

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

2019

Lassi Pihala

# VARAOSATOIMINNAN KEHITTÄMINEN

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

2019 | 41 sivua, 4 liitesivua

Lassi Pihala

## VARAOSATOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Turun Sandvikin jälkimarkkina-alue on viime vuosina kasvanut merkittävästi ja myytävien varaosien tyyppi on muuttunut, mikä luonut kasvavan tarpeen varaosatoiminnan kehittämiseksi. Opinnäytetyön tavoite on parantaa varaosatoimintaa usealla osa-alueella ja siihen pyrittiin lisäämällä kokonaisprosessin omistajuutta ja hyödyntämällä usean vuoden tilastotietoja.

Kehitettäväksi asioiksi valikoituivat kohteet, joilla nähtiin saavutettavan työaikasäästöjä, parempi lähetyslaatu, tarkempi hinnoittelu ja tehokkaammin kuormitettu varaosatuotanto. Käytännössä tavoitteisiin pyrittiin individualisoimalla varaosien työtilaustunnus, sisällyttämällä pakkaaminen osaksi varaosatoimintaa, luomalla tilastollisen menetelmän avulla kaava työaikojen arviointiin ja ottamalla käyttöön kuormituksen apuohjelma.

Opinnäytetyön yhteydessä toteutetut kehitysprojektit ovat saaneet aikaan työaikasäästöjä vähentämällä ylimääräistä liikettä sisäisesti varaosissa ja ulkoisesti tiettyjen sidosryhmien aputoissa. Lähetyslaatu on onnistuttu parantamaan merkittävästi vuodentakaisesta ja pakkauksien ympäristö- ja asiakasvaikutus otetaan nykyään paremmin huomioon. Työaika-arviointiin muodostettu laskentakaava on todettu käyttökelpoiseksi ja tarpeelliseksi tavaksi arvioida uuden kokoonpanon vaatima työaika. Kuormituksen apuohjelman osittaisella käyttöön otolla on saatu viitteitä sen käytännöllisyydestä varaosien käytössä.

Kehitysten avulla on selkeytetty usean eri sidosryhmän arkipäiväistä työtä ja niiden vaikutus on huomioitu positiivisesti myös tilaus-toimitusketjun seuraavassa lenkissä.

Opinnäytetyön kehitysprojektit ja niihin annetut resurssit ovat olleet osana parantamassa varaosatiimin identiteettiä osana tärkeää asiakassuhdetta.

### ASIASANAT:

Varaosa, lähetyslaatu, kuormitus, kompetenssi, tuotannon kehitys

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2019 | 41 pages, 4 pages in appendices

Lassi Pihala

## DEVELOPMENT OF THE SPARE PART OPERATION

Sales in the aftermarket area has been growing at Sandvik Turku over the past few years. This increase in demand and demand type changes has made it necessary to initiate several development projects for the spare part operations. The goal of this thesis was to improve multiple sectors in spare part operation by enhancing process ownership and utilizing work time statistics.

The areas for improvements were selected according to their potential to enhance the shipping quality, product pricing and productivity. In practice work orders were given a special marking and awareness of packaging in spare part operation was raised. A Formula based on statistics was created to estimate work time and a work load planning program was implemented.

The improvements made as a result of this thesis have created time savings by reducing excess movement inside the spare part bay and for employees working closely with spare parts. Shipping deviations have significantly reduced during the present year. The impact of packages on the environment and the final customer is also considered much more carefully nowadays. The formula for work time estimating has been found both useful and necessary. The partial implementation of the work load planning program has been seen as a viable way to balance production in the spare parts department.

The improvements done have clarified multiple stake holders' daily work. Results of the improvements have also been noticed by stakeholders in the delivery process chain.

Improvements and resources given for them have enhanced the spare part team's identity as an important part of the customer relationship.

### KEYWORDS:

Spare part, shipping quality, capacity planning, competency, production development

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 SANDVIK</b>	<b>9</b>
2.1 Sandvik Suomessa	9
2.2 Sandvik Turussa	9
<b>3 VARAOSATOIMINTA</b>	<b>11</b>
3.1 Prosessi	11
3.2 Mittarit	11
3.3 Sidosryhmät	12
3.4 Prosessin ongelmat	13
<b>4 VARAOSAKOKKONPANON KEHITTÄMINEN</b>	<b>15</b>
4.1 Varaosatyön tunnuksen muuttaminen	15
4.2 Työjärjestysnäkyvä työntekijöille	15
4.3 Varaosalähtämö	18
4.4 Vaihetietojen päivitys	20
4.5 Kokoonpanojen työaika-arvioinnille kaava	21
4.5.1 Työaika-arviokaavan alustus	22
4.5.2 Kaava työaika-arvioinnille	23
4.6 Kuormituksen tasapainotus	26
4.6.1 Varaosien tuotantomallin haasteellisuus	26
4.6.2 Varaosien toimitusajat	27
4.6.3 Työkuorman tasapainotus	28
<b>5 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT</b>	<b>30</b>
5.1 Varaosalähtämö	30
5.1.1 Lähetyslaatu	31
5.1.2 Työaikasäästöt	32
5.1.3 Muut huomiot varaosalähtämöstä	32
5.2 Työaika-arviointikaavan paikkansapitävyys	33

5.3 PES-käyttöönotto	34
5.4 Työtunnuksen muuttaminen	35
5.5 Työjärjestysnäkyvä	35
5.6 Yleiset havainnot	35
<b>6 KEHITYSKOhteet</b>	<b>36</b>
6.1 Vaiheajojen automaattinen korjaaminen	36
6.2 Työaika-arviokaavan tarkentaminen	36
6.3 Toimitusajan lyhentäminen	36
6.4 Layout	36
<b>LÄhteet</b>	<b>37</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Varaosien prosessikaavio.
- Liite 2. Varaosakokoonpanon prosessikaavio.
- Liite 3. Varaosalähetysten prosessikaavio.
- Liite 4. Esimerkki työkortista.

## KAAVAT

Kaava 1. Työaika-arviointiin käytetty kaava.	24
--	----

## KUVAT

Kuva 1. TH663-dumpperi ja LH621-lastari (Sandvik AB 2019).	10
Kuva 2. Huonon toimitusvarmuuden syitä (Karjalainen ym. 2001, 53).	14
Kuva 3. Työkorttilokerikko.	16
Kuva 4. Kuormitusryhmän työjärjestysnäkyvä.	17
Kuva 5. Vanhan varaosalähetämön etäisyys asennussoluun.	18
Kuva 6. Vanha layout. Oikeassa yläkulmassa varastoitiin aiemmin tuotannon apuvälineitä ja öljyjä.	19
Kuva 7. Uusi layout. Kulmaukseen hankittiin työpöytiä ja varastohyllyjä. Uudistuksen yhteydessä tuotannon tarvitsemat öljyt ja apuvälineet sijoitettiin lähemmäs niitä tarvitsevia asennuspaikkoja.	20
Kuva 8. Vuosina 2016–2018 valmistettujen eri nimikkeiden jakautuma.	22

Kuva 9. Otos taulukosta, jossa jokainen rivi on yksi työtilaus.	23
Kuva 10. MATLAB-komennot ja tuloste.	24
Kuva 11. Tuotannon ristiriitakolmio (Gustafsson ym.1988, 16).	27
Kuva 12. PES-näkymä, josta nähdään materiaali puutteet, kapasiteetti, kuorma ja työsuhteessa muuhun tuotantosuunnitelmaan.	29
Kuva 13. Prioriteettijärjestys projekteille tai niiden osille.	30

## KUVIOT

Kuvio 1. Lähetyslaadun muutos	30
-------------------------------	----

## TAULUKOT

Taulukko 1. SIC-koodit ja niiden osuus kaikista myyntitilausriveistä.	20
Taulukko 2. 3500 tehdyn kokoonpanon arvioidut ja toteutuneet työtunnit.	20
Taulukko 3. Tilastollisesta mallinnuksesta saadut vaikutuskertoimet.	24
Taulukko 4. Todennäköisyydet epäolennaisuudelle.	24
Taulukko 5. Vanhan ja uuden työaika-arvioinnin eroavaisuudet.	32
Taulukko 6. Työaika-arvioiden esimerkit	33

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ATO	Assemble to order
BOM	Bill of material
LEAN	Sandvikin käyttämä ERP-järjestelmä
MTO	Make to order
MTS	Make to stock
PES	Production Efficiency Program
REBUILD	Konemallin uudelleenrakennuskokonaisuus
SIC	Sales Intensity Classification
SKR	Special Kit Request
SMCL	Sandvik Mining, Construction and Logistics

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Turun Sandvikin kaivostyökoneiden varaosatoimintaa. Tarve työlle on muodostunut parin viime vuoden aikana johtuen asiakkaiden kasvaneesta kysynnästä ja asiakkaiden kulutustottumisten muuttumisesta.

Varaosatoimintaa ei ole kehitetty Turun Sandvikilla merkittävästi pitkään aikaan ja prosessin analogisuus, manuaalisuus ja epäselvyys näkyivät niin tuotannossa työntekijöiden kuin työnjohdonkin arjessa. Tiedon kulku ei ollut aukotonta ja nykyaikaista, roolit eivät olleet kullekin selkeitä ja työkuorma ei ollut tasapainossa. Hyvän tuloksen ja tyytyväisen asiakkaan takaamiseksi prosessia oli kehitettävä.

Opinnäytetyötä on tehty normaalin työnjohtotyön ohella, jolloin on ollut helppo tarttua tuotantoa häiritseviin epäkohtiin. Muutosten vaikutusta on ollut mielekäästä seurata koko opinnäytetyön ajan, ja niistä saatu statistiikka ja palaute on ollut sekä ohjaavaa että palkitsevaa. Se on ollut erittäin kehittävää ja rohkaissut jatkuvaan parantamiseen.

Opinnäytetyö on tehty omia asennus- ja työnjohtotyökokemuksia hyväksikäyttäen, tutkimalla usean vuoden tuntikirjauksia ja tilastollisia menetelmiä hyödyntäen.

Opinnäytetyö pitää sisältää esittelyn asiakasyrityksestä, prosessista ja sidosryhmistä, tarkemman kuvauksen kehityksen alla olleista ongelmista, työosion, tulokset ja päätelmät sekä kehityskohteet. Työn aikana esiin tulleet kehityskohteet on päätetty kirjata opinnäytetyöhön havaintoina yritykselle, ja ne on päätetty rajata opinnäytetyöstä pois niiden laajuudesta johtuen tai kustannuksellisista syistä.

## 2 SANDVIK

Sandvik on ruotsalainen metallialan yritys, joka tuottaa (Sandvik AB 2019a)

- työkaluja ja järjestelmiä teolliseen metallin leikkaukseen
- koneita, kalustoa, palveluja ja teknisiä ratkaisuja kaivos- ja urakointiteollisuuksille
- edistyksellisiä ruostumattomia teräs- ja erikoisseosmateriaaleja ja tuotteita teolliseen lämpökäsittelyyn.

### 2.1 Sandvik Suomessa

Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tehtaalla suunnitellaan, valmistetaan ja markkinoidaan porauslaitteita ja niiden varaosia sekä maanaliseen että maanpäälliseen kiven louhintaan (Sandvik AB 2019).

Lahden toimipisteessä sijaitsevat BU Breakers sekä BU Screens & Feeders. BU Breakers suunnittelee, valmistaa ja markkinoi kaivuukoneisiin asennettavia hydraulikäyttöisiä iskuvasaroita sekä purkutyölaitteita. (Sandvik AB 2019).

### 2.2 Sandvik Turussa

Turussa kokoonpannaan kaivoslastareita ja -dumppereita. Lastareiden nostokapasiteetti vaihtelee 7 tonnin ja 25 tonnin välillä ja dumppereiden kuljetuskapasiteetti 20 tonnista 63 tonniin. Kokoonpano dieselmootoreilla varustetuille koneille tapahtuu soluissa tai linjoilla, ja sähkökoneet kokoonpannaan aina soluissa.



