asennusta, Ojalassa voitaisiin tehdä kerralla oikein		Korkea	Uusi	Problem	
■ 40-90	[40-90] Ota näyttö ja irroita sen takakansi	Voisiko näytön takakuori olla kiinnittämättä? Sitä ei tarvitsisi erikseen irroittaa ennen asennusta. Näytön ruuvit myös usein todella kireällä, joka johtaa välillä kantojen rikkoontumiseen.		Medium	Uusi	Suggestion	
■ 40-100	[40-100] Asenna näyttö oveen	Näyttö voisi olla erilailla toteutettu esim. klipsikiinnitys tai pienemmät ruuvit pois kokonaan yms uudelleen ajattelu		Medium	Uusi	Suggestion	
■ 40-110	[40-110] Kiinnitä kaapeliankkuri ja maadoitusjohto oveen	Nippuside ankkurin tilalle reikä oveen johon voi laittaa painettavan ankkurin. Tarra-ankkurit irtoilee välillä		Medium	Uusi	Suggestion	
■ 40-170	[40-170] Asenna web-kortti laitteeseen	Web kortti, Voisiko tulla jo EM mukana kiinasta, menee melkein jokaiseen laitteeseen joten helpompi vain irroittaa niistä harvoista mihin ei mene?		Medium	Uusi	Suggestion	
■ 60	[60] D350						
■ 60-60	[60-60] Vaihda painelimatyökalun kärki	Muutama jigi käyttöön jotta voi jättää jigin paikalleen testiin asti	Antti	-	-	Comment	-
■ 70	[70] D400						
■ 70-19	[70-19] Seuraa testiä ja odota	Turhia ok kuitauksia.	Make	-	-	Comment	-
■ 70-19	[70-19] Tarkasta firmikset	Turha kysely	Make	-	-	Comment	-
■ 80	[80] D500						

## Muistiinpanot raportti

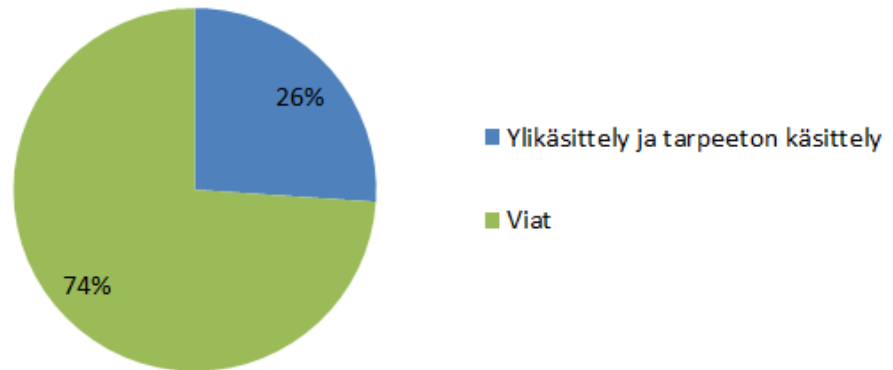


Tyyppi/Nro	Omistaja	Muistiinpanot	Vastuu	Tärkeys	Tila	Tyyppi	Valmis pvm
■ 80-100	[80-100] Irrolta ruuvit laitteesta ja raasta metalli näkyviin maadoitustestistä varten	Tarvitseeko ruuvit kiinnittää jo aikaisemmin linjalla jos ne irroitetaan tässä vaiheessa? (Muutos peltiin tulossa?? ettei tarvitse ruuvien kohdasta maadoitusta mittaila.) Pandalla käytössä.		Medium	Uusi	Suggestion	
■ 80-130	[80-130] Laita laitteen asiakirjat, manuaalit, liittimet yms. muovitaskuun	Testiraportin pakkaus		-	-	Comment	-
■ 80-150	[80-150] Laita suojahuppu laitteeseen	ERGO: Rullalle oma teline tai jotain mikä helpottaa käyttöä.		Korkea	Uusi	Problem	
■ 80-160	[80-160] Aseta pahvireunus laitteen ympärille	ERGO: Ergonomia pahvia laitettaessa huono, Pahvi on kookas ja vaikea pitää oikeassa asennossa sitä laittaessa		Medium	Uusi	Problem	

