

Juho-Matti Tiirola

SÄILIÖKAAVARIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

SÄILIÖKAAVARIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Juho-Matti Tirola
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Juho-Matti Tiirola
Opinnäytetyön nimi: Säiliökaavarin suunnittelu ja toteutus
Työn ohjaaja: Esa Kontio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 32 + 2 liitettä

Tässä työssä suunniteltiin säiliökaavari PrinLabin SOM100 R2R -painokoneen syväpainoyksikköön. PrinLab-laboratorio toimii painettavan elektroniikan alalla. Se tutkii, testaa ja kehittää erilaisia painotekniikoita ja sovelluksia. PrinLab toimii läheisessä yhteistyössä eri yliopistojen ja tutkimuskeskusten, muun muassa Oulun yliopiston ja VTT:n, kanssa. Se on osa kansainvälistä PrintoCent-projektia.

Säiliökaavarin tehtävänä on levittää mustetta telalle, josta se siirretään painonauhalle. Kaavari koostuu rungosta, kahdesta tiivisteestä ja kahdesta terästä. Rungossa on noin 50 ml kokoinen säiliö, jossa muste kiertää pumpun avulla. Rungon yläosassa oleva terä puhdistaa telaa ja alaosassa oleva terä toimii varsinaisena musteen levittäjänä. Tiivisteet ovat rungon sivuilla ja estävät musteen leviämisen ympäristöön.

Kaavarin suunnittelussa käytettiin CATIA-ohjelmistoa, jolla se mallinnettiin ja tehtiin kokoonpanokuvat ja osien työpiirustukset. 3D-mallinnusten perusteella voitiin valmistaa 3D-tulosteita kaavarista testauksiin. Työpiirustukset tehtiin lopullisen kaavarin valmistusta varten.

Työn lopputuloksena saatiin suunniteltua piirustukset kaavarista, joiden perusteella se voidaan valmistaa normaalein konepajamenetelmin. Uusi kaavari toimii asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Asiasanat: painettava elektroniikka, mekaniikka, 3D-suunnittelu

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön kone- ja tuotantotekniikan osastolle. Työn tilaajana toimi PrinLab. Opinnäytetyö aloitettiin joulukuussa 2013 projektisuunnittelulla ja tavoitteiden asettamisella. Varsinainen työ aloitettiin vuodenvaihteen jälkeen, ensimmäiset testaukset suoritettiin maaliskuussa ja työ saatettiin päätökseen huhtikuun lopulla 2014.

Ennen opinnäytetyön aloittamista en tiennyt painettavasta elektroniikasta juuri mitään. Siksi olikin hyvin mielenkiintoista etsiä tietoa ja lähteitä teoriaosuutta varten. Havaitsin, että itse tietoa etsimällä ja asiaa tutkimalla voi omaksua ja oppia aivan uusia asioita.

Haluan kiittää ohjaavana opettajana toiminutta lehtori Esa Kontiota asiantuntevasta ja kannustavasta ohjaustyöstä. Kiitän myös PrinLabin henkilökuntaa, erityisesti projektisuunnittelija Juha Juutia ja teknisen alan harjoittelija Kyösti Heikkistä. Lisäksi halua kiittää 3D-tulostuksista vastannutta laboratorioinsinööri Kaisa Orajärveä hyvästä yhteistyöstä.

Oulussa 28.4.2014

Juho-Matti Tirola

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoitteet	7
1.2 PrinLab	7
2 PAINETTAVA ELEKTRONIIKKA	9
2.1 PrintoCent	9
2.2 Sovellutukset	9
2.2.1 OLED (Organic Light Emitting Diode)	10
2.2.2 Energialähteet	11
2.3 Haasteet ja tulevaisuus	11
3 SÄILIÖKAAVARIN TARKOITUS JA TOIMINTA	13
3.1 SOM100 R2R -painokone	13
3.2 Syväpainomenetelmä	13
3.3 Muita painomenetelmiä	15
3.3.1 Flexopainomenetelmä	15
3.3.2 Silkkipainomenetelmä	16
3.3.3 Kuumapuristusmenetelmä	17
3.4 Musteet	17
3.4.1 Johtavat musteet	18
3.4.2 Vastusmusteet	18
3.4.3 Eristävät musteet	18
4 KAAVARIN SUUNNITTELU	19
4.1 Runko	19
4.2 Kiinnitys	20
4.3 Musteen tiivistys	21
4.4 Terärakenne	21
4.5 Materiaali ja liitännät	23
4.6 3D-suunnittelu	23
5 TESTAUKSET	24

5.1 3D-tulostusmenetelmät	24
5.2 Ensimmäinen testiversio	24
5.3 Toinen testiversio	26
5.4 Kolmas testiversio	28
6 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	31
LIITTEET	
Liite 1. Lähtötietomuistio	
Liite 2. Säiliökaavarin piirustukset	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan ja toteutetaan kammiokaavari PrinLabin SOM100 R2R -painokoneen syväpainoyksikköön. Kaavarin tarkoituksena on levittää mustetta painotelalle, jolla se painetaan edelleen nauhalle.

Aiemmin musteenlevitys on toteutettu siten, että työntekijä on pipetillä levittänyt mustetta kaavarin terälle, joka on levittänyt musteen telalle. Menetelmä on kömpelö ja vaatii koko ajan yhden työntekijän läsnäolon. Suunniteltava kaavari hoitaa musteenlevityksen automaattisesti. Se on säiliömäinen ”kuppi”, joka asennetaan telaa vasten ja jossa muste kiertää pumpun avulla.

1.1 Tavoitteet

Työn päätavoitteena on suunnitella kaavari ja tehdä siitä 3D-mallit, kokoonpanopiirustus sekä osien työpiirustukset, joiden perusteella se voidaan myöhemmin valmistaa. Kaavarille pitää myös kehittää pikakiinnitys, jolla se on nopeasti kiinnitettävissä ja irrotettavissa. (Liite 1.)

Muita oheisvaatimuksia työlle ovat kaavarin terien paineen hienosäätö, materiaalin pesuaineenkesto ja liitännät mustepumppua varten. Toiveina esitettiin myös, että mustesäiliön tilavuus olisi noin 50 ml ja kaavarin tulisi olla valmistettavissa normaaleilla konepajamenetelmillä.

Kaavarin toimivuuden varmistamiseksi sitä testataan ennen lopullisen kaavarin valmistamista. Testiversiot valmistetaan 3D-tulostimella OAMK:n laboratoriossa.

1.2 PrinLab

PrinLab-laboratorion tarkoituksena on laajentaa painettavan elektroniikan kehitysympäristöä ja tukea erilaisia painettavan älykkyyden projekteja. Se tutkii, testaa ja kehittää erilaisia painotekniikoita ja sovelluksia. (1.)

PrinLab toimii läheisessä yhteistyössä eri yliopistojen ja tutkimuskeskusten, muun muassa Oulun yliopiston ja VTT:n, kanssa. Se on osa kansainvälistä PrintoCent-projektia. (1.)

OAMK keskittyy painettavan elektroniikan sovelluksiin yhteistyössä pienten ja keskisuurten yritysten kanssa. Tällä hetkellä näillä yrityksillä on vain rajoitetut mahdollisuudet testata erilaisia sovelluksia tutkimuslaitoksissa. PrinLab-laboratorio alentaa yritysten kynnystä ottaa osaa painettavan elektroniikan sovellusten tutkimukseen ja kehitykseen.

2 PAINETTAVA ELEKTRONIikka

Nykypäivän jatkuvasti kehittyvän teknologian yhteiskunnassa on tarvetta uusille innovaatioille ja teknisille ratkaisuille. Uusia ratkaisuja kehitetään koko ajan, mutta monesti nämä ovat, ainakin alkuvaiheessa, hyvin kalliita valmistaa ja saada tavallisen kuluttajan ulottuville.

Elektroniikka on hyvin tärkeää nykyään, ja sitä löytyy jo lähes joka paikasta. Jokaisessa kodinkoneessakin on elektroniikkaa. Helpompi olisi luetella ne laitteet, joissa sitä ei ole. Tämän vuoksi elektroniikkaa tutkitaan ja kehitetään yhä enemmän.

Jotta saataisiin yleistä elektroniikan hintatasoa alemmas, on myös siihen alettu soveltamaan massatuotantomenetelmiä. Sellaista on myös painettava elektroniikka, johon keskittyvät kansainvälinen painettavan älykkyyden pilottitehdas PrintoCent ja osana sitä PrinLab. Tämän opinnäytetyön kohteena on kehittää elektroniikan massatuotantoa R2R-painokoneella, joka on kuin perinteinen paperikone pienoiskoossa. Tällainen ratkaisu on todella halpa ja tehokas tapa tuottaa painettavaa elektroniikkaa.

2.1 PrintoCent

PrintoCent on kansainvälinen projekti, joka keskittyy painettavan elektroniikan kehittämiseen tavoitteenaan luoda uusia komponentteja, tuotteita ja ratkaisuja. Projektissa on mukana 35 yritystä ympäri Euroopan. Se työllistää tällä hetkellä yli 200 työntekijää eri jäsenyrityksissä, oppilaitoksissa ja tutkimuskeskuksissa. Pääasiallinen kehitys- ja tuotantokeskus sijaitsee Oulussa ja pääkoordinaattorina toimii VTT. (2.)

2.2 Sovellutukset

Painettava elektroniikka perustuu uusien materiaalien ja kustannustehokkaiden sekä laaja-alaisten tuotantoprosessien yhdistelmään, joka antaa monia mahdollisuuksia sovellutuksille. Ohuus, keveys ja taipuisuus ovat painettavan elektroniikan etuja. Näiden vuoksi sitä voidaan käyttää monissa elektronisissa komponenteissa ja laitteissa. (3.)

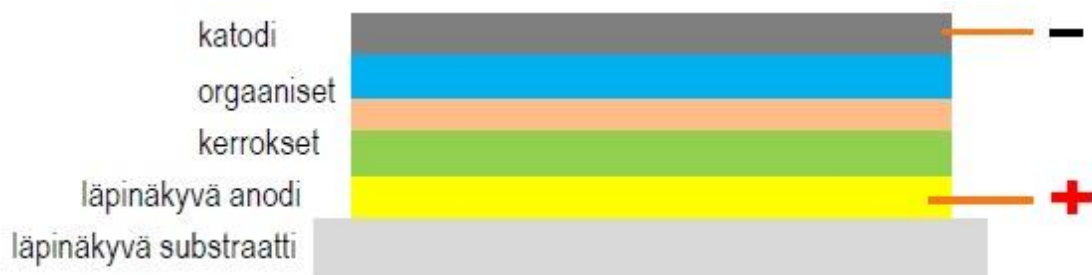
Esimerkkejä painettavan elektroniikan käyttökohteista ovat rullattavat näytöt, taipuisat aurinkopaneelit, erilaiset sensorit, OLED-teknologia ja akut. Nämä ovat vain murto-osa kaikista mahdollisuuksista (kuva 1).



KUVA 1. Painettavan elektroniikan sovellutuksia, vasemmalta lukien: aurinkopaneeli, OLED-näyttö ja muistiyksiköitä (4)

2.2.1 OLED (Organic Light Emitting Diode)

Yksi tärkeimmistä tämänhetkisistä painettavan elektroniikan sovellutuksista on OLED-teknologia, jota käytetään muun muassa erilaisiin näyttöihin. OLED koostuu läpinäkyvälle substraatille asennetuista puolijohtavista orgaanisista kerroksista, jotka ovat kahden elektrodikerroksen välissä (kuva 2). Kun jännite johdetaan orgaanisten kerrosten läpi katodin ja anodin kautta, elektronivirta aiheuttaa sähkövirran nousun. Tästä seuraa, että elektronivirta ja orgaanisissa kerroksissa olevat reiät saavat aikaan näkyvän valon. (5.)



