

Ville Pirinen

## **PAKKAUKSEN OPTIMOINTI**

# PAKKAUKSEN OPTIMOINTI

Ville Pirinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, koneautomaatio

---

Tekijä: Ville Pirinen  
Opinnäytetyön nimi: Pakkauksen optimointi  
Työn ohjaajat: Esa Kontio, Katja Laakkonen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018  
Sivumäärä: 45 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyössä tehostettiin yrityksen pakkausprosessia pakkaus- ja layout-suunnittelun avulla. Työssä suunniteltiin tutkittaville tuotteille uudet pakkaukset, joista valmistettiin prototyypit arvioitavaksi. Työn aikana toteutettiin pakkausprosessiin arvovirtakuvaus, jonka perusteella uutta layoutia alettiin suunnittelemaan. Layout-suunnittelulla pyrittiin parantamaan pakkaamisen tehokkuutta vähentämällä hukkan määrää. Toissijaisena tavoitteena oli kartoittaa muita mahdollisia menetelmiä pakkaamisen tehostamiseksi ehdotustasolle asti.

Työn lähtötilanteessa tutkittiin kahdenkymmenen tuotteen pakkausprosessia, joista työn edetessä valittiin tuotteet, joiden pakkausprosessia kehitettiin. Valintaprosessin aikana tehtyjen havaintojen ja pakkaajien toiveiden perusteella kahdentoista tuotteen nykyiset pakkauskustannukset arvioitiin. Arvioinnissa eriteltiin työvoima- ja materiaalikustannukset vuositasolla. Kustannusarvioiden perusteella valittiin kahdeksan tuotetta pakkaus-suunnitteluun.

Pakkaussuunnittelussa syntyneiden mallien mukaan valmistettiin tai tilattiin pakkausratkaisuihin prototyypit. Prototyyppien avulla kehitetyt pakkausratkaisut voitiin erilaisin testeillä todentaa toimiviksi ja kustannustehokkaiksi. Layout-suunnitelmasta mallinnettiin kolme erilaista ehdotusta, joita arvioitiin työn aikana. Toissijaisina menetelminä kartoitettiin erilaisia pakkauskoneita ja uusia pakkauslaattikomalleja.

Työn tuloksena seitsemälle tuotteelle kehitettiin uusi pakkausratkaisu, joista viisi päätettiin ottaa käyttöön työn aikana ja kahden käyttöönotosta yritys päättää työn päättymisen jälkeen. Uusilla ratkaisuilla saavutettiin merkittäviä kustannussäästöjä. Layout-suunnittelun tuloksena laadittiin lean-filosofian mukaisesti kolme erilaista layout-ehdotusta, joista yksi ehdotus päätettiin toteuttaa työn päättymisen jälkeen, kun työn aikana kehitettyjen pakkausratkaisujen materiaalien tilantarve ilmenee. Toissijaisena menetelmänä löydettiin kilpailukykyinen pakkausmateriaalin toimittaja sekä laadittiin ehdotuksia pakkauskoneiden ja -materiaalien hankinnasta.

---

Asiasanat: pakkaussuunnittelu, layout, prototyyppi, arvovirtakuvaus

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää opinnäytetyön tilaajaa Mectalent Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta ja työntekijöiden yhteistyöstä työn aikana. Kiitän työn ohjaajia laatupäällikkö Katja Laakkosta sekä lehtori Esa Kontiota asiantuntevista neuvoista ja ohjauksesta.

Opinnäytetyöprojekti oli opettavainen kokemus, jonka aikana opin paljon uutta pakkaus-suunnittelusta, layout-suunnittelusta ja projektitoiminnasta. Pakkaussuunnittelu ei ollut ennestään tuttu aihealue, mutta hyvällä perehtymisellä ja tiedon etsimisellä saavutettiin hyviä tuloksia.

Oulussa 18.5.2018

Ville Pirinen

# SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ   | 3  |
| ALKULAUSE   | 4  |
| SISÄLLYS  | 5  |
| 1 JOHDANTO  | 7  |
| 1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet             | 7  |
| 1.2 Työn rajaukset                                      | 7  |
| 1.3 Tutkimusmenetelmät                                  | 8  |
| 1.4 Yritysesittely                                      | 8  |
| 2 PAKKAUS   | 9  |
| 2.1 Pakkauksen tehtävät                                 | 9  |
| 2.2 Ympäristö ja kierrätettävyys                        | 10 |
| 2.3 Pakkaussuunnittelu                                  | 11 |
| 2.4 Pakkausmateriaalit                                  | 12 |
| 2.4.1 Kuitupohjainen materiaali                         | 13 |
| 2.4.2 Puu   | 14 |
| 2.4.3 Lasi  | 14 |
| 2.4.4 Muovi   | 14 |
| 2.4.5 Metallit  | 15 |
| 3 PAKKAUS OSANA LOGISTIIKKAKETJUA                       | 16 |
| 3.1 Pakkaukseen kohdistuvat rasitukset                  | 16 |
| 3.2 Pakkauksen modulointi                               | 17 |
| 3.3 Käsittely-yksiköt                                   | 18 |
| 3.4 Pakkausmerkinnät                                    | 18 |
| 4 LEAN-TYÖKALUT   | 20 |
| 4.1 Periaatteet   | 20 |
| 4.2 Arvovirtakuvaus (VSM)                               | 20 |
| 4.3 5S-menetelmä  | 20 |
| 5 PAKKAUSPROSESSIN OPTIMOINTI                           | 21 |
| 5.1 Tiedon kerääminen ja pakkausprosessiin tutustuminen | 21 |
| 5.2 Arvovirtakuvaus                                     | 21 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 5.3 Pakkauskustannusten arviointi | 22 |
| 5.4 Tuotteiden valinta            | 23 |
| 5.5 Layout-suunnittelu            | 23 |
| 5.5.1 Lähtökohdat                 | 23 |
| 5.5.2 Layout-suunnitelma 1        | 24 |
| 5.5.3 Layout-suunnitelma 2        | 25 |
| 5.5.4 Layout-suunnitelma 3        | 26 |
| 5.5.5 Päätelmät                   | 27 |
| 5.6 Pakkaussuunnittelu            | 27 |
| 5.6.1 Lähtökohdat                 | 27 |
| 5.6.2 Toteutus                    | 29 |
| 5.6.3 Tuote 1 ja 2                | 29 |
| 5.6.4 Tuote 3                     | 30 |
| 5.6.5 Tuote 4                     | 30 |
| 5.6.6 Tuote 5                     | 32 |
| 5.6.7 Tuote 6                     | 33 |
| 5.6.8 Tuote 7                     | 34 |
| 5.6.9 Tuote 8                     | 35 |
| 5.7 Toissijaiset menetelmät       | 36 |
| 6 OPTIMOINNIN TULOKSET            | 38 |
| 6.1 Pakkausratkaisut              | 38 |
| 6.2 Layout-suunnitelma            | 39 |
| 6.3 Lean 5S                       | 39 |
| 6.4 Toissijaiset menetelmät       | 40 |
| 6.5 Tulevaisuuden kehitysideat    | 41 |
| 7 YHTEENVETO                      | 42 |
| LÄHTEET                           | 44 |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoitteet

Opinnäytetyön tilaajana toimii Mectalent Oy. Työssä optimoidaan pakkausprosessia aiempaa kustannustehokkaammaksi. Työn ensisijaisena tavoitteena on parantaa pakkausprosessin tehokkuutta pakkaus- ja layout-suunnittelun avulla. Toissijaisena tavoitteena on optimoida pakkausprosessia erilaisten menetelmien kuten pakkausautomaation, materiaalivirtojen suunnittelun ja lean-työkalujen avulla.

Tuotteiden tilausmäärien odotetaan nousevan seuraavien vuosien aikana. Pakkaaminen suoritetaan manuaalisesti, ja työssä tutkittavien tuotteiden pakkaaminen on hidasta. Tarvitaan muutoksia, jotta tilausmääriin pystytään tulevaisuudessa vastaamaan nykyistä tehokkaammin.

Pakattavat tuotteet ovat visuaalisesti ja laadullisesti tarkkoja, jolloin kuljetuspakkauksen merkitys on suuri. Työssä tutkittavat tuotteet ovat muovisia tai metallisia osia, joista osa pintakäsittellään kova-anodisoimalla tai maalaamalla. Pintakäsittelyjen jälkeen tuotteille suoritetaan tarkastuksia ja mittauksia, minkä vuoksi pakkauksia joudutaan avaamaan ja sulkemaan useita kertoja, ennen kuin tuote saapuu loppuasiakkaalle. Pakkaussuunnittelussa pyritään hyödyntämään samoja ratkaisuja sisäisessä logistiikassa ja lopullisessa kuljetuspakkauksessa.

Työn tuloksena laaditaan valmistuspiirustukset tai kuvaukset uusista pakkausratkaisuista kustannuslaskelmineen. Kehitetyistä pakkausratkaisuista valmistetaan prototyypit, jotka testataan ja arvioidaan. Tässä työssä toissijaiset menetelmät kartoitetaan ehdotustasolle asti.

## 1.2 Työn rajaukset

Työn alussa tutkittavat tuotteet rajattiin kahteenkymmeneen tuotteeseen, joista työn myöhemmässä vaiheessa valitaan pakkaussuunnitteluun yritykselle eniten hyötyä saavutta-

vat tuotteet. Pakkaussuunnittelulla pyritään tehostamaan pakkaamistoimintoa ja vähentämään pakkaamisesta aiheutuvia kustannuksia. Layout-suunnittelun mahdollisuudet tutkitaan työn aikana.

### **1.3 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus sisältää sekä kvalitatiivisia eli laadullisia että kvantitatiivisia eli määrällisiä menetelmiä. Haastattelut ja havainnointi antavat laadullista yleistietoa pakkausprosessista. Saatua tietoa hyödynnetään määrällisen tutkimuksen pohjana. Määrällisessä tutkimuksessa tarkastellaan työvoima- ja pakkausmateriaalikustannusten vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Määrällisenä tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin myös arvovirtakuvausta. Layout-suunnittelu perustuu arvovirtakuvauksesta saatuihin tuloksiin. (1; 2.)

Tutkimus voidaan luokitella soveltavaksi tutkimukseksi. Soveltavalla tutkimuksella pyritään saamaan uutta tietoa, jota pyritään hyödyntämään käytännön sovelluksissa. Tutkimuksella pyritään löytämään uusia keinoja ja menetelmiä ongelmien ratkaisemiseksi. Kehittämistyöllä tarkoitetaan tutkimuksen ja käytännön kokemuksen kautta saadun tiedon käyttämistä uusien tuotteiden ja tuotantoprosessien kehittämiseen tai jo olemassa olevan ratkaisun kehittämiseksi. Tämän tutkimuksen tavoitteena on parantaa pakkausprosessin tehokkuutta ja laatua. (3.)

### **1.4 Yritysesittely**

Mectalent Oy:n historia ulottuu vuoteen 1982, jolloin perustettiin Oulun Hienomekaniikka Oy. Oulun Hienomekaniikka toimi teollisuuden ja puolustusteollisuuden aloilla toimittaen koneistettuja komponentteja, moduuleja ja kokonaisia tuoteperheitä. Maailman laajuisesti instrumentteja ja implantteja valmistanut Coronaria Instruments Oy perustettiin vuonna 1996. Mectalent syntyi vuonna 2008, kun nämä kaksi yritystä yhdistyivät. Mectalent on osa suomalaista COR group -konsernia. (4.)

Mectalent on laitevalmistuksen ja tarkkuusmekaniikan asiantuntija, jonka toiminnan pääpaino uusien teknologioiden, lääketieteen ja puolustusteollisuuden aloilla. Yritys valmistaa, suunnittelee, mittaa ja testaa hienomekaanisia osia, kokoonpanoja ja laitteita. (4.)



## 2 PAKKAUS

Pakkaukset ovat osana jokaista arkipäivää. Ne palvelevat kuluttajan lisäksi monia teollisuuden aloja ja turvaavat kaupan toiminnan tavaravirtojen ja logistiikan vaatimusten kasvussa ja muuttuessa. Pakkausala on yhteiskuntaa palveleva ala, jonka kokonaistuotannon arvo Suomessa on noin 1,65 miljardia euroa. Pakkausala on monipuolinen ala, jonka merkitys kasvaa siirryttäessä globaaliin kaupankäyntiin. (5, s. 15.)

### 2.1 Pakkauksen tehtävät

Pakkauksen perustehtävänä on suojata pakattavaa tuotetta fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia rasituksia vastaan. Mekaanisia rasituksia tuotteisiin kohdistuu eniten kuljetusten ja käsittelyjen aikana, jolloin pakkausten tulee kestää erityyppisiä rasituksia. Fysikaalisia rasituksia aiheuttavat esimerkiksi ilman kosteus ja pöly. Tuotteiden suojaamisessa käytetään paljon erilaisia pakkausyhdistelmiä niihin liittyvien toimintojen helpottamiseksi. Tuotteen suojaamisella tarkoitetaan myös turvallisuutta pakkauksia käsitellessä. (5, s. 15 - 16.)

