

# RUISKUPURISTEMUOTTIEN JA KAPPALEIDEN KUSTANNUSLASKURI

Case: Teknoware Oy

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Vierikko, Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 35	Valmistumisaika Kevät 2019
Työn nimi <b>Ruiskupuristemuottien ja kappaleiden kustannuslaskuri</b> Case: Teknoware Oy		
Tutkinto Kone- ja tuotantotekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Teknoware Oy:lle työkalu ruiskupuristemuottien sekä kappaleiden kustannuksien arviointiin. Teknoware valmistaa valtaosan tuotteiden osista yrityksen sisällä, mutta muovista valmistetut tuotteet, kuten kuvut, kiinnikkeet ja tietyt valaisinrungot teetetään alihankkijalla. Työkalun on tarkoitus toimia ostosaston sekä suunnittelijoiden apuna tarjousvaiheessa. Osana työtä oli myös tehdä suunnitteluohje ruiskuvalutuotteiden suunnitteluun.</p> <p>Laskurin tekemiseen käytettiin ennalta olevaa dataa Teknowaren sisältä sekä muotti-toimittajan antamaa tietoa muoteista ja niiden ominaisuuksista. Tuloksena syntyi Excel-pohjainen laskuri, johon on syötetty ennalta olevaa dataa tuotteista ja niiden muotikustannuksista. Laskuriin on helppo lisätä uusia tuotteita, jotka parantavat kustannusarvioiden tarkkuutta ajan myötä. Lopputuloksesta tuli käyttäjäystävällinen ja suoraviivainen, mutta käyttäjältä vaaditaan silti muovitietoutta sekä ymmärrystä ruiskuvalusuunnittelusta ja prosessista.</p> <p>Suunnitteluohjeesta tuli hyvä ja kattaa tärkeimmät osa-alueet ruiskuvalukappaleiden suunnittelusta. Teoriaosuus toimii hyvin tietopakettina suunnittelijalle, joka ei ennen ole ruiskupuristettavia kappaleita suunnitellut. Kokeneemmatkin suunnittelijat hyötyvät ohjeesta, sillä sinne on kerätty yleisimmin käytettyjä kaavoja ja taulukoita, jotka nyt löytyvät yhdestä paikasta, sen sijaan että niitä täytyisi etsiä useista eri lähteistä.</p>		
Asiasanat Ruiskuvalu, suunnitteluohje, muottihinta, kustannuslaskuri		

## Abstract

Author(s) Vierikko, Aleks	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 35	
Title of publication <b>Injection moulding mould and product price calculator</b> Case: Teknoware Oy		
Name of Degree Bachelor's Thesis in Mechatronics		
Abstract <p>The objective of the thesis was to make a price calculator to Teknoware Oy for estimating the costs of injection moulding moulds and products. Teknoware manufactures just about every part of their products themselves, except the parts that are injection moulded, for example diffusors, fasteners and some frames which are ordered from a subcontractor. The calculator will be mainly used by the designers and the purchasing department in the designing phase, and when the manufacturer is quoting prices for the parts and the moulds. Part of the thesis was also to make a design guide for designing injection moulded parts.</p> <p>Preexisting data was used in the making of the calculator. This data came from inside Teknoware and also from our mould vendor, where I could get more details about moulds and their properties. The end result was an excel based calculator, which used the said pre existing data to estimate mould and product prices. The calculator is designed the way that new injection moulded products are easy to add on to the tables, which makes price estimates more accurate over time. The calculator is user-friendly and straightforward, but still requires the user to have some knowledge about plastics and about the process of injection moulding.</p> <p>The result of the thesis came out good and covers the most important topics to keep in mind when designing injection moulded parts. The theory and design guide sections of the thesis are useful to the designers that have never modeled plastic parts before. Experienced designers can also benefit from the guide, since I gathered commonly used formulas and tables in there, so now they can be found in one place, rather than scattered around different sources.</p>		
Keywords Injection moulding, design guide, mould price, cost estimator		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	YRITYSESITTELY .....	2
2.1	Teknopower Group .....	2
2.2	Teknoware Oy .....	2
3	RUISKUVALAMINEN.....	3
3.1	Yleistä.....	3
3.2	Ruiskuvaluprosessi.....	3
3.3	Materiaalit .....	4
3.3.1	Materiaalin valinta.....	4
3.3.2	Polykarbonaatti (PC), Akrylinitriilibutadieenistyreeni (ABS) ja PC-ABS .....	5
3.3.3	PA-6 .....	5
3.3.4	Termoplastiset elastomeerit.....	5
3.4	Monikomponenttiruiskuvalu .....	6
4	RUISKUPURISTETTAVAN KAPPALEEN SUUNNITTELU .....	8
4.1	Yleistä.....	8
4.2	Seinämäpaksuus .....	8
4.3	Päästöt .....	9
4.4	Liikkuvat keernat.....	10
4.5	Pinnanlaatu.....	11
4.6	Raaka-ainekertymät.....	11
4.7	Rivat, kaarevat pinnat ja reunavahvikkeet.....	11
4.8	Terävät kulmat.....	13
4.9	Toleranssit .....	13
4.10	Tuotteen dekorointi .....	13
4.10.1	Tampopainatus.....	13
4.10.2	Silkkipaino .....	13
4.10.3	Laserointi.....	14
4.10.4	Metallointi .....	14
4.10.5	Maalaaminen .....	14
4.11	Snap-liitokset .....	15
4.12	Ruuviliitokset ja ruuvitornit .....	16
4.13	Kierreinsertit .....	17
4.14	Kalvosaranat.....	18

4.15	Ultraäänihitsaus.....	20
4.16	Syöttö- ja ulostyöntöpaikan valinta.....	22
5	HINNAN MUODOSTUMINEN.....	23
5.1	Muottikustannukset.....	23
5.2	Kappalekustannukset .....	25
6	DATAN KERÄÄMINEN .....	27
6.1	Teknowaren sisäinen data .....	27
6.2	Toimittajan data .....	28
7	TYÖKALUN TEKO.....	29
7.1	Massan sekä muotti- ja kappalehinnan korrelaatio.....	29
7.2	Geometrian monimutkaisuus .....	31
7.3	Muita annettavia arvoja.....	31
7.4	Laskutoimitus.....	32
7.5	Muita välilehtiä.....	32
8	YHTEENVETO .....	34
	LÄHTEET .....	35

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön ensimmäinen tavoite oli tehdä Teknoware Oy:lle työkalu ruiskupuristemuottien sekä kappaleiden kustannuksien arviointiin. Teknoware valmistaa valtaosan tuotteiden osista yrityksen sisällä, mutta muovista valmistetut tuotteet teetetään alihankkijalta. Työkalu nopeuttaa osto-osaston sekä suunnittelijoiden toimintaa tarjousvaiheessa, sillä työkalu antaa arvion tuotteen muotti- ja kappalekustannuksista. Toisena tavoitteena oli tehdä suunnitteluohje ruiskuvalukappaleiden suunnitteluun.

Opinnäytetyön teoriaosuus ja suunnitteluohje toimii apuna Teknoware suunnittelijoille ruiskuvalukappaleen suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluohje kattaa yleisimpien ruiskuvallettavien kappaleiden ominaisuuksien ja materiaalien oikeanlaisen käyttämisen, jotta saadaan optimaalinen lopputulos tuotteelle.

## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 Teknopower Group

Teknopower-konserniin kuuluu kolme tytäryhtiötä: Atexor Oy, FLS Finland Oy ja Teknoware Oy. Yhtiöt suunnittelevat ja valmistavat valaistusratkaisuja vaativiin olosuhteisiin, kiinteistöihin, risteilyaluksiin sekä julkisen liikenteen ajoneuvoihin. (Teknoware Oy 2018a; Teknoware Oy 2018b.)

Atexor suunnittelee ja tuottaa ladattavia käsivalaisimia, siirrettäviä ja kiinteitä valaistusjärjestelmiä räjähdysalttiisiin tiloihin sekä muihin teollisuuden tarpeisiin. FLS Finland valmistaa LED-näyttökokonaisuuksia pysäköintioperaattoreille, huoltoasemille ja muille teollisuuden aloille. (Teknoware Oy 2018a.)

### 2.2 Teknoware Oy

Teknoware Oy on 1972 Lahteen perustettu toisen sukupolven perheyhtiö. Teknoware työllistää maailmanlaajuisesti noin 400 henkilöä kuudessa eri maassa, joista Lahden pääkonttori ja tuotantotilat työllistää noin 300 henkilöä. Teknowarella on myös tehdas Puolassa, joka tukee Lahden yksikköä Euroopan asiakkaita varten sekä Pohjois-Amerikassa, joka tuottaa valaistusratkaisuja Yhdysvaltojen markkinoille. (Teknoware Oy 2018b.)

Teknoware toiminta jakautuu kahteen alueeseen: risteilijöiden ja kiinteistöjen turvavalaisusjärjestelmiin sekä ajoneuvovalaistukseen, kuten juniin, metroihin, linja-autoihin sekä raitiovaunuihin. Tuotteet tehdään pääasiassa alusta loppuun yrityksen sisällä aina mekaniikka- ja elektroniikkasuunnittelusta tuotteiden valmistamiseen. Valaisinrunkoja ja muita osia valmistetaan ohutlevystä CNC-levyleikkureilla, jotka tarpeen mukaan särmätään sekä mankeloidaan haluttuun muotoon. Ohutlevy mahdollistaa nopean suunnittelun ja edullisen valmistuksen tuotteille. (Teknoware Oy 2018b.)

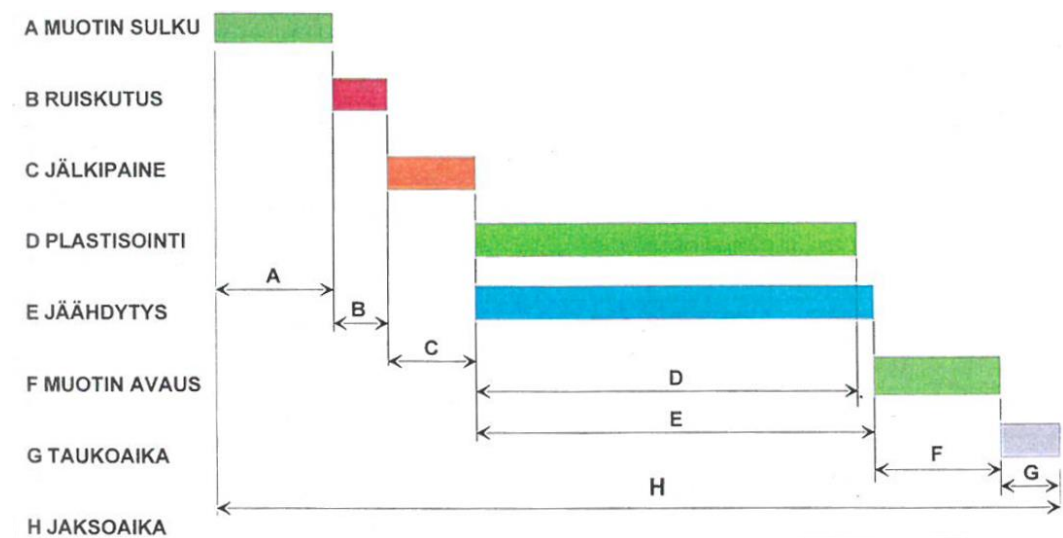
### 3 RUISKUVALAMINEN

#### 3.1 Yleistä

Ruiskuvalu on tehokas ja monipuolinen tapa valmistaa mittatarkkoja ja monimutkaisia kappaleita, jotka eivät juuri kaipaa jälkityöstöä. Tämän vuoksi se onkin yleisin kestopuuvisten muotokappaleiden valmistusmenetelmä. (Kurri, Malén, Sandell & Virtanen 2002, 74.) Menetelmä soveltuu suurien sarjojen valmistukseen, sillä ruiskuvalamalla saadaan kappaleiden valmistuskustannukset pieniksi, mutta muotin valmistaminen on hintavaa. Jos tuotteen geometria on yksinkertainen, nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 1000 kpl on minimimäärä, jolloin muotti kannattaa valmistaa. (Järvelä, Syrjälä & Vastela 2000, 275.)

