

Harri Granqvist

# Teräsosan ostoeräkoon vaikutus konepajateollisuudessa

Opinnäytetyö

Yhteiskuntatieteiden, liiketalouden  
ja hallinnon ala

Yrittäjyys ja liiketoimintaosaaminen

Syksy 2016

## Tiivistelmä

**Tekijä(t):** Granqvist Harri

**Työn nimi:** Teräsosan ostoeräkoon vaikutus käyttöpääomaan konepajateollisuudessa

**Tutkintonimike:** Tradenomi (YAMK), Yrittäjyys ja liiketoimintaosaaminen

**Asiasanat:** käyttöpääoma, ostotoiminta, ostoerätkoko, DFMA, varastonhallinta

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia miten teräsrakenteen ostoerätkoko vaikuttaa yksikköhintaan ja sitä kautta sitoutuvaan käyttöpääomaan. Tutkimuskysymyksenä opinnäytetyössä on selvittää, miten voitaisiin suunnitella teräskappale, joka sitoo mahdollisimman vähän käyttöpääomaa. Tutkimuksen ja tuotoksen kautta on tavoite tuoda suunnittelu- ja ostotoiminta lähemmäksi toisiaan, sekä tehdä suunnittelijan työtä näkyväksi. Toimeksiantaja opinnäytetyössä on kaivos- ja tunnelikoneita valmistava Normet Oy.

Teorinen viitekehys koostuu kahdesta teoreettisesta teemasta, käyttöpääomasta sekä tuotesuunnittelun näkökulmasta. Käyttöpääoman osalta perehdyttiin ostoerätkokoa määrittäviin menetelmiin EOQ ja MRP, sekä varaston merkitykseen ja varastonkiertoon valmistavassa yrityksessä. Tuotesuunnittelun osalta keskityttiin suunnittelua kustannusvaikutusten näkökulmasta lähestyviin toimintatapoihin, kuten DFMA, target costing sekä ESI.

Tutkimusstrategiana tässä työssä on konstruktiiivinen tutkimus. Tutkimusote on kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimuksen aineistona käytettiin valmista aineistoa: ostohintatietoja eri ostoerätkoille. Aineisto kerättiin toimeksiantajan tietojärjestelmästä. Aineistosta pyrittiin regressioanalyysin avulla saamaan tietoa ostoerätkoon ja ostohinnan riippuvuuksista, sekä mikä matemaattinen malli kuvaisi parhaiten riippuvuutta. Tutkimuksen konstruktio eli tuotos on laskentamalli, jolla suunnittelijat voivat teknisiä parametreja syöttämällä laskea referenssihinnan teräsnimikkeelle.

Kehitystyössä havaittiin, että modulaarinen suunnittelu vähentää nimikkeiden määrää. Pienemmästä määrästä nopeammin kiertäviä nimikkeitä seuraa suurempi kertaostoerä, ja näin ollen alhaisempi ostohinta. Nimikkeiden alhaisempi ostohinta ja pienempi lukumäärä pienentävät varastoa, joka vaikuttaa käyttöpääomaan alentavasti. Toisaalta jatkuva ostovelkojen määrä pienenee ostohinnan alentuessa, mikä nostaa käyttöpääomaa. Käyttöpääoman näkökulmasta tehokkain tapa kasvattaa ostoerätkokoa on suunnitella tuotteita siten, että samaa nimikettä voi käyttää useassa kohtaa yhdessä tuotteessa sekä tuoteperheiden välillä.

## **Abstract**

**Author(s):** Granqvist Harri

**Title of the Publication:** Impact of Metal Part Purchase Quantity on Working Capital within Machinery Workshop Industry

**Degree Title:** Master's Degree in Entrepreneurship and Business Competence

**Keywords:** working capital, procurement, purchasing quantity, DFMA, inventory control

The goal of this master's thesis is to study how metal part purchasing quantity affects the unit price and thus the working capital. A research question for this work is to study how metal part can be designed so that it requires the least amount of working capital. Another goal is to bring the R&D and procurement departments closer to each other and to make the designer's work more visible. The study was commissioned by a mining and tunneling equipment manufacturer called Normet Ltd.

A two-way theoretical approach was used in this study: working capital and design of parts. Inside working capital, purchasing quantity theories such as EOQ and MRP were studied, in addition to the significance of stock value and turnover within a manufacturing company. Inside parts design, a cost-efficient approach towards design was in focus and methods such as DFMA, target costing and ESI were studied.

The research strategy of this study is constructive study. The research is quantitative. The data was collected from existing data containing purchase information related to prices and quantities. Data was collected from the information system maintained by the company. Regression analysis was used to gain information regarding purchase quantity and price dependencies, and about a mathematical model that would describe the dependency the best. The construction for this study was a calculation model that designers could use to calculate a reference price by entering the technical parameters.

In this development work, it was discovered that modular design decreases the quantity of items needed. Due to the lower amount of items with better turnover, they are purchased with a higher purchase quantity and thus at a lower price. Consequently, the lower quantity of items and lower purchase price decreases the amount of inventory that has a positive impact on the working capital. On the other hand, the ongoing level of accounts payable is lower, which has a negative impact on the working capital. From the working capital perspective, the most efficient way to increase the purchase quantity is to design products in a modular manner so that they can be used in many applications within the product and across product families.

## Extended Abstract

For successful design of parts, a seamless co-operation between many departments must be in place. This means taking into consideration the engineering, manufacturing and procurement perspectives. To be able to lead product design, it is essential to understand how the choices made in the engineering department impact. When considering these impacts in the earliest stage, requirements of manufacturing, assembly and logistics can be taken into account and optimized.

This study was commissioned by a mining and tunneling equipment manufacturer Normet Ltd. Heavy machines built by Normet use a variety of steel structures. The impact of purchase quantity decreasing the purchase price is known but not quantified. The commissioner has two extensive projects that are linked to this work. One is about building a new generation of machines, another one is about improving working capital.

The goal of this master's thesis is to study how metal part purchasing quantity affects the unit price and thus the working capital. A research question for this thesis is to study how metal part can be designed so that it requires the least amount of working capital. Additional supporting research questions are how the purchase volume affects the purchase price, how changes in the purchase volume influence the working capital and does metal the part weight or other variables have an impact on the purchase price function formulation. In a broad view, a goal for this study is to bring R&D and procurement departments closer to each other and to make the designer's work more visible.

A two-way theoretical approach was used in this study: working capital and design of parts. The theoretical approach did not focus on technical views regarding parts design, nor profitability analysis. Inside working capital, purchasing quantity theories, such as economic order quantity, EOQ, and material requirements planning, MRP, were studied, in addition to the significance of stock value and turnover within a manufacturing company. Inside parts design, a cost-efficient approach towards design was in focus and methods such as design for manufacturing and assembly (DFMA), target costing and early supplier integration were studied.

The working capital is usually calculated by decreasing the accounts payable and received advance payments from the accounts receivable and inventories. A company should minimize its working capital without jeopardizing the company's operations. Another target for the company is to decrease the period of time when money is tied to the

working capital cycle. Inventory size is one of the most important questions related to working capital. The company needs to have enough inventory to guarantee adequate delivery performance and customer service. On the other hand, too high inventories cause costs through warehousing, aging and obsolescence. Inventory value can be measured with inventory rotation time that is calculated as a relative measure how many times inventory turns per year.

EOQ is a method based on simple parameters given. During the long history, it has become one of the most widely used methods when evaluating purchase quantity. EOQ is at its best when demand is steady and predictable. MRP, on the other hand, is a technique that breaks a bill of material into individual items and based on a defined item lead times purchasing plans can be made. MRP can be used to purchase required items within their lead-time, within pre-defined period of time or in lot sizes.

DFMA is a combination of two methods: DFM (design for manufacturing) and DFA (design for assembly). DFM means engineering that is done from the perspective of manufacturing the components. DFA instead, is engineering done to help product assembly. The key use for DFMA is to make products simpler and cheaper. With DFMA, product design can be compared and benchmarked with the competitor product. In this method, reference prices are formulated to keep costs under control and for negotiations with the supplier.

Target costing method starts with a question "how much a customer is ready to pay for a product" over "how much is the product cost". With customer focused thinking, the target price for a product is set and by decreasing the margin out of it, the target cost is received. Target cost acts as a financial framework for engineering. Products do not need engineering to ready-state but financial analysis can be used in concept planning phase. Thus, iteration rounds are faster and shorter.

Early supplier integration means taking procurement, suppliers and other co-operating partners to take part in the product development at an early stage. This way partners can present new technologies, manufacturing methods and processes that generate more added value and competitive benefit. Including procurement in the R&D process is helping to achieve the cost target set for a product. From the supply chain perspective, using ESI parts packing, logistics and process technique can be taken into account. The advantages of using ESI has been identified as faster R&D times, decreased material costs, increased quality and more innovative products.

A constructive study was used as the research strategy. Quantitative research methods were applied. The data was collected from existing data containing purchase information related to prices and quantities. The company updates regularly purchase prices in steps, i.e. price from one to ten purchased pieces is certain. Data was enriched so that each purchase quantity from one to 50 has a price. Price was set as a relative price from purchase quantity one price from the same supplier. Data was modelled in Excel and transferred to PSPP for statistical analysis.

Regression analysis was used to gain information regarding purchase quantity / item weight and purchase price dependencies, and about a mathematical model that would describe the dependency the best. Lineal regression model produces The Pearson correlation  $r = 0,31$  while r-square  $r^2 = 9,6 \%$ . Only 9.6 % of the purchase price can be explained with purchase quantity and item weight. It was observed that the unit price decreased heavily at first when the purchase quantity increases. After the purchase quantity exceeds ten, the purchase price does not decrease significantly. One major reason for low explanation rate is high variation of pricing model between suppliers and item weight classes.

When building a mathematical model to describe the dependency a scatterplot chart was populated. From scatterplot, the only major finding is that points cannot be separated from each other due to wide spread. From the heat map, one can see a trend that can be illustrated as a curve. When describing the dependency, non-linear model suits better than a linear model. Several conversion was executed to variables. Most suitable conversion found was a logarithmic conversion to purchase quantity variable. Thus model can be formulated as  $y = 0,83 - 0,14\log(x_1) + (0,19 \cdot x_2)/1000$  where  $y$  = relative purchase price,  $x_1$  = purchase quantity in pieces and  $x_2$  = item weight in kilograms. This formula gives Pearson correlation  $r = 0,36$  and r-square  $r^2 = 13,0 \%$ .

The development part of this thesis was the following. The construction for this study was a calculation model that designers could use to calculate a reference price by entering the technical parameters. The calculation model originates from a work led by the principal lecturer Esa Hietikko from the Savonia University of Applied Sciences. The original model was built on the DFMA principles using the Lucas Method. The technical framework of the original model was applied in the calculation model of this study.

To formulate the purchase quantity, the yearly need of items was evaluated from the yearly manufacturing forecast. The commissioner's purchasing and safety stock policies

were added to the model to support the purchase quantity and working capital saving calculation. Using the results received in this study, the purchase price is calculated using the technical price including the discount from purchasing quantity. With the reference price received, discussions between R&D and procurement departments can be held. Additionally, the procurement department can compare the reference prices to prices received from suppliers.

The working capital is taken into account in the calculation model, and the designer can see the results of the selections he/she made. Modularity can be applied within one machine or across the product family. If parts can be replaced with a new part or new parts can be used multiple times within the same machine, the working capital can be decreased. If the company decides to use target costing, the designer can compare the reference price to a pre-set target price. There is no need to design part to a ready state. A preliminary concept design can be used for calculation.

In a study, it was noted that modular design decreases the quantity of items needed. Due to lower amount of items with better turnover, they are purchased with a higher purchase quantity and thus at a lower price. Consequently, lower quantity of items and lower purchase price decreases the amount of inventory, which has a positive impact on the working capital. On the other hand, ongoing level of accounts payable is lower, which has a negative impact on the working capital. From the working capital perspective, the most efficient way to increase purchase quantity is to design products in a modular manner, enabling usage in many applications within the product and across product families.

Variation between price steps is large and one major reason for that is the vendor that supplies the item. Different pricing is reflected in different marketing strategies of a vendor. Some vendor are perhaps seeking more market share with attractive discounts on higher volumes. In addition, vendor's machinery fleet and company size might have an impact on the pricing strategy. Casting technique in fabricating metal pieces is typically beneficial with higher volumes, and the lower price reflects it.

Not only vendors, but also the item weight impacts the pricing model. The lighter the item is the sooner company receives volume discounts of purchasing it. It is understandable that vendors manage lighter pieces with higher price discounts. One of the reasons for such behavior is handling and logistics costs related to small amounts of light metal pieces. In heavier items, waste is not such remarkable part of total material cost than in light ones. In addition, individual logistics are applied for heavy items, not depending on purchase quantity.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
1.1	Aiheen valinta ja rajaukset .....	1
1.2	Tutkimusongelma ja tutkimusstrategia .....	2
1.3	Tavoitteet ja tuotokset .....	4
1.4	Aikaisemmat tutkimukset ja hypoteesit .....	5
2	Käyttöpääoma .....	6
2.1	Käyttöpääoman ja nettokäyttöpääoman eri määritelmistä .....	7
2.2	Käyttöpääomaan vaikuttaminen valmistavassa yrityksessä .....	8
2.3	Vaihto-omaisuus ja varaston kiertonopeus .....	9
2.4	WACC, weighted average cost of capital .....	11
2.5	Ostoeräköön ja tilaushetken määrittäminen .....	11
2.5.1	EOQ, Economic order quantity .....	13
2.5.2	MRP, Material requirements planning .....	14
3	Kustannusajattelu tuotesuunnittelun näkökulmasta .....	15
3.1	DFMA (Design for manufacturing and assembly) .....	16
3.1.1	Modulaarisuus .....	17
3.1.2	DFMA laskentamalleista .....	19
3.2	Tavoitekustannus, target costing .....	20
3.3	ESI, Early supplier integration .....	21
4	Tutkimuksen toteutus .....	23
4.1	Aineiston keruu ja analysointi .....	24
4.2	Tutkimuksen kulku ja tulokset .....	25
4.3	Regressioanalyysi .....	28
4.4	Epälineaarinen regressio ja linearisointi .....	31
4.5	Johtopäätökset .....	35
5	Laskentamallin kehittäminen .....	37
6	Pohdinta .....	41
	Lähteet .....	45
	Liitteet	



## 1 Johdanto

Normet Oy on konepaja Pohjois-Savossa Iisalmessa, jolla on yli 50 vuoden kokemus maanalaisten kaivos- ja tunnelilaitteiden kehittämisestä, tuotannosta ja myynnistä. Tuotteiden kehitys perustuu modulaarisiin tuotejärjestelmiin keskeisissä asiakasprosesseissa, kuten betoniruiskutus, räjähteiden panostus, nosto- ja asennustyöt, logistiikka. (Normet 2015.)

Normet-laitteen keskiössä on sen tekniset ominaisuudet. Noin 40 % laitteen kokonaiskustannuksesta syntyy itse suunnitelluista teräsosista. Teräsosien hankinnassa näkyy hyvin selkeästi volyymin vaikutus ostohintaan: teräsosan hinta putoaa jyrkästi mitä enemmän kerralla ostetaan. Tämän vuoksi modulaarisuus on tärkeää. Mitä useammassa laitteessa voidaan käyttää samoja teräsosia, sitä suurempia ovat ostoeräkoot. Samoja osia voidaan mahdollisesti käyttää myös yhdessä laitteessa useammassa kohtaa. Toisaalta osia varastoidaan useissa lokaatioissa ympäri maailman. Tällöin ostoeräkoon vaikutus ostohintaan moninkertaistuu, ja sen merkitys korostuu.

Onnistuneeseen laitesuunnitteluun vaaditaan eri osastojen saumatonta yhteistyötä. Tällöin tulee ottaa huomioon suunnittelun, ostotoiminnan ja kokoonpanon näkökulmat. Teräsosien kohdalla kustannusrakenteeseen ja toimitusvarmuuteen vaikuttaa myös toimittajien ominaisuudet, esimerkiksi millaisia työstökoneita heillä on käytössä, millaisia teräslevykokoja käytetään. Syy-yhteyksien ymmärtäminen on oleellista onnistuneen tuotesuunnittelun johtamisen kannalta. Jo suunnittelupöydällä tulee ottaa huomioon oston, valmistuksen ja tavarantoimittajienkin vaatimukset ja tarpeet. Verkostoituminen strategisten terästoimittajien kanssa hyödyttää yritystä ja toimittajaa molempia.

### 1.1 Aiheen valinta ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kuinka paljon teräsrakenteen ostoerä koko vaikuttaa yksikköhintaan ja sitä kautta sitoutuvaan käyttöpääomaan. Ostoeräkokoja voidaan kasvattaa suunnittelemalla modulaarisia tuoterakenteita. Opinnäytetyössä tutkitaan aihetta kahdesta näkökulmasta, hyvän modulaarisen suunnittelun näkökulmasta sekä käyttöpääoman näkökulmasta.

Aihe esiteltiin syksyllä 2016 toimeksiantajan toimesta. Aluksi keskustelua käytiin lähinnä teräsrakenteiden suunnittelun tueksi tehtävästä laskentamallista. Pidin aihetta melko

teknisenä, joka soveltuisi liiketalouden opiskelijaa paremmin tekniikan opiskelijalle. Käsitellessämme aihetta pidemmälle, selveni että aiheesta on itse asiassa tehty jo Savonia AMK:n toimesta laskentamalli, jota täytyisi jatkojalostaa nimenomaan kustannuslaskennan ja käyttöpääoman näkökulmasta. Aiheeseen liittyy läheisesti hankintatoimi, koska nykyisellään toimeksiantajalta puuttuu linkki suunnittelutoiminnon ja oston väliltä. Lisäksi osto perustaa hintakäsityksen toimittajalta saatuihin tarjouksiin. He tietävät siis mikä on halvin toimittaja, mutta eivät sitä onko halvin toimittaja todellisuudessa edullinen vai kallis.

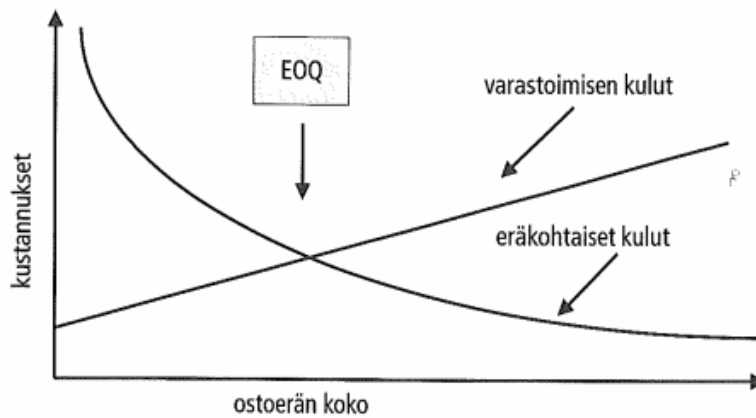
Aihe kytkeytyy läheisesti kahteen merkittävään kehitysprojektiin. Laaja suunnitteluprojekti tähtää uuden sukupolven tuotteiston luomiseen seuraavan kahden-kolmen vuoden aikana. Tämä tarjoaa merkittävän ja tärkeän mahdollisuuden suunnitella tuotteita paremmin kuin aiemmin. Toisaalta käynnissä on käyttöpääoman tehostamiseen liittyvä projekti, jossa on tavoitteena vähentää käyttöpääoman sitoutuvan rahan määrää merkittävästi. Aiemmin insinööriyön ja talouden välisen linkin ymmärtäminen on ollut hankalaa, eikä insinööriyötä ole voinut tehokkaasti johtaa taloudellisin mittarein. Aihe on siis hyvin työelämälähtöinen, ja hyödyttää toimeksiantajaa useammasta näkökulmasta.

