

# ELEKTRONIIKKA- POLYURETAANIHYBRIDI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan laitos  
Muovitekniikan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Kevät 2008  
Ari Kantoluoto

## ALUKSI

Tämä on ollut varsin opettavainen työ. Polyuretaania ja sen työstöä on käsitelty muovitekniikan opinnoissa lähinnä aihetta sivuten, johtuen polyuretaanialan pienestä osuudesta maamme muovimarkkinoista. Olen tyytyväinen, että sain mahdollisuuden tutustua alaan pienessä mittakaavassa ja huomata, että näyttäviä tuotteita on mahdollista saada aikaan jo melko yksinkertaisilla menetelmillä ja laitteilla, eikä hyviä ominaisuuksia omaaviin tuotteisiin tarvitse välttämättä miljoonaluokan investointeja.

Opinnäytetyö on tehty isäni Keijo Kantoluodon aloitteesta. Hän on toiminut 1990-luvun alusta alkaen turva-alalla sekä itsenäisenä yrittäjänä että alalla toimivien yritysten yhteistyökumppanina ja osakkaana. Tällä hetkellä hän toimii turvatekniikan asiantuntijana mm. lahtelaisessa Koti ja kuusi OSK:ssa. Kehitystyöhön on lähdetty kuitenkin henkilökohtaisin perustein, eikä se liity suoraan mihinkään yritykseen.

Kiitokset ovat paikallaan Kosofinn Oy:n tj. Heikki Kosolalle, joka opasti ”poikaa” alkutaipaleella ja suostui auttamaan tekemällä koemuotin ja koevalut ilman mitään suuria lupauksia tulevaisuudesta. Myös tehdaskierroksen muotti-, tuote- ja valulaitteistojen esittelyt olivat erittäin mieluisat. Samoin täytyy kiittää Vuoripoika Oy:n Pertti Meltoa, joka keskusteluissa vahvisti käyttökelpoiseksi ajatukseni ali- ja ylipaineen käyttämistä piirilevyn kiinnitykseen ja tuotteen muotista ulospoistamiseen. Samoin hän esitteli materiaalin, jota he käyttävät valumallien ja koemuottien valmistamiseen ja jota käytettiin tämän työn koekappaleiden mallinmateriaalina.

Suuret kiitokset myös ohjaajalleni, ammattikorkeakoulun lehtori Kari Perkiölle sekä ohjauksesta että kannustuksesta.

Lahden ammattikorkeakoulu  
Muovitekniikan koulutusohjelma

Kantoluoto Ari Juhani: Elektroniikka-polyuretaanihybridi

Muovitekniikan opinnäytetyö, 31 sivua, 22 liitesivua

Kevät 2008

## TIIVISTELMÄ

---

Tässä opinnäytetyössä keskitytään elektroniikkapiirin koteloinnin ja sen muotin suunnitteluun. Koteloinnin tulee antaa elektroniikalle ulkomuoto ja samalla tehdä siitä vaihtelevat sääolot kestävä. Kotelomateriaalin täytyy olla hyvin lämpöä eristävä ja mm. sadeveden vaikutuksia kestävä. Harkittavana olivat valettavat muovimateriaalit.

Alussa käydään tiivistetysti läpi ominaisuuksiensa vuoksi kotelomateriaaliksi valittua polyuretaania raaka-aineena, sen ominaisuuksia ja vaikutuksia esim. työturvallisuuteen ja yleiseen käsittelyyn sekä käsitellään lyhyesti polyuretaanin kierrätystä.

Jatkossa esitellään koevaluihin liittyviä asioita, koteloinnin suunnittelua ja muotoilua. Lopuksi päädytään muotin suunnitteluun, tämän raaka-ainemäärityihin ja tietokoneavusteisiin jännitys- ja muodonmuutostarkasteluihin. Muotin osien mittakuvat on sisällytetty opinnäytetyöhön liitteinä.

Tuotteen valmistaminen polyuretaanista katsottiin tarpeelliseksi ja perustelluksi materiaalin hyvien fyysisten ominaisuuksien vuoksi. Materiaalin kierrätysmahdollisuudet ovat hyvät, ja muut ympäristövaikutukset hyvin hallinnassa ja jatkuvassa seurannassa.

Avainsanat: kovaintegraalikutelo, polyuretaanikutelo, elektroniikan kotelointi

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

KANTOLUOTO, ARI JUHANI: Hybrid of electronics and polyurethane

Bachelor's thesis in plastics engineering, 31 pages, 22 appendices

Spring 2008

## ABSTRACT

---

This thesis concentrates on designing the encapsulation of an electronic circuit and its mould. The capsule is to give an external form to the circuit while making it resistant to the effects of varying weather conditions. The material of the capsule must insulate heat well and, for example, be able to protect the circuit from rainwater. Mouldable plastic materials can be considered for the purpose.

Polyurethane was chosen as the material of the capsule. The thesis discusses the properties of the polyurethane as raw materials, its effects on, for example, work safety and general handling, and briefly the recycling of polyurethane.

Later the thesis presents processes that are connected with test casting. Designing and shaping the capsule are also discussed. The end part of the thesis deals with designing the mould, specifying its raw materials, and computer-assisted stress and deformation analyses of the mould. Pictures of the mould are included as appendices in the thesis.

