



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

EEMELI KORHONEN

# **Tuotannon laadunseurannan kehittäminen**

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2021

Tekijä(t) Korhonen, Eemeli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 17.5.2021
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi <b>Tuotannon laadunseurannan kehittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee CNC-koneistussarjatuotannossa syntyneiden virheellisten tuotteiden, eli susien, laatu- ja kustannuksia ja niiden syntyä. Kohdeyrityksessä havaittiin virheellisten tuotteiden määrän olevan huomattava kustannuksellinen menoerä. Niiden syntyä ei yrityksessä tiedetty tarkalleen, joten sen tutkimiseen katsottiin olevan tarvetta.</p> <p>Opinnäytetyössä analysoitiin yrityksen virhekoodeja, käytettyjä raaka-aineita ja tuotteita kvantitatiivisin menetelmin Microsoft Excelissä muodostettujen Pareto-analyyysien avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli laatia raportti virheellisten tuotteiden kustannuksista osastokohtaisesti sekä parannusehdotuksia laadun kehittämiseen yrityksessä.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena selvisi suurimmiksi tunnetuiksi virheellisten tuotteiden kustannuksiksi mittojen muutokset ja terärikot. Raaka-aineista suurimmat kustannukset virheellisten tuotteiden osalta aiheuttivat teräs, messinki sekä ruostumaton teräs.</p> <p>Analyysien perusteella tehtiin parannusehdotukset sorvien teräpalavalvonnasta, virheellisten tuotteiden näkyvyyden parantamisesta, kirjaamisesta ja seuraamisesta, porrastetusta tuotteiden mittaamisesta sekä numeroidusta laadunvalvontajärjestelmästä.</p>		
<p><u><a href="#">Asiasanat</a></u> laatu, sarjatuotanto, CNC-työstö, kehittäminen, kvantitatiivinen tutkimus</p>		

Author(s) Korhonen, Eemeli	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 17.5.2021
	Number of pages 49	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Development of production quality control</b>		
Degree program Bachelors degree of mechanical engineering		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to research quality costs and causes of defective products in CNC machining series production. In the client company was discovered that the quality costs were significant part of the business costs. The exact causes of defected products were not known in the company so the case was considered necessary to investigate.</p> <p>The study analyzed the company's error codes, materials and products using quantitative methods, with Pareto analyzes generated in Microsoft Excel. The purpose of the study was also to make a report on costs of defective products by departments, as well as suggestions for improvement in quality development in the company.</p> <p>As a result of the study shows that the biggest costs of defective products caused by dimensional changes and tool breaks. The costs of materials used to make defective products were highest for steel, brass and stainless steel.</p> <p>On the basis of the analyzes, were suggestions for improvements made in the control of lathe tools, in improving the visibility, registration and monitoring of defective products, in the gradual measurement of products and in a numbered quality control system.</p>		
<p><u>Key words</u>          quality, series productions, CNC machining, development, quantitative research</p>		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 YRITYSESITTELY .....	6
3 LAATU KÄSITTEENÄ .....	7
3.1 Perusteena tuoteominaisuudet .....	8
3.2 Perusteena asiakasmielipide .....	8
3.3 Perusteena arvo .....	9
3.4 Tuotantoperusteinen laatukriteeri .....	10
3.5 Laadun osatekijät .....	10
4 LAATUTYÖKALUT .....	11
4.1 Hajontadiagrammi .....	12
4.2 Histogrammi .....	12
4.3 Pareto-analyysi .....	13
4.4 Tarkastuskortti .....	14
4.5 SPC ja valvontakortti .....	15
5 LEAN .....	16
6 SORVAUS .....	17
6.1 Numeerinen ohjaus .....	17
6.2 Kääntöterät .....	18
6.3 Raaka-aineet .....	18
7 LAADUNVALVONTA YRITYKSESSÄ .....	19
7.1 Mittaaminen .....	19
7.2 Asetustarkastus .....	20
7.3 Tuotantoajotarkastus .....	20
7.4 Lähetystarkastus .....	20
7.5 Laadunhallintajärjestelmä ISO 9001 .....	21
8 DATAN KERÄÄMINEN .....	22
8.1 Tuotannon susiraportti .....	22
8.2 Varastopaikka 9 susiraportti .....	22
8.3 Muutokset ja oikaisut raportteihin .....	22
9 KVANTITATIIVINEN TUTKIMUSSTRATEGIA .....	23
10 TUOTANNON SUSIEN KUSTANNUKSET .....	23
10.1 Kustannukset syiden mukaan tuotannossa .....	23
10.2 Kustannukset raaka-aineittain tuotannossa .....	29
10.3 Kustannukset tuotteittain tuotannossa .....	33
11 VARASTOPAIKKA 9 SUSIEN KUSTANNUKSET .....	34

11.1 Kustannukset syiden mukaan varastopaikka 9:ssä.....	34
11.2 Kustannukset raaka-aineittain varastopaikka 9:ssä.....	40
11.3 Kustannukset tuotteittain varastopaikka 9:ssä .....	44
12 PARANNUSEHDOTUKSET.....	45
12.1 Sorvien teräpalavalvonta.....	45
12.2 Susien näkyvyyden parantaminen.....	45
12.3 Porrastettu tuotteiden mittaaminen .....	46
12.4 Numeroitu laadunvalvontajärjestelmä .....	46
12.5 Susien kirjaaminen .....	47
12.6 Susien seuraaminen.....	48
13 POHDINTA .....	48
LÄHTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee CNC-koneistussarjatuotannossa syntyneiden virheellisten tuotteiden, eli susien, laatukustannuksia ja susien syntysyitä. Kohdeyrityksessä havaittiin susien määrän olevan huomattava kustannuksellinen menoerä. Susien syntysyitä ei yrityksessä tiedetty tarkalleen, joten sen tutkimiseen katsottiin olevan tarvetta.

Opinnäytetyössä analysoidaan yrityksen virhekoodeja, käytettyjä raaka-aineita ja tuotteita kvantitatiivisin menetelmin Microsoft Excelissä muodostettujen Pareto-analyytien avulla. Tutkimuksen lopputuloksena on tarkoitus tehdä raportti susikustannuksista osastokohtaisesti sekä parannusehdotukset laadun kehittämiseksi yrityksessä.

Opinnäytetyön tutkimuksen tavoitteena on selvittää huonojen tuotteiden, eli susien, syntysyyt sekä kustannukset. Opinnäytetyön tuloksena tehdään raportti susien kustannuksista jaoteltuna koneittain, osastoittain sekä raaka-aineittain. Raportin perusteella tehdään parannusehdotus siitä, miten susien määrää voitaisiin vähentää. Parannusehdotuksessa otetaan huomioon myös susien vaikutus asiakastyytyvyyteen.

Tämä opinnäytetyö sisältää salassa pidettävää aineistoa yritykseltä, joten osa aineistosta (liitteet) on poistettu julkisesta opinnäytetyöstä.

## 2 YRITYSESITTELY

Automaattisorvaamo R-Sarkon Oy on raumalainen vuonna 1989 perustettu alan johtava sarjatuotanto-osien toimittaja CNC-koneistuksessa ja CNC-sorvauksessa. Konekanta on laaja ja se muodostuu lähes 70 työstökoneesta, joissa suurimmassa osassa on tangonsyöttölaitteet. Sorvauskapasiteetti ylittää alle yhdestä millimetristä aina 350

millimetriin saakka. Työntekijöitä on noin 60 ja tuotanto toimii kolmessa vuorossa. Yritys valmistaa alihankintana tuotteita Suomeen ja ulkomaille. Tuotantosarjojen eräkoot vaihtelevat protosarjoista aina satoihintuhansiin. Yrityksen toimintaa ohjaa sertifioidut ISO 9001 ja ISO 14001 -standardit. Yrityksen työstökoneet on opinnäytetyössä jaoteltu kahdeksaan eri osastoon, joiden nimet ovat: A, B, C, D, E, F, G ja H. (R-Sarkon Oy, 2020.)

### 3 LAATU KÄSITTEENÄ

Laatua on vaikea määrittellä yksiselitteisesti. Laadun arvioinnin tulokseen vaikuttavat arvioijan oma näkökulma, arvioijan asema ja mitä arvioija on tekemässä. Laatu käsitteenä on, myös aikaan sidottu. Laadusta ja sen olemuksesta on käyty paljon keskustelua 1960-luvulta lähtien. Vieläkään ei ole olemassa yhtä yleistä määritelmää laadulle, josta alan filosofit ja tutkijat olisivat samaa mieltä ja joka sopisi kaikkiin yhteyksiin. (Andersson & Tikka, 1997, s. 16.)

Laadulla voidaan parantaa yrityksen kannattavuutta, koska laadukkaita tuotteita on helpompi saada myydyksi. Laatu vaikuttaa yrityksen imagoon positiivisesti ja laatua arvostetaan eri sidosryhmissä. Täydellistä laatua ei välttämättä ole kannattavaa tavoitella, koska sen kustannukset saattavat nousta erittäin suuriksi. Laatukriteerien pitää olla oikealla tasolla, jotta korkea asiakastyytyväisyyttä saadaan pidettyä yllä. Näin saavutetaan kustannustehokkain toimintatapa, jolloin myös laatu on riittävää. (Logistiikanmaailma, 2020.)

Laatukustannusten todellista määrää on vaikea määrittää tarkasti. Tähän vaikuttavat suuresti yritysten omat laskenta- ja arviointiperusteet. Laatukustannukset voivat vaihdella yrityksestä riippuen noin kuudesta prosentista aina 25 prosenttiin asti. Tyypillisesti yritykset tiedostavat laatukustannuksiksi tarkastuskustannukset ja niistä aiheutuvat lisätyöt, hävikin, reklamaatiot ja asiakaspalautukset. Huomioimatta voivat jäädä esimerkiksi hinnoittelu- ja laskutusvirheet, ylisuuret varastot, jälkitoimituskustannukset ja viivästyneet myyntisaamiset. Huonon palvelun tai tuotteen takia menetetty

asiakas voidaan myös lukea laatukustannukseksi. Auditointia ja laatujärjestelmän ylläpitoa sekä sen kehittämistä vastaavat kulut voidaan nimetä ennaltaehkäiseviksi laatukustannuksiksi. Laatukustannuksia voidaan alentaa yrityksessä erilaisilla kohdenne- tuilla toimenpiteillä. Korjaaminen ja virheiden oikaisu on kallista, joten palvelut tai tuotteet on tärkeää tehdä kerralla oikein. (Logistiikanmaailma, 2020.)

Laadunhallinta on tärkeää sisällyttää yrityksen kaikkiin toimintoihin ja laatu tulisikin nähdä välttämättömänä osana strategista suunnittelua. Laatujohtamisessa on oleellista sisäistää laatukulttuuri ja muistaa, että mittareiden laatu on tärkeämpää, kuin niiden määrä. Tavoitteiden saavuttamisessa voidaankin keskittyä liiaksi itse menetelmiin ja työkaluihin. Laatutavoitteiden saamiseksi realistisiksi on laadunhallinnassa johtami- sen työvälineinä laatumittarit, palvelutasosopimukset ja palvelukuvaukset. Näin var- mistetaan tarvittavat laatuvaatimukset, lopputulos ja yhteistyömenetelmät. (Logisti- kanmaailma, 2020.)

### 3.1 Perusteena tuoteominaisuudet

Laatua voidaan määrittellä palveluiden tai tuotteiden toiminnan tai tason kannalta. Täl- löin laadun katsotaan olevan esimerkiksi tuotteen tietyn mitattavissa olevan muuttujan funktio, jolloin tuotteen muuttujan arvon vaihtelut heijastelevat laatueroja. (Andersson & Tikka, 1997, s. 17.)

Standardissa SFS-EN ISO 8402 painotetaan, että tarpeet-sana tarvitsee tapauskohtaisia määrittelyjä. Tarpeet voidaan ilmaista ominaisuuksina ja piirteinä, joille on määritelty tietyt kriteerit. Tarpeet voivat myös muuttua tai vaihdella ajan mukana, jolloin spesi- fikaatioita joudutaan tarkistamaan määrävälein. Tarpeet voivat sisältää näkökantoja tuotteen soveltavuudesta turvallisuuteen, käyttöön, huollettavuuteen, toimintavarmuu- teen, ympäristöön ja taloudellisuuteen. (Andersson & Tikka, 1997, s. 18.)

### 3.2 Perusteena asiakasmielipide

Tuotteen ostajalla eli asiakkaalla voi olla itselleen sopivat laatuksiteerit tilaamalleen tuotteelle. Joseph M. Juran on määritellyt laadun seuraavanlaisesti: ”Laatu on tuotteen



sopivuus tarkoitukseensa asiakkaan kannalta”. Asiakas on siis ennalta määritellyt laatu-kriteerit, joita tuotteen valmistaja noudattaa. (Andersson & Tikka, 1997, s. 18.)

Ensimmäinen laatuongelma tulee esiin Juranin laatumääritelmästä. Mistä ja miten saadaan informaatio, joka ilmaisee sopivuuden. Pitääkö kaikkia tilanteita varten luoda järjestelmä, jolla mitattavissa olevien laatusuureiden arvot mitataan analyysia ja vertailua varten. Tämä näkökulma vahvistaa koko toiminnan luonteen matemaattis-tek-niseksi. (Andersson & Tikka, 1997, s. 19.)

### 3.3 Perusteena arvo

Laatua voidaan määrittellä myös arvoperusteisena. Palvelun tai tuotteen arvo voidaan määrittellä esimerkiksi:

$$arvo = \frac{laatu}{hinta}$$

Kaavasta huomataan, että korkealaatuisen tuotteen hinta voi olla sama, kuin kilpailijoiden tuotteilla, mutta tällöin tuotteen on oltava parempi tai sen pitää sisältää enemmän ominaisuuksia. (Andersson & Tikka, 1997, s. 19.)

Helsingin yliopiston matematiikan laitoksella on kehitetty standardointimenetelmä, joka tilastomatemattisin menetelmin poistaa vääristymät laadun ja hinnan pisteytyksessä ja antaa tarjousvertailussa hinnalle ja laadulle alun perin tarkoitetut painoarvot. Standardoinnin ideana on, että jokaisesta tarjouksesta  $x$  vähennetään odotusarvo  $\mu$  ja tämä erotus jaetaan hajonnalla  $\delta$ . Hajonta kertoo, miten laajalle aineisto on levinnyt keskiarvon ympärille. Standardointi lasketaan kaavasta:

$$z = \frac{x - \mu}{\delta}$$

Standardoinnin ominaisuuksiksi voidaan laskea, että standardoidun jakauman odotusarvo on nolla ja hajonta on samansuuruinen. (Teknologiateollisuus, 2021.)

### 3.4 Tuotantoperusteinen laatukriteeri

Jotta laatua pystytään valmistamaan, pitää sitä myös pystyä mittaamaan Philip B. Crosby'n näkemyksen mukaan. Mittatulosten arviointiin tarvitaan konkreettisia tavoitteita, joihin tähdätään. Crosby'n 1979 määritelmä laadulle on laajasti käytetty: ”Laatu on yhteensopivuus vaatimuksiin tai normeihin”. Tuotteen mittojen ei tarvitse olla absoluuttisen tarkkoja, jotta tuote toimii. Tietyt poikkeamat sallitaan, joten toleranssit muodostavat keskeisen elementin tuotantoperusteisissa laatukriteereissä. Esimerkiksi sarjatuotannossa laatu ei tarkoita aina korkeinta mahdollista laatua. Sarjatuotannossa pyritään saavuttamaan samanlaisuutta ja yhdenmukaisuutta vaatimuksiin ja normeihin, joilla on määritetty, mitä käyttäjä haluaa, mihin hintaan ja mitä valmistaja pystyy toimittamaan. Valmistajan ja asiakkaan olisikin hyvä määrittää yhdessä taloudelliset, järkevät ja käytännölliset laatuvaatimukset. (Andersson & Tikka, 1997, s. 19-20.)