Opinnäytetyössä käsitellään teräskappaleen ostoeräkoon vaikutusta käyttöpääomaan. Työn nimikin kertoo, että tutkimukseen ei oteta mukaan itse valmistettuja komponentteja. Jotta saataisiin edustava otanta, täytyy tallennetut hintatiedot rajata esimerkiksi vuoden aikana päivitettyihin. Nimikkeistö, jolle ei ole päivitetty vuoden aikana ostohintatietoja, jää pois tutkimuksesta. Jonkin verran on olemassa vähäisesti käytettyä nimikkeistöä, jolle ei ole ostohintaportaita ostoeräkoon mukaan. Jotta sellaiset nimikkeet eivät vääristäisi tutkimusta, ne jätetään otoksesta pois. Alun perin kolmas lähestymistapa oli pohtia laajemmin kannattavuutta ja kustannusrakenteen muodostumista konepajateollisuudessa, mutta se rajautui pois laajuutensa vuoksi. Työssä ei myöskään tarkastella teräsrakenteen teknisiä ominaisuuksia tai muutoin suunnittelun teknistä puolta.

## 1.2 Tutkimusongelma ja tutkimusstrategia

Käyttöpääoma kertoo yrityksen juoksevaan liiketoimintaan sitoutuvan rahan määrän. Yrityksen tulee minimoida käyttöpääomansa, sillä se joutuu rahoittamaan sen pitkäaikaisella joko omalla tai vieraalla pääomalla. Tehokkaasti toimivassa yrityksessä käyttöpääomaan (esim. varasto) sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa sen liiketoiminnan joutumatta ongelmiin. (Kallunki 2014, 128-129.) Käyttöpääoman kannalta

on tärkeää arvioida oikein järkevä ostoerä koko. Liian suuri ostoerä johtaa korkeampiin varastoihin, ja sitä kautta korkeampaan käyttöpääomatasoon. (Pooler & Pooler 1997, 181.) Teoria taloudellisesta ostoerästä (EOQ) esitettiin jo sata vuotta sitten (kuva 1).



Kuva 1. Optimaalinen ostoerä koko löytyy varastointikulujen ja eräkohtaisten kulujen leikkauspisteestä (Rinne 2013, 10).

Aiemmissa teorioissa on todettu, että ostoeräkoon kasvaessa yksikkökustannus pienenee (esim. kuva 1). Vaikutusta ei kuitenkaan tarkalleen tiedetä ostettavien teräskappaleiden osalta. Toisaalta aiemmat tutkimukset eivät ole sovellettavissa toimeksiantajan toimintaympäristöön. Tällöin tarkoitetaan maakunnassa toimivaa keskisuurta konepajayritystä. Toisaalta teorioissa on väitetty, että varastonkierron nopeutuessa käyttöpääoman tarve vähenee. Miten tämän laskennallisesti voisi todentaa, ja millainen vaikutus ostoeräkoolla on varastonkiertoon?

Koska edellä mainituista vaikutuksista ei ole tarkkaa tietoa, niiden merkitystä ei välttämättä tiedosteta. Tietoisuuden lisääntymisellä voisi olla positiivisia vaikutuksia strategisten kumppanuuksien yleistymiseen tavarantoimittajien ja yritysten välillä.

Tutkimuskysymyksenä opinnäytetyössä on selvittää, miten voitaisiin suunnitella teräskappale, joka sitoo mahdollisimman vähän käyttöpääomaa. Apututkimuskysymyksiksi muodostuvat seuraavat:

- Miten ostoerä koko vaikuttaa teräskappaleen ostohintaan?
- Miten ostoeräkoon muutos vaikuttaa käyttöpääomaan?
- Onko teräskappaleen painolla (tai muilla muuttujilla) vaikutusta ostohintafunktion muodostumiseen?

Tutkimusongelman luonteesta johtuen opinnäytetyössä käytettävä tutkimusote on kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimusstrategiaksi on valittu konstruktiiivinen tutkimus, joka on yksi tapa suorittaa case-tutkimusta. Menetelmänä konstruktiiivinen tutkimus pyrkii ratkaisemaan reaali maailman ongelmia, ja tällä tavoin tuottamaan arvoa sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan. Tutkimuksen ydinkäsitteellä, konstruktiiolla, tarkoitetaan ihmisten luomia artefakteja, kuten malleja, diagrammeja, suunnitelmia tai kaupallisia tuotteita. Konstruktiiolle tyypillistä on, että ne eivät ole löydettyjä, vaan ne keksitään ja kehitetään tutkimuksen myötä. (Lukka 2001.)

### 1.3 Tavoitteet ja tuotokset

Opinnäytetyön tuotos on aiempiin tietoihin sekä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin perustuva teräsrakenteiden suunnitteluun laskentamalli. Sitä käyttämällä suunnittelija näkee tekemiensä valintojen kustannusvaikutukset, ja voi näin ollen tehdä standardisoinnin ja käyttöpääoman näkökulmasta järkeviä ratkaisuja. Hyödyntäen tutkimuksessa saatuja tuloksia, laskentamalli osaa kertoa paljonko on tietyillä parametreilla suunnitellun teräskappaleen referenssihintaa, sekä paljonko käyttöpääomaa suunniteltu teräskappale vapauttaa.

Tuotoksen on tarkoitus toimia suunnittelijoiden apuvälineenä päivittäisessä työssä. Ostotoiminta saa laskelmasta verrokkihinnan, jota voi käyttää työssään vertailtaessa toimittajalta saatavia hintoja. Suunnittelun näkökulmasta laskentamalli nopeuttaa työtä, sillä kappaleita ei tarvitse suunnitella valmiiksi asti ennen hinta-arvion tietämistä. Suunnittelija voisi tehdä vaihtoehtoisia malleja, ja vertailla niitä laskurin avulla.

Laajemmin ajateltuna tuotos auttaa toimeksiantajaa laajempien projektien päämäärien saavuttamisessa, kuten uuden sukupolven tuotteisto ja käyttöpääoman vähentäminen. Tavoite on myös lähentää suunnittelu- ja ostotoimintoa, ja johtaa yhteistyötä strategisen suunnittelun suuntaan. Laskentamalli myös kvantifioi ennennäkemättömällä tavalla suunnittelijoiden työtä. Tyypillisesti suunnittelijat ja eurot ovat olleet kaukana toisistaan.

Controller-työn keskiössä on talouden ja liiketoiminnan yhteensovittaminen. Opinnäytetyö tukee siis minua työssäni ja kasvattaa minua ammatillisesti. Samalla opin kuinka tehdä tilastollista tutkimusta, ja kvantifioida kahden muuttujan välistä riippuvuutta. Controller-työssä on tärkeää nähdä syy-seuraussuhteita. Tämä opinnäytetyö edistää niiden ymmärtämistä.

#### 1.4 Aikaisemmat tutkimukset ja hypoteesit

Aikaisempia suomalaisia tutkimuksia modulaarisen suunnittelun ja käyttöpääoman keskinäisistä vaikutuksista ei ole juurikaan tehty. Samalle toimeksiantajalle tehtiin vuonna 2015 tekniikan opinnäytetyö ”Product development of special underground equipment for underground construction” Ville-Petteri Nousiaisen toimesta. Työssä haettiin säästökohteita analysoimalla tuoterakenne DFM-menetelmällä. Potentiaalisia säästökohteita löytyi teräslevyosien valmistettavuudesta, osien standardoinnista sekä osto-osien käytöstä. DFM/DFMA –menetelmää käyttäviä uuden tuotteen kehitystöitä on tehty useita opinnäytetyönä. Yhteistä niille on tekninen tausta, ei liiketaloudellinen kuten tässä työssä. Ulkomaisista tutkimuksista mainittakoon Eskilanderin väitöskirja (2001), jossa hän sivuaa tämän työn kannalta merkityksellisiä DFMA-laskentamallin tärkeitä ominaisuuksia.

Käyttöpääoman merkityksestä on tehty useita suomalaisia tutkimuksia. Esimerkiksi Ohrankämmen (2015) tutki pro gradu –tutkielmassaan käyttöpääoman vaikutuksia kannattavuuteen. Yksi merkittävä havainto tämän tutkimuksen kannalta on varastonkierron käänteinen korrelaatio pääoman tuottoasteeseen (ROA). Nopeampi varastonkierto siis parantaa pääoman tuottoastetta. Ostotoimintaa koskevia tutkimuksia, joissa käsitellään muun muassa ostoeräkokoja ja nimikkeistön ABC-luokittelua on tehty useampia. Tutkimuksille yhteistä on niiden keskittyminen ostotoimintaan, ei niinkään ostotoiminnan vaikutuksiin käyttöpääomaan.

Kvantitatiiviseen tutkimukseen sisältyy tilastollinen testaus. Testausprosessin aluksi määritellään hypoteesit. Hypoteesit ovat aiempiin tutkimuksiin tai teoriaan perustuvia olettamuksia asioiden välisistä suhteista. Hypoteesit liittyvät muuttujien syysuhteita selvitteleviin eli selittäviin tutkimuksiin. Jos tutkimuksen tavoitteena on vain jonkin ilmiön kuvaaminen, hypoteeseja ei tarvita. Hypoteesien määrittämisen jälkeen poimitaan perusjoukosta otanta. Saadulle aineistolle tehdään tilastollinen testaus, perustuen valittuihin testausmenetelmiin. Saadut tulokset tulkitaan, ja niistä tehdään johtopäätökset. (Heikkilä 2014, 180.) Tässä tutkimuksessa hypoteeseja ei määritellä. Ostoeräkoon vaikutus ostohintaan on aiemmissa teorioissa todistettu totuus.

## 2 Käyttöpääoma

Käyttöpääoma kertoo yrityksen juoksevaan liiketoimintaan sitoutuvan rahan määrän. Rahoitus voidaan järjestää lyhytaikaisella tai pitkäaikaisella vieraalla pääomalla tai omalla pääomalla. Suomalaisessa kirjallisuudessa ja tutkimuksessa Yritystutkimus ry:n (2011, 68) määritelmä käyttöpääomasta on vakiintunut yleisesti siteeratuksi. Siinä käyttöpääoma lasketaan kaavalla:

$$\begin{aligned}
 &+ \text{Vaihto-omaisuus} \\
 &+ \text{myyntisaamiset} \\
 &+ \text{sisäiset myyntisaamiset} \\
 &+ \text{osatuloutuksen saamiset} \\
 &- \text{Ostovelat} \\
 &- \text{sisäiset ostovelat} \\
 &- \text{saadut ennakkomaksut myynnistä} \\
 &= \text{käyttöpääoma}
 \end{aligned}$$

Laajemmin käyttöpääoman hallinta liittyy yrityksen likviditeetin hallintaan. Likviditeetillä tarkoitetaan yrityksen kykyä selviytyä likvideillä maksuvälineillä senhetkisistä maksuvelvoitteistaan. Likviditeetti on melko vaikea käsite määritellä ja mitata tarkasti. Likvidien maksuvälineiden ja päiväkohtaisten maksuvelvoitteiden ennustaminen on haasteellista. Yrityksen likviditeettitavoitteet voivat liittyä likviditeetin varmistuskykyyn (quick ratio), likviditeettireservin, käyttöpääoman sitovan rahamäärän tai keskeisesti likviditeettiin vaikuttavien tekijöiden kiertoaikojen mittaamiseen. Erityisesti myyntisaamisten, ostovelkojen tai vaihto-omaisuuden kiertoaikat ovat tärkeitä likviditeettitavoitteita. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 282-283.)

Yrityksen tulee minimoida käyttöpääomansa, sillä se joudutaan rahoittamaan pitkäaikaisella omalla tai vieraalla pääomalla. Tehokkaasti toimivassa yrityksessä käyttöpääomaan sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa liiketoiminnan joutumatta ongelmiin. Laskentakaavan mukaisesti yrityksen kannattaa pitää myyntisaamiset ja vaihto-omaisuuden määrä (varastot) mahdollisimman pienenä ja ostovelat mahdollisimman suurina. Liian pienet varastot tai kohtuuttoman lyhyet maksuehdot myyntisaamisissa saattaisivat kuitenkin johtaa asiakkaiden menetykseen. Korottomien ostovelkojen kasvulla voitaisiin rahoittaa yrityksen toimintaa, mutta toisaalta ostovelkojen optimointi voi tulla kalliiksi, jos ei oteta huomioon mahdollisia käteisalennuksia. Optimaaliseen käyttöpääomatasoon vaikuttavat useat tekijät. (Kallunki 2014, 128-129.)

## 2.1 Käyttöpääoman ja nettokäyttöpääoman eri määritelmistä

Käyttöpääoma lyhennetään usein Yritystutkimus ry:n edellä mainitusta kaavasta muotoon:

- + Vaihto-omaisuus
- + myyntisaamiset
- ostovelat
- saadut ennakkomaksut myynnistä
- = käyttöpääoma (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 283.)

Käyttöpääomatavoitteen sijaan useissa yrityksessä käytetään laajempaa käsitettä puhuttaessa nettokäyttöpääoman tavoitetasosta. Se sisältää yrityksen vaihto-omaisuuden lisätynä rahoitusomaisuudella ja vähennettynä lyhytaikaisilla veloilla. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 284.) Rahoitusomaisuutta ovat rahat, lyhytaikaiset saamiset sekä tilapäisesti muussa muodossa olevat rahoitusvarat (Kirjanpitolaki 1336/1997). Nettokäyttöpääoma kertoo, kuinka paljon vaihto- ja rahoitusomaisuudesta on katettu omalla ja pitkäaikaisella vieraalla pääomalla (Yritystutkimus ry 2011, 70). Jos nettokäyttöpääoma saa negatiivisen arvon, yrityksen juokseva toiminta ei sido rahoitusta lainkaan. Toisaalta negatiivinen nettokäyttöpääoma voi olla merkki taloudellisista vaikeuksista, sillä se on yksi parhaita lyhyen aikavälin konkurssin ennustusmittareita. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 284.)

Ulkomaisessa kirjallisuudessa käyttöpääoman (working capital) määritelmäksi on vakiintunut kaava:

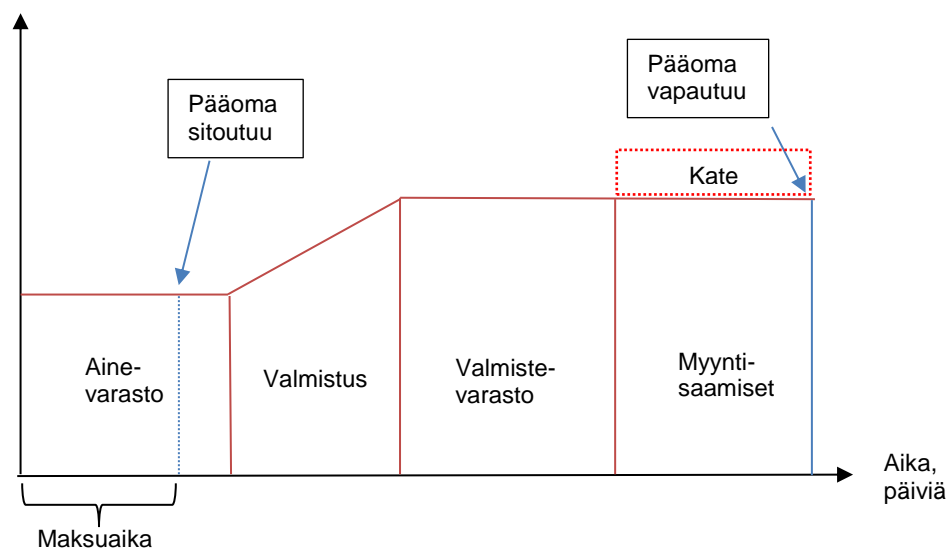
$$\textit{working capital} = \textit{current assets} - \textit{current liabilities}.$$

Käyttöpääoma olisi näin ollen taseen erä vaihtuvat vastaavat vähennettynä lyhytaikaisella vieraalla pääomalla (Preve & Sarria-Allende 2010, 15). Tämä määritelmä sisältää myös rahoitusomaisuuden, joten ulkomainen käyttöpääoman määritelmä sisältää taseen eriä laajemmin kuin kotimainen määritelmä. Nettokäyttöpääoma (net working capital) ja käyttöpääoma tarkoittavat yleensä samaa asiaa. Toisinaan ulkomaisessa kirjallisuudessa törmää käsitteeseen net operating working capital, ”operatiivinen nettokäyttöpääoma”. Tämä eroaa käyttöpääoman ulkomaisesta määritelmästä hieman, sillä tässä tapauksessa yhtälöstä vähennetään korolliset lyhytaikaiset velat. Tämän mittaustavan ajatuksena on, että korolliset velat liittyvät kokonaisuutena yrityksen rahoituksen järjestämiseen, eivätkä ole osa operatiivista kassavirtaa. (Brigham & Houston 2014, 540.)

## 2.2 Käyttöpääomaan vaikuttaminen valmistavassa yrityksessä

Tyypillinen valmistavan yrityksen tuotantoprosessi toimii kuvan 2 esittämällä tavalla. Prosessi alussa hankitaan valmistuksessa tarvittavat raaka-aineet. Kun laskun maksuaika umpeutuu, pääoma sitoutuu. Valmistuksessa kassavaroja sitoutuu lisää, koska myös muita tuotannon kuluja, kuten valmistuspalkat, energia ja tarveaineet täytyy maksaa. Valmiit tuotteet ovat jonkin aikaa valmistuotevarastossa, josta ne toimitetaan asiakkaalle. Kun asiakas maksaa laskun, pääoma vapautuu. Suuria kysymyksiä käyttöpääoman kohdalla on:

- voidaanko sitoutuneen pääoman määrää vähentää ja
- voidaanko pääoman sitoutumisaikaa lyhentää? (Salmi 2006, 185).



Kuva 2. Käyttöpääoman sitoutuminen valmistavassa yrityksessä (Salmi 2006, 186).

Valmistava yritys voi eri tavoin pyrkiä vähentämään käyttöpääoman määräänsä ja näin ollen tehostamaan maksuvalmiuttaan. Valmistusprosessiin perehtymällä voidaan löytää potentiaalia tuotantoprosessin tehostamiseksi. Käytännössä tämä voi tarkoittaa läpimenoaikojen lyhentämistä tai hävikin minimoimista. Tuotteen valmistusta, osakokoonpanoa, tai huoltopalveluja voidaan siirtää alihankkijalle ulkoistamalla. Ostotoiminnassa voidaan yrittää neuvotella pidempiä maksuehtoja toimittajille, tai yksipuolisesti pidentää maksuaikoja. Yritys voi lykätä tai jopa luopua kassamenoista rahoittamalla investoinnit ulkopuolisen rahoituksen avulla, esimerkiksi hankkimalla tuotannon, logistiikan tai ICT:n laitteistoa leasingin avulla. Kassatulaja yritys voi jouduttaa



suosimalla myynnissään etumaksuja, lyhentämällä maksuehtoja, tai myymällä saatavia rahoitusyhtiölle. (Salmi 2006, 185).

Ulkomaankauppaa tekevät yhtiöt ovat viime vuosina kärsineet pidentyneistä maksuehdoista Euroopan markkinoilla. Tästä seuraa, että ne alkavat vyöryttää käyttöpääomaongelmaansa omien alihankkijoille, usein pk-yrityksille. Rahoitusyhtiöt ovat alkaneet tarjota erilaisia toimittajarahoitumalleja (reverse factoring). Toimittajarahitus on ostajavetoinen järjestely, jossa alihankkija pystyy hyödyntämään ostajan luottokelpoisuutta, ja saamaan näin ollen rahoitusta normaalia factoringia halvemmilla ehdoilla. Sen avulla alihankkija saa rahansa nopeasti laskun lähettämisestä, mutta ostajan tarvitsee maksaa velka vasta esimerkiksi 90 päivän päästä. Järjestely parantaa molempien osapuolten käyttöpääoman tilannetta, sekä pienentää toimittajan riskiä. (Saastamoinen 2014.)