Manufacturing the product out of polyurethane was seen as necessary and justified based on the good physical properties of the material. It is easily recyclable and other effects on the environment are well controlled and constantly monitored.

Keywords: hard integral capsule, polyurethane capsule, encapsulation of electronic circuits

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	POLYURETAANIT	2
2.1	Polyuretaanien historiaa lyhyesti	2
2.2	Polyuretaanien käyttö	2
2.3	Polyuretaanituotteen valmistus	3
2.4	Polyuretaanien kierrätys	4
2.5	Polyuretaanien ympäristövaikutukset	6
2.5.1	Ympäristöhaitat	6
2.5.2	Terveyshaittoja	7
3	POLYURETAANI-ELEKTRONIIKKA HYBRIDIN KOEVALUT JA TESTAUKSET	9
3.1	Malline ja muotti	9
3.2	Koevalut	10
3.3	Koekappaleiden testaus	11
4	TUKIASEMAN MUOTOILU	12
4.1	Lähtökohdat	12
4.2	Piirilevy ja komponentit	13
4.3	Seinämän paksuus	13
4.4	Tukiaseman malli	15
4.5	Lähtökohtien seuraukset ja muut muottitekniset tosiasiat	16
5	MUOTTI	16
5.1	Materiaalit	16
5.2	Toiminta	16
5.3	Etumuotti	17
5.3.1	Kappaleiden ontelot	17
5.3.2	Muotista irroitus	18
5.3.3	Keernat	19
5.3.4	Ohjaustapit	20
5.4	Takamuotti	21

5.4.1	Ilmanpoisto	21
5.4.2	Ohjaus	21
5.4.3	Keernojen valun aikainen lukitus	22
6	ETU- JA TAKAMUOTIN JÄNNITYS- JA VENYMÄTARKASTELU	23
6.1	Etumuotti	23
6.2	Takamuotti	25
7	YHTEENVETO	26
7.1	Tuotteen valmistus ja ympäristönäkökulma	26
7.2	Tulevaisuus	28
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	32

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää joko radiotekniikalla tai kaapelin välityksellä tietoa siirtäville elektroniikkapiireille vesitiivis ja hyvin lämpöä eristävä kotelointi, joka samalla toimisi tuotteelle ulkomuodon antavana ”kuorena”. Lopputuotteen tuli olla myös tiheydeltään vettä kevyempi. Tämä tarve tulee visioista käyttäen laitteita olosuhteissa, joissa tuote voi joutua olemaan suoraan vedessä pitkiäkin aikoja, kuten esimerkiksi satamissa ja vesi- ja viemäriinjojen tarkkailussa ja valvonnassa.

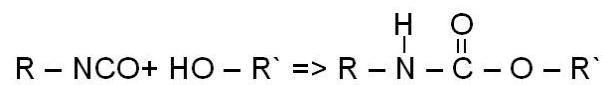
Tässä työssä koteloitava elektroniikka on hälytinlaitteistoissa käytettävää tekniikkaa. (Koevaluissa käytetyt turvarannekkeiden piirit ovat Exrei Oy:n tuotteista). Jotkut komponenteista vaativat luotettavasti toimiakseen niiden lämpötilan pysyvän  $-30\text{ °C}$ : n yläpuolella. Koska laitteistojen halutaan pysyvän mahdollisimman pitkään toiminnassa, täytyy komponentteja lämmittävien vastusten olla mahdollisimman vähän energiaa kuluttavia, ja siten myös näiden lämpöenergian täytyy kohdistua hyvin komponentteihin eikä johtua pois.

1990-luvulla opinnäytetyön toimeksiantaja teki kokeita sijoittamalla radiotaajuuksilla toimivia valvontalaitteita soluuntuvaan polyuretaaniin. Koekäyttöä suoritettiin pitkään ja laitteet toimivat varsin hyvin. Soluuntuvan polyuretaanin veden- ja erityisesti lämmöneristysominaisuudet ovat erinomaisia verrattuna useampien muiden muovien vastaaviin ominaisuuksiin. Tämän lisäksi polyuretaanimuottien valmistuskustannukset ovat alhaiset verrattuna esimerkiksi kestopuovien ruiskuvälumenetelmiin johtuen lähinnä matalammista valun aikaisista muotteihin kohdistuvista paineista.

Edellä mainituista syistä johtuen valittiin laitekotelon raaka-aineeksi solupolyuretaani.

## 2 POLYURETAANIT

Polyuretaanit ovat synteettisiä valmisteita, ja ne kuuluvat muoveiksi kutsuttuihin polymeereihin. Polyuretaanit ovat kesto- tai kertamuoveja, riippuen valmistuksessa käytettyjen lähtöaineiden laadusta, määrästä ja lisäaineistuksesta. Polyuretaanin nimi tulee uretaaniryhmästä (KUVIO 1.), joka muodostuu isosyanaattiryhmän (-NCO) reagoitessa alkoholin hydroksyyli­ryhmän kanssa. (Seppälä 2003, 129-132.)