Kuva 1. TH663-dumpperi ja LH621-lastari (Sandvik AB 2019b).

Turun varaosasu koonpanee dummereihin ja lastereihin erilaisiin asiakastarpeisiin varaosia ja varaosakokonaisuuksia.

## 3 VARAOSATOIMINTA

### 3.1 Prosessi

Turun Sandvik ei ole suoraan yhteydessä asiakkaaseen, kun kyseessä on normaali varaosatilaus. Asiakastilausten vastaanotto on keskitetty Irlannissa sijaitsevalle inbound-teamille. Inbound-team ohjaa tilauksen kyseistä varaosaa tuottavalle tuotantoyksikölle. Tilaukset käsitellään ja aikataulutetaan Turun Sandvikin varaosien tilauskäsittelijän ja varaosasolun työnjohdon yhteistyöllä.

Tilauksenkäsittelyn jälkeen luodaan työtilaus, joka muodostaa tarvittavat materiaalivaraukset kokoonpanolle ja jonka vaiheelle työntekijät leimaavat työtuntien merkkausta varten. Materiaalitarpeet on ajoitettu saapuvaksi viisi päivää ennen kyseisen tilauksen sovittua lähetyspäivämäärää, jolloin varaosatuotannolla on puskuriaikaa viivästysten varalle. Viivästykset johtuvat yleensä toimittajan myöhästymisestä, sisälogistiikan keräily- ja kuljetusongelmista ja/tai ennakoimattomista tuotannon keskeytymisistä.

Erilaisia varaosakokoonpanonimikkeitä on käytössä useita satoja, joista vanhimmat ovat konemalleista kolmen vuosikymmenen takaa. Työntekijät valmistavat kokoonpanot teknisten piirustusten pohjalta ilman varsinaisia työohjeita. Niiden puuttuminen ja jatkuvat nimikevaihtelut vaativat asentajilta mittavaa ammattitaitoa, laajaa ymmärrystä päätuotteista ja niiden erilaisista spesifikaatioista ja halua valmistaa loppuasiakkaalle laadukkaita varaosia.

Kokoonpanon valmistuttua tilaus esipakataan asianmukaisesti varaosasolussa ennen sen viemistä lähettämöön, jossa varaosalähetyksiin nimetty työntekijä valmistelee kollit ulkopuolisen kuljetusyrityksen noutoa varten ja tekee tarvittavat dokumentoinnit lähetyksestä. Dokumentointi pitää sisällään kollitietojen kirjaamisen, lähetyslistojen arkistoinnin ja lähetykskollien valokuvaamisen.

Varaosatoiminnan keskeisimmät prosessit on kuvattu tarkemmin liitteissä 1, 2 ja 3.

### 3.2 Mittarit

Varaosatoimintaa mitataan sisäisesti ja ulkoisesti.

Sisäisesti varaosatoiminnalle on asetettu toimitusvarmuustavoite. Toimitusvarmuutta mitataan viikoittain, kuukausittain ja vuosittaisella aikajaksolla. Toimitusvarmuuden määrittelee viikon aikana lähtevien tilausrivien toteutuminen suhteessa alkuperäiseen tilausvahvistuksen päivämäärään.

Ulkoisesti varaosatoimintaa mitataan SMCL:n toimesta toimitusvarmuudella, mutta myös toimitusaikatarkkuudella. Toimitusaikatarkkuus määritellään rivikohtaisesti toteutuneeksi, mikäli tilausrivin nimike on toimitettu viimeistään viimeisenä päivänä tilauksen saapumisen ja nimikkeen ilmoitetun toimitusajan rajaamana aikana.

Lähetysten laatua on alettu myös viime aikoina mittaamaan. SMCL on asettanut tavoitteeksi, että kaikista kuukauden aikana lähetetyistä tilausrivistä vain neljä saisi olla virheellisiä. Koska tilausrivimäärät vaihtelevat kuukausitasolla paljon, on kyseenalaista laskea aktuaalista virhelukumäärää. Lähetysten laatua tulisi mitata suhteutettuna kuukausittaiseen tilausrivimäärään.

Keskimäärin kuukaudessa lähetettäviä tilausrivejä on noin 650, jolloin sallittu laatuindeksi on 0,61 %. Ottaen huomioon koko tilaus-toimitusketjun vaativuuden ja prosessiin osallistuvien ihmiskäsien vaatimaa määrää on 0,61 % laatuindeksi käytännössä todella haastavaa saavuttaa nykyisillä toimintamalleilla.

### 3.3 Sidosryhmät

Sandvik Mining and Construction Logistics jakaa asiakkailta tulevat tilaukset tuotantoyksiköille ja jokaisella tuotantoyksiköllä on nimetyt yhteyshenkilöt, jotka toimivat välikätenä asiakkaan, keskusvaraston ja tuotantoyksikön välillä.

CEVA Logistics toimii varaosien keskusvarastona Hollannin Eindhovenissa, jonne lähetetään tavanomaisimmat varaosat. Tapauksissa, joissa asiakkaan tilaama tuote on kooltaan suuri tai kyseessä on konerikkotilaus, lähetetään tuote suoraan asiakkaalle.

Sisäisesti Turun tehtaan varaosatoimintaan osallistuu päivittäin putkentaivutusosuus, runkoverstas, sisälogistiikka ja materiaaliostajat.

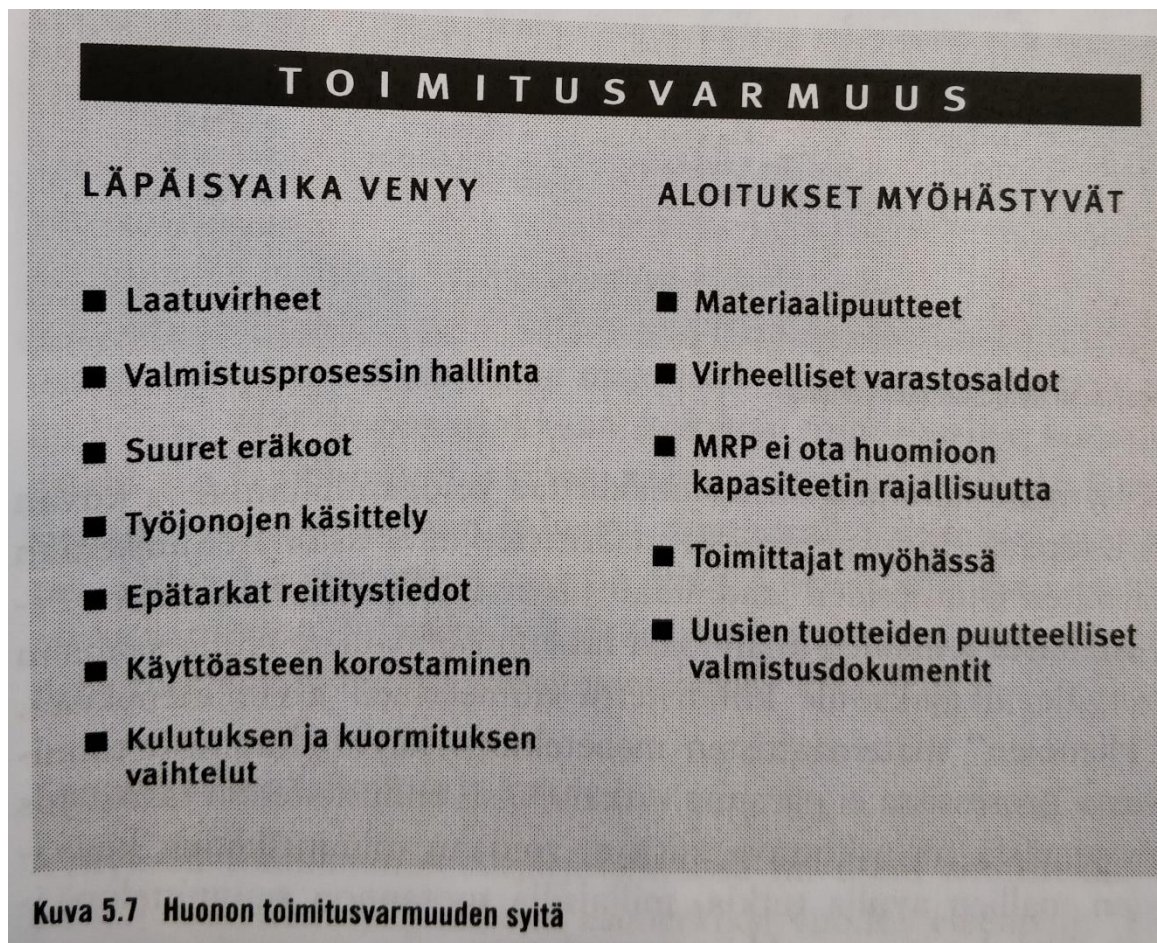
Putkisolussa taivutetaan putkia varaosaksi, mutta myös tarpeiksi varaosakokoonpanoihin. Putkisolusta toimitetaan sisälogistiikan avulla putkiaihioita runkoverstaalle, sillä jotkin varaosaputket vaativat erilaisen liitospään tavallisen ORFS- tai JIC-mutteriliitoksen sijaan.

### 3.4 Prosessin ongelmat

Varaosien, SKR:ien ja rebuildien kysyntä on kasvanut viimeisen parin vuoden aikana merkittävästi, mikä on johtanut tuotannon suunnittelun ja aikataulutuksen vaikeutumiseen:

- Joillekin päiville on aikataulutettu kokoonpanotöitä ylittäen käytettävissä oleva kapasiteetti
- Joillekin päiville on aikataulutettu kokoonpanotöitä selvästi alittaen käytettävissä oleva kapasiteetti
- Mekaniikka- ja/tai heikkovirtatöitä on aikataulutettu epätasaisesti niin, että kaikkea osaamista ei saada tehokkaasti hyödynnettyä
- Konerikkotilausten tai aikaistuspyyntöjen vaikutus tuotannon tilaan on vaikeasti nähtävissä
- Aikaisinta mahdollista toimituspäivämäärää ei työjärjestyksen ja työkuorman epäselvyyden takia voida vahvistaa
- Materiaalipuutteiden huomaaminen tuotannonohjausohjelmasta ennen työn alkamista on epäkäytännöllistä
- Väärää materiaalia virtaa varaosasoluun tai varaosatoihin tarkoitettua materiaalia kulkeutuu muualle tuotantoon
- Tilauksia myöhästyy vaillinaisten ohjeistuksien takia
- Varaosalähetysten pakkauslaatu ei ole yhdenmukainen ja lähetysten teko on haavoittuvainen poissaoloille.

Toimitusvarmuus ei kuitenkaan ole edellä mainituista kärsinyt kertaluontoisesti merkittävästi tai pidemmällä aikavälillä toistuvasti. Havaitut ongelmat ovat selvästi yhteneviä kirjallisuustiedon kanssa koskien läpäisyajan venymistä ja aloitusten myöhästymistä (kuva 2).



Kuva 2. Huonon toimitusvarmuuden syitä (Karjalainen ym. 2001, 53).

Hyvän toimitusvarmuuden saavuttamiseksi on jouduttu tekemään toisinaan ylitöitä, jotka olisivat olleet vältettävissä esimerkiksi paremmalla aikataulutamisella tai kapasiteetin riittämättömyyden tietämisellä hyvissä ajoin.

## 4 VARAOSAKOKOONPANON KEHITTÄMINEN

### 4.1 Varaosatyön tunnuksen muuttaminen

Aiemmin varaosätöiden tunnus oli muodossa W000001 (lyhenne W sanasta work), ja tunnuksen luku suureni juoksevasti sitä mukaa, kun uusia tilauksia avattiin töiksi. Samanlaista tunnuksen rakennetta käytettiin runkoverstaalla ja myös tietyissä tapauksissa pääkokoospanojen yhteydessä. Usean eri osaston käyttäessä samankaltaista työntunusta keräilymateriaalia päätyi tasaisin väliajoin väärälle kokoonpanoalueelle.