### 2.3 Vaihto-omaisuus ja varaston kiertonopeus

Vaihto-omaisuus sisältää sellaisenaan tai jalostettuina luovutettavaksi tai kulutettavaksi tarkoitetut hyödykkeet (Kirjanpitolaki 1336/1997). Vaihto-omaisuus voidaan jakaa aineisiin ja tarvikkeisiin, keskeneräisiin tuotteisiin, valmiisiin tuotteisiin/tavaroihin, muuhun vaihto-omaisuuteen ja ennakkomaksuihin. Aineilla ja tarvikkeilla tarkoitetaan yrityksen vaihto-omaisuutensa valmistamiseksi tarkoitettuja hyödykkeitä. Keskeneräiset tuotteet sisältävät myytäväksi tai palveluntuotannossa tarvittavia hyödykkeitä, joiden valmistusprosessi on kesken. Valmis tuote tarkoittaa luovutusvalmiiksi saatettuja hyödykkeitä, kun taas valmis tavara tarkoittaa ulkopuoliselta toimittajalta sellaisenaan myytäväksi tarkoitettuja hyödykkeitä. Muuhun vaihto-omaisuuteen kuuluvat myytäväksi hankitut tai valmistetut hyödykkeet, jotka eivät sisälly muihin vaihto-omaisuuden eriin. Muun muassa käyttöomaisuudesta vaihto-omaisuuteen siirretyt kiinteistöt kuuluvat em. ryhmään. Ennakkomaksuilla tarkoitetaan vaihto-omaisuushyödykkeestä ennen sen vastaanottamista maksettuja kauppahintoja tai niiden osasuorituksia. (Tilastokeskus 2017.)

Varastojen määrä on yksi tärkeimmistä käyttöpääoman hallintaan liittyvistä kysymyksistä. Sitä on oltava riittävästi, jotta toimitusvarmuus ja asiakaspalvelu voidaan taata. Toisaalta se aiheuttaa kustannuksia varastoinnin, vanhentumisen ja pilaantumisen kautta. (Salmi 2006, 188.) Yhdysvalloissa toimivan Institute of Management and Administrationin mukaan varastotasojä ohjaa pääasiassa neljä ajuria:

- Nimikkeiden lukumäärä. Mitä enemmän nimikkeitä tarvitaan usealta eri toimittajalta, sitä suurempi on riski osapuutelle tai rikkonaiselle osalle, sekä lisäksi sitä korkeammat varastotasot tarvitaan.
- Varaston ylläpitokustannus, jonka muodostaa mm. pääoman kustannus, vakuutukset, tilakustannukset, tietojärjestelmät sekä pilaantumisen kustannus.
- Tarjonnan vaihtelevuus. Toimittajien kyvyssä toimittaa haluttu määrä haluttuun aikaan hyvällä laadulla on eroja, jolloin yritykset varautuvat epävarmuuteen varastojen puskuritasoilla.
- Huolinta- ja logistiikkakustannukset. Varsinkin kansainvälisesti toimivilla yrityksillä logistiikan rajoitteet muodostavat merkittäviä kustannuksia, jotka nousevat poikettaessa tavanomaisesta toimitusketjusta. (Donath ym. 2002, 390-391.)

Yritystutkimus ry:n (2011, 70) mukaan vaihto-omaisuuden kiertoaikoja ei voida laskea tilinpäätöksestä ilman tarkempia tietoja yrityksen kulurakenteesta. Vaihtoehtoiseksi mittariksi Yritystutkimus ehdottaa vaihto-omaisuusprosenttia. Sen laskennallinen kaava sisältää vaihto-omaisuuden ilman ennakkomaksuja, jaettuna 12 kuukauden liikevaihdolla, ja lopputulos kerrotaan sadalla. Neilimo & Uusi-Rauva (2005, 285) tarjoavat laskentakaavan vaihto-omaisuuden kiertoaikalle. Huomautuksena he toteavat mittarin hieman vääristävän, koska liikevaihto mittariin otetaan katteellisena, ja vaihto-omaisuus hankintameno on arvostettuna. Mittaria voidaan parantaa muuntamalla vaihto-omaisuus myyntihintaiseksi, tai vähentämällä liikevaihdosta myyntikate. Laskentakaava vaihto-omaisuuden kierrolle on:

$$\text{Vaihto-omaisuuden kiertoaika (päiviä)} = \frac{360 \text{ pv}}{(\text{liikevaihto} / \text{vaihto-omaisuus})}$$

Jos käytössä on yrityksen sisäisen laskennan jaottelu muuttuviin ja kiinteisiin kuluihin, voidaan vaihto-omaisuuden kiertoaika laskea suoraan muuttuviin kuluihin perustuen. Salmi (2006, 188.) puolestaan varoittaa tunnusluvun mahdollisesta vääristymästä, johtuen poikkeavasta vaihto-omaisuuden tasosta tilinpäätöshetkellä. Vaihto-omaisuuden kiertoaajan laskenta Salmen mukaan:

$$\text{Vaihto-omaisuuden kiertoaika (pv)} = \frac{\text{Vaihto-omaisuus (pl ennakkomaksut + osatuloutuksen saamiset)}}{\text{liikevaihtoa vastaavat muuttuvat kulut 12kk}} \times 365$$

Vaihto-omaisuuden kiertoajan laskemisessa on siis olemassa vaihtoehtoisia malleja riippuen siitä, onko saatavissa yrityksestä tarkempaa tietoa kuin tilinpäätös, esimerkiksi pitkän tuloslaskelman kaava.

#### 2.4 WACC, weighted average cost of capital

Käyttöpääoman hallinnassa on tärkeää ymmärtää myös käyttöpääomaan sitoutuvan rahan hinta. Käyttöpääoma voidaan rahoittaa omalla tai vieraalla pääomalla. Molemmissa tapauksissa sijoituksen hinta muodostuu markkinoilta saatavasta riskittömän sijoituksen tuotosta lisätynä yrityskohtaisella riskipreemiolla. Koska oman ja vieraan pääoma suhde vaihtelee eri yrityksissä, kannattaa pääoman hinta laskea painotetulla keskiarvolla (WACC, weighted average cost of capital):

$$WACC = \frac{D}{D + E} \times K_d \times (1 - t) + \frac{E}{D + E} \times K_e, \text{ jossa}$$

D = vieraan pääoman määrä

E = oman pääoman määrä

$K_d$  = velan korkokanta

$K_e$  = oman pääoman korkokanta

t = yritysverokanta (Preve & Sarria-Allende 2010, 133.)

Huomattavaa on, että vieraasta pääomasta maksettavat korkokulut ovat pääosin verotuksessa vähennyskelpoisia. Tästä syystä kaavan velkaa laskevassa osassa korkokannasta on vähennetty yritysverokanta  $K_d \times (1-t)$ .

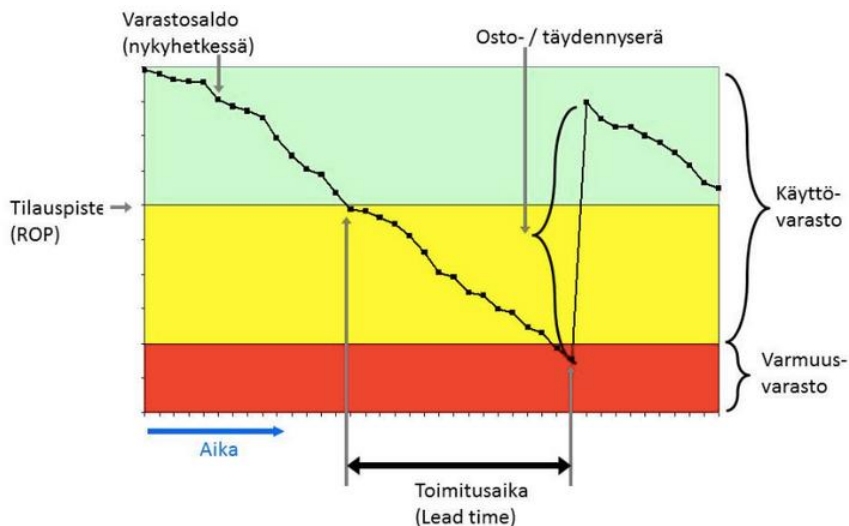
#### 2.5 Ostoeräkoon ja tilaushetken määrittäminen

Ostoeräkojoja muuttamalla voidaan vaikuttaa varastoihin sitoutuvan pääoman määrään. Mitä suurempia eriä ostetaan, sitä edullisempi on yksikkökustannus, mutta toisaalta samalla kasvavat varastoinnin kustannukset. Liian suuri ostoerä johtaa korkeampiin varastoihin, ja sitä kautta korkeampaan käyttöpääomatasoon. Varaston optimikoon löytäminen saattaa olla monen asian yhteensovittamista. Markkinoinnin, valmistuksen ja

rahoituksen näkemykset sopivista varastotasoista voivat olla hyvinkin erilaiset. (Salmi 2006, 188-189.)

Käyttöpääoman kannalta ostoeräkoon määrittämisen tekee haasteelliseksi vaihteleva ja usein tuntematon kysyntä. Toimitusaikojen ollessa pitkiä nimikkeitä joudutaan ostamaan perustuen osin kysyntäennusteisiin. Ennustehorisontin määrittää pisimmän toimitusajan nimike. Varauduttaessa muutoksiin ennusteissa, yritykset varautuvat usein ns. varmuusvarastoihin (safety stock). Varmuusvarastot luovat käyttöpääomamielessä ”kuollutta varastoa”, joka ei näennäisesti kierrä koskaan. Sen käyttö tuleekin pitää mahdollisimman pienenä, ja rajata vain kriittisimpiin osiin. (Ross 2004, 377.)

Tilastollisen tilauspisteen (Reorder point, ROP) menetelmä on eräs vanhimpia metodeja tilaushetken määrittämiseksi. Tilauspistettä voidaan kuvata nimikkeen toimitusajan sisällä tapahtuvan kysynnän summana (kuva 3). Koska kysyntä ei yleensä ole vakio, yritykset varautuvat muutoksiin varmuusvarastolla. Näin ollen tilauspiste voidaan laskea lisäämällä varmuusvaraston tasoon toimitusajan kysyntä. Varastosaldon laskiessa tilauspisteen alle, oston tilausjärjestelmä vapauttaa täydennystilauksen. Tilauspiste olettaa kysynnän olevan verrattain vakio, eikä nimikkeiden kysyntä ole riippuvainen toisista nimikkeistä. (Pooler & Pooler 1997, 175.)



Kuva 3. Tilauspiste on varmuusvarasto lisätynä toimitusajan sisällä tapahtuvalla varaston käytöllä (Logistiikanmaailma 2017).

Kuinka paljon kannattaa ostaa kerralla? Kysymystä on laajasti tutkittu toimitusketjua ja varastohallintaa koskevassa kirjallisuudessa. Edelleen on useampia vaihtoehtoisia menetelmiä ostoeräkoon määrittämiseen. Pääoman sitominen varaston kasvattamiseen

tulisi olla yhtä perusteltavissa kuin mikä tahansa muu investointi. Oikean ostoeräkoon määrittämiseen vaikuttaa useat seikat. Usein on epävarmuutta kysynnästä ja asiakkaan vaatimuksista. Toimitusaika, sekä toimitus- ja varastointikustannus on usein riippuvainen ostoeräkoosta. Ostoeräkoosta voi joissakin tapauksissa olla järkevintä sovittaa toimittajan optimaaliseen valmistuskokoon, esimerkiksi kannattaa tehdä teräsleikkeitä koko teräslevystä kerrallaan. Yrityksillä itsellään on tavoitteita ja sovittuja politiikkoja varastotasojen ja varastonkierron suhteen, jotka nekin vaikuttavat ostoeräkokoihin. (Pooler & Pooler 1997, 178-179.)

### 2.5.1 EOQ, Economic order quantity

Laajalti käytetty menetelmä ostoeräkoon arvioinnissa on ns. EOQ-menetelmä, taloudellisen ostoerän menetelmä. Kun lasketaan yhden ostotilauksen tekemiseen sitoutuva kustannus sekä nimikkeen varastointikustannus, voidaan EOQ-kaavalla simuloida optimaalinen ostoerä. EOQ-kaava voidaan kirjoittaa muotoon:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AS}{IC}}, \text{ jossa}$$

A = vuosikäyttö

S = ostotilauksen käsittelykustannus

I = nimikkeen varastointikustannus vuotta kohden

C = nimikkeen yksikköhinta (Pooler & Pooler 1997, 181.)

Tähän Harrisin vuonna 1913 kehittelemään varsin yksinkertaiseen malliin sisältyy joitakin oletuksia, jotka tulee huomioida arvioitaessa mallin luotettavuutta. Ensinnäkin kysyntä ostettavalle nimikkeelle tulee olla määritettävissä, ja säilyä samalla tasolla. Tämä oletamus on erityisen haasteellinen tilanteissa, joissa kysyntä vaihtelee kuukaudesta toiseen tai kausittain vuosien sisällä. Toiseksi nimikkeen toimitusaika täytyy olla tiedossa, ja pysyä muuttumattomana. Kolmanneksi ostotilauksen käsittelykustannus ja varastointikustannus ovat kiinteitä ja riippumattomia tilausmäärästä. Neljänneksi ostotoimintaa ei rajoita kapasiteettia tai taloudellista toimintakykyä koskevat rajoitteet. Tämä korostuu erityisesti Make to Stock -tuotannossa, eli varasto-ohjautuvassa toimintamallissa, jossa toimittaja valmistaa tuotteita ennakoiden varastoon. Malliin kohdistuvista rajoitteista ja yksinkertaistuksista huolimatta EOQ-malli toimii käytännön tasolla suhteellisen hyvin. (Choi 2014, 5.)

### 2.5.2 MRP, Material requirements planning

MRP:n, tuotannon tarpeisiin perustuvan materiaalisuunnittelun, historia ulottuu 1960-luvulle. Teorian perusajatus pohjautuu tuotannon kuormituksesta saatavaan tietoon materiaalitarpeista. Materiaalisuunnittelu käyttää tietoa valmistettavien nimikkeiden tuoterakenteesta, varastoista sekä tuotannon aikataulutuksesta, jotta voidaan ajoittaa ostot oikein. Koska kyse on ajoitukseen perustuvasta toiminnasta, laskentajärjestelmän tulee huomioida kunkin nimikkeen toimittajan antama toimitusaika. Nykyiset varastotasot täytyy huomioida, koska tarpeita vastaan voi olla jo osia varastossa, jolloin niitä ei tarvitse ostaa. Moniulotteisuutensa vuoksi laajan MRP:n käytön mahdollisti modernin tietokonetekniikan kehitys, vaikka itse menetelmä oltiin ymmärretty jo aiemmin. (Toomey, 1996, 6.)

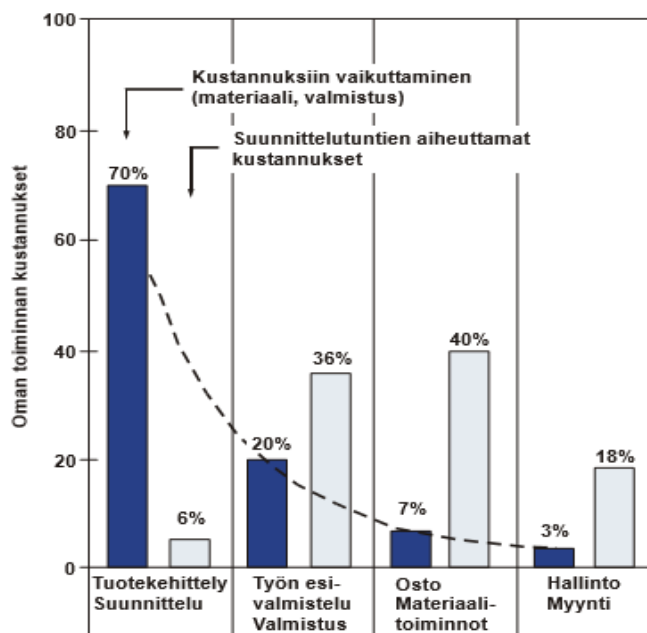
MRP ei itsessään määrittele ostoeräkokoja. Sitä varten tarvitaan nimikekohtainen tilaustiheyden määrittely, joka perustuu nimikkeen nettotarpeisiin (tuoterakenteiden tarvitseva määrä vähennettynä varastossa olevalla määrällä). Ross (2004, 375-376) listaa usein käytettyjä määritelmiä tilaustiheydelle:

1. Tilataan vain toimitusajan sisällä olevia nettotarpeita vastaava määrä
2. Ennalta sovitun aikajakson nettotarpeita vastaava määrä
3. Peruserä koko lisättynä nettotarpeilla
4. Peruserä koko lisättynä lisämäärällä, mikäli nettotarpeet ylittävät peruserä koon
5. Peruserä koko kerrottuna tarpeeksi monta kertaa, jotta nettotarve ylittyy
6. EOQ-mallit
7. Muut erä koon optimaaliset kustannusmallit

Rossin tilaustiheyden malleista kohta 1 johtaa usein jatkuvaan tilaamiseen, ts. uusi tilaus vapautetaan aina edellisen tilauksen vastaanoton kohdalla. Luonteensa vuoksi tätä mallia tulee käyttää tarkkaan harkiten. Mallien 3-5 peruserä koko käsitteenä tarkoittaa ennalta määriteltyä sopivaa kokoa logistiikan tai varastoinnin kannalta. Toisaalta peruserä koko voi ylittää alennukseen oikeuttavan määrän, jolloin on järkevää tilata vähintäänkin sen verran. Ross ei pidä EOQ-malleja muutoin kovinkaan järkevänä MRP:n yhteydessä, paitsi tilanteessa jossa nimikkeen kysyntä on tasaista ajallisesti ja määrällisesti. Kohdan 7 malleilla Ross viittaa muihin kuin EOQ-menetelmällä määritettyihin taloudellisesti järkeviin osakokoihin, kuten laskennallinen pienimmän kokonaiskustannuksen malli. (Ross 2004, 375-376.)

### 3 Kustannusajattelu tuotesuunnittelun näkökulmasta

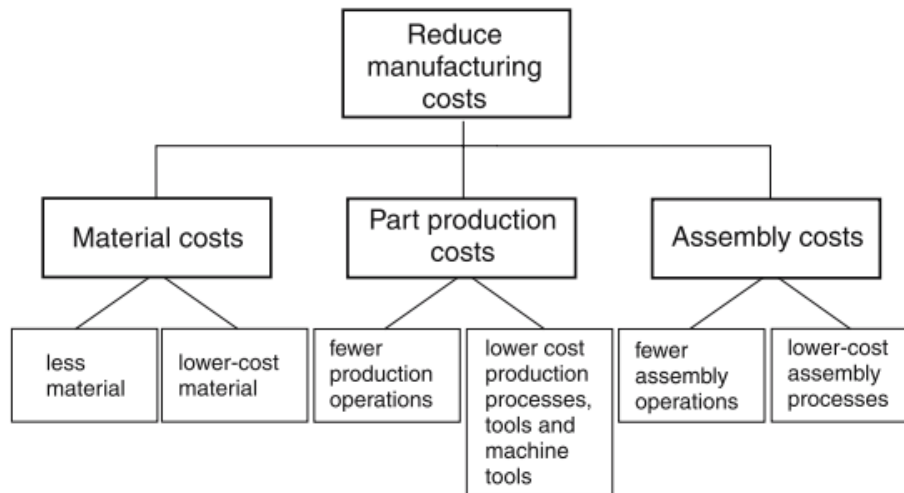
Konepajateollisuudessa teräsosien suunnittelu on merkittävässä roolissa. Asiakkaiden vaatimustaso on vuosien saatossa kasvanut, ja he haluavat saada asiakaskohtaisia ominaisuuksia halvempaan hintaan. Samaan aikaan kustannustietoisuus nousee, ja internetin avulla kustannusvertailu helpottuu. Tuotekehitysprosessissa kustannusten hallinta nousee yhä merkittävämmäksi kilpailutekijäksi. Kempin (2008) mukaan konepajateollisuudessa teräskappaleen kustannuksiin voidaan vaikuttaa 70% suunnitteluvaiheessa (kuva 4). Hietikon (2015) mukaan puolestaan voidaan yleissääntönä käyttää 80/20 –periaatetta. Näin ollen tuotteen kustannuksista 80% määräytyy tuotekehitysvaiheessa, ja 20% sen jälkeen valmistuksen suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Toisaalta voidaan sanoa että 20% osista muodostaa 80% tuotteen valmistuskustannuksista. Nämä kalliit osat ovatkin juuri niitä, joihin kannattaa tuotekehitysvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota.



Kuva 4. Teräskappaleen kokonaiskustannuksen rakentuminen Kempin (2008) mukaan.