KUVIO 1. Isosyanaatti- ja hydroksyyli­ryhmien reagointi

### 2.1 Polyuretaanien historiaa lyhyesti

I.G. Farbenindustrien Tri Otto Bayer ryhtyi kehittämään polyuretaaneja v. 1937 Saksassa tutkimalla di-isosyanaattien polyadditioyhdisteitä. Alkuperäisenä tavoitteena oli Du Pontin patenteista poikkeavien kuitujen kehittäminen. Samassa yhteydessä havaittiin polyuretaanien soveltuvan useampienkin hyötytuotteiden valmistukseen. Kaupallinen tuotanto alkoi kuitenkin kunnolla vasta 1950-luvulla, kun toisen maailmansodan jälkeen polyuretaanien kehitystä jatkettiin Saksan Farbenfabriken Bayer A.G:n lisäksi myös Englannissa ja USA:ssa. (Tammela 1989, 225.)

### 2.2 Polyuretaanien käyttö

Nykyään polyuretaaneja käytetään hyvin monissa sovelluksissa niiden materiaaliominaisuuksien muokattavuuden vuoksi. Lisäaineistuksella ja olosuhteita muokkaamalla polyuretaaneista saadaan kovia ja kiinteitä tai pehmeitä ja joustavia, umpinaisia tai avoimia soluja muodostavia materiaaleja.



Tavallisimpia PU-tuotteita ovat:

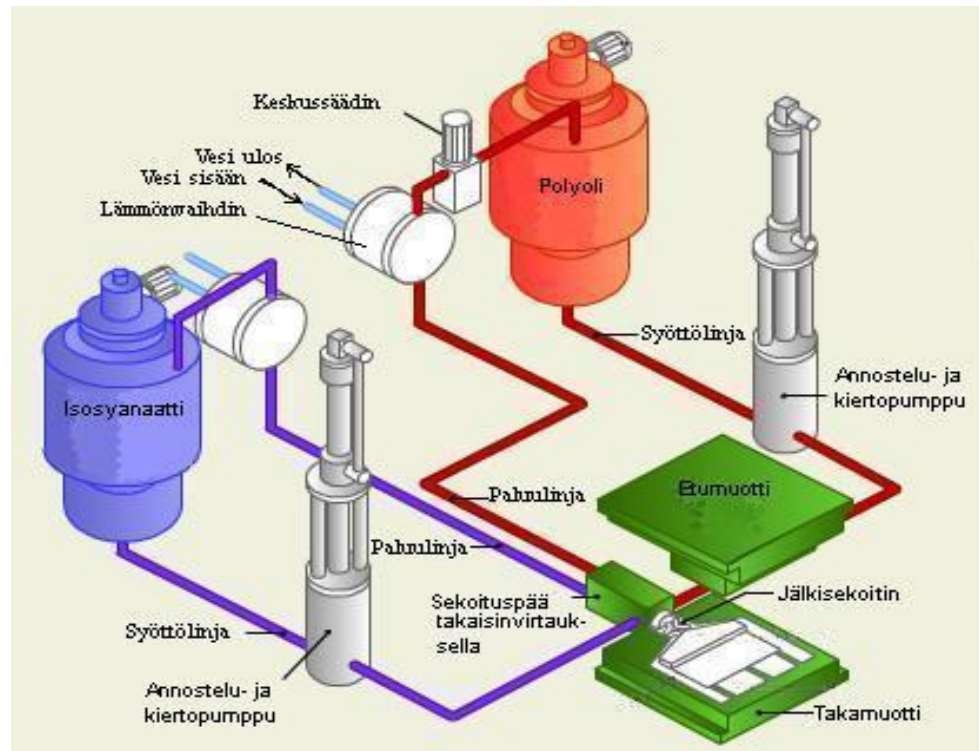
- liimat, lakat, maalit ja lattiapinnoitteet,
- pehmeät avosoluiset materiaalit, kuten esimerkiksi patjat, tyynyt, istuimien pehmusteet, ohjauspyörät, käsinojat ja niskatuet,
- kovat umpisoluiset materiaalit, kuten laitekoteloiden etupaneelit, kiväärien tukit ja ajoneuvojen kojelaudat.

PU-tuotteita ovat myös polyuretaanikumeista valmistetut umpikumirenkaat, kengänpohjat ja telojen pinnoituskerrokset (Tammela 1989, 233).

### 2.3 Polyuretaanituotteen valmistus

Kuviossa 2. on Bayer konsernin RIM-sivujen kaavio RIM-prosessista, jossa isosyanaatti ja polyolit johdetaan omista tankeistaan annostelu- ja kiertopumpuilla sekoituspäähän ja tämän jälkeen paluulinjoja pitkin takaisin tankkeihin. Ruiskutusvaiheen alussa sekoituspään venttiilit kääntävät virtaukset sekoituskammioon mahdollistaen aineiden pääsyn yhteen ja sekaisin. Ruiskutusvaiheen jälkeen venttiilit ohjaavat aineet takaisin paluulinjoihinsa. Raaka-aineet pidetään tasalämpöisinä lämmönvaihtimien avulla. Tankkien sekoittimilla varmistetaan isosyanaatin ja polyolien pysyminen hyvin sekoittuneena. Oikealla lämpötilalla ja raaka-aineiden tasalaatuisuudella on suuri merkitys sidoksien syntymiselle ja siten PU-materiaalin ominaisuuksille.