KUVA 2. OLED:n rakenne (6)

OLED ei tarvitse taustalevyä, joten se on erittäin kevyt ja taipuisa. Tämä on suuri etu esimerkiksi tulevaisuuden OLED-näyttöissä. Tällä hetkellä esimerkiksi Samsung on tuonut jo markkinoille ensimmäiset OLED-teknologiaa käyttävät näyttönsä (7).

2.2.2 Energialähteet

Ohuita ja taipuisia energialähteitä, kuten pattereita ja akkuja, käytetään nykyään joissain kohteissa. Niissä kuitenkin riittää vielä paljon kehitettävää. Muun muassa kapasiteetti, hinta ja liitettävyyden ovat huonolla tasolla. Seuraavien muutaman vuoden aikana painettavien energialähteiden yleisen saatavuuden oletetaan kasvavan, siirtyen aluksi matalan kapasiteetin kohteista aina suurempiin ja tehokkaampiin energialähteisiin. (5.)

Tavoitteena on, että tulevaisuudessa energialähteet voitaisiin painaa suoraan käyttökohteisiin. Esimerkiksi matkapuhelimen akku voitaisiin painaa suoraan piirilevylle, joten erillistä akkua ei tarvita ja kohteen koko sekä paino pienenevät. Tällaista paristoa kutsutaan myös pehmoparistoksi (kuva 3).



KUVA 3. Enfucell pehmoparisto (SoftBattery) (6)

Pehmoparisto voidaan valmistaa täysin R2R-painokoneella. Lopputuotteen koko voi olla 1 - 100 cm² ja paksuus enimmillään 0,7 mm. Tällaisen pariston kapasiteetti on 1,5/3,0 V ja 10 - 90 mAh. (6.)

2.3 Haasteet ja tulevaisuus

Painettavalla elektroniikalla on vielä pitkä tie arkipäiväiseksi teknologiaksi, koska sillä on vielä monia haasteita. Materiaalit ovat kalliita, eivätkä ne ole ominaisuuksiltaan, kuten johtavuudeltaan ja eliniältään, vielä optimaalisella tasolla. Materiaalien kehitys on välttämätöntä, mikäli halutaan saada aikaan pitemmälle kehittyneitä elektronisia rakenteita. (6.)

Parantamista vaatii myös painokoneiden kohdistustarkkuus. Vaatimukset tarkkuuksille ovat kovia, jopa alle 20 μm . Mikäli tarkkuutta voitaisiin parantaa, johtaisi se painettavan elektroniikan toiminnallisuuden ja suorituskyvyn paranemiseen. Kohdistustarkkuuden parantaminen on haastavaa muun muassa alustan vääntymisen, venymisen ja kutistumisen sekä suurentuvien nopeuksien vuoksi.

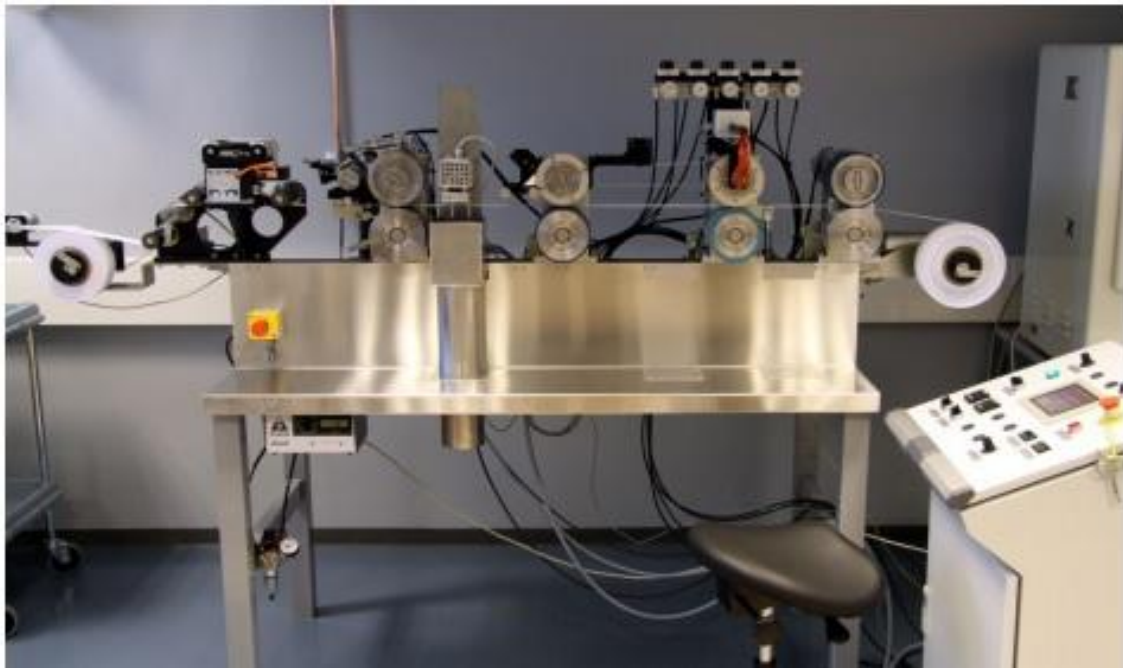
(6.)

3 SÄILIÖKAAVARIN TARKOITUS JA TOIMINTA

Säiliökaavari toimii R2R-painokoneen syväpainoyksikössä. Sen tehtävänä on levittää mustetta painotelalle, jolla sitä painetaan painonauhalle.

3.1 SOM100 R2R -painokone

Painokone (kuva 4) on pienen mittakaavan painettavan elektroniikan rullalta-rullalle -laite, joka on varustettu flexopaino-, syväpaino- ja kuumapainoyksiköillä. Lisäksi siitä löytyy kuumailma- ja infrapunakuivausyksiköt. Sillä voidaan ajaa maksimissaan 80 mm leveää nauhaa nopeudella 0,1 - 26 m/min. Painokoneen on suunnitellut ja valmistanut Suomen Optomekaniikka Oy. (8.)

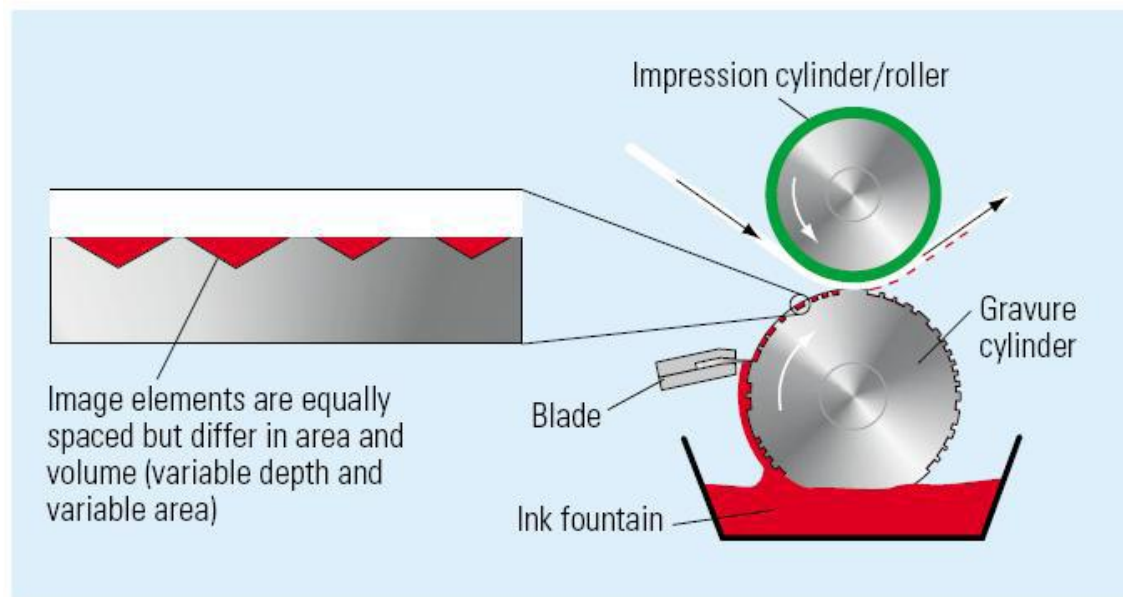


KUVA 4. SOM100 R2R-painokone (8)

3.2 Syväpainomenetelmä

Syväpainomenetelmässä (kuva 5) painokuvion painaminen nauhalle tapahtuu painotelan avulla. Painotela on valmistettu teräksestä ja se pinnoitetaan kuparilla, kromilla tai keraamipinnoitteella. Tela kiillotetaan erittäin sileäksi, minkä jälkeen siihen työstetään halutun painokuvion muotoiselle alueelle mikroskooppi-

sen pieniä koloja. Kolojen tilavuus, mittasuhteet, kulmat ja muodot vaihtelevat painotelan käyttötarkoituksen mukaan. (9.)



KUVA 5. Syväpainomenetelmän toimintaperiaate (10)

Telan pyöriessä painomustetta tarttuu mustesäiliöstä telan pinnalle. Kaavarin terä puhdistaa telasta ylimääräisen musteen pois jättäen mustetta ainoastaan pinnassa oleviin pieniin koloihin. On huomioitava, ettei kaavarin terän paine ole liian suuri, koska telan herkkä pinnoite voi vaurioitua liian suuresta voimasta. Nauhan kulkiessa painotelan ja vastatelan välistä koloissa oleva muste siirtyy nauhalle. Painotelan ja nauhan keskinäisten liikesuuntien mukaan syväpaino jaetaan myötäsuuntaiseen syväpainoon (Forward gravure) ja käänteiseen syväpainoon (Reverse gravure). (9.)

Syväpainomenetelmän painotarkkuus on oikealla painomateriaalilla hyvä, ja sillä voidaan painaa jopa 10 μm :n viivanleveyksiä. Painettavien mustekerrosten paksuus voi olla 0,02 - 12 μm . (9.) Muita syväpainomenetelmän etuja ovat sen yksinkertainen toimintaperiaate ja rakenne. Lisäksi sillä on korkea tuotantopeus. (10.)

