

Saku Korkeala

# Korukaiverrustuotannon tehostus ja opastusvideo

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

20.4.2015

Tekijä Otsikko	Saku Korkeala Korukaiverrustuotannon tehostus ja opastusvideo
Sivumäärä Aika	40 sivua 20.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaajat	Tuotantovastaava Etunimi Sukunimi Lehtori Toni Spännäri
<p>Insinöörityössä oli tavoitteena tehostaa tilaajayrityksen kuvakorukaiverrustuotantoa. Pyrkimyksenä oli lyhentää koko tuotantoprosessia ajallisesti ja parantaa korutuotteiden laatua. Lisäksi tuotettiin opastusvideo uusien työntekijöiden koulutuksen helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.</p> <p>Kuvankäsittelyn apuna käytettävät apuviivat säädettiin oikeankokoisiksi ja kuvankäsittelyssä käytettäviin työkaluihin määritettiin optimaaliset asetukset. Kaiverrukseen käytettävien binääribittikarttakuvien muodostukseen käytettävään ohjelmaan luotiin kolmet esimääritetyt asetukset, jotka huomioivat kuvan kontrastisuuden. Jokaiselle tuotteelle määritettiin optimaaliset kaiverrusasetukset laserkaivertimeen voiman, nopeuden ja taajuuden suhteen. Tulostusohjelmaan luodut mallipohjat säädettiin sijainnin puolesta oikeille kohdilleen, ja tämän lisäksi mallipohjiin luotiin suuntaviivojen avulla asemointia nopeuttava menetelmä. Korujen asemointia helpottavien sabluunojen elinikää pidennettiin poistamalla mahdollisuus lasersäteen osumisesta korujen ympärillä olevaan muoviosaan kaiverruksen aikana. Muutama kehitysehdotus korutuotannon tehostamisen jatkamiseen myös esitettiin.</p> <p>Opastusvideosta tehtiin vajaan kymmenen minuutin mittainen tiivis kokonaisuus, jossa ohjetekstein opastetaan aloittavaa kaivertajaa. Videossa käydään läpi erilaisia erikoisskenaarioita ja opastetaan kuvankäsittelyohjelman käytössä. Video julkaistaan, ja sitä käytetään ainoastaan yrityksen sisällä.</p> <p>Tehostuksella saatiin aikaiseksi ajallisia säästöjä, tuotteesta ja määrästä riippuen minuutista muutamaan minuuttiin. Laatua parannettiin jokaisen tuotteen kohdalla optimaalisten kaiverrusasetusten ja binäärikuvanmuodostukseen vaikuttavien asetusten kautta. Laadun paraneminen todettiin kyselemällä yrityksen työntekijöiden mielipiteitä.</p> <p>Yritys sai korutuotteistaan näyttävämpiä, ja niiden tuotantoaikaa ja koulutukseen kuluva aikaa saatiin lyhennettyä. Kustannussäästöistä ja laadunparannuksesta johtuvista tilausmäärien kasvusta voidaan tehdä laskelma aikaisintaan vuoden kuluttua, koska tilausmäärät ovat suhteellisen pieniä, joten tulokset nähdään pidemmällä aikavälillä.</p>	
Avainsanat	laserkaiverrin, kuvakoru, binääribittikarttakuva, opastusvideo

Author Title	Saku Korkeala Enhancing the production of jewelry engraving
Number of Pages Date	40 pages 20 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructors	First name Surname, Production Supervisor Toni Spännäri, Senior Lecturer
<p>The objective of the final year project was to enhance the jewelry engraving production of a client company. The goal was to shorten the production time of the engraving process and to improve the quality of the jewelry products. In addition a tutorial video was produced to help and speed up the training of new employees.</p> <p>Three predetermined settings that take picture contrast into account were created for the software that generates the binary bitmap pictures used in engraving. Optimal engraving settings for power, speed and frequency were adjusted for every jewelry product and all of the basic settings involved in the process were optimized. The templates created to the graphic software were adjusted location-wise, and guidelines were added to the templates to create a method that decreases positioning time.</p> <p>The tutorial video includes screen recordings, video footage and instructional text. Different special scenarios were reviewed and help in usage of the image processing software was given. The video is published and only in company-internal use.</p> <p>The production time was successfully decreased from a minute to couple of minutes depending on the product and production quantities. The quality of every product was improved due to optimizing the settings involved. The quality improvement was verified by a survey among the company employees.</p>	
Keywords	laser engraving, binary bitmap, tutorial video

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Nykyinen korukaiverruksen tuotantoprosessi	2
2.1	Epilog Fibermark -laserkaiverrin	2
2.2	Kaiverruskoneen osat	4
2.3	Tuotteet ja sabluunat	7
2.4	Työnkulku	8
2.5	Tarvittavat ohjelmistot	9
2.6	Kuvankäsittely	10
2.7	Rasterointi	13
2.8	Photo Grav -asetukset	15
2.9	Kaiverrusasetukset	20
3	Paranneltu korukaiverruksen tuotantoprosessi	21
3.1	Asetukset ihonvärin ja kontrastin mukaan	21
3.2	Apuviivatiedostojen päivitys	23
3.3	Corel -mallipohjien päivitys	27
3.4	Asemoinnin tehostus	28
3.5	Kuvankäsittelyn tehostus	30
3.6	Kaivertimen asetusten päivitys	31
3.7	Kehitysehdotukset	31
4	Opastusvideo	33
4.1	Toteutus	33
4.2	Julkaisu ja käyttö	35
5	Tehostuksen vaikutukset kustannuksiin	35
5.1	Laadun paraneminen	36
5.2	Säästöt	36
6	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

## 1 Johdanto

Insinööriyön tilannut yritys on kuvia tuottava yritys, joka on lukuisien kuvausstudioiden yhteisomistuksessa. Yrityksen tuotteisiin kuuluvat perinteisten erikokoisten paperisten kuvien lisäksi erikoistuotteet. Erikoistuotteita on lukuisia, yhtenä osana kaiverrettavat tuotteet, kuten korut ja avaimenperät, joihin tässä insinööriyössä keskitytään. Tarve korutuotannon tehostamiselle ja opastusvideon teolle syntyi, kun edellisinä vuosina korutuotannosta vastannut alihankkijana toiminut yritys ja tilaajayritys lopettivat yhteistyön. Alihankkija ei suostunut kouluttamaan tilaajayrityksen työntekijöitä kaivertimen käyttöön, minkä lisäksi yritys poisti kaikki käytössä olleet asetukset näyttävien korujen tekemiseen.

Alkuvuodesta 2014 tilaajayrityksessä laadittiin pikaisesti kaivertimelle välttävät asetukset kiireisen syksyn läpiviemiseen, mutta nyt sesongin ollessa ohi yritys haluaa tehdä korutuotantoprosessista tehokkaamman ja lopputuotteista parempilaatuisia. Tässä insinööriyössä keskitytään kaiverrusprosessiin, jota ennen kuvat on valokuvattu ja käsitelty. Kaivertaja saa käsiinsä valmiin kuvan, josta hänen työnsä alkaa. Kaivertajan työ yhden korun kohdalla päättyy valmiin tuotteen siirryttyä pakkaamoon. Tarkoituksena on tehostaa koko kaiverrusprosessia, nopeuttaa sitä ja parantaa laatua. Korutuotteiden suhteellisen korkean hinnan vuoksi prosessia nopeuttamalla voidaan päästä pitkällä aikavälillä huomattaviin taloudellisiin säästöihin. Kustannuslaskelma tehdään vertaamalla korutuotteen vaatimaa työtä ja käytettyjä resursseja ennen tehostamista ja sen jälkeen.

Opastusvideon tarkoituksena on tehdä korukoneen käytön koulutuksesta nopeaa ja helppoa. Videon on tarkoitus selittää yksinkertaisesti prosessin vaiheet ja opettaa, mitkä kuvan tekijät vaikuttavat prosessin työvaiheisiin ja valittaviin asetuksiin. Video toteutetaan yhdistämällä tietokoneen näytön näkymästä videokuvaa, johon liitetään ohjetekstiä tai -puhetta.

## 2 Nykyinen korukaiverruksen tuotantoprosessi

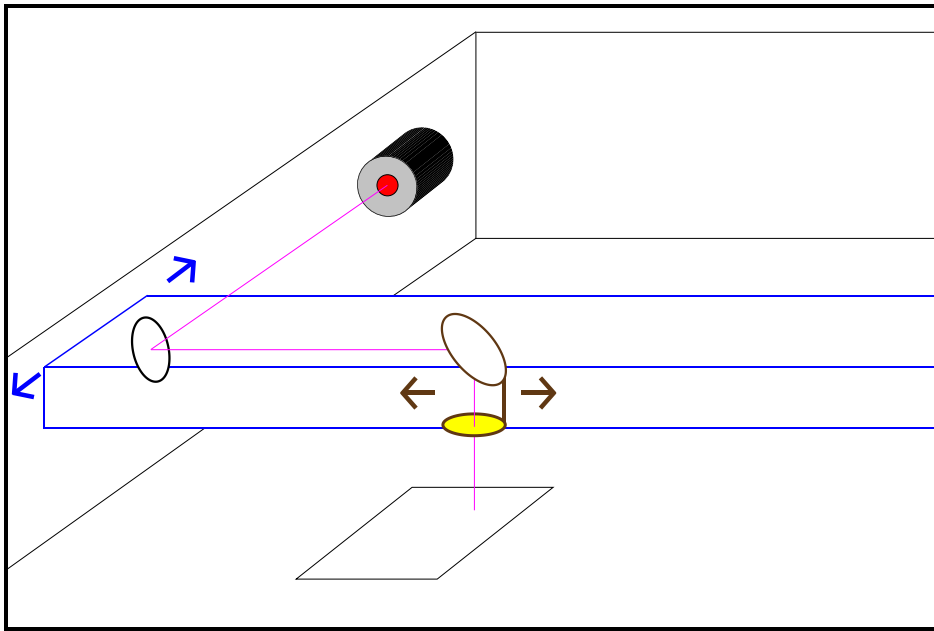
Tässä luvussa käsitellään insinööriyön tilanneen yrityksen korukaiverruksen tuotantoprosessia kaiverruksen näkökulmasta. Kuvien ottamiseen ja käsittelyyn ei puututa, sillä nämä vaiheet eivät ole kaivertajan vastuulla. Prosessi alkaa kuvien vastaanottamisesta ja päättyy valmiin tuotteen siirtyessä pakkaajalle. Tämän luvun tarkoitus on esitellä vuoden 2014 sesonkina käytössä ollut prosessi. Myöhemmissä luvuissa palataan näihin vaiheisiin ja pyritään saamaan aikaan ratkaisuja, jotka nopeuttaisivat prosessin työvaiheita, tai jopa poistamaan työvaiheita kokonaan.

### 2.1 Epilog Fibermark -laserkaiverrin

Epilog on kaivertamiseen erikoistunut yritys. Sen valikoimissa on lukuisia hiilidioksidilasereita, jotka soveltuvat kaivertamiseen orgaanisiin materiaaleihin, kuten puuhun, nahkaan, kiveen tai marmoriin. Metalleihin ja muoveihin kaiverrettaessaärkevin valinta on malli nimeltä Fibermark (1). Se on tilaajayrityksen käyttämä kaiverrinmalli korutuotannossa.

Fibermark käyttää kaiverrukseen digitaalisesti ohjattavaa ytterbium-kuitulaseria 20 W:n teholla. Valoaallot suunnataan kaiverrettavaan pintaan kahden peilin ja 3 tuumaa (76 mm) halkaisijaltaan olevan linssi kautta. Tässä opinnäytetyössä käytetään linssin ja toisen peileistä sisältävästä liikuteltavasta kokonaisuudesta nimitystä "tulostuspää". (2, s. 187.)

Kuva 1 havainnollistaa kaivertimen toimintaperiaatteen. Laserpolttimo sijaitsee koneen edestä tarkasteltuna vasemmassa takakulmassa. Lasersäde peilataan kahden 45 asteen kulmassa olevan peilin kautta linssiin, josta se keskitetään haluttuun kohtaan alustaa. Horisontaali palkki, jonka vasemmassa reunassa sijaitsee kiinteä peili, liikuttaa tulostuspäätä y-suunnassa. Sivuilla sijaitsevat moottorit liikuttavat horisontaalia palkkia. Palkissa oleva moottori liikuttaa tulostuspäätä palkkia pitkin määrittäen x-koordinaatin. Tulostuspäässä sijaitseva peili suuntaa säteen kohtisuoraan alustaa kohden. Välissä sijaitsee linssi.



Kuva 1. Laserin toimintaperiaate; lasersäde (magenta) , horisontaali palkki (sininen), tulos-  
tuspää (ruskea), linssi (keltainen), peilit (ellipsit).

Epilog Fibermark -kaiverrin kykenee kaivertamaan sekä rasteroituja kuvia että vektori-  
grafiikkaa. Mahdollista on myös käyttää molempien yhdistelmää, jossa muodon ulko-  
reunat määritetään vektoreiksi ja sisältö on rasteroitu. Tämän opinnäytetyön tilannut  
yritys käyttää tuotteissaan ainoastaan rasteroituja kuvia, joten vektorien käyttöön kai-  
vertamisessa ei tässä opinnäytetyössä enää palata. (2, s. 67–71.)

Laser kaivertaa rasteroidut kuvat linja kerrallaan. Kaiverrettava kuva lähetetään kaiver-  
timelle graafisen ohjelmiston kautta, kyseessä olevan yrityksen tapauksessa Corel  
Draw -ohjelmaa hyväksikäyttäen. Kuvan on oltava binääribittikarttamuodossa, jossa  
kuvapikselit ovat joko mustia tai valkoisia. Käytetty rasterointitapa on stokastinen raste-  
rointi, jossa sävy määrittyy rasteripisteiden keskinäisen etäisyyden mukaan.

Kaivertimen tärkeimmät säädöt ovat voima, nopeus ja taajuus. Näitä asetuksia säätä-  
mällä, laserin ja kaiverrettavan materiaalin välisen etäisyyden lisäksi, saavutetaan ta-  
sapaino, jossa tuotteesta tulee miellyttävä silmälle. Samat asetukset eivät päde eri ma-  
teriaaleille, joten esiasetusten määrittäminen on järkevää kustannustehokkuutta silmäl-  
läpitäen. Tilaajayrityksen korutuotteet ovat teoriassa tasaisen paksuja, eli etäisyys lase-  
riin pysyy samana koko kaiverrettavalla pinta-alalla. Fibermark-kaiverrin kykenee kai-  
vertamaan myös sylinterimuotoisiin kappaleisiin, mutta siihen tarvitaan erillinen lisäosa,

joka pyörittää kappaletta sitä mukaa, kuin kaiverruslinjat valmistuvat. Tilaajayritys ei ole investoinut tähän lisäosaan, joten kaikki korutuotteet ovat teoriassa koko pinta-alaltaan samanpaksuisia. Paksuus saattaa kuitenkin vaihdella korujen laadunvaihtelun vuoksi. (2, s. 159; s. 135.)

## 2.2 Kaiverruskoneen osat

Epilog Fibermark -kaiverrin on jalan päälle sijoitettu laatikkomallinen kone (kuva 2). Sen päällä on lastausikkuna, jonka on oltava suljettuna kaiverruksen aikana. Ikkuna on vihreää akryyliä, joka estää altistumisen haitalliselle infrapunasäteilylle kaiverruksen aikana. Akryyli-ikkuna estää infrapunasäteet 830–1700 nm:n aallonpituuksilla. Koneen käyttämän kuitulaserin tuottama säteily on aallonpituudeltaan 1062 nm. Koneen etuosassa on myös avattava luukku, jonka kautta pääsee koneen sisään esimerkiksi tekemään huoltotoimenpiteitä. (2, s. 132–134.)