Jotta lopputuotteeseen saadaan halutut tekniset ominaisuudet, tarvitaan isosyanaatin ja mono-, di-, tri- tai polyolien lisäksi mahdollisesti muita lisäaineita kuten vaahdotusaineita, välisidosten muodostajia, pinta-aktiivisia aineita, palonsuoja-, ja täyteaineita sekä pigmenttejä ja väriaineita.



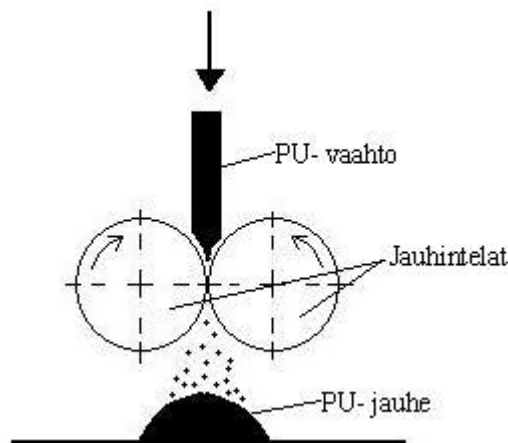
KUVIO 2. Polyuretaanin valulaitteisto (Bayer Global 2007)

## 2.4 Polyuretaanien kierrätys

Alkuperäisestä käyttötarkoituksesta poistuttuaan polyuretaanit voidaan useimmiten käyttää uudelleen joko ottamalla niiden lämpöenergia talteen tai käsittelemällä jäte niin, että se voidaan käyttää uusien tuotteiden valmistuksessa neitseellisen raaka-aineen seassa. Energian talteenotto on materiaalien loppukäsittelyä ja koska resurssien tuhlaamista tulee välttää ja polyuretaaneja pystytään suhteellisen taloudellisesti kierrättämään, käydään tässä kappaleessa lyhyesti läpi jätteenkäsittelyä uudelleenkäyttöä varten.

Polyuretaanien kierrätys uudelleen käytettäväksi tapahtuu pääosin kahdella tavalla. Käytöstä poistetut polyuretaanituotteet jauhetaan mekaanisesti (KUVIO 3.) ja käytetään uusien tuotteiden valmistuksessa puristemassana tai täyteenä polyolien seassa, tai jauhe hajotetaan kemiallisesti lähtöaineiksi ja käytetään uusioraaka-

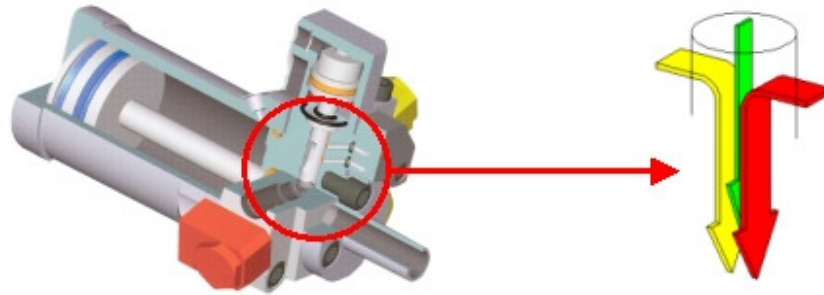
aineina. (Zevenhoven 2004; Nelo 2005.)



KUVIO 3. Kaksitelaisen murskaimen/jauhimen periaate

Täyteenä käytettävän materiaalin partikkelikoko määräytyy sovelluksen mukaan, esimerkiksi haluttaessa matalan tiheyden omaavaa tuotetta, jossa rouhittu polyuretaanijäte puristetaan lämmön ja suuren paineen avulla uusiutuotteeksi, käytetään suurehkoa, halkaisijaltaan vaikkapa 10 mm rouhetta. Tällöin tiheys muodostuu n.  $180 \text{ kg/m}^3$ , kun lähtötuotteen tiheys on ollut n.  $30 - 40 \text{ kg/m}^3$ .

Jauhettua materiaalia voidaan myös käyttää täyteenä esim. RIM-tuotteissa, tällöin sekoittimena voidaan käyttää esim. CannonGroup:n "FPL /3"- korkeapainesekoituspäätä (KUVIO 4). Partikkelikoon tulee olla pieni, alle 0,2 mm. Jauhe sekoitetaan ölien kanssa korkeaviskootiseksi nesteeksi (vihreä nuoli) ja sekoitetaan valtaessa neitseellisiin raaka-aineisiin. (Nelo 2005,11.)



KUVIO 4. Cannon "FPL /3"- korkeapainesekoituspää (Cannon Group 2007).

Kemiallisessa kierrätyksessä PU-jäte jauhetaan n. 0,001 - 4 mm:n partikkeleiksi ja hajotetaan erilaisiksi alkuaineiksi lämmön, paineen ja reagoivien aineiden avulla. Eri menetelmissä käytetyt lämpötilat ja paineet vaihtelevat paljon: n. 180 - 430 °C ja ylipaine 0 - 370 bar. Korkeimmat lämpötilat ja paineet ovat hydrolyysimenetelmässä, jossa vesi on polymeeriketjuja pilkkovana aineena. Muita yleisiä menetelmiä ovat mm. glykolyysi, alkoholyysi, aminolyysi ja hydroglykolyysi, joka on nimensä mukaisesti hydro- ja glykolyysin yhdistelmä. (Nelo 2005, 12-18.)