#### 3.2 Ruiskuvaluprosessi

Karkeasti jaoteltuna ruiskuvalujakso voidaan jakaa kolmeen jaksoon: muotin sulkeutumisen, sen täyttäminen ja muotin avaamiseen, jossa tapahtuu samalla kappaleen ulostyöntö. Tarkemmin voidaan kuitenkin tarkastella prosessia kuvan 1 avulla (ks. kuva 1).



Kuva 1. Jaksoajan jakautuminen (Järvelä ym. 2000, 47)

Ensimmäinen vaihe on muotin sulkeutuminen (A). Muotin täytyy sulkeutua ja lukkiutua nopeasti, mutta kuitenkin pehmeästi. Muotin lukkiutumisen jälkeen alkaa ruiskutus (B), jolloin materiaali kuljettava kierukkaruuvi toimii mäntänä liikkuen nopeasti eteenpäin ja työntää muovisulaa suurella paineella muottipesiin. Kappaleen pinnanlaatu riippuu suuresti käytetystä ruiskutusnopeudesta ja sen hallinta onkin tärkeä osa prosessia. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Kun muottipesän tilavuudesta on täytetty n.95%, alkaa jälkipaine (C). Jälkipaineella täytetään loput pesien tilavuudesta ja kompensoidaan materiaalin jähmettyemisestä aiheutuvaa kutistusta. Jälkipaineella on suuri merkitys mittatarkkuuksiin ja kappaleen sisäisten jännitysten minimointiin. Jälkipaineen jälkeen ruiskuvalukone annostelee lisää

materiaalia ruuville, jossa se plastisoidaan (D) homogeeniseksi lämmitysvastuksien ja kitkan avulla. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Jäähdytysvaihe (E) alkaa välittömästi muovimassan kohdatessa kylmän muottipinnan seinämät, mutta varsinainen jäähdytysaika alkaa jälkipaineen päätyttyä. Muovimassan lämpötila ruiskutusvaiheessa on materiaalista riippuen 150 – 400 °C ja massan lämpötilan tulee olla 60 – 150 °C, jotta kappale on tarpeeksi jähmettynyt muotista poistettavaksi. (Järvelä ym. 2000, 48.) Kuten kuvasta 1 huomaa, jäähdytys on usein prosessin pisin vaihe. Muotin lämpötilaa säädellään temperoinnilla, jossa muottiin porattuihin jäähdytyskanaviin ruiskutetaan vettä, tai öljyä, jonka mukana lämpö poistetaan muottipuo- liskoista. (Kurri ym. 2002, 92.)

Kappaleen jäähdyttyä tarpeeksi alkaa muotin avaus (F) ja kappaleen poisto. Geometriasta riippuen muotin avaamisen lisäksi tarvitaan ulostyöntäjiä, jotka auttavat kappaleen irrottamisessa. Muotti avautuu vain sen verran, että kappale voidaan poistaa muotista ongelmitta. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Taukoaikaa (G) voidaan tarvita esimerkiksi, jos kappale ei irtoa muotista yhdellä ulostyöntökerralla, vaan vaaditaan useampi ulostyöntö eli niin sanottu ravistus. Työkierto alkaa jälleen alusta sulkemalla muotti (A). (Kurri ym. 2002, 80-85; Järvelä ym. 2000, 48.)

### 3.3 Materiaalit

Tässä luvussa käsitellään amorfisia kestumuoveja, sillä ne ovat pääasiallisessa käytössä Teknowaren tuotteissa. Amorfisten muovien ruiskuvalutuotannossa saavutetaan muun muassa hyvä kappaleiden mittatarkkuus, kappaleiden vähäinen lämpölaajeneminen ja pieni työstö- ja jälkikutistuma. Muita etuja ovat hyvä pinnanlaatu ja jäykkyys. Amorfista muovia on yleensä helppo ruiskuttaa muottipesään ja sen molekyylirakenne säilyy samanlaisena koko ruiskuvaluprosessin ajan, eli minkäänlaista kiteytymistä ei tapahdu. Tämän vuoksi muottipesä voidaan täyttää hitaammin, kuin osittain kiteisillä muoveilla. Tunnettuja amorfisia muoveja ovat esimerkiksi ABS, PS, SAN, PC JA PMMA. (Kurri ym. 2002, 85.)

#### 3.3.1 Materiaalin valinta

Maailmassa on kymmeniä tuhansia erilaisia kaupallisia muovimateriaaleja. Materiaalin valinta vaikuttaa suoraan valettavan kappaleen ominaisuuksiin ja kustannuksiin, joten valinta kannattaa tehdä huolella.

Materiaalia valittaessa tulee ottaa huomioon useita asioita, kuten

- tuotteen ympäristövaatimukset (kosteus, lämpötila, UV-kestävyys, kemikaalien kestävyys, häiriösuojaus)
- lujuusvaatimukset määriteltynä; staattiset ja dynaamiset kuormitukset
- tuotteen perustoiminnot (optiset ominaisuudet, kitka, ulkonäkö)

(Järvelä ym. 2000, 264)

Materiaali tulisi olla valittuna mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta muotti osataan valmistaa materiaalin kutistuman mukaisesti. Tämän vuoksi tuotteen muovimateriaalia voidaan vaihtaa vain sellaiseen, jolla on samankaltainen kutistuma. (Järvelä ym. 2000, 281.)

Seuraavissa luvuissa kerrotaan lyhyesti Teknowarella ruiskuvalupuristuksessa käytettävistä muoveista sekä käyttökohteista yrityksen tuotteissa.

### 3.3.2 Polykarbonaatti (PC), Akrylinitriilibutadienistyreeni (ABS) ja PC-ABS

1950-luvulla kehitetty polykarbonaatti on tunnettu iskutiekänä materiaalina. PC:lle tyypillisiä ominaisuuksia ovat mm: Lujuus, sitkeys, jäykkyys sekä läpinäkyvyys. (Järvelä ym. 2000, 33.) Tämän vuoksi sitä käytetäänkin kupuihin, linssihin, sekä muihin tuotteisiin, joilta vaaditaan valoa läpäiseviä ominaisuuksia. Polykarbonaatilla on hyvä työstettävyyttä ja modifioitavuus, joiden ansiosta sitä on helppo seostaa ja lujittaa eri käyttökohteisiin.

Styreenimuoveihin kuuluva ABS on yksi eniten käytettyjä teknisiä muoveja erilaisissa käyttöesineissä. Teknowarella sitä ei kuitenkaan käytetä yksinään, vaan seoksena polykarbonaatin kanssa, jotta saadaan ääriolosuhteisiin sopiva materiaali.

Lisäämällä seokseen polykarbonaattia saadaan seoksesta iskutiekämpi ja lämmönkestävämpi korkeissa sekä matalissa lämpötiloissa, kuin seostamattomalla ABS-muovilla. (Järvelä ym. 2000, 23) Tyypillisiä käyttökohteita ovat rungot sekä kotelot.

### 3.3.3 PA-6

Muista esitellyistä muoveista poiketen polyamidi-6 eli nailon 6 ei ole amorfinen, vaan osakiteinen materiaali. PA-6 luokitellaan tekniseksi muoviksi, eli materiaalikustannuksiltaan kalliimmaksi kuin valtamuovit, mutta teknisiltä ominaisuuksiltaan paremmaksi. Materiaalille tyypillisiä ominaisuuksia ovat sitkeys, hyvä kulutuskestävyys, pieni kitka ja hyvä väsymislujuus. (Järvelä ym. 2000, 29.) Materiaalia käytetään saranoissa ja kiinnikkeissä.

### 3.3.4 Termoplastiset elastomeerit

Termoplastisilla elastomeerit ovat materiaaleja, joissa on yhdistetty termoplastisten muovien sulatyöstettävyys ja vulkanoitujen kumien fysikaaliset ominaisuudet, kuten kumimainen kimmoisuus. (Järvelä ym. 2000, 44) Elastomeerien valamisessa muotin lämmöt ovat normaalisti matalammat, kuin perinteisten muovien. Valaminen on kuitenkin hieman haastavampaa, sillä kappaleen ulostyöntö muotista vaikeutuu, mitä pehmeämmäksi kappale menee. Muottipuoliskojen välille syntyy myös helpommin pursetta, joka saattaa aiheuttaa jälkityötä ja nostaa tuotteen kappalehintaa. Tyypillisiä käyttökohteita ovat linssit, tiivisteet ja läpiviennit.

### 3.4 Monikomponenttiruiskuvalu

Monikomponenttivalulla tarkoitetaan tuotteen valmistamista useasta eri materiaalista, tai saman materiaalin eri väri vaihtoehtoista. Monikomponenttiruiskuvallamisella nostetaan tuotteen monikäyttöisyyttä ja teknisiä ominaisuuksia, esimerkiksi muovisen työkalurungon kuminen kahva. Mitä enemmän materiaalit poikkeavat toisistaan, sitä vaikeampaa monikomponenttiruiskuvallaminen on. (Järvelä ym. 2000, 158.)

Aikaisemmin mainitun korkean hinnan lisäksi miinuspuolena on se, että monikomponenttimuotit tehdään räätälöidysti tietyille ruiskuvallukoneelle. Tämän vuoksi muottia on käytännössä mahdotonta siirtää toiselle puristajalle. Lisäksi muotti on lähes pakko valmistaa Suomessa, sillä se täytyy mitoittaa todella tarkasti käytettävän koneen mukaisesti.

Yleisimmät monikomponenttivalutekniikat voi jakaa karkeasti kolmeen eri kategoriaan:

- samanaikainen ruiskuvalu
- sisäkkäisruiskuvalu
- rinnakkaisruiskuvalu

(Järvelä ym. 2000, 159.)

Samanaikaisessa ruiskuvalussa materiaalit ruiskutetaan muottiin samanaikaisesti. Tekniikan etuna on materiaalien todella hyvä yhtyminen, mutta se on kuitenkin monikomponenttiruiskuvaluista vaativin (Järvelä ym. 2000, 164).

Sisäkkäisruiskuvalussa eri suuttimet on sijoitettu siten, että toinen materiaaleista jää täysin toisen sisään. Tämä on yksi monikomponenttiruiskuvallujen yleisimmistä tekniikoista. Tällä tekniikalla voidaan tehdä esimerkiksi tuote, jolla on lujitettu ydinmateriaali, mutta lujittamaton pintamateriaali (Järvelä ym. 2000, 161).

Rinnakkaisruiskuvalussa käytetään liikkuvia keernoja tai vaihdettavia muottipuoliskoja. Materiaali ruiskutetaan kokonaan muottipesään ja sen jäähtyessä toinen muottipuoliskoista vaihdetaan. Tämän jälkeen ruiskutetaan toinen materiaali täyttämään pesän tyhjä osio. Tässä tekniikassa materiaalien välinen adheesio on todella tärkeä (ks. taulukko 1) (Järvelä ym. 2000, 158).

Taulukko 1. Eri materiaalien soveltuvuus rinnakkaisruiskuvalussa (Järvelä ym. 2000, 160.)

	ABS	ASA	PA 6	PA 66	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PS-GP	PS-HI	PBT	TPU	PVC-W	SAN	PET	PPSU	PC/PBT	PC/ABS
ABS	+	+			+	○	○	+		○	○	○	+	+	+	+	+		+	+
ASA	+	+			+	○	○	+		○	○	○	+	+	+	+			+	+
PA 6			+	+	●	●				●	○	○		+						
PA 66			+	+	●	●	●			●	○	○		+						
PC	+	+		●	+	○	○			○	○	○	+	+	+	+	+	+	+	+
PE-HD	○	○	●	●	○	+	+	●	●	○	○	○	○	○	○	○			○	○
PE-LD	○	○	●	●	○	+	+	●	●	+	○	○	○	○		○			○	○
PMMA	+	+				●	●	+		●	○	○			+	+				
POM						●	●		+	●	○	○								
PP	○	○	●	●	○	○	+	●	●	+	○	○	○	○	○	○			○	○
PS-GP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	+	+	○	○	○	○			○	○
PS-HI	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	+	+	○	○	○	○			○	○
PBT	+	+			+	○	○			○	○	○	+	+	+	+				
TPU	+	+	+	+	+	○	○			○	○	○	+	+	+	+				
PVC-W	+	+			+	●		+		●	●	●	+	+	+	+				+
SAN	+	+			+	○	○	+		○	○	○	+	+	+	+	+		+	+
PET	+				+											+	+		+	+
PPSU					+													+		
PC/PBT	+	+			+	○	○			○	○	○				+	+		+	
PC/ABS	+	+			+	○	○			○	○	○			+	+	+			+

+ = Hyvä adheesio    ● = Huono adheesio    ○ = Ei adheesiota

## 4 RUISKUPURISTETTAVAN KAPPALEEN SUUNNITTELU

### 4.1 Yleistä

Ruiskuvalutuotteen suunnittelussa on monia yksityiskohtia, jotka huomioon ottamalla helpottavat suunnitteluprosessia. Tavoitteena on yhdistää oikeanlainen materiaali ja muotoilu, jotta tuotteesta saadaan tehokkaasti ja funktionaalisesti toimiva. (Nykänen 2019a, 3.)