Telan valmistusprosessi on hidas ja kallis, koska sen toleranssit ovat pienet. Kalliin hinnan vastapainoksi syväpainotela on hyvin pitkäikäinen. Prosessiparametreille on tarkat vaatimukset, koska painetun elektronikan sovelluksissa

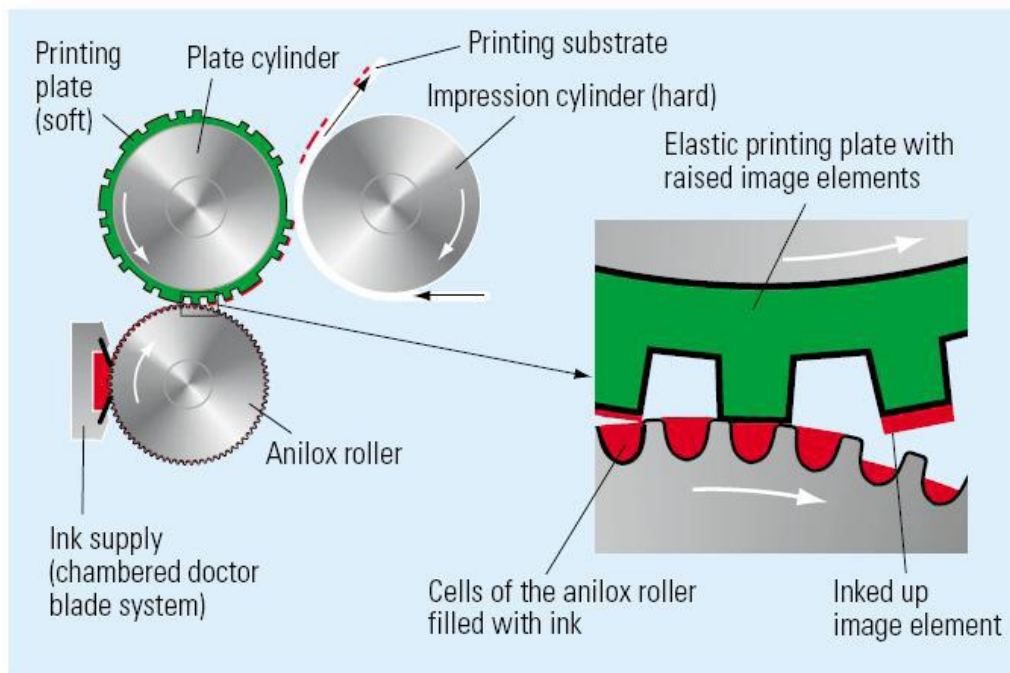
erityistä huomiota on kiinnitettävä syväpainon tuottamien mustepisteiden riittävään leviämiseen. Näin esimerkiksi johtavilla musteilla painettavat pinnat saavuttavat sähkön johtavuuden koko painopinnalla. (9.)

3.3 Muita painomenetelmiä

On olemassa monia muita painettavan elektronikan painomenetelmiä, joita käytetään yleisesti. Esimerkiksi flexopaino-, silkkipaino- ja kuumapuristusmenetelmät. Huomionarvoista on se, että painokoneissa on usein monta erityyppistä painoyksikköä. Esimerkiksi PrinLabin SOM100 R2R -painokoneessa on syväpaino-, flexopaino- ja kuumapuristusyksiköt.

3.3.1 Flexopainomenetelmä

Flexopainomenetelmä (kuva 6) eroaa syväpainomenetelmästä siten, että mustetta ei levitetä painomateriaalille suoraan telalta, jolle muste levitetään. Tässä tapauksessa käytetään kolmen telan rakennetta, joista alimmalle (Anilox-telalle) muste levitetään säiliökaavarilla. Tältä telalta muste siirretään keskimmaiselle flexopainotelalle, jonka ympärillä olevaan flexo-laattaan on kaiverrettu haluttu painokuvio. Tämä tela painaa kuvion edelleen painomateriaalille. (9.)



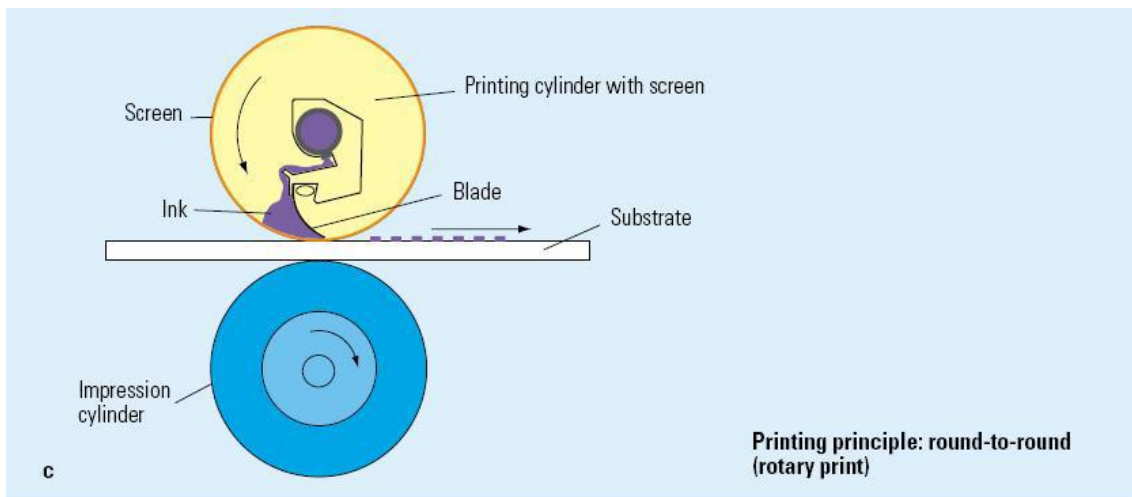
KUVA 6. Flexopainomenetelmän toimintaperiaate (10)

Flexopainomenetelmän hyvinä puolina voidaan mainita yksinkertainen toimintaperiaate ja painorakenne. Lisäksi siinä voidaan käyttää monia erilaisia painomateriaaleja ja musteen säädettävyys on melko tarkkaa. (11.)

Verrattaessa muihin painomenetelmiin flexopainon painolaatu ja rekisteröintitarkkuus ovat heikompia. Myös painonopeus on hitaampi. (11.)

3.3.2 Silkkipainomenetelmä

Silkkipainomenetelmässä (kuva 7) painomuste on painotelan sisällä, josta se puristetaan painomateriaalille telan pinnalle asetettavan hyvin tiheän verkon läpi. Verkon pinta on pinnoitettu valoherkällä ja mustetta läpäisemättömällä kalvolla, johon painokuvio on valotettu. Valotuksessa kalvoa syövytetään painokuvion muotoa vastaavilta osilta, jolloin nämä osat muuttuvat mustetta läpäiseväksi. Tällä tavalla muste levittyy materiaalille haluttuun muotoon. (9.)

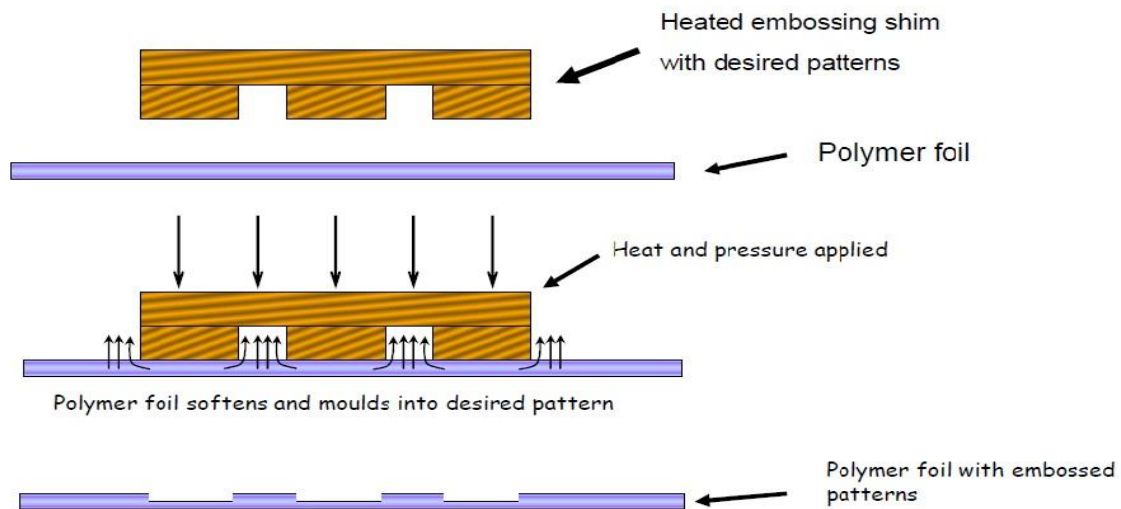


KUVA 7. Silkkipainomenetelmän toimintaperiaate (10)

Silkkipainomenetelmällä päästään suureen painonopeuteen ja korkeaan painolaatuun. Edellytyksenä näille on oikeanlainen muste, jonka valinta on tarkkaa. Käytettävän musteen viskositeetin täytyy olla sopiva suhteessa pintakalvon paksuuteen ja läpäisevyyteen. Viskositeetiltaan liian korkea muste ei läpäise riittävän hyvin kalvoa. (10.)

3.3.3 Kuumapuristusmenetelmä

Kuumapuristusmenetelmä (kuva 8) poikkeaa aikaisemmista menetelmistä siten, että siinä ei käytetä mustetta. Haluttu painokuvio painetaan lämmön avulla materiaalille. Painotelan ympärille asetetaan kuumapuristushiha, johon on työstetty haluttu painokuvio. Telan sisällä oleva lämmitysyksikkö lämmittää hihaa, joka lämmön ja paineen yhteisvaikutuksesta painaa kuvion painomateriaalille. (9.)



KUVA 8. Kuumapuristusmenetelmän toimintaperiaate (12)

Tarvittava painolämpötila riippuu painomateriaalista. Esimerkiksi käytettäessä polykarbonaattia, jota käytetään SOM100 R2R -koneessa, painolämpötilan on oltava noin 150 °C (12). On tärkeää, että painolämpötila on juuri oikea, sillä pienikin muutos huonontaa painojälkeä.

Kuumapuristusmenetelmää voidaan käyttää monenlaisiin kohteisiin, kuten OLED-näyttöihin ja elintarvikepakkauksiin. Tekniikka on kuitenkin vielä kehityksen alla, mutta tulevaisuudessa sille tulee olemaan paljon käyttöä. (12.)

3.4 Musteet

Painettavassa elektroniikassa käytetään kolmenlaisia musteita: johtavia, puolijohtavia ja eristäviä. Sähköä johtavilla musteilla muodostetaan sähköiset kontaktit piirien välille. Puolijohtavia voidaan käyttää aktiivisten komponenttien valmistamiseen. Eristävillä musteilla pyritään estämään varauksen kulkeutuminen

ei-toivotuille alueille ja eristämään monikerrosrakenteiden kerrosten väliset joh-
tavuudet. Musteet ovat tyypillisesti vesipohjaisia, liuotinpohjaisia tai UV-
kuivattavia ja ne koostuvat karkeasti kolmesta komponentista: toiminnallisesta
osasta, liuottimesta ja lisäaineesta. (3.)

Toiminnallinen osa määrittää sen kuuluuko muste johtaviin, puolijohtaviin vai
eristeisiin. Liuottimen tehtävänä on estää tukkiutumista ja taata musteen pa-
rempi leviäminen. Lisäaineita käytetään muun muassa kasautumisen estämi-
seen ja sidosaineena. (7.)

3.4.1 Johtavat musteet

Johtavat musteet mahdollistavat elektronien liikkumisen materiaalissa tämän
ollessa jännitteessä. Musteen johtavuutta voidaan parantaa kasvattamalla mus-
tekerroksen paksuutta painamalla useampia kerroksia päällekkäin. Myös mus-
teissa käytettävä partikkelimateriaali vaikuttaa lopullisen painoaihion johtavuu-
teen. Johtavissa musteissa voidaan käyttää johtavana komponenttina johtavia
polymeerejä, metallihiutaleita, metallinanopartikkeleita ja hiilinanoputkia. (3.)