### 3.5 Laadun osatekijät

Koska laatukriteerit todennäköisesti vaihtelevat jokaisella yrityksen asiakkaalla, on laatu-sanan määrittely vaikeaa. Laadun ohjaamista ja valvontaa helpottaakseen David Garvin jaotteli laadun osatekijöihin, eli laatumuuttujiin:

1. Suorituskyky
  - normaali suorituskyky
  - ylimääräinen suorituskyky
2. Ominaisuudet
  - attribuutit
3. Luotettavuus
  - käyttövarmuus ja toimivuus
  - henkilöturvallisuus ja ympäristövaikutukset
4. Yhdenmukaisuus
  - samanlaisuus
5. Kestävyys
  - käyttöikä
6. Huollettavuus
  - varaosien saatavuus

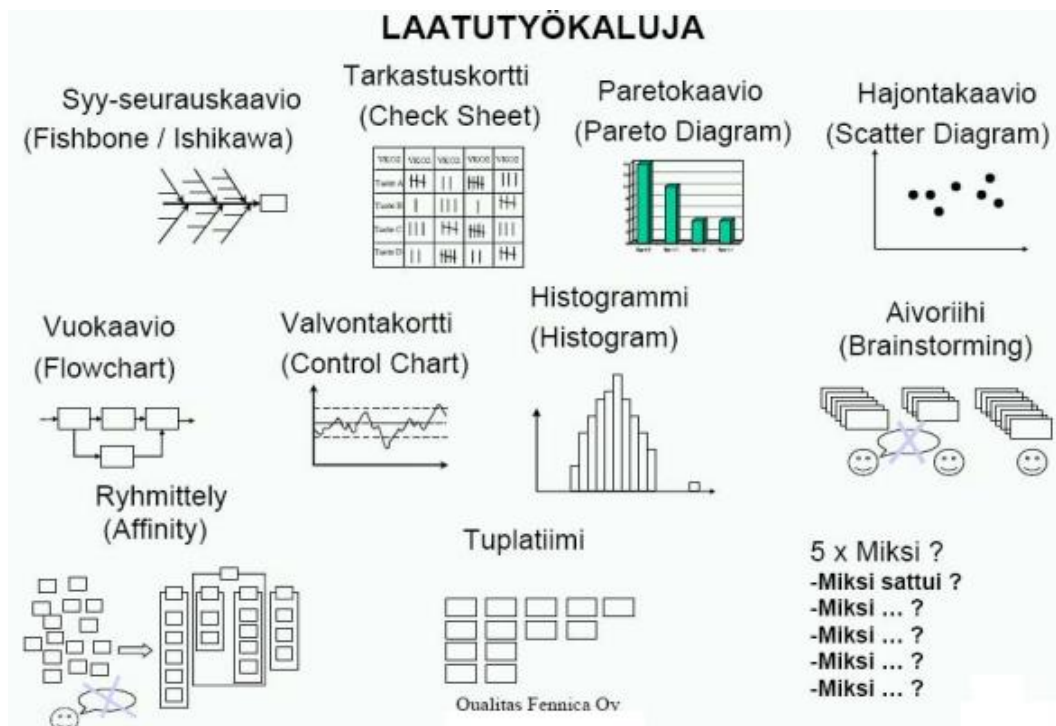
- huollon helppous
7. Ulkonäkö
    - muoto ja väri
    - viimeistely
  8. Imago
    - merkki, valmistusmaa

Laatu koskettaa yrityksen keskeisiä osa-alueita, kuten tuotanto-ohjelmaa, kannattavuutta, kustannuksia ja työntekijöiden ammattitaitoa. (Andersson & Tikka, 1997, s. 20-21.)

#### 4 LAATUTYÖKALUT

Prosessissa pyritään löytämään virheiden aiheuttajat monien tekijöiden joukosta. Tätä menetelmää kutsutaan taudinmääritykseksi. Oikean diagnoosin tekemiseen on lukuisia menetelmiä. Jotkut diagnoosit perustuvat kokemukseen tai intuitioon, toisiin liittyy tilastollista analysointia tai kokeilevaa tutkimusta. (Kume, 1989, s. 10.)

Alla olevassa kuvassa (kuva 1) esitellään yleisimmät laatutyökalut, joiden avulla voidaan tehdä taudinmääritystä. Näistä seuraavissa alaluvuissa käsitellään tarkemmin hajontadiagrammia, histogrammia, Pareto-analyysia, tarkastuskorttia sekä SPC ja valvontakorttia. Nämä valikoituivat tarkasteluun, sillä yrityksessä on käytössään Measurlink-mittausohjelma. Measurlink tekee jokaisesta mittauksesta raportin, jossa mitaustulokset voidaan havainnollistaa näiden laatutyökalujen avulla. Pareto-analyysia puolestaan käytetään tämän opinnäytetyön tutkimuksessa.



Kuva 1. Laatutyökaluja (H. Peuranen, 2020).

#### 4.1 Hajontadiagrammi

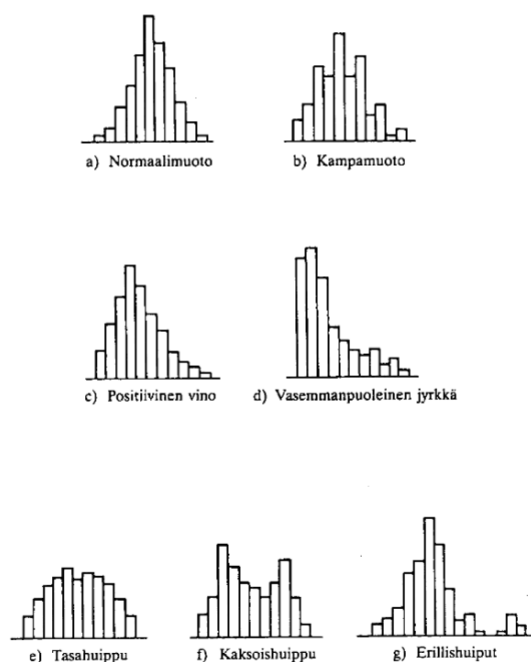
Käytännön tarkastelussa on usein olennaista tutkia kahden toisiinsa liittyvän muuttujan suhdetta. Kaksi muuttujaa voivat olla esimerkiksi tuotteen mitat ja sorvin nopeus. Hajontadiagrammilla voidaan tutkia, kuinka paljon tuotteen mitta vaihtelee sorvin nopeuden muuttuessa. (Kume, 1989, s. 70.)

Hajontadiagrammia voidaan pitää siis regressioanalyysin graafisena osuutena, jolla etsitään ilmeistä riippuvuutta kahden muuttujan välillä. Kahden muuttujan  $x$  ja  $y$  riippuvuus voi olla kolmenlaista. Jos  $y$ :n arvo kasvaa  $x$ :n mukana, niin sitä kutsutaan positiiviseksi korrelaatioksi. Jos taas  $y$ :n arvo laskee  $x$ :n kasvaessa, on korrelaation negatiivinen. Korrelaatiota ei ole, jos  $x$ :llä ei näytä olevan vaikutusta  $y$ :n arvoon. (Andersson & Tikka, 1997, s. 70.)

#### 4.2 Histogrammi

Histogrammilla voidaan visualisoida prosessin vaihtelua. Vaihtelun määrästä, tyypistä ja sijoittumisesta keskiarvon suhteen voidaan päätellä, mistä vaihtelu mahdollisesti

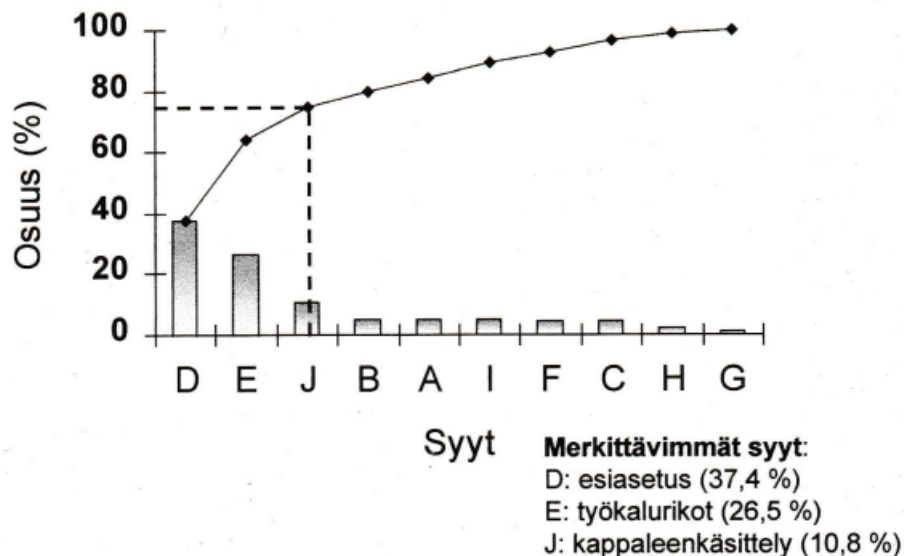
johtuu. Histogrammilla voi olla erilaisia muotoja (kuva 2). (Andersson & Tikka, 1997, s. 62.)



Kuva 2. Histogrammin erilaiset muodot (Kume, 1989, s. 51).

### 4.3 Pareto-analyysi

Usein valmistusprosessia tarkasteltaessa havaitaan, että ongelmilla on vain muutama merkittävä syy. Italialainen taloustieteilijä Vilfredo Pareto havaitsi, että monissa tilanteissa pätee niin kutsuttu 20/80-sääntö. Laatuajatteluun sovellettuna 20/80-sääntö tarkoittaa, että 20 prosenttia virhelähteistä aiheuttaa 80 prosenttia kustannuksista (kuva 3). Pareto-analyysin avulla haetaan prioriteetteja korjattaville ongelmille (kuva 4). 20/80 suhde ei käytännön tilanteissa aina toteudu, mutta 30/70- tai 25/75-suhteetkin ovat merkittäviä. (Andersson & Tikka, 1997, s. 64.)



Kuva 3. Pareto-diagrammi esiintymistaajuuden mukaan (Andersson & Tikka, 1997, s. 67).

syy	määrä	kumul. määrä	%-osuus
D: esiasetus	31	31	37,4
E: työkalurikko	22	53	63,9
J: kappaleenkäsittely	9	62	74,7
B: materiaalivirhe	4	66	79,5
A: työstökone	4	70	84,3
I: ohjelmointivirhe	4	74	89,2
F: kiinnitin	3	77	92,8
C: pakkaus	3	80	96,4
H: varastointi	2	82	98,8
G: mittausväline	1	83	100,0

Kuva 4. Syiden ryhmittely esiintyvyyden mukaan (Andersson & Tikka, 1997, s. 67).

Viollisia osia ja niiden kustannuksia kutsutaan laatuajattelussa hävikiksi. Laatuongelmat konkretisoituvat hävikin muodossa. Pareto-analyysillä voidaan selvittää hävikin jakaumamalli ja keskittyä ratkaiseviin, harvoin esiintyviin virheiden syihin. (Kume, 1989, s. 21.)

#### 4.4 Tarkastuskortti

Tarkastuskorttiin kerätään haluttuja tietoja esimerkiksi viallisista tuotteista. Yksinkertaisimmillaan tarkastuskortti voi olla tukkimiehenkirjanpitoa vastaava kaavake, johon

on merkattu jokaiselle virheelle oma sarake. Tarkastuskortin päätarkoitus on kaksita-hoinen:

1. Tehdä tietojen kerääminen helpoksi
2. Järjestää tiedot automaattisesti niin, että niitä voidaan myöhemmin helposti käyttää

Tarkastuskortilla kerätyistä tuloksista voidaan tehdä esimerkiksi histogrammi, jossa tarkastellaan arvoja, kuten varianssi ja keskiarvo. Lisäksi sen avulla voidaan tutkia jakauman muotoa. (Kume, 1989, s. 14-17.)

#### 4.5 SPC ja valvontakortti

SPC:n (Statistical Process Control, Tilastollinen laadunohjaus) teorian ja periaatteet kehitti 1920-luvulla Walter Shewhart. Nykyisin oikein sovelletut tilastolliset menetelmät ovat tuotantoprosessissa kiistattomasti välttämättömiä. SPC:llä voidaan havaita äkilliset virheet tuotannossa ja auttaa paikallistamaan ne. (Andersson & Tikka, 1997, s. 77-81.)

Valvontakortti on SPC:n sydän. Valvontakorttitekniikalla voidaan mitata ja vähentää prosessivaihteluita. Graafisen esityksen perusteella on mahdollista arvioida mitatuista tuotteista prosessin suoriutuminen ja käyttäytyminen melko tarkasti. (Andersson & Tikka, 1997, s. 82.)

Valvontakorttityyppejä on kahta erilaista. Jatkuvan arvon valvontakortteja ovat  $\bar{x}$ -kortti ja  $\bar{x}$ -R-kortti. Epäjatkuvan arvon valvontakortteja ovat pn, p, c ja u-kortti. Jokaiselle valvontakorttityypille on oma kaavansa, jonka mukaan valvontaraja lasketaan (kuva 5). (Kume, 1989, s. 94.)

Valvontakorttityyppi	Ylempi valvontaraja UCL Alempi valvontaraja LCL Keskiviiva CL
$\bar{x}$	UCL = $\bar{x} + A_2\bar{R}$ CL = $\bar{x}$ LCL = $\bar{x} - A_2\bar{R}$
$R$	UCL = $D_4\bar{R}$ CL = $\bar{R}$ LCL = $D_3\bar{R}$
$x$	UCL = $\bar{x} + 2.66\bar{R}s$ CL = $\bar{x}$ LCL = $\bar{x} - 2.66\bar{R}s$
$pn$	UCL = $\bar{p}n + 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$ CL = $\bar{p}n$ LCL = $\bar{p}n - 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$
$p$	UCL = $\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$ CL = $\bar{p}$ LCL = $\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
$c$	UCL = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ CL = $\bar{c}$ LCL = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
$u$	UCL = $\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$ CL = $\bar{u}$ LCL = $\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$

Kuva 5. Kaavat valvontarajoille (Kume, 1989, s. 95).

## 5 LEAN

Leanin tarkoitus on parantaa asiakasarvoa samalla, kun minimoidaan hukkaa. Sen avulla luodaan siis lisäarvoa asiakkaalle vähemmällä resursseilla. Lean-filosofiassa hukkien syyt jaetaan kolmeen ryhmään: Muda, Mura ja Muri. Mudassa hukka on luokiteltu seitsemään lajiin ja Mura käsittää prosessien epätasapainoa, jota on vaikea toteuttaa. Murilla tarkoitetaan vaihtelua toteutuksen ja kysynnän välillä. (Karjalainen & Karjalainen, 2020, s. 63.)

Leanissa hukka luokitellaan seitsemään eri lajiin:

- Tarpeeton tuotanto/liikatuotanto
- Turha odottelu
- Tarpeettomat materiaalien ja tuotteiden kuljetukset
- Tarpeeton työ/liikatyö
- Tarpeeton varastointi
- Tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet



- Tarpeettomat virheet, työn tekeminen uudelleen tai päällekkäin

Tarpeetonta tuotantoa prosessissa on kaikki se, mitä asiakas ei halua. Turhaa odottelua on kaikki tarpeeton odottelu työntekijöiden ja koneiden osalta. Materiaalien ja tuotteiden kuljetusmatkat pitäisi minimoida, esimerkiksi muuttamalla tilaratkaisuja. Tarpeetonta työtä ja monimutkaisten tai kalliiden työkalujen käyttöä pitäisi välttää. Varastointi sitoo pääomaa, joten varastot pitäisi minimoida esimerkiksi vähentämällä koneiden asetusaikaa. Tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet pitäisi minimoida. Tarpeettomat virheet pitäisi ehkäistä virheettömien tuotteiden valmistamisella. (Modig & Åhlström, 2013, s. 75.)

## 6 SORVAUS

Yritys jolle opinnäytetyö tehdään, on automaattisorvaamo. Tässä luvussa käydään läpi sorvausta käsitteenä sekä miten sorvauksessa voidaan vaikuttaa tuotteen laatuun.

Sorvaus on lastuava työstömenetelmä. Sorvaamalla valmistetaan tuotteita, joilla on ympyrän muotoinen poikkileikkaus eli ne ovat siis pyörähdyskappaleita. Pyörähdyskappaleita ovat esimerkiksi akselit, kartiot, kiekot, renkaat ja ruuvit. (Maaranen, 2012, s. 129.)

### 6.1 Numeerinen ohjaus

Nykypäivänä teollisuudessa käytettävissä sorveissa on tietokoneistettu numeerinen ohjaus eli CNC-ohjaus (Computer Numerical Control). Sorvia ohjelmoidaan kirjain- ja numerokoodein, jolloin toiminnot tapahtuvat automaattisesti laaditun ohjelman mukaisesti. Numeerisen ohjauksen ansiosta esimerkiksi työstö- ja asetusajat lyhenevät ja joukkotuotannossa saadaan tehtyä toistuvasti tasalaatuisia tuotteita, jolloin tuotanto ja laatu tehostuvat. (Maaranen, 2012, s. 365-367.)

## 6.2 Kääntöterät

Kääntöterillä eli teräpaloilla irrotetaan lastua työstettävästä raaka-aineesta sorvilla. Teräpalan valitsemisella on suuri vaikutus lastunhallintaan ja suorituskykyyn. Teräpaloja on paljon erilaisia, mutta ne ovat mitoiltaan ja muodoiltaan ISO 1832-normin mukaisia. (Maaranen, 2008, s. 104-105.)

Teräpaloilla ja työstöarvoilla voidaan vaikuttaa huomattavasti myös lopullisen kappaleen laatuun sekä kustannustehokkuuteen. Teräpalan valinnalla voidaan vaikuttaa esimerkiksi:

- Lastuamisnopeuteen
- Lastunhallintaan
- Mittatarkkuus
- Pinnanlaatuun
- Terän kestoikään
- Työstettävän kappaleen tahtiaikaan
- Työstötapaan (Sandvik Coromant, 2021.)