Kuva 2. Epilog Fibermark -kaiverruskone ilman kompressoria ja imuria (3).



Ikkunan alla sijaitsee varsinainen kaiverruskoneisto. Alusta on kooltaan 457 x 305 mm, joka on myös enimmäiskoko kaiverrettavalle kappaleelle kahdessa ulottuvuudessa. Korkeutta kappaleella saa olla 152 mm, joka on sama kuin alustan liikkuma-ala korkeussuunnassa sen alimman kohdan ja linssin vaatiman etäisyysminimin väliin jäävän tilan korkeus. Kaiverrustilan saa tarvittaessa valaistua kytkemällä lamppu päälle kytkimen avulla. (2, s. 187.)

Laserpoltinta voidaan hyödyntää myös muuhun kun kaiverrukseen. Sitä käytetään puolisena laserosoittimena, jonka käyttöä ei tilaajayrityksen tuotannossa ole tarvittu. Osoitin on hyödyllinen, jos kaiverrettava kappale ei ole säännöllisen muotoinen ja kaiverruksen aloituspisteen määrittäminen käsin vaatii tarkkuutta. Tulostuspää on liikutettavissa käsin, jos tarve vaatii. Näin kaiverrus voidaan tehdä tarkalleen määrättyyn kohtaan alustaa, hyödyntäen laserosoitinta ja tulostuspään liikuteltavuutta. Laserosoitin ei voi olla aktiivinen, kun kaiverrus on käynnissä. (2, s. 133.)

Koneen etupaneelissa sijaitsee kaivertimen oma ohjauspaneeli. Ohjauspaneelissa on pieni näyttö, joka ilmoittaa tärkeimmät tiedot kussakin työvaiheessa. Paneelissa sijaitsevat napit voiman, nopeuden ja taajuuden säätöön, vaikka nämä attribuutit määritellään tulostusohjelman kautta ennen tiedostojen siirtoa kaivertimelle. Niiden hyöty on se, että attribuutteja voidaan muuttaa lennosta kaiverruksen aikana, ja eron näkee samalla hetkellä aloittamatta uutta kaiverrusta. Asetusten vaihtaminen suoraan lennosta ei onnistu vektorigrafiikkaa kaiverrettaessa. Paneelissa on nuolinapit, joilla säätöjä voidaan muuttaa; yksittäiset nuolet muuttavat haluttua asetusta pienin askelin ja kaksoisnuoli isommin harppauksin. Nuolinapit ovat aktiivisia vain, kun paneelista on valittu jokin asetus, jota halutaan muuttaa. (2, s. 117–120.)

Tärkein toiminnallisuus paneelissa on alustan sijainnin määrittäminen, joka onnistuu ainoastaan paneelin kautta. Painamalla focus-nappia tulostuspää liikahtaa alkusijainnistaan hieman keskemälle, jotta etäisyyden määrittämiseen tarvittava tila syntyy. Tulostuspäähän liitetään tätä tarkoitusta varten valmistettu mitta, joka kertoo etäisyyden laserin ja kappaleen välillä. Mitan ja kappaleen pitää onnistuneen kaiverruksen aikaansaamiseksi koskettaa löyhästi toisiaan. Kaksinkerroin taitettu toimistopaperinpalanen toimii hyvin apuvälineenä kappaleen ja mitan välin tarkkaan määrittämiseen. Liikuttamalla paperinpalaa mitan ja kappaleen välissä pyritään saamaan aikaan kevyt

puristus. Tällöin etäisyys on sopiva. Kevyen puristuksen oppii tuntemaan käyttämällä konetta muutamaan otteeseen. (2, s.124.)

Paneelissa perustoimintoja ovat kaiverruksen aloittavat ja lopettavat Go- ja Stop-napit sekä Reset-nappi, joka palauttaa tulostuspään alkusijaintiinsa. Job-nappia painamalla näytöllä näkyy viimeisin koneen omaan muistiin tallennettu työ. Edellisiä töitä voi selata nuolinäppäimin. Koneessa on omaa muistitilaa 64 MB, johon se varastoi työt väliaikaisesti. Paneelissa on myös X/Y Off -nappi, joka painettuna mahdollistaa tulostuspään liikuttamisen käsin. Kun tulostuspää on asetettu haluttuun kohtaan, voidaan kohta asettaa uudeksi alkusijainniksi painamalla Set Home -nappia. Näitä toimintoja ei tilaajayrityksen tuotteiden valmistuksessa tarvita. Tehdasasetusten palauttaminen onnistuu Config-napin avulla, ja laserosoittimen saa päälle ja pois Pointer-nappia painamalla. Kaikkien edellä mainittujen nappien ja näytön lisäksi paneelissa on myös Data-merkkivalo, joka vilkkuu tietokoneelta kaivertimelle tapahtuvan tiedonsiirron aikana. Tämän lisäksi myös laserosoittimen ollessa päällä Pointer-merkkivalo on syttynyt. (2, s. 119–123.)

Fibermark-kaiverrin yhdistetään tietokoneeseen, kuten mikä tahansa muukin tulostin. Kaivertimen IP-osoite ilmoitetaan tietokoneelle, jotta tiedoston siirto koneen ja kaivertimen välillä onnistuu Internetin kautta. Tämä toimenpide tehdään ainoastaan asennuksen yhteydessä. Kaiverrin voidaan yhdistää tietokoneeseen myös USB-kaapelin avulla, mutta silloin yhteyttä kaivertimeen ei saada muiden tietokoneiden kautta ja tiedonsiirto on muutenkin hitaampaa. (2, s. 21–22.)

Varsinaisen kaivertimen lisäksi pakettiin kuuluu myös ilmakompressori ja imuri. Kompressoria tarvitaan tuottamaan paineistettua ilmaa, jota kaiverrin hyödyntää painoalustassa sijaitsevien ilmareikien imuun ja ilmaverhon toimintaan. Ilmareiät pitävät kevyen materiaalin tasaisena ja paikallaan kaiverruksen ajan. Ilmareikien tuomaa imutehoa voidaan kasvattaa peittämällä kaiverrettavan kappaleen ulkopuolelle jäävät reiät, jotta imu jakautuu pienemmälle määrälle reikiä ja sitä mukaa imu on voimakkaampi kappaleen alla. Imuri poistaa kaiverruksen aikana kappaleista irtoavan ylijäämämateriaalin, jonka hengittäminen ei ole terveellistä. Myös horisontaalissa palkissa on ilmareikiä, jotka työntävät paineistetulla ilmalla kaiverruksen aikana irronneet jäämät ja syttyvät kaasut pois päin mekaanisista komponenteista. (2, s. 130.)

### 2.3 Tuotteet ja sabluunat

Insinööriyön tilanneen yrityksen koruvalikoimaan kuuluu rajattu määrä tuotteita, joille kaikille on valmistettu sabluunat, jotka auttavat nopeasti asemoimaan korut alustalle niin, että niiden sijainti on täsmälleen oikea, kun tulostuspään alkusijainti on oletusasetusten mukainen. Näille sabluunoille on tehty vastaavat pohjat graafiseen ohjelmistoon, johon kaiverrettavat kuvat asemoidaan niille sopiviin kohtiin. Sabluunat mahdollistavat usean kymmenen korun kaiverruksen samanaikaisesti vaatimatta tarkkaa sijoittamista alustalle. Tärkeää on työntää sabluuna tiukasti vasenta reunaa ja yläreunaa vasten, jotta mallipohjan ja varsinaisen kaiverrusalustan sijainnit koruille täsmäivät.

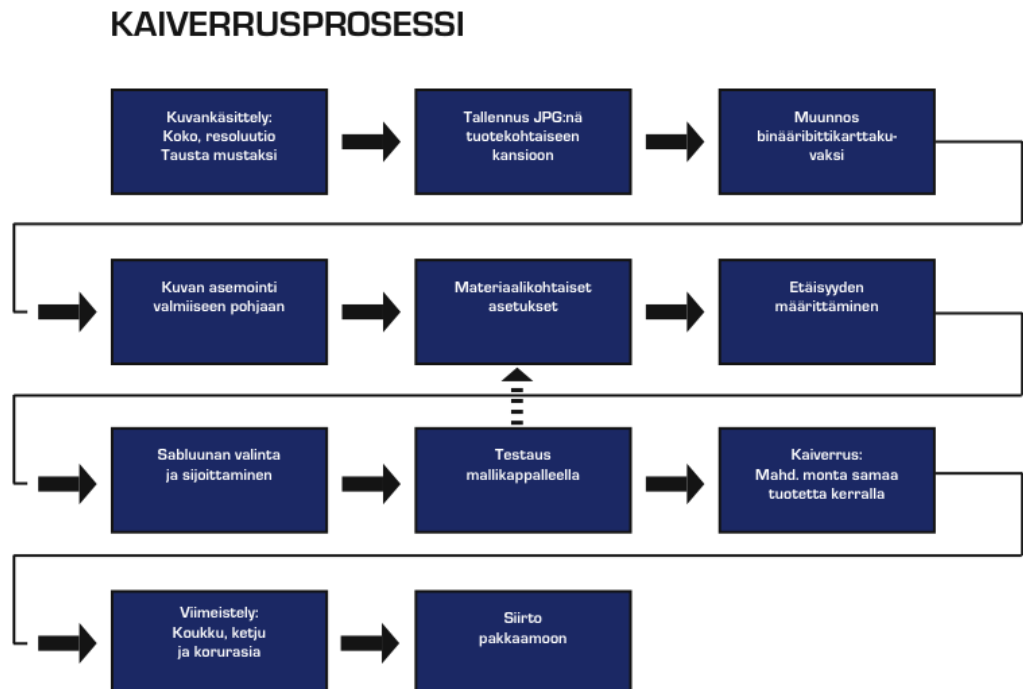
Tilaaajayrityksen valikoimissa oli syksyllä 2014 kuusi erilaista korutuotetta. Niistä kaksi ovat avaimenperiä ja loput neljä kaulakoruja. Avaimenperistä toinen on suorakaiteen muotoinen laatta, toinen sydämenmuotoinen. Avaimenperät ovat teräspäällysteistä messinkiä. Kaulakoruista kaksi on sydämenmuotoisia, toinen hopean ja toinen kullan värinen. Näiden lisäksi on kaksi hopeanväristä laattaa, joista suorakaiteenmuotoiseen kaiveretaan tavallisesti asiakkaan kasvot. Hopeinen sydän ja edellä mainitut laatat ovat materiaaliltaan kiillotettua ruostumatonta terästä. Toinen näistä laatoista on pelaaja-amuletti, johon kaiveretaan asiakkaan pelinumero ja nimi. Tilaaajayrityksen asiakkaina on paljon urheiluseuroja, mistä syystä tuote on valikoimissa. Kultainen sydän on kultapinnoitettua messinkiä. Kaikki kaulakorutuotteet ovat nikkelitömiä, sillä monilla ihmisillä on nikkeli-allergia, joka ilmenee ihottumana nikkelin pidempiaikaisessa kosketuksessa ihoon. (4; 5.)

Jotta käyttöön voitaisiin ottaa uudenmallisia ja -kokoisia korutuotteita, pitäisi myös teettää uudet sabluunat, jotka sitten mallinnettaisiin Corel Draw -ohjelmistolla tehostettua tuotantoa varten. Jos sabluunoja ei käytettäisi, pitäisi joko suorakaiteen muotoiset kappaleet kaivertaa yksi kerrallaan asettamalla ne vasempaan ylälaitaan reunoihin tukien tai kaarevia reunoja sisältävien kappaleiden kohdalla asettaa laserosoitinta ja tulostuspään liikuteltavuutta hyväksikäyttäen aloitussijainti tarkasti oikeaan kohtaan alustalla sijaitsevalle kappaleelle. Sabluunoiden käyttö on ainoa keino tehostaa korutuotanto taloudellisesti järkeväksi ja pitää hinnat kohtuullisina.

## 2.4 Työnkulku

Tilajayrityksen korutuotannossa erikoistuotteista vastaava henkilö kokoaa sopivankokoisen työerän, joka koostuu asiakkaiden tilaamista korutuotteista. Jokainen korutuote on omassa työerässään kansiossa, joka on nimetty työeränumeron ja tuotteen nimen mukaan. Kansio sisältää kuvatiedostoja JPG-formaatissa, ja ne on nimetty yksilöllisen tunnistenumeron, asiakkaan haluaman kuvan numeron ja kappalemäärän mukaan. Kappalemäärän huomioiminen on täysin kaivertajan vastuulla. Kaivertaja tulostaa myös pöytätulostimella listan kuvista, joiden oheen tulee tunnistenumero, jotta pakkaaja osaa kohdistaa oikean korun oikealle asiakkaalle. Kuva, johon kasvokuvan lisäksi saadaan automaattisesti tunnistenumero mukaan, luodaan PhotoShopiin valmiiksi tehdyn makron avulla. Sen toimintaan ei tämän enempää paneuduta.

Korut kaiverretaan tuoteryhmä kerrallaan, koska jokaiselle tuotteelle on omat vaatimuksensa asetusten suhteen. Prosessi (kuva 3) alkaa aina alusta yhden tuoteryhmän valmistuttua.



Kuva 3. Kaiverrustuotteen prosessikaavio (syksy 2014).

## 2.5 Tarvittavat ohjelmistot

Insinööriyön tilanne yrityksen korutuotannon kuvankäsittelyssä käytetään Adoben PhotoShop -ohjelmistoa. Käytössä on versio on CS3, jonka jälkeen on tullut useita uusia versioita. Kaikki tarvittavat toimenpiteet pystyy kuitenkin tällä versiolla tekemään. Prosessissa PhotoShop on isossa roolissa, sillä tässä vaiheessa kuvalle tehdään paljon toimenpiteitä. Perusajatuksena on poistaa kuvan tausta muuttamalla se mustaksi. Seuraavassa vaiheessa kuvasta tehdään binääribittikarttakuva, joka on originaaliin nähden käänteinen eli negatiivi. Musta tausta kääntyy siis valkoiseksi. Binääribittikarttakuvissa valkoinen pikseli saa arvon 0 ja musta arvon 1. Laser siis kaivertaa mustat pisteet ja jättää kaivertamatta valkoiset. Harmaan eri sävyt muodostuvat stokastisella rasteroinnilla.

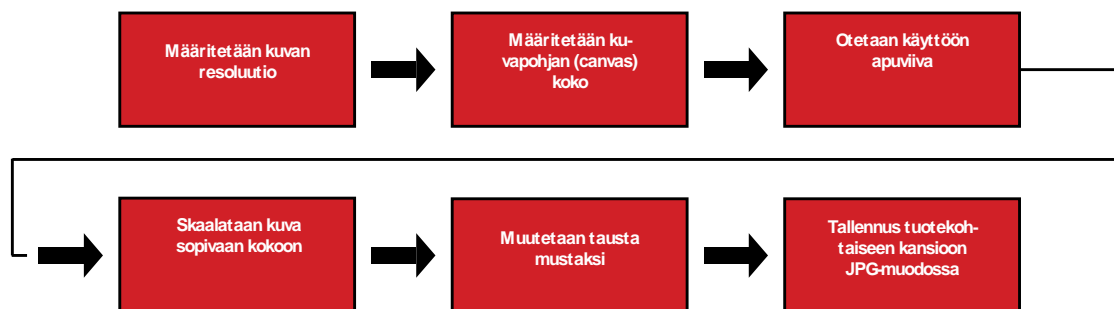
PhotoShopissa määritetään myös kuvan koko ja resoluutio. Kuvankäsittelyn avuksi joka tuotteelle on oma pohjansa. Sydämenmuotoisten korujen tapauksissa valmiissa pohjassa on omalle kerrokselleen tehty apuviiva, joka auttaa kaivertajaa paremmin hahmottamaan, miten kuva koruun asettuu.