Logistiikan kehittäminen on ennen kaikkea yhteistyön kehittämistä niin yrityksen sisällä kuin tavarantoimittajien ja asiakkaiden kanssa. Joskus yhteistyö kohdistuu pelkästään peräkkäisten logistiikka toimintojen hiomiseen. Joskus taas koko tavaravirran kulkua muutetaan radikaalisti purkamalla ketjusta päällekkäisiä rakenteita. Logistiikan tavoitteista yksi on sisäinen, eli kustannustehokkuutta pyritään parantamaan turhan käsittelyn ym. avulla. (Sakki, 2003, 25.)

Varaosatöille luotiin oma tunnus, SP00001 (lyhenne SP sanoista spare part), jonka avulla varasto- ja sisälogistiikkatyöntekijöillä ei ole sekaantumisen mahdollisuutta materiaalin kohdepaikasta. Materiaalivirran selkeytymisen lisäksi uudella työtunnuksella vaiheaikaleimojen merkkäminen oikealle työlle on selkeämpää työntekijöille tilanteissa, joissa varaosaselussa tehdään päätuotannon aputöitä tai toisinpäin. Oikein kirjatut työtunnit ovat perusedellytys, jotta kustannukset saadaan allokoitua oikeille kustannuspaikoille. Ylimääräisten materiaalikuljetusten vähentyessä odotusajat lyhenevät ja sisälogistiikan tuottavuus paranee.

### 4.2 Työjärjestysnäkyminen työntekijöille

Varaosaselun työntekijöille kehitettiin heidän toiveidensa mukainen työjärjestysnäkyminen, jonka mukaan töitä tehdään. Aiemmin työntekijät valitsivat aloitettavan työn työkorttilokerikosta, jossa työmääräin on paperisena. Työkorttiin on merkattu kyseisen työn suunniteltu aloitus- ja päättymisajankohta. Useissa tapauksissa asiakas on kuitenkin pyytänyt tilaustaan aikaisemmin toimitettavaksi johtaen muuttuneeseen toimituspäivämäärään. Tällöin työkorttien päivämäärät eivät ole vastanneet todellisuutta eikä aikaistuspyyntöjen runsaasta määrästä johtuen tulostettu aina uusia, ajantasaisia työkortteja. Kehitetyllä

työjärjestysnäkökulmalla on työnjohdon helpompi osoittaa työntekijöille oikea aikataulu töiden tekemiselle. Esimerkiksi työkortista liitteessä 4.



Kuva 3. Työkorttilokerikko.

Työntekijöitä haastatteleamalla näkymään räätälöitiin heidän toiminnalleen oleellisia tietoja, joiden avulla on helppo nähdä kyseisen työn tila, materiaalikeräilyjen tilanne ja mahdolliset lisätiedot koskien työtä. Lisätiedot ovat pääasiassa työnjohdon kirjaamia lyhyitä kommentteja koskien muuttunutta tarvepäivämäärää, poikkeuksellisia materiaalipuutteita tai työtä tai tilausta olennaisesti muuttavaa tietoa.

Reaalijassa olevaa työjärjestysnäkömää hallinnoidaan intranetin välityksellä, ja se on nähtävissä työntekijöille työpisteelle asennetulla näytöllä, jossa näkyy kuvan 4 näkymä.

Mekaniikkatyöt						
Työ	Nimi	Keräilyn tilanne	Info	Suun.alku	Päättyy	Työn tila
SP00566	KOLMIOTUKIASENNUS	8/9	29421650 tuki myössä 3kpl. OSATOIMITUS: 1 kpl perjantaina	1.3.2019	1.3.2019	Aloitettu
SP00642	KAUKO-OHJAUS	6/6	Kannatimessa laatuvirhe	4.3.2019	4.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00745	KAAPELIOHJAIMEN VAIM	5/7		12.3.2019	12.3.2019	Sis vahvistettu
SP00701	UREASÄILIÖ	5/5	Toimitus 21.03.	19.3.2019	19.3.2019	Aloitettu
SP00744	KAIDE	0/0		21.3.2019	21.3.2019	Aloituskelpoinen
RB000141	SYSTEM. COOLING Volv	18/18		25.3.2019	25.3.2019	Sis vahvistettu
SP00655	KURISTIN	2/2		25.3.2019	25.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00822	KOKKOONPANO	0/2		25.3.2019	25.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00717	JOUSTUS	0/9		26.3.2019	26.3.2019	Sis vahvistettu
SP00890	LIITIN	0/0		26.3.2019	26.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00891	LIITIN	0/0		26.3.2019	26.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00653	VAIHTENVALITSIN	15/15		27.3.2019	27.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00781	JÄLKIASENNUSSARJA	0/1	Lähetys 29.03.	27.3.2019	27.3.2019	Sis vahvistettu
Sähkötöyt						
Työ	Nimi	Keräilyn tilanne	Info	Suun.alku	Päättyy	Työn tila
SP00689	KOTELO	1/1	Kotelo myöhässä 12.3	7.3.2019	8.3.2019	Aloitettu
SP00821	SÄHKÖKOMPONENTTISARJ	1/1		18.3.2019	18.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00885	JOHTOSARJA	0/0		20.3.2019	20.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00886	JOHDINSARJA	0/0		20.3.2019	20.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00887	JOHDINSARJA	0/0		20.3.2019	20.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00816	KOTELOKOKOONPANO	0/4		29.3.2019	29.3.2019	Sis vahvistettu
SP00862	NOPEUSANTURI	1/1	oli 90kpl ! loput 30 kpl toimitetaan 24.5. tee uusi työ kun tämä valmis!	2.4.2019	2.4.2019	Aloitettu
SP00867	NOPEUSANTURI	0/0		12.4.2019	12.4.2019	Aloituskelpoinen
Rebuild, SKR ja Til.tsto						
Työ	Nimi	Keräilyn tilanne	Info	Suun.alku	Päättyy	Työn tila
SP00566	SÄHKÖKOKOONPANO	41/42		25.2.2019	8.3.2019	Aloitettu
SP00497	PLC-OHJELMA	0/0	Virheellinen rakenne. Serial L409L749 ja L509L745	25.2.2019	25.2.2019	Aloituskelpoinen
SP00577	SÄHKÖKOKOONPANO	42/42		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00571	VISUALIZATION	15/15		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00572	VISUALIZATION	15/15		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00573	OPEN CABIN	30/30		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00574	OPEN CABIN	30/30		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00575	OPEN CABIN	31/31		4.3.2019	15.3.2019	Aloitettu
SP00576	VISUALIZATION	15/15		4.3.2019	15.3.2019	Aloituskelpoinen
SP00598	SÄHKÖKOKOONPANO	43/43		11.3.2019	22.3.2019	Aloitettu
SP00617	PLC-OHJELMA	2/2	Rakenne virheellinen. Serial L409L720	12.3.2019	12.3.2019	Aloituskelpoinen
RB000149	PUMPPUKOKOONPANO	2/2		18.3.2019	18.3.2019	Aloitettu
RB000148	PUMPPUKOKOONPANO	3/3		18.3.2019	29.3.2019	Aloitettu
RB000147	PUMPPUKOKOONPANO	2/2		18.3.2019	18.3.2019	Aloitettu

Kuva 4. Kuormitusryhmän työjärjestysnäkömää.

Alimman otsikon "Rebuild, SKR ja Til.tsto" alla ovat rebuildien, SKR:rien ja tilaustoimiston muodostamat työtilaukset. Niitä ei ole eritelty kompetenssien mukaan sähkö- tai mekaniikkatöihin, jotta ne eivät menisi sekaisin perusvaraosien kanssa. Rebuildit ja SKR-työtilaukset voidaan erottaa toisistaan työtunnuksesta. Tilaustoimiston työtilauksille ei ole toistaiseksi nähty tarvetta muodostaa omaa työtunnusta niiden vähäisen esiintyvyyden takia.

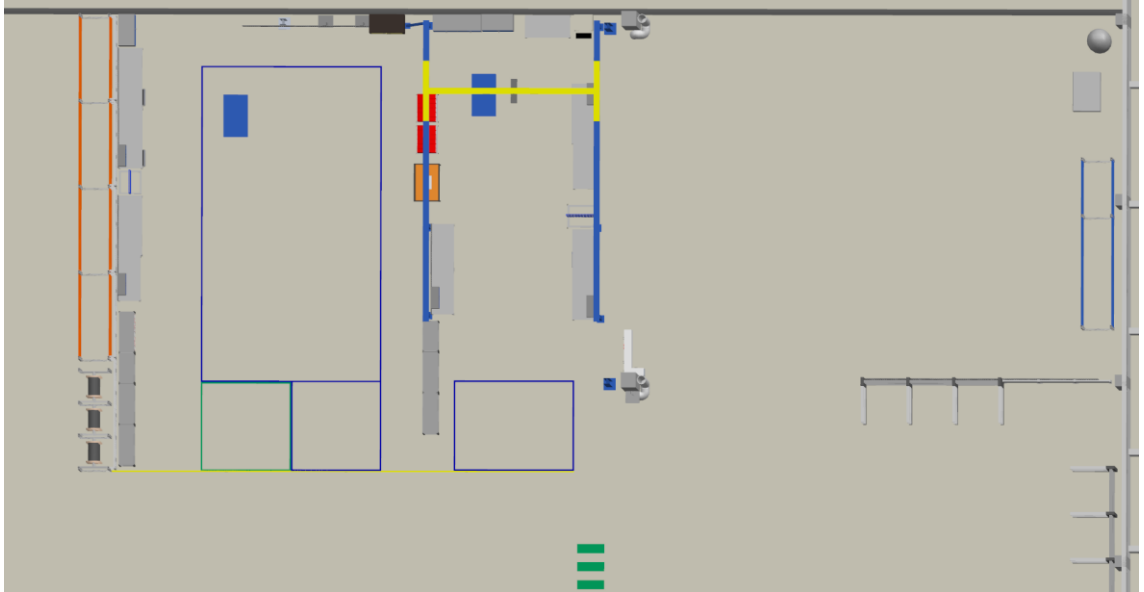
### 4.3 Varaosalähetäjä

Varaosien lähettäminen poikkeaa muusta Sandvikin lähettämötoiminnasta niin merkittävästi ja lähtevän tavaran volyymi on niin suuri, että varaosille päätettiin eriyttää oma pakkaus- ja lähetyalue varaosa- ja putkisolun viereen. Uudella lähettämön sijainnilla lyhennetään valmiiden kokoonpanojen ja putkilavojen välimatkaa varaosasolun ja lähettämön välillä.



Kuva 5. Vanhan varaosalähetäjän etäisyys asennussoluun.