3.4.2 Vastusmusteet

Vastusmusteet valmistetaan hiilestä. Nykyään on jo saatavissa resistiivisyydel-
tään monentyyppisiä, esimerkiksi 100 Ω , 1000 Ω tai 10 000 Ω :n musteita. Vas-
tusmusteissa käytettäviä polymeerejä on useita, kuten vinyyli, epoksi ja akryyli.
Näitä voidaan käyttää myös johtavissa musteissa. (3.)

3.4.3 Eristävät musteet

Eristemusteilla tarkoitetaan polymeerimusteita, joilla voidaan eristää esimerkiksi
vedot toisistaan tai mahdollistamaan erilaiset ylivedot. Toisin sanoen eristeitä
käytetään estämään virran kulkua. (3.)

4 KAAVARIN SUUNNITTELU

Ennen työn aloitusta sovittiin tilaajan kanssa lista (taulukko 1) kaavarin vaatimuksista, jossa näkyy se, onko vaatimus kiinteä, valinnainen vai toive. Kaikkiin listassa esitettyihin vaatimuksiin päästiin.

TAULUKKO 1. Vaatimuslista.

Vaatus	KV, VV vai T
Pikakiinnitys kaavarille	KV
Kaavarin paineen hienosäätö	KV
Musteen tiivistys	KV
Materiaalina alumiini tai muovi	VV
Pesuaineen kesto	KV
Mustetta kierrättävän pumpun liitännät	KV
Säiliön tilavuus noin 50ml	VV
Valmistettavissa normaaleilla konepajamenetelmillä	VV
Mahdolliset ruuviliitoskomponentit tyypiltään samoja, kuin muissa koneen rakenteissa	T

Kaavarin suunnittelu aloitettiin käymällä tutustumassa VTT:llä sijaitsevaan painokoneeseen ja sen kaavariratkaisuun. Sieltä saatiin apua muun muassa tiivistysongelmaan.

4.1 Runko

Aiemmin oli saatu kaavarin rungosta mallikappale, joka oli VTT:n kaavarista leikattu pala (kuva 9). Sitä käytettiin pohjana rungon suunnittelulle, joten päämitat ovat suurelta osin samat.



KUVA 9. Runko

Rungon molemmille sivuille tulevat tiivistysmuovit. Ne kiinnitetään runkoon päätykappaleilla, jotka ovat muodoltaan samanlaiset kuin runko. Kiinnityseliminä voidaan käyttää esimerkiksi kuusiokoloruuveja.

4.2 Kiinnitys

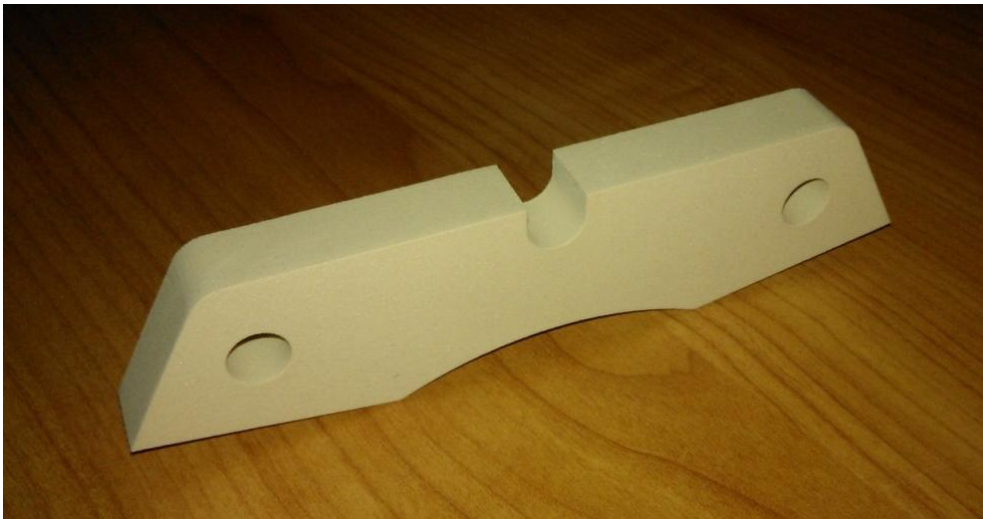
Yhtenä vaatimuksena oli, että kaavarin tulee olla nopeasti irrotettavissa ja liitettävissä, joten siihen täytyi suunnitella nopea pikakiinnitys, joka kuitenkin on jäykkä. Lisäksi täytyi ottaa huomioon, että irrotusvaiheessa säiliöön mahdollisesti jäänyt muste ei saisi levitä ympäristöön. Tätä voidaan ehkäistä sijoittamalla kaavari loivaan kulmaan suhteessa pysty akseliin. Tässä tapauksessa kaavarin rungon kulma suhteessa pysty akseliin on noin 10 astetta.

Useita vaihtoehtoja harkittiin ja päädyttiin käyttämään seuraavaa ratkaisua: Kaavarin rungon alaosaan työstetään ote pinta, joka tarttuu vanhan kaavarin kiinnityksessä käytettyyn pulttiin. Rungon yläosaan työstetään uloke, joka voidaan kiinnittää toiminta-asennossa ruuvilla vanhan kaavarin kiinnityslevyyn.

Irrotus tapahtuu siten, että ensin yläosan ruuvi irrotetaan, jonka jälkeen käännetään kaavaria vastapäivään kunnes säiliöosa on suunnattu ylöspäin eikä mustetta pääse valumaan sieltä ulos. Tämän jälkeen kaavari voidaan irrottaa alaosan pultista.

4.3 Musteen tiivistys

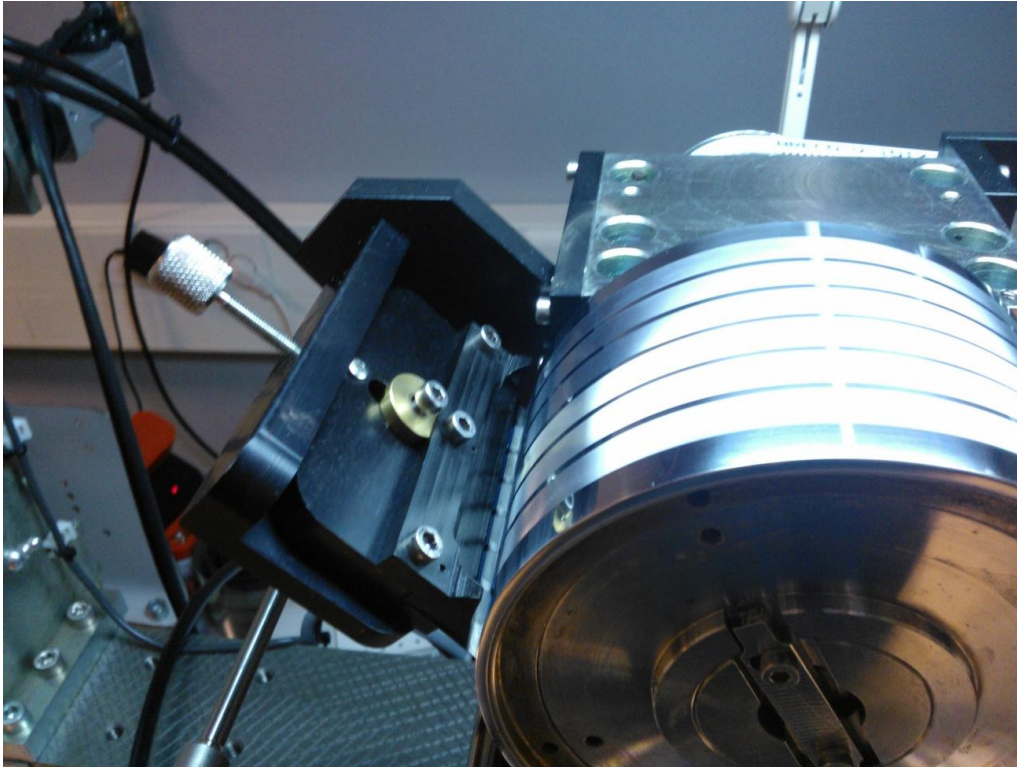
Tiivistys on tärkeässä osassa kaavarin suunnittelua. Mustetta ei saa vuotaa kaavarin reunoista sen ollessa toiminnassa. Tiiviste tulee kuitenkin olla helposti vaihdettavissa, sillä se kuluu telan pyöriessä sitä vasten. Päädyttiin käyttämään samaa tiivistettä (kuva 10) kuin VTT:n kaavarissa. Se on havaittu hyväksi ja riittävän tiiviiksi ratkaisuksi.



KUVA 10. Tiiviste

4.4 Terärakenne

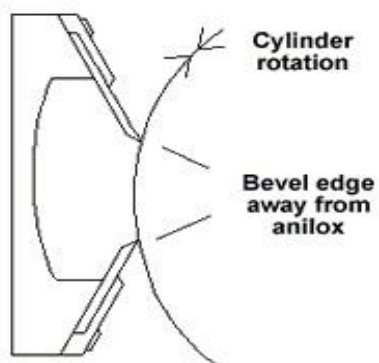
PrinLabilla aikaisemmin käytössä olleessa kaavarissa (kuva 11) oli vain yksi terä, jolle muste levitettiin pipetillä. Uudessa kaavarissa käytetään kahden terän ratkaisua. Tässä ratkaisussa ensimmäinen terä puhdistaa telaa ja jälkimmäinen terä toimii varsinaisena musteenlevittäjänä.



KUVA 11. Kaavarin vanha rakenne

Rakenteessa vaihtoehtoina olivat myötäkarvaus, jossa terät on suunnattu ulospäin, ja vastakarvaus, jossa terät ovat sisäänpäin. Kaavarissa päädyttiin käyttämään vastakarvausta (kuva 12).

Enclosed chamber system



KUVA 12. Vastakarvauksen terärakenne (13)

Vastakarvauksessa terien kulma suhteessa telaan on hyvä olla loiva. Tällä minimoidaan terien aiheuttamaa, telan pyörimistä vastustavaa voimaa ja kitkaa.

Terärakenteeseen liittyy myös terien paineen hienosäätö, jolla terien sijaintia telan suhteen voidaan muuttaa. Ratkaisuna tähän käytetään yksinkertaista ruuvimenetelmää. Terät puristetaan kahden pidikkeen väliin, joiden pätyyn tehdään kolot. Rungossa olevien ruuvien kärjet osuvat niihin, ja kun ruuvia kiristetään, se pakottaa terää liikkumaan kohti painotelaa. Terärakenne kiinnitetään runkoon kuusiokoloruuveilla, joiden reiät ovat uramaisia, joten se sallii liikkumisen hienosäädön yhteydessä.

4.5 Materiaali ja liitännät

Kaavarin ainoana materiaalivaatimuksena on, että sen pitää kestää mustetta ja pesuainetta. Loogisin ja paras ratkaisu materiaaliksi on alumiini, joka on lisäksi kevyttä ja helppoa työstää. Mahdollista on tehdä kaavari myös muovista käyttämällä 3D-tulostusmenetelmiä.

Mustesäiliöön tarvitaan liitännät mustepumpulle, meno- ja paluuaukko. Osien liittämiselementteinä sovittiin käytettäväksi standardien mukaisia kuusiokoloruuveja.