Pakkauksen tulee suojata tuote normaaleilta kuljetuksen aikana aiheutuvilta rasituksilta, kuten mekaanisilta, ilmastollisilta ja biologisilta rasituksilta. Rasitukset voidaan jaotella varastointi-, käsittely- ja kuljetusrasituksiin. (5, s. 24 - 25.)

Pakkaukselle voidaan asettaa kuljetusmuodosta riippumatta perusvaatimuksia, joita ovat seuraavat (5, s. 24 - 25):

- Tuotteen tulisi täyttää pakkaus kokonaan.
- Pakkaus on mitoitettava ja materiaali valittava siten, että se kestää kuljetuksen aikaiset lämpötilan ja kosteuden vaihtelut.
- Iskunvaimennuksen on oltava tuotekohtainen ja riittävä.
- Tavara on yksiköity tai se voidaan yksiköidä muitten tuotteiden kanssa trukilla käsiteltäväksi.
- Standardeja noudatetaan.
- Kiinnitys- ja nostokohdat merkataan tarvittaessa.

## 2.2 Ympäristö ja kierrätettävyys

Suomessa käytetään vuosittain noin 1 200 000 tonnia erilaisia pakkauksia, joista 66,7 % on uudelleen käytettäviä. Erilaisten pakkausmateriaalien käytön erot ovat pieniä ympäristön kannalta, kun pakkaus toimii oikein suojatessaan tuotetta. Pakkaussuunnittelussa jokaisessa vaiheessa tulee huomioida ympäristö, jotta vältetään turhilta ympäristörasituksilta. (5, s. 16.)

Pakkauksilla on vaikutuksia ympäristöön koko sen elinkaaren ajan, minkä vuoksi on tärkeä tietää pakkauksen käytön vaiheissa aiheutuvat ympäristövaikutukset. Pakkausten käsiteltävyys, keveys ja kierrätettävyys vaikuttavat ympäristöön, minkä takia ympäristötietoisuuden lisääntyä pakkaukset ovat pienentyneet. Ympäristöhaittojen vähentämiseen tulee kiinnittää huomiota jo pakkauksen suunnitteluvaiheessa. Pakkauksiin tulee käyttää vain suojaamisvaatimusten mukainen määrä pakkausmateriaalia ja haitallisia aineita ei saa käyttää yli sallittujen arvojen. Ylipakkaamista tulee välttää, koska se kasvattaa jätteen määrää. (6, s. 75.)

Pakkausten kierrätettävyydellä tarkoitetaan sitä, että pakkausmateriaalista voidaan valmistaa uusia tuotteita tai sitä voidaan hyödyntää energiana. Lähes kaikki käytetyimmät pakkausmateriaalit ovat kierrätettäviä, jolloin pakkauksen hyötykäyttöön kuuluvat niin materiaalin kuin energiankin hyödyntäminen. Pakkausmateriaalien markkinat tulee tiedostaa, jotta voidaan verrata materiaalivaihtoehtoja keskenään ympäristönäkökulman kannalta. (6, s. 75.)

EU-direktiivi edellyttää, että pakkausjätteestä 60 % tulee olla kierrätettävissä hyötykäyttöön. Direktiivi sisältää myös pakkausmateriaalin käytön energiana. Pakkaajan tulee huolehtia, että pakkauksista kierrätetään taulukon 1 mukaiset osuudet. (6, s. 75.)

TAULUKKO 1. Pakkausjätteiden hyödyntäminen vuonna 2008 (mukailien 6, s. 76)

| Vuosi                                  | Hyötykäyttö,<br>sisältää<br>energiakäytön (%<br>pakkaus-jätteestä) | Kierrätys,<br>yhteensä<br>% | Kuitu % | Lasi % | Metalli<br>% | Muovi<br>% | Puu<br>% |
|--|--|-----------------------------|---------|--------|--------------|------------|----------|
| <b>2008<br/>Saavutettu<br/>(Suomi)</b> | 90   | 56                          | 93      | 80     | 75           | 23         | 20       |
| <b>2008<br/>Vaatus<br/>(Suomi)</b>     | 61   | 55                          | 60      | 60     | 50           | 22,5       | 15       |
| <b>Tavoite<br/>(EU)</b>                | 60   | 55–80                       | 60      | 60     | 50           | 22,5       | 15       |

### 2.3 Pakkaussuunnittelu

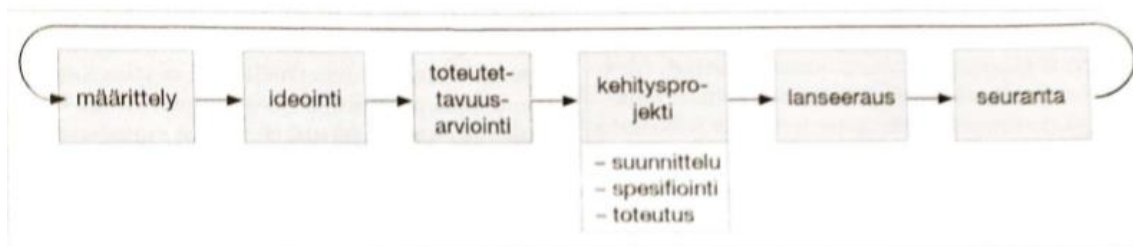
Yritysten välisessä kaupankäynnissä korostetaan tuotteen suojaamisen, helpon käsittelyn ja ympäristötekijöiden lisäksi edullisia kokonaiskustannuksia (7). Pakkauksen tulee olla mitoitettu oikein kuljetusvälineiden täyttämistä varten, koska pakkaus on osa tuotteen logistista ketjua, jolloin se on palveleva aputoiminto. Lisäksi niiden tulee toimia lavauskoineissa ja varastojärjestelmissä. Toimintojen tehokkuuden mahdollistamiseksi pakkauksia tarvitaan koko jakeluketjun ajan, jotta tuotteen ympäristörasitukset voidaan minimoida. (8, s. 15 - 16.)

Kuljetusjärjestelmät pohjautuvat kuormalavoille ja kontteihin kootuista tuotemassoista, joita voidaan kuljettaa samoissa kuljetusjärjestelmissä. Lujuus- ja kokovaatimukset on pyritty standardoimaan ohjaamaan kuljetusketjua. Pakkaussuunnittelussa tulee huomioida tuotteen ehjänä pysymisen vaatimat lujuudet. (8, s. 45.)

Pakkaamisesta ja pakkausmateriaaleista aiheutuvat kustannukset ovat merkittäviä tuotteiden valmistajille. Aiheutuvat kustannukset ovat tärkeä tiedostaa pakkaussuunnittelun aikana. (8, s. 45.)

Kuljetuspakkauksen rakennesuunnittelussa on käytettävissä eurooppalainen FEFCO-koodisto, johon on koottu perusratkaisut sekä niiden useita muunnoksia. Herkät tuotteet saattavat vaatia suojaavia sisäosia, kuten aaltopahvinen tukilevy tai ristikko. Tarvittaessa voidaan suunnitella tuotetta tukeva yksilöllinen rakenne, joka toimii iskunvaimentimena. (8, s. 156.)

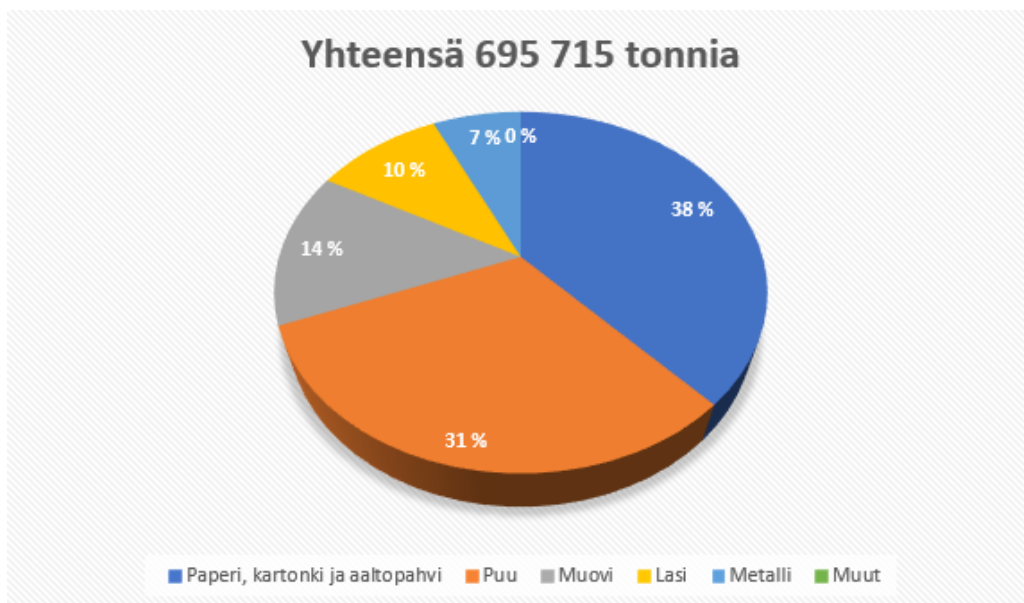
Pakkausmuunnosprojektissa jo olemassa olevaan pakkaukseen tehdään muutoksia. Muutostarve liittyy esimerkiksi tuotelaatuun, pakkausprosessin tehokkuuteen, jakelutehokkuuteen tai ympäristövaikutuksiin. Tällöin tavoitellaan parempaa tuotetulosta pienentämällä operatiivisia kustannuksia, kuten logistista tehokkuutta, työvoima- ja pakkausmateriaalikustannusten pienentämistä rakennesuunnittelun sekä pakkauslinjan tai -automaation käyttöönotolla. Kuvassa 1 esitetty pakkauskehitysprojektin vaiheet. (8, s. 40.)



KUVA 1. Pakkauskehityksen vaiheet (8, s. 40)

## 2.4 Pakkausmateriaalit

Käytettävät pakkausmateriaalit vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmin käytettyjä pakkausmateriaaleja ovat kuitupohjaiset materiaalit, kuten paperi, kartonki ja aaltopahvi, sekä puu, muovi, lasi ja metalli. Kuvassa 2 on esitetty uusien kierrättämättömien pakkausmateriaalien käyttö Suomessa vuonna 2007. (9, s. 151.)



*KUVA 2. Uusien pakkausmateriaalien käyttö Suomessa vuonna 2007 (mukaillen 9, s. 151)*

#### **2.4.1 Kuitupohjainen materiaali**

Kuitupohjaiset pakkausmateriaalit, jotka jaetaan luonnosta saataviin puuperäisiin ja ei-puumaisiin, ovat erittäin tärkeä ja keskeinen raaka-aine pakkausteollisuudessa. Tärkeitä ominaisuuksia ovat uusiutuva luonnonmateriaali, kierrätettävyys ja kompostoitavuus. (8, s. 128.)

Paperi on luja pakkausmateriaali, jolla on erinomainen leikkaantumislujuus esimerkiksi muoviin nähden. Paperipohjainen pakkaus kestää teräviä kulmia ja leikkaavia reunoja yllättävän hyvin kuljetuksen eri vaiheissa. Paperi valmistetaan painatusta ajatellen, koska pakkaukselta edellytetään poikkeuksia lukuun ottamatta informaation välitystä. Yleisimmin paperia käytetään yksinään hengittävänä suojakääreenä tai yhdistettynä muihin materiaaleihin sekä etiketeissä, pusseissa ja kääreissä. (8, s. 138.)

Kartonki valmistetaan useammasta kuitukerroksesta, jonka vuoksi se eroaa paperista. Kartonkia käytetään kartonkikoteloissa, jotka ovat yleisimmin kuluttajapakkauksissa käytetty materiaali. Kotelon avulla tuote saadaan nopeasti, suojatusti ja tehokkaasti jakelun kautta kaappoihin ja kuluttajalle. Kartongista voidaan tehdä yksilöllisiä ratkaisuja, jotka ovat osa tuotetta. (8, s. 143.)

Aaltopahvi on maailman yleisin pakkausmateriaali, jota käytetään yleisimmin kuljetuspakkauksissa. Materiaalia käytetään myös kuluttajapakkauksina, arkkeina, paperirullien päätelappuina, erilaisina kontteina, myyntitelineinä ja kääreinä. Aaltopahvi on sen aaltokerroksen ansiosta jäykempää kuin vastaavan painoinen kiinteä pahvi, joka edistää pakkausjätteen synnyn ehkäisyä. Aaltopahvipakkaus on kevyt, painoonsa nähden kestävä, iskunvaimennus- ja lämmöneristyskykyinen, asiakaskohtainen, edullinen ja kierrätettävä. (8, s. 150 - 151.)

#### **2.4.2 Puu**

Puuta käytetään sen kestävyys- ja lujuuden vuoksi etenkin kuormalavoissa, häkeissä, laatikoissa ja erilaisissa tukirakenteissa. Puiset kuormalavat kantavat noin tonnin painoisen kuorman. Puusta valmistetut tukirakenteet ja kehikot tarjoavat joustavia ja muunneltavia pakkausratkaisuja etenkin raskaiden ja vaativien tuotteiden pakkauksina. Rakenne voidaan rakentaa pakkauspaikalla pakattavan tuotteen mittojen mukaisesti. Pakkausratkaisut tulee suunnitella siten, että ne ovat koneellisesti siirrettävissä. Luonnonmateriaalina puu on arvostettu materiaali lahjapakkauksissa, joita ovat esimerkiksi säilytysrasiat ja -kotelot. (8, s. 69 - 70.)