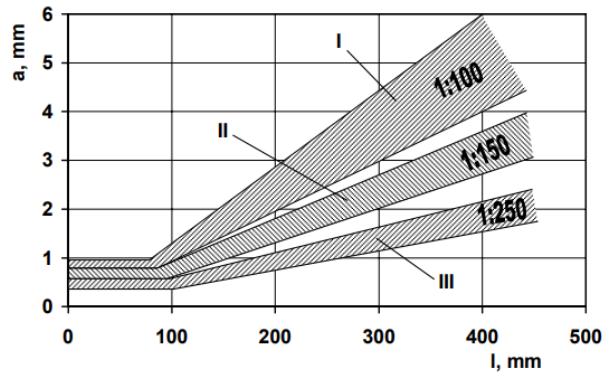
Tämän osio toimii suunnittelijoiden ohjeena ruiskuvalutuotteiden suunnittelussa.

### 4.2 Seinämäpaksuus

Seinämäpaksuus määräytyy yleensä materiaalin ja kappaleen mittojen mukaan (ks. taulukko 2 ja kuva 2). Paksuus saadaan kuitenkin usein kokemusperäisesti edellisten tuotteiden perusteella. On suositeltavaa, että kappaleen jäykkyyttä ei lisätä seinämäpaksuutta lisäämällä, vaan ripoja ja oikeanlaista muotoilua käyttämällä. Seinämäpaksuuden paikallisia vaihteluita tulisi välttää, sillä paksumpiin kohtiin syntyy helposti imuja, kutistumaonkaloita ja pintavikoja. (Nykänen 2019a, 6.)

Taulukko 2. Seinämäpaksuuden riippuvuus kappaleen mitoista (Nykänen 2007, 2.)

Suorakulmiomaisen kappaleen mitat, (mm)	Sylinterimäisen kappaleen mitat, (mm)	Seinämäpaksuus, (mm)
<b>20 x 20 x 20</b>	Ø20 x 20	0,5
<b>50 x 50 x 50</b>	Ø 50 x 50	1,0
<b>80 x 80 x 80</b>	Ø 80 x 80	1,5
<b>150 x 150 x 150</b>	Ø 150 x 150	2,0
<b>180 x 180 x 180</b>	Ø 180 x 180	2,5
<b>250 x 250 x 250</b>	Ø 250 x 250	3,0
<b>300 x 300 x 300</b>	Ø 300 x 300	3,5
<b>400 x 400 x 400</b>	Ø 400 x 400	4,0



Kuva 2. Seinämäpaksuus muovin virtaavuuden mukaan.  $a$  = seinämäpaksuus ja  $l$  = virtausmatkan pituus (Nykänen 2007, 2.)

Kuvassa 2 muovit ovat jaoteltuna kolmeen osaan:

I = Matalan virtaavuuden muovit (PVC, PC)

II = Keskivirtaavuuden muovit (PMMA, ABS)

III = Korkean virtaavuuden muovit (PE, PE-LD, PE-HD)

Materiaalivalmistajalta saa tarkempia arvoja seinämäpaksuuden ja virtausmatkan suhteesta.

#### 4.3 Päästöt

Kappaleissa tulee olla aukeamissuuntaan päästöä helpottamaan ulostyöntöä. Normaali minimipäästövaatimus on  $0,5^{\circ}$ - $1^{\circ}$ . Tämä on kuitenkin riippuvainen kappaleen syvyydestä, materiaalista, sekä pinnanlaadusta. Karheasta kipinätyöstetystä pinnasta on huomattavasti vaikeampi ulostyöntää kappale, kuin esimerkiksi kiillotetusta. (Järvelä ym. 2000, 146.) Jokaisessa ulokkeessa, kuten ruuvitorneissa, rivoissa ja reiässä tulisi käyttää päästökulmaa.

Taulukko 3. Päästökulmia eri materiaaleille (Nykänen 2019b, 3.)

Muovi	Päästökulma (°)
Polykarbonaatti (PC)	1 – 2
Polystyreeni (PS)	> 0,5
Polysulfoni (PSU)	1 - 2
Polyeetterisulfoni (PES)	1 – 2
Nestekidemuovit (LCP)	> 0,5
Polybuteenitereftelaatti (PBT)	1 – 1,5
Polyeteenitereftelaatti (PET)	1 – 1,5
Akrylinitriilibutadieenistyreeni (ABS)	> 0,5
Polymetyylimetakrylaatti (PMMA)	> 1 – 2
Polyeteeni (PE)	> 0,7 – 0,8
Polypropeeni (PP)	> 0,7

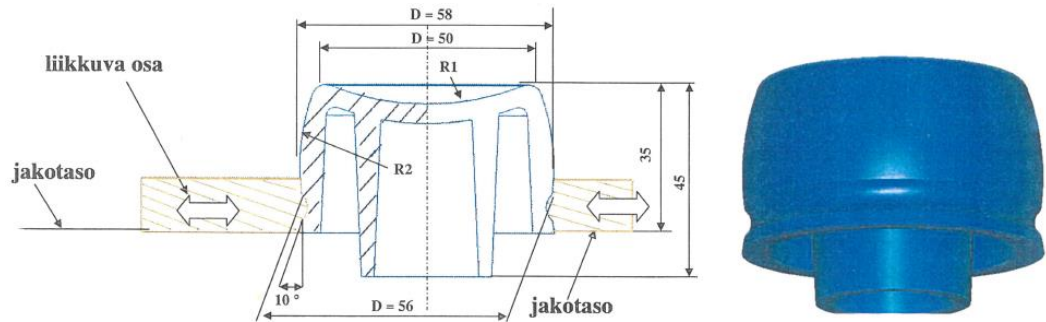
#### 4.4 Liikkuvat keernat

Monimutkaisissa kappaleissa voidaan joutua tekemään vastapäästöjä, joiden kanssa olisi mahdotonta poistaa kappale muotista ilman liikkuvia keernoja. Liikkuvat keernat tekevät kappaleeseen valun aikana muodon ja väistyvät ulostyönnön tieltä pois, jotta kappale saadaan poistettua muotista.

Keernojen rakenteita on erilaisia:

- jousikuormitteinen keernanliikutusmekanismi
- luisti
- supistuva keerna
- vipu tai taittuva ulostyönnin
- mekaaninen vinotappi
- sähköinen, hydraulinen tai pneumaattinen keernanvetosylinteri

(Höök 2014, 8.)



Kuva 3. Esimerkki vastapäästöstä ja sivuluisteista (Järvelä ym. 2000, 307-308.)

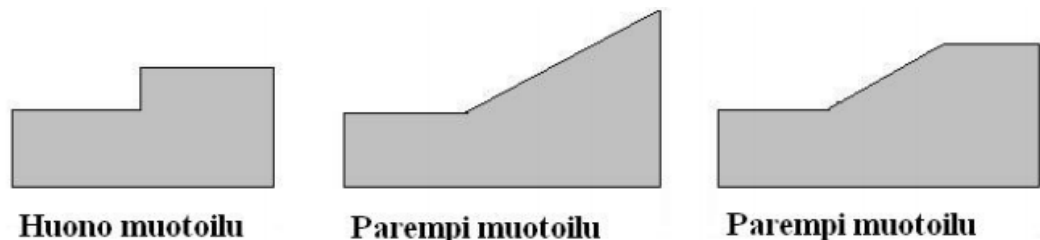
Liikkuvien keurnojen käyttö lisää muottikustannuksia ja muotin huoltoa huomattavasti, joten niiden turhaa käyttöä tulisi välttää.

#### 4.5 Pinnanlaatu

Pinnanlaadulla on huomattava merkitys kappaleen ulkonäköön, muotin valmistusaikaan sekä muotin kustannuksiin. Tämän vuoksi yleensä piilossa olevat pinnat jätetään tekniseksi pinnoiksi ja vain näkyvät sekä valon läpäisyyden tarkoitettut pinnat työstetään. Poikkeuksia myös on, kuten ripojen ja matalaa kitkaa vaativien pintojen kiillotus. Pinnanlaadut luokitellaan yleensä SPI-SPE ja VDI-luokittelulla. Mikäli pinnasta halutaan kiillotettu, käytetään SPI-SPE-luokittelua ja mattamaiseen kipinätyöstöpintaan käytetään VDI-luokittelua.

#### 4.6 Raaka-ainekertymät

Raaka-ainekertymät aiheuttavat kappaleeseen pintavikoja, kutistumaonkaloita, imuja ja pidempää jaksonaikaa. Nopeat paksuuden muutokset voivat myös aiheuttaa jännityksiä, jotka voivat johtaa kappaleen rikkoutumiseen. Mikäli seinämäpaksuuksien muutoksilta ei voida välttyä, tulee materiaalipaksuuden muutos tapahtua asteittain (ks. kuva 4). (Nykänen 2019a, 6.)



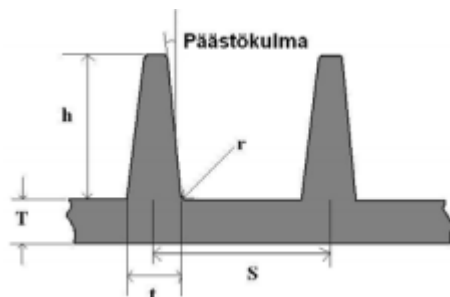
Kuva 4. Materiaalipaksuuden vaihtelun suunnittelu (Nykänen 2019a, 6.)

#### 4.7 Rivat, kaarevat pinnat ja reunavahvikkeet

Ruiskuvalukappaleet ovat yleensä ohutseinämäisiä, jonka vuoksi jäykkyydestä ja tasomaisuuden hallinnasta tulee ongelma. Tämä johtuu osakseen siitä, että kappale supistuu jäähtyessään ja pyrkii muuttamaan muotoaan. Kappaletta saadaan jäykistettyä

käyttämällä kaarevia pintoja, ripoja tai reunavahvikkeita. Rivoilla voidaan ohjata myös muottisulan virtaamista muotissa hankaliin muotoihin, kuten korkeisiin ruuvitorneihin.

Rivan paksuus saa olla enintään puolet kappaleen seinämäpaksuudesta ja korkeus saa olla korkeintaan kolme kertaa seinämäpaksuus. Rivan juureen on lisättävä pyöristyssäde, joka on 25%-40% seinämäpaksuudesta. Rivojen pinnat tulisi olla kiillotettuja, sekä päästökulman pitäisi olla vähintään  $0,5^\circ$ , jotta kappaleen ulostyöntö muotista olisi mahdollisimman helppoa. Mikäli käytetään useampia ripoja, niiden välimatka täytyy olla vähintään kaksi kertaa seinämäpaksuus. Jos on mahdollista, käytetään yhtä korkeaa ripaa monen pienemmän rivan sijaan. (Nykänen 2019a, 6.) Näillä yleissäännöillä ripa täyttyy tasaisesti muovimassalla ja estetään imujen syntyminen rivan vastakkaiselle puolelle.



Kuva 5. Ripojen mitoittaminen (Nykänen 2007, 6.)

$T$  = kappaleen seinämäpaksuus

$t$  = rivan paksuus ( $t \leq 0,5T$ )

$h$  = rivan korkeus ( $h = 3T$ )

$r$  = juuripyöristyksen säde ( $r \geq 0,25 - 0,4T$ )

$S$  = rivojen välinen etäisyys ( $S \geq 2T$ )

Päästökulma  $\geq 0,5^\circ$

Yleensä rivat joudutaan valmistamaan kipinätyöstämällä, joka nostaa muotin hintaa ja pitkittää muotin valmistumista. Tämän vuoksi harkitsematon rivojen käyttö suunnittelu- vaiheessa voi käydä kalliiksi.