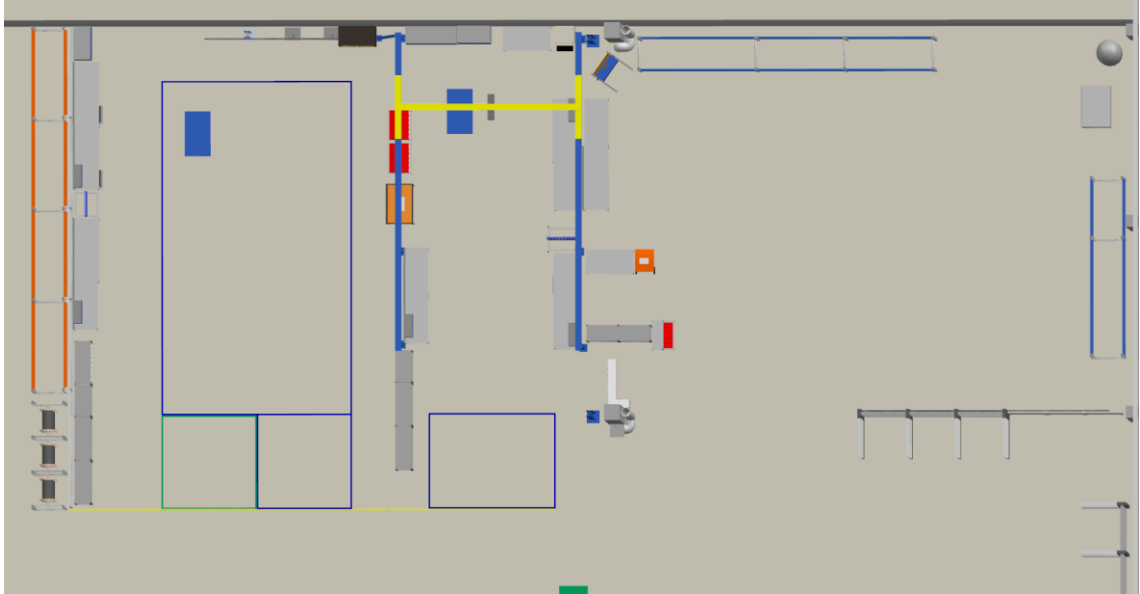
Layoutmuutoksen ansiosta työntekijöillä jää enemmän aikaa tuottavalle työlle, varaosakokoonpanojen läpimenoaika lyhenee ja turvallisuus lisääntyy vähentyneen trukkiliikenteen vuoksi. Lähettämön ollessa lähellä valmistavia soluja valmistetut tuotteet eivät kulkeudu väärille alueille. Osastojen välinen vuorovaikutus ja joustavuus paranevat, jolloin ongelmatilanteiden ratkaisu helpottuu ja yhteistyö syvenee.



Kuva 6. Vanha layout. Oikeassa yläkulmassa varastoitiin aiemmin tuotannon apuvälineitä ja öljyä.

Ollakseen toimiva varaosalähetämö vaatii runsaasti hyllymetrejä pakkausmateriaalien ja lähetysvalmiiden kollien välivarastointiin ja vapaata lattiatilaa isojen komponenttien pakkausta varten.

Välivarastointia joudutaan tekemään sellaisten tilausten yhteydessä, joissa on useita kokoonpanoja ja ne pitää lähettää asiakkaalle samanaikaisesti. Toisinaan tällaiset tilaukset sisältävät jopa 30 kollia, joiden koko vaihtelee tehovavasta usean kuutiometrin erikoispakkaukseen.



Kuva 7. Uusi layout. Kulmaukseen hankittiin työpöytiä ja varastohyllyjä. Uudistuksen yhteydessä tuotannon tarvitsemat öljyt ja apuvälineet sijoitettiin lähemmäs niitä tarvitsevia asennuspaikkoja.

Varaosien lähettämiseen nimetyllä työntekijällä saadaan toimituksista tasalaatuisia ja vastuualueet pysyvät kaikille selkeinä. Kaikki varaosaprosessiin liittyvät osastot ovat keskitetty samalle alueelle, jolloin työnkierron järjestämiselle on matalampi kynnyks. Loma- ja sairausaikojen sijaistamiset onnistuvat joustavammin, kun henkilöt ja työnkuvat ovat tuttuja useammille henkilöille.

#### 4.4 Vaihetietojen päivitys

Jokaisella nimikkeellä on oma vaihemallinsa, jossa on määritelty kyseisen kokoonpanon tarvittava työaika. Työaika määritellään uudelle nimikkeelle kokoonpanopiirustuksen perusteella pääasiassa työnjohtajan toimesta.

Nimikkeiden vaihemallitietojen päivitys rajattiin niin, että kaikki viimeisen kahden vuoden aikana kokoonpantujen varaosien vaiheaika tarkistettiin ja määriteltiin kyseisen kokoonpanon kompetenssi mekaniikaksi tai hienosähköksi.

Vaihemallitietojen päivitys aloitettiin nopeasti liikkuvista nimikkeistä, jotta PES-näkyvästä saadaan nopeasti mahdollisimman paljon hyödynnettävää tietoa. Nimikkeiden liikkuvuus määritellään tilausrivimäärällisesti seuraavasti:

Taulukko 1. SIC-koodit ja niiden osuus kaikista myyntitilausriveistä.

SIC-koodi	Tilausrivejä / 3 kk	Osuus kaikista riveistä (%)
W	yli 30	~7,5
X	11-30	~7,5
Y	3-10	42,0
Z	1-2	43,0

Suurin osa päivitetystä vaihemalleista ovat nimikkeillä, jotka ovat esiintyneet viimeisen kahden vuoden aikana vain kerran. Tällaisen satunnaisesti esiintyvän nimikkeen vaihe-aika ja kompetenssi päätettiin kuitenkin päivittää, jotta vastaisuudessa tietoja ei tarvitse lisätä kuin vain ensimmäistä kertaa varaosatuotannossa esiintyville nimikkeille.

LEAN-tuotannonohjausjärjestelmän tuottava Roima Intelligencen edustaja kertoi, että vaihetietojen päivitystä ei pystytä tekemään massa-ajolla ilman muutoksia järjestelmään. Tästä johtuen mittava, yli 900 nimikkeen vaiheikatietopäivitys tehtiin manuaalisesti.

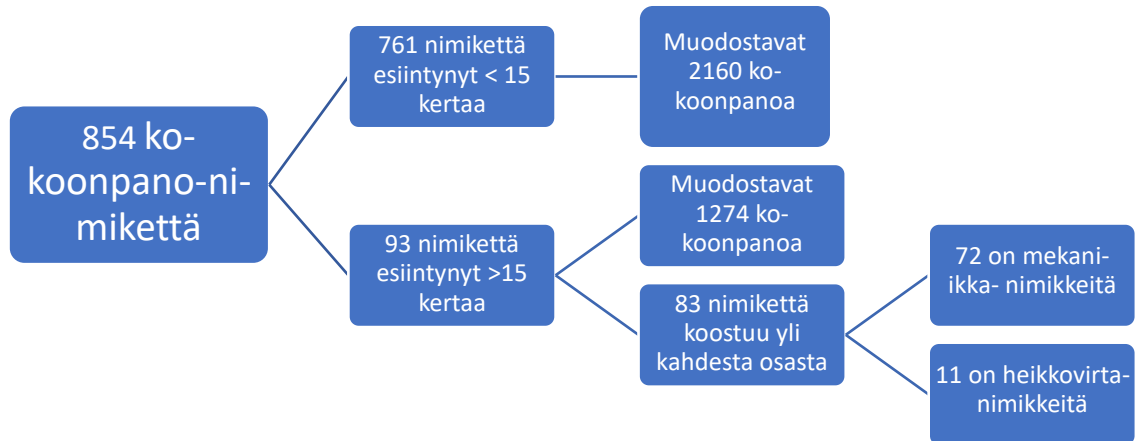
#### 4.5 Kokoonpanojen työaika-arvioinnille kaava

Vaihetietojen päivityksen yhteydessä tutkittiin työaika-arvioita toteutuneisiin työaikoihin. Vuosien 2016 – 2018 aikana on valmistettu noin 3500 varaosakokoonpanoa, joille työntekijä on leimannut työtunteja. Näiden kokoonpanotöiden työaika-arvio on toteutunutta työaika keskimäärin 14 % pienempi.

Taulukko 2. 3500 tehdyn kokoonpanon arvioidut ja toteutuneet työtunnit.

		Suurin
Arvioitu	18 375,4 h	200 h
Toteutunut	21 373,0 h	393,3 h
Erotus	2 997,6 h	+141,9 h ja -193,3 h
Ero	14,0 %	

Tarkastellun kolmen vuoden aikana tuotetuista kokoonpanoista 854 esiintyi vähintään kerran. Vähintään 15 kertaa esiintyneitä nimikkeitä oli vain 93. Vähintään viisitoista kertaa esiintynyttä nimikettä voidaan pitää asentajien keskuudessa tuttuna nimikkeenä, eli normaalitilanteessa sen valmistaminen ei pitäisi keskeytyä epäselvyyksien tai muiden poikkeavuuksien takia.



Kuva 8. Vuosina 2016–2018 valmistettujen eri nimikkeiden jakautuma.

Varaosakokoonpanoista suurin osa on tekijällensä täysin uusia tai kokonaisuudesta ei ole ehtinyt muodostua niin tarkkaa muistikuvaa, että se voitaisiin valmistaa oikein ilman kokoonpanopiirustusta tai BOM:ia.

#### 4.5.1 Työaika-arviokaavan alustus

Toteutuneiden työaikojen poikkeaminen arvioiduista työajoista vaikuttaa kannattavuuteen monella tapaa; kokoonpano on hinnoiteltu alakanttiin, toimitusaika vääristyy ja tuotantosuunnitelmaan tulee ristiriitoja.

Työaika-arvioinnin avuksi päätettiin kehittää laskentakaava, joka perustuu taulukossa 2 oleviin kokoonpanoihin, jotka koostuvat yli kahdesta komponentista. Näiden 83 kokoonpanonimikkeen (eli yhteensä 1274 kokoonpanon) materiaalit listattiin ja jaoteltiin kahteen eri sarjaan, osto- ja laatikko-osiin, sillä näillä on erilaiset hankinta- ja keräilytavat ja niiden vaikutus kokoonpanoon on merkittävä.

Osto-osat ovat sellaisia komponentteja, jotka joudutaan ostamaan varaosatilasta varren toimittajalta, esimerkiksi hydraulikkapumput, suodattimet ja kannattimet. Laatikko-

osia ei normaalitilanteessa tarvitse erikseen ostaa toimittajalta, vaan niitä on aina saatavilla tuotannossa. Laatikko-osiksi on määritelty muun muassa ruuvit, mutterit ja o-renkaat.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	NIMIKE	NIMI	MÄÄRÄ	SUUNNITELTU	1 SUUNNITELTU	TOTEUTUNUT KAIKKI	TOTEUTUNUT 1	OSTO	LAATIKKO
1187	BG00854147	JÄLKIASENNUSSAR	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2	8
1188	BG00854147	JÄLKIASENNUSSAR	3,00	3,00	1,00	1,80	0,60	2	8
1189	BG00854147	JÄLKIASENNUSSAR	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	2	8
1190	BG00854147	JÄLKIASENNUSSAR	2,00	2,00	1,00	2,40	1,20	2	8
1191	BG00956368	NOPEUSANTURIN A:	16,00	8,00	0,50	12,70	0,79	7	12
1192	BG00956368	NOPEUSANTURIN A:	3,00	1,50	0,50	2,00	0,67	7	12
1193	BG00956368	NOPEUSANTURIN A:	1,00	0,50	0,50	1,40	1,40	7	12
1194	BG00956368	NOPEUSANTURIN A:	9,00	4,50	0,50	0,80	0,09	7	12
1195	BG00956368	NOPEUSANTURIN A:	2,00	1,00	0,50	1,50	0,75	7	12
1196	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	2,00	2,00	1,00	10,00	5,00	2	4
1197	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	4,00	4,00	1,00	7,50	1,88	2	4
1198	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	4,00	4,00	1,00	1,00	0,25	2	4
1199	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	1,00	1,00	1,00	0,70	0,70	2	4
1200	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	4,00	4,00	1,00	2,90	0,73	2	4
1201	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	2	4
1202	BG00959084	JÄLKIASENNUSSAR	1,00	1,00	1,00	1,90	1,90	2	4
1203	BG00961362	KIT, REPLACEMENT	2,00	1,00	0,50	2,70	1,35		4
1204	BG00961362	KIT, REPLACEMENT	3,00	1,50	0,50	0,20	0,07		4
1205	BG00961362	KIT, REPLACEMENT	6,00	3,00	0,50	0,50	0,08		4

Kuva 9. Otos taulukosta, jossa jokainen rivi on yksi työtilaus.