## 2.5 Polyuretaanien ympäristövaikutukset

### 2.5.1 Ympäristöhaitat

Polyuretaanit ovat kovettuaan kemiallisesti neutraaleja, eivätkä siten aiheuta enää tässä vaiheessa luonnolle merkittävää haittaa. Raaka-aineista isosyanaatit ovat kuitenkin luokiteltu hengitettäessä erittäin myrkyllisiksi, mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi aineiksi sekä eliöille vaarallisiksi ympäristömyrkyiksi. Tämän vuoksi niiden joutuminen vesistöön tai maaperään on estettävä. (Työterveyslaitos 2006.)

Suomessa Työterveyslaitos julkaisee ja ylläpitää OVA-luetteloja ja -ohjeistusta onnettomuuden varalle (**O**nnettomuuden **V**aaraa aiheuttavat **A**ineet). Ohjeissa on kuvattu aineiden käyttöä, ominaisuuksia, vaaroja ja suojausta kuvaavat vakiolausekkeet (R- ja S-lausekkeet) ja pitoisuuksien raja-arvoja. Kuviossa 5. on tolueeni-

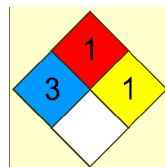
di-isosyanaatin OVA-merkistö. Äärimmäisenä oikealla on vaararuudukko, jonka perusteella esim. onnettomuustilanteessa saadaan nopeasti selville aineen vaaralliseksi arvioidut ominaisuudet. (Työterveyslaitos 2006.)

Vaararuudukossa sinisellä pohjalla oleva numero kuvaa kemikaalin terveysvaaraa, punainen kuvaa palovaaraa, keltainen aineen reaktiivisuutta ja valkoisella ilmoitetaan erityisohjeita tai esimerkiksi aineen hapettavasta ominaisuudesta. Vaarat on luokiteltu asteikolla 0 - 4. Kuvion 5. lausekkeet ovat:

- sininen 3 = vaarallinen, (turvapaineinen) paineilmahengityslaite ja kemikaalisuojapuku,
- punainen 1 = kemikaali on kuumennettuna syttyvä aine, esimerkiksi ei-syttyvä palava neste (sammutetaan sumusuihkulla, vaahdolla tai jauheella),
- keltainen 1 = kemikaali voi reagoida. Aine voi kuumennuttuaan muuttua epästabiiliksi tai aine reagoi veden kanssa, ei kuitenkaan voimakkaasti. Paloa tulee lähestyä varovasti. (Työterveyslaitos 2006.)



Erittäin myrkyllinen (T+)



KUVIO 5. Tolueeni-di-isosyanaatin varoitusmerkit ja ”vaararuudukko” (Työterveyslaitos 2006).

### 2.5.2 Terveyshaittoja

PU-raaka-aineista isosyanaattien on jo 1970-luvulla todettu aiheuttavan altistusoireita ja herkistymistä ihmisissä, jotka joutuvat toistuvasti tekemisiin niiden kanssa. Yleisimmin käytettyjä di-isosyanaatteja TDI (tolueeni-di-isosyanaatti),

MDI (difenyylimetaani-di-isosyanaatti) ja HDI (heksametyleeni-di-isosyanaatti) käytetään maalien, liimojen ja lakkojen kovettajana sekä muussa muoviteollisuudessa raaka-aineena. (Työterveyslaitos 1999.)

Voimakkaan reaktiivisuutensa vuoksi ne aiheuttavat helposti terveyshaittoja. Ärsytysoireiden voimakkuus ja ilmeneminen riippuvat isosyanaattipitoisuudesta. Suuret isosyanaattipitoisuudet aiheuttavat ärsytysoireina kutinaa, polttoa tai pistelyä nielussa, nenän tukkoisuutta ja ärsytysyskää. TDI: lle työpaikan ilmassa haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP) on  $0,035 \text{ mg/m}^3$  15minuutin päivittäisellä altistumisajalla. (Työterveyslaitos 2005.)

Isosyanaatit aiheuttavat herkistymistä, ja jo pienetkin isosyanaattipitoisuudet voivat aiheuttaa herkistyneille oireita. Yleisin isosyanaattien aiheuttama allerginen sairaus on astma, jonka oireina ovat hengenahdistus, yskä ja hengityksen vinkuminen työaikana tai työjaksojen aikana iltaisin ja öisin. (Työterveyslaitos 1999.)

Allerginen nuha ja keuhkorakkulatulehdus (alveoliitti) ovat myös herkistymisen seurauksia. Alveoliitti on harvinaisin isosyanaattien aiheuttamista keuhkosairauksista. Alveoliitin oireina ovat kuumeilu, hengenahdistus ja yleistilan lasku. Isosyanaatit saattavat herkistää myös ihoa ja aiheuttaa kosketushottumaa, joskin niiden aiheuttamat ihosairaudet ovat melko harvinaisia. (Työterveyslaitos 1999.)