Kappaletta voidaan vahvistaa myös ympäröivän profiilin avulla, eli reunavahvikkeilla. Reunavahvikkeita käyttäessä sen paksuus tulisi olla sama, kuin kappaleen seinämäpaksuus, jolloin kutistumasta saadaan mahdollisimman tasainen. (Nykänen 2007, 7.)



Kuva 6. Esimerkkejä tasomaisten pintojen jäykistämisestä (Nykänen 2007, 8.)

Kuvassa 6 on esitetty erilaisia tapoja jäykittää tasomaisia pintoja. Kuvassa 6 vasemmalla tasomainen pohja on jäykistetty rivoituksella. Sivuseinämät on muotoiltu suursäteisillä kaarilla ja reunat vahvistettu kauluksella. Keskimmäisessä kappaleessa on käytetty reunavahvikkeita jäykistämään levymäistä tasoa. Oikealla olevan kappaleen seinämät ovat suursäteisiä ympyräkaaria tasojen sijaan ja reunaan on muotoiltu kaulus.

## 4.8 Terävät kulmat

Terävät nurkat toimivat jännitysten keskittäjinä, joten ne tulisi aina pyöristää. Näin ehkäistään esimerkiksi murtumia kappaleessa. Pyöristetyillä kulmilla helpotetaan myös muotin valmistamista ja parannetaan muovisulan virtausta pesässä, joka lyhentää jaksonaikaa. (Nykänen 2019a, 7.)

## 4.9 Toleranssit

Yleistoleranssina käytetään ISO 2768-m, jos tuote vaatii enemmän mittatarkkuutta, käytetään ISO 2768-f. Toleranssin tarkkuudella on vaikutus muotin valmistuskustannuksiin ja käyttöikänsä. Tämä johtuu siitä, että muotit valmistetaan toleranssialueen alarajalle, jolloin muotin kuluessa pesässä on varaa uudelleentyöstöön. (Järvelä ym. 2000, 281.)

## 4.10 Tuotteen dekorointi

Tuotteen dekoroinnilla tehdään visuaalisia muutoksia kappaleeseen, jotka voivat myös parantaa tuotteen ominaisuuksia. Perinteisen maalaamisen lisäksi dekorointia voidaan tehdä muillakin tekniikoilla.

### 4.10.1 Tampopainatus

Tampopainatuksella väriaine siirretään erilliseltä painatuslevyltä silikonityynyyn avulla tuotteeseen. Tämän tekniikan etuna on painaminen kolmiulotteisen esineen pintaan, sillä silkkityyny myötäilee kappaleen muotoja. Painamista voidaan tehdä yksivärisenä tai monivärisenä. (IGO Promo 2019.) Tampopainatus on yleinen dekorointitapa sen edullisuuden sekä joustavuuden vuoksi. Tampopainamisessa on aloituskustannukset ensimmäisessä tilauksessa. Siihen kuuluu tuotetta/tuotteita pitävän jigien, filmin ja painolevyn valmistaminen.

### 4.10.2 Silkkipaino

Silkkipainatuksessa kangas venytetään kehykseen ja päällystetään kerroksella valokuva-emulsiota. Halutut painokuvat asetetaan kehyksen päälle valotuksen ajaksi, jonka jälkeen mustuneet alueet pestään pois silkkikankaan pinnalta. Muste lisätään reunaan ja vedetään painoalueen yli kumilastalla, jolloin muste menee verkon läpi tuotteeseen. (IGO Promo 2019) Tämä painotekniikka on nopea, mutta sitä voi käyttää pääasiallisesti vain tasomaisille pinnoille. Ensimmäiseen tilaukseen tulevat aloituskustannukset, johon sisältyy jigien ja painosapluunan tekeminen.

#### 4.10.3 Laserointi

Lasermerkkauksella poltetaan kappaleen pintaa haluttuja kuvioita tietokoneohjatun voimakkaan lasersäteen avulla. Menetelmää käytetään yleensä pieniin ja tarkkoihin kuviin. Laserilla voidaan päästä merkkamaan pintoja, joihin ei muilla menetelmillä pääse. Lasermerkatun kuvion kulutuskestävyys on myös suurempi, kuin esimerkiksi tampopainetun. Menetelmällä ei voi tehdä värillisiä merkkauksia. Väri määräytyy pintamateriaalin ja materiaalin mukaan, sillä laseri poistaa päällimmäisen kerroksen, tuoden tuotteen perusmateriaalin värin näkyviin. (IGO Promo 2019) Tämän takia joudutaankin usein materiaali valita lasermerkkauksen mukaan, jotta saadaan siisti ja näkyvä lopputulos. Merkkauksen menetelmällä voidaan myös tampopainon tavoin dekoroida kolmiulotteisia pintoja. Lasermerkkauksessa aloituskustannuksiin kuuluvat jigien teko sekä kuvion ohjelmointi.

#### 4.10.4 Metallointi

Metalloinnilla saadaan tuotteen pintaan metallia muistuttava ja heijastava pinta. Tämä voidaan saada aikaiseksi monella eri tekniikalla, mutta yleisempänä ja Teknowaren toimittajan käyttämänä tekniikkana on metallihöyrystys. Metallihöyrystyksessä metalli höyrystetään tyhjiössä vastus- tai induktiolämmöllä, jolloin höyrystynyt metalli tiivistyy muovien pinnalle. (Kurri ym. 2002, 174.)

Metalloinnilla saavutettavia etuja ovat parantunut

- lämmönkestävyys
- iskukestävyys
- kovuus- ja raapaisukestävyys
- UV-valon ja kemiallinen kestävyys
- sähkömagneettinen suojaus
- pinnan kiilto

(Kurri ym. 2002, 174.)

Metallointi saa kappaleen johtamaan sähköä, joten kappale ei ole enää suojaeristetty. Tämän vuoksi täytyy tarkistaa maadoituksen tarve tuotteessa.

Metalloinnin aloituskustannuksiin kuuluu jigien teko, johon mahtuu useampi tuote samanaikaisesti. Lisäkustannuksia voi syntyä, jos joitain alueita tarvitsee maskeerata piiloon metalloinnin ajaksi. Metalloidun pinnan kiiltävyyteen vaikuttaa muovin pinnanlaatu, joten se täytyy ottaa huomioon jo muotin valmistuksesta lähtien.

#### 4.10.5 Maalaaminen

Maalaamisella saadaan aikaiseksi erittäin tarkka värisävy ja pinnan kiilto. Maalilla voidaan piilottaa yhtymäsaumoja sekä virtausjälkiä ja vaikuttaa kappaleen fysikaaliseen sekä kemialliseen kestävyteen. Maalausta voidaan käyttää myös häiriösuojaukseen

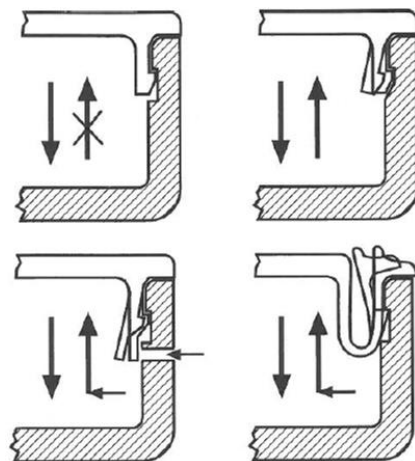
sekoittamalla sähköä johtavia lisäaineita maalin sekaan. (Kurri ym. 2002, 174.) Maalauksella on aina kiinteä aloitushinta. Lisäkustannuksia syntyy mahdollisista kappaleen maskeeraamisista.

#### 4.11 Snap-liitokset

Snap-liitokset, eli pikaliitokset ovat yleinen ja helppo tapa yhdistää ruiskuvalettuja osia. Liitokset voidaan suunnitella pysyviksi, tai uudelleen avattaviksi. Kun kappaleet yhdistetään snap-liitoksilla, tarvitaan muovin joustavia ominaisuuksia vain lyhyen hetken, mutta toistuvat avaamiset ja sulkemiset heikentävät liitoksen lujuutta. Tulee myös ottaa huomioon, että pikaliitoksilla ei saada aikaan todella lujaa liitosta. Snap-liitokset voidaan tehdä myös ilman luistia luonnollista muottia käyttäen, mutta tällöin rivan tyveen tulee reikä (ks. kuva 7). (Järvelä ym. 2000, 312-314.)



Kuva 7. Snap-kynsi ilman luistia (vasen) ja luistilla (oikea)



Kuva 8. Erilaisia taivutukseen perustuvia liitoksia (Kurri ym. 2002, 190.)

Snap-kiinnikkeiden suunnittelussa on otettava huomioon

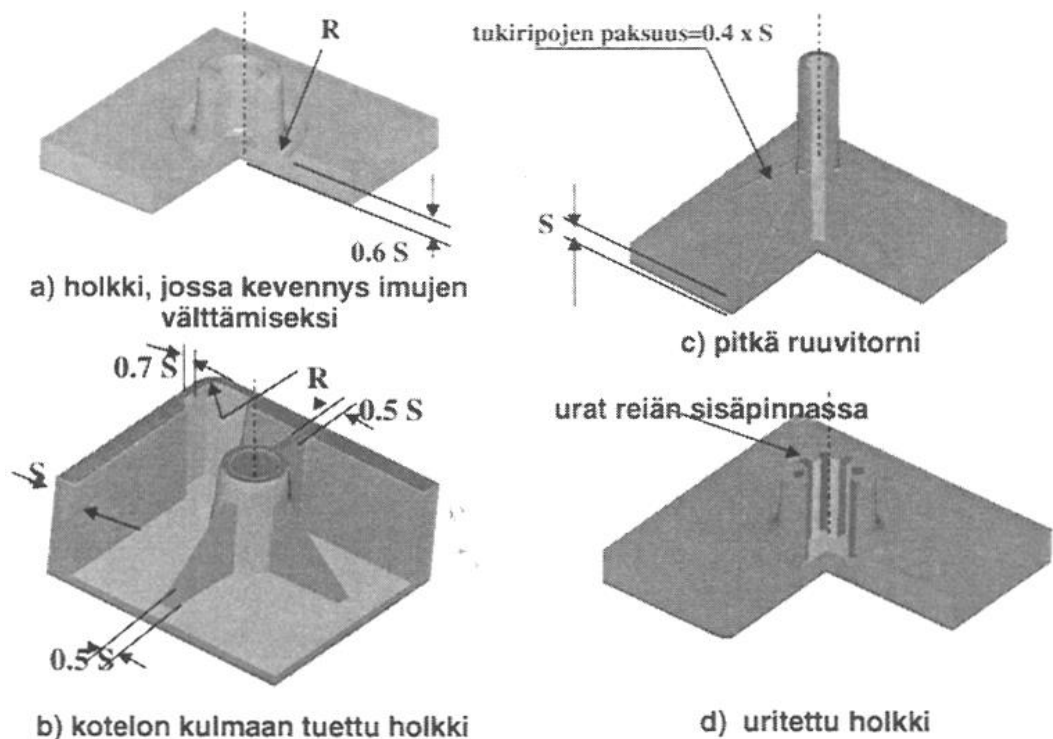
- materiaali ja sen taivutuskestävyys
- mikä osa liitoksessa joustaa
- joustomatkan pituus. Liian lyhyt joustomatkka saattaa kuollettaa snap-liitoksen tai jopa katkaista sen
- muovin vanheneminen tulee ottaa huomioon

- snapin juuripyöristäminen parantaa kestoikää suuresti
- snap-liitos vaatii pienen välyksen kappaleiden välille pysyvän jännityksen välttämiseksi ja lukittumisen varmistamiseksi (Järvelä ym. 2000, 314.)

#### 4.12 Ruuviliitokset ja ruuvitornit

Ruuviliitos on suositeltava ja helppo tapa kiinnittää muoviosia tukevasti toisiinsa. Ruuveina tulee käyttää muoville tarkoitettuja itsekierteittäviä leikkaavia ruuveja, jolloin ruuvin ympärille ei jää jännityksiä, jotka voisi johtaa ruuvitornin halkeamiseen tai murtumiseen.

Ruuvitornin koon määrittelee tuotteen seinämäpaksuus. Ohutseinämaisessä kappaleessa ruuvitorni muodostaa suuren kohdan, joka jäähtyy viimeiseksi ja synnyttää imuja. Kuvassa 9 näytetään suositeltavia ruuvitornityyppejä.