## 6.3 Raaka-aineet

Sorvilla voidaan koneistaa erilaisia raaka-aineita ja niiden seoksia, kuten ruostumattomaa terästä, terästä, messinkiä, kuparia, alumiinia ja muovia. Teräpalat valitaan sorvattavan raaka-aineen mukaan, koska materiaalien työstettävyydessä on eroja. Teräpalat optimoidaan raaka-aineisiin sopiviksi esimerkiksi erilaisilla geometrioilla ja pinnoitteilla. Terävalmistajat jakavat raaka-aineet ISO-standardissa eri pääryhmiin, jolloin teräpalan valinta helpottuu. Ryhmät ovat merkitty kirjaimin:

- ISO P, Teräkset
- ISO M, Ruostumattomat teräkset
- ISO K, Valuraudat
- ISO N, Ei-rautametallit
- ISO S, Kuumalujat superseokset
- ISO H, Kovat teräkset (45-65 HRC ja 400-600 HB)

- O (muut), ISO-standardissa määrittelemättömät raaka-aineet (Sandvik Coromant, 2021.)

## 7 LAADUNVALVONTA YRITYKSESSÄ

Tässä luvussa käydään läpi yrityksen toimintatapoja laadunvalvontaan liittyen. Yrityksen toimintaa ohjaa sertifioitu laadunhallintajärjestelmä ISO 9001.

### 7.1 Mittaaminen

Yrityksellä on käytössään erilaisia mittavälineitä, joilla todennetaan tuotteen mitoituksen olevan työpiirustuksen mukainen. Mittavälineille on määritelty mittaustarkkuus valmistajien taholta, joten tämä määrittää käytettävän mittavälineen tuotteen mittojen toleranssien mukaan. Yleisimmin käytetyt mittavälineet ja niiden toleranssit yrityksessä ovat:

- Mittakone, tarkkuus  $\pm 0,004$  millimetriä per metri
- Mikrometri, tarkkuus  $\pm 0,004$  millimetriä
- Borematic, tarkkuus  $\pm 0,006$  millimetriä
- Mittakello, tarkkuus  $\pm 0,008$  millimetriä
- Pyörötulkki, tarkkuus (meno)  $+0,011$  millimetriä (hylky)  $\pm 0,002$  millimetriä
- Työntömitta, tarkkuus  $\pm 0,02$  millimetriä
- Projektori, tarkkuus  $\pm 0,023$  millimetriä
- Kierretulkki, kalibroitu kierteiden vaatimuksiin
- Surftest, kalibroitu kalibrointimittapalaan

Yrityksessä on päätetty, että yli  $\pm 0,1$  millimetrin toleransseissa voidaan käyttää työntömittaa, muuten käytetään tarkempia mittavälineitä (Niemi, 2021).

## 7.2 Asetustarkastus

Asetustarkastuksessa mitataan tuotteen kaikki mitat ja kirjataan mittatulos työpiirustukseen. Asetustarkastuksella tuotteen asettaja varmistaa, että tuote on asetuksen jälkeän työpiirustuksen mukainen, jotta tuotantoajo voidaan aloittaa. Asetustarkastukseen kirjataan mittatulosten lisäksi asettajan nimikirjaimet, päivämäärä ja työmääräimen numero.

## 7.3 Tuotantoajotarkastus

Tuotantoajotarkastuksessa koneenhoitaja mittaa tuotteen kaikki mitat ja kirjaa laadunvalvontakorttiin kellonajan, mitattujen kappaleiden lukumäärän ja nimimerkkinsä. Jos mitatut tuotteet ovat työpiirustuksen mukaisia ja tuotteita on mitattu esimerkiksi kaksi kappaletta, merkitään laadunvalvontakorttiin 2/2. Jos taas mitatut tuotteet olisivat susia, niin laadunvalvontakorttiin merkitään 0/2. Mittakoneella tehdyt mittaukset tallentuvat automaattisesti erilliseen mittaohjelmistoon. Koneenhoitaja pyrkii mittaamaan jokaisen tuotteen sarjatuotannosta kolme kappaletta, kolme kertaa kahdeksan tunnin työvuoron aikana.

Tuotantoajotarkastuksessa koneenhoitajalla ei ole konkreettisia ohjeita esimerkiksi siihen, mitä tuotetta koko osaston sarjatuotannosta pitäisi mitata useammin. Tarkempaa ohjeistusta ei ole myöskään siihen, pitäisikö yksittäisestä tuotteesta mitata tiettyjä, esimerkiksi tarkimmilla toleransseilla olevia mittoja useammin. Kaikkiin tuotteisiin käytetään siis lähtökohtaisesti sama työmäärä laadunvalvontaan. Tuotteen laadunvalvontaan käytetty työmäärä määräytyy pitkälti tuotteessa esiintyvien mittojen lukumäärästä sekä siitä, kuinka monta erilaista mittavälinettä joudutaan käyttämään.

## 7.4 Lähetystarkastus

Lähetystarkastuksessa lähettäjä tarkistaa tuotteen ulkokierteen kierretulkilla sekä tekee summittaisen otannan perusteella visuaalisen tarkastuksen tuotteille. Lähetystarkastus on viimeinen mahdollisuus havaita virheellisiä tuotteita ennen kuin tuotteet lähetetään asiakkaalle.

## 7.5 Laadunhallintajärjestelmä ISO 9001

Standardien eli normien tarkoituksena on yhtenäistää toimintatapoja. Standardien avulla pystytään järjeistämään toimintaa, vähentämään virheitä ja väärinkäytöksiä sekä nopeuttamaan työtä. Näiden avulla päästään entistä parempiin käytännön tuloksiin. (Standardi, 2021.)

ISO 9001 -laadunhallintastandardin tarkoituksena on asiakastyytyväisyyden lisääminen ja yrityksen toiminnan jatkuva parantaminen. Standardi muodostaa kehyksen laadunhallinnan johtamiselle. Standardin rakenteeseen kuuluu prosessien ja resurssien hallinta, johdon vastuu sekä jatkuva mittaaminen, analysointi, parantaminen ja auditoinnit. ISO 9001 on kansainvälisesti tunnetuin ja käytetyin laadunhallintastandardi. (ISO9001, 2021.)

Yritykselle ISO 9001 tuo seuraavia hyötyjä:

- Kasvattaa asiakkaiden luottamusta yritykseen
- Parantaa asiakastyytyväisyyttä ja asiakkaiden sitoutumista yritykseen
- Parantaa henkilöstön osallistumista, motivaatiota ja tietoisuutta asiakastarpeista
- Parantaa muutostenhallintaa
- Parantaa riskienhallintaa
- Selkeyttää vastuunjakoa
- Toimii työkaluna toimittajasuhteiden kehittämisessä
- Tukee toiminnan ja prosessien jatkuvassa kehittämisessä
- Varmistaa, että yritys pystyy jatkuvasti tuottamaan asiakkaiden tarpeet täyttäviä tuotteita ja palveluja
- Vähentää laatukustannuksia

Vähentää virheitä ja poikkeamia (ISO9001, 2021.)

## 8 DATAN KERÄÄMINEN

Yrityksellä on käytössään Visma Nova toiminnanohjausjärjestelmä. Novasta saatiin luotua tuotannon susiraportti sekä varastopaikan 9 susiraportti. Susiraportit sisälsivät kaikki tuotannon ja varastopaikan 9 susikirjaukset toiminnanohjausjärjestelmään ajalta 1.1.2020-31.12.2020. Susiraportit saatiin luotua pdf-muodossa sekä Microsoft Excel-tiedostomuotona.

### 8.1 Tuotannon susiraportti

Tuotannon susiraportti sisälsi kaikki susikappaleiden kirjaukset tuotannosta. Koneenhoitaja tai asettaja on kirjannut toiminnanohjausjärjestelmään susien määrän, syyn, työmääräimen numeron, tuotekoodin, työstökoneen sekä yksityiskohtaisemman selitteen vian syystä. Lisäksi raportti piti sisällään kirjattujen susien liikevaihdon. Tuotannon susiraportin sivumäärä pdf-muodossa oli 63 sivua ja Excelissä rivejä oli 9 256 kappaletta.

### 8.2 Varastopaikka 9 susiraportti

Varastopaikka 9 susiraportti sisälsi kaikki susikappaleiden kirjaukset, jotka ovat vaatineet lisätyötä esimerkiksi pesun tuotannon jälkeen. Pesijä on kirjannut toiminnanohjausjärjestelmään susien määrän, syyn, tuotekoodin numeron ja yksityiskohtaisemman selitteen vian syystä. Raportista ei selvinnyt, millä koneella tai työnumerolla sudet on tehty, eikä kirjattujen susien liikevaihtoa. Varastopaikan 9 susiraportin sivumäärä pdf-muodossa oli 31 sivua ja Excelissä rivejä oli 2 902 kappaletta.

### 8.3 Muutokset ja oikaisut raportteihin

Varastopaikka 9 susiraportissa kaikki syyt määritettiin selostuksen mukaan, koska vain muutamassa kirjauksessa syy oli annettu. Lisäksi varastopaikka 9 susiraportista poistettiin tuotteita, joita oli valmistettu jo yrityksestä poistuneella sorvilla. Tuotannon

susiraportista poistettiin virheellisiä kirjauksia sekä päivitettiin ja oikaistiin tuotteiden hintoja. Muutokset ja oikaisut löytyvät liitteestä 1.

## 9 KVANTITATIIVINEN TUTKIMUSSTRATEGIA

Tässä opinnäytetyössä tullaan käyttämään kvantitatiivista tutkimusstrategiaa. Kvantitatiivinen tutkimus soveltuu määrälliseen ja numeeriseen mittaamiseen. Muuttujat muodostetaan taulukkomuotoon ja aineisto saatetaan tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Lisäksi kvantitatiivisessa tutkimuksessa keskeisiä tekijöitä ovat johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat ja hypoteesien esittäminen. (Hirsjärvi ym., 2015, s. 140.)

## 10 TUOTANNON SUSIEN KUSTANNUKSET

Tässä luvussa esitellään raporteista saadun datan perusteella tuotannon susien kustannukset. Tutkimus tehtiin kvantitatiivisella menetelmällä ja data kerättiin Exceliin, missä merkittävimmät syyt analysoitiin Pareto-diagrammin avulla. Tuotannon susien kustannukset olivat oikaisujen jälkeen yhteensä I euroa.

### 10.1 Kustannukset syiden mukaan tuotannossa

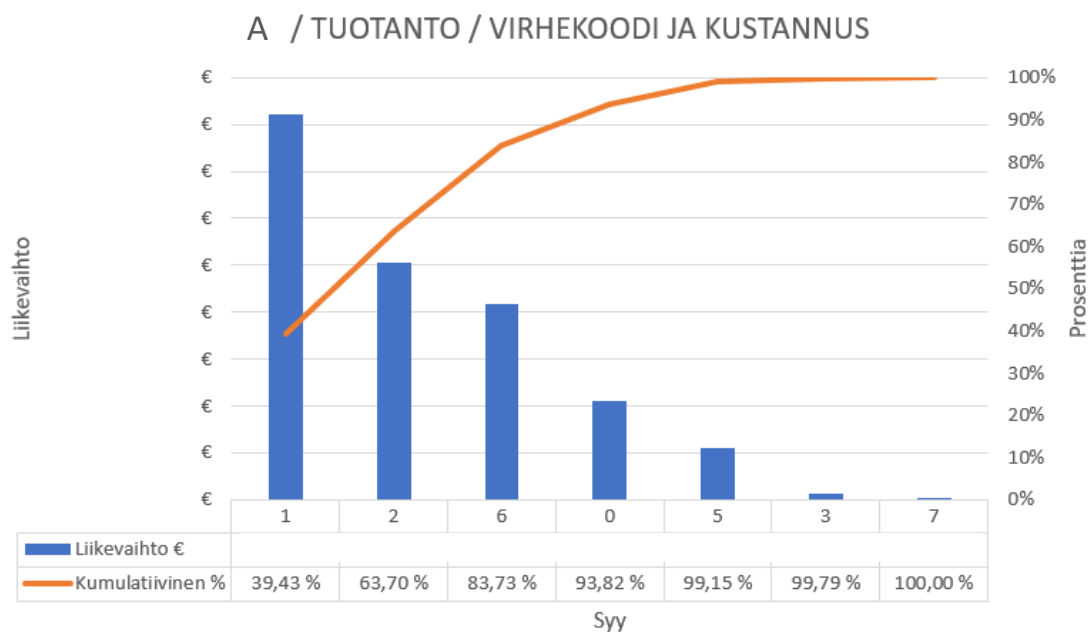
Pareto-diagrammista selviää virhekoodin perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Virhekoodien syyt olivat:

0. Tuntematon
1. Teräriikko
2. Mitta muuttunut
3. Mittausvirhe
4. Materiaalivirhe

5. Pinnanlaatu huono
6. Muu
7. Asetussudet

Tarkka syy saatiin selville ainoastaan kuudesta virhekoodista. Virhekoodeja nolla ja kuusi ei pystytty analysoimaan tarkemmin tässä tutkimuksessa muuten kuin havaintojen prosentuaalisella lukemalla.

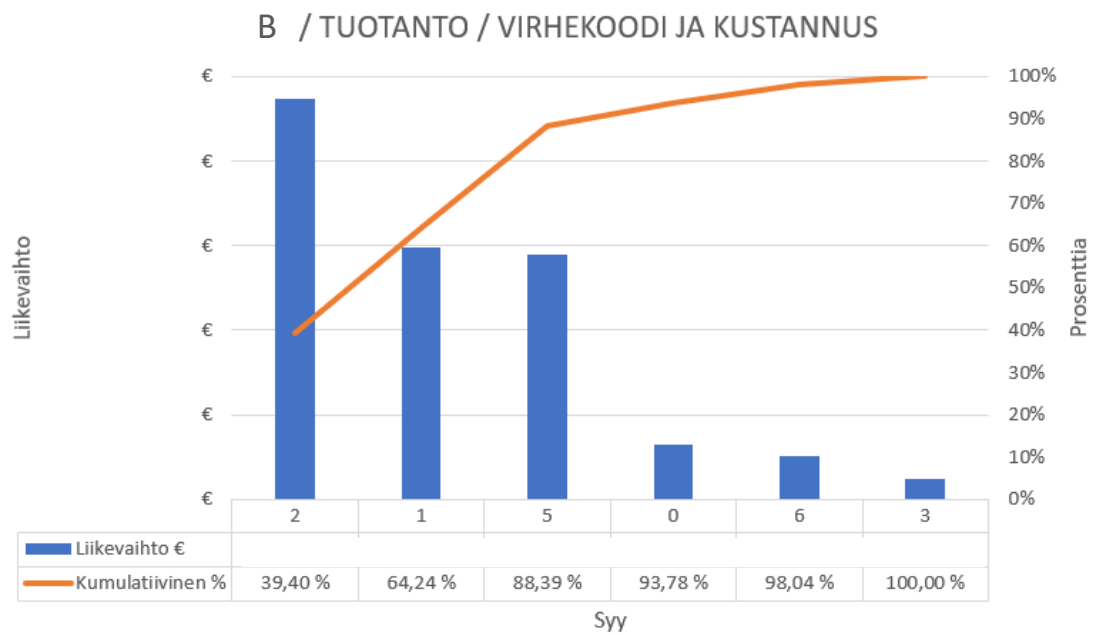
A-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat terärikko ja muuttunut mitta (kuvio 1). Nämä kaksi syytä edustivat 63,70 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt (virhekoodit 0, tuntematon ja virhekoodi 6, muu) edustivat 30,12 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset A-osastolla olivat yhteensä J euroa. A-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista kolmanneksi suurimmat.



Kuvio 1. A-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

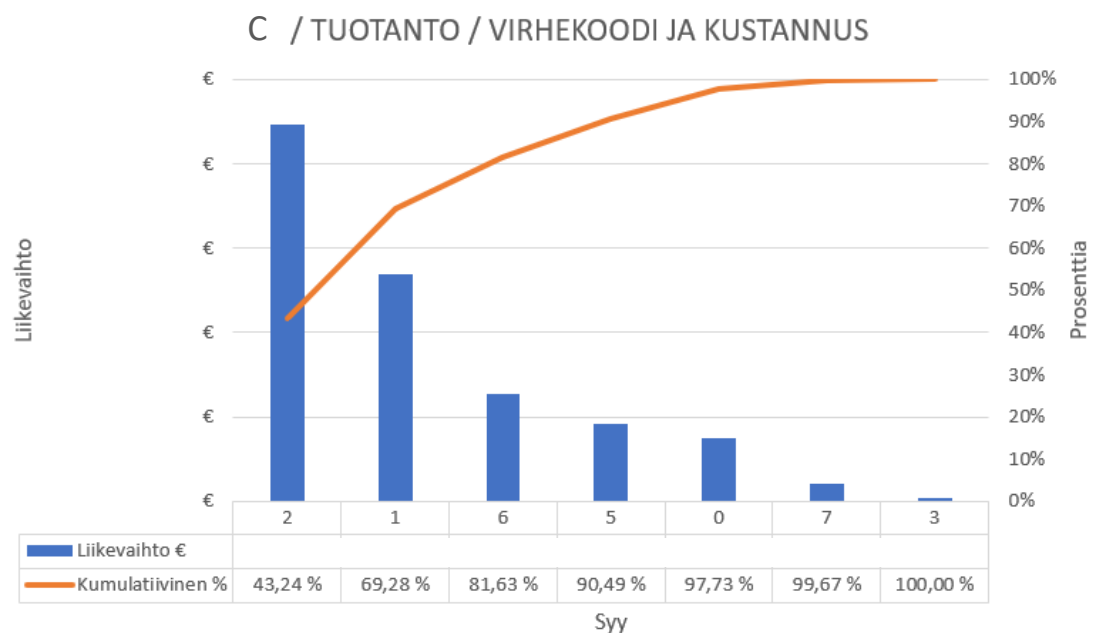
B-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat muuttunut mitta, terärikko ja huono pinnanlaatu (kuvio 2). Nämä kolme syytä edustivat 88,39 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 9,65 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset B-osastolla olivat yhteensä K euroa. B-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista kuudenneksi suurimmat.