Valmistuskustannuksiin voidaan vaikuttaa kolmea eri kustannustekijää keventämällä: pienentämällä materiaalikustannuksia, osavalmistuksen kustannuksia tai kokoonpanon kustannuksia (kuva 5). Jokaisessa kustannustekijässä on vaihtoehtona pienentää kustannustekijän määrää tai yksikköhintaa. Suunnittelun näkökulmasta kustannusvaikutteiden keskiössä ovat tuotteelle asetetut vaatimukset sekä toimintaperiaate. Vaatimukset ja toimintaperiaatteet voivat liittyä muiden muassa tuotteen

tekniisiin ominaisuuksiin, käyttöturvallisuuteen tai huollettavuuteen. Lisäksi kustannukseen vaikuttaa montako tuotetta on aikomus valmistaa, minkä kokoisia ja mistä materiaalista. Tuotantotekniikka on riippuvainen edellä mainituista määritteistä (Ehrlenspielillä ym. 2007, 144). Esimerkiksi valutekniikkaa ei kannata metalliosissa käyttää, mikäli valmistettava osien sarja on kaksi kappaletta.



Kuva 5. Valmistuskustannuksiin vaikuttamisen mahdollisuudet (Ehrlenspielillä ym. 2007, 144).

### 3.1 DFMA (Design for manufacturing and assembly)

DFMA on yhdistelmä kahta menetelmää, DFM (design for manufacturing) sekä DFA (design for assembly). DFM:llä tarkoitetaan suunnittelua, joka on tehty tuotteeseen liittyvien komponenttien valmistamisen näkökulmasta. DFA:lla tarkoitetaan suunnittelua, jossa on keskitytty parantamaan lopputuotteen kokoonpantavuutta. DFMA:ta käytetään kolmeen pääasialliseen käyttötarkoitukseen:

1. Menetelmänä suunnittelutoiminnolle yksinkertaisemman tuoterakenteen suunnitteluun. Tätä kautta voidaan vähentää valmistamisen ja kokoonpanon kustannuksia, ja kvantifioida saatavat hyödyt.
2. Benchmarking-työkaluna vertailtaessa tuotetta kilpailijoiden vastaaviin tuotteisiin, tai tutkittaessa valmistamisen ja kokoonpanon haasteita



3. Referenssihintaa antavana apuvälineenä, jolla voidaan pitää kustannukset hallinnassa, ja neuvotella tavarantoimittajien kanssa (Boothroyd, Dewhurst & Knight 2011, 4).

DFM:n ydin on osavalmistukseen perehtyminen, jolloin pyritään valitsemaan yksittäisen osan materiaalin ja muodon valintaan siten, että sen valmistaminen olisi mahdollisimman helppoa ja halpaa. Huomiota voidaan kiinnittää osan valmistusmenetelmään, esimerkiksi koneistus, särmäys tai valu. Vertailusta tekee haasteellisen se, että jokaista menetelmää varten osa täytyy suunnitella kunkin menetelmän suunnitteluperiaatteiden mukaan. Toisaalta menetelmän valintaan vaikuttaa tehdäänkö osa itse vai ostetaanko alihankintana, sekä millaiset koneet, kiinnittimet ja työkalut ovat käytössä. DFA on puolestaan kokoonpanon näkökulmasta tehtävää suunnittelua, jossa keskitytään siihen, että yksittäiset osat saadaan liitettyä kokonaisuudeksi mahdollisimman tehokkaasti. Kokoonpano vaatii usein henkilötyötä, joten se on myös kallista. Näin ollen kokoonpanoajoissa säästämällä voidaan luoda merkittäviä säästöjä valmiin tuotteen kustannukseen. Nyrkkisääntönä voidaan pitää osien määrän minimoinnin olevan tärkein kokoonpanon tehokkuutta parantava asia. Jokainen erillinen osa vaatii ostotoimintaa, varastointia, asemointia valmistuksessa sekä kiinnittämistä paikalleen. (Hietikko 2015.)

Valmistettavuutta parantavia kehitysmenetelmiä on ollut tarjolla parin vuosikymmenen ajan. Ensimmäiset työkalut olivat ns. concurrent engineering –menetelmään (rinnakkaissuunnittelu) perustuvia. Niiden keskeisenä ajatuksena oli useiden osa-alueiden, kuten valmistuksen ja markkinoinnin, läsnäolo tuotekehitysprosessissa sen alusta alkaen. Olemassa on myös työkaluja, joissa tuotekehitysosaston dokumenteista voi esim. kokoonpanija lähettää palautteen. Tässä menetelmässä virhe on ehtinyt jo tuotantoon asti, jolloin sen korjaaminen on hankalaa ja aikaa vievää. Nykyisissä tietokoneavusteisissa suunnittelujärjestelmissä on edistyksellisiä työkaluja, joilla suunnittelija voi tarkastella osakokonaisuuden valmistumista tai kustannuksia. Kokoonpano voidaan simuloida, jolloin voidaan havaita hankalat tai jopa mahdottomat kokoonpanotilanteet. (Hietikko 2015.)

### 3.1.1 Modulaarisuus

Keskeinen osa DFMA-ajattelussa on tulevaisuudessa modulaarinen tuoterakenne. Sen myötä valmistettavuutta kehitetään komponenttien, materiaalien, kiinnittimien ja menetelmien standardoinnilla. Massaräätälöinnissä pyritään tuottamaan asiakaskohtaisia

tuotteita muodostamalla moduuleista koostuva tuotearkkitehtuuri. Tuotekustannuksia voidaan pienentää siirtämällä variointipistettä mahdollisimman lähelle tuotteen toimitushetkeä, tai jopa sen jälkeen. Varioituvuutta on kahdenlaista: sisäistä ja ulkoista varioituvuutta. Sisäinen varioituvuus liittyy tuotteen tuotantoon ja näkyy tuotteen erilaisissa ratkaisuissa. Ulkoinen varioituvuus taas näkyy asiakkaalle, ja sen avulla asiakas voi koostaa moduuleista tarpeitaan vastaavan tuotteen. Sisäinen varioituvuus on aina haitallista, ja sitä tulee yrittää välttää. Ulkoinen varioituvuus taas on pääsääntöisesti positiivinen asia, joskin liika ulkoinen varioituvuus voi aiheuttaa hämmennystä. (Hietikko 2015.)

Teollisella standardoinnilla on vaikutuksia muun muassa varastotasoihin, materiaaltarpeiden suunnitteluun, toimitusketjuun sekä tuotekehityskustannukseen. Standardoinnilla saatavia hyötyjä tulee verrata vastaaviin haittapuoliin. Muun muassa järkeistämällä ostokomponentteja ja niiden käyttöä uusissa sovelluksissa voidaan samoja komponentteja käyttää useammassa käyttökohteessa. Näin ollen voidaan hyödyntää olemassa olevia toimittajia. Toisaalta komponenttien standardointi johtaa siihen, että joihinkin sovelluksiin kyseinen komponentti on turhan järeä ja näin ollen kallis. (Stoll 1999, 291-293.)

DFMA:n käyttömahdollisuudet liittyvät enimmäksi standardeihin ja loppuvaiheessa varioituihin tuotteisiin (kuva 6). Mitä standardimpi tuote on, sitä paremmin DFMA-menetelmällä suunniteltu tuote tuottaa säästöä kokoonpanoajoissa ja kustannuksissa. Foxin ja Cockerhamin (2000, 3.) mukaan tuotestandardoinnin tasojen jako on hämärtyneessä. Asiakkaat haluavat yhä enemmän itse vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Toisaalta räätälöityjen tuotteiden ja hybridituotteiden osalta tekniikan kehitys ja asiakasvaatimukset johtavat tarpeeseen saada parempia, halvempia tuotteita entistä nopeammin. Kirjoittajat esittävät kaksi strategiaa, joilla räätälöityjen tuotteiden ja hybridituotteiden valmistajat voivat ottaa käyttöön DFMA:n metodologiaa. Hybridituotteiden valmistajat voivat standardoida osakokoonpanonsa, ja hyödyntää niiden suunnittelussa DFMA-menetelmiä. Tehdäkseen näin, valmistajan täytyy suunnitella tuoterakenteensa siten, että tuotteen toiminnalliset kokonaisuudet vastaavat fyysistä osakokoonpanoa. Toisaalta räätälöityjen tuotteiden valmistajat voivat rakentaa oman DFMA-säännösten parhaiden toimintatapojen käyttämiseksi. Tuotteet ovat hyvin erilaisia eri yrityksissä, ja siksi tarvitaan ohjeisto, joka soveltuu parhaiten juuri kyseiseen yritykseen. Ohjeistossa voidaan käyttää soveltuvin osin DFMA-oppia, esimerkiksi periaatteita itse-asemoituvien osien suunnittelusta tai osalogistiikan minimoinnista. (Fox & Cockerham 2000, 3.)

TUOTE				
KOKOONPANO				
OSAKOKOONPANO				
OSAT				
KIIINTEÄ R-AINE				
MUODOTON R-AINE				
KATEGORIA	RÄÄTÄLÖITY	HYBRIDI	KUSTOMOITU	STANDARDI
OMINAISUUDET	MÄÄRITTELEMÄTTÖMÄT MUODOT JA VIIMEISTELY	MUUTTUVAT MUODOT JA VIIMEISTELY	VAIHTOEHTOISET MUODOT JA VIIMEISTELY	KIIINTEÄT MUODOT JA VIIMEISTELY

Kuva 6. Komponenttien standardointitasot erityyppisissä tuotteissa (Häkkinen 2002, 19)

### 3.1.2 DFMA laskentamalleista

1980-luvun alussa kehitetty Lucas-menetelmä on tarkoitettu konseptivaiheessa tapahtuvaan kustannusten arviointiin, jolloin osan lopullinen muoto ei ole vielä tarkkaan selvillä. Eri kertoiimiin perustuva laskenta on parempi verrattuna standardiajoista laskemiseen, koska lopullista muotoa ei tarvitse vielä päättää. Menetelmässä lasketaan ensin toiminnallinen tehokkuus, käsittelyindeksi ja asennusindeksi. Kaikille edellä mainituille tunnusluvuille on olemassa ohjeelliset raja-arvot, jotka osa tulisi ylittää. Lopuksi lasketaan osalle kustannusindeksi  $M_i$  kaavalla

$$M_i = R_c P_c + M_c, \text{ jossa}$$

$R_c$  = suhteellinen kustannus

$P_c$  = prosessointikustannus

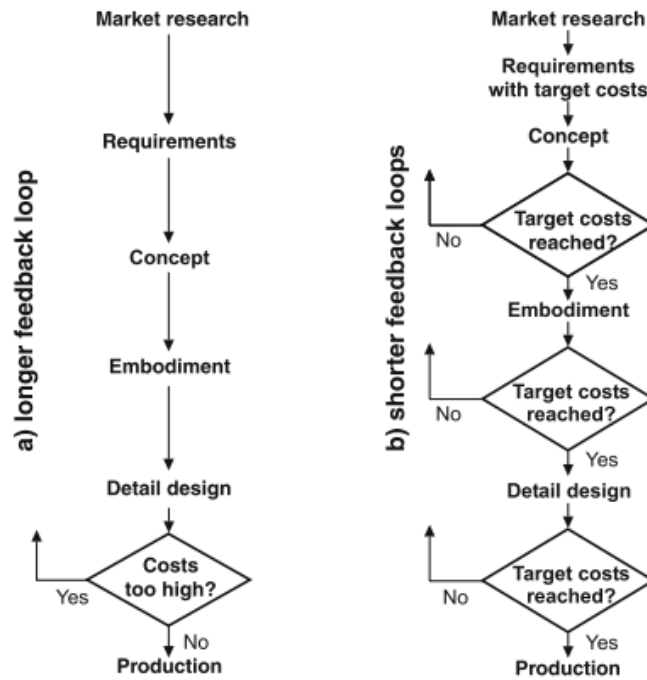
$M_c$  = materiaalikerroin (Hietikko 2015.)

Suhteellinen kustannus  $R_c$  saadaan ottamalla huomioon osan kompleksisuus, materiaali, poikkiala sekä toleranssi tai pinnanlaatu. Materiaalikertoimeen puolestaan vaikuttaa käytetyn materiaalikustannuksen lisäksi kappaleen tilavuus sekä hukkakerroin. Vaikka kustannusindeksi ei kerrokaan tarkasti materiaalikustannusta, voidaan sen avulla vertailla hyvin eri materiaalien tai valmistusmenetelmien vaikutusta kustannukseen. (Hietikko 2015).

Eskilander on väitöskirjassaan pohtinut DFA-menetelmää hyödyntävän suunnittelutyökalun ideaaleja ominaisuuksia. Vahvana vaatimuksen Eskilander pitää kustannusanalyysiä, josta saatavaa numeerista kustannustietoa voidaan käyttää kahden tai useamman erilaisen suunnitteluratkaisun vertailuun. Kustannustietoa tulisi käyttää yhtenä perusteena pohdittaessa erilaisia suunnittelumalleja. Työkalu tukisi osastorajojen yli toimivia tiimejä esimerkiksi suunnittelun, valmistuksen tai myynnin alueelta. Työkalun tulisi olla myös käyttäjäystävällinen, eikä sen käyttöönottoon tulisi tarvita laajoja perehdytyskursseja. Eskilander korostaa, että tietokoneavusteisen DFA suunnittelutyökalun lisäksi yrityksellä tulisi olla hyvän modulaarisen suunnittelun periaatteita korostava laadullinen ohjeisto. (Eskilander 2001, 71-72.)

### 3.2 Tavoitekustannus, target costing

Target costing –menetelmässä tuotekustannusta kontrolloidaan tuotekehitysprosessin eri vaiheissa. Tavoitekustannusta määritettäessä perinteisen kysymyksen ”kuinka paljon tuotteen kustannus on” sijaan kysytään ”kuinka paljon asiakas on tuotteesta valmis maksamaan”. Näin markkinalähtöisestä ajattelusta saadaan tavoitehinta, josta vähentämällä haluttu katemarginaali saadaan tavoitekustannus. Tavoitekustannus toimii tuotekehitysprosessin aikana eräänlaisena taloudellisena viitekehiksenä projektille. Tuotteen kokonaistavoitekustannus voidaan jakaa sen toimintojen, osakokoonpanojen tai komponenttien kesken osatavoitteiksi. Perinteisen suunnittelun ja target costing –suunnittelun erot voidaan havaita kuvasta 7. Perinteinen suunnittelu etenee aina valmistusdokumentaatioon asti, kunnes tehdään kustannusanalyysi. Tässä vaiheessa tuotteen uudelleensuunnittelu ja kallista ja aikaa vievää. On mahdollista, ettei tuotekustannuksista anneta palautetta suunnittelutoiminnolle laisinkaan. Tavoitekustannuksen mallissa tuotekustannus on läsnä koko tuotesuunnitteluprosessin ajan. Näin havaintoihin voidaan puuttua nopeasti, ja iteraatiokierrokset jäävät lyhyiksi. (Ehrlenspiel ym. 2007, 44).



Kuva 7. Perinteisen suunnittelun (vasemmalla) ja target costing –suunnittelun (oikealla) prosessit (Ehrlenspielillä ym. 2007, 45).

Clifton ym. (2004, 12) mainitsevat target costingista olevan muun muassa seuraavan tyyppisiä hyötyjä. Asiakslähtöinen tapa ajatella tarjoaman kehittämisestä linkittää tuotekehityksen todellisiin asiakastarpeisiin. Toisaalta tällöin voidaan asemoida yrityksen tuote suhteessa kilpailijoihin. Target costing tarjoaa mahdollisuuden jatkuvaan kustannustarkasteluun, jolloin ikäviltä yllätyksiltä vältetään myöhäisemmissä tuotteistamisen vaiheissa. On myös havaittu, että mikäli kustannustavoite tulee ulkopuolisesta syistä, kehitystiimi on motivoituneempi saavuttamaan tavoitteen, kuin mikäli kustannustavoite olisi yrityksen itsensä asettama. Lyhyesti voidaan sanoa target costingin tuottavan asiakslähtöisiä tuotteita kilpailukykyisin hinnoin, joka mahdollistaa yritykselle voiton tekemisen.

### 3.3 ESI, Early supplier integration

ESI, early supplier integration, tarkoittaa ostotoiminnan, tavarantoimittajien ja muiden yhteistyökumppanien osallistumista tuotekehitysprosessin aikaisessa vaiheessa. Tällöin osallistujat voivat esittää tuotekehitykseen uusia teknologioita, valmistusmenetelmiä ja prosesseja, jotka tuovat lisäarvoa ja kilpailuetua. Lisäksi ostotoiminnan hyödyntäminen tuotekehityksessä todennäköisemmin ohjaa tuotekehitystä kohti annettua

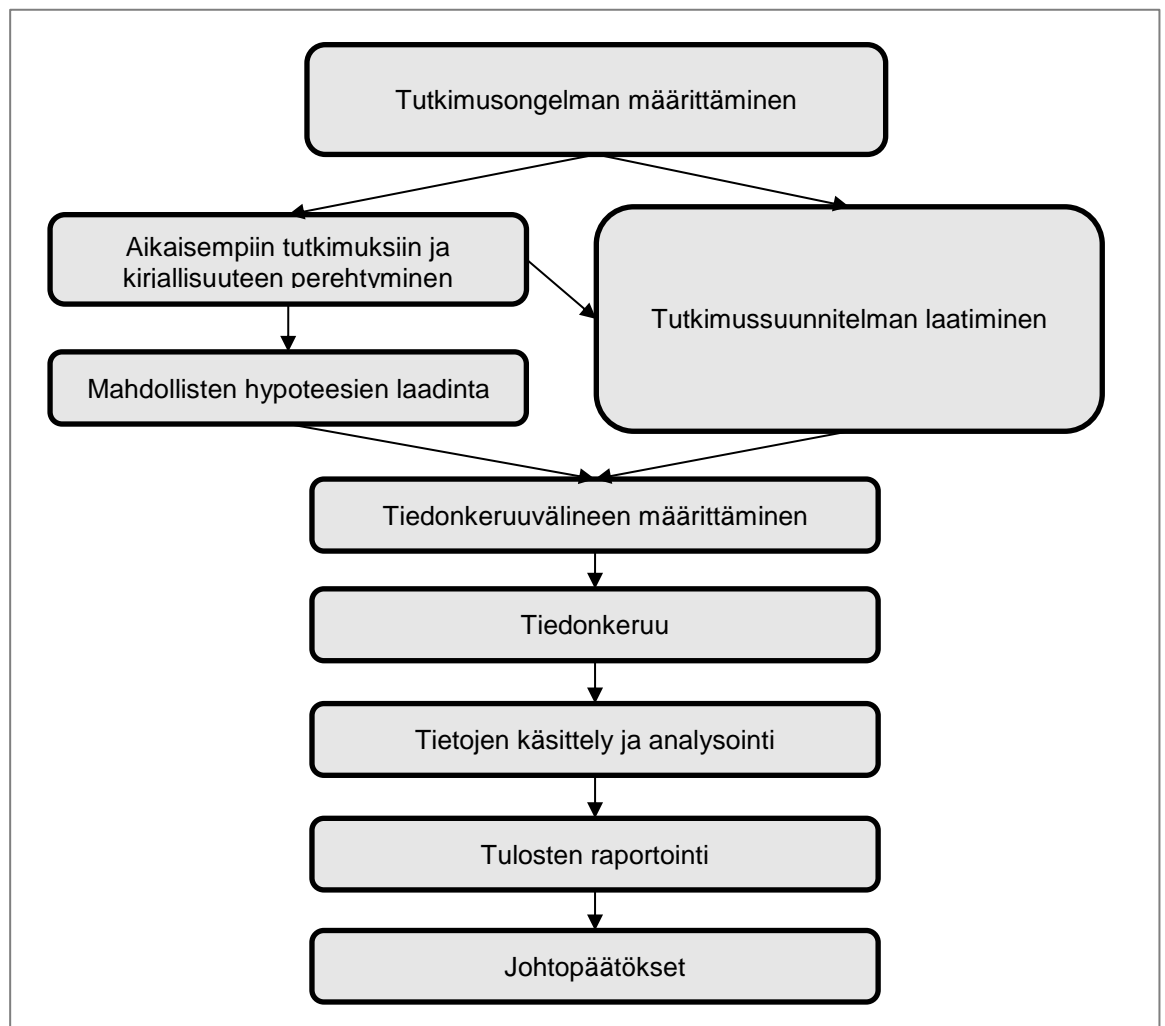
kustannustavoitetta. Toimitusketjun näkökulmasta ESI:n avulla voidaan huomioida osien pakkaaminen, logistiikka, materiaalivalinnat ja prosessitekniikka, jolloin toimitusketju tukee osan toimintaa asiakkaan sovelluksessa. Hyötyjä ESI:n käytöstä on havaittu mm. nopeampina tuotekehitysaikoina, alentuneina materiaalikustannuksina, parantuneena laatusena sekä innovatiivisempina tuotteina. Esimerkiksi Aberdeen Groupin tutkimuksessa havaittiin toimittajien aikaisen osallistumisen tuotekehitykseen alentavan uuden tuotteen materiaalikustannusta 18 prosenttia. (Handfield & Minahan 1999)