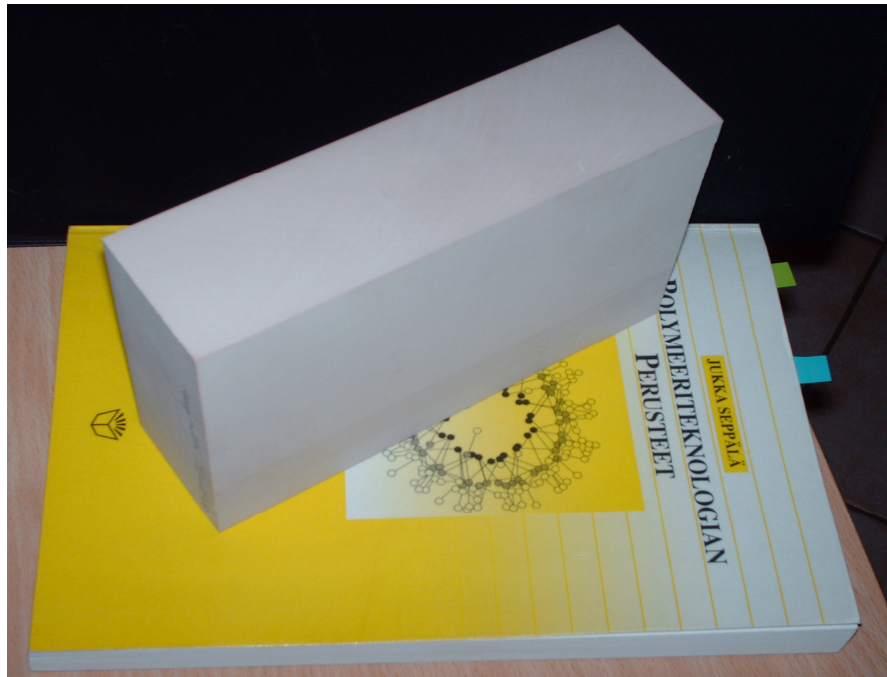
Tutkimuksen ja tiedotuksen avulla on haittavaikutuksia saatu vähennettyä n. kolmasosaan aiemmasta, 80-luvulla oli 20 - 30 tapausta/vuosi, vuosituhannen vaihteessa alle 10, tuloksissa on mukana myös työpaikkojen väheneminen PU-teollisuudessa. Uusien ammattitautien määrän putoamisen syynä pidetään parantuneita henkilösuojaimia ja niiden kohonnutta käyttöastetta sekä työkohteiden parantunutta ilmanvaihtoa. Vanhemmat yritykset ovat parantaneet työskentelyolosuhteitaan, eikä niistä ei ole tullut sairastumistapauksia juuri lainkaan. Viimeaikaiset altistumistapaukset ovat tulleet yleensä pienistä työpajoista tai maalaamoista. (Työterveyslaitos 1999.)

### 3 POLYURETAANI-ELEKTRONIIKKA HYBRIDIN KOEVALUT JA TESTAUKSET

#### 3.1 Malline ja muotti

Polyuretaanin soveltuvuus radiolähettimellä varustetun elektroniikkapiirin kotelointiin varmistettiin koevalukappaleilla (5 kpl). Koevalukappaleet teki Kosofinn Oy, Lahti, viikolla 20/2007. Yritys valmisti myös epoksimuotin tekemästani mallikappaleesta. Mallikappale jyrättiin polyuretaanipohjaisesta Sikablock M 550:stä (KUVIO 6.), ja viimeisteltiin käsin hiomalla. Materiaali oli 50 mm paksua levyä. Materiaalia saa levyn lisäksi myös pastamaisessa muodossa. Mallikappale käsiteltiin muottivahalla muotin valmistuksen yhteydessä.

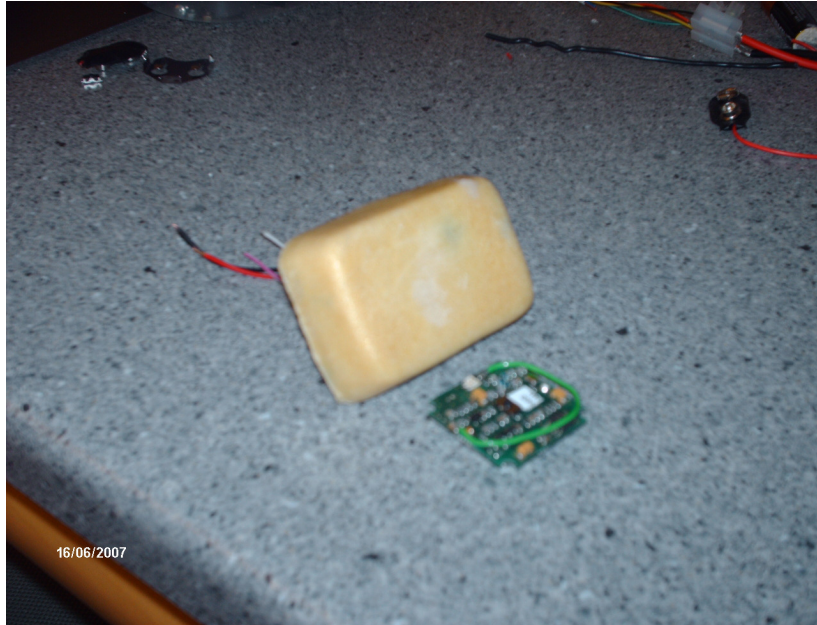
Valuun sijoitettiin n. 25 x 25 mm (KUVIO 7.) kokoinen piirilevy radiolähtettimeen. Piirilevyä käytetään dementiapotilaiden turvarannekkeissa ja -riipukkeissa (Exrei Oy). Piirilevyssä oli peti paristolle, mutta tätä ei voitu käyttää, koska



KUVIO 6. SikaBlock M550 malli- ja muottilevy

veden pääsy piirilevyllä piti estää, eikä koekappaleista haluttu tehdä kertakäyttöisiä pariston loppuun kulumisen myötä. Pariston peti poistettiin ja tilalle juotettiin johdotus, joka vedettiin muotin läpi valukappaleeseen muotoiltuun syvennykseen.