4.6 3D-suunnittelu

Ennen varsinaisen piirtämisen aloitusta, tarvittiin tarkat mitat painokoneen syväpainoyksiköstä. PrinLabilla piirustuksia ei ollut, joten ne tilattiin koneen valmistajalta, Suomen Optomekaniikka Oy:ltä. Niiden perusteella mallinnettiin syväpainoyksikkö CATIA-ohjelmistolla ja alettiin mallintaa kaavaria. Tarkkojen mittojen saaminen oli tärkeää, koska niiden perusteella voitiin suunnitella kaavarin sijoitusta painokoneen runkoon nähden. Näin vältettiin yhteensopivuusongelmat.

Kaavaria alettiin hahmotella mittaamalla päämittoja VTT:ltä saadusta mallirungosta. Niiden mukaan saatiin runko mallinnettua nopeasti. Seuraavaksi mallinnettiin päätykappaleet. Kun ne oli saatu valmiiksi, keskityttiin teräratkaisuun.

5 TESTAUKSET

Ennen varsinaisen kaavarin valmistusta ja käyttöönottoa suoritettiin testiajoja. Useita testiversioita tulostettiin OAMK:n laboratoriossa 3D-tulostimella. Tällä tavalla voitiin helposti nähdä kaavarin sopivuus painokoneeseen käytännössä sekä mahdolliset suunnitteluvirheet ja niiden perusteella tehdä mahdollisia parannuksia ennen lopullisen kaavarin valmistamista.

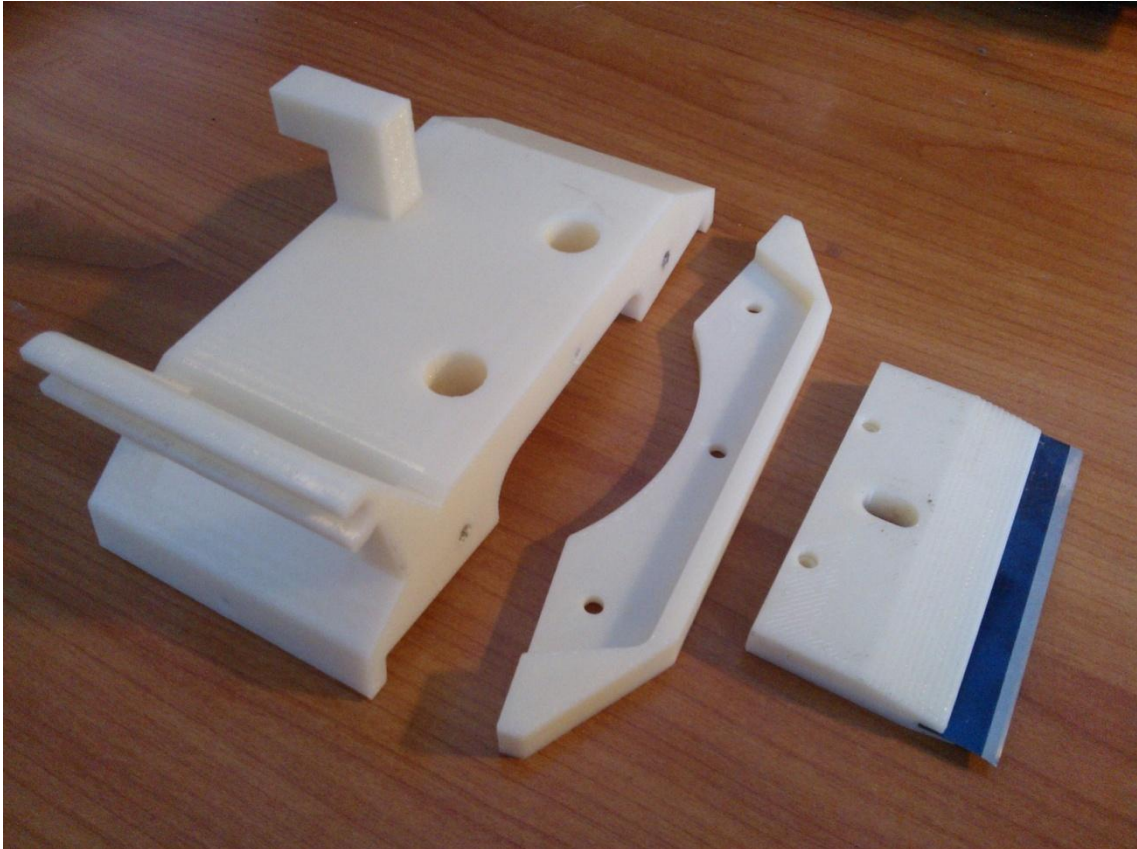
5.1 3D-tulostusmenetelmät

OAMK:n 3D-tulostuslaboratorio toimii osana hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskusta (HYTKKE). Se palvelee alan yrityksiä ja muita organisaatioita. Keskuksessa olevia laitteita, tiloja ja ohjelmistoja voidaan käyttää tuotekehityksen ja tutkimuksen eri vaiheissa pikamallintamisen lisäksi käytettävyyden arviointiin, ihmisen mittaamiseen sekä kehitteillä olevien laitteiden luotettavuuden arviointiin. (14.)

Pikamallinnusta varten laboratoriossa on kaksi konetta. FDM-teknoologiaan perustuva FDM Vantage SE -pikamallikone sekä Dimension Elite 3D-tulostin. Näillä rakennetaan pikamallit tilaajan tarpeiden mukaisesti. Valmistusmateriaalina käytetään erilaisia muoveja, kuten ABS+, ABS, PC-ABS sekä PC-ISO. Materiaalit kestävät hyvin työstämistä, kuten poraamista, hiomista ja maalaamista. Pikamallia voidaan käyttää sellaisenaan tai pintakäsittelynä lopputuotteessa tai hyödyntää sitä vaikkapa tarkkuusvalumallina. Kerrostarkkuusvaihtoehtoja ovat 0,254, 0,1788 ja 0,127 mm. (15.)

5.2 Ensimmäinen testiversio

Ensimmäinen testiversio kaavarista saatiin valmiiksi 20.3.2014. Se valmistettiin 3D-tulostamalla. Tulostus tehtiin FDM-tekniikkaa käyttävällä koneella. Kerrospaksuutena käytettiin 0,254 mm, joka oli tässä vaiheessa riittävä. Osat (kuva 13) vastasivat suunniteltua mittatarkkuudeltaan ja ne sopivat hyvin toisiinsa.



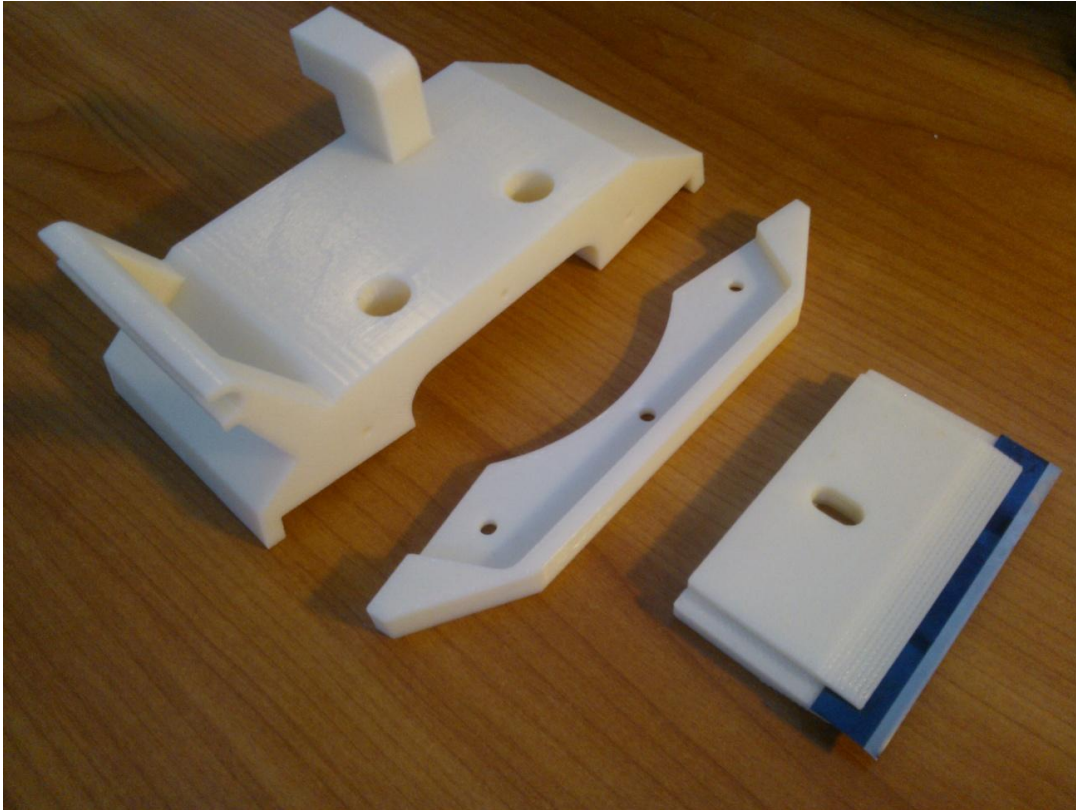
KUVA 13. Ensimmäisen testiversion tulosteet

Liitoselementteinä käytetään kuusiokoloruuveja, joiden kierrereiät tehtiin itse kierrettyökälulla. Mahdollista olisi ollut tehdä myös kierteet tulostimella, mutta se olisi vienyt enemmän aikaa. Kierteitä tehdessä havaittiin, ettei muovimateriaali kestänyt kovinkaan suuria voimia ennen kuin kierteet pettivät.

Kaavaria testatessa havaittiin myös pieniä parannuskohteita. Tiivisteessä ollessa paikoillaan havaittiin sen ja terän alapitimen välissä pieni rako, josta muste mahdollisesti voisi päästä vuotamaan ulos. Tämä ratkaistiin kaventamalla alapidintä, jotta tiiviste painuu suoraan terää vasten. Terärakennetta paranneltiin myös siten, että terän yläpitimeen tehtiin kolo, johon kaventunut alapidin asetuu. Tällä tavalla ne pysyvät paremmin kiinnitettyinä toisiinsa ja terärakenteen kokoaminen ja asentaminen runkoon helpottuu. Kaavarin kiinnityselementtejä vahvistettiin myös, jotta vältettäisiin mahdollisia vääntymisiä.

5.3 Toinen testiversio

Toinen, paranneltu versio kaavarista tulostettiin 31.3.2014 (kuva 14). Tulosteet onnistuivat taas hyvin, eikä yhteensopivuudessa ollut ongelmia.