Handfieldin ja Minahanin mukaan vaikka useat yritykset mainitsevatkin osallistavan toimittajat tuotekehitysprosessiin, toimittajille ei anneta merkittävää vastuuta. Tutkijoiden mielestä tämä on merkki prosessin osallistavan vaiheen puuttumisesta. Mikäli halutaan integroida toimittajat osaksi tuotekehitysprosessia, tulisi osallistaminen ottaa systemaattiseksi tuotekehitysprosessin vaiheeksi. ESI:n käyttöönotto vaatii aktiivista suhdetoimintaa toimittajia kohtaan. Toisaalta tulee pohtia, milloin integraatiosta saadaan merkittäviä taloudellisia hyötyjä, jotta siihen sitoutunut aika ja raha maksavat itsensä takaisin. (Handfield & Minahan 1999)

Helsingin Yliopiston tutkijaryhmä tutki ESI:n vaikutuksia suomalaisessa valimoteollisuudessa. Tutkijat havaitsivat, että aikaisin suunnittelutyöhön mukaan otetut valuosien toimittajat saivat aikaan kustannussäästöjä useasta näkökulmasta. Ensiksi ESI vähentää suunnitteluun tarvittavaa aikaa, ja säästää sitä kautta suunnittelun kustannuksia. Toiseksi menetelmä auttaa vähentämään valmistuksen alkuvaiheessa hylättyjen kappaleiden määrää. Valimo voi auttaa suunnittelemaan komponentin siten, että sen käsittely on mahdollisimman helppoa ja edullista. Lisäksi valumateriaalien ja geometrisissa muodoissa on kustannuseroja, joissa valimo voi auttaa valitsemaan edullisia vaihtoehtoja. ESI:ssä on myös yhtäläisyyttä DFMA:han, sillä aikaisin suunnitteluvaiheeseen mukaan otettu valimo voi auttaa vähentämään komponentin osamäärää merkittävästi. Eräässä tapauksessa 20 hitsatun teräsosan rakenne voitiin yksinkertaistaa yhteen valuosaan. Samanaikaisesti rakenteen paino pieneni 39 %, ja kustannus alentui 35 %. (Eisto ym. 2010, 141)

#### 4 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutuksessa noudatetaan Heikkilän (2014, 23) kvantitatiivisen tutkimusprosessin vaiheistusmallia (kuva 8). Tutkimus alkaa aiheen valinnalla. Tätä seuraa taustatietojen hankkiminen, aiheen rajaaminen sekä tutkimusongelman täsmäntäminen. Opinnäytetyö on mieluummin rajaukseltaan suppea ja syvä kuin laaja ja pinnallinen. Tutkimuksen kohteeksi valitaan jokin ilmiö, jota pyritään kuvaamaan, ymmärtämään ja selittämään. Tutkimussuunnitelmassa valitaan muun muassa tutkimusmenetelmä, päätetään tietojen hankintatavasta sekä valitaan otantamenetelmä. Tutkimussuunnitelmaan kerätään myös tutkimuksen kannalta oleellinen teoreettinen aine, josta muodostuu teorian viitekehys. Se yhdistää teorian ja empirian ehjäksi kokonaisuudeksi.



Kuva 8. Kvantitatiivisen tutkimuksen vaiheet (Heikkilä 2014, 23).

Tutkimustyössä erilaiset muuttujat ryhmitellään kolmeen tai neljään eri ryhmään, joiden luonne on erilainen. Selittävä muuttuja nimensä mukaisesti voidaan olettaa selittävän tutkittavaa ilmiötä. Selitettävät eli riippuvat muuttujat ovat riippuvaisia tutkittavasta ilmiöstä ja muista muuttujista. Taustamuuttujat eli luokittelumuuttujat ovat sellaisia muuttujia, joiden mukaan aineistoa on tarpeellista luokitella tai ryhmitellä, tai osaa aineistosta eliminoida. Väliin tulevat muuttujat ovat käsitteellisiä muuttujia, jotka vaikuttavat ilmiöön, ja joita on haasteellista mitata. Tällainen voi olla esimerkiksi vastaajan tunnetila. (Anttila 2014.) Tässä tutkimuksessa selittävä muuttuja on ostoeräkkö, ja selitettävä muuttuja on yksikköostohinta. Luokittelumuuttuja on nimikkeen paino, joka voidaan ryhmitellä sopiviin kategorioihin tasavälein siten, että paino jakautuu tasaisesti usealle kategorialle. Toinen luokittelumuuttuja on nimikkeen toimittaja.

Aineiston määrälliseen kuvaukseen liittyvät käsitteet perusjoukko, näyte tai otos sekä tilastoyksikkö. Nimensä mukaisesti perusjoukko sisältää kaikki tilastoyksiköt. Usein ei ole mahdollista tai järkevää valita tutkimuksen kohteeksi koko perusjoukkoa, vaan perusjoukosta otetaan näyte tai satunnaisesti valittu otos. Tilastoyksikkö on tutkimuksessa tarkastelun kohteena oleva yksikkö. (Anttila 2014.) Tässä opinnäytetyössä yksittäinen tilastoyksikkö on yhden nimikkeen yhden toimittajan yksi ostohintaporras. Tutkimuksen rajausten perusteella näytteeksi valikoitui edellisen kolmen vuoden aikana päivitetty hintatiedot nimikkeistä, joille on määritelty ostohinnan hintaporaat.

#### 4.1 Aineiston keruu ja analysointi

Aina ei ole tarpeen kerätä aineistoa, mikäli käytettävissä on valmis aineisto. Valmis aineisto voidaan ottaa käyttöön esimerkiksi aiemman tutkimuksen aineistosta, viranomaisen synnyttämästä aineistosta tai yrityksen päivittäisen toiminnan synnyttämästä tietokannasta. Valmiin aineiston tulee täyttää tiettyjä vaatimuksia. Aineisto täytyy olla tutkimukseen liittyvää, jotta siitä saadaan vastauksia tutkimuskysymyksiin, ja voidaan testata asetetut hypoteesit. Aineisto on oltava riittävän tuoretta ja ajankohtaista tutkimusongelman kannalta. Valmiin aineiston osalta aineiston keräämiseen liittyvää luotettavuutta ja pätevyyttä täytyy pohtia samoin kuin itse kerätynkin aineiston tapauksessa. Aineiston käyttöön on hankittava lupa. Toisinaan valmiit aineistot ovat maksullisia. Aineisto täytyy olla muunnettavissa taulukkolaskennan tai tilasto-ohjelman vaatimaan muotoon. (Taanila 2014, 8.) Tässä tutkimuksessa käytettiin valmista aineistoa: toimeksiantajan tietojärjestelmästä saatavaa ostotoiminnan dataa. Aineisto on laaja, joten



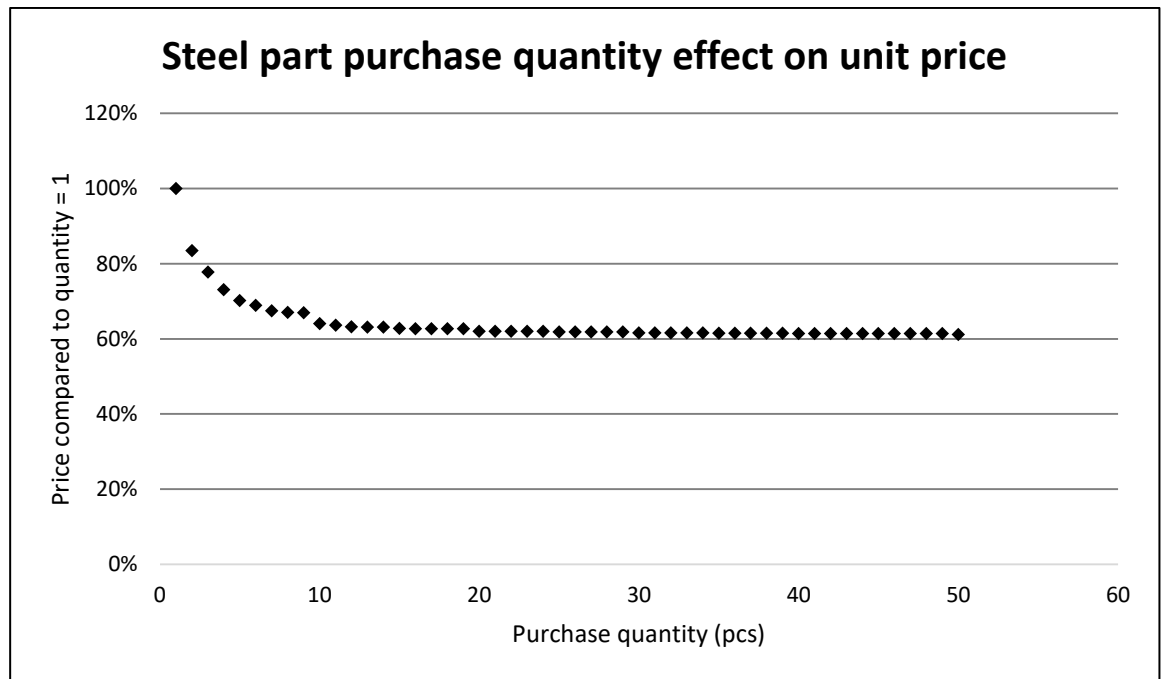
tutkija suodatti itse tutkimusongelman kannalta oleellinen osa aineistosta tutkimuksen käyttöön.

Tutkimusaineisto kerättiin toimeksiantajan ylläpitämästä tietokannasta. Toimeksiantaja tallentaa teräskappaleiden ostohinnat ostoeräkoon mukaan portaittain toiminnanohjausjärjestelmään. Aineisto kerättiin tietokantakyselyllä. Tietokanta kopioituu päivittäin turvalliseen ympäristöön, jonne voitiin yhdistää kyselyllä ilman vaaraa tietokannan vaurioitumisesta. Aineisto käsiteltiin mahdollisimman pitkälle Excelissä, jonka tietokantatyökalut mahdollistavat monipuolisen aineiston muokkauksen. Kun aineisto oli halutussa muodossa, se siirrettiin tilastollisia analyysejä varten tilastointiohjelma PSPP:hen.

#### 4.2 Tutkimuksen kulku ja tulokset

Nimikkeitä tutkimukseen valikoitui 1008 kappaletta. Useimmiten ostoeräkoko oli annettu portaittain, esimerkiksi 1-10 kappaletta, 11-20 kappaletta, 21-30 kappaletta jne. Ostohinta rikastettiin jokaiselle ostoeräkoolle 1-50 kappaletta siten, että jokaiselle mahdolliselle ostoeräkoolle löytyi jokaisella nimikkeellä hinta. Näin ollen tilastoyksiköitä, yhden nimikkeen hintaportaita, tutkimuksessa havaittiin 53345 kappaletta. Kunkin ostoeräkoon hinta suhteutettiin hintaan, joka olisi ostettaessa yksi kappale kyseistä nimikettä samalta toimittajalta. Tilastoyksikkö on kyseisen ostoeräkoon suhteellinen hinta verrattuna yhden kappaleen ostohintaan. Nimikkeitä tutkimuksessa tutkittiin yhteensä 21 eri tavarantoimittajalta. Tutkittavat nimikkeet olivat varsin eri painoisia (Liite 1). Painon aritmeettinen keskiarvo oli 118,6 kilogrammaa, keskihajonnan ollessa 258,2 kg ja mediaanin 18,2 kg. Tutkimuksen painavin nimike painoi 2869,5 kg.

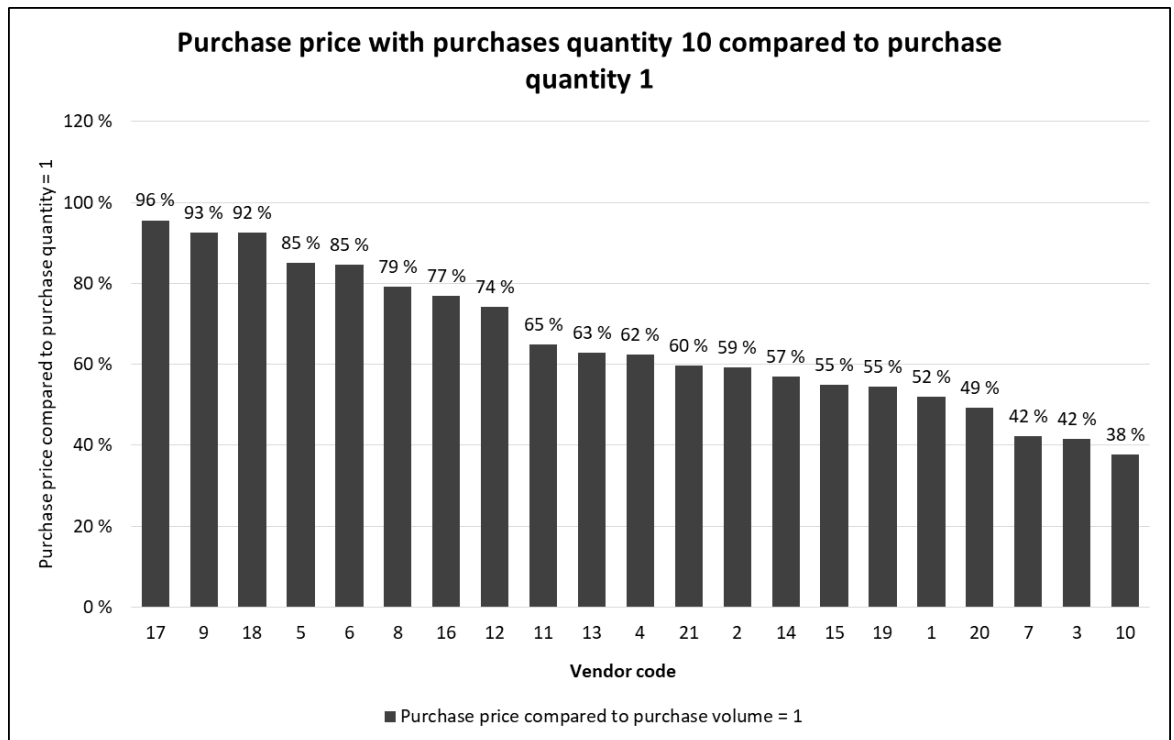
Kuvassa 9 on esitetty ostoeräportaiden 1-50 kappaletta ostoeräkoon vaikutus ostohintaan. Yksi piste kuviossa merkitsee kunkin ostoeräportaan keskimääräistä suhteellista ostohintaa verrattuna yhden kappaleen ostohintaan. Käyrä mukailee EOQ-teorian hinnan muutosta ostoeräkoon kasvaessa. Ostohinta pienenee varsin nopeasti ostoeräkoon kasvaessa, mutta muutos tasoittuu ostoeräkoon kasvaessa yli kymmenen. Ostettaessa kaksi kappaletta ostohinta kappaletta kohden on 83,5 prosenttia verrattuna yhden kappaleen kertaostoon. Viiden kappaleen ostohinta on 70,2 %, ja kymmenen kappaleen enää 64,0 % yhden kappaleen ostohinnasta. Ostettaessa 50 kappaletta kerralla ostohinta on 61,2 % yhden kappaleen hinnasta. Täydellinen taulukko ostohinnan kehityksestä on esitetty liitteessä 2.



Kuva 9. Ostoeräkoon vaikutus kappalehintaan.

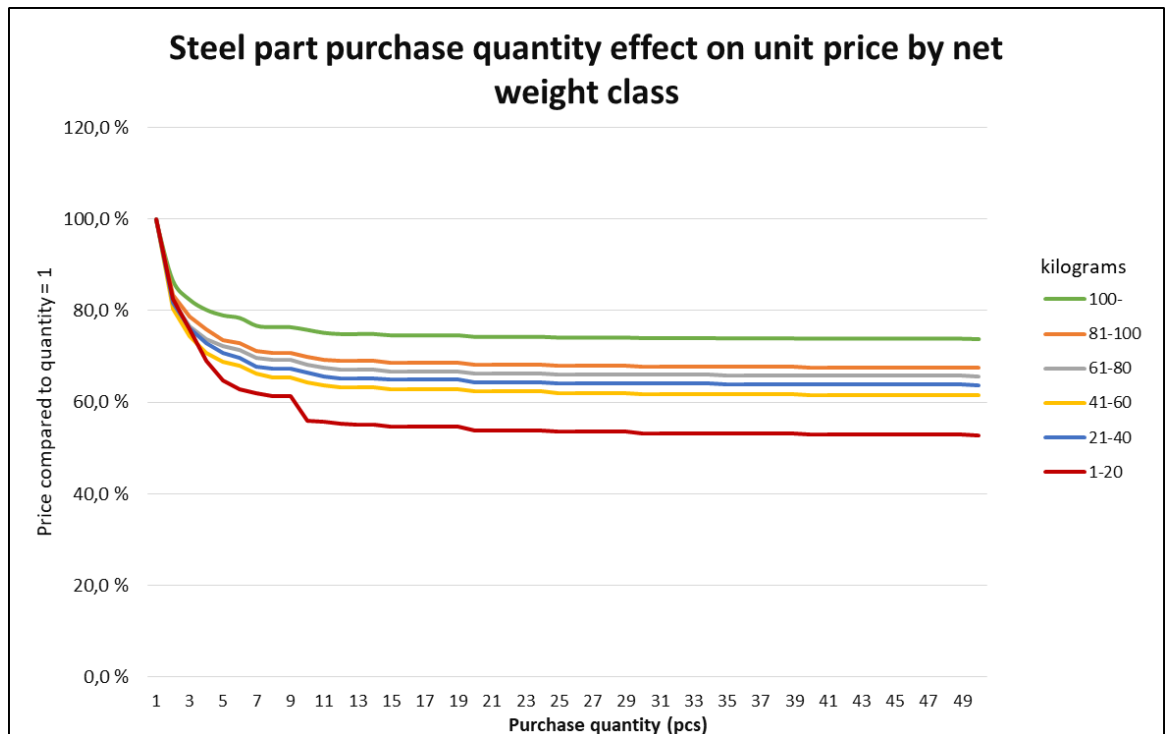
Keskihajonta tulosten välillä on merkittävä (liite 2). Ostoeräkoon noustessa yli viiden kappaleen, keskihajonta kasvaa yli 20 prosenttiin havainnoista.

Ostoeräkoon vaikutus ostohintaan vaihtelee toimittajittain merkittävästi (liite 3). Osalla toimittajista yksikköostohinta putoaa voimakkaasti, useita kymmeniä prosentteja, heti toisen ja kolmannen ostokappaleen kohdalla. Osalla toimittajista ostoeräkoolla 50 hinta on alle 10 % pienempi verrattuna yhden kappaleen ostohintaan. Kuvassa 10 voidaan havaita ostoeräkoolla 10 kappaletta oleva hajonta tavarantoimittajien välillä. Kukin pylväs merkitsee numeroittain kooditettuja toimittajia. Ostohinta vaihtelee 38 prosentista 96 prosenttiin yhden kappaleen ostoeräkoosta.



Kuva 10. Kymmenen kappaleen suhteellinen ostohinta verrattuna yhden kappaleen hintaan, keskiarvo toimittajittain.

Kuvassa 9 esitettyä ostoeräkoon vaikutusta tutkittiin myös nimikkeen painon mukaan (liite 4). Nimikkeet luokiteltiin kuuteen ryhmään 20 kilogramman välein: 1-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100 sekä yli 100 kiloa. Jokaiseen ryhmään valikoitui näin tarpeeksi suuri otos (pienin otos ryhmässä 81-100 kg N=41). Visuaalisesta esityksestä (kuva 11) voi päätellä: mitä kevyempi nimike painoltaan on, sitä suurempi on ostohinnan pienentyminen ostoeräkoon kasvaessa. Ostoeräkoon kymmenen kohdalla kevyimmän ryhmän nimikkeet ovat hinnaltaan 56 % yhden nimikkeen hinnasta, kun painavimman ryhmän nimikkeet ovat vastaavalla ostoeräkoolla hinnaltaan 76 % yhden nimikkeen hinnasta.