#### **2.4.3 Lasi**

Lasi on vanhin pakkauksissa käytetty materiaali, jonka valmistaminen on suhteellisen edullista ja raaka-aineet ovat yleisiä luonnonmateriaaleja. Lasi kestää painetta ja tyhjiötä, eikä se reagoi siihen pakattujen aineiden kanssa. Kaasut, liuokset ja liuottimet eivät läpäise lasia ja vain fluorivetyhappo liuottaa sitä. Lasipakkauksia käytetään etenkin juoma- ja elintarviketeollisuudessa mutta myös lääke- ja kosmetiikkateollisuus ovat suuria käyttäjiä. (8, s. 72.)

#### **2.4.4 Muovi**

Useasti pakkauksissa käytetään yhdistelmä rakenteita, jotka olisivat teknisesti mahdottomia ilman muovin käyttämistä. Eri muoveilla on ominaisuuksia, joita hyödynnetään erityyppisissä pakkausratkaisuissa. Muovien käyttö pakkausmateriaalina kasvaa koko ajan. Muoveja käytetään pakkauksissa esimerkiksi kalvoina, pusseina, kutisteina ja vaimentimina. (8, s. 85 - 95.)

### **2.4.5 Metall**

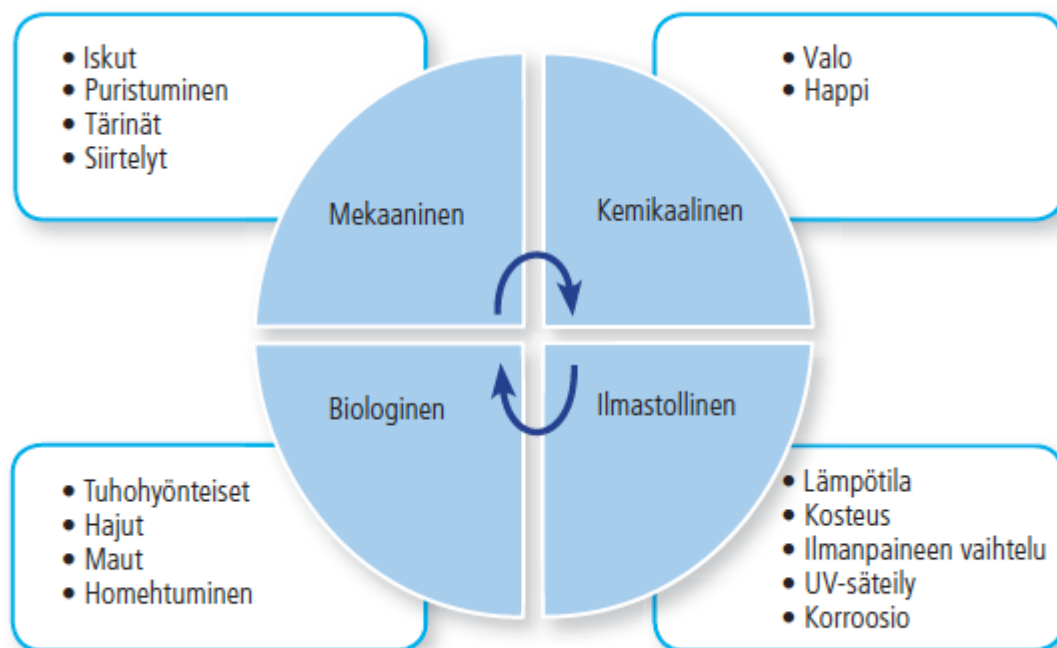
Metallipakkausten raaka-aineena käytetään tinattua teräslevyä, alumiinilevyä, kromattua peltiä ja pinnoittamatonta teräslevyä. Metallipakkaukset ovat valo-, kosteus-, kaasu- ja rasvatiiviitä, eikä niistä siirry vieraita aineita tai hajuja tuotteeseen. Metallin suojausominaisuudet ovat hyvät ja sitä on helppo käsitellä ja painaa. Metallin käytön etuna on jatkuva kierrätysmahdollisuus laadun siitä kärsimättä, jonka vuoksi säästyy runsaasti energiaa. Metallipakkauksia käytetään elintarvikepakkauksissa sekä teknokemian- ja väriteollisuudessa kartioastioina, kanistereina ja tynnyreinä erilaisten aineiden säilyttämiseen ja kuljettamiseen. (8, s. 78.)

### 3 PAKKAUS OSANA LOGISTIikkAKETJUA

Logistiikalla tarkoitetaan materiaalivirtojen ohjaamista loppuasiakkaalle laadullisesti ja määrällisesti sovitusti oikeaan aikaan ja paikkaan. Logistiikan avulla pyritään minimoimaan kustannukset ja haitat. Tehokas logistiikka on elinehto organisaatioiden toiminnalle. (10.)

#### 3.1 Pakkaukseen kohdistuvat rasitukset

Pakkauksiin kohdistuu paljon erilaisia rasituksia sen elinkaaren aikana (kuva 3). Pakkaukset voivat pudota, pitkäaikainen varastointi usein heikentää pakkauksia ja tuotteiden kuntoa, kuljetuksen aikainen tärinä ja iskut voivat vaurioittaa pakkausta ja sen sisältöä. (6, s. 69.)



KUVA 3. Pakkauksiin kohdistuvia rasituksia (6, s. 69)

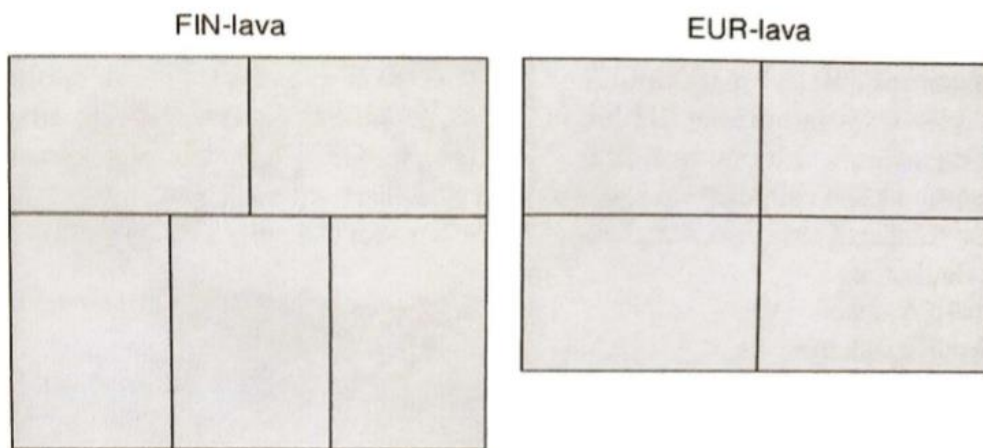
Jakeluketjun pituus ja haasteellisuus nostavat tuotteen hintaa, muttei arvoa. Ketjun rasittavien osien ja käsittelykertojen määrä määrittävät tarpeelliset kestävyysarvot. Pakkauksiin kohdistuu rasituksia kuljetusmuodosta riippumatta, joita aiheuttavat pakkauksien siirtäminen, lastaus- ja purkutyöt, ilmastolliset tekijät ja pakkauksen puristuminen. (8, s. 24.)



### 3.2 Pakkauksen modulointi

Pakkauksen moduulimitoituksella pyritään tehokkaaseen tilankäyttöön jakelun jokaisessa vaiheessa. Moduulimittojen mukaiset pakkaukset soveltuvat standardinmukaisiin käsitteilyvälineisiin, kuormatiloihin ja hyllyihin. (7.)

Pohjoismaissa ja muun muassa Saksassa käytetään modulointia, jonka perusmoduuli on ulkomitoiltaan 600 mm x 400 mm. Perusmoduuli on esitetty standardeissa INSTA 551 ja SFS 5352. Perusmitoitusta voidaan käyttää kerto- ja jako-osina pakkauksen mitoituksessa. Moduulimitoitettut pakkaukset sopivat standardoituihin lavakokoihin (kuva 4) ja rullakoihin muodostaen tukevia lavakuormia. (5, s. 20 - 22.)



*KUVA 4. Moduulimittaisten pakkausten sijoittuminen FIN- ja EUR-lavoille (9, s. 154)*

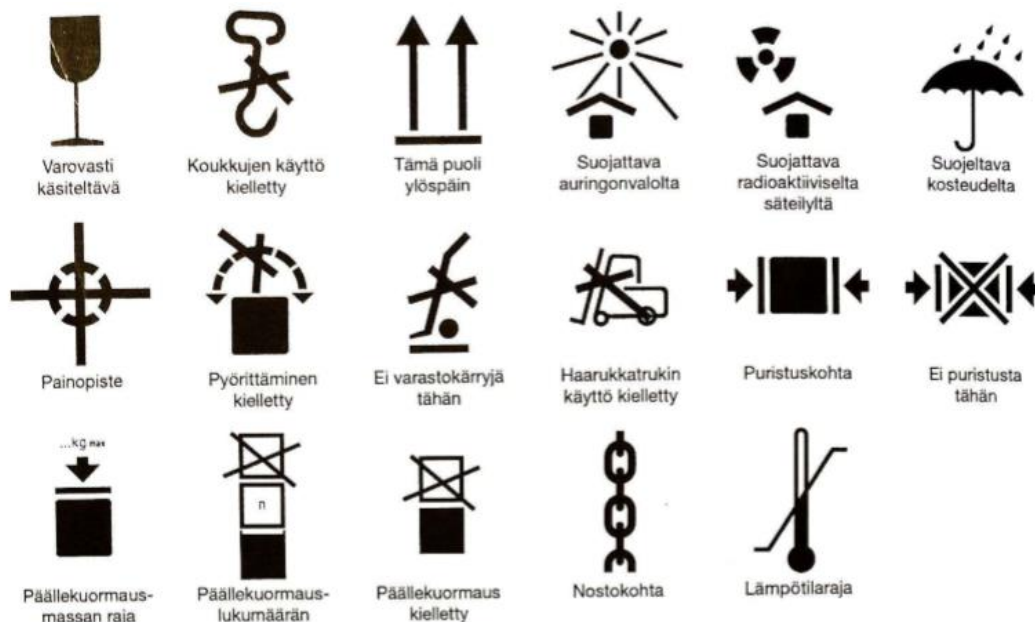
Käytettyjen kuormalavojen mitat on standardisoitu. Suositukset yksikkökuormien koosta perustuvat standardeihin. Käytössä olevia lavaryhmiä on useita: standardilavat, joita ovat 1200 x 1000 mm:n kokoinen FIN-lava SFS 3651, 1200 x 1000 mm:n kokoinen ISO-lava SFS 3649, 1200 x 800 mm:n kokoinen EUR-lava SFS 3650, kertalavat, myymälälavat SFS 5496 ja itsekantavat varastointi- ja kuljetusyksiköt. Kuormalavojen avulla suurten tavaramäärien käsittely on helppoa ja nopeaa. (5, s. 96.)

### 3.3 Käsittely-yksiköt

Yksiköinnillä tarkoitetaan tavara-erän eli yksikkökuorman kokoamista tai sitomista apulaitteilla käsiteltäväksi ja kuljetuskalustolla siirrettäväksi lavakuormaksi. Muodostamiseen voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, kuten niputus, paalaus ja vannehtiminen. Yksikkökuorman voi muodostaa myös esimerkiksi kontti, suurlava ja suursäkki. Itsekantavissa rakenteissa lastinkantaja toimii yksikön kantava rakenne kuten tukiristikko, jolloin erillistä kuormalavaa ei tarvita. (5, s. 96.)

### 3.4 Pakkausmerkinnät

Pakkausmerkinnät kertovat pakkauksien käsittelytavasta. Merkinnöillä pyritään helpottamaan pakkauksien tunnistamista, käsittelyä ja jäljittämistä. Merkinnät ovat luonteeltaan tuotetietomerkkejä tai tiedottavia. Käsittely- ja varoitusmerkit ovat tärkeitä pakattavan tuotteen ehjänä pysymisen vuoksi. Teollisuudenaloilla on omat standardit, joilla ohjeistetaan pakkausten merkintöjä. Pakkausmerkintöjä tulee olla ainoastaan tarvittava määrä, jotta tarpeelliset merkit eivät jää huomioimatta. Pakkausmerkinnöillä ohjeistetaan tuotteen käsittelyä kuljetuksen- ja varastoinnin eri vaiheissa sekä annetaan tietoa pakatuista tuotteista (kuva 5). (5. s. 65.)