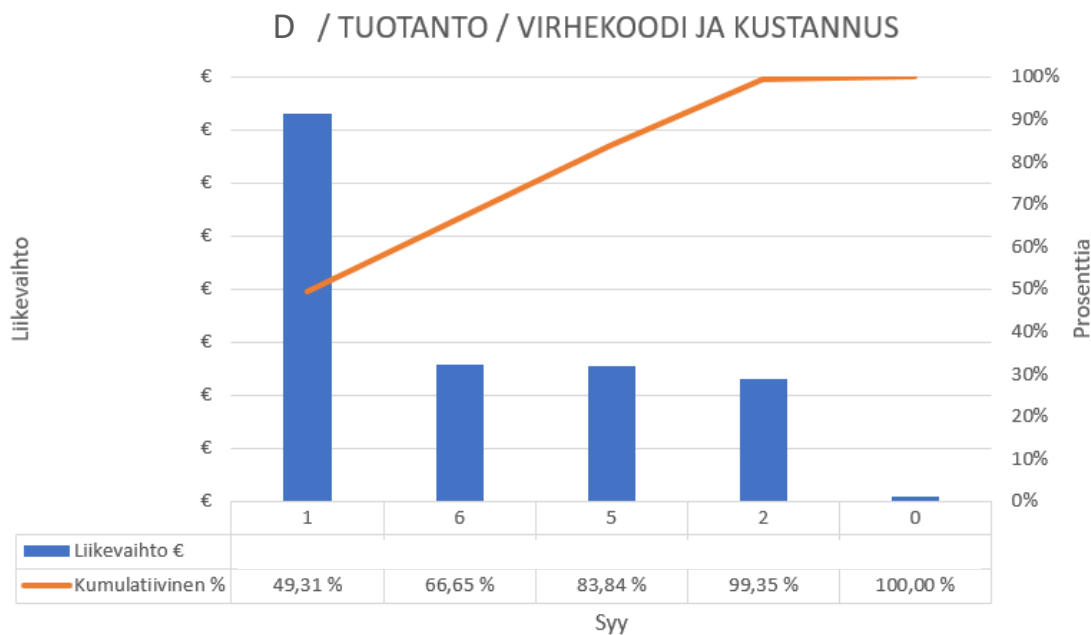
Kuvio 2. B-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

C-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat muuttunut mitta ja teräriikko (kuvio 3). Nämä kaksi syytä edustivat 69,28 prosenttia kaikista syyistä. Tuntemattomat syyt edustivat 19,59 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset C-osastolla olivat yhteensä L euroa. C-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista suurimmat.



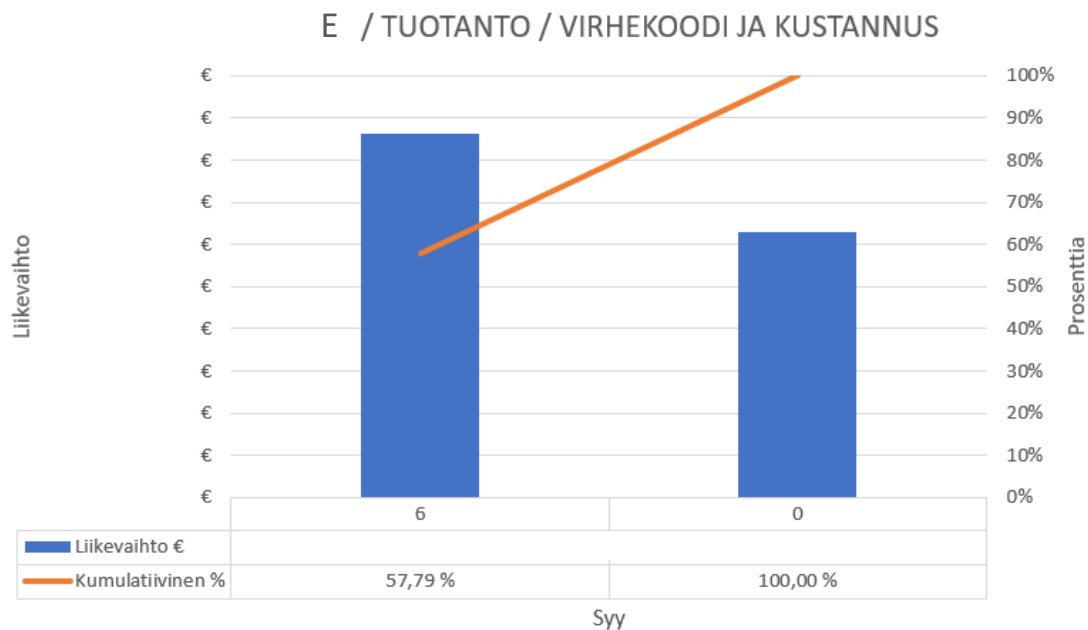
Kuvio 3. C-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

D-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat terärikko, huono pinnanlaatu ja muuttunut mitta (kuvio 4). Nämä kolme syytä edustivat 82,01 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 17,99 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset D-osastolla olivat yhteensä M euroa. D-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista viidenneksi suurimmat.



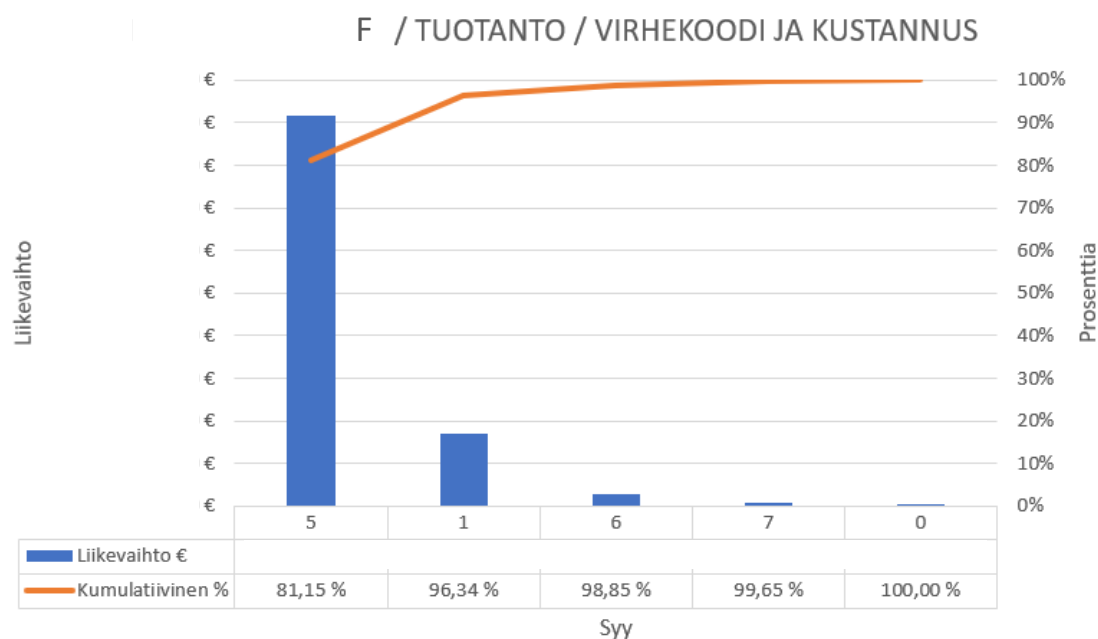
Kuvio 4. D-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

E-osaston merkittävimmät syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat tuntemattomia muu ja tuntematon (kuvio 5). Nämä kaksi syytä edustivat 100 prosenttia kaikista syistä. Susien kustannukset E-osastolla olivat yhteensä N euroa. E-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista pienimmät.



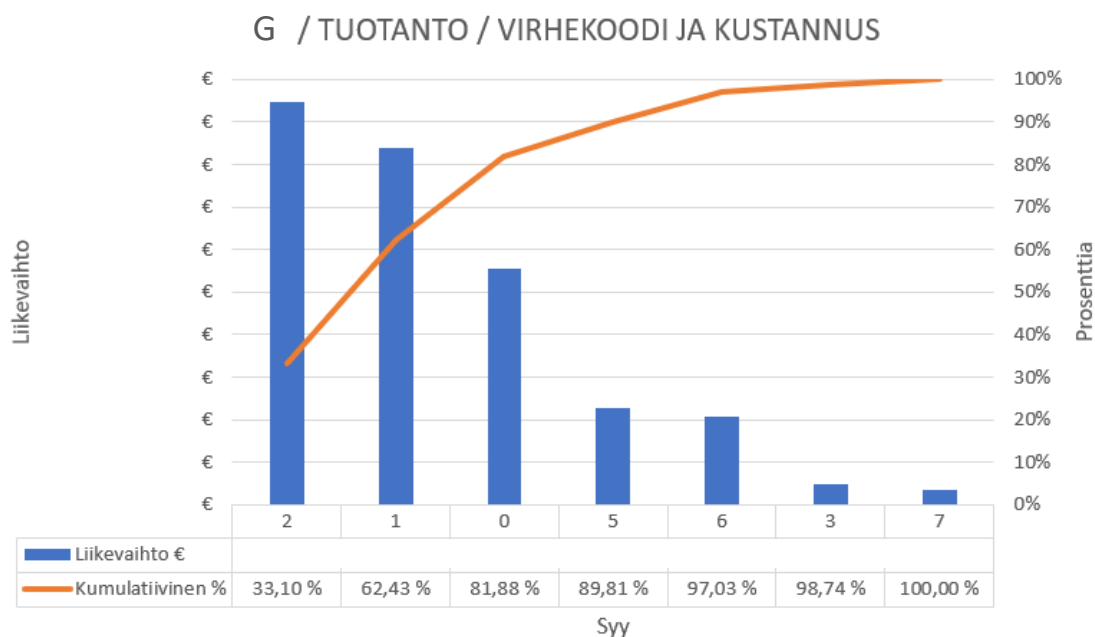
Kuvio 5. E-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

F-osaston merkittävimmät syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat huono pinnanlaatu ja terärikko (kuvio 6). Nämä kaksi syytä edustivat 96,34 prosenttia kaikista syyistä. Tuntemattomat syyt edustivat 2,86 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset F-osastolla olivat yhteensä 0 euroa. F-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista toiseksi pienimmät.



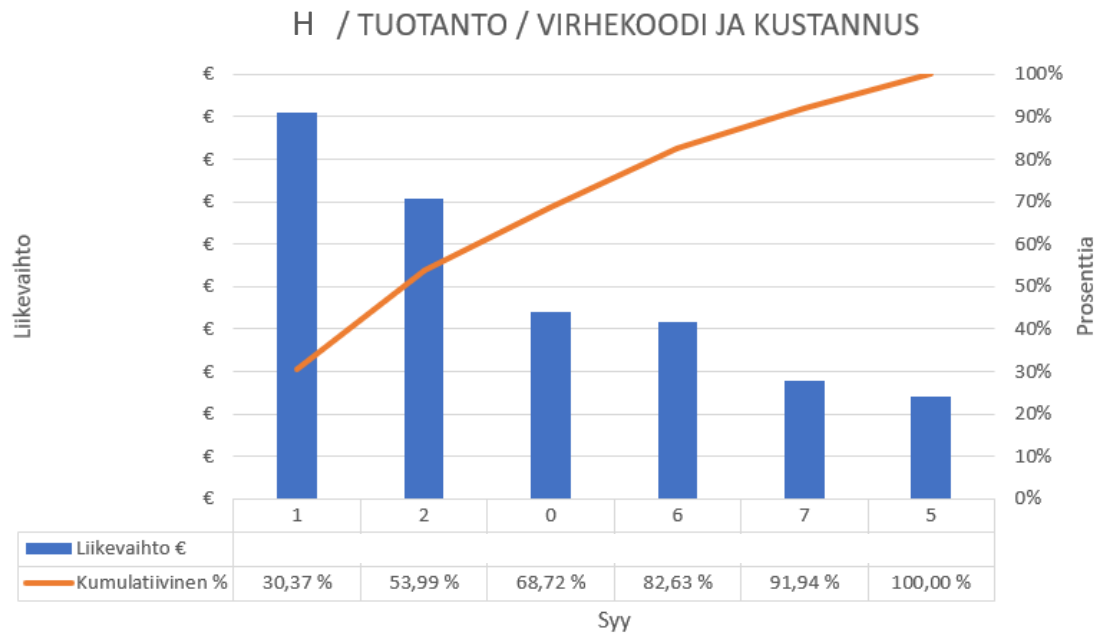
Kuvio 6. F-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

G-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat muuttunut mitta ja terärikko (kuvio 7). Nämä kaksi syytä edustivat 62,43 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 26,67 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset G-osastolla olivat yhteensä P euroa. G-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista toiseksi suurimmat.



Kuvio 7. G-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

H-osaston merkittävimmät tunnetut syyt tuotannossa havaituissa susissa olivat terärikko ja muuttunut mitta (kuvio 8). Nämä kaksi syytä edustivat 53,99 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 28,64 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset H-osastolla olivat yhteensä Q euroa. H-osaston tuotannon susien kustannukset olivat kaikista osastoista neljänneksi suurimmat.



Kuvio 8. H-osaston susien kustannukset tuotannossa virhekoodeittain

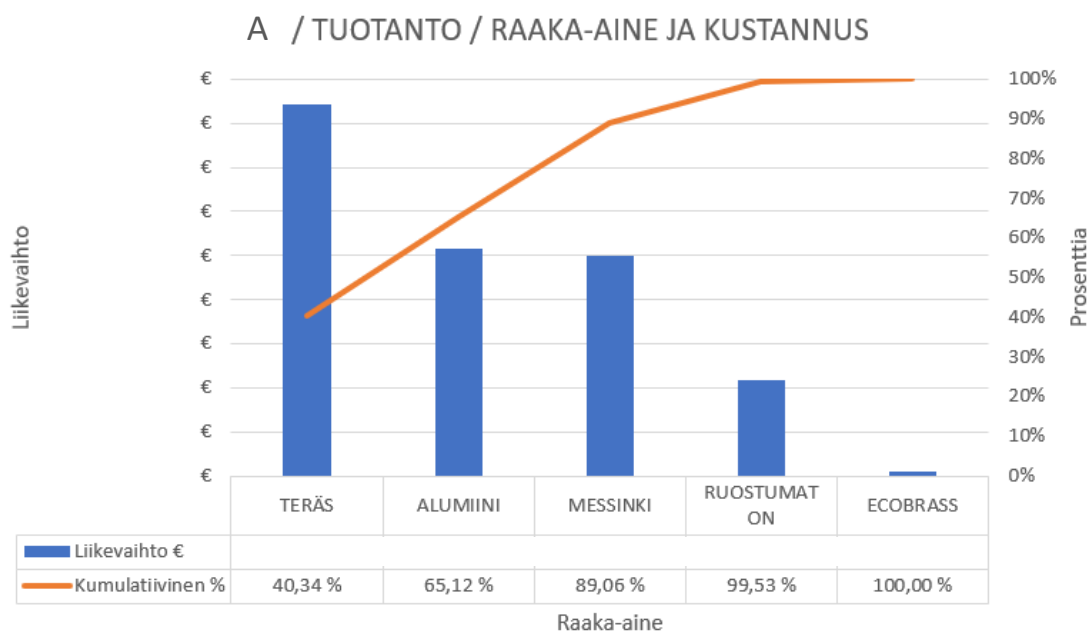
## 10.2 Kustannukset raaka-aineittain tuotannossa

Pareto-diagrammista selviää raaka-aineen perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Käytetyt raaka-aineet olivat:

- Alumiini
- Ecobrass
- Kupari
- Messinki
- Muovi
- Ruostumaton teräs
- Teräs

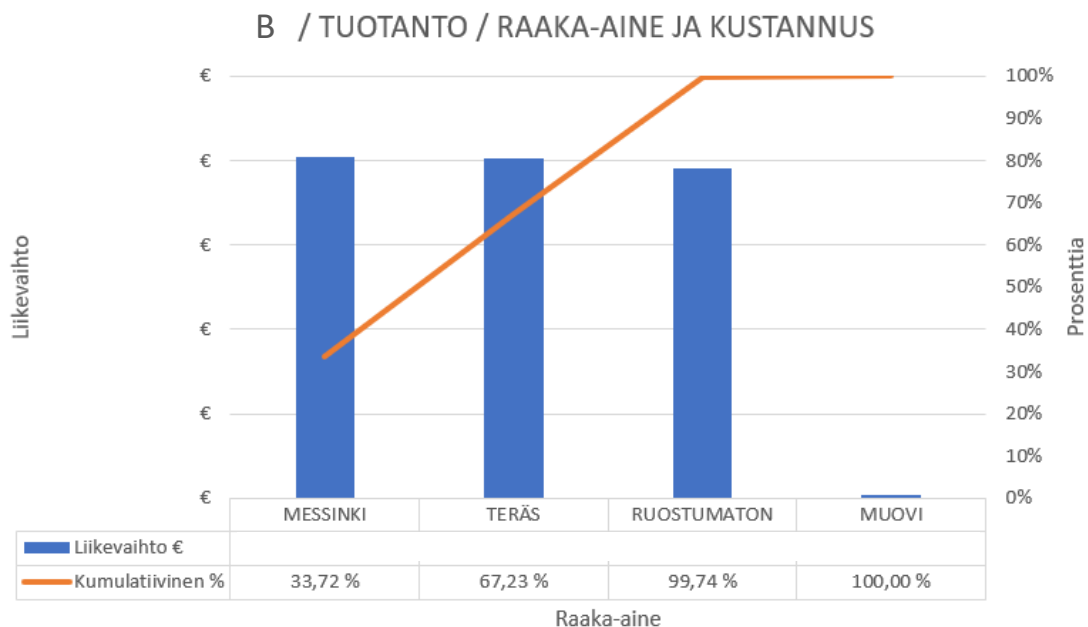
Tästä osiosta on jätetty pois E-osasto, koska E-osaston raaka-aineen vertailua ei koettu yrityksen johdon toimesta tarpeelliseksi (Paavola, 2021).