Kuva 11. Ostoeräkoon vaikutus ostohintaan eri painoluokissa

#### 4.3 Regressioanalyysi

Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmänä käytetään regressioanalyysiä, joka on monipuolinen ja joustava menetelmä muuttujien välisten kausaalisuhteiden tutkimiseen. Kahden muuttujan välistä riippuvuutta voidaan nimittää yleisesti korrelaatioksi. Jos korrelaatio on voimakasta, voidaan toisen muuttujan avulla päätellä toisen muuttujan arvot melko tarkasti. (KvantiMOTV 2008.) Jos toisen muuttujan arvo voidaan tarkasti ennustaa toisen saamien arvojen perusteella, voidaan puhua eksaktista riippuvuudesta. Jos taas toisen muuttujan arvoa ei voida täsmällisestä päätellä toisen perusteella, mutta toisen muuttujan arvoja voidaan käyttää apuna toisen ennustamisessa, on kyseessä tilastollinen riippuvuus. (Mellin 2006, 240.)

Regressioanalyysiin tarvitaan vähintään välimatka- ja suhteasteikon tasoiset muuttujat. Järjestys- ja nominaaliasteikolliset muuttujatkin kelpaavat, mikäli niistä muodostetaan dummy-muuttujia koodaamalla ne 0:lla ja 1:llä. Tyypillinen dummy-muuttuja on koodata sukupuoli: 0=mies, 1=nainen. (Heikkilä 2014, 222.)

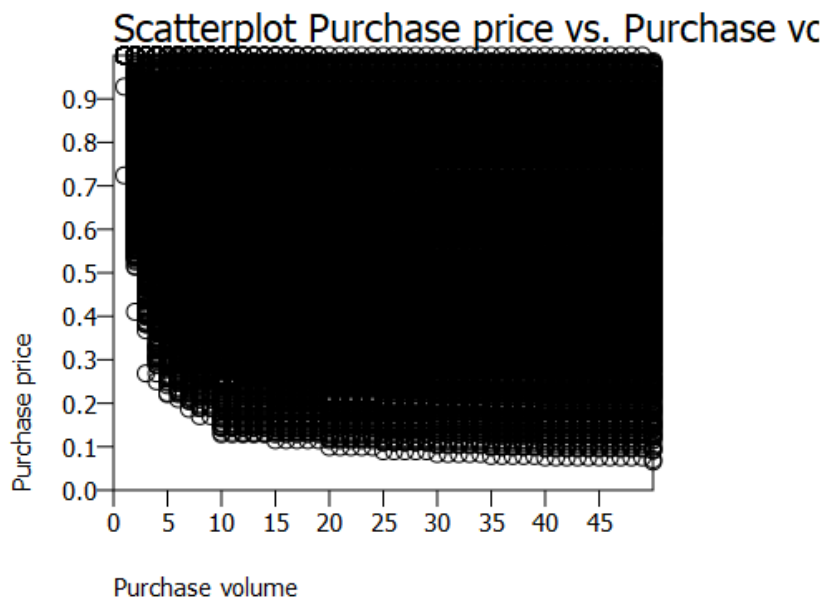
Mikäli muuttujien välillä havaitaan säännönmukaisuutta, on mahdollista tutkia, voidaanko yhteys kuvata jollain mallilla. Hajontakaavion avulla saadaan alustava käsitys siitä,

millainen malli sopii pistejoukkoon parhaiten. Kuvattaessa pistejoukkoa matemaattisen mallin avulla kutsutaan menettelyä käyrän sovituksi. Silloin on vastattava neljään kysymykseen:

1. Mitkä muuttujat valitaan selittäviksi muuttujiksi?
2. Millainen funktio sopii parhaiten mallin kuvaamiseksi?
3. Mitkä ovat mallin vakioiden eli parametrien arvot?
4. Onko malli tutkimusmielessä hyvä? (Heikkilä 2014, 222.)

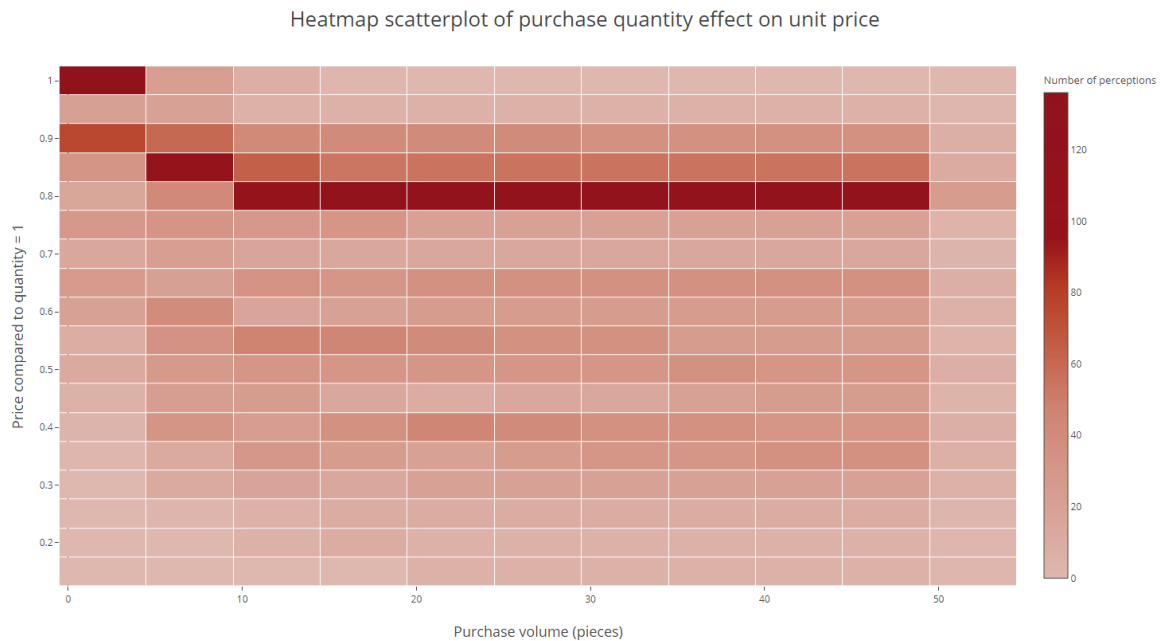
Regressioanalyysin aluksi voidaan piirtää hajontakaavio (scatterplot), jolla saadaan havainnollistettua muuttujien suhteita. Kuvioon sovitetaan regressiosuora, joka kuvaa muuttujien välistä yhteyttä. Mitä lähempänä vaakatasoa regressiosuora on, sitä vähemmän muuttujilla on yhteyttä toisiinsa. Regressiosuoran funktio on kahden selittävän muuttujan mallissa  $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ , jossa  $Y$  tarkoittaa selitettävän muuttujan arvoa,  $a$  on ns. vakiotekijä,  $x_1$  on ensimmäisen selittävän muuttujan arvo,  $x_2$  on toisen selittävän muuttujan arvo, ja  $b_1$  sekä  $b_2$  ovat selittäviä muuttujia vastaavia regressiokertoimia. Regressioanalyysin avulla voidaan selvittää kaavan vakiotekijän ja regressiokertoimen arvot. (KvantiMOTV 2008.) Tässä tutkimuksessa  $Y$  on ostohinta,  $x_1$  on ostoerä koko, ja  $x_2$  on nimikkeen paino. Tutkimuksessa käytetään kahden muuttujan regressioanalyysiä, jolloin ostohintaa selitetään ostoeräkoon sekä nimikkeen painon avulla.

Suhteellisesta ostohinnasta ja ostoeräkoosta piirrettiin PSPP:llä hajontakaavio (kuva 12). Kaaviosta voi päätellä, että pistejoukossa esiintyy laajaa hajontaa, eikä sen kuvaamiseen soveltuvaa mallia voi päätellä PSPP:n hajontakaavion perusteella.



Kuva 12. Suhteellisen ostohinnan ja ostoeräkoon hajontakaavio

Koska PSPP:n grafiikkaominaisuudet eivät sovellu hyvin näin suuren havaintomäärän visualisoimiseen, havainnoista piirrettiin lämpökartta plot.ly -ohjelmalla (kuva 13). Lämpökartan väreistä voidaan havaita, että merkittävä osa havainnoista noudattelee käyrämuotoista kuvaajaa. Ostohinta laskee ensin nopeasti ostoeräkoon kasvaessa, mutta noin kymmenen kappaleen jälkeen muutosnopeus hidastuu.



Kuva 13. Suhteellisen ostohinnan ja ostoeräkoon havaintojen lämpökartta

Tutkimuksessa selitettäväksi muuttujaksi valittiin suhteellinen ostohinta ja selittäviksi muuttujiksi ostoeräkkö sekä nimikkeen paino. Todennäköistä on, että parhaiten ilmiötä selittävä malli on ei-lineaarinen. Kuitenkin lähtökohdaksi muuttujille suoritettiin lineaarinen regressioanalyysi (taulukko 1). Korrelaatiokerroin  $r = 0,31$ . Mallin selitysaste eli korrelaatiokertoimen neliö  $r^2 = 9,6 \%$ , joten mallin avulla 9,6 % ostohinnasta selittyy ostoeräkköön ja painon vaihtelulla. Ostoeräkkö korreloi negatiivisesti (standardoitu regressiokerroin  $-0,17$ ), kun taas paino korreloi positiivisesti (standardoitu regressiokerroin  $0,26$ ). Merkitsevyytaso molemmissa selittävässä muuttujissa on alle  $0,05$  (mitattu  $0,000$ ) voidaan todeta, että molempien muuttujien vaikutus ostohintaan on tilastollisesti merkitsevä.

Model Summary (Purchase price)

<i>R</i>	<i>R Square</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>
.31	.10	.10	.20

ANOVA (Purchase price)

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	182.15	2	91.08	2169.80	.000
<i>Residual</i>	1680.76	40042	.04		
<i>Total</i>	1862.92	40044			

Coefficients (Purchase price)

	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
<i>(Constant)</i>	.72	.00	.00	332.49	.000
Purchase quantity	.00	.00	-.17	-36.71	.000
Net weight	.00	.00	.26	54.70	.000

Taulukko 1. Regressioanalyysi ostoeräkoon ja painon vaikutuksesta suhteelliseen ostohintaan.

#### 4.4 Epälineaarinen regressio ja linearisointi

Lineaariseen regressioanalyysiin liittyy lineaarisuusoletus, toisin sanoen sillä voidaan tutkia lineaarisia eli suoraviivaisia kausaalisuhteita. Vaikka muuttujilla ei olisi lineaarista riippuvuutta, niillä voi olla epälineaarinen yhteys. Regressioanalyysillä voidaan tarkastella myös epälineaarisia riippuvuuksia erilaisten muunnosten avulla. Lievän epälineaarisuuden korjaamiseen voidaan käyttää logaritmi- tai neliöjuurimuunnosta. Joskus muuttujien epälineaarinen suhde on niin vahva, ettei voida käyttää yksinkertaisia muunnoksia. Jos tässä tapauksessa riippuvuus on sellainen, että se voidaan kuvata toisen asteen yhtälöllä, voidaan luoda uusi muuttuja, joka saa arvoksi selitettävän muuttujan neliön. Linearisoitua regressiomallia voidaan analysoida lineaarista korrelaatiota tutkivilla menetelmillä, esim. Pearsonin korrelaatiokertoimella. (KvantiMOTV 2003.)

Linearisointi aloitetaan piirtämällä muuttujan  $y$  ja selittäjän  $x$  havaituista arvoista pistediagrammi:

$$(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$$

Muuttujien  $x$  ja  $y$  tilastollinen epälineaarisuus näkyy pistediagrammin pistepilven tai -parven käyrytenä. Parhaimmassa tapauksessa linearisoivat muunnokset  $f$  ja  $g$  löytyvät

taustateorioista, kuten taloustieteestä tai fysiikasta. Sopivien muunnosten etsimisessä voidaan käyttää myös tilastografiikkaa. Seuraavaksi piirretään muuttujien  $x$  ja  $y$  pistediagrammit kaikilla mahdollisilla muunnosten  $f$  ja  $g$  kandidaateilla:

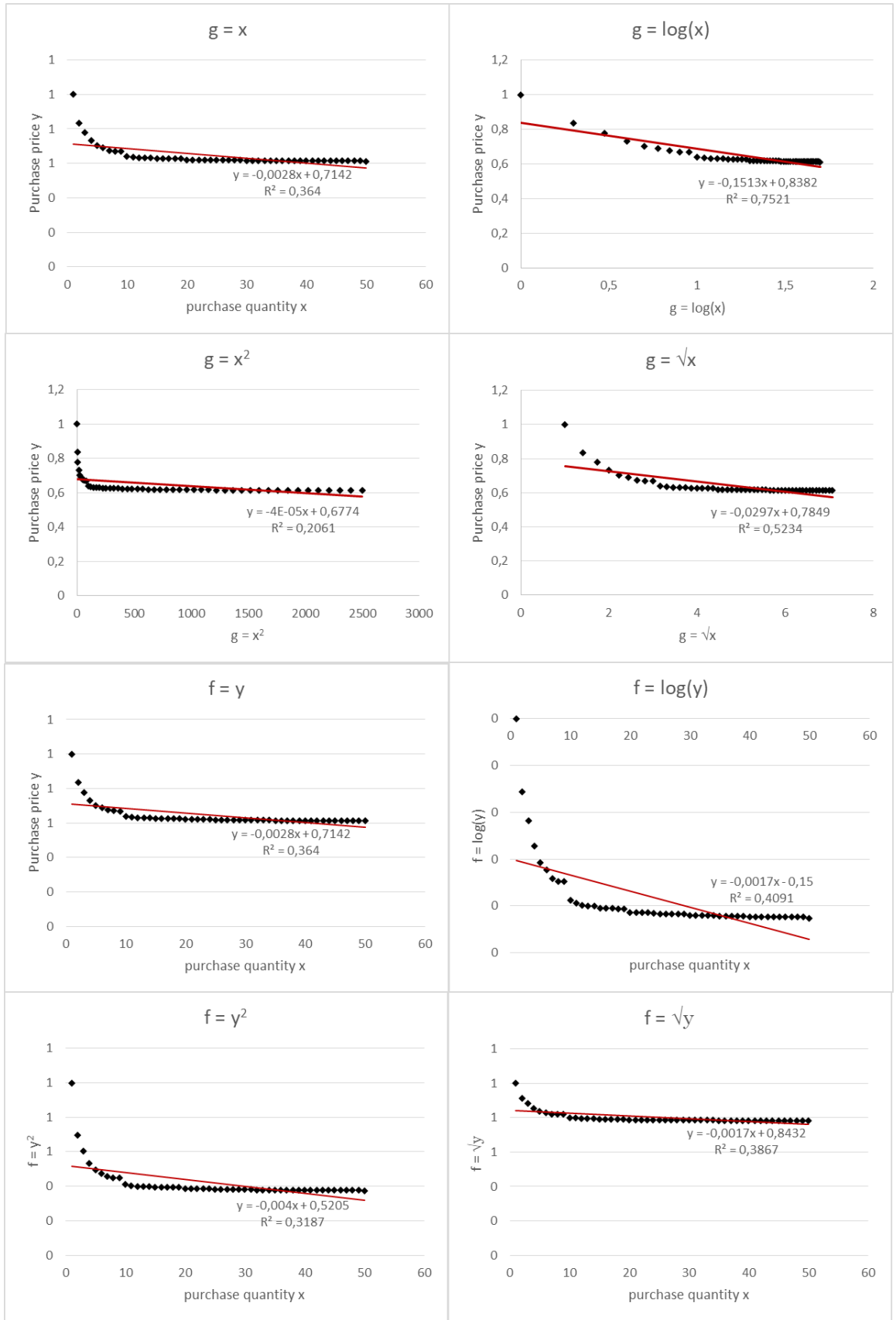
$$(g(x_i), f(y_i)), i = 1, 2, \dots, n$$

Jos muunnokset  $f$  ja  $g$  onnistuvat linearisoimaan muuttujien  $x$  ja  $y$  välisen tilastollisen riippuvuuden, pistepilvessä tai –parvessa ei näy käyryyttä (Mellin 2006, 17).

Tutkimuksessa havaittiin, että muuttujien ostoeräkokoko ja ostohinta pisteparvessa esiintyy käyryyttä, joten muunnoksia tarvitaan toiseen muuttujaan. Valittaessa kumpaan muuttujaan muunnosta sovelletaan, tehtiin Excelissä simulaatio suhteellisen hinnan keskiarvoille jokaisella ostoeräkoolla. Muunnokset  $g$  tarkoittavat muunnosta muuttujaan  $x_1$  eli ostoeräkokoon, ja muunnokset  $f$  tarkoittavat muunnosta suhteelliseen ostohintaan ( $y$ ). Seuraavista muunnoksista piirrettiin pistediagrammi (kuva 14), ja saatiin niitä vastaavat selitysasteet:

- $g_1 = \log(x_1)$ ,  $r^2 = 75,2 \%$
- $g_2 = x_1^2$ ,  $r^2 = 20,6 \%$
- $g_3 = \sqrt{x_1}$ ,  $r^2 = 52,3 \%$
- $f_1 = \log(y)$ ,  $r^2 = 40,9 \%$
- $f_2 = y$ ,  $r^2 = 31,9 \%$
- $f_3 = \sqrt{y}$ ,  $r^2 = 38,7 \%$





Kuva 14. Muuttujien x ja y logaritmi-, neliöjuuri- ja potenssimuunnokset

Ilman muunnoksia mallin selitysaste on 36,4 %. Muunnoksella muuttujaan  $x$  (ostoeräkkö) havaittiin olevan muuttujaan  $y$  (ostohintaa) verraten enemmän selitysastetta parantavia vaikutuksia. Näin ollen selitysasteen parhaiten selittävät muunnokset ovat  $g_1 = \log(x_1)$  ja  $g_3 = \sqrt{x_1}$ . Myös visuaalinen tarkastelu kuvan  $x$  perusteella tukee samaa päätelmää: aiemmin käyrä pistediagrammi muuntui edellä mainituilla muunnoksilla huomattavasti lähemmäksi suoraa. Kyseisiä muunnoksia tarkasteltiin tarkemmin tilasto-ohjelmassa.

Muunnoksille  $g_1 = \log(x_1)$  sekä  $g_3 = \sqrt{x_1}$  suoritettiin regressioanalyysi muuttujaan  $y$  nähden. Muunnoksella  $g_1 = \log(x_1)$  pearsonin korrelaatiokerroin  $r = 0,36$  ja selitysaste  $r^2 = 13,0$  % (taulukko 2). Nimikkeen painoon tehtiin myös yksinkertainen muunnos kertomalla se tuhannella, koska PSPP:n ominaisuus on näyttää B-arvo nollassa, mikäli arvo menee alle 0,005. Logaritmuunnoksella regressiomallia kuvaa yhtälö

$$y = 0,83 - 0,14\log(x_1) + \frac{0,19 * x_2}{1000}, \text{ jossa}$$

$y$  = teräsnimikkeen suhteellinen hinta verrattuna ostoeräköön yksi

$x_1$  = ostoeräkkö kappaleina

$x_2$  = nimikkeen paino kilogrammoina

Model Summary (Purchase price)

<i>R</i>	<i>R Square</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>
.36	.13	.13	.20

ANOVA (Purchase price)

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	241.01	2	120.51	2975.06	.000
<i>Residual</i>	1621.91	40042	.04		
<i>Total</i>	1862.92	40044			

Coefficients (Purchase price)

	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
<i>(Constant)</i>	.83	.00	.00	231.77	.000
Log(x)	-.14	.00	-.25	-53.38	.000
Net weight / 1000	.19	.00	.26	55.68	.000

taulukko 2. Regressioanalyysi muunnoksella  $g = \log(x)$

Muunnoksella  $g_3 = \sqrt{x_1}$  pearsonin korrelaatiokerroin  $r = 0,33$  ja selitysaste  $r^2 = 10,9$  % (liite 5). Voidaan todeta, että logaritmuunnos selittää neliöjuurimuunnosta paremmin ostoeräköön vaikutusta ostohintaan, joskin selitysaste jää edelleen matalaksi.