Materiaalitiedot kopioitiin Excel-työkirjaan vastaaville kokoonpanoille, niin että tilastollisia menetelmiä käyttäen oleelliset tiedot ovat kuvan 9 taulukossa, sarakkeissa

G, yhteen kokoonpanoon kulunut aika,

H, osto-osien lukumäärä ja

I, laatikko-osien lukumäärä.

#### 4.5.2 Kaava työaika-arvioinnille

Numeeriseen laskentaan tarkoitettu ohjelmistoon, MATLABiin, syötettiin 1149 työtilauksen toteutuneet työajat ja niiden työtilausten materiaalmäärä jaoteltuna osto- ja laatikko-osiiin. Tarkoituksena oli osoittaa materiaalityöaika- ja toteutuneiden työaikojen välinen yhteys sovittamalla tiedot tilastolliseen malliin ja arvioimalla uusi työaika kaikille 1274 työtilaukselle bootstrap-tekniikalla.

Bootstrapping is a statistical technique that falls under the broader heading of resampling. This technique involves a relatively simple procedure but repeated so many times that it is heavily dependent upon computer calculations. Bootstrapping provides a

method other than confidence intervals to estimate a population parameter. (ToughtCo., 2019)

Opinnäytetyössä bootstrapping on käytännössä sitä, että kaikista 1274 kokoonpanosta jätettiin käyttämättä 127:n kokoonpanon (yhdeksän eri nimikettä, joista mekaniikkatöitä seitsemän) tietoja tilastollista mallia luodessa. Mallista saatuja kertoimia käytettiin ensiksi mallinnuksen ulkopuolelle jääneisiin kokoonpanonimikkeisiin ja tulosta verrattiin aktuaaliseen työaikaan. Mallin totuusarvo on suurempi, kun se perustuu osittain statistiikkaan, johon sitä on testattu.

Mikäli bootstrappingia ei olisi tehty ja tilastollisen mallin kertoimet olisivat perustuneet kaikkiin 1274 kokoonpanoon, totuusarvo olisi pienempi. Kaikkien kokoonpanojen pohjalta tehdyn mallin uudelleen sovittaminen samaiseen tilastoon olisi väärin kuvaavaa.

```

tot=stat(:,1);
ost=stat(:,2);
laa=stat(:,3);
sarja=[ost,laa];
tilastollinen=polyfitn(sarja,tot,{'constant','ost','laa'});
%{
    ModelTerms: [3x2 double]
    Coefficients: [0.5823 0.0543 0.1207]
    ParameterVar: [0.0121 8.1657e-06 3.1439e-04]
    ParameterStd: [0.1100 0.0029 0.0177]
    DoF: 1146
    p: [1.4464e-07 3.5412e-70 1.5946e-11]
    R2: 0.5160
    AdjustedR2: 0.5151
    RMSE: 2.8122
    VarNames: {'laa' 'ost'}
%}
Vakiotermi=tilastollinen.Coefficients(1);
Laatikko_osat=tilastollinen.Coefficients(2);
Osto_osat=tilastollinen.Coefficients(3);

```

Kuva 10. MATLAB-komennot ja tuloste.

Olellaiset tiedot kuvassa 10 ovat:

- Coefficients, vaikutuskerroin kummallekin materiaalityypille sekä vakiokerroin.

Taulukko 3. Tilastollisesta mallinnuksesta saadut vaikutuskertoimet.

	Vaikutuskerroin (h)
Vakiotermi	0,5823
Osto-osat	0,1207
Laatikko-osat	0,0543

- p, todennäköisyys, jolla vaikutuskerroin voidaan olettaa epäolennaiseksi. Arvon ollessa alle 0,05, voidaan vaikutuskerrointa pitää oleellisena.

Taulukko 4. Todennäköisyydet epäolennaisuudelle.

	p
Vakiotermi	1,40E-10
Osto-osat	3,54E-70
Laatikko-osat	1,59E-11

- R2, selitysaste. Saa arvon 0 ja 1 välillä. Selitysasteen arvo 0,516 tarkoittaa sitä, että 51,6 % toteutuneen työajan vaihtelevuudesta selittyy osto- ja/tai laatikko-osien vaihtelulla.

$$\text{työaika} = b + a \cdot x + c \cdot y$$

Kaava 1. Työaika-arviointiin käytetty kaava.

Kaavassa  $b = \text{vakiotermi}$

$a = \text{osto-osien vaikutuskerroin}$

$c = \text{laatikko-osien vaikutuskerroin}$

$x = \text{osto-osien lukumäärä}$

$y = \text{laatikko-osien lukumäärä}$

## 4.6 Kuormituksen tasapainotus

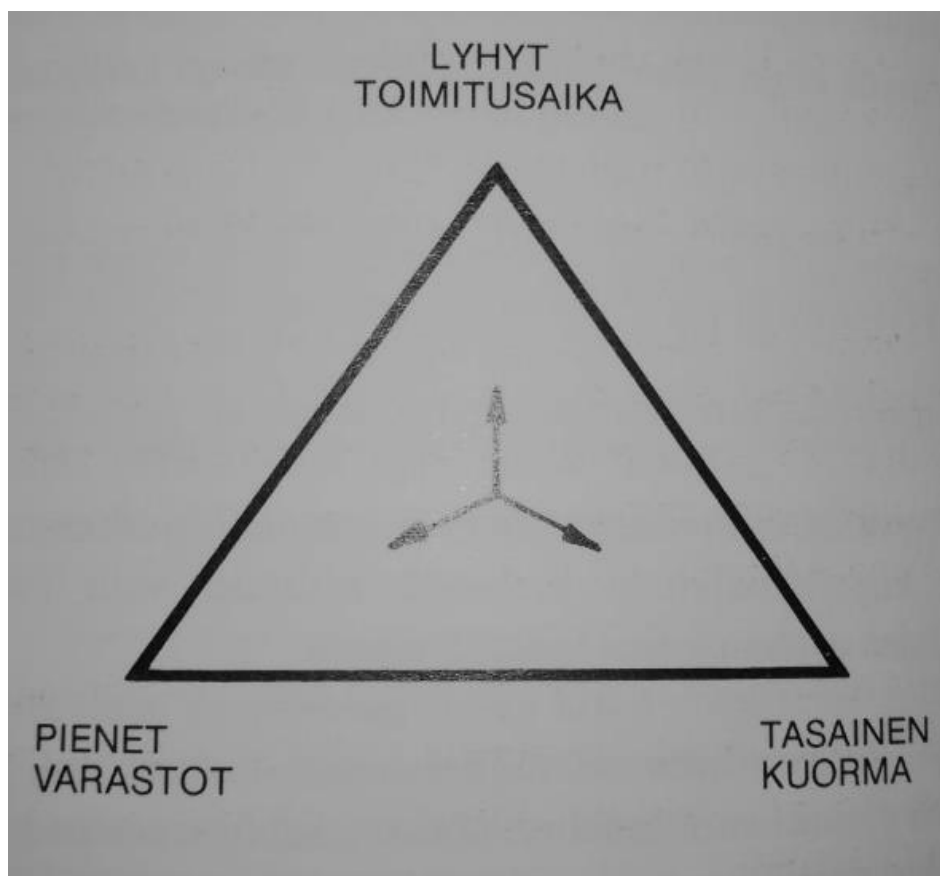
Työtilausten epäsäännöllisyys aiheuttaa tehottomuutta ja tuotantomallina MTO ei mahdollista kovin nopeaa vasteaikaa asiakkaalle.

### 4.6.1 Varaosien tuotantomallin haasteellisuus

Nykyinen varaosien tuotantomuoto on MTO. Toimitusajan puitteissa MTO on selvästi MTS:ia hitaampi, sitoo tuotannonaikaiseen varastoon paljon pääomaa ja vaatii fyysistä varastotilaa. Toisaalta valmisvarastoon valmistaminen pitää sisällään riskin siitä, että kyseinen tuote poistuu tarjonnasta tai sen kysyntä loppuu täysin. Tällöin varaston arvo ei ehdi realisoitumaan ja valmiista hyödykkeestä tulee turhake, mikäli varastoitujen kokoonpanojen komponentteja ei saada enää hyödynnettyä. Yksittäisten varaosien kysyntä ei ole vakiintunut, vaan SIC-koodiltaan W ja X olevat, nopeasti liikkuvat nimikkeet vaihtelevat vuositasolla runsaasti ja kattavat kaikista kuukauden aikana tehdyistä tilausriveistä vain noin 15 %.

*The essential issue in satisfying customers in the make-to-stock environment is to balance the level of inventory against the level of service to the customer. If unlimited inventory were possible and costless, the task would be trivial. (Berry ym. 2005, 21.) We knew what the customers could buy in the MTS and ATO environments, but not if when, or how many; in the make-to-order environment, on the other hand, we are not sure what they are going to buy. (Berry ym. 2005, 23.)*

MTO on tuotannon tasapainottamisen kannalta varsin haasteellinen tuotantomuoto, koska siinä ei ole tasaista kuormaa verrattuna MTS:iin. Suuresta kokoonpanonimikkeiden ja kokoonpanoraaka-ainenimikkeiden määrän takia ainuttakaan varaosaa ei tehdä sellaiseen varastoon, joka sijaitsisi Turun Sandvikin tehdasalueella.



Kuva 11. Tuotannon ristiriitakolmio (Gustafsson ym.1988, 16).

ATO ei tuotantomuotona ole edullinen varaosatoiminnalle, sillä tilauskanta on vaihteleva, kokoonpanot ovat harvoin moduloitavissa ja pitkän toimitusajan komponentit aiheuttavat pullonkaulaksi.

#### 4.6.2 Varaosien toimitusajat

Keskimääräinen toimitusaika tilauksesta lähetykseen varaosalle on 30 päivää otannan ollessa 2843 eri nimikettä. Huomion arvoista on se, että näistä vajaasta kolmesta tuhannesta nimikkeestä valtaosa on varaosaputkia, joiden toimitusaika on kohtuullisen lyhyt, 14 päivää.

Sandvik-varaosan toimitusaika määräytyy varaosakokoonpanoon tarvittavien komponenttien pisimmän toimitusajan mukaan, johon lisätään seitsemän päivää. Tähän seitsemään päivään sisältyy tavaran vastaanotto, välivarastointi, keräily, kokoonpano ja pakkaus.

Kaivostoiminta on hyvin kallista, joten nopea varaosatoimitus minimoi asiakkaan taloudellista tappiota. Tästä syystä mahdollisimman lyhyen toimitusajan saavuttaminen on asiakastyytyvyyden ja toiminnan jatkuvuuden kannalta todella tärkeää.

Resurssien tehokkaan käytön ja asiakastarpeiden tyydyttäminen nopeasti on varaosien moduloimattomien kokoonpanojen tapauksessa hyvin haastavaa. Nykyisestä tuotantomuodosta johtuen työtilausten tasapainotus on ehdottoman tärkeää, jotta toimitusvarmuus saavutetaan mahdollisimman pienillä läpimenoaikamarginaaleilla.