Kuva 9. Suositeltavia ruuvitornityyppejä (Järvelä ym. 2000, 317.)

Kuvan 9 a) kohdan ruuvitorni on suositeltava, kun vaaditaan imuton vastapinta. Tornin juuripyöristykset vähentävät imuvaaraa vastapuolelta ja tekevät tornista joustavamman. Tornin päässä on viisteet, jolloin ruuvin haku paranee.

Kuvan 9 b) kohdassa torni on tuettu kotelon reunaan ja rivoitettu vääntymisen estämiseksi.

Kuvan 9 c) kohdassa on esitelty pitkän ruuvitornin mitoitus. Rivat ovat tukemassa ja auttamassa muovisulaa virtaamaan paremmin korkeaan torniin.

Kuvan 9 d) kohdassa on esitetty reiän sisäpuolinen rivoitus. Tällä saadaan itse torni suunniteltua ohuemmaksi suuria ruuveja käytettäessä. Ripojen väliin tulee kuitenkin jättää riittävästi tilaa, jotta torni saadaan jäähtymään.

Muutamia yleissääntöjä ruuvitornien suunnitteluun:

- tornin seinämäpaksuus =  $0,5 \times$  perusrakenteen seinämäpaksuus
- juuripyöritys  $0,25 \times$  perusrakenteen seinämäpaksuus tai min  $0,5\text{mm}$
- suositeltava viiste min  $0,5 \times 0,5\text{mm}$  tornin yläreunaan suuria ruuveja käytettäessä
- päästökulma vähintään  $0,5^\circ$

(Järvelä ym. 2000, 317.)

Ruuviliitoksia tulee käyttää silloin, kun kiinnitettävyyttä ja irrotettavuutta tarvitaan suhteellisen harvoin. Mikäli tuotetta tarvitsee avata toistuvasti, on suositeltavaa käyttää inserttejä.



Kuva 10. Esimerkkejä hyvin suunnitelluista ruuvitorneista

Taulukko 4. Ruuvitornin sisähalkaisijan mitoitus, jossa  $d$  = ruuvin nimellishalkaisija. (muokailtu Järvelä ym. 2000, 320.)

Materiaali	Sisähalkaisija
ABS	$0,8 \times d$
ABS-PC	$0,8 \times d$
PC	$0,85 \times d$
PA6	$0,75 \times d$

#### 4.13 Kierreinsertit

Mikäli tuotetta tarvitsee sulkea ja avata toistuvasti, on suositeltavaa käyttää kierreinserettejä. Insertit voidaan liittää tuotteeseen jo valun aikana, jolloin saadaan paras tarttuvuus kappaleiden välille. Tämä on jälkiasennusta kalliimpaa, sillä se vaatii automaatiota tai käsityötä inserttien asettamisessa muottiin jokaisella työkierrolla. Inserttejä asennetaan myös jälkityönä, kun kappale on valettu, mutta se voi aiheuttaa jännityksiä muovituotteeseen. (Järvelä, Syrjälä & Vastela. 2000, 171-172.)

Jälkiasennettavien inserttien asennustapoja ovat

- kuumaupotus (yleisin)
- kylmäasennus (halvin)
- ultraäänihitsaus
- kiila-ankkurointi
- kierrettävä.

Perinteisten ruuvi-inserttien lisäksi voidaan valaa kappaleeseen pesä normaalille mutterille, jotka painetaan jälkiasennuksena kappaleeseen (ks. kuva 11).



Kuva 11. Mutterille valettu pesä tuotteessa

#### 4.14 Kalvosaranat

Joillakin muoveilla on ominaisuus ohennettuna kestää toistuvaa taivutusta. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää kalvosaranoissa.



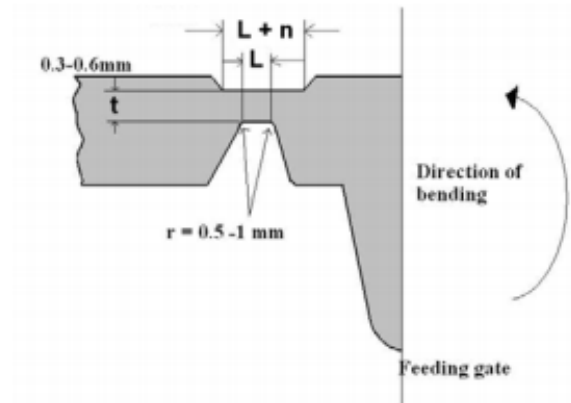
Kuva 12. Esimerkki kalvosaranasta

Teknowarella kalvosaranaa on käytetty yhdessä snap-liitoksen kanssa helpottamaan tuotteen kokoonpanoa ja yksinkertaistamaan rungon rakennetta. Tällöin saranaa tarvitsee taivuttaa vain periaatteessa kerran, jolloin materiaalin valinta ei ole niin kriittistä. Parhaiten sopiva ja eniten käytetty materiaali on polypropeeni (PP), sillä se voi kestää jopa miljoonia taivutuskertoja väsymislujutensa ansiosta. Muita kalvosaranoihin sopivia materiaaleja ovat esimerkiksi polyasetaali (POM), polybuteenitereftalaatti (PBT), polyamidit (PA) ja suurtiheyspolyeteeni (PE-HD). (Nykänen 2007, 1.)

Kalvosaranaa käyttävän tuotteen muotin valmistaminen on haastavaa sen yksittäisestä ohuesta kohdasta johtuen. Tämä saattaa johtaa usein pitkäkestoiseen

suunnittelutyöhön ja monimutkaiseen muottiin, joka nostaa muotin kustannuksia ja toimitusaikaa. (Nykänen 2007, 1.)

Kuvan 13 kalvosaranan pituuden L voi ratkaista kaavoilla 1 ja 2.



Kuva 13. Kalvosaranan mitoitus (Nykänen 2007, 3.)

$$1. \varepsilon_{max} \frac{t}{2R}, \text{ jossa } R = \frac{L}{\alpha}$$

$\varepsilon_{max}$  = venymäamplitudi (Taulukko 5)

R = saranan taivutussäde

$\alpha$  = taivutuskulma radiaaneina ( $1^\circ = \pi/180rad$ )

t = kalvosaranan paksuus

Kun kaavasta ratkaistaan L, saadaan

$$2. L_{min} = \frac{t\alpha}{2\varepsilon_{max}}$$

(Nykänen 2007, 3.)

Jos kalvosarana mitoitetaan yhtä taivutusta varten, esimerkiksi kokoonpanovaiheessa, voidaan maksimivenymän arvona käyttää materiaalin venymää myötörajalla. Käytännössä kalvosaranan minimimitaksi suositellaan 1mm ja maksimitaksi 300mm. Yli 300mm pitkissä saranoissa voi ilmetä kalvon kieroutumista ja poikittaisia jännityksiä. (Nykänen 2007, 3-4.)

Taulukko 5. Venymäamplitudi prosentteina neljälle eri kuormitusyklin määrälle (Nykänen 2007, 4.)

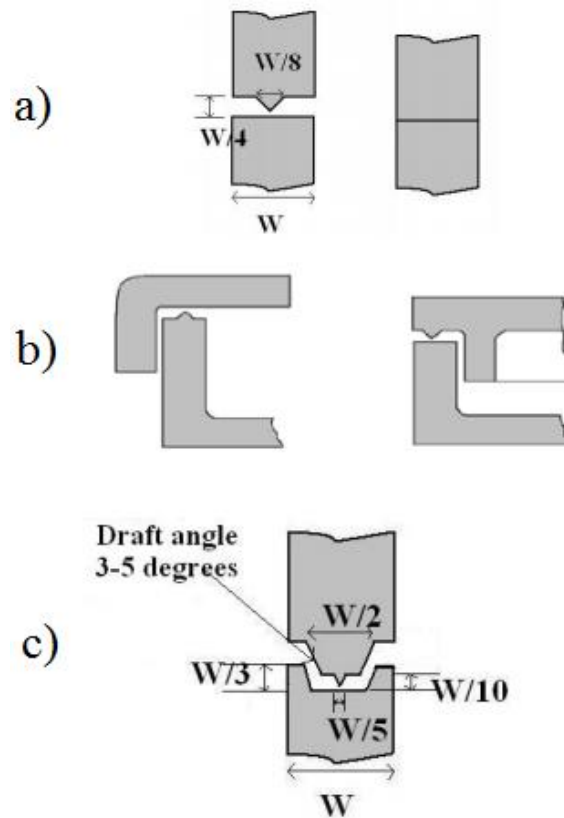
Muovilaatu	Venymä myötöraajalla % <sup>1</sup>	Venymäamplitudi $\epsilon_s$ % <sup>2</sup>		Venymäamplitudi $\epsilon_s$ % <sup>3</sup>	
		10 <sup>4</sup> sykliä	10 <sup>5</sup> sykliä	10 <sup>6</sup> sykliä	10 <sup>7</sup> sykliä
PP (1100L)		60	60	2,7	2,1
PP-GF	(1,8-3) murtorajalla			0,65-1,5	0,5-1,0
PE-HD	10				0,5-2,3
PA 6 (B3K)		55	45		
PA 66 (A3K)		50	40		
PA 66-GF30 (A3ZG6)		4	3		
POM (H2320)	7-9	35	30	1,5-2,6	0,75-1,7
POM-HI	6-12			3-4	2-3
POM GF15 (N2200G3)	(2,5-4) murtorajalla	3	2	0,7	0,6
PBT (B4500)	4-6	25	20	2,1	1,2

Taulukko 6. Kalvosaranan paksuuksia eri materiaaleille (Nykänen 2007, 4.)

Muovi	Kalvon paksuus (mm)
<b>Polypropeeni (PP)</b>	0,2 – 0,8
<b>Suurtiheyspolyeteeni (PE-HD)</b>	0,2 – 0,8
<b>Polyamidi (PA)</b>	0,2 – 0,6
<b>Polystyreeni (PS)</b>	0,2 – 0,6
<b>Polyasetali (POM)</b>	0,2 – 0,6

#### 4.15 Ultraäänihitsaus

Kappaleita voidaan liittää yhteen myös pysyvästi hitsaamalla. Hitsausmenetelmistä yleisin on ultraäänihitsaus, jossa kappaleeseen kohdistetaan värähtelyjä, jolloin kappaleiden välinen hitsauspalko sulaa kiinnittäen kappaleet toisiinsa. Kappaleet voidaan hitsata päittäisliitoksina (kuva 14, a), porrasliitoksina (kuva 14, b) tai kieli-uraliitoksina (kuva 14, c).



Kuva 14. Yleisimpiä ultraäänihitsaustapoja ja mitoituksia (Nykänen 2007, 20-21.)

Päittäisliitoksen etuna on sen yksinkertaisuus ja tämän takia se on yleisin tapa hitsata ruiskuvalukappaleita. Porrasliitoksessa syntyvä hitsauspurse jää vain sauman toiselle puolelle ja onkin yleinen tapa liittää tuotteita, kun vaaditaan siistiä ulkonäköä. Kieli-uralliitoksessa ei synny pursetta, mutta asettaa suuret vaatimukset kappaleen mittatarkkuudelle.

Hitsauspalkojen koko ja muoto riippuu käytettävästä materiaalista. Yleissääntönä voidaan kuitenkin pitää, että osittain kiteiset materiaalit vaativat suuremman hitsauspalon, kuin amorfiset. Taulukosta 7 voidaan tarkastella mitoituksia eri materiaaleille.

Taulukko 7. Hitsauspalkojen mitoituksia (Nykänen 2007, 20.)

Materiaali	Kulma (°)	Korkeus (%) *	Leveys (%) **
<b>Amorfinen</b>	90	50-60	10-25
<b>Polykarbonaatti (PC)</b>	60	85	10-25
<b>Polymetyylimetakrylaatti (PMMA)</b>	60 tai 90	85	10-25
<b>Polysulfoni (PSU)</b>	60	-	-
<b>Osittain kiteinen</b>	60	≤ 50 tai 85	10-25

\*) Energiaohjaimen tyven leveydestä

\*\*) Seinämän paksuudesta

#### 4.16 Syöttö- ja ulostyöntöpaikan valinta

Suunnittelijan tulee määrittää tuotteeseen syöttöpisteen ja ulostyöntöpisteiden paikat. Näillä on merkitystä kappaleen ulkonäköön, sekä rakenteelliseen kestävyys. Päätökset tehdään usein jo aikaisessa vaiheessa muottivalmistajan kanssa, ennen kuin muottia aletaan valmistamaan.