#### 4.5 Johtopäätökset

Tutkimuksen tulokset tukevat EOQ-teorian mukaista ostoeräkoon vaikutusta ostohintaan. Yllättävää on miten nopeasti hinta laskee ostoeräkoon kasvaessa. Jo toinen ostettu kappale on 16 prosenttia halvempi kuin ensimmäinen. Ostoeräkoon neljä kohdalla kokonaishinta vastaa noin kolmen yksinään ostetun hintaa. Tuloksista voi johtaa myös joitakin peukalosääntöjä, kuten että yhtä kappaletta ei kannattaisi ostaa koskaan, eikä yhdeksää kappaletta vaan aina vähintään kymmenen. Kymmenes yksilö maksaa 56 prosenttia edellisen yhdeksän kappaleen hinnasta. Kymmenen kappaleen ostohinnan putoaminen selittynee sillä, että hintaportaat päättyvät usein yhdeksään kappaleeseen, esimerkiksi 1-9 kappaletta tai 5-9 kappaletta ovat tietyn hintaisia.

Toinen havainto liittyy tutkittavien nimikkeiden painoihin. Ostoeräkoon kasvaessa hinta pienenee, mutta mitä painavampi nimike on kyseessä, sitä pienempi on kasvavan ostoeräkoon tuoma hintavaikutus. Pienimmässä painoluokassa ostohinta tasoittui suuremmissa ostoeräkoissa 61 prosenttiin, kun painavimmassa luokassa vastaava luku on 74 prosenttia.

Vaikka ostohinta vaikuttaa laskevan ostoeräkoon kasvaessa, yksiselitteistä matemaattista mallia on hankala soveltaa korrelaation kuvaamiseksi. Opinnäytetyössä kokeilluista muunnoksista parhaiten mallia kuvaa funktio  $y = 0,83 - 0,14\log(x_1) + (0,19 \cdot x_2)/1000$ . Parhaiten selittävällä funktiollakin ostohinnasta koko aineistosta vain noin 13 prosenttia voidaan selittää ostoeräkoon ja nimikkeen painon muutoksella. Toimittaja sekä nimikkeen paino lisäävät hajontaa. Mikäli funktiot olisi laskettu toimittajakohtaisesti, selitysaste olisi todennäköisesti merkittävästi parempi. Toisaalta muillakin mielenkiintoisilla muuttujilla, kuten nimikkeen valmistusmenetelmällä, olisi saattanut olla vaikutusta mallin muodostumiseen ja selitysasteeseen. Kuvattaessa keskimääräistä ostohintaa kullakin ostoeräkoon portaalla, logaritmuunnos ostoeräkokoon paransi mallin selitysastetta 36 prosentista 75 prosenttiin. Näin ollen voidaan todeta, että logaritmuunnoksella malli on käytännön sovelluksissa käyttökelpoinen, joissa keskimääräisen ostohinnan simulointi on riittävä lopputulos.

Tutkimuksen tuloksia yleistettävyydestä keskusteltaessa täytyy huomata tutkimustuloksiin vaikuttava toimeksiantajan mikroympäristö, jolla voi olla vaikutusta ostohintojen muotoutumiseen. Tällöin tarkoitetaan esimerkiksi tavarantoimittajien verkostoa, joka yritykselle on ajan saatossa syntynyt. Muun muassa toimittajan maturiteetti, oma

kilpailutilanne tai käytössä oleva konekanta voivat vaikuttaa hinnoitteluun. Toisaalta yrityksen ostopolitiikka tai tuotannonohjaus ja sitä kautta toimittajien ohjaus, voi ohjata toimittajia hinnoittelemaan tietyllä tavalla.

Reliabiliteetin näkökulmasta on aiheellista todeta, että jokaista yksittäistä nimikettä ei käyty läpi, eikä näin olla varmistuttu, että jokainen nimike on soveltuva tutkimukseen. Sen sijaan tutkimuksessa luotettiin toimeksiantajan kattavaan nimikeluokitteluun, jota hyväksikäyttäen tutkimuksen nimikkeet valittiin. Nimikeluokittelulla on pitkä historia, ja sitä tehdään systemaattisen prosessin mukaan. Näin ollen ei ole syytä epäillä, että tutkimukseen olisi valikoitunut tutkimukseen soveltumatonta nimikkeistöä.

## 5 Laskentamallin kehittäminen

Opinnäytetyön kehitystyönä rakennettiin suunnittelijan käyttöön laskentamalli, jolla hän näkee teräskappaleen referenssihinnan, voi tehdä vertailuja mm. eri materiaalien välillä, ja käydä keskustelua ostotoiminnon kanssa. Laskentamallin suunnittelussa tulee ottaa huomioon helppokäyttöisyys. Käyttäjää tulee ohjata siten, ettei valinnoista ole epäselvyyttä, tai että valintoja ei jää vahingossa tekemättä. Käyttöänoton sekä aktiivisen käytön edellytys on nopeakäyttöisyys. Laskentamallia suunniteltaessa otettiin huomioon, että laskentamallin käyttäminen ei vie liikaa aikaa varsinaiselta suunnittelutyöltä.

Tuotoksen lähtökohtana on Esa Hietikon Valmistettavuus-kirjassa (2015) esittelemä DFMA-periaatteita noudattava Excel-laskentapohja. Teräsrakenteiden suunnittelija tekee laskentapohjassa valinnat valmistusmenetelmän, valmistusmateriaalin, toleranssien jne. suhteen (kuva 15). Laskennasta saatavaa hintaa ohjaavat Lucas-menetelmän teräksenhinnoittelua koskevat peruseriaatteet. Toimeksiantajan suunnittelulutoiminto huolehti siitä, että laskentapohjan tekniset valinnat ovat järkeviä, ja suunnittelijat osaavat niitä käyttää.

<b>Select initial values:</b>	
<b>Part shape</b>	C1
<b>Manufacturing method</b>	Machining
<b>Smallest dimension [mm]</b>	>5.0
<b>Batch size:</b>	10
<b>Material:</b>	Low-C Steel
<b>Tolerance [mm]:</b>	>0,03-0,05
<b>Number of tolerance surfaces</b>	2
<b>Surface roughness</b>	Semi rough
<b>Number of fine surfaces</b>	1
<b>Mass [kg]</b>	29,5
<b>Calculated values (for one piece):</b>	
<b>Manufacturing cost (including material):</b>	<b>201,30 €</b>
<b>Material cost:</b>	<b>159,30 €</b>

Kuva 15. Laskentamallin tekninen osa

Teknisten valintojen jatkoksi kehitettiin laskentaosa (kuva 16) selvittämään ostoeräkokoja sekä yksikköostohintaa lasketulla kertaostoerällä. DFMA-periaatteiden mukaisesti samoja osia tulisi käyttää mahdollisimman monessa kohtaa yhden tuotteen sisällä, sekä tuoteperheiden välillä. Tehdäksemme laskentaa periaatteen toteutumisesta, laskuriin

lisättiin kenttä nimikkeen lukumäärälle yhden koneen sisällä. Vuosikulutusta laskettaessa täytyy arvioida vuosittaista valmistusmäärää. Sitä varten tehtiin laskentapohjaan oma välilehti, johon tuodaan vuosiennuste. Kun käyttäjä valitsee laskentapohjalta mihin tuotemalleihin nimike liittyy, pohja laskee automaattisesti ennusteeseen pohjautuen vuosikulutuksen.

<b>Parameters for unit price and working capital:</b>	
Quantity for one equipment	2
Items replaced	3
Items kept as a spare part	5
<b>Select Normet application: Yearly volume</b>	
SF Spraymec	
MF Spraymec	
Norstreamer	
Select a product or product family	
Select a product or product family	
<b>Yearly volume total</b>	
Safety stock estimated	
Estimated purchasing quantity	
Volume discount on unit price	
<b>Reference price</b>	<b>126,21 € = 4,28 €/kg</b>

Kuva 16. Laskentamallin laskennallinen osa

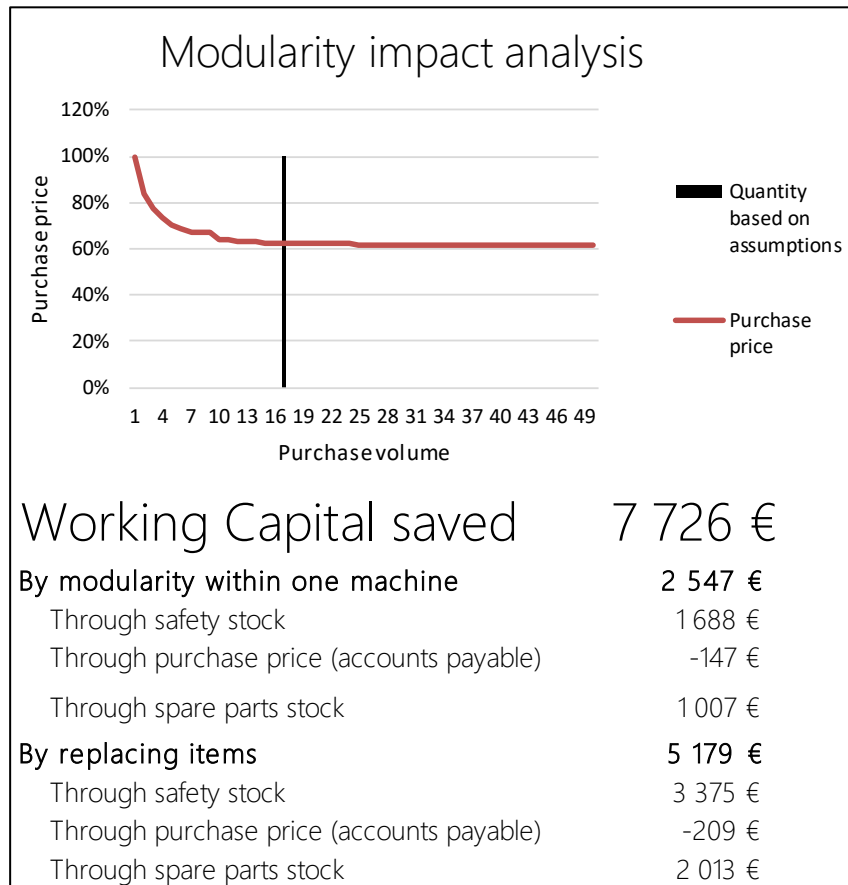
Toimeksiantaja käyttää ostotoiminnassa MRP-menetelmää, joka on osa toiminnanohjausjärjestelmää. MRP:n kautta tuotannon tarpeet purkautuvat yksittäisiksi nimikkeiksi, ja muodostuvat ostokehotteiksi. Nimikkeitä ostetaan tietyn ajanjakson tarpeita vastaava määrä. Ajanjakson pituus riippuu nimikkeen ostohinnasta. Käyttäen kyseistä ostopolitiikkaa, laskentapohja muodostaa vuosikäytön ja hinnan perusteella kertaostoerän. Ostoeräkoon perusteella haetaan tutkimuksen tuloksia listaavasta taulukosta kyseistä ostoeräkokoja ja nimikkeen painoa vastaava "alennusprosentti", jota hyödyntäen voidaan laskea volyymin mukainen alennettu ostohinta.

Ostohinta on laskentamallin tärkeimpiä lopputuloksia. Sen avulla suunnittelija voi käydä keskustelua ostotoiminnon kanssa, joka puolestaan voi verrata referenssihintaa toimittajilta saatuihin tarjouksiin. Toimeksiantajan käyttäessä target costing –menetelmää

tuotekehityksenhallinnassa, referenssihintaa antaa hyvää tietoa siitä, miten suunnitellun kappaleen hinta suhtautuu tavoitteeseen. Summattaessa useampia simuloitavia nimikkeitä yhteen, voidaan arvioida komponentin tai moduulin kustannusta suhteessa tavoitekustannukseen. Tärkeää on, ettei kappaletta tarvitse suunnitella täysin valmiiksi, vaan konseptivaiheen suunnitelma riittää simulointia varten. Näin toimittaessa säästyy arvokasta suunnittelu-aikaa.

Toimeksiantajalla on määritelty politiikka varmuusvarastotasolle. Se perustuu arvioon nimikkeen kiertävyydestä, ostohinnasta ja toimitusajasta. Hyödyntäen varmuusvarastomatriisia voitiin laskentapohjaan laskea nimikkeen varmuusvaraston taso.

Laskentapohjaan haluttiin tuoda näkyväksi suunnittelijalle modulaarisuuden ja DFMA-periaatteiden vaikutus käyttöpääomaan (kuva 17). Käyttöpääomaa voidaan parantaa suunnittelemalla käytettäväksi samaa nimikettä useassa kohtaa tuotteessa, tai käyttämällä samaa nimikettä eri tuotteissa tai tuoteperheissä. Mikäli samaa nimikettä voidaan käyttää useammassa kohtaa yhden tuotteen sisällä, tarvitaan vähemmän varmuusvarastoja. Koska vuosikäyttöä voidaan ohjata pienempään nimikemäärään, myös varastonkierto nopeutuu. Samalla ostoerä koko kasvaa, ja ostohinta pienenee. Ostohintojen pieneminen vaikuttaa keskimääräisten ostovelkojen määrään. Käyttöpääoman kaavan mukaisesti varastojen pieneminen vaikuttaa käyttöpääomaan pienentävästi, ja ostovelkojen pieneminen vaikuttaa suurentavasti.



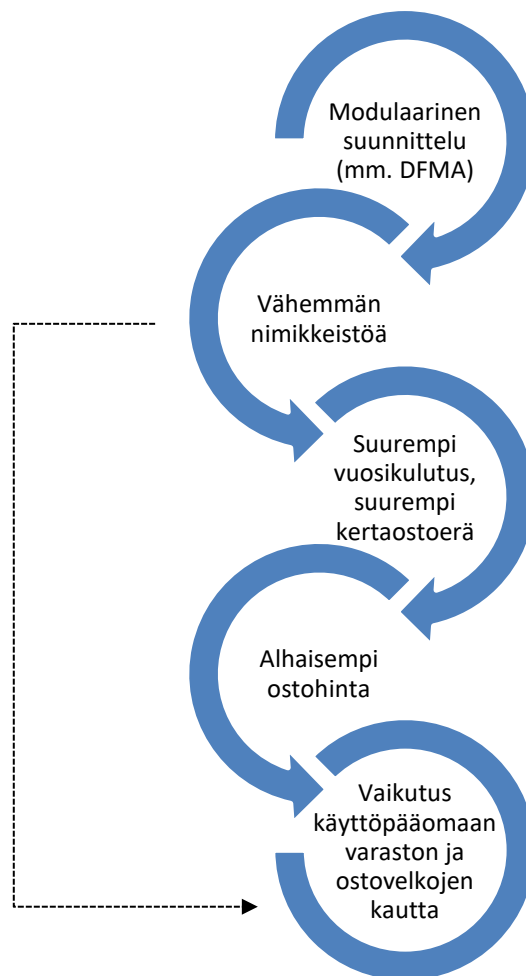
Kuva 17. Laskentamallin käyttöpääoman vaikutuksia simuloiva osa

Mallissa simuloidaan myös varaosavaraston kautta tapahtuva käyttöpääoman paraneminen. Mikäli samoja nimikkeitä voidaan käyttää useammassa sovelluksessa, varaosavarastoja tarvitaan vähemmän, ja niitä voidaan paremmin ohjata keskitetysti. Varaosista johtuva käyttöpääoman paranemista varten toimeksiantaja kehittää jatkossa laskentamallia edistyneemmillä parametreilla.



## 6 Pohdinta

Kehitystyössä havaittiin, että modulaariset tuoterakenteet nostavat vuosittaista ostomäärää ja sitä kautta ostoeräkokoja. Ostoeräkoot puolestaan vaikuttavat laskevasti ostohintaan. Nimikkeiden määrän laskeminen ja varastonkierron nopeutuminen vaikuttavat käyttöpääomaan monin eri tavoin. Varastossa tarvitaan vähemmän varmuusvarastoja, koska nimikemäärä on pienempi. Toisaalta varastoon sitoutuva summa on pienempi, koska ostettaessa varastoa sisään voidaan hyödyntää alhaisempaa ostohintaa. Jatkuva ostovelkojen määrä on alhaisempi, koska ostohinta pienenee. Käyttöpääoman kaavan mukaisesti varastojen pieneneminen vaikuttaa käyttöpääomaan pienentävästi ja ostovelkojen pieneneminen kasvattavasti. Edellä mainittu johtopäätös on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Modulaarinen suunnittelu vaikuttaa käyttöpääomaan ostoerän muutoksen kautta

Erityisesti nimikkeen määrän pitäminen mahdollisimman pienenä, sekä useiden nimikkeiden korvaaminen yhdellä uudella on järkevää. Mitä räätälöidympi tai varioituvampi tuote on, sitä enemmän ja erikoistuneempaa nimikkeistöä tarvitaan sen valmistamiseen. Suuri nimikkeiden määrä yhdistettynä ennustettavuuden haasteisiin luovat tilanteen, joissa varmuusvarastojen määrät ovat usein suuria. Tämä on omiaan lisäämään käyttöpääomaa, ja kasvattamaan varaston ikääntymisen ja mahdollisen alaskirjauksen riskiä. Toisaalta suuri nimikkeiden määrä kasvattaa myös muita kuin taloudellisia riskejä, kuten osapuutteiden riski, varastointitilan tarve jne.

Ostoeräkoon vaikutus käyttöpääomaan on suora: käyttöpääomaa parantava (pienentävä). Kuinka sitten kasvattaa ostoeräkojoja? Joissain tapauksissa voi olla järkevää muuttaa ostopolitiikkaa. Jos käytössä on MRP-järjestelmä, voidaan ostaa pidemmän aikavälin tarpeita vastaava määrä. Näin toimittaessa vaikutus on kuitenkin varastoa kasvattava, ja mahdollinen hyöty syödään. Pidemmän ajan tarpeita vastaavaa määrää voidaan harkita ostettavaksi, mikäli ostohinta nimikkeellä on matala. Mikäli yritys pystyy saman lokaation kautta ostamaan sekä tuotantoon, että varaosatoiminnoille, voidaan ostaa korkeampia ostoeriä kerralla. Tehokkain tapa nostaa ostoeräkojoja on suunnitella modulaarisia tuotteita, joissa samoja osia käytetään mahdollisimman monessa sovelluksessa.

Hajonta ostohintaportaiden välillä on suuri ja johtuu muun muassa eri tavoin käyttäytyvistä toimittajista. Erityyppinen hinnoittelu toimittajien välille heijastelee erilaisia markkinointistrategioita. Osa toimittajista koettanee merkittäväillä volyymialennuksilla laajentaa markkinaosuuttaan. Myös toimittajan konekannalla ja toiminnan laajuudella voi olla merkitystä, miten kyseinen toimittaja hinnoittelee eri ostoeräkoot. Valutekniikan ero leiket tuotteisiin on tyypillisesti pidemmät valmistussarjat, jotta yksikkökustannus madaltuu. Yrityksen näkökulmasta terästoimittajan hinnoittelun eroavaisuuksien ymmärtäminen ostaa ostotoimintaa hankkimaan nimikkeitä edullisimmin.

Hajontaa ostohintaportaiden välillä aiheuttaa myös nimikkeen paino. On ymmärrettävää, että toimittajat ohjaavat kevyempiä eli halvempia nimikkeitä suuremmilla volyymialennuksilla. Tämä johtuu muun muassa jokaiseen tilaukseen kohdistuvasta käsittely- ja logistiikkakulusta. Pienemmissä nimikkeissä kyseinen vaikutus on hintaan suurempi ostoeräkoon alimmilla portailla. Toisaalta toimittajan konekanta vaikuttaa asiaan, sekä toimittajan mahdollisuus hyödyntää jäljelle jäävät teräslevyt. Painavammissa nimikkeissä hukalla ei ole niin merkittävää osuutta kokonaisuutena kulutuksesta kuin mitä pienimmillä nimikkeillä. Painaviin osiin tarvitaan myös aina kappalekohtaista

logistiikkaa, joten usean kappaleen yhdistetty ei tuo vastaavia hyötyjä, kuten kevyemmissä kappaleissa.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä oli selvittää, miten voitaisiin suunnitella teräskappale, joka sitoo mahdollisimman vähän käyttöpääomaa. Opinnäytetyössä löydettiin konkreettisia vastauksia valittujen teoreettisten teemojen näkökulmista. Kokonaisuudessaan aihe on laaja, ja vaatii myös tekniikan ymmärrystä. Opinnäytetyöprosessin näkökulmasta haasteena oli rajata työtä vain kaupalliseen näkökulmaan. Metallinimikkeiden suunnittelu vaatii syvällistä metallitekniikan ymmärtämistä, jolloin on luonnollista, että aihetta käsitteleviä taloudellisia teorioita on rajallinen määrä.