Photo Grav on ohjelmisto, joka on suunniteltu ainoastaan kuvien käsittelyyn kaivertimia varten. Lopputuotteena työvaiheesta saadaan binääribittikarttakuva (6). Tähän asti formaattina on käytetty Windows Bitmap -tiedostomuotoa. Tehostuksessa tarkastellaan myös muiden formaattien käyttöä. Tämän työvaiheen tarkoitus on tehdä JPG-muotoisesta kuvasta mahdollisimman hyvännäköinen binääribittikarttakuva. Sesonki 2014 vietiin läpi nopeasti tehdyillä asetuksilla, joita ei muutettu kuvan tai kuvattavan mukaan. Tarkoituksena on tehdä parannusta laatuun tekemällä useita asetuksia, jotka valitaan kohdekuvan mukaan. Iso tuotannollinen ongelma Photo Grav -ohjelmistossa on, että kuvat on käsiteltävä yksi kerrallaan. Tämä hidastaa koko prosessia huomattavasti. Tähän ongelmaan pyritään saamaan jokin ratkaisu.

Corel Draw -ohjelmistoa käytetään kuvien tuomiseen laserkaivertimelle. Ohjelma voisi olla jokin muukin vastaava. Valmiisiin pohjiin sijoitetaan luodut binäärikuvat, minkä jälkeen kaiverrus voidaan aloittaa. Kaiverrin käyttäytyy tässä suhteessa kuin mikä tahansa muukin tulostin. Corel Draw -ohjelmaa ei käytetä juuri muuhun korujen tuotantoprosessissa.

## 2.6 Kuvankäsittely

Tilaaajyrityksen kuvankäsittelijät ovat käsitelleet kuvat värien, valoisuuden ja kontrastin suhteen jo ennen kuin kuvat tulevat kaivertajan ulottuville. Tämän jälkeen kaivertajan tehtävänä on käsitellä kuva kaivertamiseen soveltuvaksi. Kuva 4 esittää kuvankäsittelyssä tehtävät toimenpiteet teoriassa PhotoShopia hyväksikäyttäen. Kontrastin kasvattaminen kurvityökalun avulla ennen kuvan tallentamista jätettiin pois kaaviosta, sillä sitä ei aina ole tarpeellista tehdä.



Kuva 4. Kuvankäsittelyn vaiheet PhotoShopissa.

### Automatisointi

Automatisoinnilla pyritään yleisesti nopeuttamaan työvaiheita ja vähentämään ihmisen tarvetta prosessin vaiheissa, jotka eivät vaadi päätöksentekoa tai väliintuloa. Tietokone suorittaa laskutoimitukset ja toiminnot ylipäätään huomattavasti nopeammin kuin ihmisäivot, joten automaation hyödyntäminen tuotannossa nopeuttaa prosesseja merkittävästi. Tilaaajyrityksen korutuotannossa automaatiota käytetään paljon muuhunkin kuin itse kaivertamiseen, joka tehdään Epilog-kaivertimella. (7, s. 419.)

Kuvankäsittelyssä automaatiota käytetään paljon. PhotoShopissa on mahdollista luoda toimintakokonaisuuksia, makroja, jotka koostuvat toimenpiteistä, jotka käyttäjä kykenee perustilanteessa tekemään hiiren avulla. Ne kulkevat PhotoShopissa Actions-nimellä. Makrot luodaan niin, että asetetaan nauhoitustila päälle ja tehdään halutut toimenpiteet. Tämän jälkeen nauhoitus lopetetaan. Tämän jälkeen makroa voidaan käyttää uudestaan nappia painamalla, ja PhotoShop tekee samat toimenpiteet, jotka tehtiin ai-

emmin nauhoituksen aikana. Nämä ovat toimintoja, jotka pitäisi ilman automaatiota tehdä joka kuvan kohdalla uudestaan mutta jotka eivät vaadi inhimillistä ajattelua. Makrolle voidaan määrätä pikanäppäin, jotta yhdellä näppäimistön näpäytyksellä suoritetaan lukuisia toimenpiteitä. Tässä tapauksessa näppäin on F3. (8.)

Korutuotannossa PhotoShopin makro tekee seuraavat asiat: muuttaa yksiköt pikseleiksi, muuttaa kuvan resoluution arvoon 236,22 pikseliä senttimetrillä eli 600 pikseliä tuumalla ja suorittaa JavaScript-skriptiin kirjatut toiminnot. JavaScript on skriptauskieli, jolla tehdään jotain hyödyllistä automaattisesti. Kieli muistuttaa ohjelmointikieliä, mutta on hieman luettavampaa, koska se sisältää paljon sanoja, joista voi pienemmällä vaivalla ymmärtää, mitä toimintoja skripti tekee. Syy, miksi JavaScriptiä käytetään, on se, että PhotoShopin makrot eivät tue ehtolauseita. Ehtolauseilla makrojen toiminnasta saadaan yksiselitteistä, eli kaikki mahdollisuudet käydään läpi. Jos ehdot eivät täyty, toimintoja ei suoriteta. (7, s. 434.)

Jokaiselle korutuotteelle on määritelty tuotenumerot ja nimet, jotka on kirjattu erilliseen tekstitiedostoon. Kansion, josta kuva avataan PhotoShopiin, on oltava nimetty tuotenumeron mukaan, jotta JavaScript "tunnistaa", mistä tuotteesta on kyse ja mitä toimenpiteitä PhotoShopissa tehdään. Tilaaajyrityksen korutuotannossa JavaScript tekee käytännössä seuraavat asiat: tunnistaa tuotetyypin, muuttaa kuvapohjan oikeankokoiseksi, hakee tuotekohtaisen apuviivatiedoston ja asettaa sen omalle tasolleen. Tämän jälkeen skripti odottaa käyttäjältä käskyä tehdä toiminnot loppuun. Tässä välissä kaivertaja käsittelee kuvan ja antaa skriptille luvan suorittaa toiminnot loppuun. Käsitteilyn jälkeiset toiminnot ovat seuraavat: piilottaa apuviivataso ja tallentaa kuva JPG-muodossa tuotekohtaiseen kansioon.

#### Kuvankäsittelyn ongelmat

Yleisenä ohjesääntönä voidaan pitää sitä, että ryhmä- tai kaverikuva ei toimi hyvin korutuotteissa. Koska kuva skaalataan korupohjaan niin, että kasvot tulevat kutakuinkin keskelle korua, ryhmäkuvan tapauksessa kuvan alareuna alla oleva tyhjä tila tulee koruun näkyviin. Muotokuvat on yleisesti otettu niin, että kuva katkeaa kuvattavan rinnan tietämiltä. Etenkin sydämenmuotoisissa korutuotteissa kasvot eivät voi sijaita korun alaosassa, sillä terävän kulman sisältävä alaosa on kapea ja korusta tulee huonon näköinen, kun kuva katkeaa kuvattavan kaulan kohdalta. Siksi esimerkiksi kuvan, jossa

on kaksi kohdetta, sijoittaminen pohjaan on haastavaa. Vaihtoehtona on kuva skaalaaminen niin pieneksi, että kuvan alla oleva tyhjä tila ei mahdu korun pinta-alalle, tai että tehdään kuten yksilökuvissa eli sijoitetaan kuva kuten kuvassa 5. Jälkimmäiseen ratkaisuun päädyttyäessä kuvalle on tehtävä manipulointia.



Kuva 5. Kuvan sijoittaminen pohjaan sydämenmuotoisissa tuotteissa. Vasemmalla yksilokuva ja oikealla kaverikuva.

Kuvan 5 jälkimmäisen kuvan kaltaisessa tilanteessa kuvattavien alle jäävä tyhjä tila on täytettävä. Syksyllä 2014 tämä ongelma ratkaistiin käyttämällä PhotoShopin kloonaustyökalua. Kuvattavien paitojen kuosin kloonaminen puuttuvaan osaan toimii melko hyvin. Kloonaustyökalu toimii niin, että valitaan määritetyn alueen pikselit lähdealueeksi ja kopioidaan identtisesti pikselit johonkin toiseen kohtaan kuvaa. Lähdealue siirtyy sitä mukaa, kuin käyttäjä kloonaa aloituspisteen viereisiä pikseleitä, eli pensselin koko vaikuttaa ainoastaan siihen, kuinka ison määrän pikseleitä käyttäjä kerralla kopioi. (9)

Korujen pienen koon takia kloonattu osa ei juuri erotu valmiissa tuotteessa, vaikka manipulointivaiheessa näytöllä kloonatun alueen havaitseekin helposti. Tämä metodi ei toimi yleensä, jos kuvattavia on enemmän kuin kaksi. Kuvan kelpoisuus korutuotteeseen riippuu paljolti kuvattavien keskinäisestä sijoittumisesta kuvaustilanteessa. Jos kuvattavien kasvot ovat hyvin lähekkäin keskellä kuvaa, on kuvan käytettävyys korutuotteeseen todennäköisempää.

Jossain tapauksissa asiakkaan tilaama sydänkoru ei onnistu kuvan edellä mainittujen ongelmien takia, mutta koru voitaisiin toteuttaa avaimenperänä. Suorakaiteen muotoiseen avaimenperään kaiverrettavan kuvan ei tarvitse olla pystyasennossa eli potrettiina. Siihen voidaan kaivertaa kuva myös vaakakuvana. Tässä tapauksessa ryhmäkuvan kaivertaminenkin onnistuu todennäköisesti kuvattavien lukumäärästä riippumatta.



Asiakkaaseen otetaan yhteyttä ja kysytään, onko hän halukas vaihtamaan tilauksensa tuotteeseen, jonka valmistus onnistuu hänen haluamallaan otoksella.

Ryhmäkuvaongelman ratkaisu voisi olla, että kuvattavien kasvot irrotettaisiin vartaloista ja kaivertaja voisi sijoittaa kasvot pohjaan parhaaksi katsomallaan tavalla. Ongelmana tässä toimintatavassa on, miten toimitaan, jos kuvattavien kasvot tai hiukset peittävät osan toisen kuvattavan kasvoista. Kasvojen syväys ei onnistuisi tässä tapauksessa. Ongelmaksi muodostuisi myös se, että kaivertaja saisi täydet vapaudet kasvojen sijoitteluun ja lopputulos ei välttämättä miellyttäisi asiakasta.

Yhtä kaikki, ryhmäkuville tehtävät toimenpiteet hidastavat tuotantoa merkittävästi. Tuotannon tehostamista silmälläpitäen asiakkaalle tulisi tiedottaa, millainen kuva soveltuu mihinkin tuotteeseen. Tämä vähentäisi niin kaivertajan kuin asiakkaaseen yhteyttä pitävän henkilön työmäärää ja sitä kautta tehostaisi korutuotantoprosessia.

## 2.7 Rasterointi

Painoteollisuudessa rasterointi tarkoittaa kuvan muodostamista rasteripisteiden avulla. Värillisiä kuvia painettaessa kuva rasteroidaan jokaiselle osavärille erikseen. Perinteinen neliväripainaminen, jossa käytetyt osavärit ovat syaani, magenta, keltainen ja musta, toteutetaan niin, että jokainen erikseen rasteroitu bittikarttakuva painetaan päällekkäin muodostaen ihmissilmän tunnistamat värisävyt. Rasterointi tehdään RIP:ssä, joka jakaa kuva-aiheen osaväreihin ja suorittaa rasteroinnin jokaiselle CMYK-osavärille erikseen. (10, s. 20.)

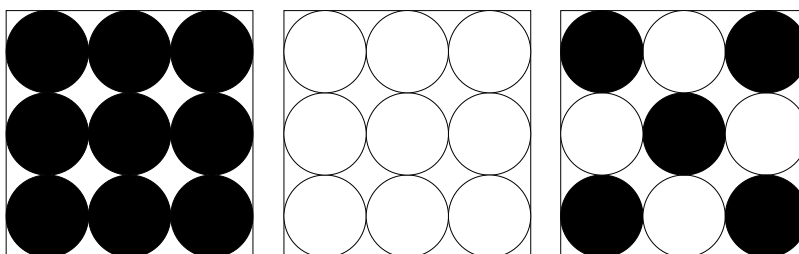
Rasterointitapoja on yleisesti käytössä painoteollisuudessa muutamia, ja niistä yleisimmät ovat perinteinen eli amplitudimoduloitu rasterointi ja stokastinen eli taajuusmoduloitu rasterointi. Näiden lisäksi ovat jonkin verran käytössä myös jyvä- ja viivarasterointitavat. Perinteisessä rasteroinnissa rasteripisteen koko vaihtelee ja pisteiden etäisyys pysyy vakiona. Perinteisessä menetelmässä rasteripisteistä muodostuvat rasterilinjat asetetaan eri osaväreille eri kulmiin, jotta vältetään moiré-ilmion syntyä. Moiré-kuvio tarkoittaa aaltomaista läikekuviota, joka muodostuu kuvaan painettaessa jokaisella osavärillä samoin rasterikulmin. Stokastisessa rasteroinnissa puolestaan pistekoko pysyy vakiona ja rasteripisteiden välinen etäisyys vaihtelee ja näin muodostaa vä-

risävyt. Stokastisen rasteroinnin ongelmana pidetään yleisesti pisteenkasvua, jonka hallitseminen vaatii painajalta ammattitaitoa ja ymmärrystä painoväriin käyttäytymisestä painoprosessin eri vaiheissa. (10, s. 22–23.)

Laserkaivertamisessa värierottelua ei tarvitse tehdä, sillä kaiverrettava kuva koostuu kahdesta väristä, mustasta ja valkoisesta. Vaikka kuvaa käsitellään värikuvana, se muutetaan mustavalkokuvaksi ennen varsinaista rasterointia, joka tehdään Photo Grav -ohjelman avulla. Epilog Fibermark -kaivertimen tapauksessa käytetään stokastista rasterointia, sillä pisteenkasvua ei tarvitse huomioida. Harmaan sävyt toistuvat hyvin, sillä kuvat ovat resoluutioltaan 300 dpi, eli 300 pistettä tuumalla. Korutuotteet ovat fyysisesti hyvin pieniä, joten käytetty resoluutio on enemmän kuin riittävä.

Color Mapping -menetelmä kuitenkin mahdollistaisi erikokoisten pisteiden kaivertamisen samalla kertaa Fibermarkilla. Kaivertimen asetuksista voidaan asettaa päälle Color Mapping -tila, jossa kuvan eri väreille asetetaan omat arvonsa nopeuden, voiman ja taajuuden suhteen. Tämä toimii paremmin yksinkertaisissa graafisissa elementeissä, kuten logoissa, joissa hyödynnetään vektorigrafiikkaa ja joissa ei käytetä liukuvärejä. Kasvojen kaivertamisessa Color Mapping ei tuo lisäarvoa, sillä oleellista on saada harmaan eri sävyt toistumaan hyvin. (2, s. 98.)