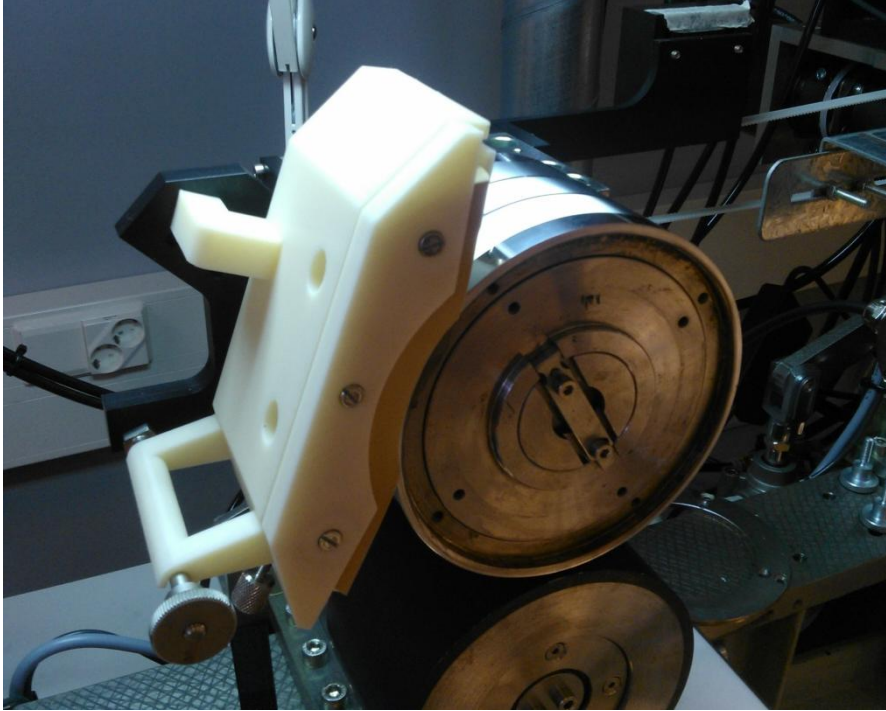
KUVA 14. Toisen testiversion tulosteet

Uudenmallinen terätkaisu havaittiin heti paremmaksi, koska ylä- ja alapidin istuivat tiukasti toisiinsa sovitekolon vuoksi (kuva 15).



KUVA 15. Toisen testiversion terätkaisu

Toinen testiversio istui kiinnityksen puolesta painokoneeseen paremmin kuin ensimmäinen versio. Kaavaria kootessa havaittiin, että tiivistemuovi saisi olla hieman ohuempi. Tällä hetkellä se puristuu varsin pieneen tilaan, mikä ei ole hyväksi tiiviyden kannalta. Lisäksi liian paksut tiivisteet aiheuttavat tarpeetonta kitkaa.



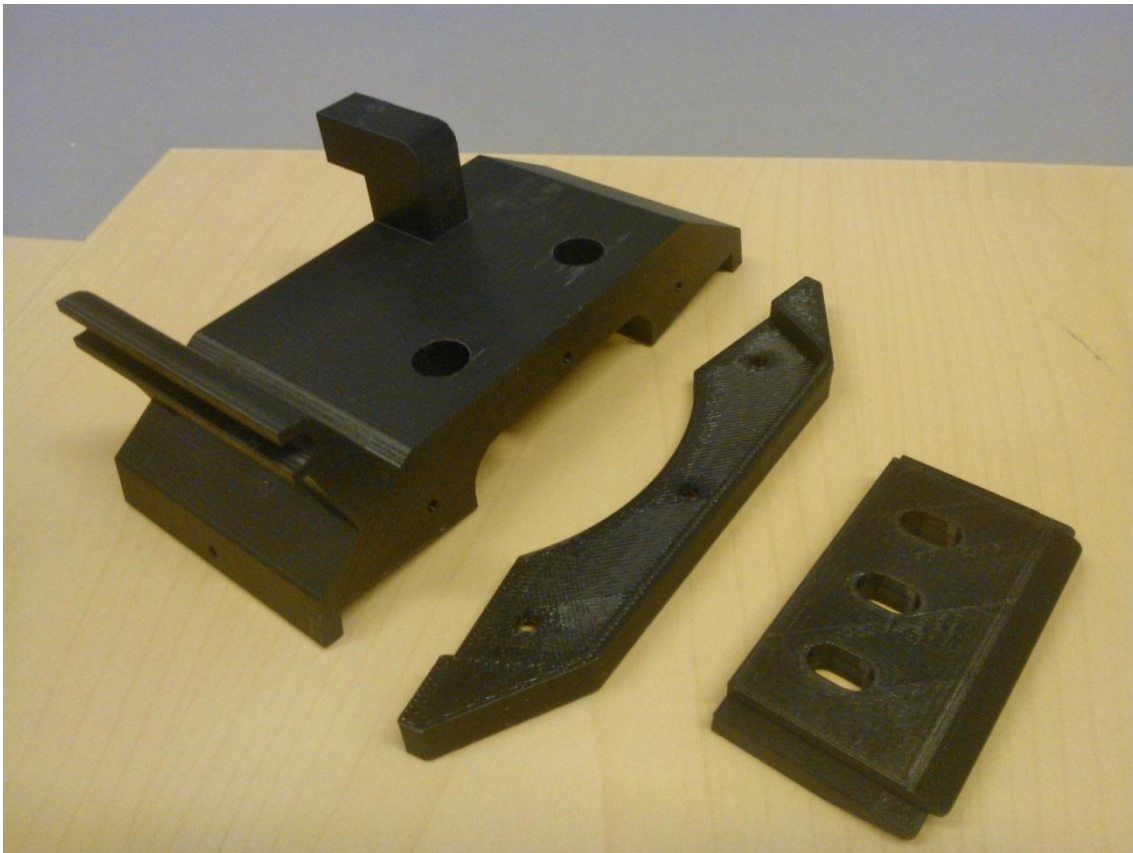
KUVA 16. Toinen testiversio asennettuna painokoneeseen

Ensimmäisen koeajon yhteydessä kävi ilmi, että tiivisteet puristuivat liian voimakkaasti telaa vasten. Tela ei jaksanut pyöriä puhtaasti, vaan alkoi nykiä. Nykiminen johtui telaa pyörittävästä hammashihnaratkaisusta. Kaavari vastusti pyörimistä niin paljon, että hihna alkoi hyppiä hammasrattaan hampaiden yli. Painokonetta suunniteltaessa ei nähtävästi otettu huomioon kaavarin jälkiasennusta. Ratkaisuna tähän päädyttiin tekemään päätykappaleisiin tiivisteille lisää tilaa, jotta ne eivät puristuisi niin voimakkaasti telaa vasten. Tiivisteitä myös kaivennettiin kitkan pienentämiseksi.

Tiiviyttä testatessa vedellä havaittiin myös, että vettä pääsi vuotamaan terärakenteen välistä. Tämä ratkaistiin lisäämällä tiivistysteippiä terän ylä- ja alapitimiin väliin.

5.4 Kolmas testiversio

Kolmannen ja viimeisen testiversion (kuva 17) ainoat muutokset kohdistuivat teräatkaisuun. Aiemmin teränpitimet kiinnittyivät yhdellä ruuvilla runkoon, tämä aiheutti paineen säädön yhteydessä terän kääntymistä vinoon suhteessa te-
laan. Lisäksi pitimet taipuivat siten, että ne olivat reunoilta irti rungosta ja pääs-
tivät nesteen vuotamaan ulos. Uudessa teräatkaisussa ruuvinreikiä on kolme,
näin saadaan teräpitimet pysymään suorassa ja tiiviisti runkoa vasten koko le-
veydeltään.



KUVA 17. Kolmannen testiversion tulosteet

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin säiliökaavari PrinLab-laboratorion SOM100 R2R -painokoneen syväpainoyksikköön. Kaavarin tehtävänä on levittää mustetta painotelalle. Painokoneessa aiemmin ollut yksinkertainen kaavari oli epäkäytännöllinen ja sitoi jatkuvasti yhden työntekijän, jonka piti levittää mustetta pipe-tillä suoraan kaavarin terälle.

Ratkaisuna suunniteltiin kaavari, joka levittää musteen itsenäisesti telalle. Tässä ratkaisussa muste kiertää pumpun avulla kaavarin sisällä olevassa noin 50 millilitran säiliössä. Säiliö on telaa vasten ja se on sivuilta tiivistetty. Sen ylä- ja alareunoilla ovat terät, joista ylempi puhdistaa telaa ja alempi levittää musteen telalle.

Kävimme PrinLabin edustajien kanssa vierailulla VTT:llä, jonka kaavariratkaisusta otin mallia. VTT:n painokone on joka suhteessa paljon suurempi ja edistyneempi kuin PrinLabin kone. Myös kaavari on hyvin pitkälle automatisoitu, sillä esimerkiksi liikuttaminen ja paineen hienosäätö tapahtuu sähköllä. Tällainen ratkaisu olisi ehdottomasti paras laadultaan ja käytettävyydeltään. Se on kuitenkin myös erittäin kallis ratkaisu, ja kun otetaan huomioon PrinLabin painokoneen pieni koko ja resurssien rajallisuus, ei senkaltainen ratkaisu olisi missään tapauksessa järkevä.

Kaavari suunniteltiin käyttämällä PrinLabin pyynnöstä CATIA-ohjelmistoa, joka on kohtuullisen hyvä työkalu tämänkaltaiseen projektiin. Kaavarin sopivuutta ja kiinnitystä voitiin mallintaa virtuaalisesti. Näin saatiin minimoitua virheitä. Valmiiden 3D-kuvien perusteella tulostettiin 3D-tulostimella testikappaleita, joita voitiin testata käytännössä. Lopullinen kaavari työstetään piirrettyjen 2D-kuvien pohjalta. 2D-kuvien piirtämiseen CATIA ei ole paras mahdollinen ohjelma. Tässä yhteydessä olisin mieluummin käyttänyt Inventoria, jolla 2D-kuvat olisivat valmistuneet varmasti nopeammin.

Aloituspalaverin yhteydessä sovitut opinnäytetyön tavoitteet toteutuivat hyvin. Kaavari saatiin suunniteltua aikataulun puitteissa. Nopeamminkin olisi voitu tuloksia saada. Ensimmäisen testikappaleen tulostuksen valmistumiseen kului yli

kolme viikkoa. Tämä johtui juuri samaan aikaan sattuneesta hiihtolomasta ja muista töistä tulostuslaboratoriossa. Muuten yhteistyö tulostuksista vastanneen laboratorion kanssa sujui erinomaisesti.

Kaavarin koeajot jäivät jonkin verran vajaiksi, mikä johtui telaa pyörittävästä hammashihnasta. Insinööritoimisto ei ollut ottanut huomioon myöhemmin asennettavaa kaavaria suunnitellessaan hammashihnaratkaisua painokoneeseen. Näenkin tässä kehityskohteen. Mielenkiintoista olisi nähdä, auttaisiko asiaan jo pelkkä hammashihnan ja -rattaan hampaiden koon suurentaminen.

LÄHTEET

1. Prinlab – A development laboratory of printed electronics. 2014. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/prinlab/> Hakupäivä 22.1.2014.
2. Printocent - towards industrialization and commercialization. 2014. Oulu: PrintoCent. VTT. Saatavissa: <http://www.printocent.net/>. Hakupäivä 18.1.2014.
3. Tingander, Tuomo 2010. Painettava elektroniikka tuotantotekniikkana. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, elektroniikan koulutusohjelma. Saatavissa : https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14627/tuomo_tingander.PDF?sequence=1. Hakupäivä 25.1.2014.
4. Printocent – Printed intelligence. 2014. Saatavissa: <http://www.printocent.net/presentation.html#5> Hakupäivä 24.1.2014.
5. Cantatore, Eugenio 2012. Applications of organic and printed electronics. New York: Springer.
6. Samsung AMOLED. 2014. OLED News and Information. Saatavissa: <http://www.oled-info.com/samsung-oled> Hakupäivä 5.3.2014.
7. Määttä, Harri 2014. T762803 Painettavan elektroniikan perusteet 3 op. Opintojakson materiaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
8. Prinlab – painettavien antureiden kehityslaboratorio. 2014. SOM100 R2R device. Oulu: OAMK. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/prinlab/equipment/> Hakupäivä 14.3.2014.
9. Miettälä, Risto 2011. Toiminnanohjausjärjestelmän määrittely painetun älykkyyden tutkimusympäristöön VTT:llä. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
10. Hast, Jukka 2009. Printing techniques: gravure, flexography, offset and screen printing. Oulu: VTT, Business from technology.