#### 4.6.3 Työkuorman tasapainotus

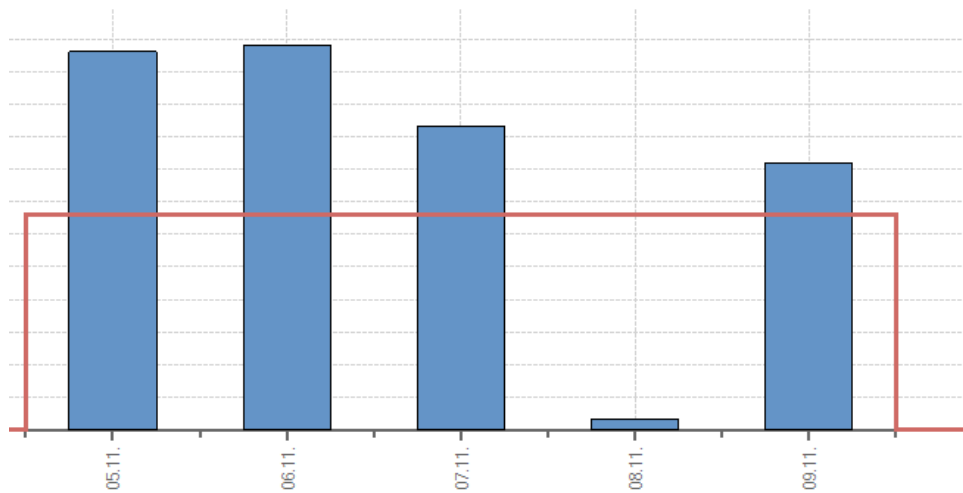
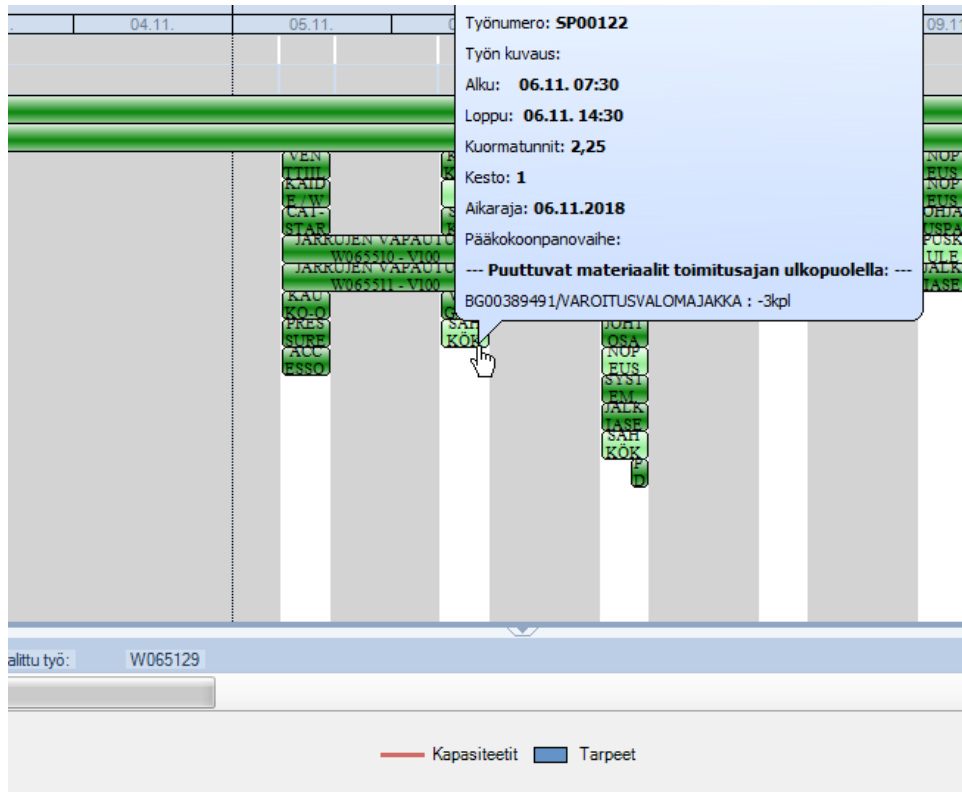
Työtilausten tasapainotus nähtiin tarpeelliseksi kehityskohdaksi, jotta ensimmäinen tilausvahvistus olisi realistinen ja saavutettavissa.

Tasapainotus liittyy tiiviisti vaiheajojen päivitykseen, sillä SWD:n tuottama PES -ohjelma tulkitsee vaiheille merkatut kompetenssit ja vaiheajat tuottaen helposti luettavan kuvaajan tuotannon kuormitustilanteesta. Näkymän avulla voidaan arvioida vahvistettavien asiakastilausten ja kiiretilausten vaikutusta tuotantoon, arvioida kapasiteetin ja erikoisosaamisen riittävyttä, sekä nähdä etukäteen tilanne ennustetilauksen toteutuessa.

Hienokuormitus ja optimointi on varaosatoiminnassa tarpeellista, koska tuotantoerät ovat hyvin vaihtelevia ja jo lyhyen aikavälin kuormitusmuutokset vaikuttavat kertautuvasti tuleviin kokoonpanoihin.

Ennustetilaukset haluttiin ehdottomasti sisällyttää työhön, sillä vain suuritöisillä rebuildeilla on tällä hetkellä ennustetilauksia. Rebuildien ennustetilauksen toteutuessa varaosajon kapasiteetista joudutaan sitomaan 15–40 % työntekijöistä keskimäärin kahdeksi viikoksi pelkästään rebuildien kokoonpanotöihin riippuen niiden laajuudesta.

Näkymän käyttöönoton tuloksena asiakastyytyvyys kasvaa toimitusaikatarkkuuden parantuessa, ja varaosajon kapasiteetin tuottavuus paranee, kun tunnetaan todelliset tuotantomahdollisuudet.



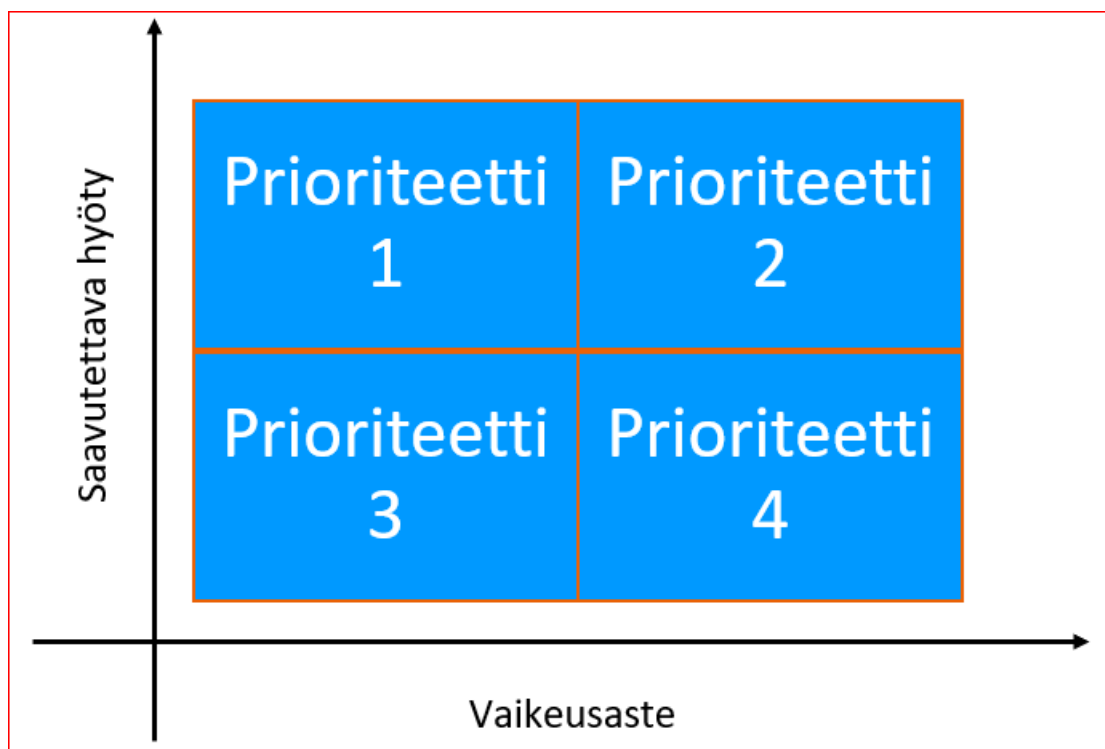
Kuva 12. PES-näkymä, josta nähdään materiaali puutteet, kapasiteetti, kuorma ja työ suhteessa muuhun tuotantosuunnitelmaan.

PES-kuormitusohjelmaa on käytetty Turun Sandvikilla aktiivisesti muussa tuotannossa jo aiemmin, mutta sen käyttö on vasta nyt tullut ajankohtaiseksi varaosatoiminnalle.

## 5 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT

### 5.1 Varaosalähtämö

Varaosalähtämö ja sille nimetty työntekijä valikoituivat ensimmäisiksi implementoitavaksi kehityskohteeksi. Varaosalähtämön ylösajo nähtiin tehokkaana ratkaisuna lähetslaadullisiin ongelmiin ja sen toteutus ei vaatinut merkittäviä investointeja tai kokonaisprosessia hidastavaa resurssien käyttöä.

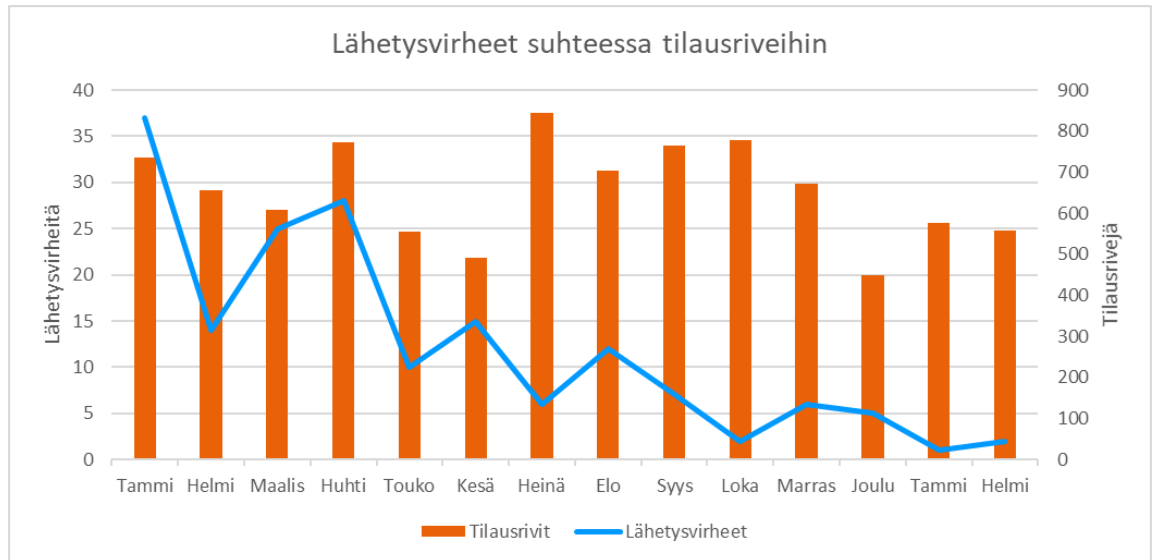


Kuva 13. Prioriteettijärjestys projekteille tai niiden osille.

Varaosalähtämön ylösajo on kuvan 13 mukaisesti ensimmäinen prioriteetti. Sen avulla saadaan suurin hyöty verrattain pienillä resurssien käytöllä verrattuna tämän opinnäytetyön muihin kehityskohteisiin.

### 5.1.1 Lähetyslaatu

Kuviosta 1 nähdään lähettämöuudistusten vaikutus. Varaosalähetyksiin nimettiin työntekijä heinäkuussa ja varsinainen varaosalähettämö otettiin käyttöön marraskuun aikana.



Kuvio 1. Lähetyslaadun muutos

Lähetyslaatu on reilun puolen vuoden aikana parantunut huomattavasti, mikä on vähentänyt työnjohdon selvittelytyöhön käyttämää aikaa. Virheellisen lähetyksen selvitykseen on voitu joutua käyttämään yhteensä 0,5 h – 3 h jokaista virhettä kohti, kun on selvitetty yhtä tai useampaa seuraavista:

- Miksi virhe tapahtui?
- Mikä osa on lähetetty ja mikä sen olisi pitänyt olla?
- Minä osana CEVA on kyseenomaisen osan ottanut vastaan?
- Korvataanko osa?
- Miten osa korvataan ja millä aikataululla?