KUVA 5. Pakkausten käsittelymerkkejä (8, s. 237)

Oleellista on tietää, kuka lähettää, minne lähettää ja mitä lähetetään. Tiedot lähetään yleisesti sähköisesti eteenpäin. Lisäksi käytetään standardoituja osoitelappuja (kuva 6), joista kollitiedot voidaan koneellisesti lukea. Kollit on lähetyksen pienen käsiteltävä yksikkö, joka voi muodostua yhdestä tai useammasta kollista, jotka kuljetetaan samanaikaisesti lähetysosoitteesta toimitusosoitteeseen. (8, s. 233.)

|  |  |                                       |                                       |  |
|--|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| <p>Mått - Från - From<br/>Lappeenrannan kemikaaliluonli Oy<br/>c/o Tuontivarastohotelli Oy astiavarasto ovi 6<br/>Saimaankatu 12<br/>53300 LAPPEENRANTA<br/>Puh. - Tel. (05) 555 666 777<br/>Lauri Lähettäjä</p> <p>Läh.pvm. - Avast. - Dep. Date<br/>7.11.2003</p> <p>Määrä - Till - To<br/>Varsinais-Suomen Tuotetukku Oy<br/>Kemikaaliosasto<br/>Rautatehtaankatu 2<br/><b>20200 TURKU</b></p> <p>Kemikaalivarasto, ovi 3<br/>Viite 1234567890<br/>Puh. - Tel. (02) 888 999 000 Lars Larsson</p> <p>Postinro - Postnr - Postal Code<br/>20200</p> <p>Kuljetusohjeet - Transportinstruktioner - Transport Instructions<br/>Kuljetus Oy, Helsinki, ADR-kuljetukset<br/><b>JÄLKIVAATIMUS</b><br/>Lämpötila +0...+30°C<br/>2074 Akryyliamidi 6.1 III VAK<br/>Puh./Tel. (09) 111 222 333</p> <table border="1"> <tr> <td>Lähitys - Säroning - Shipment ID<br/><b>223344556</b></td> <td>Kollit - Item<br/><b>1/5</b></td> <td>Paino - Vkt - Weight<br/><b>25/100</b></td> </tr> </table> <p>Tuotetiedot - Arskattata - Product Information<br/>Tuotenumero 784533478, teholiima, 20 l astia</p> <p>Kollit - Item ID<br/>(00)364123456776543211</p> | Lähitys - Säroning - Shipment ID<br><b>223344556</b> | Kollit - Item<br><b>1/5</b>           | Paino - Vkt - Weight<br><b>25/100</b> | <p>P (lähittäjän tiedot)</p> <p>V (yhteyshlö ja puh.)<br/>P (lähetyspäiväys)</p> <p>P (vastaanottajan tiedot)</p> <p>V (toimitusos. lisätiedot)<br/>V (tietoja vastaanottajalle)</p> <p>V (kulj.ohjeet -viivakoodi)</p> <p>V (kuljetusyritys ja -tapa)<br/>V (lisäpalvelut)<br/>V (kollin käsittelyohjeet)</p> <p>P (lähetyksen / kollin tiedot)</p> <p>V (tuotetiedot)</p> <p>P (kollin yksilöivä tunniste)</p> <p>P (edellinen selväkielisenä)</p> |
| Lähitys - Säroning - Shipment ID<br><b>223344556</b>   | Kollit - Item<br><b>1/5</b>                          | Paino - Vkt - Weight<br><b>25/100</b> |                                       |  |

KUVA 6. Standardoitu kolliosoitelappu (8, s. 233)

## 4 LEAN-TYÖKALUT

### 4.1 Periaatteet

Leanin periaatteena on laatujohtamisen työkalu, jonka tavoitteena on arvon tuottaminen asiakkaalle parantamalla työyhteisön toimintaa, vähentämällä työn vaihtelua ja hukan määrää. Nostamalla arvoa tuottavan työn määrää voidaan käytettävissä olevat resurssit hyödyntää tehokkaasti. (11.)

### 4.2 Arvovirtakuvaus (VSM)

Arvovirtakuvaus on paperi ja kynä työkalu, joka auttaa ymmärtämään materiaali- ja informaatiovirtoja tuotteen kulkiessa prosessin läpi. Menetelmällä pyritään tunnistamaan prosessin esteet ja priorisoimaan ne tarpeen mukaan. Periaatteena on näkemys arvon virtauksesta tutkitussa prosessissa. Ongelmien havaitseminen ja niiden ratkaisujen priorisointi ovat keskeisiä prosessin tehokkuuden nostamisessa. (12.)

Materiaali- ja informaatiovirtojen kuvaaminen auttaa ymmärtää yksittäisten toimintojen sijaan koko prosessin. Kuvauksessa tunnistetaan prosessin ongelmat, hukan lähteet, pulonkaulat, keskeneräisen työn varastot, materiaalivarastot ja mahdolliset turvallisuus- sekä laitepuutteet. Menetelmän avulla saadaan tietoa prosessin arvoa tuottavasta ja tuottamattomasta työstä, joka on hukkaa. Hukasta osa on välttämätöntä, mutta suurin osa ei. (12.)

### 4.3 5S-menetelmä

5S on viisiportainen kehitystyökalu, jonka avulla työpiste pyritään organisoimaan toimivaksi. Menetelmän avulla päästään eroon turhista tavaroista ja se auttaa pitämään tarpeelliset tavarat ja työympäristön järjestyksessä. Työpisteeltä poistetaan kaikki ylimääräinen tavara, koneet, materiaalit ja asiat, jotka estävät virtausta. Menetelmän tarkoitus on saada virtaus tehokkaammaksi. Menetelmällä saavutettavia hyötyjä ovat työturvallisuuden lisääntyminen, miellyttävämpi työskentelypiste sekä työn tuottavuuden ja laadun paraneminen. Menetelmän toteuttaminen tuo esille mahdolliset työympäristön puutteet, kuten laitepuutteet. (12.)

## **5 PAKKAUSPROSESSIN OPTIMOINTI**

Työ toteutettiin jakamalla projekti kolmeen vaiheeseen. Vaiheiden sisällöt tarkentuivat projektin edetessä. Tässä luvussa on kerrottu pakkausprosessin optimoinnissa toteutuneet työn vaiheet.

### **5.1 Tiedon kerääminen ja pakkausprosessiin tutustuminen**

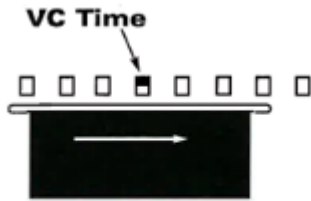
Työ aloitettiin tutustumalla pakkausprosessiin ja tuotteiden nykyisiin pakkaustapoihin työskentelemällä pakkaamossa kolmen päivän ajan. Työskentelyn aikana havainnoitiin ongelmia ja kehityskohteita tuotteiden nykyisissä pakkaustavoissa yhdessä pakkaamon henkilökunnan kanssa sekä haastateltiin henkilökuntaa kehitysideoista.

Tietoa hankittiin alaan liittyvästä kirjallisuudesta, eri internet-lähteistä, havainnoimalla pakkausprosessia ja haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä. Lisäksi selvitettiin pakkausalaan liittyviä standardeja, pakkauksen logistisista vaatimuksia ja työssä tarkasteltujen tuotteiden vaatimuksia. Kerättyä tietoa käytetään hyväksi uusia pakkausratkaisuja suunniteltaessa. Alkuvaiheen tavoitteena oli tiedon lisääminen opinnäytetyön tutkimuskohteesta.

### **5.2 Arvovirtakuvaus**

Työn ensimmäisessä vaiheessa sovellettiin arvovirtakuvaus menetelmää pakkaamon materiaalivirtojen ja pakkaustoimintojen ymmärtämiseksi. Arvovirtakuvauksesta saatuja tuloksia käytettiin myöhemmin layout-suunnittelussa sekä toissijaisten menetelmien arvioinnissa.

Työssä tutkittiin pakkausprosessin arvovirtausta kahtena tunnin mittaisena jaksena. Arvovirtakuvauksen tuloksena saatiin kuvaus pakkausprosessin arvoa tuottavasta ja tuottamattomasta työstä. Kuvauksessa määritettiin työvaiheet, jotka lisäävät tuotteen arvoa, josta asiakkaat ovat valmiita maksamaan (kuva 7). Arvoa tuottavien työvaiheiden välissä toteutuu hukkaa, jota pyritään vähentämään.



*KUVA 7. Tuotteen arvoa lisäävät työvaiheet (13, s. 17)*

Spagettikaavion avulla havainnoitiin tuotteen ja pakkaajan liikkeitä pakkaamossa. Menetelmän avulla ymmärrettiin pakkausprosessia paremmin ja kehityskohteita löytyi nopeasti. Molemmissa kuvauksissa toistuivat yleisesti samat ongelmat ja hukcatekijät. Tulokset voisivat vaihdella suuremmalla otannalla mutta arvioimme näiden kahden otannan olevan riittävä pääongelmakohtien kehitystä varten. Tutkimuksen tulosten perusteella aloitettiin uuden layoutin suunnittelu.

### **5.3 Pakkauskustannusten arviointi**

Työssä tarkasteltiin työn tilaajan toimesta määritettyjen kahdenkymmenen tuotteen pakkausprosessia. Aluksi tutustuttiin tuotteiden pakkausprosesseihin. Tehtyjen havaintojen sekä kehitysmenetelmien perusteella valikoitiin pakkaamon henkilökunnan ja työn ohjaajan kanssa tuotteet, joita tutkitaan tässä työssä vielä tarkemmin. Valintaperusteina pidettiin pakkaajien toiveita ja havaintoja ongelmakohtista tuotteiden pakkausprosessia.

Kahdentoista tuotteen nykyiset pakkauskustannukset arvioitiin. Kustannusarvioinnissa määritettiin työvoima- ja pakkausmateriaalikustannukset jokaiselle tarkasteltavalle tuotteelle. Arvioidun vuosivolyymien mukaan tuotteille saatiin arvio vuosittaisista työvoima- ja kokonaiskustannuksista.

## **5.4 Tuotteiden valinta**

Kolmestatoista tuotteesta pakkaussuunnitteluun valittiin kahdeksan tuotetta. Valintaperusteena pidettiin työvoima- ja pakkauskustannuksia vuositasolla. Henkilökunnan toivomissa tuotteissa olivat suurimmat kustannukset.

Pakkaussuunnitteluun valitut tuotteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden ominaisuuksien perusteella. Pakkaussuunnittelun avulla pyritään löytämään kokonaisvaltaisia ratkaisuja, joita voidaan hyödyntää mahdollisesti muidenkin kuin tässä työssä tutkittavien tuotteiden pakkaamiseen.

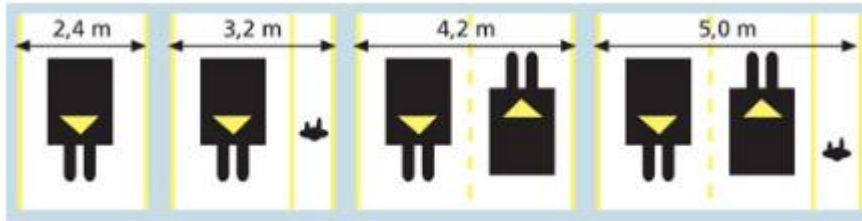
## **5.5 Layout-suunnittelu**

### **5.5.1 Lähtökohdat**

Layout-suunnittelu perustuu kahdesta arvovirtakuvauksesta saatuihin havaintoihin. Suunnittelun avulla pyritään vähentämään hukan määrää, mikä nostaa työn tekemisen tehokkuutta sekä laatua. Hukkaa aiheuttavat tavaroiden turha siirtely ja hakeminen, turhat liikkeet ja tilan puute.

Pakkaamon nykyisestä layoutista ei ollut piirretty kuvaa. Layout-suunnittelun pohjana käytettiin hallin pohjapiirustusta. Suunnittelussa käytettiin apuna Draftsight 2D -piirustusohjelmaa, joka on ilmainen ammattilaistasoinen ohjelma.

Uudesta layoutista mallinnettiin kolme erilaista ehdotusta. Suunnitelmissa pyritään lean-filosofian mukaiseen toimintaan, jossa tavaroille määritellään vakioidut paikat. Kaikissa kolmessa mallissa kaikki pakkausmateriaalit sijaitsevat lähellä pakkauspistettä, jolloin niitä ei tarvitse hakea kauempaa. Hyllytilaa on lisätty lavakuormien ja pakkausmateriaalien säilyttämistä varten, jolloin pystytään hyödyntämään hallin korkeutta. Layout-suunnittelussa huomioitiin trukkiliikenne ja tarvittavat kulkureitit tavaroiden siirtämistä varten kuvan 8 ohjearvojen mukaisesti.