A-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset tuotannossa havaituissa susissa olivat teräs, alumiini ja messinki (kuvio 9). Nämä kolme raaka-ainetta edustivat 89,06 prosenttia kaikista raaka-aineista.



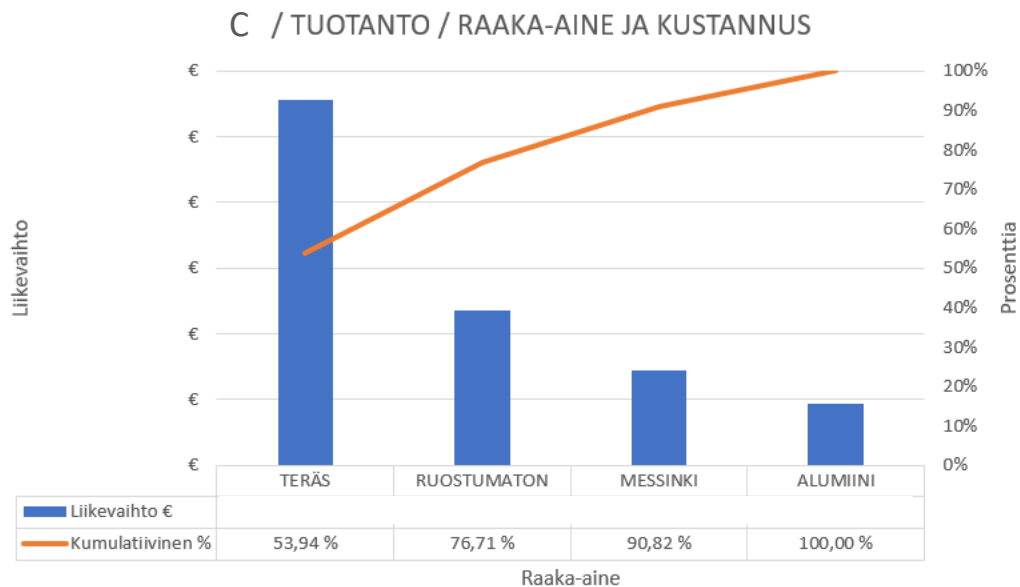
Kuvio 9. A-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

B-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset tuotannossa havaituissa susissa olivat messinki, teräs ja ruostumaton teräs (kuvio 10). Nämä kolme raaka-ainetta edustivat 99,74 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



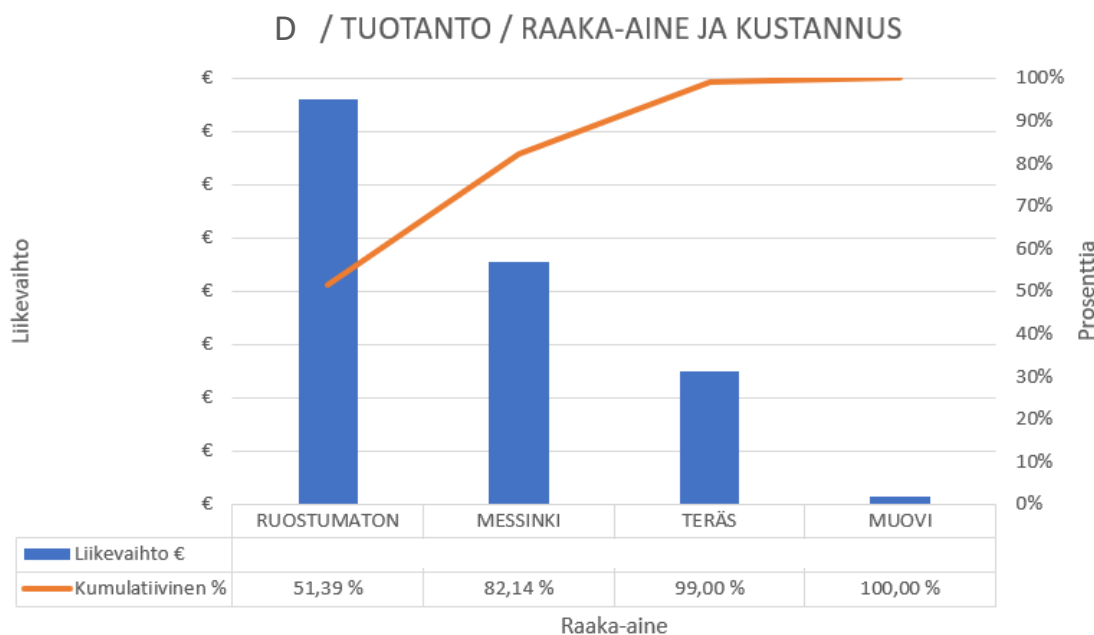
Kuvio 10. B-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

C-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset tuotannossa havaituissa susissa olivat teräs ja ruostumaton teräs (kuvio 11). Nämä kaksi raaka-ainetta edustivat 76,71 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



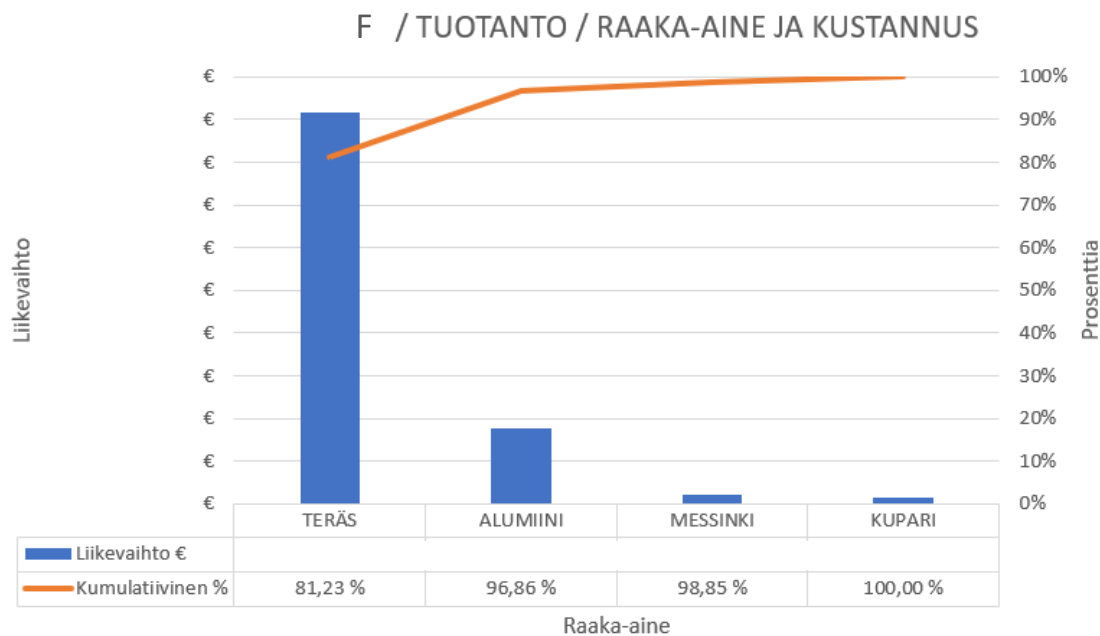
Kuvio 11. C-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

D-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset tuotannossa havaituissa susissa olivat ruostumaton teräs ja messinki (kuvio 12). Nämä kaksi raaka-ainetta edustivat 82,14 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



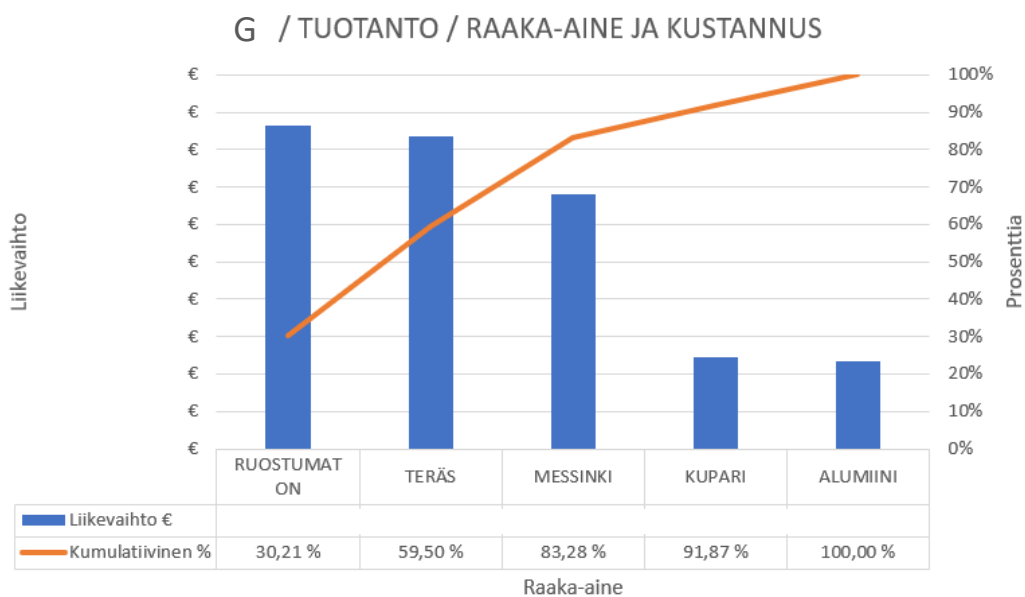
Kuvio 12. D-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

F-osaston merkittävin raaka-ainekustannus tuotannossa havaituissa susissa oli teräs (kuvio 13). Tämä raaka-aine edusti 81,23 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 13. F-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

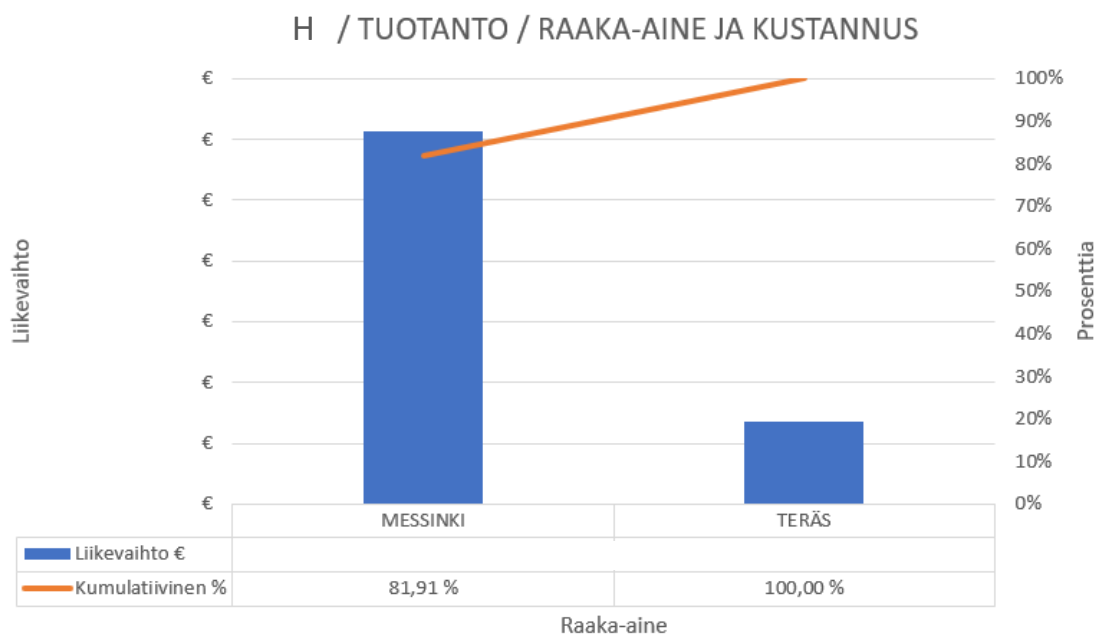
G-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset tuotannossa havaituissa susissa olivat ruostumaton teräs, teräs ja messinki (kuvio 14). Nämä kolme raaka-ainetta edustivat 83,28 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 14. G-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain



H-osaston merkittävin raaka-ainekustannus tuotannossa havaituissa susissa oli messinki (kuvio 15). Tämä raaka-aine edusti 81,91 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 15. H-osaston susien kustannukset tuotannossa raaka-aineittain

### 10.3 Kustannukset tuotteittain tuotannossa

Pareto-diagrammista selviää tuotteen perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Tästä osiosta on jätetty pois E-osasto, koska E-osaston tuotteiden vertailua ei koettu yrityksen johdon toimesta tarpeelliseksi (Paa-vola, 2021).

Tuotteittain tehtyä analyysia ei avata tässä opinnäytetyössä tarkemmin, koska tuotteita on yli tuhat. A-osaston kustannukset tuotteittain tuotannossa löytyvät liitteestä 2. B-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 3. C-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 4. D-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 5. F-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 6. G-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 7. H-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 8.

## 11 VARASTOPIKKA 9 SUSIEN KUSTANNUKSET

Tässä luvussa esitellään raporteista saadun datan perusteella varastopaikka 9 (VP 9) susien kustannukset. Tutkimus tehtiin kvantitatiivisella menetelmällä ja data kerättiin Exceliin, missä merkittävimmät syyt analysoitiin Pareto-diagrammin avulla. Varastopaikka 9 susien kustannukset olivat oikaisujen jälkeen yhteensä R euroa.