Toimeksiantajaa opinnäytetyö hyödytti selvittämään ennalta määritetyn ongelman: kuinka ostoerä koko vaikuttaa teräskappaleen hintaan. Tutkimuksen lopputulos oli matemaattinen malli, jota toimeksiantaja voi käyttää käytännön sovelluksissaan. Kehitystyönä valmistui sellaisenaan käyttökelpoinen laskentamalli, jota toimeksiantaja voi jatkokehittää. Mallista saatavia hyötyjä käyttöpääoman kehittymiselle voidaan mitata vasta vuosien päästä. Tekijälle opinnäytetyö kehitti liiketoiminnan ja talouden välisen dynamiikan ymmärtämistä. Juurisyyt taloudellisille vaikutuksille ovat syvällä liiketoiminnan tekemisessä valinnoissa, ja talouden on hyvä ymmärtää liiketoimintalähtöisiä juurisyyt, samoin kuin liiketoiminnan on hyvä ymmärtää valintojensa taloudelliset vaikutukset.

Tutkimus on siirrettävissä muihin toimintaympäristöihin, missä teräsnimikkeiden hintatiedot tallennetaan portaittain järjestelmällisesti. Parhaiten tutkimus toimii ympäristöissä, joissa toimeksiantaja ei ole riippuvainen yhdestä toimittajasta, ja usean valmistusmenetelmän teräsnimikkeitä ostetaan laajasti eri painoluokista. Parhaiten tutkimuksen voi siirtää, mikäli tutkittava kohde toimii konepaja- tai koneenrakennusteollisuudessa.

Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla mielenkiintoista tutkia, mitkä syyt ohjaavat teräsoimittajien hinnoittelua. Ymmärrettäessä syitä paremmin, asiakasyritys voisi ohjata hankintaa pienten sarjojen osalta sellaisiin toimittajiin, joilla hinnoittelu on edullista pienten sarjojen osalta. Toisaalta suuremmat sarjat kannattaisi antaa tehtäväksi toimittajalle, joka suosii merkittäviä määrälennuksia. Kenties kevyemmät teräskappaleet kannattaisi ohjata toimittajille, joiden konekanta on pienempää ja toiminta ketterämpää.

Toinen jatkotutkimuksen aihe voisi liittyä MRP:n ja käyttöpääoman suhteeseen. MRP on hyvä järjestelmä avaamaan tuoterakenteet yksittäisiksi nimikkeiksi, ja purkamaan tuotannon aikataulut ostokehotteiksi. MRP ei kuitenkaan itsessään kerro ostoeräkokoja, vaan siihen tarvitaan yrityksen sisäistä politiikkaa. Kuinka laatia optimaalinen ostopolitiikka siten, että vähiten käyttöpääomaa sitoutuu, saadaan hyödynnettyä määrälennuksia, mutta tuotannon tai osasaatavuuden kärsimättä? Yrityksen tulisi löytää sopiva kompromissi varastointiajan suhteen, jolloin nimikkeillä saadaan määrälennuksia, mutta vältetään liian tavaran ostaminen varastoon.

## Lähteet

- Anttila, P. (2014). Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. [www.metodix.com](http://www.metodix.com). Artikkelit. Haettu 20.3. 2018, sivustolta <https://metodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta>
- Boothroyd, G., Dewhurst, P. & Knight, W. (2011). *Product Design for Manufacture and Assembly*. NW, USA: CRC Press.
- Brigham, E. & Houston, J. (2014). *Fundamentals of Financial Management*. 14<sup>th</sup> Edition. USA: Cengage Learning.
- Choi, T. (2014). *Handbook of EOQ Inventory Problems. Stochastic and Deterministic Models and Applications*. New York, USA: Springer.
- Clifton, M., Bird, H., Albano, R. & Townsend, W. (2004). *Target Costing – Market-Driven Product Design*. New York, USA: Marcel Dekker, Inc
- Donath, B., Mazel, J., Dubin, D. & Patterson, P. (2002). *The IOMA Handbook of Logistics and Inventory Management*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Ehrlenspiel, K., Kiewert, A. & Lindemann, U. (2007). *Cost Efficient Design*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Eisto, T., Hölttä, V., Mahlamäki, K., Kollanus, J. & Nieminen, M. (2010). Early Supplier Involvement in New Product Development: A Casting-Network Collaboration Model. *International Science Index, Economics and Management Engineering Vol:4, No:2, 2010*
- Eskilander, S. (2001). *Design For Automatic Assembly – A Method For Product Design: DFA2*. Doctoral Thesis. Royal Institute of Technology, Stockholm. Haettu 6.3. 2018, sivustolta <http://rolflovgren.se/RL-MDH/Eskilander%20Doc%20thesis%20DFA2.pdf>
- Fox, S., Cockerham, G. (2000). Design for orders. *Manufacturing Engineering*, April 2000, Vol. 79, No. 2.
- Handfield, R. & Minahan, T. (1999). Managing supplier integration in new product development. *Contracting Excellence magazine* on 15 Jun 2009. Haettu 6.3. 2018, sivustolta <https://www.iaccm.com/resources/?id=8079>
- Heikkilä, T. (2014). *Tilastollinen tutkimus*. Porvoo: Bookwell Oy

Hietikko, E. (2015). Valmistettavuus – Tuotteen valmistettavuuden ja kustannusten hallinta tuotekehitysvaiheessa. E-kirja.

Häkkinen, K. (2002). Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa. VTT Tuotteet ja tuotanto. Haettu 6.3. 2018, sivustolta <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2173.pdf>

Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. (2005). Johdon Laskentatoimi. Helsinki: Edita.

Normet. (2015). Normet tarjoaa ratkaisuja haastaviin asiakasprosesseihin maanalaisessa kaivos- ja tunnelitoiminnassa. Haettu 12.11. 2017, sivustolta [http://global.normet.com/normet/normet\\_fi](http://global.normet.com/normet/normet_fi)

Kallunki, J. (2014). Tilinpäätösanalyysi. Helsinki : Talentum Media

Kemppi, J. (2008). Suunnittelun merkitys tuotantokustannuksiin hitsauksessa. Lahden alueen kehittämissyhtiö. Haettu 29.10. 2017, sivustolta <http://docplayer.fi/4369604-Lahden-alueen-kehittamisyhtio-suunnittelun-merkitys-tuotantokustannuksiin-hitsauksessa.html>

Kirjanpitolaki (1336/1997). Haettu 17.12. 2017, sivustolta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/19971336>

KvantiMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. (2003). Regressioanalyysin rajoitteet. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Haettu 29.10. 2017, sivustolta <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/rajoitteet.html>

KvantiMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. (2008). Regressioanalyysi. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Haettu 29.10. 2017, sivustolta <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>

Logistiikanmaailma. (2017). Tilauspiste. Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö. Haettu 9.3. 2018, sivustolta: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/materiaalinohjaus/tilauspiste/>

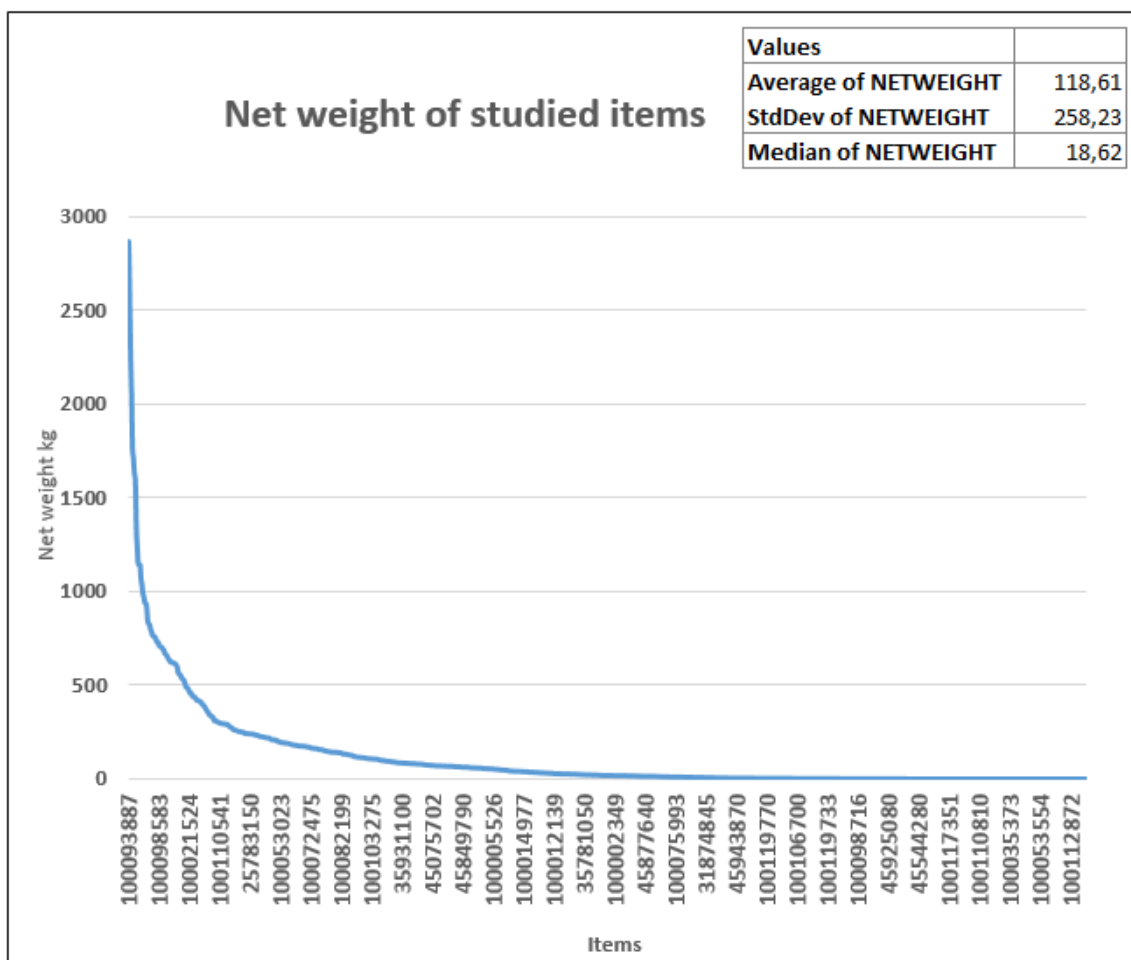
Lukka, K. (2001). Konstruktiivinen tutkimusote. www.metodix.com. Menetelmäartikkelit. Haettu 4.11. 2017, sivustolta <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>

- Pooler, V. & Pooler, D. (1997). Purchasing and Supply Management – Creating the Vision. USA: Chapman & Hall.
- Preve, L. & Sarria-Allende, S. (2010). Working Capital Management. USA: Oxford University Press.
- Rinne, A. (2013). Toimitusketjun tehostaminen – pikaopas. Ohjekirja toimitusketjun tehokkaaseen ja yksinkertaiseen kehittämiseen. Haettu 29.10. 2017, sivustolta [http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/biopoint/tietopankki/Documents/ohjekirja\\_2.0.pdf](http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/biopoint/tietopankki/Documents/ohjekirja_2.0.pdf)
- Ross, D.F. (2004). Distribution Planning and Control – Managing The Era of Supply Chain Management. Second Edition. New York, USA: Springer Science+Business Media
- Salmi, I. (2006). Mitä tilinpäätös kertoo? Edita: Helsinki
- Saastamoinen, J. 2014. OpusCapita kehitti uuden pk-rahoitusmallin. Kauppalehti 16.12.2014. Haettu 17.12. 2017, sivustolta <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/opuscapita-kehitti-uuden-pk-rahoitusmallin/JHiJFe7H>
- Stoll, H. (1999). Product Desing Methods and Practices. USA: Marcel Dekker, Inc.
- Taanila, A. (2014). Määrällisen aineiston kerääminen. Haettu 21.1. 2018, sivustolta <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/t/suunnittelu.pdf>
- Tilastokeskus. (2017). Vaihto-omaisuus. Haettu 17.12. 2017, sivustolta <http://www.stat.fi/meta/kas/vaihtoomaisuus.html>
- Toomey, J. (1996). MRP II. Planning for Manufacturing Excellence. USA: Chapman & Hall.
- Yritystutkimus ry. (2011). Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. 9. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

## Liite 1: Nimikkeiden painojakauma

Valid cases = 53345; cases with missing value(s) = 0.

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
Net Weight	53345	118.61	258.23	.00	2869.47





Liite 2: Ostokeräköön vaikutus ostohintaan sekä keskihajonta

Purchase Quantity ▾	Price % of price when purchase quantity = 1	StdDev of % of Price %
1	100,0 %	0,9 %
2	83,5 %	13,8 %
3	77,8 %	17,1 %
4	73,1 %	19,1 %
5	70,2 %	20,4 %
6	68,9 %	21,1 %
7	67,5 %	20,8 %
8	67,1 %	21,1 %
9	67,0 %	21,1 %
10	64,0 %	21,7 %
11	63,6 %	21,3 %
12	63,2 %	21,6 %
13	63,1 %	21,6 %
14	63,1 %	21,6 %
15	62,7 %	21,9 %
16	62,7 %	21,9 %
17	62,7 %	21,9 %
18	62,7 %	21,9 %
19	62,7 %	21,9 %
20	62,0 %	22,3 %
21	62,0 %	22,3 %
22	62,0 %	22,3 %
23	62,0 %	22,3 %
24	62,0 %	22,3 %
25	61,8 %	22,4 %
26	61,8 %	22,4 %
27	61,8 %	22,4 %
28	61,8 %	22,5 %
29	61,8 %	22,5 %
30	61,6 %	22,6 %
31	61,6 %	22,6 %
32	61,6 %	22,6 %
33	61,6 %	22,6 %
34	61,6 %	22,6 %
35	61,5 %	22,7 %
36	61,5 %	22,7 %
37	61,5 %	22,7 %
38	61,5 %	22,7 %
39	61,5 %	22,7 %
40	61,4 %	22,8 %
41	61,4 %	22,8 %
42	61,4 %	22,8 %
43	61,4 %	22,8 %
44	61,4 %	22,8 %
45	61,4 %	22,8 %
46	61,4 %	22,8 %
47	61,4 %	22,8 %
48	61,4 %	22,8 %
49	61,4 %	22,8 %
50	61,2 %	22,9 %



## Liite 4. Ostokeräköön vaikutus ostohintaan painoluokittain

Price % of price when purchase quantity = 1 Purchase Quantity	Column 100-	81-100	61-80	41-60	21-40	1-20	Grand Tot
1	99,9 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
2	86,7 %	83,4 %	81,9 %	80,3 %	81,7 %	82,6 %	83,5 %
3	82,4 %	78,7 %	76,6 %	74,4 %	76,2 %	75,8 %	77,8 %
4	80,2 %	76,0 %	73,7 %	70,8 %	73,0 %	69,1 %	73,1 %
5	79,0 %	73,6 %	72,2 %	68,9 %	70,8 %	64,9 %	70,2 %
6	78,4 %	72,9 %	71,5 %	68,0 %	69,8 %	62,9 %	68,9 %
7	76,7 %	71,2 %	69,6 %	66,2 %	67,8 %	61,9 %	67,5 %
8	76,4 %	70,8 %	69,2 %	65,4 %	67,4 %	61,4 %	67,1 %
9	76,4 %	70,8 %	69,2 %	65,4 %	67,3 %	61,3 %	67,0 %
10	75,8 %	69,9 %	68,2 %	64,3 %	66,4 %	56,1 %	64,0 %
11	75,2 %	69,4 %	67,5 %	63,7 %	65,7 %	55,8 %	63,6 %
12	74,9 %	69,0 %	67,2 %	63,2 %	65,3 %	55,3 %	63,2 %
13	74,9 %	69,0 %	67,2 %	63,2 %	65,3 %	55,2 %	63,1 %
14	74,9 %	69,0 %	67,2 %	63,2 %	65,3 %	55,1 %	63,1 %
15	74,6 %	68,6 %	66,8 %	62,8 %	64,9 %	54,8 %	62,7 %
16	74,6 %	68,6 %	66,8 %	62,8 %	64,9 %	54,7 %	62,7 %
17	74,6 %	68,6 %	66,8 %	62,8 %	64,9 %	54,7 %	62,7 %
18	74,6 %	68,6 %	66,8 %	62,8 %	64,9 %	54,6 %	62,7 %
19	74,6 %	68,6 %	66,8 %	62,8 %	64,9 %	54,6 %	62,7 %
20	74,3 %	68,2 %	66,3 %	62,3 %	64,4 %	53,7 %	62,0 %
21	74,3 %	68,2 %	66,3 %	62,3 %	64,4 %	53,7 %	62,0 %
22	74,3 %	68,2 %	66,3 %	62,3 %	64,4 %	53,7 %	62,0 %
23	74,3 %	68,2 %	66,3 %	62,3 %	64,4 %	53,7 %	62,0 %
24	74,3 %	68,2 %	66,3 %	62,3 %	64,4 %	53,7 %	62,0 %
25	74,1 %	68,0 %	66,1 %	62,0 %	64,2 %	53,5 %	61,8 %
26	74,1 %	68,0 %	66,1 %	62,0 %	64,2 %	53,5 %	61,8 %
27	74,1 %	68,0 %	66,1 %	62,0 %	64,2 %	53,5 %	61,8 %
28	74,1 %	68,0 %	66,1 %	62,0 %	64,2 %	53,5 %	61,8 %
29	74,1 %	68,0 %	66,1 %	62,0 %	64,2 %	53,5 %	61,8 %
30	74,0 %	67,8 %	66,0 %	61,9 %	64,0 %	53,2 %	61,6 %
31	74,0 %	67,8 %	66,0 %	61,9 %	64,0 %	53,2 %	61,6 %
32	74,0 %	67,8 %	66,0 %	61,9 %	64,0 %	53,2 %	61,6 %
33	74,0 %	67,8 %	66,0 %	61,9 %	64,0 %	53,2 %	61,6 %
34	74,0 %	67,8 %	66,0 %	61,9 %	64,0 %	53,2 %	61,6 %
35	73,9 %	67,7 %	65,9 %	61,7 %	63,9 %	53,1 %	61,5 %
36	73,9 %	67,7 %	65,9 %	61,7 %	63,9 %	53,1 %	61,5 %
37	73,9 %	67,7 %	65,9 %	61,7 %	63,9 %	53,1 %	61,5 %
38	73,9 %	67,7 %	65,9 %	61,7 %	63,9 %	53,1 %	61,5 %
39	73,9 %	67,7 %	65,9 %	61,7 %	63,9 %	53,1 %	61,5 %
40	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
41	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
42	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
43	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
44	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
45	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
46	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
47	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
48	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
49	73,9 %	67,6 %	65,8 %	61,6 %	63,8 %	53,0 %	61,4 %
50	73,8 %	67,5 %	65,7 %	61,5 %	63,7 %	52,7 %	61,2 %

Liite 5. Regressioanalyysi muunnoksella  $g = \sqrt{x}$ 

Model Summary (Purchase price)

<i>R</i>	<i>R Square</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>
.33	.11	.11	.20

ANOVA (Purchase price)

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	206.59	2	103.29	2497.17	.000
<i>Residual</i>	1656.33	40042	.04		
<i>Total</i>	1862.92	40044			

Coefficients (Purchase price)

	<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
<i>(Constant)</i>	.78	.00	.00	243.78	.000
Squareroot(x)	-.03	.00	-.21	-44.25	.000
Net weight / 1000	.19	.00	.26	55.10	.000