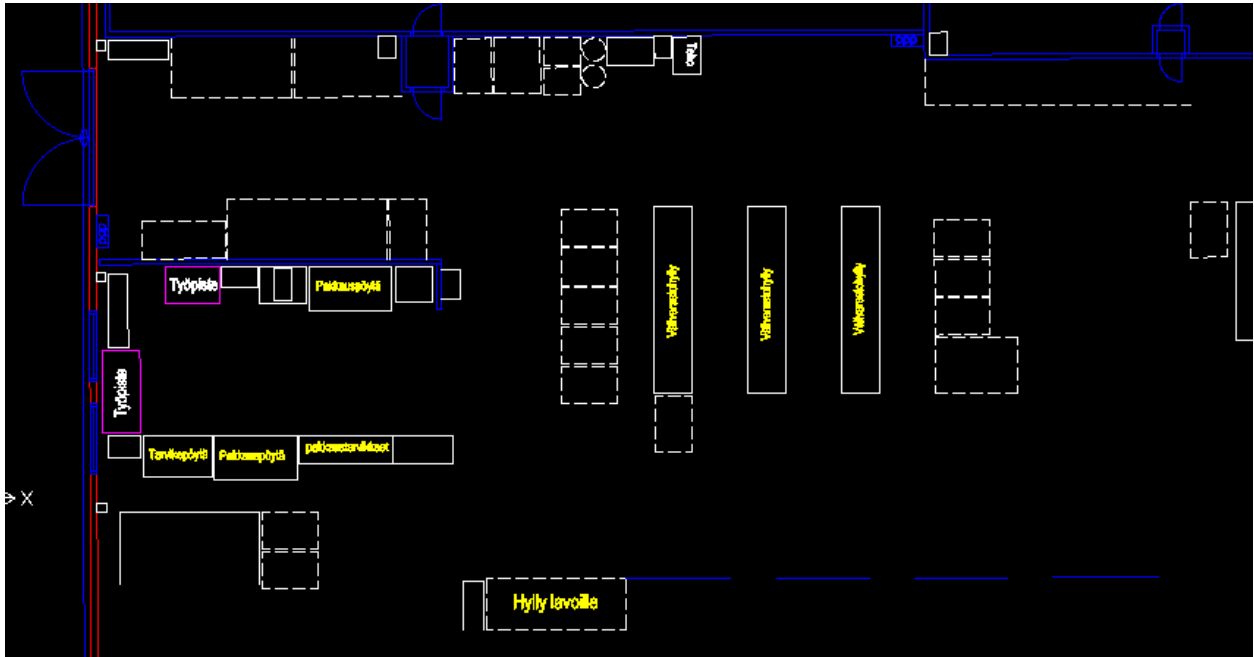
*KUVA 8. Ohjearvoja trukkikäytävän mitoitukselle (14)*

Suunnittelun aikana haastateltiin ja haastettiin yrityksen työntekijöitä erilaisten ratkaisumallien toiminnallisuuden arviointiin ja kehittämiseen. Lisäksi suunnittelun aikana kysyttiin kommentteja kaikkiin vaihtoehtoihin pakkaamohenkilökunnalta ja toimihenkilöiltä.

### **5.5.2 Layout-suunnitelma 1**

Ensimmäisessä versiossa pakkaamo sijaitsee nykyisellä paikalla. Eroavuuksia pakkaamon nykyiseen layoutiin on pakkausmateriaalien sijoittaminen lähelle pakkauspisteitä. Nyt pakkausmateriaalit sijaitsevat ympäri hallia, jolloin niitä joudutaan välillä hakemaan kauempaa. Pakkausmateriaalien uudelleen sijoittaminen mahdollistaa niiden purkamisen suoraan lopulliseen sijoituspaikkaan, jolloin niiden turha siirteleminen vähenee. Pakkausmateriaalien säilytystä varten tilattiin jo suunnitteluvaiheessa kolme hyllymetriä lisää, joka vapauttaa lisää tilaa lattialta. Varastotilan jakavasta lavahyllystä on siivoamisen jälkeen mahdollista ottaa yksi hyllyväli pakkaamon käyttöön. Suunnitelmassa lavahyllystä on varattu pakkaamon vierestä yksi hyllyväli lavakuormien säilyttämistä varten (kuva 9).





KUVA 9. Layout-suunnitelma 1

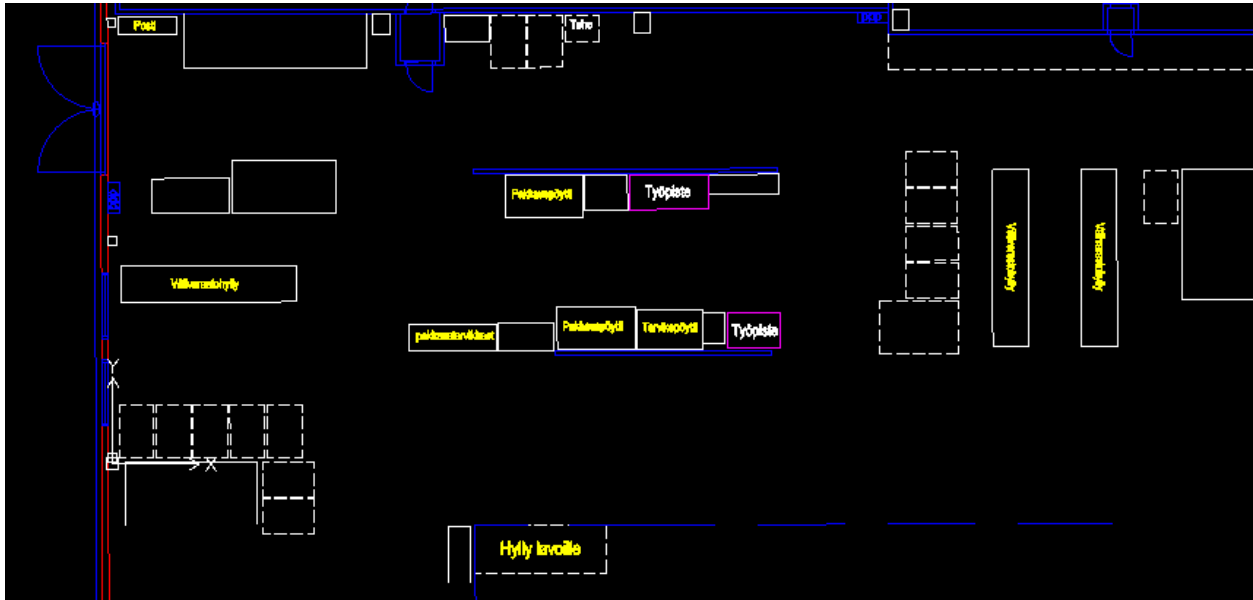
Välivarastointi hyllyjen järjestystä tutkittiin erilaisilla ratkaisuvaihtoehdoilla. Hyllyvälien tarvittavaksi leveydeksi määritettiin vähintään 1,2 m, jolloin kuormalavalla mahdollista kulkea hyllyjen välissä. Käytettävissä oleva tila rajoitti hyllyjen kääntämisen materiaalivirtauksen suuntaiseksi. U-mallisen hyllyjärjestelyn ei todettu tuottavan lisäarvoa pakkaamon toimintaan, koska lisävarastointitilaa ei hyllyjen väliin mahtunut. Tässä vaihtoehdossa välivarastohyllyt on sijoitettu nykyisen layoutin mukaisesti. Tämä suunnitelma vie vähiten lattiapinta-alaa mutta materiaalivirtaus ei ole suoraviivainen.

Lähetystilaan varataan paikka seitsemälle lähtevälle lavalle. Pakkaamoon saapuvat tuotteet jaetaan pintakäsiteltäviin ja loppuasiakkaalle meneviin tuotteisiin. Saapuville tuotteille varataan paikat välivarastohyllyjen molemmin puolin. Lopputarkistuspisteen viereen varataan paikka pakkaamoon saapuvalla tavaramalla.

### 5.5.3 Layout-suunnitelma 2

Toisessa versiossa pakkaamo sijaitsee keskeisellä, joka mahdollistaa suoraviivaisen materiaalivirtauksen pakkaamon läpi kuvan 10 mukaisesti. Tällä layout-suunnitelmalla pyritään suoraviivaisempaan materiaalivirtaukseen. Ennen pakkaamoa säilytetään pakkaamattomat tuotteet ja pakkaamon jälkeen pakatut tuotteet. Pakkaamoon saapuville

tuotteille on eroteltu lattiapaikat pintakäsittelyyn meneville ja asiakkaalle meneville tuotteille. Pakkaamon lähellä sijaitsevilla lavapaikoilla voidaan säilyttää pakattuja lavakuormia ja pakkausmateriaaleja. Hyllytilaa lavakuormille on varattu pakkaamon käyttöön kuten suunnitelmassa 1. Suunnitelma vaatii lisää lattiatilaa hallista, minkä vuoksi muita toimintoja jouduttaisiin sijoittamaan eri paikkaan.



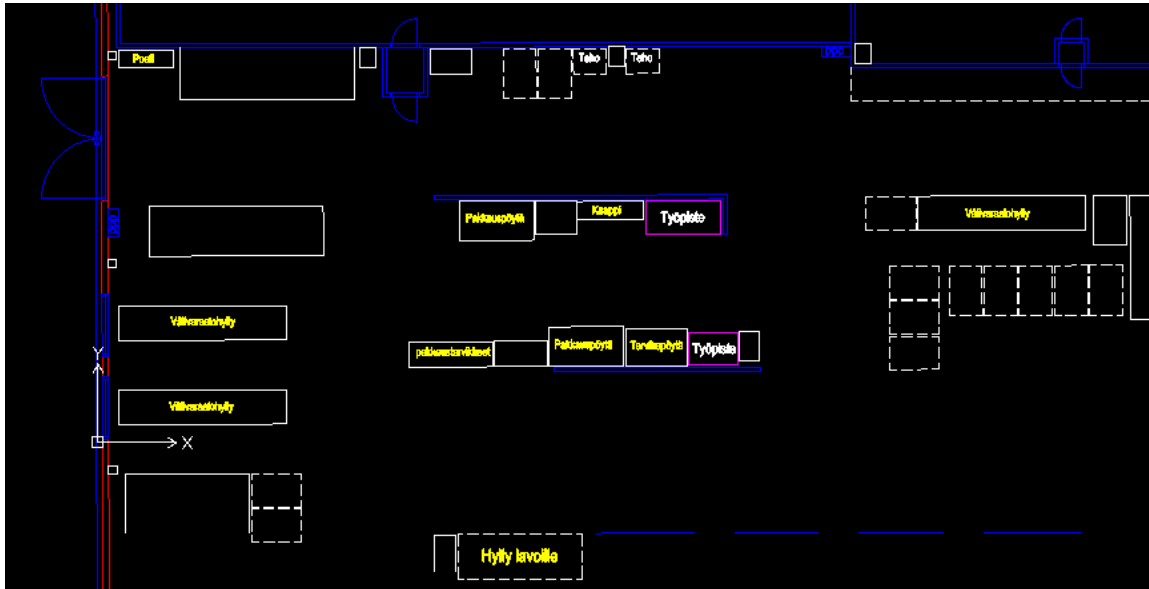
KUVA 10. Layout-suunnitelma 2

Suunnitelmassa pakkaamon uudelleen sijoittamista rajoittavat trukin tarvitsema tila lavahyllystä tavaraa noudettaessa. Lisäksi trukki liikennettä on myös pakkaamon toisella puolella, jolloin kulkureitin riittävä leveys tulee huomioida myös siellä. Optimaaliseksi pakkaamon sisätilan leveydeksi määritettiin 2,5 m, jolloin kaksi kuormalavaa mahtuu kulkemaan pakkaamon läpi vierekkäin ja tilaa jää riittävästä pakkaustoimintojen suorittamiseen.

#### 5.5.4 Layout-suunnitelma 3

Kolmannessa versiossa pakkaamo sijaitsee samassa paikassa kuin layout-suunnitelmassa 2 kuvan 11 mukaisesti. Pakkaamon sijoittamisessa otettiin huomioon samat asiat kuin suunnitelmassa 2. Suunnitelmassa välivarastohyllyt on sijoitettu eri tavalla, jolloin lattiatilaa voidaan hyödyntää eri lailla. Suunnitelmassa sijaitsee yksi välivarastohyllyä en-

nen pakkaamo, jolloin pakkaamoon saapuville tuotteille jää enemmän lattiatailaa. Pakkaamon jälkeen sijaitsee kaksi välivarastohyllyä pakatuille ja pakkaamattomille tuotteille. Tässä ratkaisussa on myös varattu hyllytilaa samasta paikasta lavakuormille.



KUVA 11. Layout-suunnitelma 3

### 5.5.5 Päätelmät

Kolmesta erilaisesta vaihtoehdosta valittiin suunnitelma 1 jatkokehitykseen. Perusteena pidettiin hallin riittämätöntä tilaa pakkaamon siirtämiseen. Suunnitelmissa 2 ja 3 pakkaamon sisäinen tila koettiin riittämättömäksi tehokkaaseen pakkaamiseen. Näissä suunnitelmissa pakkaamon tilaa rajoittivat trukki liikenne pakkaamon molemmilla puolilla sekä trukin tarvitsema tila lavakuormien hyllytystä varten.

## 5.6 Pakkaussuunnittelu

### 5.6.1 Lähtökohdat

Pakkaussuunnittelun lähtökohtana oli suunnitella valituille tuotteille uudet kuljetuspakkaukset. Tavoitteena oli lisätä pakkausprosessin tehokkuutta sekä parantaa laatua. Kuljetuspakkauksia tarkasteltiin kahdessa ryhmässä, jotka olivat loppuasiakkaalle menevä lopullinen kuljetuspakkaus sekä erilaisissa pintakäsittelytoiminnoissa käytettävät kulje-

tuspakkaukset. Suunnittelussa pyrittiin löytämään ratkaisuja, joita voidaan hyödyntää molemmissa tapauksissa. Loppuasiakas määrittä, kuinka monta tuotetta lopullisessa kuljetuspakkauksessa tulee olla.