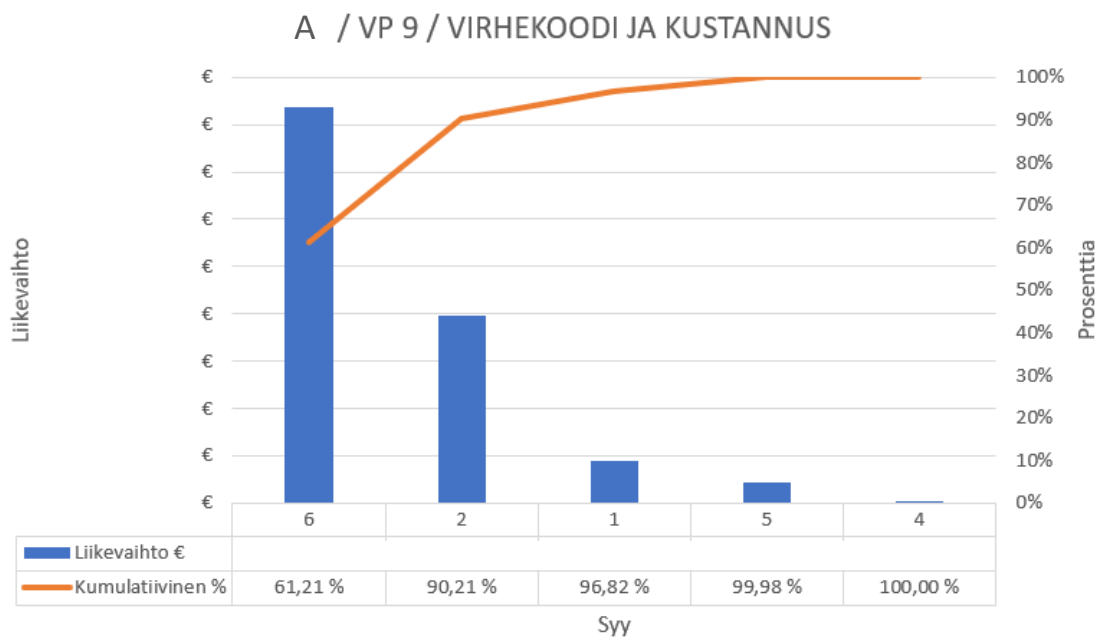
### 11.1 Kustannukset syiden mukaan varastopaikka 9:ssä

Pareto-diagrammista selviää virhekoodin perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Virhekoodien syyt olivat:

0. Tuntematon
1. Terärikko
2. Mitta muuttunut
3. Mittausvirhe
4. Materiaalivirhe
5. Pinnanlaatu huono
6. Muu
7. Asetussudet

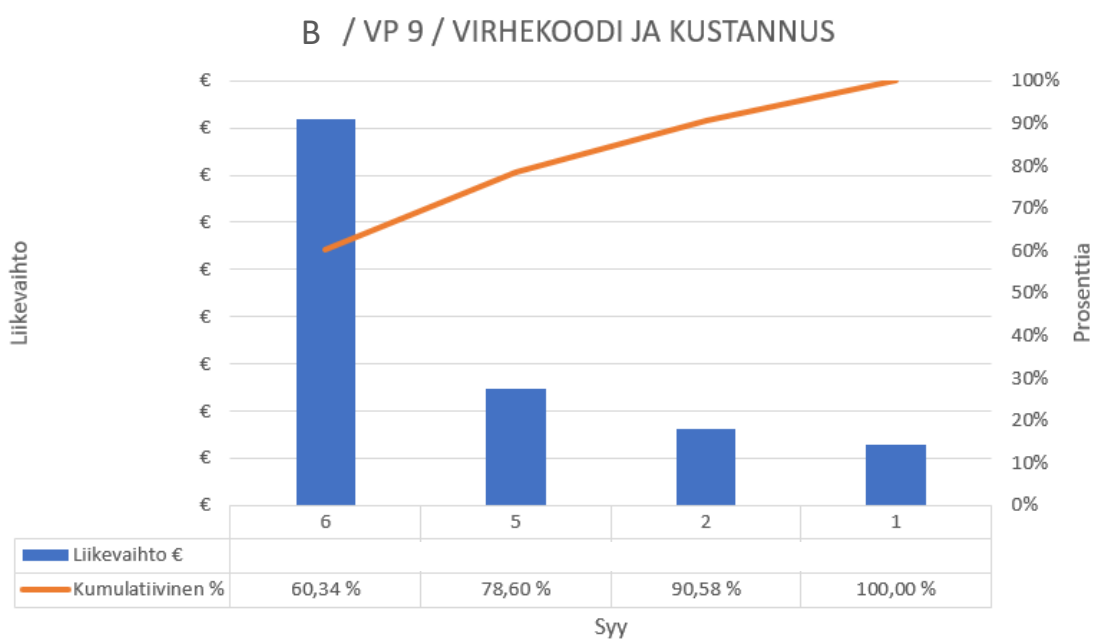
Tarkka syy saatiin selville ainoastaan kuudesta virhekoodista. Virhekoodeja nolla ja kuusi ei pystytty analysoimaan tarkemmin tässä tutkimuksessa muuten kuin havaintojen prosentuaalisella lukemalla.

A-osaston merkittävimmät tunnetut syyt varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat muuttunut mitta ja terärikko (kuvio 16). Nämä kaksi syytä edustivat 35,61 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 61,21 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset A-osastolla olivat yhteensä S euroa. A-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista kolmanneksi suurimmat.



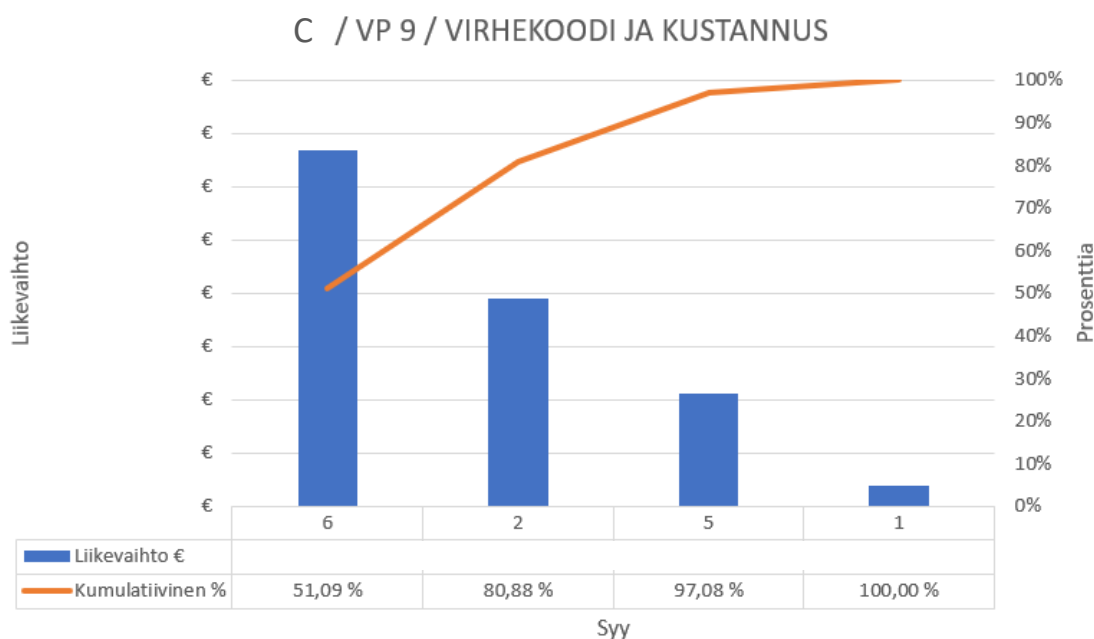
Kuvio 16. A-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

B-osaston merkittävimmät tunnetut syyt varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat huono pinnanlaatu, muuttunut mitta ja terärikko (kuvio 17). Nämä kolme syytä edustivat 39,66 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 60,34 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset B-osastolla olivat yhteensä T euroa. B-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista kuudenneksi suurimmat.



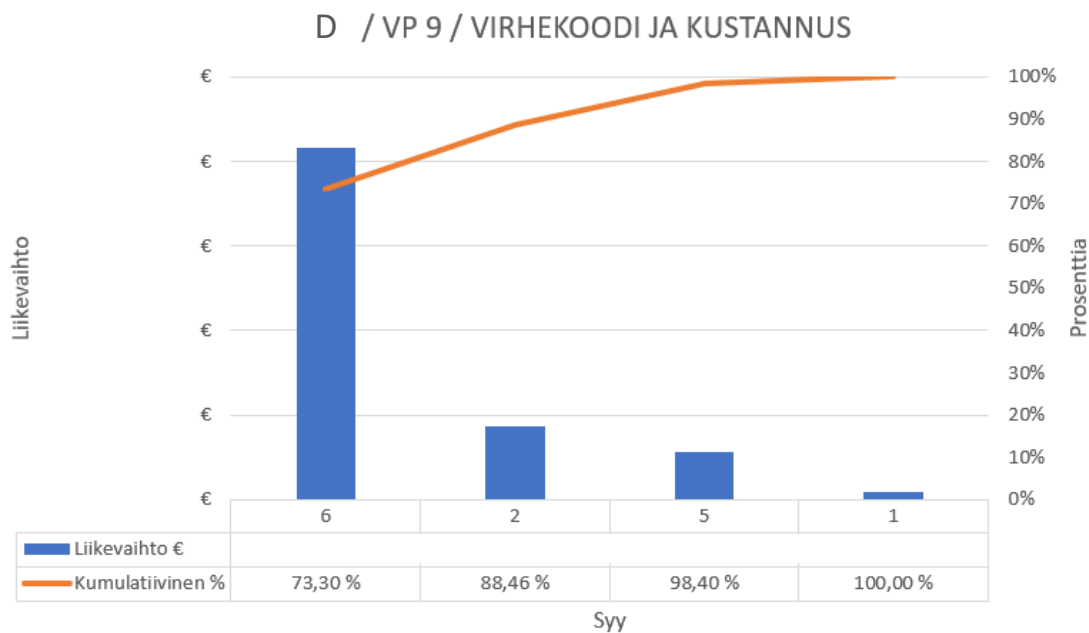
Kuvio 17. B-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

C-osaston merkittävimmät tunnetut syyt varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat muuttunut mitta ja huono pinnanlaatu (kuvio 18). Nämä kaksi syytä edustivat 45,99 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 51,09 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset C-osastolla olivat yhteensä U euroa. C-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista neljänneksi suurimmat.



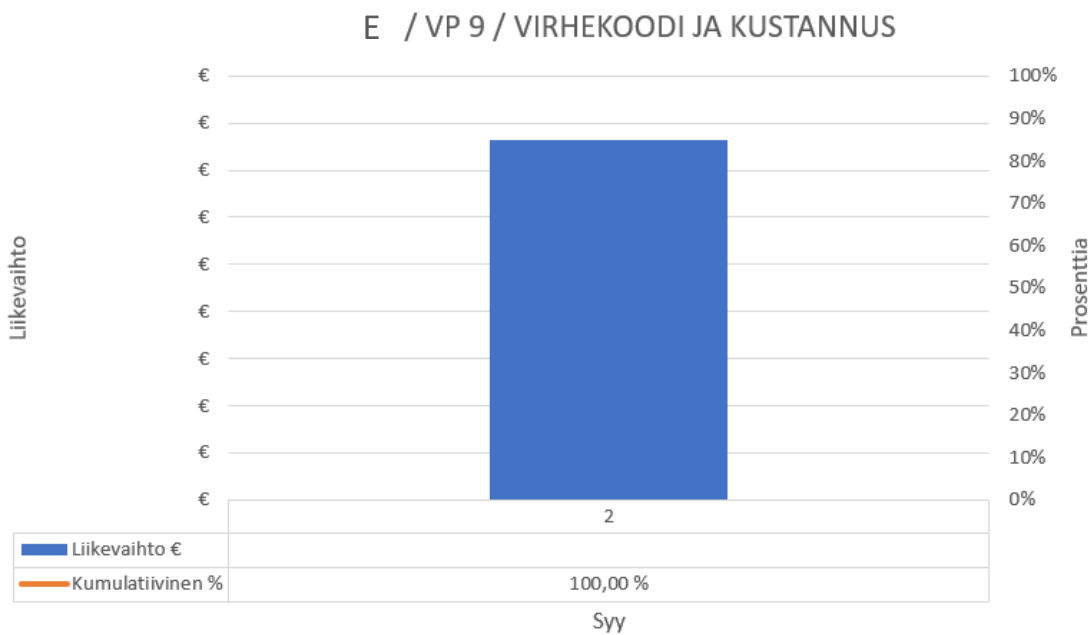
Kuvio 18. C-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

D-osaston merkittävimmät tunnetut syyt varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat muuttunut mitta ja huono pinnanlaatu (kuvio 19). Nämä kaksi syytä edustivat 25,10 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 73,30 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset D-osastolla olivat yhteensä V euroa. D-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista toiseksi suurimmat.



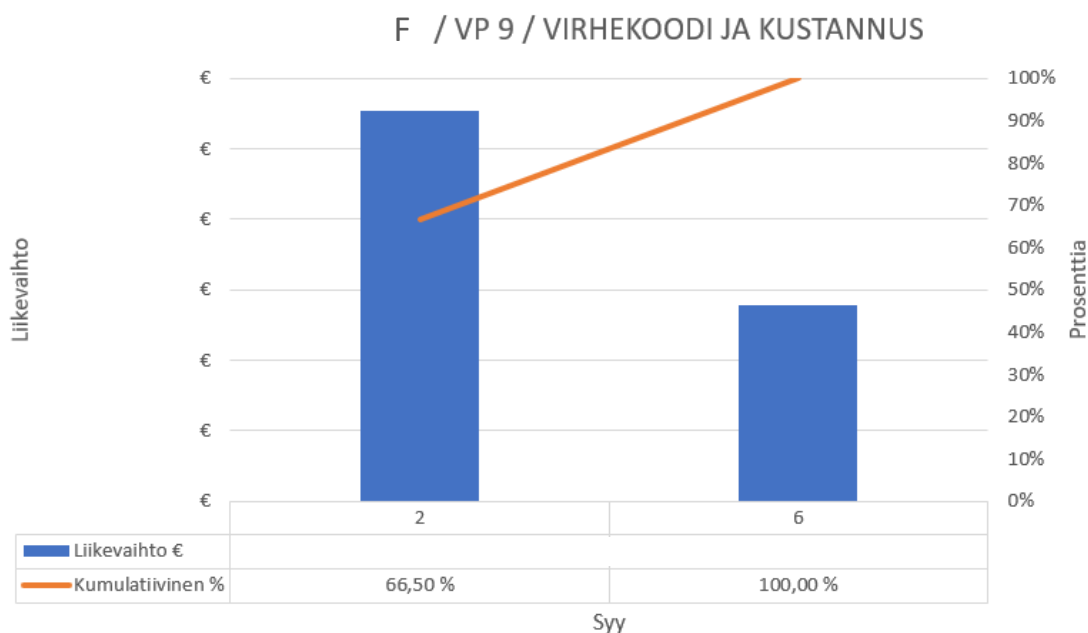
Kuvio 19. D-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

E-osaston ainut syy varastopaikka 9 havaituissa susissa oli muuttunut mitta (kuvio 20). Tämä syy edusti 100 prosenttia kaikista syistä. Susien kustannukset E-osastolla olivat yhteensä W euroa. E-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista pienimmät.



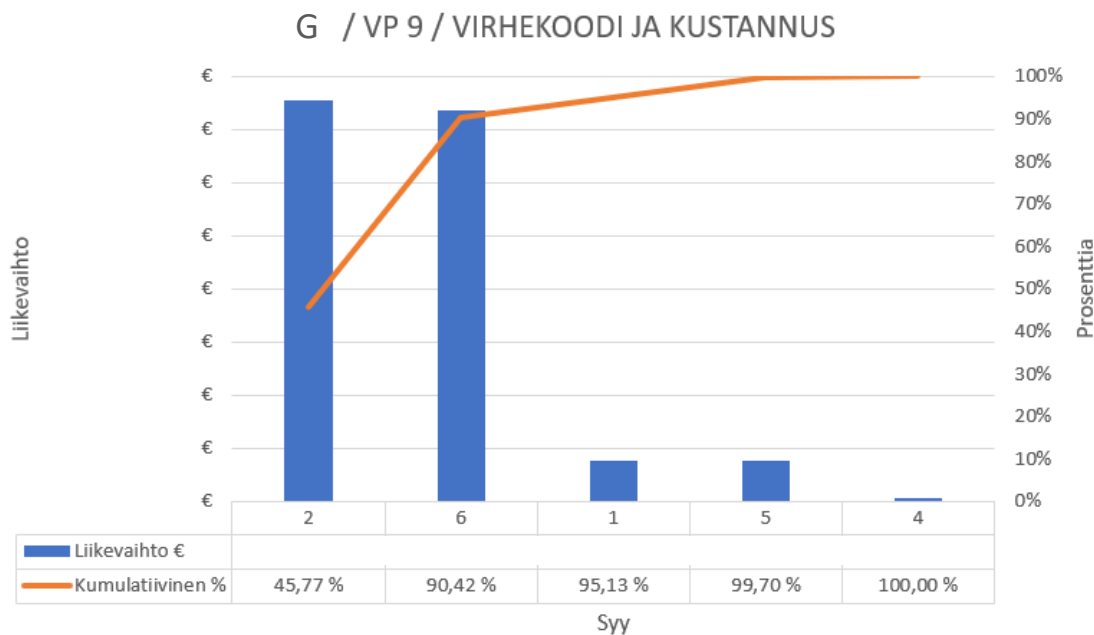
Kuvio 20. E-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

F-osaston merkittävin tunnettu syy varastopaikka 9 havaituissa susissa oli muuttunut mitta (kuvio 21). Tämä syy edusti 66,50 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 33,50 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset F-osastolla olivat yhteensä X euroa. F-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista toiseksi pienimmät.