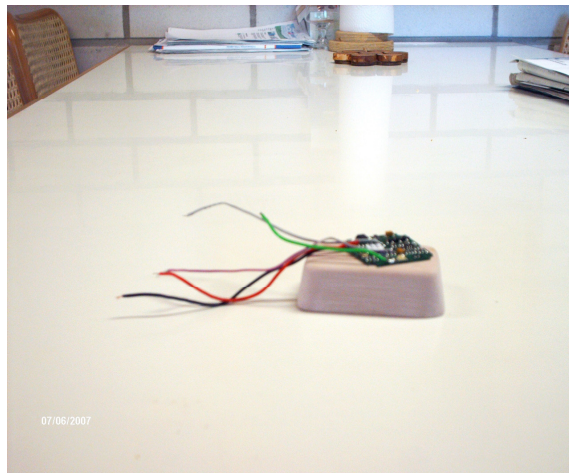
KUVIO 7. Koevalukappale ja vastaava piirilevy

Kappale mitoitettiin siten, että piirilevyn ympärille jäisi minimissään n. 5 mm:n kerros polyuretaania ja päästökulmat tehtiin  $15^\circ$ : ksi, jotta mahdolliset käsihionnan aiheuttamat pienet vastapäästöt eivät haittaisi valoksen muotista irtoamista (KUVIO 8.). Koska muotissa ei ole ulostyöntömekanismia, kiinni jäänyttä tuotetta irrotettaessa saattaisivat sekä kappale että muotti vaurioitua helposti.

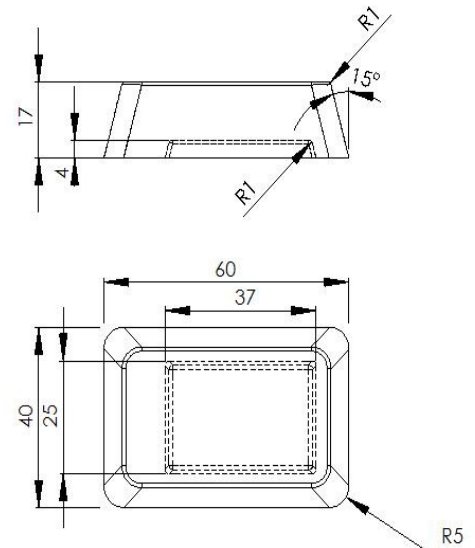
### 3.2 Koevalut

Koekappaleet valettiin avoimeen muottiin Bayer: n Baydur 646 RIM-polyuretaanista, (D.s. liite 2a ja 2b). En ollut paikalla näkemässä, kun epoksimuotti ja valut tehtiin, mutta valoksista voi päätellä, ettei kaikki onnistunut aivan 100 prosenttisesti. Koekappaleiden tiheys oli matalampi (n.  $310 - 340 \text{ kg/m}^3$ ) kuin, mitä datasivut materiaalista kertovat. Jotkut valokset olivat hieman pyöreät, joten muotin sulku ei ilmeisesti ole aina pitänyt, tai sitten ne on poistettu liian nopeasti muotista. Tiheyteen voi tietysti vaikuttaa pieni annoskoko ja suhteessa väärän kokoinen valulaitteisto.





KUVIO 8. Malline, piirilevy ja mitat



### 3.3 Koekappaleiden testaus

Valettujen elektroniikkapiirien toimintaa testattiin ensin varmistamalla, että kaikki yksilöt ylipäättään heräsivät henkiin valun jälkeen (KUVIO 9.). Varsinaisen testaaminen sisältää mittauksia radiosignaalin mahdollisen vaimentumisen määrittämiseksi, lämpötilamittauksia sekä valoksien vesitiiviiden arviointia.



KUVIO 9. Toimiva elektroniikkapiiri valussa

## 4 TUKIASEMAN MUOTOILU

### 4.1 Lähtökohdat

Tuotteen suunnittelussa keskityttiin siihen, että muodot olisivat toimivat valetta-  
vuuden kannalta, muuten muotoilu voisi olla hyvin pelkistettyä. Tuote sijoittuu  
business to business -alueelle eikä ostopäätös perustu ulkonäköön vaan laitteen  
tekniisiin ominaisuuksiin. Vaatimukset olivat, että tukiasemasta tulisi olla linjayh-  
teys muun muassa akkujen latausta ja ohjelmien päivitystä varten ja että laitteen  
etupintaan tulisi sijoittaa neljä led-valoa, jotka kertoisivat laitteen tilasta.