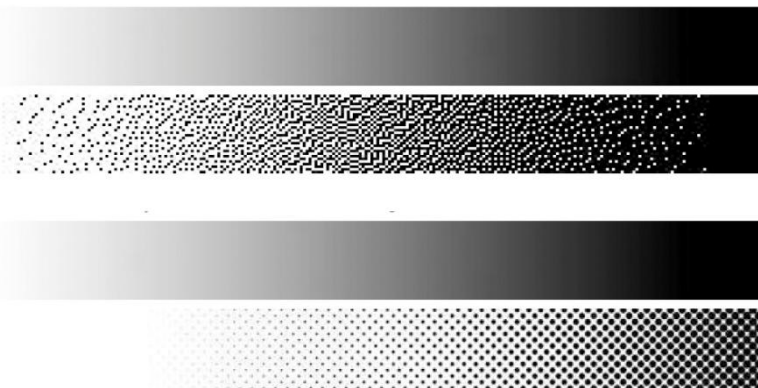
Stokastinen rasterointi voidaan selittää yksinkertaisesti kuvaamalla 3 x 3:n rasteripisteen muodostamaa aluetta (kuva 6). Jos kaikki yhdeksän pistettä painetaan, alue näkyy mustana. Jos jokainen yhdeksästä pisteestä jätetään painamatta, tuloksena on valkoinen alue. Jos taas viisi pistettä yhdeksästä kaiverretaan, muodostuu harmaan keskisävy. Tällä tavoin harmaan eri sävyt muodostuvat painettaessa yhdellä värillä.



Kuva 6. Stokastisen rasteroinnin periaate 9 rasteripisteen kokoisella alueella. Musta, valkoinen ja keskiharmaa alue.

Laserkaivertamisessa rasterointi tapahtuu kiiltäville materiaaleille todellisuudessa päinvastaisesti, eli kaiverrettu piste vaalentaa aluetta, ei tummenna sitä. Siksi myös Corel Draw'hon tuotu kuva on negatiivi alkuperäiseen nähden. Asia voidaan mieltää niin, että painetaan valkoista väriä mustalle pinnalle. Mitä enemmän tietylle alueelle on painettu valkoisia pisteitä, sitä vaaleammalta alue ihmissilmään näyttää.

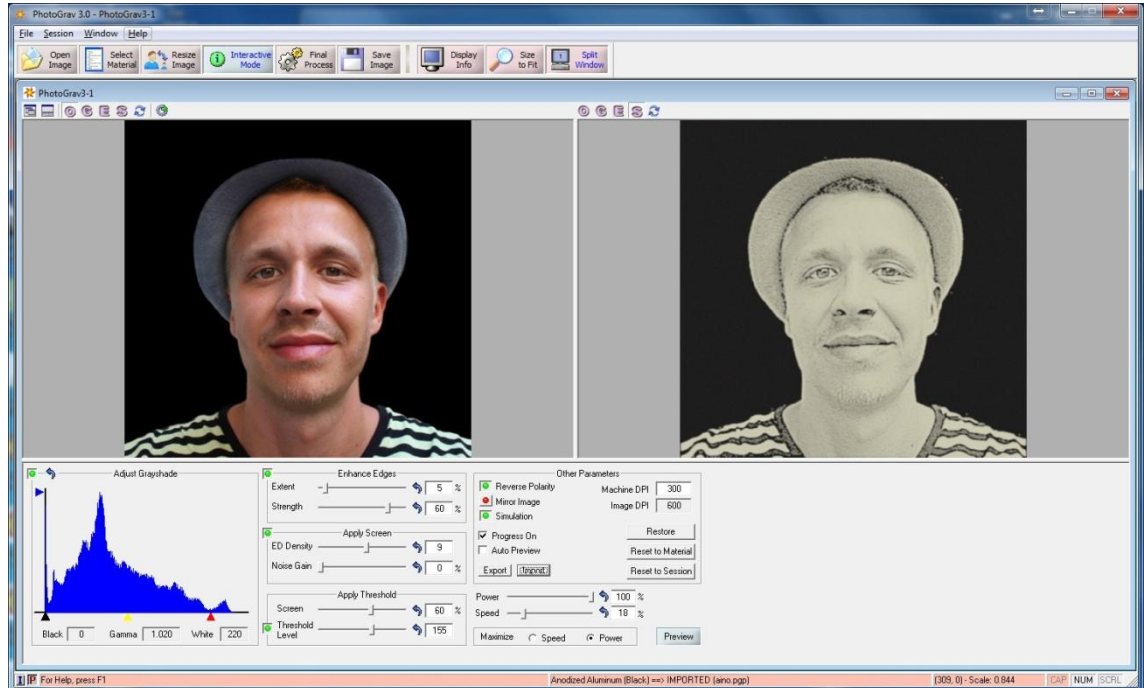
Laserkaivertamisessa voitaisiin käyttää perinteistä rasterointia, mutta silloin jäljestä tulee kulmikkaampaa (2, s. 92). Kuvassa 7 vertaillaan liukuväriin muodostumista rasteripistein stokastisen ja perinteisen rasteroinnin välillä.



Kuva 7. Rasteroinnista muodostunut kuvio. Ylempänä stokastinen rasterointi ja alempana perinteinen rasterointi.

## 2.8 Photo Grav -asetukset

Kun kuvalle on PhotoShopissa tehty tarvittavat toimenpiteet, se avataan Photo Grav -ohjelmaan. Binäärikuvan muodostus tapahtuu tehtyjen asetusten mukaan. Tuotannon tehokkuuden vuoksi jokaiseen kuvaan ei ole aikaa paneutua ja tehdä optimaalisia säädöksiä. Tämän vuoksi prosessiin on tehty yleispätevät asetukset, riippumatta kuvasta. Laatu on sen vuoksi vaihtelevaa. Kuvat, joissa kontrasti on pieni, eivät näillä asetuksilla saa tarvittavaa syvyyttä. Kuva 8 näyttää Photo Gravin asetuskunan, jonka oikealla puoliskolla on simuloitu kuva valmiista kaiverruksesta. Vaaleat alueet sulautuvat liiksi yhteen, eikä lopputulos liiemmin hivele silmää. Kuvassa arvot on määritetty syksyllä 2014 käytössä olleiden asetusten mukaan. Asetukset valitaan tuomalla esimääritetty aino.pgb-tiedosto ohjelmaan. Pgb-formaatti on Photo Grav -asetusten tallennusmuoto.



Kuva 8. Photo Grav -ohjelman asetusikkuna; vasemmalla originaalikuva, oikealla simuloitu kaiverrettu kuva.

Kun binääribittikarttakuvat ovat vain mustaa ja valkoista, käsittelee ohjelma originaalia mustavalkoisena. Originaalin sijaan vasemmalla näkyvä kuva voidaan vaihtaa mustavalkoiseksi yläpuolella sijaitsevistä painikkeista, jos sen näkee tarpeelliseksi. Oikealla näkyvä simuloitu kuva auttaa kaivertajaa hahmottamaan, miltä lopullinen kaiverrettu kuva näyttää. Kuva on polariteetiltään negatiivinen, sillä todellisuudessa tausta on valkoinen ja kuvassa näkyvät vaaleimmat alueet ovat todellisuudessa tummimmat eli sisältävät isoimman määrän rasteripisteitä tietyllä alueella. Koska kaivertamisessa ei käytetä painovärejä, tummat kohdat bittikarttakuvassa tulevat olemaan vaaleimmat lopullisessa tuotteessa. Käytännössä käytössä olevilla materiaaleilla kaiverrettaessa käytetään negatiivisia binääribittikarttakuvia, joissa musta piste saa arvon 1 ja valkoinen arvon 0.(6.) Kuvassa 9 verrataan Photo Gravin luomaa simuloitua kuvaa varsinaiseen Windows Bitmap -muotoiseen binäärikuvaan.



Kuva 9. Kaiverrukseen käytettävä negatiivinen binäärikuva ja Photo Gravin simuloima lopputulos.

Photo Grav tarjoaa mahdollisuuden valita asetukset käytetyn materiaalin ja sen värin mukaan. Kaikissa korusissa käytetään materiaalivalintana mustaa anodisoitua alumiinia, sillä materiaalina se käyttäytyy kuvan polariteetin suhteen samalla lailla kuin tilaajayrityksen korut. Pinnoitteen vaikutus huomioidaan myöhemmässä vaiheessa prosessia, tulostusohjelmassa ennen kaivertamisen aloittamista. Ainoa selkeästi eroava muuttuja on laserin tuottama voima. Kaikissa korusissa käytetään samoja asetuksia binääribittikarttakuvan suhteen. (6.)

Binäärikuvan tärkeä asetus on harmaasävyjen säätö. Se tehdään kuvassa näkyvän histogrammin avulla. Histogrammi esittää harmaasävyjen jakauman originaalissa kuvassa. X-akselilla on arvot 0–255, jossa musta on arvoltaan 0 ja valkoinen 255. Histogrammin sininen alue kertoo, kuinka paljon kussakin sävyssä on pikseleitä. Esimerkiksi jos x-akselilla pisteessä 1 on korkea piikki, se kertoo, että kuvassa on paljon lähes mustaa. Kuten kuvassa 8 nähdään, vaaleampien sävyjen alueella on enemmän pikseleitä, sillä isoin alue ja korkein piikki sijaitsee kuvaajan oikealla puoliskolla, lähempänä valkoista maksimia. Kuitenkin itse valkoista, arvoltaan 255, on vähemmän kuin mustaa, sillä sininen alue on korkeampi x-akselin nollakohdassa kuin kohdassa, joka kuvaa täysin valkoisia pikseleitä. (6.)

Kuvan harmaasävyjä säädetään histogrammilla sen alla näkyvien kolmioiden avulla. Musta kolmio, joka sijaitsee arvossa 0, määrittää tummimmissa sävyissä näkyvät erot ja niiden toistumisen binäärikuvassa. Käytännössä siirtämällä mustaa kolmiota esimerkiksi arvoon 5, määritetään kaikki pikselit, jotka ovat arvoltaan 0–5, täysin mustiksi. Melkein mustat pikselit siis määritetään täysin mustiksi originaalissa kuvassa. Sama

pätee punaiseen kolmioon, jolla määritetään valkoisen ääripään sävyjen toisto. Siirtämällä kolmio 255:stä arvoon 250 kaikki viisi vaaleinta sävyä muutetaan täysin valkoiseksi. Käytännössä kuitenkin arvoltaan 255 olevaa täysin valkoista sävyä ei kuvissa esiinny, joten valkoisimmat pikselit ovat muotokuvien kohdalla usein arvoltaan 220–240. Mustan ja valkoisen ääripäiden välissä olevat sävyt skaalautuvat lineaarisesti arvoja muutettaessa. (5.)

Histogrammin alla oleva keltainen kolmio määrittää kuvan gamma-arvon harmaasävyjen säädössä. Käytännössä sen arvon muuttaminen muuttaa kuvan kontrastia ja valoisuutta samanaikaisesti. Muuttamalla arvoa suuremmaksi kuvasta tulee kirkkaampi ja päinvastoin. Tuomalla esimääritetyt asetukset ohjelmaan gamma-arvo määrittyy asetusten mukaan, kun taas musta ja valkoinen ääripää määrittyvät kuvan pikseleiden sisältämien sävyjen mukaan. Jos kuvassa ei ole kaikista vaaleimpia sävyjä lainkaan, valkoinen ääripää määrittyy vaaleimman pikselin arvoon välillä 0–255. (6.)

Pystyakselilla sijaitsevan sinisen kolmion tarkoituksena on skaalata histogrammin kuvaaja helposti luettavaksi. Jos kuvaajassa on tietyn sävyn kohdalla jyrkkä piikki, voidaan kuvaajaa tasoittaa niin, että määritetään korkein mahdollinen huippukohta liikuttamalla sinistä kolmiota haluttuun kohtaan alemmas, jotta suhteellisen sävyeron näkee selkeämmin. Tämä asetusta ei muuta mitään varsinaisessa lopullisessa kuvassa. (6.)

Toinen kuvaan vaikuttava tekijä on Enhance Edges -funktio, jonka valinnoilla pyritään pehmentämään kuvaa ja parantamaan kuvan reunoja. Extent-arvo määrittää jokaisen pikselin ympärillä olevan pehennettävän alueen suhteellisen koon. Arvot liikkuvat välillä 0–100 %, jossa pieni prosenttiluku pehmentää suhteellisen pienen alueen verrattuna isoon lukuarvoon, jossa pehmentämistä tapahtuu isommille alueille. Strength eli vahvuus määrittää asteen, jolla kuvan reunoja parannetaan. Tässä arvot liikkuvat välillä -100 % – 100 %. Negatiiviset arvot eivät juurikaan ole käyttökelpoisia, kun pyritään realistiseen lopputulokseen. Taiteellisia erikoisefektejä pystytään kuitenkin saamaan aikaan asettamalla vahvuus negatiiviselle puolelle valintapalkkia. (6.)

Apply Screen -funktiossa määritetään esiasetuksia rasterointiin ennen binäärikuvan muodostamista. ED-density-parametrin arvoa muuttamalla kuvan tummia alueita voidaan vaalentaa vaikuttamatta jo valmiiksi vaaleisiin alueisiin ja päinvastoin vaaleiden alueiden kohdalla. Nämä arvot liikkuvat -100 %:n ja 100 %:n välillä, jossa negatiiviset

arvot tummentavat vaaleita alueita ja positiiviset vaalentavat tummia alueita. Noise Gain -arvolla määritetään kohinan määrä kuvassa. 0 % tarkoittaa, ettei kohinaa ole lainkaan, ja 100 % kuvaa maksimaalista määrää kohinaa kuvassa. (6.)

Apply Threshold -kohdassa määritetään, missä suhteessa edelliset funktiot, reunan parannus ja rasterointiasetukset vaikuttavat lopulliseen binääribittikarttakuvaan. Screen-parametri määrittää sen painoarvon, kummilla parametreilla on suurempi vaikutus lopulliseen bittikarttakuvaan. 50 % tarkoittaa, että funktiot vaikuttavat kuvaan yhtä paljon, kun taas esimerkiksi arvo 0 % tarkoittaa, että arvot tulevat suoraan Enhance Edges -funktion parametrien arvoista. (6.)

Screen-parametrin määrittämisen jälkeen määritetään kynnyсарvo eli threshold, jota bittikarttakuva muodostuksessa käytetään. Tämän parametrin arvot ovat nollan ja 255:n välillä. Jos arvo on esimerkiksi 155, pikselit, joiden kahden edellisen funktion yhdistelmäarvo on alle 155, ovat mustia, ja pikselit, joiden arvot ylittävät tuon raja-arvon, määritetään valkoisiksi. Raja-arvon määrittäminen on pakollista bittikarttakuva muodostamisessa, toisin kuin muut tässä luvussa esitellyt funktiot. Muut funktiot voidaan poistaa käytöstä painamalla funktion vieressä oleva vihreää pallukkaa ja asettaa kyseinen funktio pois päältä. Pallukan väri muuttuu punaiseksi funktion ollessa pois käytöstä. (6.)

Photo Grav -ohjelmassa voidaan määrittää käytetty konetyyppi Select Machine -valikosta. Jos käytössä olevaa mallia ei löydy valmiina luettelosta, voidaan myös luoda räätälöidyt ominaisuudet, jotka vastaavat käytettyä kaiverrinmallia. Edellä esitellyssä asetusikkunan oikealla puoliskolla sijaitsevien Speed- ja Power-vetopalkkien avulla voidaan määrittää, kuinka iso prosenttiosuus Select Machine -valikossa määritellyistä maksiminopeudesta ja -voimasta tullaan käyttämään varsinaisessa kaivertamisessa, jotta simuloitu kuva vastaa mahdollisimman hyvin lopullista tuotosta. Jompikumpi attribuutti pitää olla maksimoitu, ja se valitaan laittamalla rasti ruutuun Maximize-kohtaan, jotta jos määritetyt maksimiарvot eivät aivan täsmää, tiedetään, kumpi on kaivertajalle ensisijainen attribuutti, kun nopeutta ja voimaa säädetään kaivertimen ohjauspaneelin kautta. Speed- ja Power-valinnat eivät muuta muodostettavaa binääribittikarttakuva, vaan ainoastaan simuloitua kuvaa. (6.)