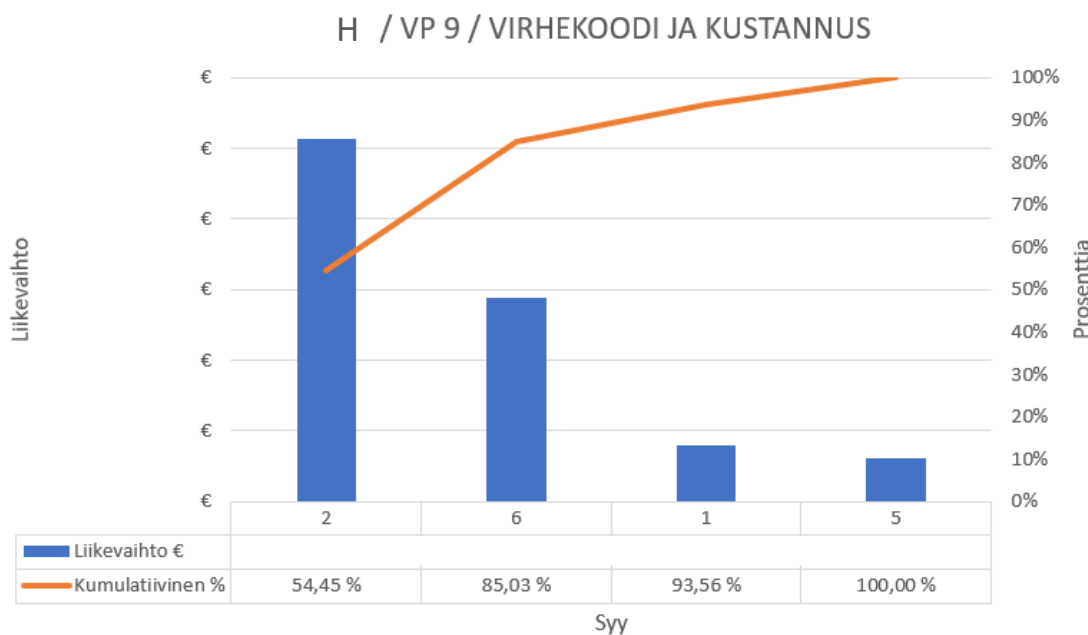
Kuvio 21. F-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

G-osaston merkittävin tunnettu syy varastopaikka 9 havaituissa susissa oli muuttunut mitta (kuvio 22). Tämä syy edusti 45,77 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 44,65 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset G-osastolla olivat yhteensä Y euroa. G-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista suurimmat.



Kuvio 22. G-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

H-osaston merkittävin tunnettu syy varastopaikka 9 havaituissa susissa oli muuttunut mitta (kuvio 23). Tämä syy edusti 54,45 prosenttia kaikista syistä. Tuntemattomat syyt edustivat 30,58 prosenttia havainnoista. Susien kustannukset H-osastolla olivat yhteensä Z euroa. H-osaston varastopaikka 9 susien kustannukset olivat kaikista osastoista viidenneksi suurimmat.



Kuvio 23. H-osaston susien kustannukset VP 9:ssä virhekoodeittain

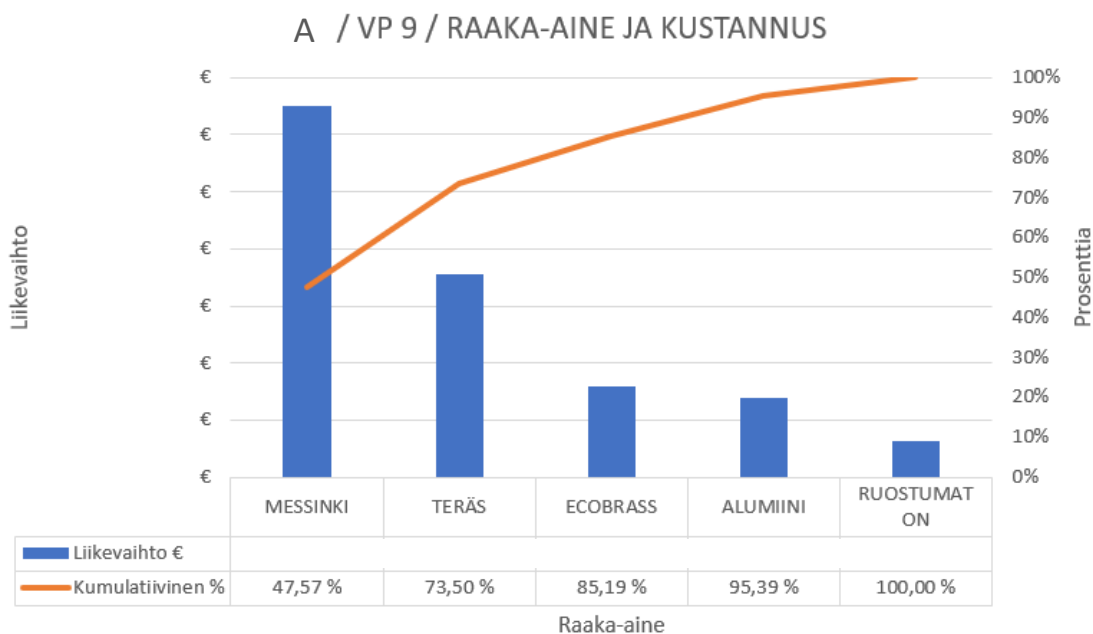
## 11.2 Kustannukset raaka-aineittain varastopaikka 9:ssä

Pareto-diagrammista selviää raaka-aineen perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Käytetyt raaka-aineet olivat:

- Alumiini
- Ecobrass
- Kupari
- Messinki
- Muovi
- Ruostumaton teräs
- Teräs

Tästä osiosta on jätetty pois E-osasto, koska E-osaston raaka-aineen vertailua ei koettu yrityksen johdon toimesta tarpeelliseksi (Paavola, 2021).

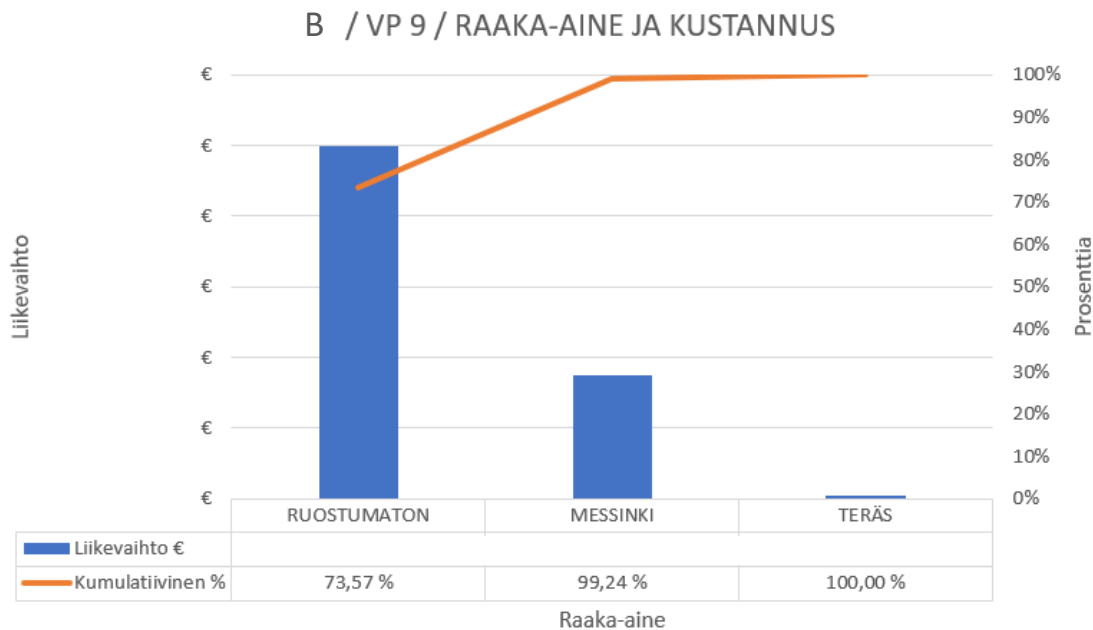
A-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat messinki ja teräs (kuvio 24). Nämä kaksi raaka-ainetta edustivat 73,50 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 24. A-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

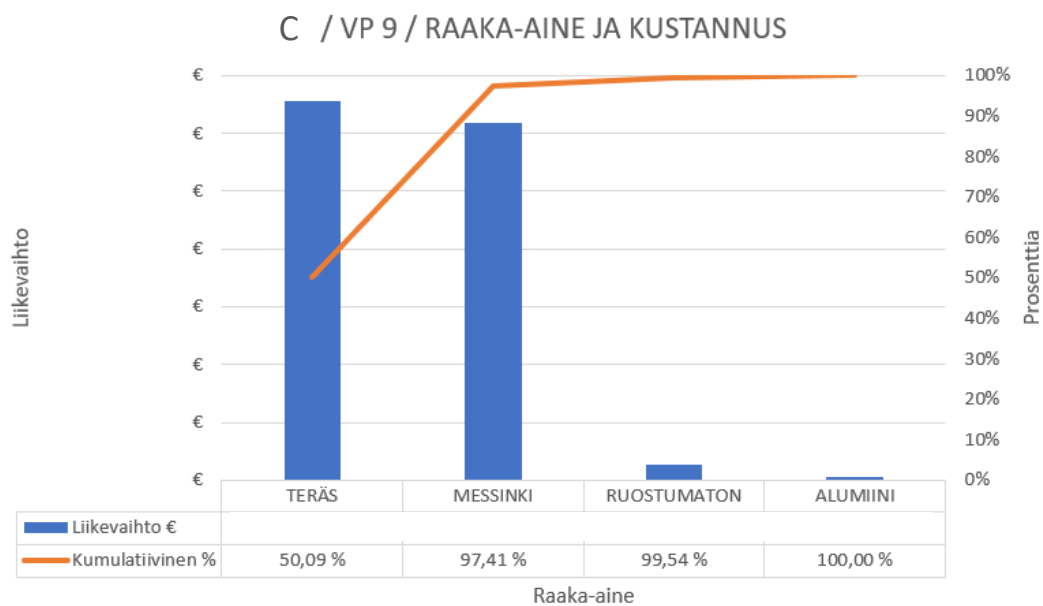


B-osaston merkittävin raaka-ainekustannus varastopaikka 9 havaituissa susissa oli ruostumaton teräs (kuvio 25). Tämä raaka-aine edusti 73,57 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



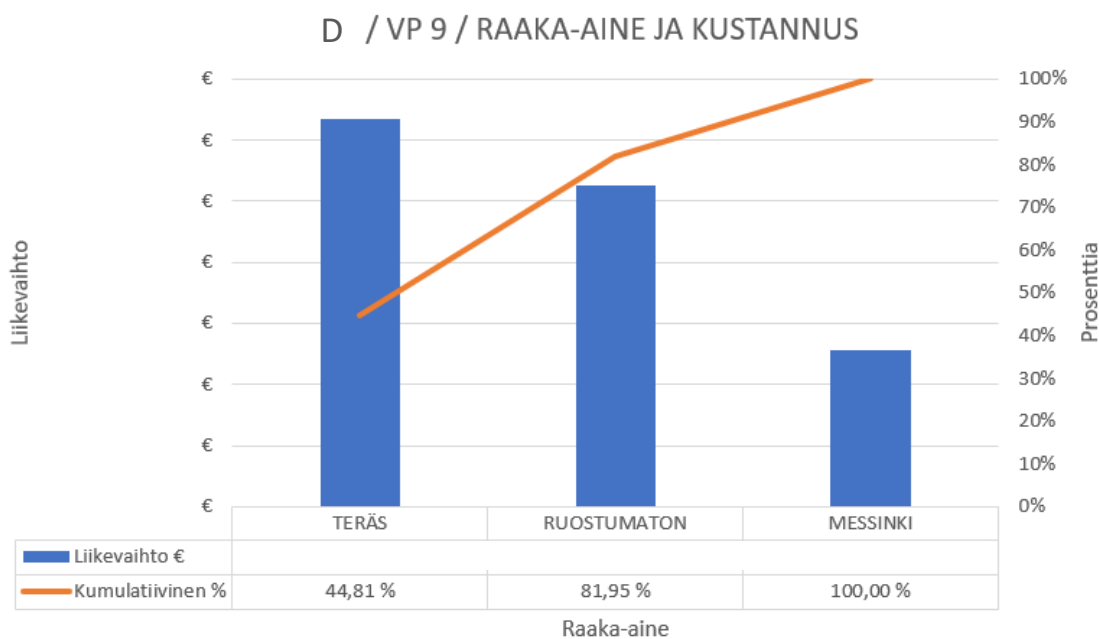
Kuvio 25. B-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

C-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat teräs ja messinki (kuvio 26). Nämä kaksi raaka-ainetta edustivat 97,41 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



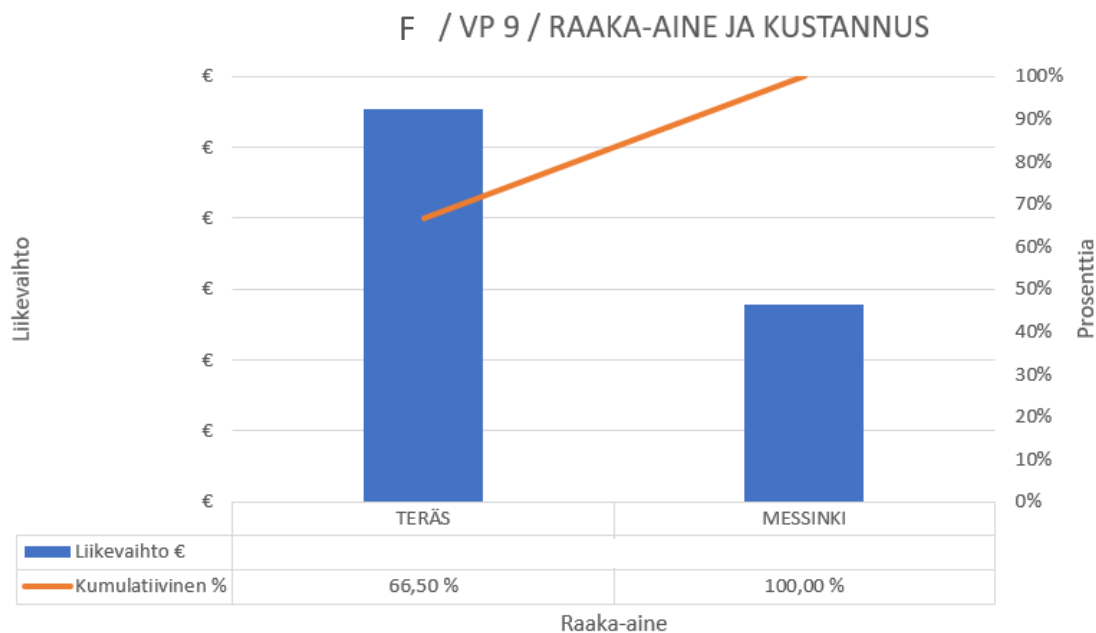
Kuvio 26. C-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

D-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat teräs ja ruostumaton teräs (kuvio 27). Nämä kaksi raaka-ainetta edustivat 81,95 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



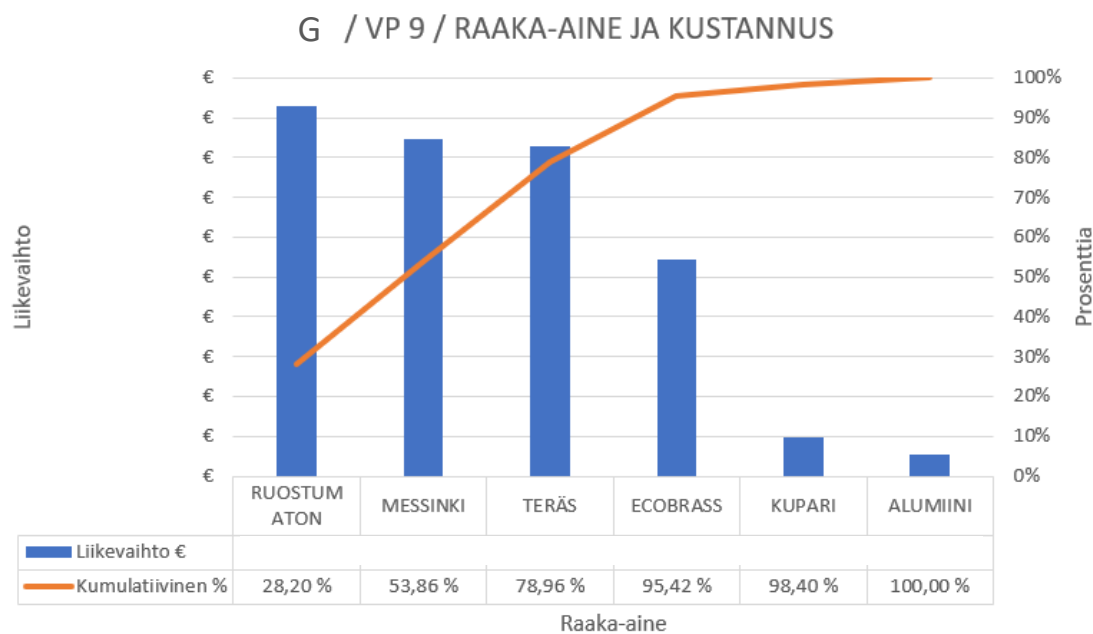
Kuvio 27. D-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