Pakkaussuunnittelussa pyrittiin hyödyntämään jo käytössä olevia laatikkokokoja, joihin pakkausratkaisua alettiin suunnitella. Yrityksellä oli käytössä noin 10 erilaista aaltopahvilaatikkokokoa sekä muovisia kestokuljetuslaatikoita (kuva 12), joita käytetään pintakäsittävien osien kuljetukseen. Pakattavat sarjat ovat pieniä ja pakkaaminen sekä laatikoiden sulkeminen suoritetaan manuaalisesti.



*KUVA 12. Yrityksellä käytössä oleva kestolaatikko*

Pintakäsittelyt suoritetaan alihankintana yrityksen ulkopuolella. Tuotteille suoritetaan pintakäsittelyn jälkeen väli- ja lopputarkastuksia, mittauksia ja kierre-elementtien asennuksia. Pintakäsittelyjen jälkeen tuotteiden pakkauksia joudutaan avaamaan ja sulkemaan useita kertoja näiden toimenpiteiden välillä. Useiden avaamis- ja sulkemiskertojen vuoksi suojamateriaalit kuluvat ja repeytyvät, jonka vuoksi ne joudutaan yleensä vaihtamaan ennen lopulliseen kuljetuspakkaukseen pakkaamista.

Pakkaussuunnittelun aikana huomioitavia asioita olivat pakkauksien modulaarisuus, eli sijoiteltavuus kuormalavalle, pakkausmateriaalien kierrätettävyyys, tuotteiden materiaali ja ominaisuudet, pakkauksiin kohdistuvat rasitukset sekä pakkausmateriaalien hinta. Yhteisiä asioita kaikilla tässä työssä tutkittaville tuotteilla oli tuotteiden kääriminen erilaisiin materiaaleihin. Pakkaussuunnittelun lähtökohtana oli päästä tuotteiden käärimisestä eroon, koska se on hidasta ja työlästä.

### **5.6.2 Toteutus**

Pakkaussuunnittelun apuna käytettiin Solidworks 3D -mallinnusohjelmaa. Ohjelmalla laadittujen 3D-mallien ja 2D-piirustuksien avulla kysyttiin tarjouksia pakkausalan yrityksiltä. Uusia laatikkomalleja kartoittaessa hyödynnettiin FEFKO-koodistoa.

Pakkaussuunnittelu aloitettiin hahmottelemalla valituille tuotteille erilaisia ratkaisumalleja. Suunnittelun edetessä vaihtoehtoisia ratkaisuja arvioitiin niiden toiminnallisuuksien perusteella. Esisuunnitteluvaiheen jälkeen valittiin ratkaisumallit, joita tarkennetaan yksityiskohtaisessa suunnittelussa.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa vaihtoehtoisia malleja tarkennettiin ja niistä valmistettiin prototyyppejä mahdollisuuksien mukaan itse tai tilaamalla pakkausmateriaalitoimittajilta. Prototyyppejä testattiin yhdessä pakkaamohenkilökunnan ja työn ohjaajan kanssa. Prototyyppien avulla pystyttiin todentamaan pakkausratkaisun toimivuus tai mahdolliset jatkokehitystoimenpiteet sekä arvioida työvoimakustannukset, jolloin uuden ratkaisun kustannustehokkuutta voitiin verrata vanhaan ratkaisuun. Tarjouskyselyjen avulla saatiin arviot materiaalikustannuksista, jolloin voitiin arvioida eri ratkaisujen kokonaiskustannustehokkuus.

### **5.6.3 Tuote 1 ja 2**

Tuotteiden ulkomitat ovat yhtä suuret, joten tuotteissa voidaan hyödyntää samanlaista pakkausratkaisua. Vanhalla pakkaustavalla tuotteet pakataan yksittäin aaltopahvilaatikkoon käärimällä ne kupla- tai solumuoviin, minkä jälkeen laatikko täytetään tiiviiksi voimapaperin avulla. Tuotteelle ei suoriteta pintakäsittelyjä, jolloin tuote pakataan suoraan loppuasiakkaalle menevään kuljetuspakkaukseen.

Tuotteiden pakkaamiseen käytetään niitä varten tilattua aaltopahvilaatikkoa. Suunnittelu aloitettiin miettimällä ratkaisuja tähän laatikkokokoon. Selvitystyön aikana tutkittiin erilaisia tukirakenneratkaisuja, joihin sijoittamalla tuote voidaan pakata laatikkoon nopeammin ilman tyhjän tilan täyttämisen tarvetta. Ratkaisut olisivat lisänneet pakkausmateriaalien säilytystilan tarvetta. Tutkimalla tuotteiden ominaisuuksia todettiin riittäväksi ratkaisuksi tuotteiden liikkumattomuus pakkauslaatikossa. Tuotteen ulkopinta on muovia, ja se on tarkoitettu tuotteiden kuljettamiseen.

Tuotteen ulkomittojen mukaan tilattiin mallikappale pikapohjaisesta aaltopahvilaatikosta, jonka sisällä tuote ei pääse liikkumaan kuljetuksen aikana. Prototyypin testaamisen jälkeen ratkaisun todettiin olevan optimaalinen kyseisten tuotteiden pakkaamiseen. Uuden laatikon myötä vanhaa laatikkokokoa ei enää tarvita.

#### **5.6.4 Tuote 3**

Tuote 3 on mustattua terästä, joka tällä hetkellä pakataan yksittäin vakiokokoiseen aaltopahvilaatikkoon käärimällä se voimapaperiin. Käärimisen jälkeen tuote asetetaan pakkaukseen, joka täytetään tiiviiksi voimapaperilla. Tuotteelle ei suoriteta pintakäsittelyä, jolloin tuote pakataan suoraan loppuasiakkaalle menevään kuljetuspakkaukseen.

Tuotteen 3 pakkausratkaisussa hyödynnettiin samaa ajatusta kuin tuotteiden 1 ja 2 ratkaisussa. Nykyisessä pakkausratkaisussa tuote pakataan laatikkoon, johon jää paljon ylimääräistä tilaa. Kyseiselle tuotteelle tilattiin mallikappale ulkomittojen mukaisesta laatikkokoosta. Laatikkomalliksi valittiin FEFCO-koodistosta malli, jota ei tarvitse teipata ollenkaan. Laatikot pakataan isompaan laatikkoon, jolloin tuplapakkaaminen antaa lisäsuojaa tuotteille. Pakkaussuunnittelussa huomioitiin tuotteen ruostumisen mahdollisuus. Tuotteita ei voida pakata pakkausmuoveihin mahdollisen tuotteiden pintaan kertyvän kosteuden vuoksi, joka aiheuttaa ruostumisvaaran.

#### **5.6.5 Tuote 4**

Tuote on kova-anodisoitava kappale, jolle suoritetaan pintakäsittelyn jälkeen tarkistus ja mittaus. Tuotteita pakataan kymmenen kappaletta loppuasiakkaalle menevään pakkauk-

seen. Tällä hetkellä tuotteet kääritään yksitellen solu- ja kuplamuoviin. Tuotteessa on teräviä kulmia, minkä vuoksi ne pitää pakata tarkasti, jotteivat ne naarmuta toisiaan pakkauksen sisällä.

Pakkaussuunnittelun aikana kartoitettiin ratkaisuja tuotteen pakkaamiseen pintakäsittelyyn ja loppuasiakkaalle. Tuotteet kannattaa pakata kestolaatikkoon pintakäsittelyyn lähetettäessä, jolloin säästyy kustannuksia, koska yhteen kestolaatikkoon voidaan pakata suurempia tuote-eriä kerrallaan.

Selvitystyön tuloksena pakkaukselle kehitettiin pahvista valmistettu jakoristikko (kuva 13). Laatikon ulkoreunoihin jäävä tyhjä tila antaa lisäsuojaa pakkauksiin mahdollisesti kohdistuvilta iskuilta. Tuotteet pakataan jakoristikkaan kova-anodisoinnin jälkeen tehtävän tarkistuksen yhteydessä.



*KUVA 13. Pakkausratkaisun prototyyppi*

Pakkausratkaisu suojaa tuotetta yrityksen sisäisissä siirroissa. Tuotteet on helppo ottaa pois ja laittaa takaisin muiden toimenpiteiden aikana. Lopuksi pakkaus saapuu pakkaamoon jo valmiiksi pakattuna, jolloin tuotteen pakkausprosessissa on yksi työvaihe vähemmän.

Ratkaisusta valmistettiin alustava prototyyppi pahvista leikkaamalla. Prototyyppiä testattiin pakkaamalla tuotteet pakkaukseen ja tekemällä hankaustestejä hylätyillä kappaleilla, jolloin varmistettiin materiaalin toimivuus. Prototyypistä tilattiin vielä mallikappale tarkoilla mitoilla, jotta jakoristikon helppo kasattavuus voitiin varmistaa. Jakoristikko sopii käytettäväksi samaan vakiokokoiseen aaltopahvilaatikkoon, johon tuotteet pakataan tällä hetkellä.

Tuotteen geometria rajoitti mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja kova-anodisointiin menevissä tuotteissa kestolaatikkoon pakattaessa. Nykyisellä tavalla pakattuna laatikon täytöaste saadaan huomattavasti korkeammaksi.

### **5.6.6 Tuote 5**

Tuote on koneistettu osa, joka kova-anodisoidaan. Pintakäsittelyn jälkeen tuotteelle suoritetaan tarkastus, kierre-elementtien asennus ja mittaus. Tällä hetkellä pakkaaminen suoritetaan käärimällä kymmenen tuotetta kuplamuoviin siten, että ne eivät kosketa toisiinsa. Pakkaamista varten tuotteelle on tilattu oma aaltopahvilaatikkokokoko, johon tuotteet pakataan loppuasiakkaalle lähetettäessä. Pintakäsittelyyn tuotteet lähetetään käärittyinä paketteina puukontissa. Käärityt tuotepaketit joudutaan avaamaan pintakäsittelyn jälkeen tehtäviä toimintoja varten. Tuotteet kääritään uudelleen loppuasiakaspakkaukseen.

Pakkaussuunnittelun aikana kartoitettiin erilaisia vaihtoehtoja, joista kahdesta toteutettiin prototyyppi. Molemmissa ratkaisuissa käytetään pahvisia väliarkkeja tuotteiden välissä. Toisessa vaihtoehdossa mitoitettiin uusi pikapohjainen aaltopahvilaatikkokokoko, joka täytetään päädyistä. Tämän ominaisuuden vuoksi tuotteet voidaan pakata laatikkoon jo pintakäsittelyn jälkeen, josta ne voidaan helposti ottaa pois ja laittaa takaisin. Laatikko suojaa tuotetta sisäisten siirtojen ajan. Tämä ratkaisu olisi ollut optimaalisempi, mutta ratkaisun materiaalikustannukset olivat korkeat, minkä vuoksi sen käyttöönotto ei ollut järkevää.



Lopullisena ratkaisuna väliarkkeja käytetään nykyisessä aaltopahvilaatikossa. Väliarkkeja voidaan hyödyntää yrityksen sisäisessä logistiikassa tuotteiden suojana. Tuotteet asetellaan väliarkkien väliin, mistä ne ovat helposti siirrettävissä lopulliseen kuljetuslaatikkoon. Laatikko tuetaan kulmista tiiviiksi, jotta tuotteet eivät pääse liikkumaan. Ratkaisun avulla vältetään kaksi käärimiskertaa.

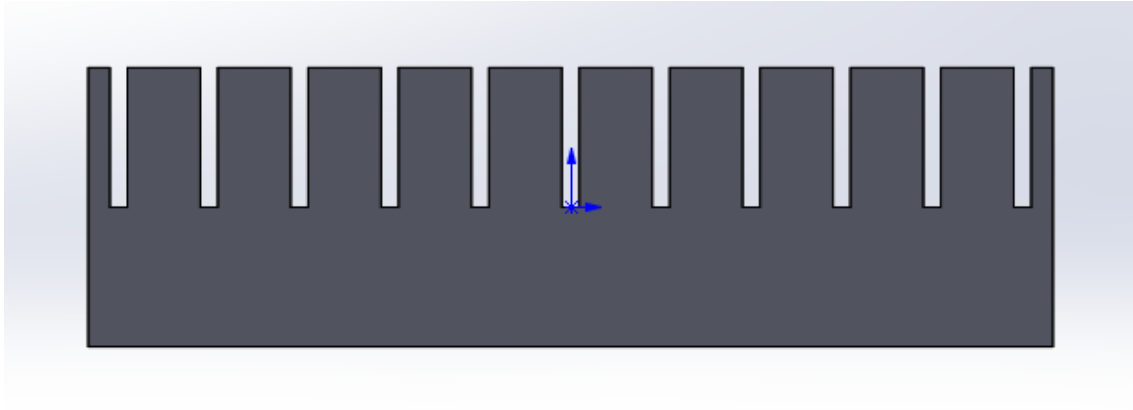
Selvitystyön aikana tuotteet lähetettiin pintakäsittelyyn puukonteissa, jonka vuoksi ratkaisua ei voida hyödyntää kyseisessä kuljetuksessa. Alihankkija ja toimitustapa on kuitenkin muuttumassa, minkä jälkeen kehitettyä ratkaisua voidaan käyttää myös pintakäsittelyn yhteydessä. Tätä vaihtoehtoa ei tutkittu tämän työn aikana.