Virheellisten lähetyksen kustannukset voivat olla pahimmillaan moninkertaiset lähetetyn varaosan hintaan nähden, kun otetaan huomioon selvitystyön ja mahdollisten korvausosien aiheuttamat välittömät kustannukset.

### 5.1.2 Työaikasäästöt

Sijoittamalla varaosalähtämön lähelle tuottavia soluja, kuluu ylimääräiseen liikkumiseen huomattavasti vähemmän työaika verrattuna aikaisempaan tilanteeseen, jossa lähtämö oli toisella puolella kiinteistöä. Varaosalähtämön käyttöönoton ansiosta ylimääräinen liike on vähentynyt

- asentajien hakiessa lähtämöstä pakkausmateriaalia tai viedessä valmiita kokoonpanoja lähtämöön
- putkisolun tarvitessa pakkausmateriaalia
- työnjohdon asioidessa lähtämössä.

Lähtämön sitouttaminen varaosatoimintaan on mahdollistanut valmiiden varaosien asettamisen suoraan varsinaiselle lähetyskollille asentajien toimesta. Tällöin lähtämötyöntekijän ei tarvitse tehdä turhaa työtä nostamalla kokoonpanoa siirtolavalta lähetyskollille.

Pakkaustietoisuus on lisääntynyt asentajien keskuudessa ja he ottavat jo kokoonpanotyön aikana huomioon lopullisen lähetyspakkauksen. Näin ollen lähtämötyöntekijän ei tarvitse pakata kokoonpanoa enää uudelleen.

Työaikasäästöä syntyy varaosalähtämön uuden sijainnin ansiosta kaksi henkilötyötuntia päivässä ja kokoonpanojen läpimenoaika on lyhentynyt.

### 5.1.3 Muut huomiot varaosalähtämöstä

Varaosalähtämön ylösajon vaikutuksena kaikki varaosatoimintaan ensisijaisesti liittyvät henkilöt ovat ottaneet myös pakkauksen laadun ja käytännöllisyyden osaksi varsinaista varaosaa. Esteettisten ja resurssitehokkaiden pakkausten ja pakkaamistapojen tiedostaminen ja huomioon ottaminen on yksi oleellisista osista, joilla kehitetään yrityksen brändiä asiakkaalle.

## 5.2 Työaika-arviointikaavan paikkansapitävyys

Tilastollisia menetelmiä hyväksikäyttäen saatiin materiaaleille vaikutuskerroin. Kertoimilla arvioitiin bootstrap -tekniikalla kaikille yli 15 kertaa esiintyneille nimikkeille uusi työaika.

Taulukko 5. Vanhan ja uuden työaika-arvioinnin eroavaisuudet.

n = 83 nimikettä	Vanha arvio (h)	Uusi arvio (h)
Keskimääräinen työaikaero arvioidun ja toteutuneen välillä nimikettä kohti	-0,30	+0,37
Arvioitujen ja toteutuneiden työaikojen erotukisen summa	-24,90	+31,3

Kaavan avulla työaika arvioidaan keskimääräisesti hieman liian suureksi, mikä on tässä tapauksessa suotavaa, sillä tilastollisessa menetelmässä on otantana vain yli 15 kertaa esiintyneet nimikkeet, joiden kokoonpaneminen on tuttua. Näin ollen uusien kokoonpanojen työaika-arvioon sisältyy asentajan uuteen kokoonpanoon tutustumiseen kuluva aika.

Kaava ei ole täysin aukoton:

- toisinaan kokoonpanokuvissa on sanallinen ohjeistus lisätä tarpeen mukaan esimerkiksi mellalevyjä, eikä näitä materiaaleja ole yleensä kirjattu nimikkeen rakennemalliin
- asiakkaan koneen spesifikaatiota ei tiedetä, jolloin kokoonpanoon joudutaan tekemään ylimääräisiä kytkentöjä esimerkiksi sähkökaapeissa
- joissain kokoonpanopiirustuksissa saattaa olla suunnittelijan kommentteja, jotka ohjeistavat mittaaman, tarkistamaan, voitelemaan tai muuta normaalista poikkeavaa kokoonpanotyötä, mikä lisää työaika.

Jatkossa työnjohdon tarvitsee vain vilkaista pääkokoonpanon kuvaa ja tarkistaa kokoonpano suurien lisätöiden varalta.

Taulukko 6. Työaika-arvioiden esimerkit

Nimike	Nimi	Osto-osat	Laatikko-osat
56020184	POLJINKOKOONPANO	7	20

	Tuntia
Vanha arvioitu työaika	1,50
Uusi arvioitu työaika	2,51
Toteutunut ka. (n = 22)	2,06

Kaava estää inhimillisen virheen tapauksissa, joissa suuren kokoonpanon alemmat rakenteet jäävät huomioimatta työaika-arviota tehdessä. ERP:stä saadaan helposti koko kokoonpanon materiaalilistaus, jonka avulla työaika on vaivatonta arvioida. Lisäksi työaika-arvioinnin voi kaavan avulla tehdä myös tekniikkaa tuntemattomampi henkilö.

### 5.3 PES-käyttöönotto

Varaosien PES-kuormitusnäkyä ei ehtinyt kokonaan valmistua opinnäytetyön aikana johtuen tuottavan osapuolen pitkästä työlistasta. Alulle pantu kehitysprojekti tullaan ajan mittaan saattamaan loppuun.

Kuormitusnäkyssä ei vielä näy rebuildien tai tilaustoimiston työtilauksia. Perusvaraosat ja SKR:it ovat nähtävissä kuormitusnäkyssä ja jo vaillinainen näky on todettu hyväksi keinoksi kapasiteetin ja kuormituksen hallintaan myös varaosissa.

#### 5.4 Työtunnuksen muuttaminen

Työtunnuksen muuttamisen jälkeen varaosasoluun ei ole yhtä ongelmanimikettä lukuun ottamatta päätynt sinne kuulumattomia materiaaleja. Työtunnuksen muuttaminen on odotetusti selkeyttänyt ja helpottanut etenkin sisälogistiikan ja varaston, mutta myös putkisolun ja runkoverstaan työntekijöiden päivittäistä työtä.

Materiaaliostajien keskuudessa työtunnuksen muuttaminen on saanut osakseen positiivista palautetta. Työtilausten muodostaessa materiaalivarauksia ja automaattisia ostoehdotuksia tai materiaalipuutteiden ilmetessä, ostajien ei tarvitse enää alkaa selvittämään työtilauksen tietojen perusteella oikeaa vastuuhenkilöä.

#### 5.5 Työjärjestysnäkyvä

Työjärjestysnäkyvän avulla tiedonvälitys on muuttunut virtaviivaisemmaksi, asiakkaiden pyytämät aikaistukset huomioidaan helpommin ja materiaalipuutteet tulevat paremmin kaikkien tietoisuuteen.

#### 5.6 Yleiset havainnot

Sitoutuneisuus ja identiteetti osana tärkeää asiakassuhdetta on kuluneen vuoden aikana silminnähden vahvistunut varaosatyöntekijöistä aina ylempään keskijohtoon asti. Kehitysprojektien, onnistuneiden rekrytointien, positiivisen palautteen saaminen ja realististen tavoitteiden asettaminen ovat olleet osana myös työilmapiirin parantumisessa.

## 6 KEHITYSKOhteet

### 6.1 Vaiheaikojen automaattinen korjaaminen

Merkittävimpanä jatkokehityskohteena nousee vaiheaikojen automaattinen korjaus. Ihanteellisessa tilanteessa järjestelmä laskee ja päivittää kullekin vaihemallille toteutuneet työaikakeskiarvot. Työnjohdon ja työaika-arviokaavan virheet vaiheaikojen korjaantumisen lisäksi kokoonpanon hinnan tarkastaminen työajan osalta helpottuisi.

### 6.2 Työaika-arviokaavan tarkentaminen

Opinnäytetyössä kehitettyä kaavaa pystyttäisiin tarkentamaan vastaamaan tositilannetta aloittamalla seurantajakso, jonka aikana työntekijöiden leimauksiin, kokoonpanotyyppeihin ja materiaaleihin keskityttäisiin tarkemmin. Näin mittavan työntutkimuksen toteuttaminen vaatisi runsaasti aikaa ja analysointia, joten se on päätetty jättää opinnäytetyön jälkeiselle ajalle.

### 6.3 Toimitusajan lyhentäminen

Vasteajan lyhentämiseksi varaosien tuotannosuunnittelussa tulisi harkita osittaiseen MTS-tuotantoon siirtymistä, jolloin ennusteiden avulla tehtäisiin varastoon SIC-koodiltaan nopeasti liikkuvia nimikkeitä.

Myös osittaiseen ATO-tuotantoon siirtymisen mahdollisuus, sen mahdollisuudet ja haasteet tulisi selvittää.

### 6.4 Layout

Layout-muutoksista eniten hyötyä olisi raaka-aineputkien siirtäminen paternosterhyllyyn, jolloin varaosalähettämölle saataisiin huomattavasti tilavampi ja avoimempi työskentelytila. Samalla putkisoluntyöntekijöiden työhyvinvointi paranee, koska uuden raaka-aineputken nostaminen tapahtuisi aina sopivalta korkeudelta. Sisälogistiikan kuormittaminen putkihyllyjä täydennettäessä vähenee ja täydennyksen aikainen turvallisuus paranee.

## LÄHTEET

Gustafsson, B.; Nykänen, K. & Nyberg, B. 1988 Kapeikkoajattelu. Metalliteollisuuden Kustannus Oy: Helsinki

Karjalainen, J.; Blomqvist, M. & Suolanen, O. 2001 Kehittyvä toiminnanohjaus. Metalliteollisuuden keskusliitto: Helsinki.

Vollman, T.; Berry, W.; Whybark, C. & Jacobs, R. 2005 Manufacturing planning and control for supply chain management. McGraw-Hill Companies Inc: New York.

Sandvik AB 2019a. Sandvik at glance. Viitattu 10.02.2019 <https://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/>.