11. Hast, Jukka 2009. Painettava elektroniikka, turbopruju. Oulu: VTT, Business from technology.
12. Hast, Jukka 2009. Hot embossing. Oulu: VTT, Business from technology.
13. Esterlam International. 2014. Blades setup. Saatavissa: http://esterlam.com/blade_configurations.htm/ Hakupäivä 24.1.2014.
14. HYTKE – Hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus. 2011. Oulu: OAMK. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/hytke/> Hakupäivä 22.4.2014.
15. HYTKE – Hyvinvointiteknologian tutkimus- ja tuotekehityskeskus. 2011. Pikamallinnuspalvelut. Oulu: OAMK. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/hytke/docs/pikamallinnuspalvelu2011.pdf> Hakupäivä 22.4.2014.

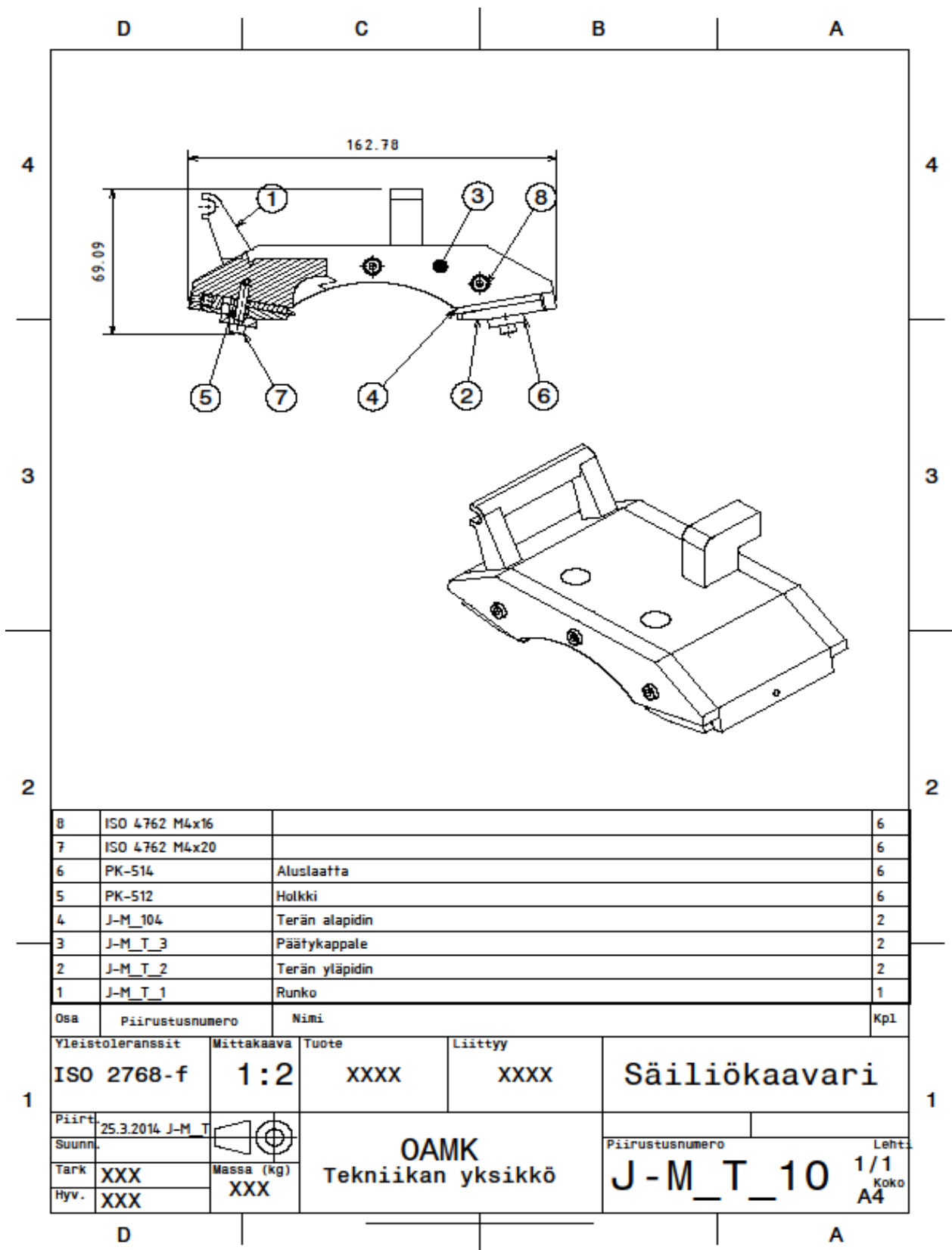
OSUUSYHDISTÖN
ARVIOINTIKORKEAKOULU II

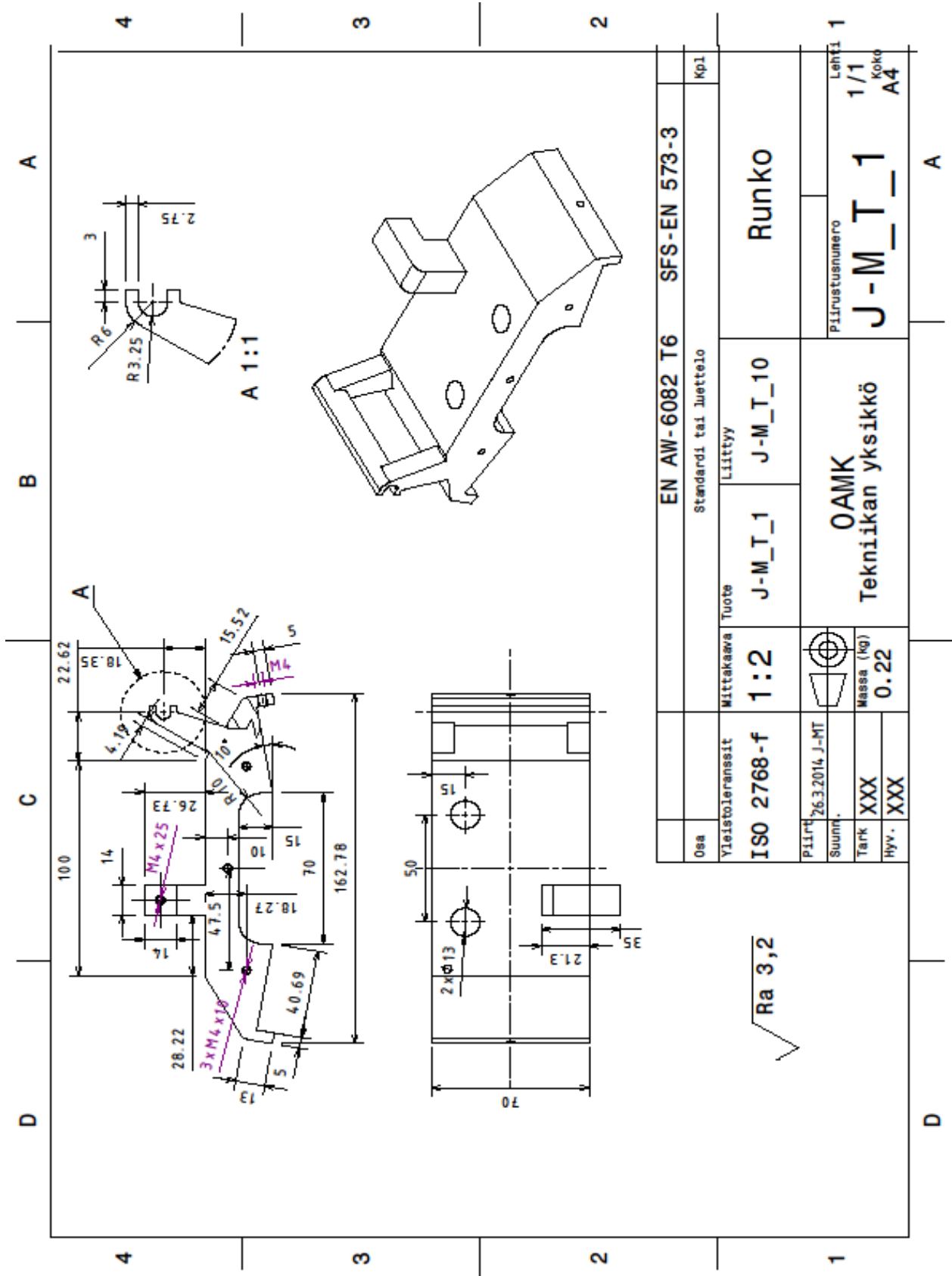


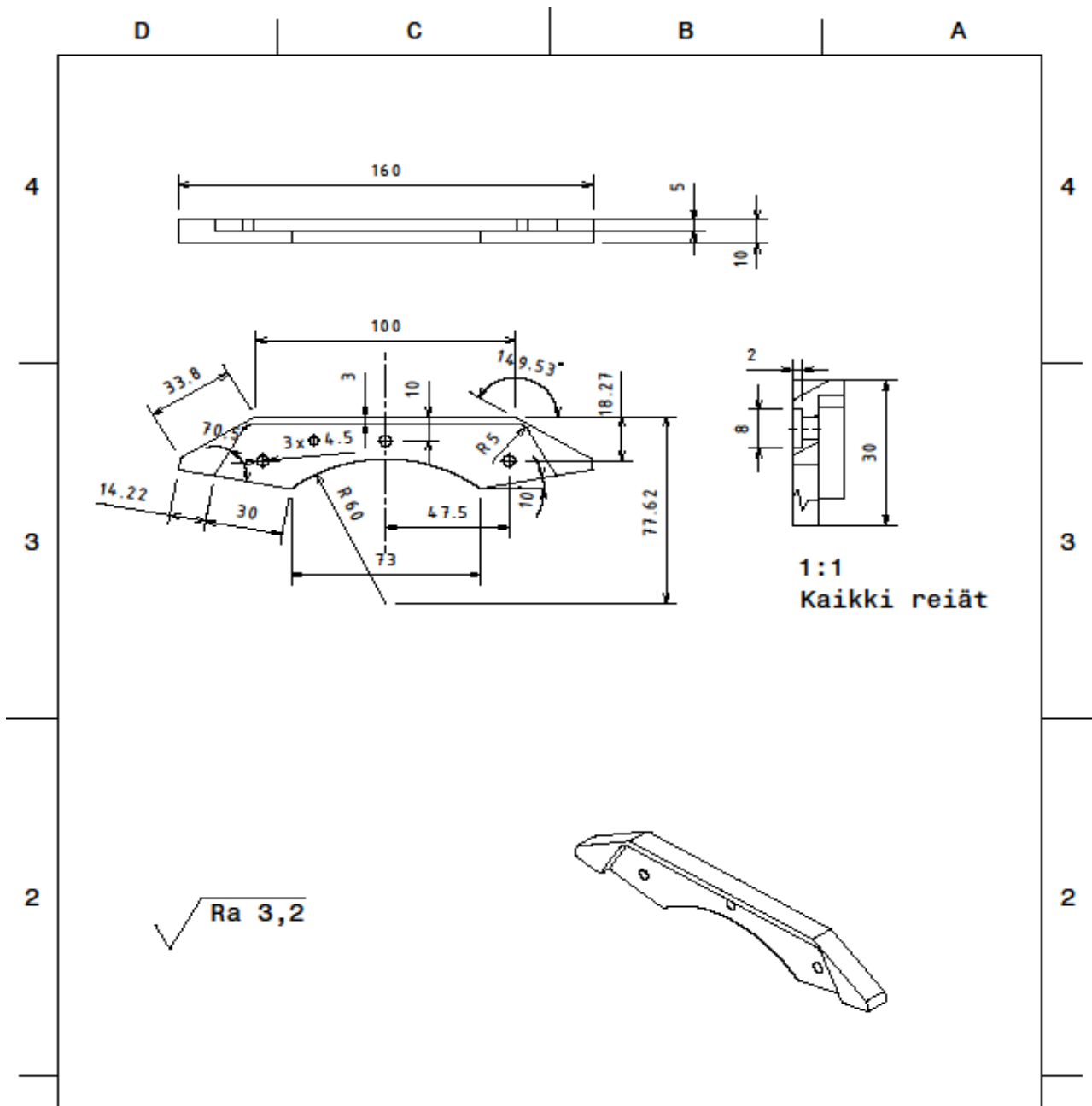
TEKÄ LÄHTÖTIETOMUISTIO
KOKOUSPÖytäKIRJE 1.12.2013
Keskusliitto



LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työsaajat	Toimi	Talvi
	Juha-Matti Tiirola	Juha Juuti
Tiimin pöytäkirja ja yhteyshenkilö		
juha.juuti@osk.fi 050 3424285		
Tönnö		
Säiliökaavarin suunnittelu ja toteutus		
SOMIKOR2R laitteeseen on tarve suunnitella ja toteuttaa kaavari syväpaimoyksikköön		
Käytännön		
3D-malli kaavarista, josta perusteella voi valmistaa kaavarin. Lisäksi pitää suunnitella kaavari kinnitys		
Tavaraa		
Alustavasti 4-6 kuvaketta. Alustus joulukuun alussa.		
Päätös ja allekirjoitus		
20.11.2013		
Tiimin puolesta Juha-Matti Tiirola		
Tiimin puolesta Juha Juuti		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijäntiet. p. hallin. merk. sähköpostitse 2. Työtehtävän yhteyden välisenä 3. Sit. henkilö. nimen ja yhteystiedot joko sähköpostilla tai suoraan 4. Työ on onnistunut vaikeasti tai onnistunut vaikeasti. 5. Työ on onnistunut vaikeasti tai onnistunut vaikeasti. 6. Esitellään työtä ja sen tuloksia. 7. Esitellään työtä ja sen tuloksia. 8. Lähtökohdat, joita on otettava huomioon. 		



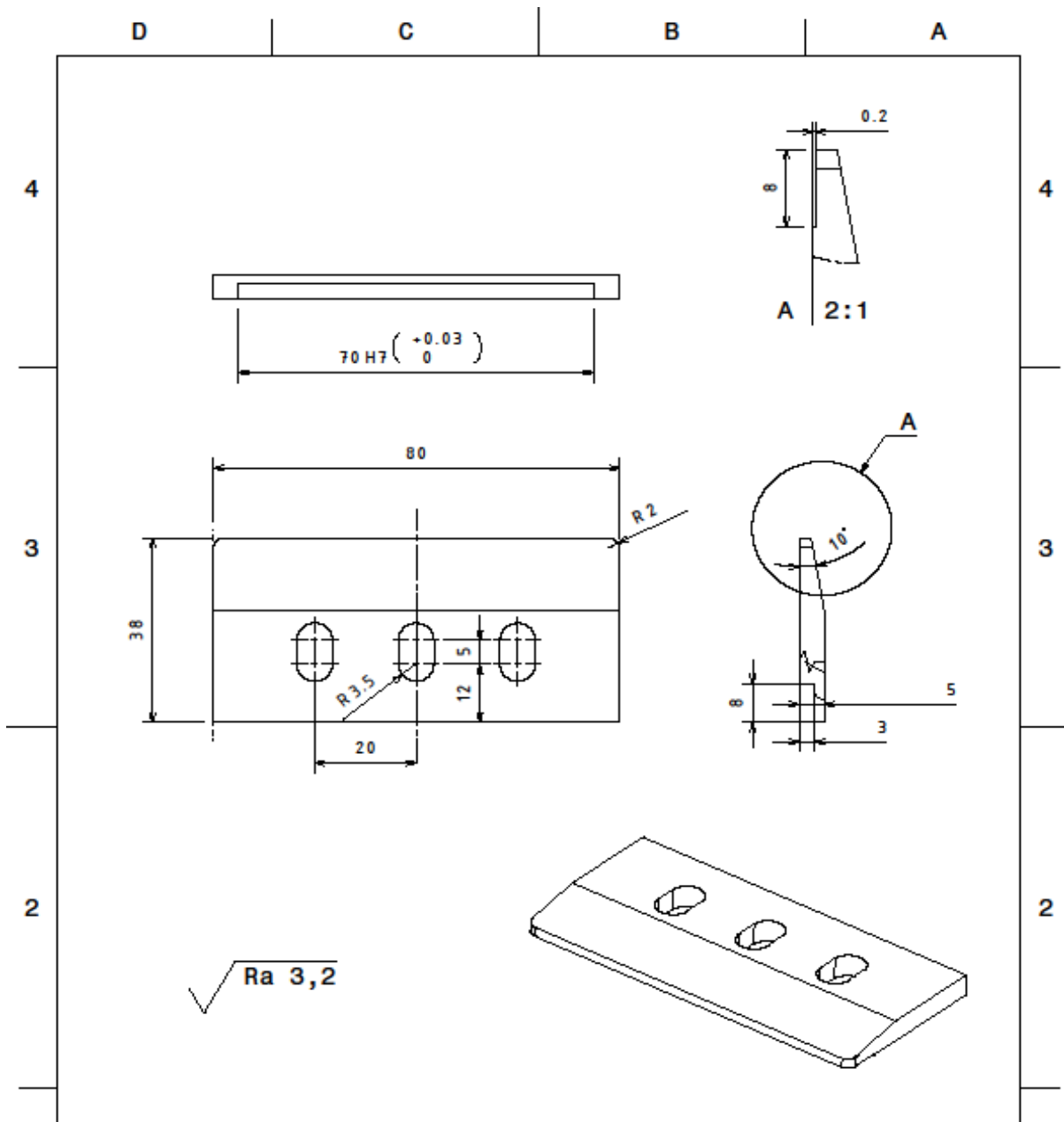




		EN AW-6082 T6		SFS-EN 573-3		
Osa		Standardi tai luettelo			Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Päätykappale		
ISO 2768-f	1:2	J-M_T_3	J-M_T_10			
Piirt.	24.3.2014 J-M T	 OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				J-M_T_3	1/1	
Tark	Massa (kg)			Koko		
Hyv.	0.02	A4				

D

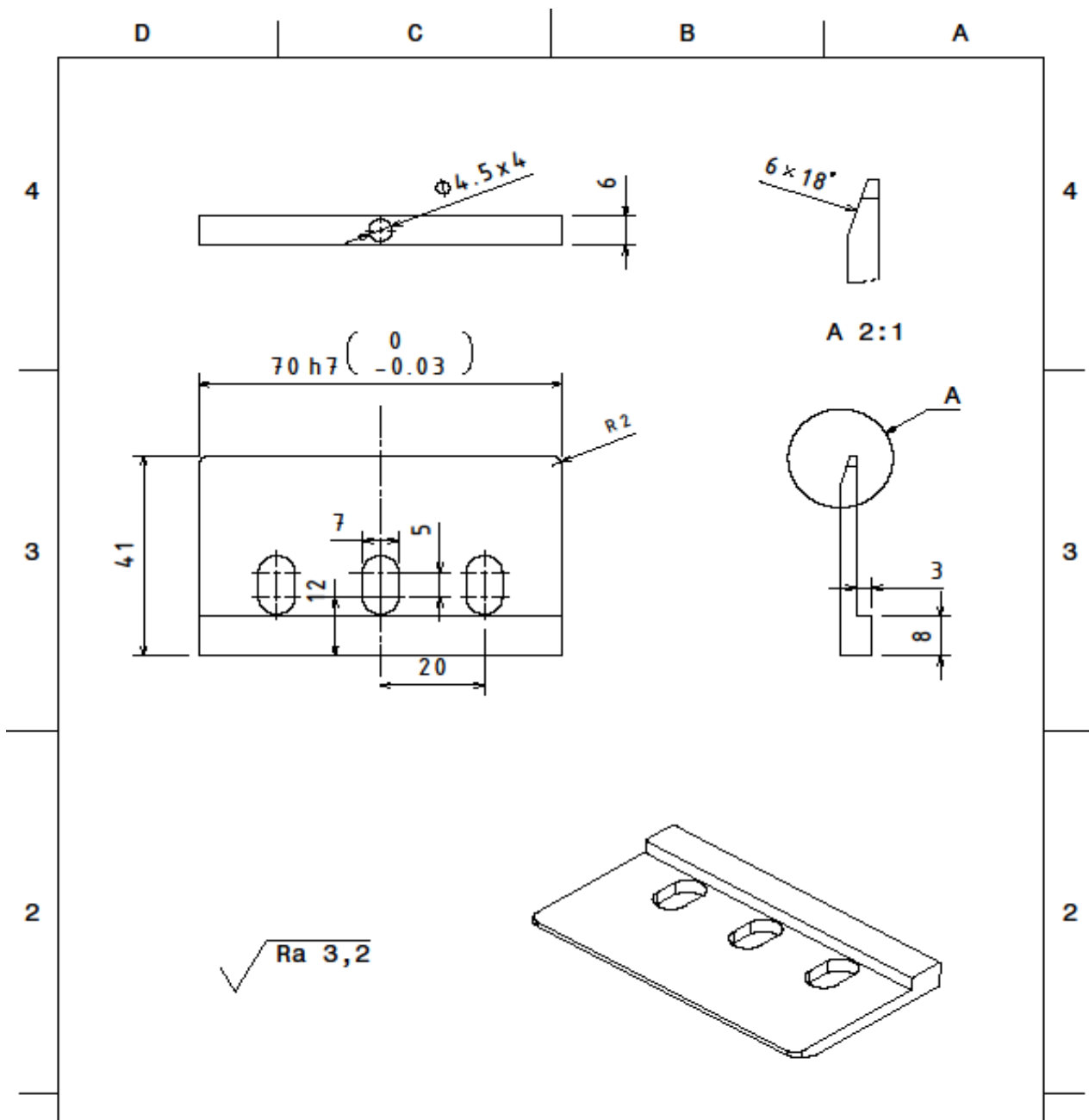
A



		EN AW-6082 T6		SFS-EN 573-3		
Osa						Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Terän yläpidin		
ISO 2768-f	1:1	J-M_T_2	J-M_T_10			
Piirt.	26.3.2014 J-MT	OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				J-M_T_2	1/1	
Tark.	Massa (kg)			A4		
Hyv.	0.01					

D

A



		EN AW-6082 T6		SFS-EN 573-3		
Osa	Standardi tai luettelo				Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Terän alapidin		
ISO 2768-f	1:1	J-M_104	J-M_T_10			
Piirt.	26.3.2014 J-MT	OAMK Tekniikan yksikkö		Piirustusnumero	Lehti	
Suunn.				J-M_104	1/1	Koko A4
Tark.	XXX					
Hyv.	XXX					
	Massa (kg)					
	0.01					

D

A