### **5.6.7 Tuote 6**

Tuote 6 on kova-anodisoitava tuote, joka maalataan. Pintakäsittelyiden jälkeen tuotteelle suoritetaan tarkastus ja mittaus. Tällä hetkellä tuotteita pakataan kaksikymmentä yhteen vakiokokoiseen aaltopahvilaatikkoon käärimällä ne yksitellen kupla- ja solumuoviin. Tuotteiden pinnat eivät saa koskettaa toisiaan. Pintakäsittelykuljetuksissa hyödynnetään kestolaatikoita.

Tuotteessa on herkkä maalipinta, minkä vuoksi aiemmin esitetyt ratkaisut eivät soveltuneet tämän tuotteen pakkaamiseen. Tuote tulee pakata maalipintaa hyvin suojaavaan materiaaliin. Selvitystyön aikana ei löydetty optimaalisempia pakkausratkaisuja käytettäväksi loppuasiakkaalle menevässä pakkauksessa, koska nykyisin käytetyt pakkausmateriaalit ovat halpoja.

Tuotteelle suunniteltiin pintakäsittelykuljetuksissa käytettävään kestolaatikkoon kampaallinen ratkaisu (kuva 14), josta tuotteet on helppo ottaa pois ja laittaa takaisin. Ratkaisu vähentää tuotteiden pakkaamiseen ja muihin käsittelytoimintoihin käytettävää aikaa huomattavasti. Ratkaisun avulla vältetään useita käärimis- ja avaamiskertoja.



*KUVA 14. 3D-malli kamparatkaisun väliseinästä*

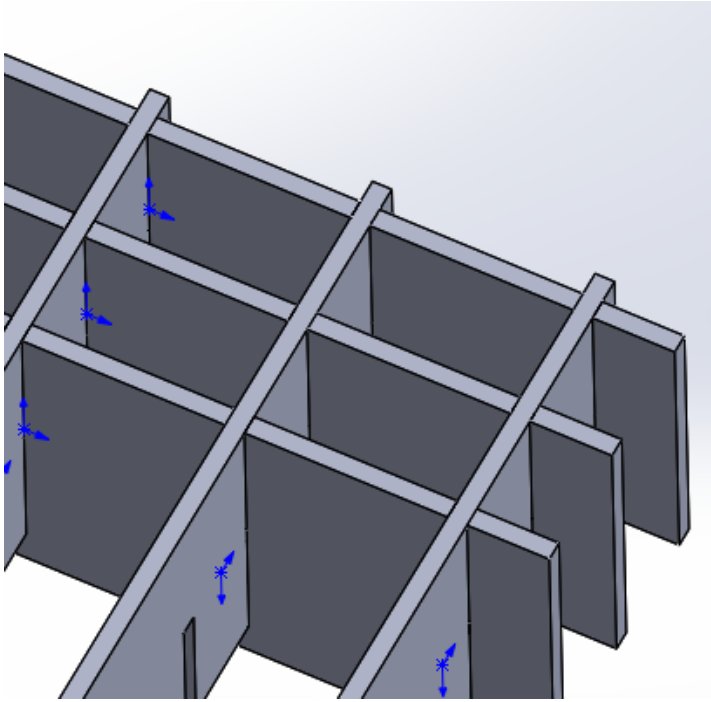
Pakkaussuunnittelun apuna hyödynnettiin yrityksellä valmiina olevia erilaisia malleja. Niiden pohjalta mietittiin tuotteelle mahdollisia ratkaisuja. Yrityksellä oli varastossa samantapaisia ratkaisuja valmiina, jolloin materiaalin sopivuus voitiin todentaa ilman prototyyppejä. Ratkaisusta tilattiin prototyyppi rakenteen toimivuuden varmistamiseksi.

### **5.6.8 Tuote 7**

Tuote on kova-anodisoitava tuote, joka maalataan. Pintakäsittelyjen jälkeen tuotteelle suoritetaan tarkistukset, mittaukset ja kierre-elementtien asennus. Tällä hetkellä tuotteita pakataan kymmenen yhteen vakio kokoiseen aaltopahvilaatikkoon käärimällä ne kuplamuoviin ja solumuoviin. Pinnat eivät saa koskettaa toisiaan. Pintakäsittelykuljetuksissa hyödynnetään kestolaatikoita.

Ominaisuuksiltaan tämä tuote on samanlainen kuin tuote 6. Selvitystyön tuloksena todettiin, että myös tämän tuotteen pakkaamisessa nykyinen pakkaamistapa on edullisten materiaalikustannusten takia edullinen ratkaisu loppuasiakkaalle pakattaessa. Työn aikana ei löydetty optimaalisempia ratkaisuja.

Tuotteelle suunniteltiin pintakäsittelykuljetuksissa käytettävään kestolaatikkoon samantyylinen kampamallinen ratkaisu (kuva 15) kuin tuotteelle 6, josta tuotteet on helppo ottaa pois ja laittaa takaisin. Näiden tuotteiden ominaisuudet ovat samanlaiset, jolloin materiaalin sopivuus voitiin varmistaa yritykseltä valmiina löytyvien materiaalien avulla.



*KUVA 15. 3D-malli kampamallin rakenteesta*

Ratkaisu vähentää kestolaatikon täyttöastetta noin puoleen verrattuna nykyiseen pakkaamistapaan. Saavutettu hyöty on kuitenkin suurempi kuin ratkaisun aiheuttamat mahdolliset logistiset lisäkustannukset.

Pakkausratkaisujen loppuarvioinnin jälkeen vaihtoehtoisena ratkaisuna suunniteltiin lämpöhitsattava rakenne, johon tuotteita mahtuu 1,5 kertaa enemmän kuin kampamalliseen ratkaisuun. Tämän ratkaisun kustannustehokkuuden yritys arvioi työn päättymisen jälkeen.

### **5.6.9 Tuote 8**

Tuote 8 on mustattua terästä, joita pakataan yhteen vakiokokoiseen aaltopahvilaatikkoon kymmenen kappaletta. Tällä hetkellä tuotteen pakkaaminen suoritetaan samalla tavalla kuin tuotteen 3 pakkaaminen. Tuotteelle ei suoriteta jälkikäsitteilytoimenpiteitä, joten se pakataan suoraan loppuasiakkaalle. Laatikkoa joudutaan vahvistamaan kulmista tuotteiden painon vuoksi.

Selvitystyön aikana tuotteen pakkaamiseen pyrittiin hyödyntämään samantapaisia ratkaisuja kuin muihinkin tuotteisiin. Tuotteen geometria ja määritetty pakkausmäärä asettivat

haasteita pakkaussuunnitteluun. Kymmenen kappaleen pakkaaminen symmetrisesti ei onnistunut nykyiseen laatikkoon. Tuotteen pakkaamiseen kartoitettiin uusia laatikkokoja ja erilaisia pakkausmenetelmäratkaisuja. Laatikkokoon muuttaminen ei tullut kyseeseen, koska järkevän kokoiset laatikot eivät olleet modulaarisia kuormalavalle ja pienempien erien tilaaminen olisi ollut kallista verrattuna nykyiseen malliin. Lisäksi mahdollisen uuden laatikkokoon hyödyntäminen muiden tuotteiden pakkaamiseen koettiin vähäiseksi. Tämän työn aikana ei löydetty optimaalisempaa pakkaustapaa tälle tuotteelle.

## **5.7 Toissijaiset menetelmät**

Työn aikana selvitettiin erilaisia pakkausmenetelmä ja -automaattioratkaisuja, joiden avulla pakkausprosessin tehokkuutta voitaisiin parantaa. Erilaisia ratkaisuja kartoitettiin pakkausmateriaalitoimittajien valikoimista yhdessä pakkaamohenkilökunnan kanssa. Henkilökunnalta kysyttiin ehdotuksia.

Työssä kartoitettiin erilaisia teippauskoneita, lavansidontakoneita ja pakkaustäytekoneita, joilla katsottiin pystyvän tehostamaan pakkausprosessia. Pakkaussuunnittelun aikana testattiin erilaisia automaatti- ja pikapohjalaatikoita, joiden pohjaa ei tarvitse teipata. Testien tuloksena pikapohjalaatikot koettiin hyväksi ratkaisuksi, koska laatikon pohjan teippaaminen on työläämpää kuin sen päällyspuolen. Lyhyiden pakkaussarjojen ja useasti vaihtuvien laatikkokokojen vuoksi teippauskoneen tulisi olla automaattinen, jolloin laatikon leveyden ja korkeuden säätö tapahtuu automaattisesti. Automaattisen teippauskoneen hankintakustannukset ovat korkeammat, ja pikapohjalaatikoiden mahdollinen käyttöönotto vähentää teippaamisen tarvetta edelleen. Lisäksi teippauskoneen sijoittaminen nykyiseen layoutiin on haastavaa. Teippauskoneen hankintaa ei koettu järkeväksi vielä nykyisillä tuotantomäärillä.

Lavavannekoneista kartoitettiin malleja, joilla lavakuorma voidaan vanteuttaa myös lavan jalkojen yli. Yrityksen nykyisillä lavansidontamäärillä takaisinmaksuajat ovat pitkiä mutta etuna on huomattavasti parempi työergonomia, koska vanteutuksen aikana ei tarvitse kyykistyä ollenkaan.

Erilaisia pakkaustäyttekoneita kartoitettiin kuplamuovikoneesta voimapaperikoneeseen. Selvitystyön aikana pakkaamon nykyinen voimapaperikone saatiin veloituksetta käytettäväksi ja se todettiin toimivaksi ratkaisuksi, joten uusia ratkaisuja ei ollut järkevää miettiä.

Työn aikana kilpailutettiin pakkausmateriaalintoimittajia kehitettyjen pakkausratkaisujen kustannuslaskelmien yhteydessä. Yleisimmin käytettyjen pakkauslaatikoiden vaihtamista pikapohjaisiin laatikoiden tutkittiin.

## 6 OPTIMOINNIN TULOKSET

### 6.1 Pakkausratkaisut

Suunniteltujen pakkausratkaisujen kustannussäästöt on esitetty kuvassa 16. Kuvassa on eriteltynä työvoima- ja pakkausmateriaalikustannukset. Kustannussäästö on esitetty ensimmäiselle 1 000 kappaleelle. Erilaisten stanssaustyökalujen takia seuraavien 1 000 pakkauksen kustannussäästöt kasvavat suhteessa enemmän ja vastaavasti materiaalikustannustappiot pienenevät.

|              |                       | Työvoimakustannukset<br>/ 1000kpl | Materiaalikustannukset<br>/ 1000kpl | total             |             |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------|
| Tuote 1 ja 2 | Vanha                 | 1 041,67 €                        | 3 240,00 €                          | 4 281,67 €        |             |
|              | Uusi                  | 208,33 €                          | 1 540,00 €                          | 1 748,33 €        |             |
|              | Säästö                | 833,34 €                          | 1 700,00 €                          | 2 533,34 €        | Toteutunut  |
| Tuote 3      | Vanha                 | 625,00 €                          | 1 332,00 €                          | 1 957,00 €        |             |
|              | Uusi                  | 208,33 €                          | 1 046,00 €                          | 1 254,33 €        |             |
|              | Säästö                | 416,67 €                          | 286,00 €                            | 702,67 €          | Toteutunut  |
| Tuote 4      | Vanha                 | 1 250,00 €                        | 238,40 €                            | 1 488,40 €        |             |
|              | Uusi                  | 503,47 €                          | 794,20 €                            | 1 297,67 €        |             |
|              | Säästö                | 746,53 €                          | -555,80 €                           | 190,73 €          | Toteutunut  |
| Tuote 5      | Vanha                 | 625,00 €                          | 2 212,00 €                          | 2 837,00 €        |             |
|              | Uusi                  | 173,61 €                          | 2 953,00 €                          | 3 126,61 €        |             |
|              | Säästö                | 451,39 €                          | -741,00 €                           | -289,61 €         | Toteutunut  |
| Tuote 6      | Vanha                 | 625,00 €                          | 119,20 €                            | 744,20 €          |             |
|              | Uusi                  | 208,33 €                          | 260,20 €                            | 468,53 €          |             |
|              | Säästö                | 416,67 €                          | -141,00 €                           | 275,67 €          | Mahdollinen |
| Tuote 7      | Vanha                 | 1 111,11 €                        | 119,20 €                            | 1 230,31 €        |             |
|              | Uusi                  | 312,50 €                          | 305,40 €                            | 617,90 €          |             |
|              | Säästö                | 798,61 €                          | -186,20 €                           | 612,41 €          | Mahdollinen |
|              | <b>Kokonaissäästö</b> | <b>3 663,21 €</b>                 | <b>362,00 €</b>                     | <b>4 025,21 €</b> |             |

KUVA 16. Kehitettyjen pakkausratkaisujen kustannussäästöt

Työn tuloksena saavutettiin merkittäviä kustannussäästöjä etenkin työvoimakustannusten osalta. Säästöissä ei ole huomioitu syntyneiden scrap-määrien kustannuksia. Kehitetyillä pakkausratkaisuilla saavutettiin kustannussäästöjen lisäksi myös laadullisia hyötyjä. Pakkausten käyttäminen yrityksen sisäisissä siirroissa minimoi kuljetuksen aikana mahdollisesti tapahtuvista virheistä ja vahingoista aiheutuvia ongelmia. Lisäksi tuotteiden 1,2 ja 3 pakkausratkaisut vähentävät tilankäytön tarvetta pienempien pakkausten ansiosta,

minkä takia tuotteiden lavaus pystytään suorittamaan tehokkaammin. Tuotteen 5 pakkausratkaisun kustannusarvion mukaan uusi ratkaisu aiheuttaa hieman suuremmat kokonaiskustannukset. Ratkaisun avulla pakkaaminen voidaan suorittaa tehokkaammin työaikaa säästään ja laatua parantaen.