## 2.9 Kaiverrusasetukset

Kun prosessissa on tultu siihen vaiheeseen, että bittikarttakuva on muodostettu Photo Grav -ohjelmalla, sijoitettu Corel Draw'hon tehtyyn pohjaan ja etäisyys on asetettu korun ja tulostuspään välillä, ollaan lähes valmiita aloittamaan kaivertaminen. Kun tulostustoiminto on Corelissa suoritettu, aukeaa kaivertimen oma asetusikkuna. Tässä vaiheessa tehdään tärkeät säädöt kaivertimen voiman, nopeuden ja taajuuden suhteen. Tässä samassa Ominaisuudet-ikkunassa valitaan myös, käytetäänkö rasteroitua kuvaa, vektorigrafiikkaa hyödyntävää vai näiden yhdistelmätilaa. Lisäksi määritetään käytettävä kaiverrusresoluutio ja -suunta sekä kaiverrettavan kappaleen koko. Koko määritetään silloin, jos kaiverrus tehdään ainoastaan valitulle kuvalle, ei koko tiedostolle. Tilaajayrityksen tuotannossa kaiverretaan koko tiedoston eli Corel Draw'hon tehdyn pohjan päälle sijoitetut binääribittikarttakuvat sisältävän dokumentin sisältö. Kyseisessä korutuotannossa muutetaan siis ainoastaan rasterointitilan asetuksia, eli voimaa, nopeutta ja taajuutta. Näiden yhdistelmällä materiaalista riippuen saadaan aikaan hyvännäköisiä korutuotteita. (2, s. 66.)

Nopeusasetus määrittää tulostuspään suhteellisen nopeuden, joka valitaan yhden ja 100 prosentin väliltä. Hitaammilla nopeuksilla kaiverrusjälki on tyypillisesti vahvempaa kuin nopeammilla. Voima-asetus määrittää, kuinka suuren määrän energiaa laser tuottaa kaiverrettavaan kappaleeseen. Suhteellinen voima valitaan myös väliltä 1–100 %. Tyypillisesti voiman lisääminen tekee vahvemman kaiverrusjäljen. Taajuus-asetus määrittää laserpulssien tiheyden ja myös voiman. Mitä korkeampi arvo taajuudelle asetetaan, sitä heikompia pulssit ovat, mutta niiden tiheys kasvaa. Päinvastoin alhaiset taajuudet tuottavat suuremman voiman joka värähdyksellä. Käytetty taajuus valitaan myös yhden ja sadan prosentin välillä. 20 watin teholla toimiva kaiverrin toimii 20–80 kHz:n taajuuksilla. Jokainen edellä mainituista asetuksista säädetään yhden prosenttiyksikön pykälän. (2, s. 88–89.)

Useilla materiaaleilla laserin reagointi-aika materiaalin kanssa on tärkein huomioitava asia asetuksia säädettäessä. Toisin sanoen voiman ja nopeuden lisääminen samassa suhteessa ei pidä kaiverruksen laatua samana, koska reaktioaika lyhenee liiaksi. Jokaiselle tuotteelle on määritettävä optimaaliset asetukset. Kaivertamiseen käytettyä aikaa ei voi juurikaan lyhentää huonontamatta laatua, mutta pyrkimys on saada kaiverrusajasta mahdollisimman lyhyt. (2, s. 88.)



Voiman, nopeuden ja taajuuden määrittämiseen on myös tehty suuntaa-antavat arvot eri korutuotteille. Kaikilla tuotteilla nopeusparametrin arvo on 22–23 ja taajuusparametrin arvo 96–97. Eniten tuotteiden välillä muuttuva parametri on siis laserin tuottama voima. Nikkelipäälysteisissä avaimenperissä käytetty voima on välillä 35–37. Myös ruostumattomalla teräksellä päälystetyillä tuotteilla voimaparametrin esiasetettu arvo on lähes sama, 36–38, mutta todellisuudessa sitä on pienennettävä 30:een tai sen alle hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kultapäälystetty sydän kaiverretaan 50–53:n voimalla.

Tässä valikossa voidaan myös valita rasterointitapa. Valittavia tapoja ovat joko Standard, eli perinteinen, tai stokastinen, josta on olemassa muutama eri variaatio. Yksi niistä on nimeltään Stucki, joka on koettu parhaaksi stokastisen rasteroinnin tavaksi, joten sitä käytetään kaiverruskuvien rasterointiin. Photo Grav -ohjelmassa määritettyjen asetusten vaikutus, joka näkyy simuloidussa kuvassa, ei ole todenmukainen, jos tässä vaiheessa valitaankin perinteinen rasterointitapa. (2, s. 91–93.)

### **3 Paranneltu korukaiverruksen tuotantoprosessi**

Tässä luvussa käsitellään tämän opinnäytetyön puitteissa tehtyjä muutoksia insinööri-työn tilanneen yrityksen korutuotantoon. Korujen laatua pystyttiin parantamaan luomalla uudet binäärin kuvan muodostukseen vaikuttavat asetukset sekä hieman säätämällä kaiverrusasetuksia. Prosessia pystyttiin hieman nopeuttamaan apuviivojen päivityksellä ja Corel Draw'hon tehdyllä helpottavalla asemointivirityksellä. Lisäksi uusittavien korujen todennäköisyyttä on pienennetty useilla tehdyillä tehostustoimenpiteillä.

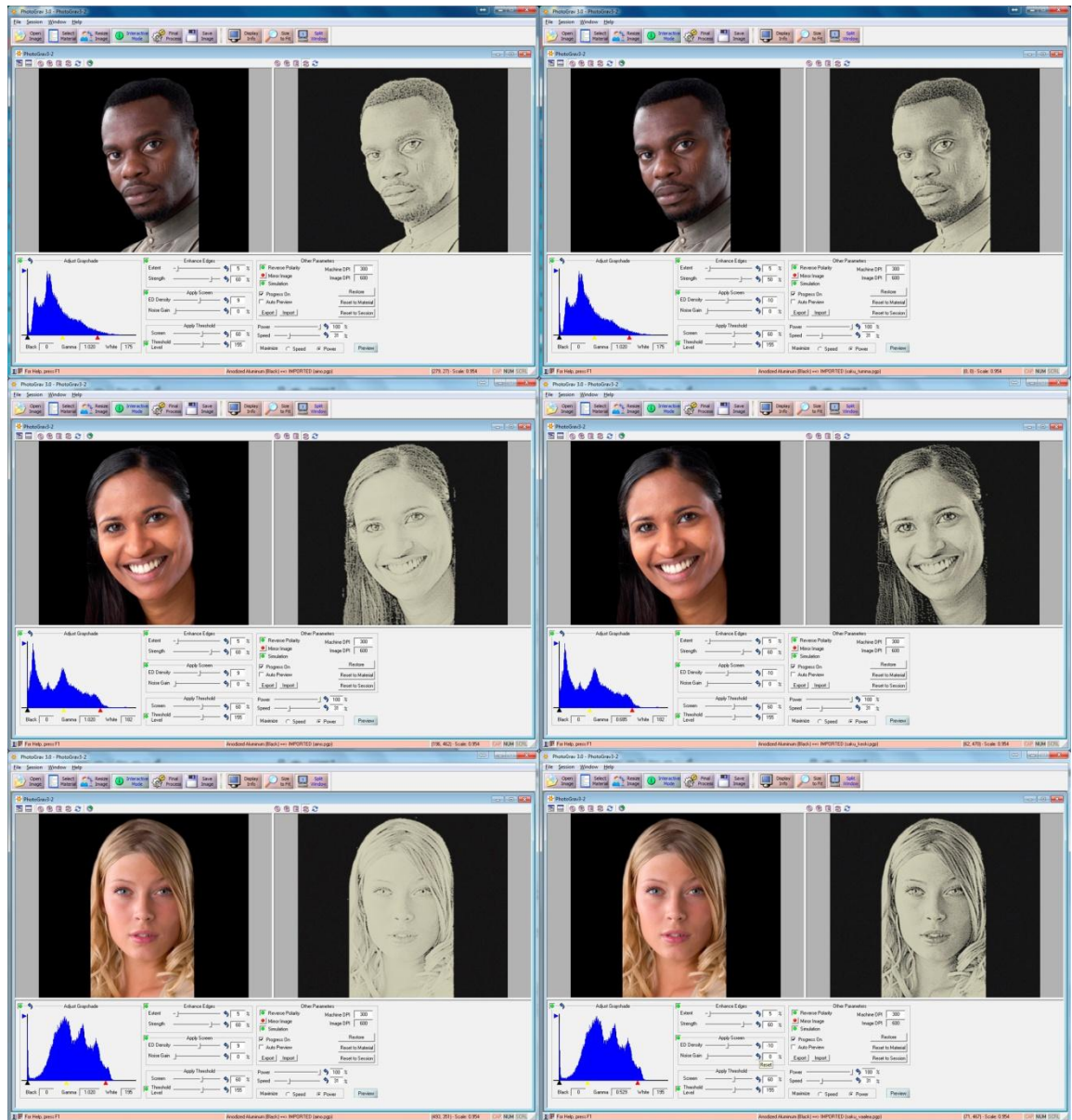
Tilajayritys päätyi luopumaan pelaajalaattatuotteestaan, sillä sen kysyntä on laskenut huomattavasti. Pelinumero ja nimi voidaan kuitenkin yhä kaivertaa avaimenperään, jos asiakas sellaisen haluaa.

#### **3.1 Asetukset ihonvärin ja kontrastin mukaan**

Kuten aiemmin mainittiin, tilajayrityksen tuotannossa ei ole käytetty kuin yhtä asetusta kaikille kuville. Etenkin hyvin vaalea iho vaaleita hiuksia vasten toistuu näillä asetuksilla huonosti. Tästä syystä laadittiin Photo Graviin kolmet erilaiset asetukset, jotka kaiverta-

ja ottaa käyttöön kuvan kohteen ihonvärin ja kontrastin mukaan. Kohteen analysointi on tietenkin subjektiivista, mutta simuloitun kuvan avulla lopputuloksesta saa melko hyvän kuvan siitä, oliko valinta oikea.

Kaikkiin asetuksiin tehtiin muutos ED-density-parametriin, jossa pyrkimyksenä oli hie-  
man tummentaa tummia alueita tummentamatta vaaleita alueita. Parametrin arvo muu-  
tettiin käytössä olleesta 9:stä -10:een. Tämä tehtiin jokaiseen uuteen asetukseen riip-  
pumatta ihonväristä ja kontrastista. Ihonvärin mukaan muutettiin ainoastaan kuvasta  
riippumatta vakiona pysyvää gamma-arvoa. Gamma-arvoa muuttamalla kuvan kontras-  
ti saadaan näyttämään hyvältä. Vanhoissa asetuksissa gamma-parametrin arvo on  
1,020, eli lähes neutraali, jonka arvo on 1. Tummimmille ihonväreille gamma-arvoon ei  
tehty muutoksia, sillä käytössä oleva arvo soveltui mainiosti juuri kuviin, joissa iho on  
tumma, sillä niissä on jo lähtökohtaisesti enemmän kontrastia. Keskitummille kuvattavil-  
le eli keskikontrastisille kuville tehtyihin asetuksiin gamma-arvo muutettiin arvoon 0,685  
ja kaikista vaaleimmille eli matalakontrastisimmille kuville arvoon 0,529. Kuvassa 10  
vertaillaan jokaisen eri ihonvärin asetusten mukaan tehtyjä simuloituja kuvia verrattuna  
vanhojen yhteisten asetusten mukaan tehtyihin simuloituihin kuviin. Kuvat ovat kuva-  
kaappauksia Photo Grav -ohjelmasta. Kuvissa käytetyt kasvit eivät ole kokonaan ku-  
vassa, sillä kyseessä ovat värinhallinta-arkista poimitut mallikasvit, joita käytetään ti-  
laajayrityksen tulostuksen värinhallinnassa, eivät oikeat asiakaskuvat. Näiden kuvien  
käyttöön on oikeudet, ja ihonvärit ovat sopivan erilaisia demonstroimaan uusien ase-  
tusten vaikutusta lopputulokseen.



Kuva 10. Simuloitujen kuvien vertailu: Ylimpänä tumma suurikontrastinen kuva, keskellä keskikonttrastinen kuva ja alimpana vaalea matalakontrastinen kuva. Vasemmanpuoleiset kuvat ovat vanhoilla asetuksilla, oikeanpuoleiset uusilla.

Simuloitu kuva vastaa melko hyvin lopputulosta, vaikka nopeus- ja voimaparametrien arvot eivät vastaa todellisuudessa käytettyjä arvoja. Myös syötetty arvo 300 pistettä tuumalla koneen käyttämän resoluution arvoksi on väärä. Kuvan 10 mukaiset arvot nopeudelle, voimalle ja resoluutiolle luovat lähes vastaavan simuloitun lopputuloksen, kuin jos käytettäisiin koneen resoluutiona 600:aa pistettä tuumalla ja nopeus olisi käytössä ollut 22 % ja voima tuotteesta riippuen 30–50 %. Simuloitu kuva kuitenkin muodostuu sen perusteella, että kaiverrettava materiaali olisi anodisoitua alumiinia, kuten

oletusmateriaalivalinnaksi on määritetty. Siksi onkin turha yrittää pyrkiä täydelliseen simuloituun kuvaan. Kontrastierot näkyvät kuitenkin näillä arvoilla tehdyissä simuloituissa kuvissa, mikä on simuloitun kuvan tärkein tehtävä, kun valitaan sopivaa asetusta käytettäväksi.

Muiden formaattien kuin Windows Bitmapin käyttöä kaivertamisessa yritettiin toteuttaa, mutta Corel Draw'hon tuotaessa kuvat olivat korruptoituneet, eivätkä toistuneet kuten pitäisi. Tästä syystä pidättäydytään vanhassa toimivaksi havaitussa tiedostomuodossa. Myöskään monen kuvan samanaikaiseen käsittelyyn Photo Grav -ohjelmassa ei löydetty minkäänlaista tapaa. Siksi kuvakohtaisten asetusten määrittäminen onkin järkevää, koska jokaiseen kuvaan on joka tapauksessa tuotava esimääritellyt asetukset yksi kerrallaan.

### 3.2 Apuviivatiedostojen päivitys

Vuosien varrella insinööriyön tilanneella yrityksellä on ollut tuotevalikoimissaan erilaisia korutuotteita. Nykyisen teräspäälysteisen laatan sijasta aikaisemmin käytössä oli erikokoinen laattakaulakoru. Tämän vanhan laatan mukaan tehty apuviivatiedosto on syystä tai toisesta jäänyt käyttöön korun fyysisen koon muututtua. Apuviivatiedostoa muutettiin niin, että kaivertajan ei tarvitse muuttaa sitä käsin. Laattakoru on kooltaan kutakuinkin 20 x 30 mm. Vanha apuviivatiedosto oli kooltaan paljon pienempi. Tiedostoon tehtiin muutoksia vaihtamalla kanvas, eli piirtoalue, edellä mainitun kokoiseksi. Kun kaivertaja suorittaa makron PhotoShopissa, ohjelma hakee päivitetyt tiedoston, jossa piirtoalue on määritetty oikeankokoiseksi.