F-osaston merkittävin raaka-ainekustannus varastopaikka 9 havaituissa susissa oli teräs (kuvio 28). Tämä raaka-aine edusti 66,50 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



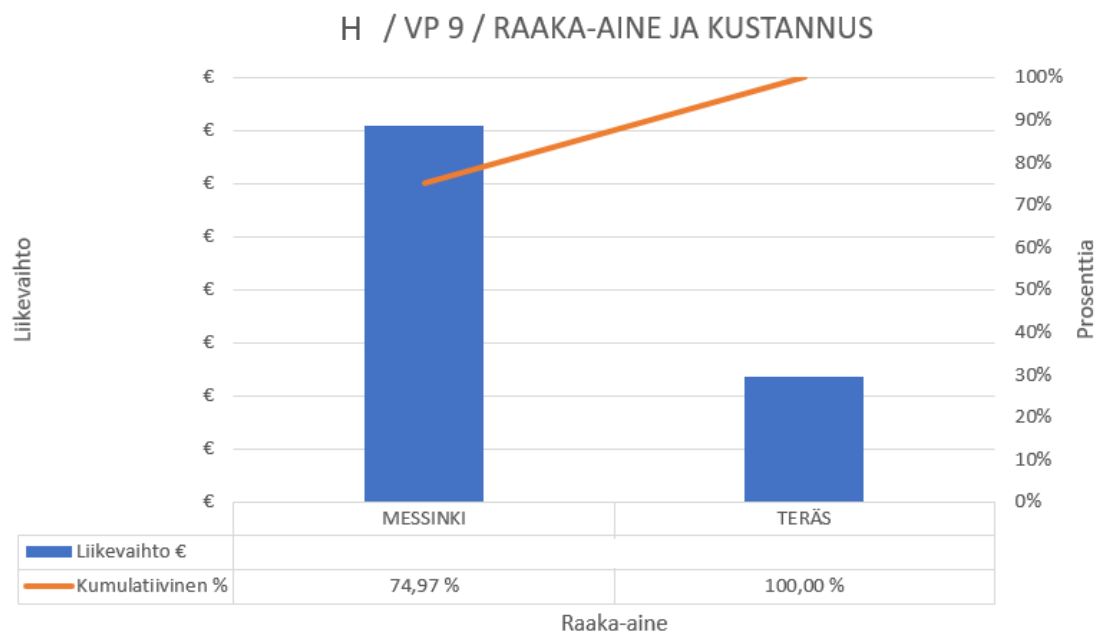
Kuvio 28. F-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

G-osaston merkittävimmät raaka-ainekustannukset varastopaikka 9 havaituissa susissa olivat ruostumaton teräs, messinki ja teräs (kuvio 29). Nämä kolme raaka-ainetta edustivat 78,96 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 29. G-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

H-osaston merkittävin raaka-ainekustannus varastopaikka 9 havaituissa susissa oli messinki (kuvio 30). Tämä raaka-aine edusti 74,97 prosenttia kaikista käytetyistä raaka-aineista.



Kuvio 30. H-osaston susien kustannukset VP 9:ssä raaka-aineittain

### 11.3 Kustannukset tuotteittain varastopaikka 9:ssä

Pareto-diagrammista selviää tuotteen perusteella menetetty liikevaihto euroissa sekä kumulatiivinen osuus prosentteina. Tästä osiosta on jätetty pois E-osasto, koska E-osaston tuotteiden vertailua ei koettu yrityksen johdon toimesta tarpeelliseksi (Paa-vola, 2021).

Tuotteittain tehtyä analyysia ei avata tässä opinnäytetyössä tarkemmin, koska tuotteita on yli tuhat. A-osaston kustannukset tuotteittain varastopaikka 9:ssä löytyvät liitteestä 9. B-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 10. C-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 11. D-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 12. F-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 13. G-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 14. H-osaston kustannukset tuotteittain löytyvät liitteestä 15.

## 12 PARANNUSEHDOTUKSET

Tässä luvussa esitellään parannusehdotuksia laadun kehittämiseen. Parannusehdotukset perustuvat raporteista saadun datan analyysien tuloksiin sekä omaan 16 vuoden työkokemuksen aikana havaittuihin ongelmiin. Parannusehdotukset edistäisivät myös yrityksen lean-ajattelua hukkan poistamiseksi.

### 12.1 Sorvien teräpalavalvonta

Terärikkojen kustannukset olivat yhteensä Å euroa. Terärikot edustivat kaikista susikustannuksista yhteensä (Å euroa / Ä euroa) 17,52 prosenttia. Terärikkoja voitaisiin välttää asettamalla teräpaloille vaihtovälit. Kaikkiin sorveihin ei ole tällä hetkellä mahdollista saada automaattista terävalvontaa, mutta useimpiin sorveihin tämä on toteutettavissa. Teräpalojen vaihtovälien määrittelyssä kannattaisi käyttää hyödyksi terätoimittajien suosituksia. Terävalvonta voi perustua laskennalliseen kappalemäärään tai koneistuksessa syntyvien voimien tarkasteluun.

Terärikkoja voi todellisuudessa olla enemmän, koska tapahtuman kirjaaja ei välttämättä ole itse tehnyt korjaavia toimenpiteitä tuotteelle, eikä ole varmistanut asettajalta todellista syytä vialle ennen kirjaamista. Virhekoodeista terärikon lisäksi terärikkoja voivat olla ainakin muuttunut mitta ja huono pinnanlaatu. Mitta voi muuttua, koska teräpala on hajonnut ja pinnanlaadun huonontuminen voi myös johtua terärikosta. Terärikko, muuttunut mitta ja huono pinnanlaatu kustannukset olivat yhteensä Ö euroa. Nämä kolme syytä edustivat kaikista susikustannuksista yhteensä (Ö euroa / Ä euroa) 59,38 prosenttia.

### 12.2 Susien näkyvyyden parantaminen

Tuotantoajossa susien todellinen määrä voi hämärtyä, koska tuotanto on kolmessa vuorossa. Yksittäinen koneenhoitaja tai asettaja ei saa kokonaiskuvaa susien todellisesta määrästä, ellei seuraa kirjauksia tuotantoajosta. Susien näkyvyyttä olisikin hyvä parantaa niin, että sudet ovat näkyvillä kaikille koko tuotantoajon ajan. Tuotantoon voisi lisätä jokaiselle sorville yhden pienen punaisen laatikon ja yhden ison punaisen

laatikon. Pienempään laatikkoon lisättäisiin työvuoron aikana syntyneet sudet ja isompaan laatikkoon kaikki lisäisivät työvuoron päätteeksi susitetut tuotteet. Kaikkia virheellisiä kappaleita ei susiteta suoraan, vaan niitä voidaan erotella jälkikäteen. Näille pitäisi myös tehdä oma laatikko tai tuoda laatikot sorvien viereen, jotta susien näkyvyys paranisi. Vaihtoehtona olisi myös tehdä reaaliaikainen online-taulukko susikirjauksista, mutta tämä ei huomioi esimerkiksi virheellisiä tai unohtuneita kirjauksia. Virheellisten kappaleiden kokonaismäärä kirjataan toiminnanohjausjärjestelmään vasta työvuoron lopuksi, joten visuaalisuusaspekti ei toteutuisi täysin reaaliaikaisesti, ellei susikirjauksia tehtäisi heti niiden ilmennyttyä.

### 12.3 Porrastettu tuotteiden mittaaminen

Koneenhoitajilla ei ole tällä hetkellä tarkempia ohjeita siihen, missä järjestyksessä tuotteita kannattaa mitata. Tuotteilla on erilaiset laatuvaatimukset ja tämä pitäisi ottaa paremmin huomioon. Tarkemmilla laatuvaatimuksilla olevia tuotteita kannattaisi mitata enemmän ja useammin. Tarkempia laatuvaatimuksia voisivat olla tarkat toleranssit, hyvä pinnanlaatuvaatimus ja kierteet. Myös koneistettava materiaali olisi hyvä ottaa huomioon, koska messinki on esimerkiksi lähtökohtaisesti helpommin työstettävä raaka-aine kuin teräkset. Valvontakorttiin voitaisiin lisätä tarkimmat laatuvaatimukset tuotteesta, joita mitataan enemmän ja useammin. Susien määrä saataisiin mahdollisesti näin pienennettyä sekä esimerkiksi vaikeammin havaittava mittavaihtelu huomattaisiin nopeammin. Erilaisten mittatulkkiä käyttöä mittaamisessa kannattaisi lisätä, koska tulkkaminen on nopea tapa tarkistaa tuotteen laatu.

Tarkempi ohjeistus helpottaisi todennäköisesti myös uuden työntekijän työtä, koska uudella työntekijällä ei välttämättä ole sarjatuotannon laadunvalvonnasta kokemuksia. Porrastetulla tuotteiden mittaamisella todennäköisesti yhtenäistettäisiin toimintaa sekä pienennettäisiin yksilöllisten virheiden määrää.

### 12.4 Numeroitu laadunvalvontajärjestelmä

Numeroitu laadunvalvontajärjestelmän toteutus lähtisi liikkeelle heti tarjouslaskennasta. Numeroidussa laadunvalvontajärjestelmässä tarkkojen laatuvaatimuksien

lukumäärä, koneistettava raaka-aine, asetuksen haastavuus, tarvittava henkilömäärä sekä sorvin kunnossapito-ongelmat otettaisiin huomioon. Järjestelmään voidaan lisätä mahdollisia ongelman aiheuttajia periaatteessa rajattomasti. Uhat eli mahdolliset ongelmien aiheuttaja pisteytettäisiin ja laskettaisiin yhteen. Pistemäärät luokiteltaisiin vähemmän kriittisestä kriittiseen esimerkiksi kirjaimin. Kriittisimpiin tuotteisiin paneuduttaisiin tarkemmin ja vain niille tehtäisiin yksityiskohtainen laadunvalvontasuunnitelma tuotantoajoa varten.

Numeroidussa laadunvalvontajärjestelmässä hyvää olisi laadunvalvonnan yhtenäistäminen sekä tarjouslaskennan järjestelmällisyys. Numeroidun laadunvalvontajärjestelmän tekeminen ja kehittäminen on todennäköisesti aikaa ja resursseja vievää, joten tämän käyttöönotosta pitäisi tehdä tarkempi tutkimus.

## 12.5 Susien kirjaaminen

Varastopaikka 9 tuntemattomien syiden kustannukset olivat yhteensä AA euroa. Tuntemattomat syyt edustivat varastopaikka 9:ssä yhteensä 55,33 prosenttia kaikista syistä. Tuotannossa olisi hyvä lisätä suden selityksen lisäksi numerokoodi, sillä AD ei tiedä minkä takia susi on syntynyt.

Tuntemattomien syiden kokonaiskustannus oli AB euroa, eli  $(AB \text{ euroa} / \text{Ä euroa})$  39,16 prosenttia. Virhekoodien syitä ja lukumääriä olisi hyvä miettiä tarkemmin, miten saataisiin mahdolliset tuntemattomat syyt tarkemmiksi syiksi. Yksi mahdollisuus olisi jättää virhekoodit 0 (tuntematon) ja 6 (muu) kokonaan pois, jolloin kirjaaja joutuu otamaan kantaa virheeseen. Tässä voi muodostua mahdolliseksi ongelmaksi se, että ongelman syytä ei ole vaihtoehtona kirjauksessa. Mahdollisia susien syitä voitaisiin miettiä kehityspalaverissa aivoriihessä, jonka jälkeen lähdetäisiin liikkeelle aivoriihessä tulleista ehdotuksista. Jos tuotannossa jälkikäteen havaitaan uusia mahdollisia syitä tarpeellisiksi, nämä lisättäisiin jälkikäteen kirjausmahdollisuuksiin.

Yrityksessä tehdään asetuksia lähes joka päivä ja asetussusien kirjauksia oli ainoastaan AC euron edestä, joka edusti 1,07 prosenttia kaikista syistä. Kirjausten vähäisyys epäilyttää, koska B, D ja E-osastoilla ei asetussusia kirjattu lainkaan. Ainoastaan H-

osastolla asetussusia oli kirjattu järjestelmällisesti. Asetussusien kirjaamisesta olisi hyvä muistuttaa kaikkien osastojen asettajia.

## 12.6 Susien seuraaminen

Jatkossa susia olisi hyvä seurata tämänkaltaisen tutkimuksen avulla vuosittain. Yritykselle tehdystä pivot-tilukosta selviää visuaalisesti se, missä on mahdollisesti ongelmia ja minne resursseja kannattaa käyttää. Novaan voisi rakentaa oman raporttipohjan, josta olisi helpommin tehtävissä Exceliin pivot-tilukko. Mahdollisten virheiden määrä suuressa datamäärässä kasvaa Excelissä tehtyjen funktioiden takia.

Asiakkaiden reklamaatioista saatavia syitä kannattaisi painottaa, ettei samoja virheitä tehdä toistuvasti uudelleen. Tämä parantaisi todennäköisesti yrityksen imagoa sekä asiakastytytyväisyyttä.

## 13 POHDINTA

Laatukustannusten tutkiminen opinnäytetyössä oli mielenkiintoista ja tutkimuksen avulla saatiin selville merkittävimmät syyt kustannuksille. Laatukustannusten todellista määrää yrityksessä on vaikea määrittää tarkasti. Kustannusten rajaamisella pysytään kuitenkin keskittymään tiettyihin kategorioihin ja supistamaan tarkasteltavaa dataa. Vaikka opinnäytetyön laajuutta pyrittiin yrityksen johdon kanssa rajaamaan heti alussa sopivaksi, jouduttiin aiheen rajaamiseen palaamaan pariinkin kertaan. Aluksi tarkoituksena oli ottaa mukaan myös saannon tarkastelu sekä laatukustannuksiin yhdeksi tarkasteltavaksi kohteeksi yrityksen kaikki työstökoneet, mutta aihe olisi kasvanut liian laajaksi yhteen opinnäytetyöhön. Pois rajatut aiheet ovat kuitenkin myös tärkeitä, joten niitäkin kannattaisi tulevaisuudessa tutkia tarkemmin.

Suuren datamäärän yhdistely ja tarkastelu Excelissä on erittäin virhealtista. Yksikin virheellinen funktio voi tehdä aineiston virheelliseksi. Suuren datamäärän tarkastaminen vie todella paljon aikaa ja sen tarkastuksessakin voi tulla virheitä. Havaitsin



hyväksi strategiaksi sen, että funktiot kannattaa tehdä ensin pienelle datamäärälle, jonka tarkastaa huolellisesti, jonka jälkeen lisää funktiot koko aineistolle.

Yrityksessä varmasti jatketaan tulevaisuudessa laatukustannusten tutkimista ja uskonkin, että opinnäytetyössä tehdystä pivot-tilikokouksesta on hyötyä jatkotutkimuksissa.

## LÄHTEET

Andersson, P.H. & Tikka, H. (1997). Mittaus- ja laatutekniikat. WSOY.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2015). Tutki ja kirjoita (20. painos). Tammi.

ISO9001 (2021). Yleistä standardeista. Haettu 27.1.2021 osoitteesta <https://www.iso9001.fi/>

Karjalainen, E. & Karjalainen T. (2020). Lean six sigma 2.0 ja laatuteknologia. Quality Knowhow Karjalainen.

Kume, H. (1989). Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Metalliteollisuuden Kustannus.

Logistiikanmaailma. (2020). Laatu yrityksissä. Haettu 19.9.2020 osoitteesta <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/laatu-yrityksissa/>

Maaranen, K. (2012). Koneistus. Sanoma Pro.

Maaranen, K. (2008) Koneistustekniikat (1.-3. painos). WSOY Oppimateriaalit.

Modig, N. & Åhlström, P. (2013). Tätä on lean (3. painos). Rheologica Publishing.

Niemi, R. (11.3.2021). Henkilökohtainen keskustelu mittaaaja Rami Niemen kanssa.

Paavola, P. (23.2.2021). Henkilökohtainen keskustelu laatujohtaja Petri Paavolan kanssa.

Peuranen, H. (2020) Laadunkehittämistekniikat, opetusmateriaali. JAMK.

R-Sarkon Oy. (2020). Haettu 19.9.2020 osoitteesta <http://www.r-sarkon.fi>

Sandvik Coromant. (2021). Workpiece materials. Haettu 16.3.2021 osoitteesta <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/materials/pages/workpiece-materials.aspx>

Sandvik Coromant. (2021). How to achieve good component quality in turning. Haettu 13.3.2021 osoitteesta <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/general-turning/pages/how-to-achieve-good-component-quality-in-turning.aspx>

Standardi. (2021). Yleistä standardeista. Haettu 27.1.2021 osoitteesta <https://www.standardi.fi/>

Teknoliateollisuus. (2021). Haettu 25.1.2021 osoitteesta <https://skol.teknoliateollisuus.fi/sites/skol/files/Standardointimenetelm%C3%A4%20hinnan%20ja%20laadun%20arvioinnissa.pdf>