Syöttöpisteiden sijainti on lähes aina liikkumattoman muottipuoliskon puolella, mutta ulostyöntöpuolelta syöttäminen on myös mahdollista tarpeen vaatiessa. Suunnittelija merkkää kuviin paikan, tai vähintään pinnan johon syöttämisestä saa jäädä jälkiä, jonka perusteella muottisuunnittelija sijoittaa syöttöpisteen ja valitsee syöttökanavan tyyppin. Mikäli mahdollista, syöttöpiste sijoitetaan tuotteen paksuimpaan kohtaan, jotta muotti täyttyisi mahdollisimman hyvin. Käytettäessä kuumakanavia syöttöpisteen paikka on paljon vapaampi ja työjälki parempi. Syöttöpisteen valinnalla on merkitys yhtymäsaumoihin, jotka syntyvät, kun kaksi sulaa muovimassaa kohtaa muotissa. Yhtymäsaumoista on visuaalista haittaa ja saattavat heikentää kappaleen lujuutta 10-20%. (Nykänen 2007, 9.)

Ulostyöntövaiheessa tuote poistetaan muottipuolikkaasta yleensä mekaanisten ulostyöntötappien, tai levyjen avulla. Ulostyöntöpaikat tulevat olla kappaleen lujissa kohdissa ja ulostyöntöpinta-ala tulee olla tarpeeksi suuri, jotta tuote ei vahingoitu irroituksen aikana. Ulostyöntö tapahtuu, kun tuote ei ole vielä täysin jähmettynyt, joten siitä jää pienet jäljet tuotteeseen. Siksi paikat sijoitetaan yleensä tuotteen taakse, tai muille pinnoille, jotka eivät näy ulospäin eivätkä aiheuta visuaalista haittaa. Suunnittelija merkkää kuviin pinnat, joihin saa jäädä ulostyönnöstä jälkiä, jonka perusteella muottisuunnittelija sijoittaa tapit/levyt. Mikäli kyseessä on erittäin yksinkertainen ja luonnollinen kappale, ulostyöntö ei välttämättä ole tarpeellista, vaan kappale putoaa keunan päältä itsestään muotin avautuessa.

## 5 HINNAN MUODOSTUMINEN

Koska työn tarkoituksena on arvioida muotti- ja kappalehintoja, tässä kappaleessa tarkastellaan mistä kokonaiskustannukset muodostuvat ja kuinka niihin voi vaikuttaa. Kustannukset on jaettu todella karkeasti kahteen pääkategoriaan: muottikustannuksiin ja kappalekustannuksiin.

### 5.1 Muottikustannukset

Ruiskuvalutuotteissa on suuret aloituskustannukset, jotka syntyvät muottivalmistuksesta.

Muotin hintaan vaikuttavia asioita ovat

- muottiaihion koko ja materiaali
- tuotteen koko ja geometria
- muottipesien määrä
- vaihdettavat insertit
- pinnanlaatu pesissä
- käytetäänkö kuumakanavia
- käytetäänkö neulasulkusuutinta
- muotin valmistusmaa

Muottiaihio muodostaa suuren osan muottihinnasta. Aihion kokoon vaikuttaa pääsääntöisesti kappaleen koko sekä pesien- ja mekaniikan määrä. Muottimateriaali määräytyy valettavien kappaleiden valmistusmäärästä ja materiaalista. Mikäli kappaletta valmistetaan alle 10 000kpl voidaan muotti tehdä pehmeämmästä materiaalista, kuten alumiinista. Pehmeämpi muottiaihio on edullisempi ja materiaalia on nopeampi ja helpompi työstää, joka vähentää valmistuskustannuksia. Haittapuolena pehmeässä materiaalissa on muotin huomattavasti lyhyempi käyttöikä. Kuitenkin erittäin suuret kappaleet saateen silti valmistaa pehmeämmästä muotista menekistä huolimatta, sillä koneistuskustannukset nousevat todella suuriksi kovemmillä materiaaleilla. Yleisemmin käytettäviä materiaaleja ovat nuorrutusteräs (kestää n. 100 000 työkiertoa) sekä karkaistusta teräksestä (kestää n. 500 000 työkiertoa). Jos tuotteen materiaali on kuluttavaa (mukana lasikuitu- tai hiilikuituvahviketta), tehdään muotti käytännössä aina karkaistusta teräksestä. Teknowaren muotit tehdään lähes poikkeuksetta karkaistusta teräksestä, sillä muovituotteiden menekit ovat niin suuret.

Tuotteen koko ja monimutkaisuus vaikuttavat suoraan muottiaihion kokoon ja koneistuskustannuksiin. Mitä suurempi kappaleen tilavuus on, sitä enemmän materiaalia on poistettava muottiaihioista muodon aikaansaamiseksi. Vaikeita muotoja ei ole välttämättä edes mahdollista koneistaa, vaan ne täytyy tehdä kipinätyöstöllä. Tämä on kallis ja aikaa vievä prosessi. Geometria määrittää liikkuvien keernojen ja ulostyöntötappien määrän ja tarpeen. Liikkuvien keernojen valmistaminen tuo lisää kustannuksia ja vievät tilaa muotissa, jolloin muottiaihion kokoa saattaa joutua suurentamaan.

Muottipesien määrä nostaa muotin hintaa koneistuskustannuksien vuoksi, mutta alentaa tuotteen kappalehintaa. Muottipesien tuplaaminen ei suinkaan tuplaa muotin hintaa, vaan ero yksipesäiseen muottiin on noin 30%. Tämä ei tosin ole yksiselitteinen asia, mikäli kyseessä on monimutkainen osa, joka vaatii paljon liikkuvaa mekaniikkaa. Tällöin pesän monistaminen on kalliimpaa kuin yksinkertaisen luonnollisen osan pesän työstäminen. Joissain tapauksissa pesän lisääminen ei suurennakaan muottikokoa ja joissain tapauksissa voi moninkertaistaa muottikoon, joka taas nostaa muotin hintaa huomattavasti.

Jos kaksi eri osaa ovat erittäin samankaltaisia, ei ole aina välttämätöntä tehdä monipesäistä perhemuottia, vaan tilata muotin mukana vaihdettava muotti-insertti. Tämä on yleistä linsseissä, jossa tuotteen takaosa pysyy samana, mutta etupuolella tietyt kohdat vaihtuvat toiseksi. Esimerkiksi vaihdetaan linssin kohdistavat pinnat prismoiksi. Näin vältetään monipesäisen muotin, tai toisen muottipuoliskon tekeminen. Kustannukset vaihdettavissa inserteissä vaihtelevat tapauskohtaisesti aina jokuisista satasista aina muutama tuuhanteen.

Pinnanlaadun hinta suurenee mitä hienommaksi pinta tehdään. Esimerkiksi kiiltävä peilipinta SPI-SPE A1 on monivaiheinen työstö, joka tehdään käytännössä käsityönä. Peilipinnan saamiseksi prosessi aloitetaan hiomakivellä, jonka jälkeen vaihdetaan hiomapaperiin ja lopuksi kiillotetaan timanttihahnalla. VDI-asteikon kipinätyöstö tapahtuu yhdellä kerralla ja eritasoisilla elektrodeilla.

Pinnanlaadun hinnoittelu oli datan keräämisen vaikein vaihe, sillä sille ei ole mitään vakiohintaa, vaan on aina tapauskohtainen, eikä muotintekijät erottele kustannuksia veloittaessaan työstä. Voidaan kuitenkin karkeasti arvioida, että SPI-SPE A1 pinta on kustannuksiltaan noin kolminkertainen verrattuna kipinätyöstettyyn pintaan.

Kuumakanavien avulla massa pidetään sulana syöttökanavassa. Kuumakanava voi päättyä suutinalueelle, tai niin, että siitä ruiskutetaan massa suoraan muottiin.

Kuumakanavien etuja ovat

- ei raaka-ainahukkaa
- ei jälkityöstön tarvetta
- ruiskutuskohta vapaammin valittavissa
- yhteen pesään voidaan tuoda sula massa useammasta pisteestä
- voidaan rakentaa kerrosmuotteja
- nopeammat syklinajat
- pienempi jälki ruiskutuskohtaan
- pienempi kutistuma ja vähemmän imuja

Kuumakanavat kuitenkin ovat huomattavasti hinnakkaampia, kuin perinteiset kanavasysteemit. Kuumakanavalaitteiston lisäksi tuotannon aloitus on hidasta ja laitteisto vaatii huoltoa, jotka nostavat käyttökustannuksia. (Järvelä ym. 2000, 128) Kaikkia materiaaleja ei voida käyttää kuumakanavissa, sillä ne voivat palaa tai muuttua kemiallisesti pitkäaikaisen lämmityksen vuoksi.

Neulasulkusuuttimilla saadaan kappaleeseen huomattavasti siistimpi syöttöjälki ja suurempi materiaalivirta pesään. Tämän vuoksi neulasulkusuuttimia käytetään usein optiikassa paremman lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Vertailemalla tarjouksia Aasia- ja Suomimuoteista, voidaan karkeasti sanoa eron olevan noin 30%, Aasian ollessa halvempi. Yksittäisen ja pienen muotin tilaamisessa kuitenkin tuo hintaero pienenee, sillä rahtikustannukset ja toimitusajat ovat suuria. Usein kuitenkin muottitilauksia tehdään useita kerralla, jolloin toimitusajat ja kustannukset ovat pienempiä Aasista. Keskimääräinen toimitusaika ensimmäisille puristeille on Kiinasta 5-7vko ja Suomessa 8-12vko. Aasiasta ostettuna rahtitapa vaikuttaa hintaan ja toimitusaikaan. Merirahdilla muotit saadaan suomeen noin 8 viikossa ja lentorahdilla 2 viikossa. Muotti on Suomeen saapuessa paksun rasvan peitossa, jonka on tarkoitus suojata muottia rahdin aikana. Tämän takia muotin puristuskuntoon saamiseksi täytyy muotti purkaa ja putсата täysin, joka saattaa kestää muutamista päivistä noin viikkoon.

## 5.2 Kappalekustannukset

Ruiskuvalettavien kappaleiden hintaan vaikuttavat

- materiaali
- pesien määrä
- ruiskuvalukoneen koko
- jaksonaika
- kappaleiden jälkityöstäminen
- logistiikka
- tuotteen volyyymi.

Valtaosa kappalekustannuksista muodostuu materiaalista, pesäluvusta sekä mahdollisista jälkityökustannuksista. Mikäli tuotteella on paljon menekkiä, pesien määrän lisääminen on helpoin tapa alentaa kappalekustannuksia. Tämä lisää muottikustannuksia, joten pesämäärän lisäämistä kannattaa harkita huolella. Pesien määrän vaikutus muottihintaan löytyy luvusta 5.1 Muottikustannukset.

Voidaan myös tehdä ns. perhemuotti, jossa valetaan samaan aikaan yhteen käyvät osat. Hyvänä esimerkkinä toimii linja-auton stop-nappi ja sen kotelo, sillä molemmilla on sama menekki, joten ne valetaan aina samaan aikaan. Perhemuotissa tehtävien osien tulisi olla samasta materiaalista tehtyjä ja suunnilleen saman kokoisia, jotta valujaksot olisivat saman pituisia ja pesät täyttyvät kunnollisesti. Osia ei kuitenkaan aina tarvitse valaa samaan aikaan, vaan muottikanavaan voidaan laittaa käännättävä pala, joka ohjaa muovisulan vain toiseen pesään.

Materiaali määräytyy tarvittavien ominaisuuksien mukaan, joten siihen on vaikea vaikuttaa. Lisää tietoa materiaalivalinnasta löytyy luvusta 3.2.1 Materiaalin valinta.

Jälkityöt voivat nopeasti jopa tuplata kappalehinnan, esimerkiksi metalloitaessa. Muita ruiskuvaluihin käytettäviä jälkitöitä ovat maalaaminen, laserointi ja tampopainaminen.

Tampopainaminen sekä silkkipaino ovat kustannuksiltaan suunnilleen samaa luokkaa ja laserointi hieman kalliimpaa. Näiden eroista ja eduista kerrottu luvussa 4.8 Tuotteen dekorointi.