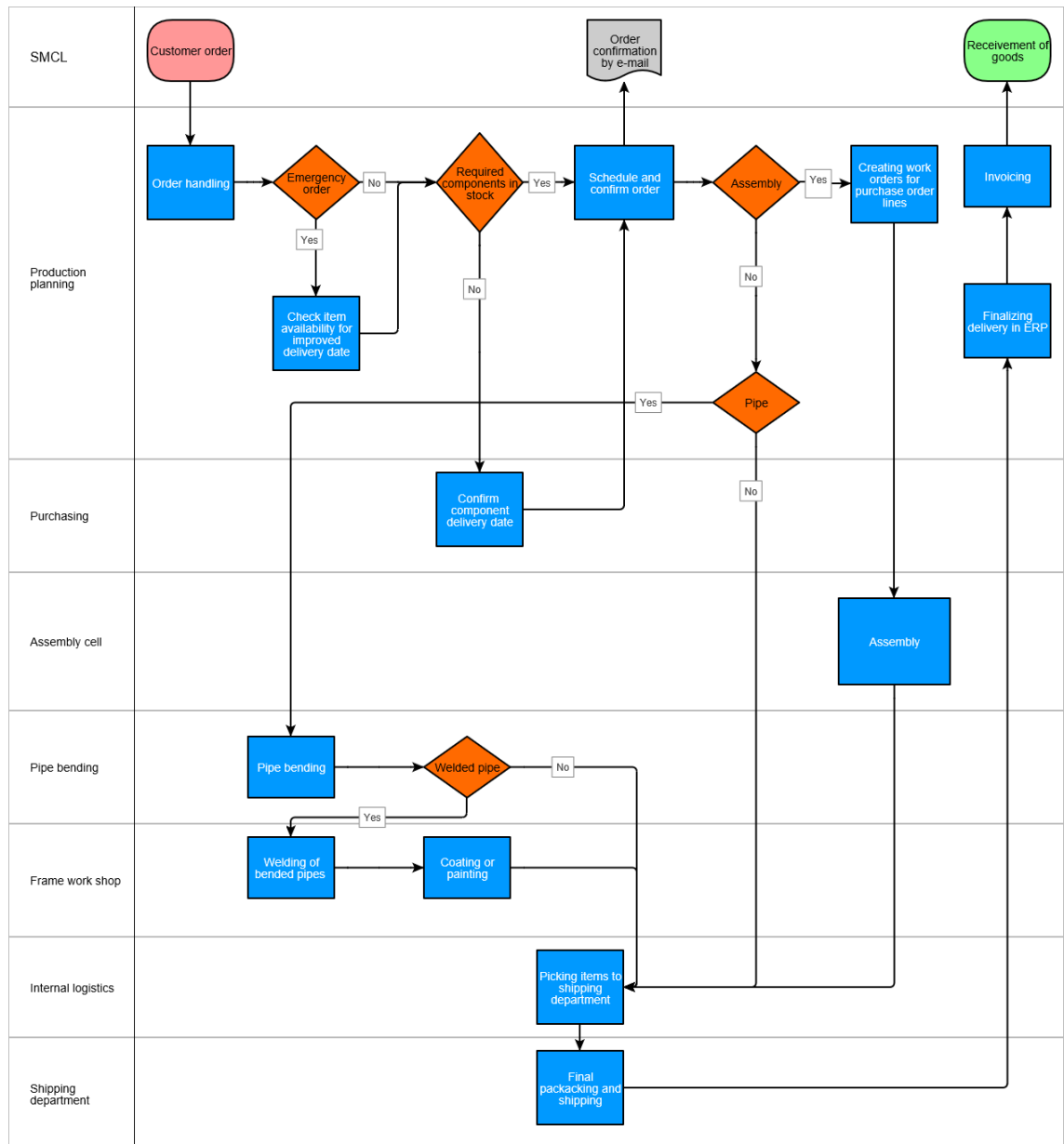
Sandvik AB 2019b. Underground loaders and trucks. Viitattu 10.02.2019 <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/underground-loaders-and-trucks/>

ToughtCo. 2019. What Is Bootstrapping in Statistics? Viitattu 10.03.2019 <https://www.thoughtco.com/what-is-bootstrapping-in-statistics-3126172>

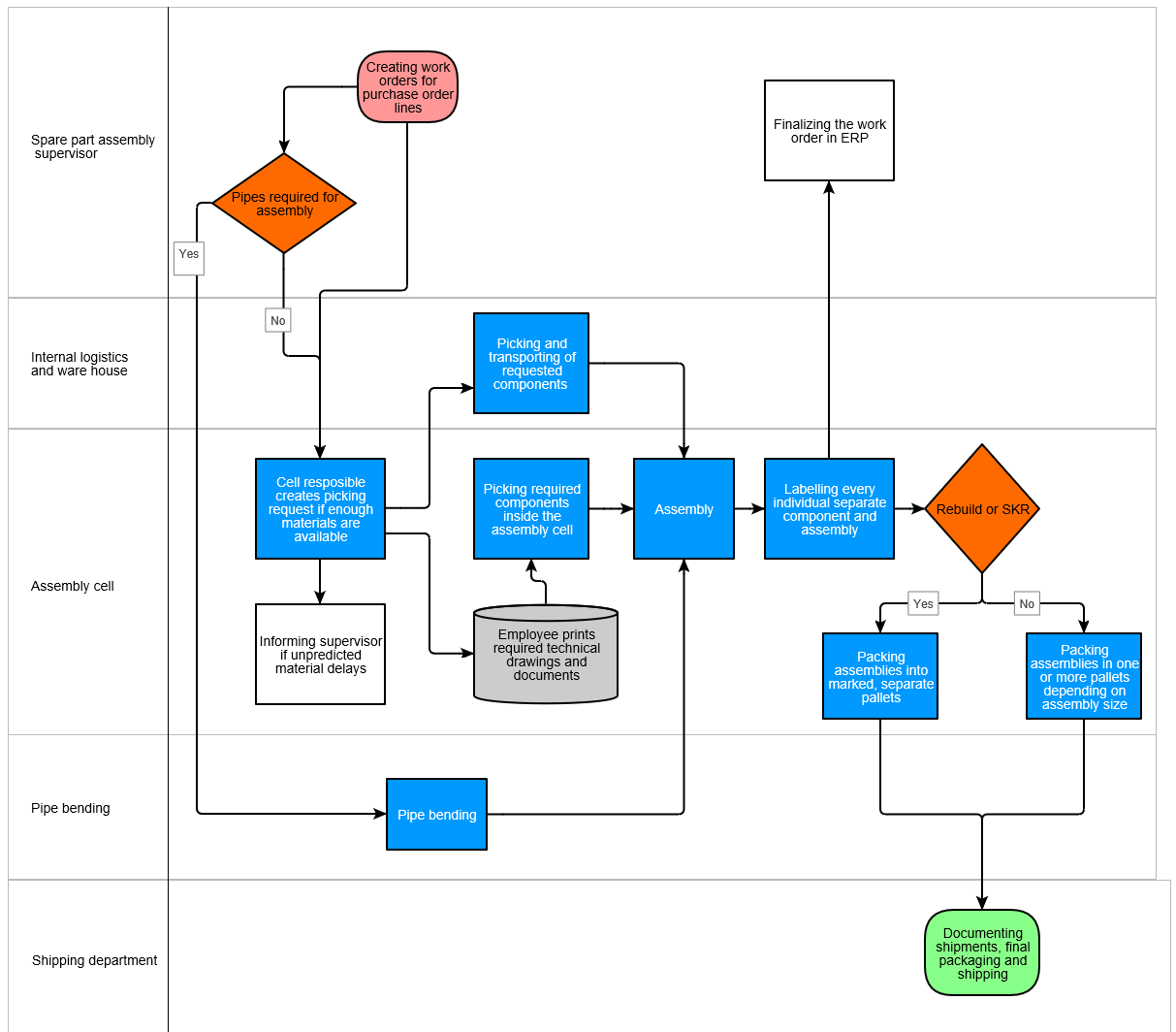
Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta, logistinen B – to – B -prosessi. Jouni Sakki Oy: Espoo.

Sandvik AB 2019, intranet. Viitattu 10.02.2019. Vaatii käyttöoikeuden.

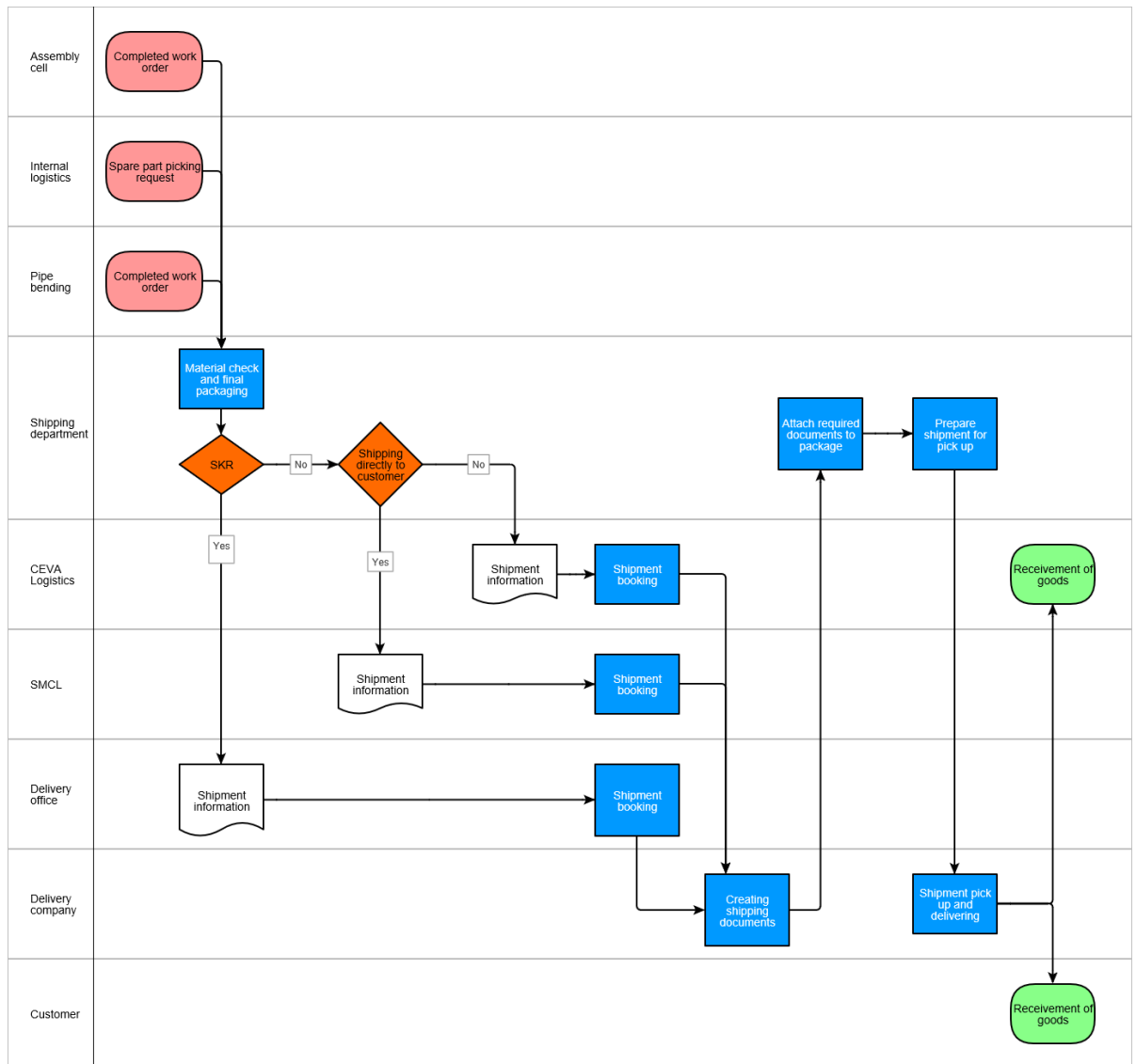
# Liitteet




Liite 1. Varaosien prosessikaavio.



Liite 2. Varaosakoonpanon prosessikaavio.



Liite 3. Varaosalähetysten prosessikaavio.

		<b>TYÖKORTTI</b>		08.02.19	
Vast.alue	20				
Työ	SP00542 KOTELO	<b>SP00542</b>		1 kpl	Tyyppi VO-Työ
		13.02.19 - 13.02.19	Tila	Aloituskelpoinen	
Vastuuhenkilöt			Kohdevarasto	VALMIS VV	
Nimike	56016646	KOTELO, SÄHKÖT		Vaihemalli	56016646 A
Jälj.tunnus				Rakennemalli	56016646 H
Nim.tyyppi	Valenimike	Lähetys 15.02.		Piirustus	56016646 H
Projekti	PA 2019	Tilaus	64484	Rivi	15 Erä 1
Aktiviteetti	64484-15	As. nro	031050	Nimi	Sandvik Mining and Construction Logistic
As. tilausnro	C056894				

Kuvaus/Työohje		Tunnit	Alkaa	Loppuu	KR	kpl
V100	Varaosakokoonpano	5,00	13.02.19	13.02.19	VARAOS	1

Nim.tunnus	Nim.nimi	Lava	Määrä	Yks
08900215	RELE	7G	1	kpl
56009984	KYTKYKOTELO	7G	1	kpl
56016168	T-LIITIN Schlemmer 9806089 T-manifold, NW10 - 10 - 10, plastic, black		1	kpl
56021775	HUOHOTIN Ensto BSS10S M12		1	kpl
56043032	PAINIKE		1	kpl

Liite 4. Esimerkki työkortista.