Kun kuva skaalataan ja sijoitetaan pohjaan, niin että se näyttää PhotoShopissa asialliselta, se tulee olemaan sijoittamisvaiheessa Corel Draw'hon tehtyyn pohjaan myös asiallisen kokoinen. Binäärikuvien kokoa pystyy kyllä muuttamaan Corel Draw -ohjelmassa, mutta kuvatiedoston resoluutio muuttuu, jos tämän tekee. Koruun ilmestyy silminnähtäviä pystyviivoja, jos kokoa muuttaa tässä vaiheessa prosessia, sillä kuvan resoluution on oltava sama kuin kaivertimen käyttämä, tai ainakin jaollinen kahden potenssilla. Toisin sanoen kun kaiverrin käyttää resoluutiota 600 dpi, on kuvan resoluution oltava 600 dpi, 300 dpi tai 150 dpi.

Toinen muutosta kaivannut korutuotteen apuviivatiedosto on hopeanvärisen sydämen kohdalla. JavaScriptiin on määritetty, että hopeasydämen tapauksessa käytetään samaa pohjaa kuin kultaisen sydämen kanssa käytetään. Ongelmana on se, että sydäntuotteet eivät ole kooltaan identtisiä, vaikka ne molemmat mahtuvatkin sabluunan samoihin koloihin. Ainoa ero on, että hopeasydämen yläreunan aukko, jonka läpi ketju pujotetaan, ulottuu alemmas kuin kultaisessa sydämessä. Kultainen sydän on muutenkin hieman pidempi pystysuunnassa. Tästä syystä kaivertajan on ollut pakko huomioida tämä binäärikuvien sijoittamisvaiheessa mallipohjaan Corelissa. Kuvat on pitänyt siirtää hieman alemmaksi kuin kultasydämen tapauksessa, jotta kuvattavan pää mahtuu kokonaan koruun, ilman että terävä kulma hipoo pään yläreunaa. Kun näin on tehty, osa kaiverruksesta on tehty muoviseen sabluunaan, sydämenmuotoisen kolon alle jäävään tilaan, johon on jäänyt tietenkin selvä jälki ja pidemmän ajan kuluttua sabluuna kuluu puhki. Näin ollen myös kaivertajan on ollut vaikea hahmottaa, mistä kohdasta kuva "katkeaa", ja useita koruja on jouduttu uusimaan, koska rajaus on tapahtunut ruumasti leuan alta.

Ratkaisuna edellä mainittuun ongelmaan tehtiin muutos apuviivatiedostoon. Tiedostossa olleen sydämen korkeutta muutettiin pienemmäksi, koska kun kaivertaja sijoittaa kasvot keskelle pohjaa, ne sopivat paremmin hopeiseen sydämeen. Nyt apuviivan ollessa pienempi tulee kasvot skaalata pienemmäksi, joten edellä mainittu kaulan leikkautuminen vältetään. Kun uutta pohjaa käytettäessä sijoitetaan tehdyn binäärikuvan alareuna Corelissa mallipohjan sydämenmuotoisen kolon alareunaan, yläpuolelle jäävä tila on riittävä hopeasydämeen. Molemmissa sydäntuotteissa käytetään siis samaa pohjaa Corelissa, mutta eri pohjaa PhotoShopissa. Kuva 11 on kuvakaappaus mallipohjasta, rajattuna näkymään, jossa kahden sydänkorun paikat ovat näkyvissä. Toki kaiverrus tehdään edelleen tuote kerrallaan, eli kuvan tapaus ei ole todellinen kaiverustilanne, vaan se ainoastaan havainnollistaa, miten sydänkoruihin tehtävät binäärikuvat eroavat toisistaan.



Kuva 11. Lähikuva Corel-pohjasta: kaksi vierekkäistä paikkaa, ensimmäiseen liitetty hopeiseen ja toiseen kultaiseen sydämeen soveltuva binäärikuva.

Hopeisiin sydämiin kaiverrettava kuva on hieman pienempi kuin syksyllä 2014. Kuvassa 12 on kaiverrettu edellä esitellyillä binäärikuvilla ja asemoinnilla molemmat erilaiset sydämenmuotoiset korutuotteet. Koruja ei voida vieläkaan kaivertaa yhdellä kertaa, sillä kiillotettu ruostumaton teräs ja kultapinnoite vaativat eri voimakkuusasetuksen.



Kuva 12. Kuvan 11 mukaisen asemoinnin avulla kaiverretut korut

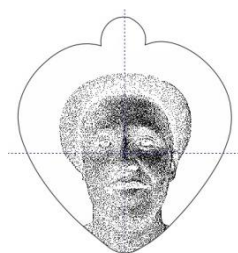
Myös kultaisen sydänkorun tapauksessa apuviivatiedostoa pienennettiin 13 pikselin verran, jotta vältetään mahdollisilta uusinoilta, jotka johtuvat pääläen ja korun yläosan väliin jäävän alueen pienyydestä. Suorakaiteen muotoisen avaimenperän apuviivatie-

dostoa muutettiin myös millimetrin kymmenyksen verran, jotta korun ja apuviivan koko täsmäisi täydellisesti.

### 3.3 Corel -mallipohjien päivitys

Corel Draw'hon mallinnetut sabluunoita vastaavat mallipohjat vaativat pientä säätöä. Mallipohjissa käytössä ollut rautalankamallinäkyvä vaihdettiin normaalinäkymään, jossa objektien täyttöominaisuus on käytössä. Rautalankamallissa ainoastaan ääriviivat objekteista ovat näkyvissä. Normaalinäkymässä kerrosrakennetta voidaan hyödyntää siihen, että kolojen ulkopuolelle jäävä osa kuvasta jää kaivertamatta, koska sen peittää ylemmällä kerroksella olevan mallipohjan peitteinen alue. Näin pidennetään muovisten sabluunojen käyttöikä, kun kaiverrusta ei tehdä yli kohdealueen.

Mallipohjat täytettiin valkoisella, jotta alla oleva kuvakerros jää muilta osin piiloon, ja ainoastaan kolojen alla olevat objektit kaiverretaan (kuva 13). Oleellista tämän toimenpiteen jälkeen on mallipohjan täysin oikea sijainti. Mallipohjia jouduttiin siirtämään hieman horisontaalasti ja vertikaalisti, ja lopulta päästiin tilanteeseen, jossa jokaiselle tuotteelle tehdyt pohjat vastasivat sijainniltaan sabluunoita. Tavoitteena oli tehdä WYSIWYG-periaatteen mukainen tilanne, jossa mallipohjan kolon sisällä näkyvä kuva toistuu aivan samalla lailla kuin lopullisessa koruun kaiverrettavassa kuvassa. Ainoa eroavaisuus, joka hyväksyttiin, oli korkeuden suhteen. Kuvan yläpuolelle jäävä tila on korussa hieman pienempi kuin mallipohjassa. Tämä ratkaistiin apuviivatiedostojen pienentämisellä, ja ohjeistamalla jättämään hieman tyhjää tilaa kuvattavan pään yläpuolelle.



Kuva 13. Binäärikuva asemoituna sille tarkoitettuun kohtaan käyttöön otetussa Corel-mallipohjan normaalinäkymässä.

Sydänkorujen mallipohjaa piti siirtää oikealle 0,2 mm ja ylös 0,7 mm, jotta sijainti olisi täysin oikea. Sydänavaimenperän mallipohjaa siirrettiin millimetrin kymmenyksen ver-

ran sekä ylös että vasemmalle. Avaimenperä ja teräslaatta tehdään samalla pohjalla, koska samassa sabluunassa on aukot suorakaiteen muotoiselle avaimenperälle ja kaulakorulle. Mallipohjan sisällä olevien kahden eri tuotteen kolojen etäisyys toisistaan ei kuitenkaan ollut täysin oikea, joten molemmille tuotteille tehtiin omat kopiot pohjasta, koska niiden sijaintia siirrettiin eri verran. Avaimenperän mallipohjaa siirrettiin 0,2 mm oikealle ja 1 mm ylös, kun vastaavasti teräslaatan versiota siirrettiin vain 0,1 mm oikealle ja 0,7 mm ylöspäin. Sijaintien oikeellisuus testattiin kaivertamalla reunasta reunaan kulkevien janoja. Jos kaiverrus jatkui vielä korun reunan yli, pystyi päättelemään, että mallipohjaa on siirrettävä hieman ylöspäin, jotta sabluunan kolot täsmäivät pohjan koloihin. Mallipohjat saatiin päivitettyä onnistuneesti, ja jatkossa kaiverrus toteutuu rajauksen suhteen WYSIWYG-periaatteen mukaan. Näin minimoidaan huonosta asemoinnista johtuva uusimisen tarve, sillä kuva muodostuu koruun samankokoisena ja samalla tavalla rajattuna kuin näytöltä tarkasteltuna.

#### 3.4 Asemoinnin tehostus

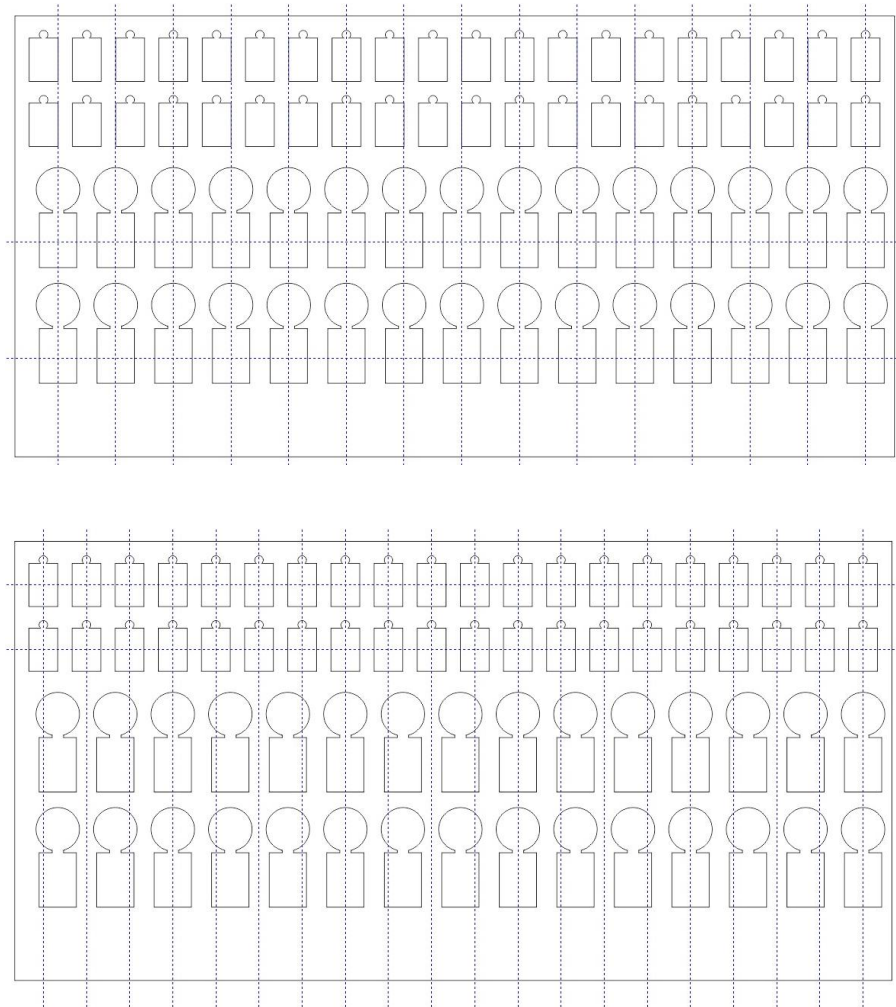
Kun kuvia tuodaan Corel Draw -mallipohjaan, niiden manuaalinen sijoittaminen koloihin vie aikaa. Tähän pyrittiin saamaan jokin nopeuttava ratkaisu. Yksinkertainen ratkaisu oli luoda mallipohjiin suuntaviivojen avulla kohdat, jotka vastaavat ihannesijaintia binäärikuvan keskipisteelle. Corel Draw'hon vaihdettiin asetuksista Snap to -valinnaksi Guidelines eli suuntaviivat. Snap to -valinta määrittää, mihin elementteihin tuotu objekti kiinnittyy helposti ilman tarkkaa manuaalista sijoittamista. Kun valinnaksi asetettiin suuntaviivat, objektin vieminen vertikaalisen ja horisontaalin suuntaviivan risteämispisteen lähelle ohjaa objektin automaattisesti risteuksen päälle niin, että objektin, eli tässä tapauksessa binäärikuvan, keskikohta sijaitsee tasan risteuksen kohdalla. Tällä tavoin kaivertaja voi nopeasti viedä binäärikuvan mallipohjan kolon päälle ja Snap to -ominaisuus hoitaa asemoinnin. Kuvat tuodaan yksitellen tuotekansiosta ja asemoidaan oikealle paikalleen saman tien viemällä kuva kolon ylle ja päästetään hiirenpainallus, kun Interception-teksti tulee näkyviin.

Suuntaviivojen käytön takia myös hopeiselle ja kultaiselle sydänkorulle tehtiin omat versiot samasta mallipohjasta. Ainoa ero mallipohjissa on horisontaalien suuntaviivojen sijainti. Koska kuten aiemmin mainittiin, hopeasydämen apuviivatiedoston avulla tehty kuva on kooltaan pienempi kuin kultaisen sydämen tapauksessa, on myös kuvan kes-



kikohta eri korkeudella. Eri tuotteita ei kuitenkaan tehdä samalla kertaa, joten samaan mallipohjaan sisällytettävien molemmille tuotteille soveltuvien suuntaviivojen toteuttamista ei nähty hyödyllisenä, vaikka niiden toteuttaminen esimerkiksi erivärisen ja eri kerrokselle rakennetun suuntaviivaston avulla onnistuisikin.

Mallipohjatiedostojen kerroksista ainoastaan kuville tarkoitettu kerros jätettiin lukitsematta. Kun näin tehdään, kaivertaja ei pysty vahingossa siirtämään objekteja ja sitä kautta viemään suuntaviivojen avulla tehtävällä asemoinnilla saatavia hyötyjä. Erilaisia mallipohjatiedostoja on lopulta viisi, jokaiselle tuotteelle omansa, ja niissä on tuotekohtainen sijainti varsinaiselle mallipohjalle sekä tuotekohtaiset suuntalinjastot. Kuva 14 näyttää, miltä mallipohjasta tehdyt kaksi eri versiota näyttävät. Pohjien erot ovat kaksikulotteisessa sijainnissa ja luodussa suuntaviivastossa.



Kuva 14. Laattakorun ja -avaimenperän mallipohjat suuntaviivastoiineen. Suuntaviivat ovat sinisiä katkoviivoja.

### 3.5 Kuvankäsittelyn tehostus

Kuvankäsittelyvaiheeseen pyrittiin kehittämään jotain uutta, mikä tehostaisi PhotoShopilla tehtävää kuvankäsittelyä. Erilaisten automaattiosyväyssovellusten käyttöä kokeiltiin, mutta niiden tuoma hyöty ei ollut suuri. Kuvien automaattisen skaalaamisen apuviihan sisään sopivaksi ei myöskään todettu onnistuvan, sillä muotokuvia otetaan monelta eri etäisyydeltä, joten kuvia ei myöskään aina pienennetä saman verran.