## Hukan jakautuminen työpisteillä

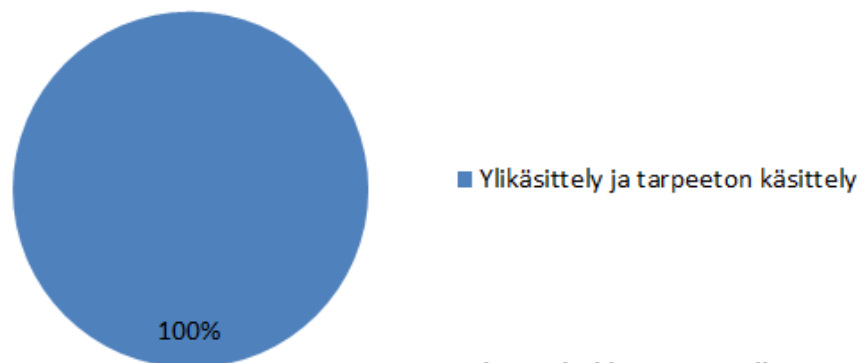


### Kokonaishukan jakautuminen Työpiste D200



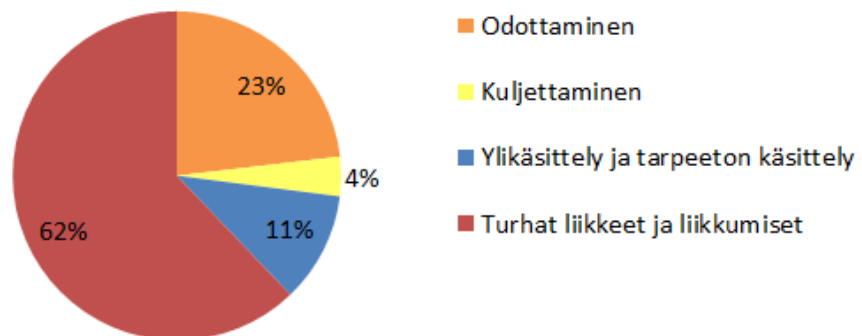
Kokonaishukka työpisteellä 3.79 min

### Kokonaishukan jakautuminen Työpiste D300



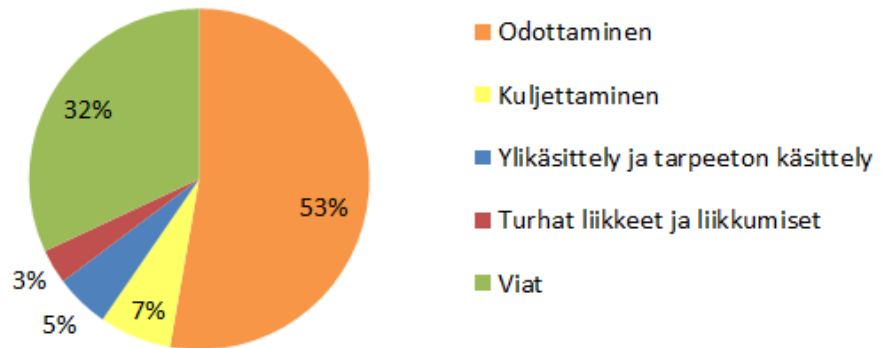
Kokonaishukka työpisteellä 6.87 min

### Kokonaishukan jakautuminen Työpiste D350



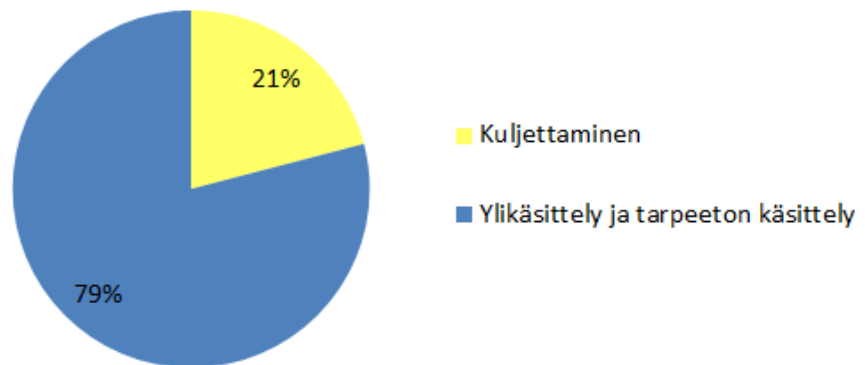
Kokonaishukka työpisteellä 4.02 min

### Kokonaishukan jakautuminen Työpiste D400



Kokonaishukka työpisteellä 11.13 min

### Kokonaishukan jakautuminen Työpiste D500



Kokonaishukka työpisteellä 5.95 min