Tuotteita tilataan lähes aina 2000 kappaleen erissä, sillä sitä pienemmillä määrillä tilaukseen tulee lisäksi piensarjalisä. Isompia sarjoja voidaan myös tapauskohtaisesti tilata, jolloin kappalehinta tippuu sarjojen kasvaessa.

## 6 DATAN KERÄÄMINEN

Opinnäytetyö aloitettiin pitämällä aloituspalaveri suunnittelijoiden esimiehen, sekä kahden projektipäällikön voimin. Palaverissa kartoitettiin työn laajuus, tavoitteet, sekä käytettävät resurssit yrityksen sisällä.

Seuraavaan palaveriin kutsuin kolme suunnittelijaa, joista kahdella on muovituotteiden suunnittelusta kokemusta ja yhdellä Solidworksin työkalujen tekemisestä kokemusta. Kysyin heiltä toiveita ja mielipiteitä työhön liittyen. Päälimmäisiksi asioiksi nousi toimitajan tärkeys datan keräämisen kannalta, sillä heillä on valtaosa tarvittavista tiedoista.

Pidin vielä erikseen kokouksen osto-osaston hankintainsinöörin ja materiaalipäällikön kanssa. Palaverissa kävimme läpi mitä dataa tarvitsen ja mistä sitä löytää yrityksen sisällä. Lopussa valitsimme opinnäytetyötä tukemaan muottitoimitajan, jolta tilaamme valtaosan ruiskuvaltavista kappaleista.

### 6.1 Teknowaren sisäinen data

Aloitin datan etsimisen ERP-järjestelmästä, josta sain rajattua ostotapahtumat muottiosioihin. Keräsin Excel-taulukoon nimikkeen, piirustusnumeron ja siihen tehdyn muotin hinnan.

Ruiskupuristekappaleista löytyi runsaasti tietoa yrityksen sisältä, sillä suunnittelemme itse tuotteet alusta loppuun.

Keräsin malleista sekä piirustuksista seuraavat tiedot taulukkoon:

- massa
- materiaali
- tilavuus
- pinta-ala
- pinnanlaatu
- toleranssi

Koska tuotetta ja muottia on voitu revisioida, oli tärkeää, että otin tiedot mallista, jonka pohjalta alkuperäinen muotti on tehty. Jo heti opinnäytetyön alussa huomasin ongelman; yhdessä muotissa saattoi eri pesissä olla eri tuotteita, eli kyseessä on ns. perhemuotti. Perhemuotit säästävät huomattavasti muottikustannuksissa, sillä yhdellä muotilla saadaan tehtyä useita eri kappaleita. Tämä oli kuitenkin ongelma hinta-arvioinnin kannalta, sillä järjestelmässä ilmoitettu hinta oli muotille, joten hinnan erottelu saman muotin eri tuotteille tuntui liki mahdottomalta. Ongelmaksi muodostui myös pinnanlaatu- ja hinta-arviointi, joka on suuri tekijä muotin kustannuksessa.

## 6.2 Toimittajan data

Tein alusta asti yhteistyötä muottitoimittajan kanssa, jolta sain kattavasti tietoa kustannuksiin vaikuttavista asioista, sekä tietoa heillä olevista Teknowaren muoteista. Sain taulukon, johon oli listattu kaikki heillä olevat Teknowaren muotit ja dataa muottien ominaisuuksista, kuten pesien ja luistien määristä. Koska taulukon antama data sekä Teknowaren sisäinen data oli hieman vajavaista, olin opinnäytetyön ajan yhteydessä heihin puuttuvista muottitiedoista.

Kun olin kasannut Exceliin listan muovituotteista, aloin keräämään dataa muotin ja puristettavien kappaleiden ominaisuuksien hinnoista, kuten luisteista, muottipesien määrästä ja kappaleiden jälkityöstöstä. Toimittajalta sai hyvin hinta-arvioita muotin ominaisuuksien vaikutuksesta, sekä jälkitöiden vaikutuksista kustannuksiin.

## 7 TYÖKALUN TEKO

Työkalun suunnittelu alkoi, kun dataa oli kerätty tarpeeksi taulukkoon, jolloin aloitin taulukon muokkaamisen käytettävään muotoon. Poistin taulukosta perhemuotit, sillä kahden tai useamman eri geometrisen tuotteen hinnan erittely yhdestä muottihinnasta on käytännössä mahdotonta.

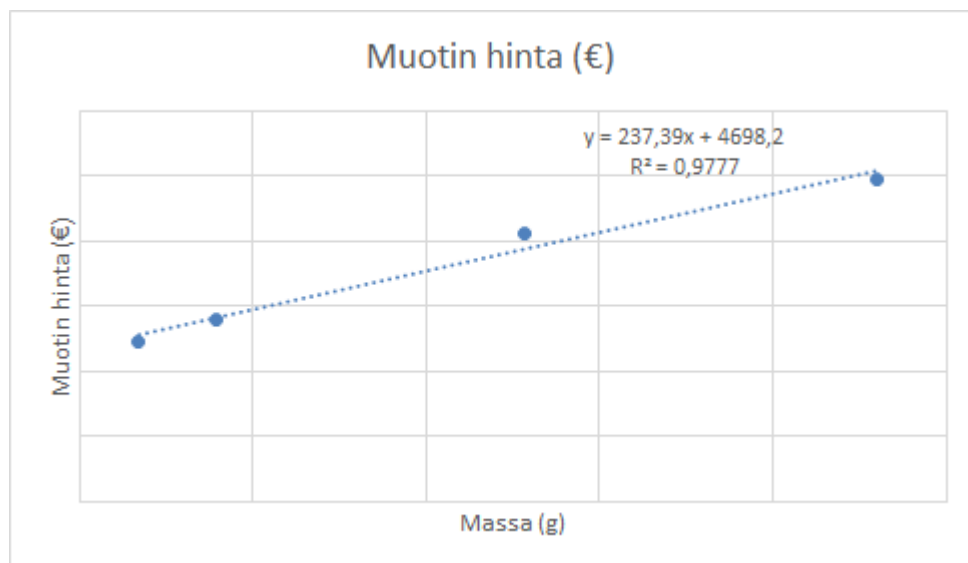
Jakamalla datan tuoteryhmiin, sain samankaltaiset kappaleet omiin kategorioihinsa, jotka jakoivat samankaltaisen geometrian, käyttötarkoituksen, materiaalin ja pinnanlaadun. Tällä sain ratkaistua pinnanlaatuojen hinnoitusongelman.

Datan kerääminen jatkui loppuun asti työkalun tekemisen rinnalla.

### 7.1 Massan sekä muotti- ja kappalehinnan korrelaatio

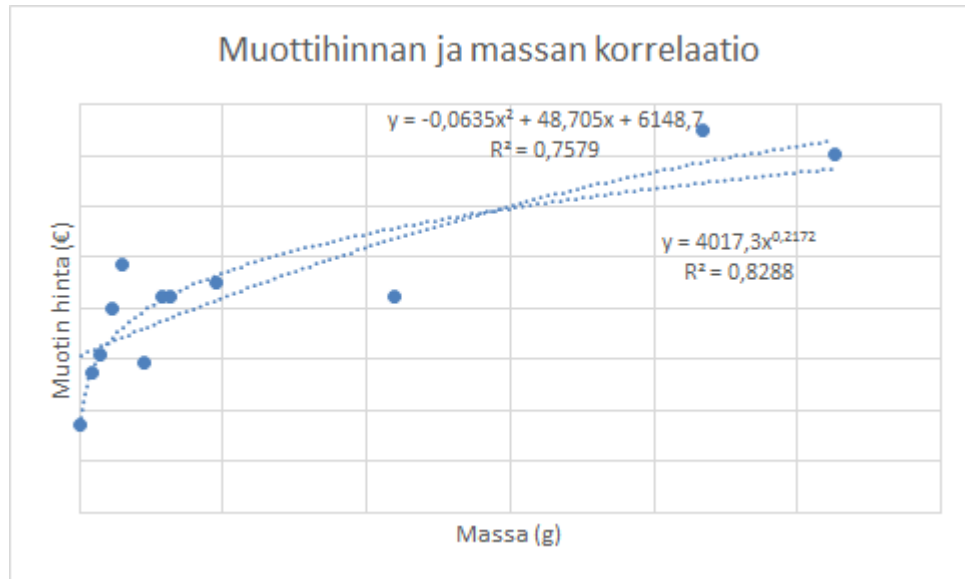
Tehdessä korrelaatiomatriiseja tuli ilmi, että muutamalla tuoteryhmällä massan sekä muottihinnan positiivinen korrelaatio oli lähellä täydellistä (ks. kuvio 1).  $R^2 = 1$  tarkoittaa täydellistä korrelaatiota.

Tein pystysarakkeita, joissa oli muottihinnoista riisuttu pois luistien, kuumasuuttimien, neulasulkusuuttimien ja pesien tuomat lisäkustannukset. Näin sain puhtaan massan ja muottihinnan välisen korrelaation.



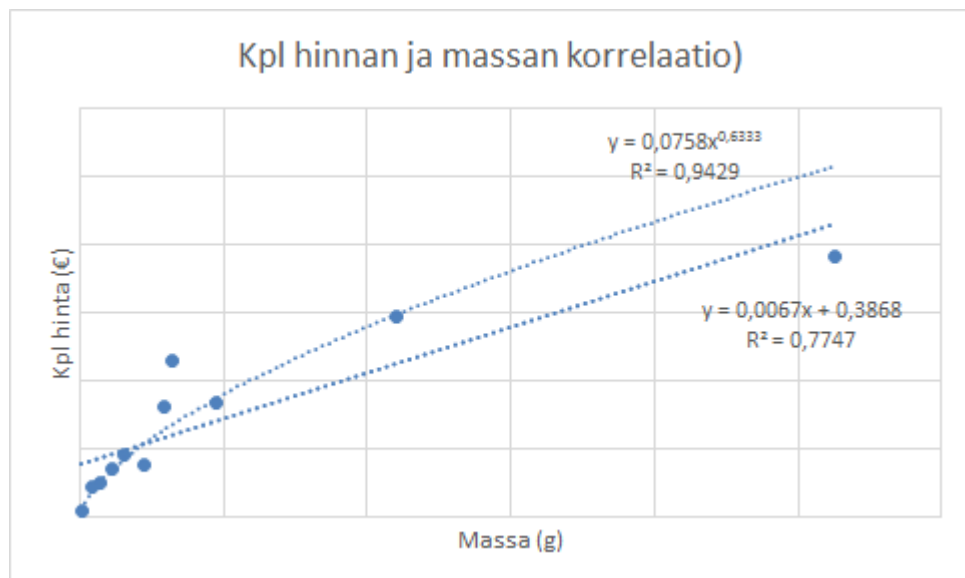
Kuvio 1. Muottihinnan ja massan lineaarinen korrelaatio merkivalojen kuvuissa

Kuviosta saadun lausekkeen x muuttujan tilalle sijoittamalla massan, saamme trendiviivaa seuraavan arvion mahdollisesta muottihinnasta. Tämä laskutapa sopii hyvin merkivalojen kupujen muottihinnan arvioinnissa, sillä kaikilla kuvuilla on todella samankaltainen geometria, sekä pinnanlaatu. Tehtäessä samanlainen kuvio koteloille ja rungoille, lineaarinen korrelaatio oli huomattavasti heikompi, vaikka taulukosta oli suurimmat poikkeamat poistettu. Suuria poikkeamia taulukossa aiheuttavat monimutkainen geometria ja suuri luistien määrä. Vaihdoin lineaarisen trendiviivan potenssirendiviivaan, joka myötäilee paremmin pisteiden hajontaa.



Kuvio 2. Muottihinnan ja massan korrelaatio rungoissa ja koteloissa

Samanlaista korrelaatiokaaviota voidaan käyttää kappalehinnan arvioinnissa.



Kuvio 3. Kappalehinnan ja massan korrelaatio rungoissa ja koteloissa

Kuviossa 3 potenssitrendiviiva seuraa hyvin kevyempien kappaleiden hintoja, mutta massan kasvaessa trendiviiva yliämpuu hintojen yli. Tämä johtuu siitä, että massan kasvaessa tietyn pisteen yli, hinta ei enää nouse samalla tahdilla, kuin kevyemmissä kappaleissa. Näissä tapauksissa käytin potenssitrendiviivaa tiettyyn massaan asti ja sen ylittyessä siirryin käyttämään lineaarista trendiviivaa.