Mustavalkoisten kuvien käyttöä värillisten sijaan kokeiltiin myös, mutta koska se ei muuta lopputulosta miksikään, on turha tuoda kuvankäsittelyyn uutta vaihetta, koska binäärikuvanmuodostus tapahtuu samalla tavalla värillisten ja mustavalkoisen kohdalla. Toki PhotoShopissa kuvan muuntamisessa värillisestä mustavalkokuvaksi käyttäjä pystyy vaikuttamaan eri sävyjen muodostumiseen lopullisessa harmaasävykuvassa, kun käyttää Black & White -toimintoa Grayscale-toiminnon sijaan. Tämä hidastaa prosessia kuitenkin liiaksi, eikä jokaiselle kuvalle yleispäteviä muuntoarvoja voida määrittää. (11.)

Ainoa tehostava tekijä kuvankäsittelyyn saatiin jättämällä valinnainen kurvityökalulla tehtävä kontrastin kasvattaminen pois prosessista, kun kontrasti määritetään valitsemalla sopiva asetus Photo Grav -ohjelmassa. Myös apuviivatiedostojen päivitys vähentää kaivertajan kuvankäsittelytyötä, sillä hänen ei tarvitse esimerkiksi manuaalisesti muuttaa teräslaatan piirtoaluetta oikeankokoiseksi joka kuvan kohdalla.

Taustan muuttamiseen mustaksi käytettäville työkaluille määritettiin kuitenkin optimaaliset asetukset. Työkalut ovat Quick Selection -valintatyökalu, sivellintyökalu ja täyttötyökalu. Valintatyökalulle parhaat asetukset ovat seuraavat: siveltimen koko 8–20 pikseliä, kovuus 100 % ja välistys 1 %. Näillä asetuksilla valintatyökalu huomioi sopivasti sävyerot ja tekee pehmeän reunan, sillä Auto-Enhance-valinta on päällä. Auto-Enhance pehmentää valinnan reuna-alueita automaattisesti (12). Sivellintyökalu, jolla pehmennetään valintatyökalun ja täyttötyökalun jäljiltä rosoiseksi jääneitä reunoja värjäämällä reunoihin pehmeästi lisää mustaa, sai optimaaliset asetuksensa seuraavasti: käytetään sekoitustilana normaalia, siveltimen koko määritetään 13 pikselistä alaspäin, riippuen työstettävän alueen vaatimasta tilasta, ja kovuudeksi valitaan 0–20 %. Täyttötyökalulla toleranssin on oltava 255, jotta kaikki valinnan sisällä olevat pikselit muuttuvat mustaksi. Näillä asetuksilla taustan muuntaminen mustaksi käy helposti ja nopeasti.

### 3.6 Kaivertimen asetusten päivitys

Tehostusta silmälläpitäen lähdettiin siitä, että kaivertimen nopeutta voisi nostaa. Käytössä oleva 22–23 % oli kuitenkin lopulta paras arvo, sillä nostamalla nopeutta kaiveruslinjat tulevat silminnähtäviksi jo 30–40 %:n tietämällä. Myös taajuuden ja voiman suhteen pyrittiin löytämään tasapainoa, jolla voisi parantaa korujen laatua. Testaukset tuottivat vain laadultaan huonompia kaiverruksia, kuin olemassa olevilla asetuksilla saatiin aikaiseksi. Tämän vuoksi määritettyjä asetuksia hienosäädettiin vain hiukan, jotta pienet laadun heikkenemiseen vaikuttavat tekijät saatiin poistettua.

Muutos tehtiin ainoastaan laserin tuottaman voiman prosentuaaliseen arvoon. Kultaisen sydämen kohdalla voimakkuus laskettiin aikaisemmasta 50–53 %:sta 46 %:iin, jotta kaiverrusjälki ei punertaisi. Punertuminen johtuu siitä, että laser kaivertaa liian syvälle, ja messinkisen sisuksen värisävy tulee näkyviin. Ruostumatonta terästä olevien hopeisen sydämen ja laatan voima-asetus pienennettiin virallisesta 35:sta 30 prosenttiin, jotta vaaleimmat alueet eivät palaisi puhki liiallisen voimankäytön seurauksena. Ruostumattoman teräksen kiillotettu pinta heijastaa valoa kaiverretusta pinnasta monella tavalla eri kulmista tarkasteltuna, joten niiden saaminen täydellisiksi joka katselukulmasta tarkasteltuna on mahdoton tehtävä. Avaimenperillä asetukset pidettiin samana, sillä niiden laadussa ei nähty parantamisen varaa. Kaikille tuotteille päädyttiin käyttämään nopeuden arvona 22 %:a ja taajuutena 96 %:a, vaikka teräksisille tuotteille annettiin aikaisemmissa asetuksissa prosentin haarukka välille 22–23 %. Prosentin vähentäminen nopeudessa ei juurikaan hidasta kaiverrusta, mutta jäljestä tulee hieman pehmeämpää alhaisemman nopeuden vuoksi.

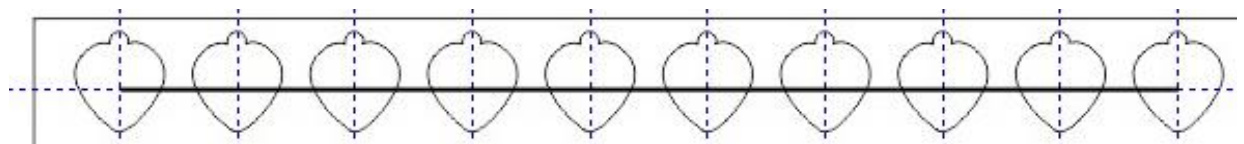
### 3.7 Kehitysehdotukset

Jos Corel Draw'hon tuotujen kuvien asemointia halutaan jatkossa hieman parantaa, pari keinoa on olemassa tämän tekemiseen. Corel Draw'hon voi ohjelmoida makron, joka Visual Basics -ohjelmointikieltä hyväksikäyttäen asemoisi kuvat napin painalluksella. Kuvat pitäisi tuoda yhtenä siirtona mallipohjaan ja asemoida ensimmäisen kolon päälle haluttuun kohtaan. Tämän jälkeen makro suorittaisi loppujen pinossa olevien kuvien asemoinnin automaattisesti ensimmäisen sijainnin perusteella. Tämän makron sisällyttämistä tähän insinööriyöhön ei nähty tarpeelliseksi, sillä toteutettu tapa ei juuri-

kaan häviää ajallisesti makrolle, varsinkin kun kerralla ei yleensä kaiverreta yli 20:tä koria. Tämän lisäksi tämän insinööriyön tekijän olisi pitänyt paneutua Visual Basics -kielen ominaisuuksiin ja syntaksiin, mikä olisi vienyt reilusti aikaa. Pelkästään nauhoittamalla käyttäjän toiminnot makroksi päästiin melko lähelle tavoitetoimintoa, mutta kuvien määrän muuttumista ilman ohjelmointia ei pystytty huomioimaan. Jos esimerkiksi nauhoitetussa makrossa siirretään kahdeksan kuvaa oikeille paikoilleen, seitsemän tai yhdeksän kuvan kohdalla ohjelma antaa virheilmoituksen ja käyttäjä joutuu korjaamaan asemointia.

Toinen kehitysehdotus liittyy enemmän toteutettuun suuntalinjaratkaisuun. Corel Draw'hon on mahdollista ladata liitännäisiä, joihin on sisällytetty makro, joka tekee toimenpiteitä, joita Corelilla ei pysty normaalitilanteessa tekemään. Oberon Fit Objects to Path -liitännäinen on maksullinen, mutta sen toimintaa voi kokeilla seitsemän päivän ajan. Liitännäiseen sisältyvä makro sijoittaa objekteja polulle niin, että objektien välit ovat keskenään yhtä suuret. Makro toimii niin, että ensin valitaan halutut objektit ja lisätään valintaan käytetty polku. Tämän jälkeen makro suoritetaan. Lopputuloksena saadaan sijoitettua valitut objektit koko polun pituudelle tasaisin välein. (13.)

Tilaaajaryityksen korutuotannossa tätä liitännäistä voisi käyttää useiden kuvien asemointiin kerralla. Polku piirrettäisiin janatyökälulla ensimmäisen halutun kolon päällä sijaitsevasta kahden keskenään kohtisuoran suuntalinjan yhtymäkohdasta viimeisen kolon päällä olevaan suuntalinjojen yhtymäkohtaan (kuva 15). Kun tämän jälkeen suoritetaan makro, sijoittuvat kuvat automaattisesti oikeisiin kohtiin kolojen päälle, keskipisteet janan päällä. Lopuksi polku poistetaan, jotta se ei tule mukaan kaiverukseen. Tämä asemointitapa kuitenkin vaatisi jokaisen rivin asemoinnin erikseen, jos kuvia on todella paljon, koska kuten kuva 14 kertoo, koloja on useammassa kuin yhdessä rivissä mallipohjassa ja sabluunassa. Liitännäinen on maksullinen, mutta saman asian pystyisi ohjelmoimaan kuka tahansa VBA-ohjelmoinnista perillä oleva.



Kuva 15. Fit Objects to Path -liitännäistä käytettäessä kymmenen kuvan asemointiin luotava esimerkkinä (paksumpi musta viiva).

Binäärikuvan muodostamiseen käytettävää Photo Gravia ei välttämättä tarvita koko prosessissa, sillä JavaScriptiin voitaisiin määrittää kuvan tallennusformaatiksi Windows Bitmap. Binäärikuvan kontrastiin, reunojen vahvuuteen tai kuvan sävyjakaumaan ei voida tehdä muutoksia niin, että lopputulos olisi helposti nähtävissä, kuten Photo Gravin simuloitussa kuvassa. Tämä veisi kaivertajan aikaa, sillä kuvat pitäisi yksi kerrallaan analysoida ja arvioida, mitä säätöjä esimerkiksi sävysäätökäyrään kannattaisi tehdä, jotta kaiverrettava kuva näyttäisi tyylikkäältä. Tämän lisäksi, jos tallennus tehtäisiin makron avulla, jäisi toimenpiteestä jäljelle vain binäärikuva, ja mahdollinen parantelu jälkikäteen vaatisi taustan muuttamisen mustaksi uudestaan, koska välivaihetta, jossa tausta on mustattu ja koko muunnettu oikeaksi, ei ole tallennettu. Toki skriptiin voitaisiin määrittää, että kuva tallennetaan sekä Windows Bitmap- että JPG-formaatissa, jolloin kaivertajan huomattua binäärikuvassa olevan parannettavaa hän voisi palata käsiteltyyn JPG-kuvaan, jossa taustan mustaus ja koon määrittäminen on jo kertaalleen tehty.

Joka tapauksessa tämä muutos prosessiin vaatisi laajempia ohjelmointitaitoja, joita ei tämän insinööriyöntekijällä ole, eikä työn tekemisen puitteissa aikaa sen opetteluun myöskään ollut. Kehitysehdotuksena tämä on kuitenkin hyvin perusteltu, sillä yhden välivaiheen jääminen pois prosessista nopeuttaisi kaiverrusaikaa huomattavasti. Tosin ajan säästö riippuu paljolti myös siitä, kuinka paljon kuviin pitää palata, jos huomataan binäärikuvien laadussa parannettavaa. Lisäksi kaivertajalta vaaditaan silmää sille, millainen on hyvä kaiverrus ja miten esimerkiksi kontrasti vaikuttaa kaiverruksen laatuun.

## **4 Opastusvideo**

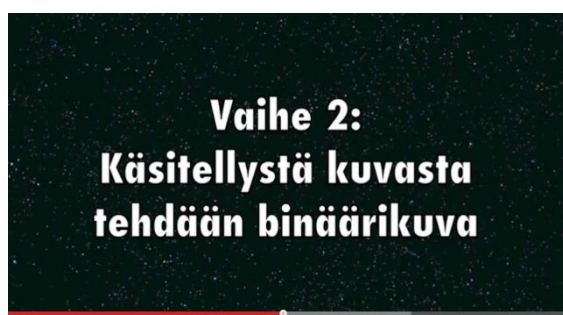
Insinööriyössä tehdyn opastusvideon tarkoitus on tehdä korutuotannon kouluttamisesta helppoa ja nopeaa. Pyrkimyksenä on, että aloitteleva kaivertaja voi tutustua prosessiin ja työvaiheisiin ilman ulkopuolisen työntekijän apua. Toki kysymyksiä voi aina syntyä videon katsottuakin, mutta video kattaa kuitenkin lähes kaikki skenaariot, joita kaiverrusprosessissa voi tulla vastaan.

### **4.1 Toteutus**

Opastusvideon kuvamateriaali valmistettiin kahdella tavalla. Tietokoneella tehtävät toimenpiteet, kuten kuvankäsittely, binäärikuvan muodostus ja asemointi Corel-pohjaan

nauhoitettiin Screen Recorder -ohjelman avulla. Ohjelma toimii niin, että se tallentaa kaikki ruudulla tapahtuvat liikkeet ja korostaa hiiren painalluksia. Kaikki kaivertimella tehtävät fyysiset toimenpiteet, kuten etäisyyden määrittäminen ja ohjauspaneelin käyttö, kuvattiin järjestelmäkameran videokuvaustilan avulla jalustaan tukien. Videoon liitettiin myös muutama järjestelmäkameralla otettu valokuva, kuten kuvat virtakytkimistä ja valmiista korusta. Tämän insinööritöön tekijä teki kaiken alusta loppuun kuvaamisesta editointiin ja esiintyi itse videolla suorittamassa toimenpiteitä kaivertimella.

Video editoitiin Applen natiivilla iMovie-ohjelmalla, joka on suunniteltu videoiden editointiin. Videoon sisällytettiin eri toimenpiteiden väleihin muutaman sekunnin mittaisia tekstigrafiikoita, joiden avulla jäseneltiin prosessin osia ymmärrettävämpään muotoon. Prosessi jaettiin kolmeen vaiheeseen: kuvankäsittely, binäärikuvan muodostus sekä yhdistetty asemointi ja kaiverrus. Kaikille vaiheille tehtiin oma teemansa, joka toistui väleissä olevien ohjetekstien grafiikoiden taustoissa (kuva 16). Esimerkiksi ryhmäkuvissa mahdollisesti joudutaan kloonamaan pikseleitä toisalle, mutta kaivertajan on ymmärrettävä, että se ei kuulu lähtökohtaisesti kuvankäsittelyprosessiin, vaan tehdään vain harvoin kuvan sitä vaatiessa. Näin kaivertaja paremmin ymmärtää, mitkä vaiheet ovat aina toistuvia ja mitkä ovat vain tietyissä skenaarioissa tehtäviä toimenpiteitä. Kuvankäsittelyvaiheessa opetettiin yhden kuvan käsittely alusta loppuun, minkä jälkeen vielä palattiin erikoisskenaarioihin, joiden yhteys koko kuvankäsittelyyn muodostettiin yhtenäisen teeman avulla. Kun kaikki kuvankäsittelyyn liittyvät toimenpiteet oli esitelty, siirryttiin toiseen vaiheeseen.



Kuva 16. Toisen vaiheen havainnollistamiseen käytetty tekstigrafiikka tähtitaivasteemassa.

Välitekstigrafiikan lisäksi päädyttiin siihen, että ohjeet toteutetaan tekstin avulla, ei äänitetyllä puheella. Koko videon ajan enimmäkseen videon alareunaan liitettiin ohjeita samalla hetkellä tapahtuvaan toimintaan. Esimerkiksi kuvankäsittelyvaiheessa opete-

taan työkalujen käyttöön soveltuvat pikanäppäimet, toimintaperiaate ja oleelliset työkalukohtaiset asetukset kunkin työkalun kohdalla. Ohjeteksti on enimmäkseen keltaisella värillä, jotta sen luettavuus usein vaaleita Windows-ikkunoita vasten on hyvä.