Työn aikana tuotteiden 1, 2, 3, 4 ja 5 pakkausratkaisut päätettiin ottaa käyttöön. Tuotteen 6 ratkaisusta päätettiin tilata prototyyppi rakenteen toimivuuden varmistamiseksi ennen käyttöönottopäätöstä. Tuotteen 7 vaihtoehtoisesta lämpöhitsattavasta rakenteesta jäätiin odottamaan lisätietoja. Tuotteelle 8 ei tämän selvitystyön aikana löydetty optimaalisempaa pakkausratkaisua.

## **6.2 Layout-suunnitelma**

Layout-suunnittelussa tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja nykyisen layoutin tilalle. Kolmesta vaihtoehtoisesta mallista valittiin layout-suunnitelma 1 yksi jatkokehitykseen ja myöhempään toteutukseen. Jatkokehityksen aikana layout-suunnitelmaan mietittiin tarkemmin pakattujen lavakuormien ja saapuvien tuotteiden sijoituspaikat 5S-menetelmän mukaisesti.

Layout-suunnitelman toteuttaminen todettiin olevan uusien pakkausratkaisujen kannalta järkevää tehdä viimeisenä. Pakkaussuunnittelun tuloksena tilattiin jo uusia aaltopahvilaa-tikkomalleja ja pakkausmateriaaleja, jolloin niiden todellinen tilantarve ilmenee, kun selvitystyön tuloksena syntyneiden pakkausratkaisujen kaikki materiaalit saapuvat. Layout-suunnitelmissa pakkaamon sisätilan järjestystä voidaan vielä tarkentaa.

## **6.3 Lean 5S**

Layout-suunnitelmassa huomioitiin 5S-menetelmän käyttöönotto. Layout-suunnitelmassa mietittiin tarpeelliset lattiapaikat tavaroiden säilyttämiseen, vastaanottoon sekä lähetykseen. 5S-menetelmää aloitetaan toteuttamaan samalla kun layout-muutos tehdään. Tämä oli sovittu aikataulullinen haaste, joten 5S-menetelmän tuloksia ei työn aikana vielä saatu. Yrityksessä aloitetaan varsinainen 5S-projekti koko tehdas tilaan syksyllä 2018.

Tämän työn aikana 5S toteutettiin lähetystilaan, joka ei rajoita layout-muutoksen yhteydessä tehtävien muutosten tekemistä. Tilasta siivottiin ylimääräiset tavarat pois ja lavaluomille merkittiin seitsemän lavapaikkaa asianmukaisin merkinnöin, sekä merkittiin visuaalisesti niiden tarkoitus kuvan 17 mukaisesti.



*KUVA 17. Lattia- ja visuaaliset merkinnät*

Arvovirtakuvauksessa ilmeni myös muita kehityskohteita, joihin 5S-menetelmän toteutusvaiheessa kannattaa panostaa. Työpisteillä tulee järjestää kaikki tarvittavat työkalut ja tarvikkeet, joita tuotteiden pakkaamiseen tarvitaan. Välivarastohyllyjen merkintöjä tulee tarkastella ja pohtia, ovatko ne riittävän selkeät.

#### **6.4 Toissijaiset menetelmät**

Työssä kartoitettiin teippauskoneiden kannattavuutta suhteessa nykyisiin pakkausmääriin. Pakkaussuunnittelun aikana kartoitettujen pikapohjalaatikoiden todettiin olevan kustannustehokkaita, minkä vuoksi teippauskoneen hankintaa ei koettu järkeväksi tämän työn aikana. Lisäksi nämä laatikot vähentävät teippauksen tarvetta entisestään.



Lisäksi työssä kartoitettiin automaattisen lavavannekoneen hankintaa. Lavavannekoneella saavutetaan ergonomisia hyötyjä, koska lavakuorman vanteutuksen aikana joudutaan ilman konetta kumartumaan useampia kertoja. Täysin automaattisilla malleilla takaisinmaksuajat olivat pitkiä, mutta saatavilla on myös halvempia malleja, joilla työergonomia etu saavutetaan yhtä lailla. Lavakuormien sidonnassa joudutaan käyttämään epäergonomisia työasentoja. Lavavannekoneen hankinnalla voidaan parantaa työergonomiia huomattavasti.

Pakkausmateriaalitoimittajia kilpailutettiin, minkä tuloksena yritykselle löydettiin kilpailukykyinen pakkausmateriaalitoimittaja. Pakkausmateriaalien hankinta kannattaa keskittää samalla toimittajalle.

## **6.5 Tulevaisuuden kehitysideat**

Työn aikana tilattiin pakkaussuunnittelun tuloksena aaltopahvisia pikapohjalaatikoita. Kyseiset mallit ovat erikoiskokoja, jotka on suunniteltu ensisijaisesti käytettäväksi niihin tarkoitettujen tuotteiden pakkaamiseen. Jatkokehitysideana eniten käytetyt laatikkokoot voitaisiin vaihtaa myös pikapohjaisiin laatikoihin, jolloin teippauksen tarve vähenisi huomattavasti. Selvitystyön perusteella kolmen eniten käytetyn laatikkokoon vaihtaminen pikapohjalaatikoihin tulee harkita. Johtopäätöksenä aaltopahvilaatikoita kannattaa tilata suuremmissa toimituserissä.

Pakkausmäärien kasvaessa laatikoiden sulkeminen voidaan toteuttaa teippauskoneella, joiden saatavuutta tarkasteltiin osittain jo tässä projektissa. Teippauskoneet voidaan jakaa puoliautomaattisiin, joissa leveyden ja korkeuden säätö suoritetaan manuaalisesti, ja automaattisiin, joissa leveys ja korkeus säätyvät automaattisesti. Pakkaussarjojen ja vaihtuvien laatikkokokojen vuoksi kannattaa harkita ensisijaisesti automaattista teippauskoneita.

Tulevaisuudessa tilausmäärien edelleen kasvaessa layout-suunnitelman suurempaa muutosta tulisi harkita materiaalivirtauksen suoraviivaistamiseksi sekä lisääntyvän tilan tarpeen takia. Layout muutos edesauttaa myös mahdolliseen pakkausautomaation kuten teippauskoneen sijoittamista tuotantotilaan.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli tehostaa pakkausprosessia pakkaus- ja layout-suunnittelun avulla. Tuotteiden käärimisestä ja kääreiden useista avaamiskerroista haluttiin päästä eroon, koska se on hidasta. Tavoitteena oli kehitellä pakkausratkaisuja, joita yritys voi hyödyntää muidenkin kuin tässä työssä tutkittujen tuotteiden pakkaamiseen.

Työhön tutustuttiin työskentelemällä pakkaamossa usean päivän ajan. Tuotteiden pakkaaminen auttoi mielestäni havainnoimaan ongelmia ja kehityskohteita nopeammin kuin pelkkä visuaalinen tarkastelu olisi auttanut. Työskentelyn aikana saatiin selkeä kuvaus pakkausprosessin kehityskohteista. Teoriatiedon opiskelulla ja pakkausalaan tutustumalla laajennettiin käsitystä havainnoiduista kehityskohteista.

Pakattavien tuotteiden laatu ei saa heikentyä kuljetusten aikana. Toisaalta ylipakkaamista tulee välttää ympäristö- ja kustannussyistä. Työn aikana hyödynnettiin pakkaamohenkilökunnan ja työn valvojan asiantuntemusta uusien pakkausratkaisujen laatuvaikutuksista. Prototyypeille suoritettiin erilaisia testejä varmistamaan niiden riittävät suojausominaisuudet.

Layout-suunnittelun tarkoituksena oli tehdä tuotteiden pakkaaminen mahdollisimman tehokkaaksi ja nopeaksi tunnistamalla pakkausprosessia olevia hukkatekijöitä ja virtausesiteitä. Layout-suunnittelun aikana haastettiin myös pakkaamon työntekijöitä ajattelemaan asiaa.

Toissijaisena tavoitteena oli kehittää pakkausprosessin tehokkuutta mahdollisilla muilla keinoilla. Menetelmiä kartoitettiin yhdessä pakkaamohenkilökunnan kanssa. Kartoituksen aikana poissuljettiin vaihtoehtoja, joiden ei todettu lisäävän pakkausprosessin tehokkuutta. Toissijaiset menetelmät kartoitettiin ehdotustasolle asti, jolloin yritys päättää myöhemmin niiden käyttöönotosta.

Työn aikana saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Haasteena oli löytää ratkaisuja, joiden kokonaiskustannushyöty olisi positiivinen. Materiaalikustannusten suuri kasvu vei monessa ratkaisussa työvoimakustannussäästön hyödyt. Työn tuloksena syntyi ratkaisuja,

joita voidaan ottaa käyttöön eri tuotteilla jatkossa. Tuotteelle yhteensopiva laatikko, sisäosat, välipahvit ja pikapohjalaatikot ovat helposti muunneltavissa.

Haasteena suunnittelutyössä on, että todelliset vaikutukset voidaan todeta vasta ratkaisuiden käyttöönoton jälkeen. Suunnittelutyön aikana pyrittiin huomioimaan muitakin hyötytekijöitä kuin kustannustehokkuus, kuten tuotteiden suojaaminen sisäisten siirtojen aikana. Prototyypin huolellisella testaamisella mahdolliset riskitekijät pyrittiin välttämään. Tuotteen 3 pakkausratkaisu ehdittiin ottaa käyttöön jo projektin aikana, joten konkreettisia tuloksia saatiin aikaan. Tuotteiden 1, 2, 4 ja 5 käyttöönotto tapahtuu suunniteltujen pakkausratkaisujen saavuttua. Tuotteiden 6 ja 7 lopullisen käyttöönoton yritys päätetään myöhemmin. Aina suunnittelutyön aikana ei synny järkeviä ratkaisuja, kuten tässäkin projektissa tuotteen 8 pakkaussuunnittelun aikana todettiin.

## LÄHTEET

1. Määrällinen tutkimus. 2015. Avoimen yliopiston Koppa. Jyväskylän yliopisto. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimus-strategiat/maarallinen-tutkimus>. Hakupäivä 5.5.2018.
2. Laadullinen tutkimus. 2015. Avoimen yliopiston Koppa. Jyväskylän yliopisto. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimus-strategiat/laadullinen-tutkimus>. Hakupäivä 5.5.2018.
3. Tutkimus ja kehittämistoiminta. Tilastokeskus. Saatavissa: [https://www.stat.fi/meta/kas/t\\_ktoiminta.html](https://www.stat.fi/meta/kas/t_ktoiminta.html). Hakupäivä 5.5.2018.
4. Yritys. 2018. Mectalent. Saatavissa: <http://www.mectalent.fi/yritys/>. Hakupäivä 12.2.2018.
5. Järvi-Kääriäinen, Terhen – Leppänen-Turkula, Annukka 2002. Pakkaaminen. Perustiedot pakkauksista ja pakkaamisesta. Helsinki: Hakapaino Oy.
6. Ritvanen, Virpi – Inkiläinen, Aimo – von Bell, Andreas – Santala, Jouko 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.
7. Pakkaamisen kustannukset. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/pakkaaminen/pakkaamisen-kustannukset/>. Hakupäivä 30.1.2018.
8. Järvi-Kääriäinen, Terhen – Ollila, Margareetta 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Hakapaino Oy.
9. Hokkanen, Simo – Karhunen, Jouni 2014. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
10. Logistiikka. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>. Hakupäivä 28.1.2018.
11. Lean. Sig sixma. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>. Hakupäivä 4.5.2018.

12. Väisänen, Jouni 2018. Arvovirtakuvaus. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>. Hakupäivä 8.2.2018.
13. Rother, Mike – John, Shook 2009. Learning to see. Value stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
14. Trukkiväylien suunnittelu. Intolog. Saatavissa: <https://www.intolog.fi/fi/ohjeet/suunnitteluohjeet/trukkikaytavan+mitoitus/>. Hakupäivä 10.4.2018.