Esimerkiksi kuvion 3 tapauksessa lauseke oli:

$$IF(m < 200; 0,0758 * m^{0,6333}; 0,0067 * m + 0,3868)$$

Tällöin laskuri vaihtaa yli 200g kappaleisiin lineaarisen trendiviivan lausekkeen.

Jokaiselle tuoteryhmälle on oma trendiviivansa ja lausekkeensa. Pudotusvalikosta valitaan omaa kappaletta lähimpänä oleva tuoteryhmä, jolloin laskuri vaihtaa muottihinnan, sekä kappalehinnan lausekkeen siihen sopivaksi.

Jotta taulukkoa olisi helppo jatkaa uusien tuotteiden lisääntyessä, tein erillisille soluille tuoteryhmien trendiviivojen lausekkeet, josta arvot haetaan laskuriin. Lauseke hakee automaattisesti tuoteryhmien sarakkeista tarvittavat arvot ja laajenee automaattisesti seuraavalta riviltä hakemaan tietoja, kun uusia kappaleita lisätään. Tämä oli välttämätöntä automatisoinnin kannalta, sillä kuvion trendiviivasta ei voi hakea lauseketta ilman makrojen käyttöä.

## 7.2 Geometrian monimutkaisuus

Trendiviivoilla saamme hyvin keskiarvon kaikista taulukon arvoista. Kuitenkin lasketta- van kappaleen geometriasta riippuen, laskuri voi antaa muotin hinta-arvioksi liian korkean, tai matalan. Tämän vuoksi laskurissa on geometrian monimutkaisuusvalinta, joka nostaa, tai laskee hintaa tietyllä kertoimella. Geometrian monimutkaisuus arvioidaan asteikolla 1-5, jossa pienempi arvo on yksinkertainen ja suurempi monimutkainen. Vakiona valinnassa on arvo 3, joka on datasta saatu keskiarvo, eli hinta-arvio myötäilee täysin tuoteryhmän trendiviivaa. Geometrian valinta perustuu tuoteryhmän normaalia keskiarvoa poikkeavien ominaisuuksien lisääntymiseen, tai vähentymiseen.

## 7.3 Muita annettavia arvoja

Massan ja geometrian lisäksi laskuriin määritellään

- luistien määrä
- pesien määrä
- kuumasuuttimien määrä
- neulasulkusuuttimien määrä
- jälkityöt (laserointi, tampopainatus ja metallointi)
- kiillotettavien pintojen osuus pinta-alasta (vain rungoissa ja koteloissa)

Kiillotettavien pintojen kerroin saatiin, kun vertasin laskurista saatua tulosta erään osaksi kiillotetun tuotteen oikeaan muottihintaan. Muokkasin kiillotuskerrointa sen verran, kunnes laskuri näytti lähelle oikeaa muottihintaa. Koska näitä tapauksia on vain yksi, kerroin on hyvin suuntaa-antava ja laskuri varoittaa siitä.

Luistien hinta kasvaa lineaarisesti neljään luistiin asti, tämän jälkeen se loivenee tietyllä kulmakertoimella. Tämä loiveneminen on todella vähäistä ja kulmakertoimen arvo on enemmänkin hienostunut arvaus, kuin kovaan dataan perustuva. Kuitenkin tällä tavalla hinta-arviot paranivat, kun laskuria testattiin jo ennalta olevien kappaleiden arviointiin.

Kaikissa syötettävissä kentissä on minimiarvot, joita pienempiä lukuja ei voi syöttää. Esimerkiksi alle yksipesäistä muottia ei ole, joten laskuri varoittaa siitä, mikäli arvoksi asetetaan nolla.

Muiden ominaisuuksien vaikutuksesta hintaan on käsitelty aikaisemmissa osissa työtä (ks. 5.1 Muottikustannukset ja 5.2 Kappalekustannukset)

Typpi	Geometria *	Kiillotuksen määrä (valitaan vain rungoille mikäli on kiillotettu)	Massa (g)	Pesien lukumäärä	Luistit	Kuumasuuttimet	Neulasulkusuutin	Muotihinta	Tilausmäärä	Maalaus	Tampopainatus (yksiväri)	Laserointi	Metallointi	Kpl hinta	Kpl hinta (aloituskustannukset ja piensarjalisat sisällytettyinä)
Runko/kotelo	3	0	0,00	1	0	0	0	0 €	2000	Ei	Ei	Ei	Ei	0,000 €	0,000 €
<b>* Geometrian valinta</b>															
Geometrian valinta perustuu tuoteryhmän normaalia keskiarvoa poikkeavien ominaisuuksien lisääntymiseen, tai vähentymiseen.															
1. Todella yksinkertainen, luonnollinen kappale ilman ripoja, ruuvitorneja tai monimutkaisia keernaa. Pinnanlaadut ovat tuoteryhmän keskiarvosta huomattavasti yksinkertaisimpia, tai jopa kokonaan teknisiä.															
2. Normaalia tuoteryhmän osia yksinkertaisempi kappale. Esimerkiksi teknistä pintaa normaalia enemmän.															
3. Tuoteryhmän keskiarvo. Kappaleessa on tuoteryhmään tyyppisiä pinnanlaatuja ja muotoja															
4. Normaalia enemmän pinnanlaatuja, keernoja, ripoja, ruuvitorneja tai monimutkaisempia muotoja															
5. Todella monimutkainen kappale, jossa on monimutkaisia luisteja, syviä ripoja. Pinnanlaadut ovat tuoteryhmän keskiarvosta huomattavasti vaikeimpia.															

Kuva 15. Laskurin ulkoasu loppukäyttäjälle

## 7.4 Laskutoimitus

Käyttäen taulukosta saatua dataa, sekä toimittajalta saatuja hinta-arvioita, saadaan seuraavanlaiset lausekkeet hintojen arviointiin.

Muotin hinnan laskemiseen käytettävä laskukaava yksinkertaistettuna:

= Massan ja muotihinnan kaava \* Pesäluvun kerroin \* Kiillotusasteen kerroin + Luistien hinta \* Geometriakerroin + Kuumasuuttimien hinta + Neulasulkusuuttimien hinta

Kappalehinnan laskemiseen käytettävä laskukaava yksinkertaistettuna:

= Massan ja kappalehinnan kaava \* Pesäluvun kerroin \* Metalloinnin kerroin + Tampopainamisen hinta + Laseroinnin hinta + Maalaluksen hinta

Laskuri antaa myös kappalehinnan, johon on sisällytetty mahdolliset pienerälisät ja jälkitöiden aloituskustannukset mukaan, jolloin laskukaava yksinkertaistettuna on:

= Massan ja kappalehinnan kaava \* Pesäluvun kerroin \* Metalloinnin kerroin + (Tampopainamisen hinta + Aloituskulut / Tilausmäärä) + (Laseroinnin hinta + Aloituskulut / Tilausmäärä) + (Maalaluksen hinta + Aloituskulut / Tilausmäärä) + (Piensarjalisä / Tilausmäärä) + (Metalloinnin aloituskustannukset / Tilausmäärä)

## 7.5 Muita välilehtiä

Excel-tiedoston toisella välilehdellä on taulukoituna kaikki laskuissa käytetyt tuotteet ja niiden ominaisuudet. Samalla sivulla tehdään myös laskutoimituksia, joiden tuloksia haetaan laskurin soluihin. Jokaiselle tuoteryhmälle on oma taulukonsa ja uusien tuotteiden lisäys niihin on helppoa.

Taulukko 8. Esimerkki tuoteryhmien taulukoinnista

MERKKIVALOJEN KUVUT								
Nimike	Piirustus nro	Muotin hinta (€)	Kpl hinta (€)	Massa (g)	Pesät	Luistit	Kuumasuuttimet	Neulasulkusuutin
Testi 1	Kuva 1	1000	0,1	2,00	1	0	0	0
Testi 2	Kuva 2	2000	0,2	4,00	1	0	0	0
Testi 3	Kuva 3	3000	0,3	6,00	1	0	0	0
Testi 4	Kuva 4	4000	0,4	8,00	1	0	0	0

Taulukon 8 arvot eivät ole todellisia, mutta toimivat esimerkkinä taulukoinnista. Sarakkeiden välissä on piilotettuja soluja, joissa tehdään laskuja annetuista tiedoista, joten kuvassa oleva näkymä on loppukäyttäjälle. Näiden laskujen tuloksia käytetään muotti- ja kappalehintojen arvioimiseen laskuri välilehdellä. Uuden tuotteen lisäys tapahtuu monistamalla tuoteryhmän alimmat rivit seuraavalle riville ja kirjoittamalla uuden tuotteen tiedot päälle. Näin laskukaavat siirtyvät uudelle riville ja tiedot päivittyvät laskuriin.

Kolmannella välilehdellä on sekalaista dataa, jota laskuri käyttää. Näitä ovat esimerkiksi pudotusvalikoissa käytettävät listat.

## 8 YHTEENVETO

Päätavoitteena opinnäytetyölle oli valmistaa saatavilla olevan datan pohjalta kustannuslaskuri muotti- ja kappalekustannuksien arviointiin. Tuloksena syntyi Excel pohjainen laskuri, johon on syötetty ennalta olevaa dataa tuotteista ja niiden muottikustannuksista. Laskuriin on helppo lisätä uusia tuotteita, jotka parantavat kustannusarvioiden tarkkuutta ajan myötä. Lopputuloksesta tuli käyttäjäystävällinen ja suoraviivainen, mutta käyttäjältä vaaditaan silti muovitietoutta, sekä ymmärrystä ruiskuvalusuunnittelusta ja prosessista.

Opinnäytetyön aihepiiri oli todella laaja ja pelkästään suunnitteluohjeesta olisi saanut tehtyä oman työnsä. Kuitenkin ohjeesta tuli mielestäni hyvä ja kattaa tärkeimmät osat alueet ruiskuvalukappaletta suunnitellessa. Teoriaosuus ja suunnitteluohje toimii hyvin tietopakettina suunnittelijalle, joka ei ennen ole ruiskupuristettavia kappaleita suunnitellut. Kokeneemmatkin suunnittelijat hyötyvät ohjeesta, sillä sinne on kerätty yleisimmin käytettyjä kaavoja ja taulukoita, jotka nyt löytyvät yhdestä paikasta, sen sijaan että niitä täytyisi etsiä useista eri lähteistä.

Laskurin tekeminen oli haastava ja opettavainen projekti, joka antoi hyvän käsityksen Excelin käytöstä datan käsittelemisessä. Haasteena oli vähäinen tietämys muovitekniikasta ja ruiskuvalutuotteiden suunnittelusta. Kuitenkin teoriaosuutta ja suunnitteluohjetta tehdessä tuli ruiskuvaluprosessi ja muovituotteiden suunnittelu tutuksi, kuten myös muotti- ja kappalekustannuksien synty.

## LÄHTEET

- Höök, T. 2014. Muotin perusrakenne [viitattu 13.3.2019]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould\\_structure\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_structure_FI.pdf)
- IGO Promo 2019. Painatusmenetelmät [viitattu 31.1.2019]. Saatavissa: <https://www.igo-promo.fi/content/asiakaspalvelu/painatus/painatusmenetelmaet?PageletEntryPointID=CustomerService Imprint ImprintTechniques>
- Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela, M. 2000. Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.
- Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Bookwell Oy
- Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Nykänen, S. 2007. Ruiskuvalukappaleen muotoilun yksityiskohtia [viitattu 6.2.2019]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign\\_specials\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign_specials_FI.pdf)
- Nykänen, S. 2007. Ruiskuvalukappaleen suunnittelu [viitattu 20.3.2019]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign\\_mouldfilling\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign_mouldfilling_FI.pdf)
- Nykänen, S. 2019a. Muovituotteen suunnittelun kokonaisprosessi [viitattu 14.1.2019]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign\\_overallprocess\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign_overallprocess_FI.pdf)
- Nykänen, S. 2019b. Päästöt [viitattu 1.4.2019]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign\\_drafts\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/castingdesign_drafts_FI.pdf)
- Teknoware Oy 2018a. Teknopower [viitattu 12.12.2018]. Saatavissa: <https://www.teknoware.com/fi/yrityksemme/teknopower>
- Teknoware Oy 2018b. Yrityksemme [viitattu 12.12.2018]. Saatavissa: <https://www.teknoware.com/fi/yrityksemme>