Videon taustamusiikiksi valittiin Hidria Spacefolk -yhtyeen Amos ame -kappale. Se on instrumentaalikappale, jotta laulu ei häiritsisi keskittymistä ohjetekstiin. Kappale on myös pituudeltaan videoon sopiva, sillä videon pituudeksi muodostui 9 minuuttia ja 16 sekuntia ja kappaleen pituus on vajaat 10 minuuttia. Näin taustamusiikki ei toista itseään eikä muita kappaleita tarvittu täyttämään loppua videosta lyhyemmän kappaleen jo päätyttyä.

#### 4.2 Julkaisu ja käyttö

Opastusvideon julkaisusta ei tehdä isoa tapahtumaa, vaan se julkaistaan kaiverrukseen tarkoitetun tietokoneen työpöydällä kaikkien sisään kirjautuneiden nähtäväksi heti tämän insinööriyön valmistuttua. Viimeistään syksyn 2015 sesongin alkaessa elokussa video otetaan käyttöön avuksi korukaivertamisen koulutukseen. Videota käytetään ainoastaan yrityksen sisällä, ja sen näkevät ainoastaan yrityksen vaitiolovelvollisuudesta yhteisymmärrykseen päässeet henkilöt, eli käytännössä yrityksen palkkalistoilla olevat henkilöt.

### 5 Tehostuksen vaikutukset kustannuksiin

Insinööriyön puitteissa tehdyllä tehostuksella on vaikutuksensa ajan säästöön niin itse kaiverrusprosessissa kuin kouluttamisessakin, laadun parantumiseen sekä välineiden elinikään. Siksi on vaikea tehdä suoraa vertailua, kuinka paljon kunkin tuotteen kohdalla säästetään, sillä kaivertajan pelisilmä, arviointikyky ja kriittisyys vaikuttavat kuluneeseen aikaan ja uusittavien korujen määrään. Joka tapauksessa prosessia saatiin joka korun kohdalla lyhennettyä ja laatua parannettua.

## 5.1 Laadun paraneminen

Laadun mittaaminen on aina subjektiivista, mutta tilaajayrityksen työntekijöiden keskuudessa tehdyn kyselyn tulokset viittaavat vahvasti siihen, että uusien asetusten myötä laatu on joka tuotteen kohdalla parantunut ja korut ovat paremmannäköisiä kuin vanhoilla asetuksilla. Laatu on parantunut Photo Grav -ohjelmaan tehtyjen kontrastipeusteisten asetusten ja laserin käyttämän voiman tarkempien arvojen määrittämisen myötä. Jopa osa koruista, joihin kaiverrettiin matalakontrastinen kuva, on jouduttu uusimaan. Tällöin on palattu PhotoShop-vaiheeseen ja tehty muutoksia sävyntoistokäyrään.

Hopeisen sydämen apuviivan koon muuttaminen pienemmäksi parantaa myös laatua, sillä kyselyn mukaan koon ollessa pienempi kuvat näyttävät paremmilta, kun kuvattavan rintaa ja hartioita on enemmän näkyvissä. Kultaisen sydänkorun laadussa on ollut ongelmia punertumisen vuoksi. Tämä on johtunut yksinkertaisesti liian korkeasta laserin tuottamasta voimasta. Alentamalla voima-attribuutin arvo optimaaliseksi on kultaisen sydänten laatu parantunut myös siltä osin, että jäljestä tulee tyylikkään metallinhohdoinen.

## 5.2 Säästöt

Jokaisen kuvan käsittelyaika saatiin lyhennettyä PhotoShop-vaiheessa noin 5 sekuntia, mikä koostuu sävyntoistokäyrään tehtävistä muutoksista, jotka tehtiin joka kuvan kohdalla erikseen. Kontrastia ei tarvitse enää kasvattaa PhotoShopissa, vaan se tehdään binäärikuvanmuodostukseen vaikuttavien asetusten kautta.

Asemoinnin helpottamiseksi Corel Draw'hon tehdyn suuntaviivaratkaisun ajansäästövaikutusta on vaikea tarkkaan laskea, sillä vanhan toimintamallin mukaan tehty asemointi saattaa kaivertajasta riippuen kestää hyvin eripituisen ajan. Siitä huolimatta suoritettiin ajastettu koe, jolla verrattiin kymmenen kuvan asemointiin kuluvaa aikaa. Mittaus tehtiin sekä hopeisen että kultaisen sydämen kohdalla, sillä hopeisen sydämen asemointiin kuluu pidempi aika vanhalla tavalla, kun siinä kaivertaja joutuu käyttämään enemmän aikaa kuvan sijoittamiseen, jotta yläpuolelle jäävä tila on riittävä mutta ei liian suuri katkaistakseen kuvaa sopimattomasta kohdasta.



Vanhalla tavalla tehtäessä kymmenen kuvan asemointi hopeisen sydämen kohdalla kesti 1 minuutin ja 22 sekuntia. Tämäkin aika voisi olla vielä huomattavasti pidempi, jos kaivertaja on epävarma sopivasta sijoittelusta. Uudella suuntaviivaratkaisulla otettu aika oli vain 25 sekuntia. Uudella menetelmällä myöskään asemoinnista johtuvia uusin-  
toja ei synny. Kultaiseen sydämeen tarkoitettujen kuvien asemointiin vanhalla metodilla kului aikaa 57 sekuntia, sillä siinä, kuten myös laatanmuotoisissa korutuotteissa, riittää, että asemoitavan binäärikuvan alareuna ja sille tarkoitettun kolon alareunat ovat kohdakkain. Silti kulunut aika on kaksi kertaa pidempi kuin uudella menetelmällä asemoi-  
taessa.

Näiden tulosten valossa voidaan todeta, että kaivertaja säästää hopeisia sydämiä kai-  
vertaessaan kymmenen kuvan kohdalla yhteensä noin kaksi minuuttia. Tähän voidaan  
lisätä vielä toiset kaksi minuuttia, jos oletetaan, että kaivertajan ei tarvitse tehdä koe-  
kaiverrusta mallikappaleella, kun tuotteelle on määritetty optimaaliset kaiverrusasetuk-  
set ja olettaen etäisyyden olevan kunnossa. Tätä työvaihetta ei varmasti kuitenkaan  
aloitteleva kaivertaja jätä väliin, sillä kymmenen uusittavaa korua huonolaatuisen kai-  
verruksen myötä ei ole toivottavaa. Kun kaivertaja oppii oikean tuntuman etäisyyden  
määrittämisessä, hän voi jättää testikaiverruksen väliin. Testikaiverrus vie noin kaksi mi-  
nuuttia. Hopeisten sydänten kohdalla kymmenen korun kaiverrusaikaa saadaan siis  
lyhennettyä neljä minuuttia.

Kultaisen sydämen kohdalla säästetty aika on kymmentä kuvaa käsiteltäessä noin yksi  
minuutti ja kaksikymmentä sekuntia. Jos tähän vielä lisätään testikaiverruksen pois-  
jäännistä aiheutuva kaksiminuuttinen, on kultaisen sydämen kohdalla saavutettu ajan-  
säästö yli kolme minuuttia, kun kyseessä on kymmenen kuvaa.

Teräksisen laatan apuviivatiedoston päivitys nopeuttaa tuotteen kuvankäsittelyproses-  
sia, sillä vanha apuviiva oli tyystin vääränkokoinen ja kaivertaja joutui joka kerta muut-  
tamaan piirtoalueen oikeankokoiseksi. Tähän menee joka kuvan kohdalla noin puoli  
minuuttia. Kun jo PhotoShop-vaiheessa saavutetaan 35 sekunnin säästö joka kuvan  
kohdalla, on kokonaissäästö kymmenen kuvan kohdalla asemoinnista saatavan puolen  
minuutin ja kuvankäsittelystä säästettävän 350 sekunnin yhteenlaskettu aika yli kuusi  
minuuttia.

Korujen sijoittamiseen laserin alustalle helpottavien sabluunojen elinikää saatiin pidentettyä. Sabluunat eivät enää kaiverru, sillä Corel-pohjiin tehty näkymämuutos rautalan-kamallista Enhanced-tilaan piilottaa korun ulkopuolelle jäävän osan kuvasta mallipohjan kerroksen taakse. Mallipohjien tarkan sijainnin määrittäminen pitää huolen siitä, että sabluunan ja mallipohjan kolot ovat tasan samassa kohdassa ja kaiverrettava kuva toistuu samalla tavalla kuin se näytöltä tarkasteltuna näyttää.

Kustannuslaskelma päätettiin jättää toteuttamatta korutuotteiden vähäisen tuotantomäärän ja tehostustoimenpiteiden hyödyn ja laadun vaikutuksen arvioinnin vaikeuden vuoksi. Laadun paranemisen myötä mahdollisesti kasvava kysyntä on mahdollista todeta vasta yhden tai kahden vuoden kuluttua. Yksiselitteisiä kustannussäästöjä on mahdotonta mitata, kun muuttuvia tekijöitä on niin paljon. Laskelman tulokset olisivat vain suuntaa-antavia, sillä prosessiin kuluva aika, raakakorujen laatu ja kaiverrettävien kuvien vaatima käsittelyaika muuttuvat päivittäin. Jos esimerkiksi jokaista tuotetta olisi tietynä päivänä tilattu vain yksi, olisi jokaiseen korun kohdistunut tuotantoaika pidempi kuin jos tilattuja korujen määrä olisi suurempi, sillä etäisyyden määrittäminen ja mallipohjan vaihtaminen on tehtävä joka tuotteelle aina erikseen. Lisäksi jos vaikka kuvat olisivat kaverikuvia, on niiden käsittelyyn kuluva aika huomattavasti pidempi kuin yhden henkilön muotokuvan kohdalla. Tehostamisessa on joka tapauksessa onnistuttu, mikä oli tämän insinööriyön päätavoite.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tehostaa insinööriyön tilanneen yrityksen kuvakorutuotantoa ja parantaa tuotteiden laatua. Tämän lisäksi oli tarkoitus toteuttaa koulutusta helpottava ohjevideo. Kuvankäsittelyyn ei keksitty mullistavia tehostuskeinoja, mutta olemassa olevat helpottavat apuviivat päivitettiin kuntoon ja yhdelle tuotteelle luotiin oma apuviiva. Kuvankäsittelyssä käytettäville työkaluille määritettiin ihanteelliset asetukset, ja yksi työvaihe saatiin vähennettyä. Binäärikuvanmuodostukseen luotiin kolmet eri asetukset, jotka valittuna vaikuttavat kaiverrettavan kuvan kontrastiin ja sitä mukaa parantavat laatua. Kaiverrukseen eniten vaikuttaville asetuksille, voimalle, nopeudelle ja taajuudelle, laadittiin optimaaliset arvot joka materiaalille sopivaksi. Asemointiin kehitettiin nopeuttava tehostuskeino: kuvien asemointi tulostusohjelmaan tehtiin nopeaksi ja yksiselitteiseksi suuntaviivojen avulla. Tulostusohjelman ja käytettyjen sabluunoiden

vastaavuus saavutettiin onnistuneesti, joten kaiverrettavan kuvan rajaus toteutuu samalla tavalla kuin tulostusohjelman, Corel Draw'n, mallipohjassa näytöltä tarkasteltaessa.

Kaiverruksessa käytettävien sabluunojen elinikää saatiin pidennettyä, kun muovisiin sabluunoihin ei enää virheellisesti tehdä kaivertamista. Siinä onnistuttiin muuttamalla tulostusohjelman näkymä rautalankamallista tilaan, jossa objektien täyttöominaisuus on käytössä. Täyttöominaisuutta hyväksikäyttäen kaiverrettava kerros binäärikuvineen jää ylimääräisiltä osin piiloon ylemmän sabluunaa vastaavan kerroksen alle. Kustannuslaskelman tekeminen nähtiin tarpeettomaksi tässä vaiheessa tehostusprojektia, koska tehostuksella saadut hyödyt on vielä tässä vaiheessa vaikea laskea tarkasti.

Kehitysehdotuksia tulevaisuuden varalle annettiin muutama. Toteutettuun suuntalinjaratkaisuun ehdotettiin erillisen maksullisen liitännäisen hankkimista, jotta asemointia voidaan edelleen nopeuttaa. Edellisen vaihtoehdoksi ehdotettiin, että ohjelmoimalla yksinkertainen asemointimakro Corel Draw'hon voitaisiin myös nopeuttaa asemointia.

Opastusvideo toteutettiin videopätkin ja ohjetekstein kompaktiksi vajaan kymmenen minuutin pätkäksi, jossa käydään epätavallisiakin skenaarioita läpi. Aloittavalle kaivertajalle opetettiin, miten toimitaan, kun kaverikuvasta on tehtävä näyttävä korutuote. Testaamisvaihe kaiverruksessa saatiin poistettua, ainakin teoriassa. Se vaatii sen, että kaivertaja toimii joka työvaiheessa ohjevideon mukaan ja oppii kaiverrusetäisyyden määrittystuntuman.

## Lähteet

- 1 Epilog Laser Product Line. 2014. Verkkodokumentti. Epilog Laser.  
<<https://www.epiloglaser.com/products/product-line.htm>>. Luettu 15.1.2015.
- 2 Owner's Manual For Epilog Fibermark - Model 8000. 2010. Epilog Laser.
- 3 Epilog Fibermark. Verkkodokumentti. LaserProject.  
<<http://www.laserproject.es/productos/laser-fibra/epilog-Fibermark/>> Luettu 15.1.2015
- 4 KyoungSub Lim. 2015. Myyjä. Sungshin Metal. Kyounggi-Do, Etelä-Korea. Sähköpostikeskustelu 5.2.2015
- 5 Hannuksela, Matti. 2009. Kosketusallergia alkaa kutinalla. Verkkodokumentti. Duodecim.  
<[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=kop00075](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=kop00075)>. Luettu 12.2.2015.
- 6 Photo Grav Version 3.0 User Guide. 2007. ImageLaz, LLC.
- 7 Fraser, Bruce, Murphy, Chris, Bunting, Fred. 2004. Värihallinta. Helsinki: IT Press.
- 8 PhotoShop Help, Creating actions. Verkkodokumentti. Adobe.  
<<https://helpx.adobe.com/PhotoShop/using/creating-actions.html>>. Luettu 7.2.2015.
- 9 PhotoShop Help, Retouching and repairing images. Verkkodokumentti. Adobe.  
<<https://helpx.adobe.com/PhotoShop/using/retouching-repairing-images.html>>. Luettu 7.2.2015.
- 10 Viluksela, Pentti, Ristimäki, Seija, Spännäri, Toni. 2010. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 11 PhotoShop Help, Convert a color image to black and white. Verkkodokumentti. Adobe. < <https://helpx.adobe.com/PhotoShop/using/convert-color-image-black-white.html>>. Luettu 10.3.2015.
- 12 PhotoShop Help, Making quick selections. Verkkodokumentti. Adobe.  
<<https://helpx.adobe.com/PhotoShop/using/making-quick-selections.html>>. Luettu 24.2.2015.

- 13 Vakulenko, Alex. 2010. Oberon Fit Objects To Path for CoreIDRAW/Corel DESIGNER. Verkkodokumentti.  
<<http://dev.oberonplace.com/products/fitobjects/index.htm>>. Luettu 18.2.2015.