Tukiasema sijoitettaisiin mahdollisesti ulkotiloihin, mutta ei suoraan veteen, eikä  
niin, että se voisi joutua tahattomasti veden varaan. Veteen tai sen läheisyyteen  
sijoittuviin tukiasemiin ja hälyttimiin tehdään suora johdotus laitteen ulkopuolel-  
le, tai sitten nämä toimisivat määräaikansa täysin langattomasti joko pariston tai  
magneettisesti ladattavan akun voimin.



KUVIO 10. SolidWorks 2007 3D -ohjelmalla mallinnettuja muotoja

## 4.2 Piirilevy ja komponentit

Sekä laitteen että muotin mallintamiseen käytettiin SolidWorks 2007 3D-ohjelmaa. Työ alkoi sarjaporttiliittimen ja led-valojen mittojen etsimisestä ja näiden ja piirilevyn mallintamisesta. Liittimestä ja valoista olisi varmasti ollut saatavissa myös dwg-muotoiset kuvat, mutta koin, että olisi pienempi vaiva piirtää nämä itse kuin lähteä kyselemään mahdollisesti muokkausta kaipaavia kuvia komponenttien valmistajilta. Opinnäytetyön teettäjällä antoi varsinaisen piirilevyn maksimitat. Kun piirilevy liittimiseen ja led-valoineen oli mallinnettu, päästiin hahmottamaan tukiaseman mitat ja mallintamaan itse koteloa.

## 4.3 Seinämän paksuus

Seinämän paksuus vaikuttaa tässä tapauksessa suoraan laitteen energiankulutukseen, korostuen erittäin kylmissä olosuhteissa, jolloin tietyt komponentit joudutaan lämmittämään niiden toiminnan varmistamiseksi. Materiaalikustannusten minimoimiseksi haluttiin laskelmien avulla tarkastella PU-materiaalin läpi virtaavaa lämpövirtaa eri seinämäpaksuuksilla.

Suomessa alhaisin mitattu lämpötila on 51,5 °C, Kittilä, Pokka, 28.1.1999 (Borgström 2006). Tätä käytettiin vertailulämpötilana, kun arvioitiin lämmitystarvetta ääriolosuhteissa. Lämpövirtaus tässä lämpötilassa laskettiin Fourierin 1. lain mukaan niin, että lämpötila tiettyjen komponenttien kohdalla jäisi -28°C:een. Taulukossa 1. ja kaaviossa 11. on esitetty laskennan tuloksia 2 - 10 mm:n seinämäpaksuuksilla.

$$\phi = -\lambda A (\Delta T / \Delta x) \quad (\text{Fourier, 1. laki})$$

$$\lambda = 0,050 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$$

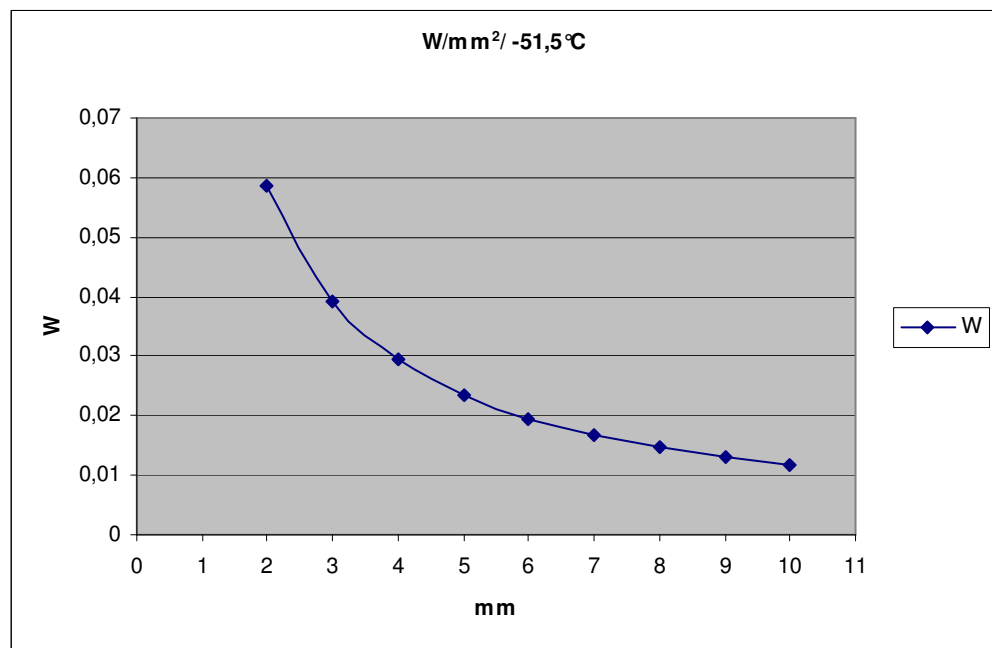
$$A = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Delta T = (-28^\circ\text{C}) - (-51,5^\circ\text{C}) = 23,5^\circ\text{C}$$

$$\phi = -0,050 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K}) \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot (23,5^\circ\text{C} / 0,002 \text{ m}) = -0,05875 \text{ W}$$

TAULUKKO 1. Lämpövirta PU: n läpi

Seinämä (mm)	(W/mm <sup>2</sup> )
2	0,0588
3	0,0392
4	0,0294
5	0,0235
6	0,0196
7	0,0168
8	0,0147
9	0,0131
10	0,0118



KUVIO 11. Lämmön virtaus seinämän lävitse

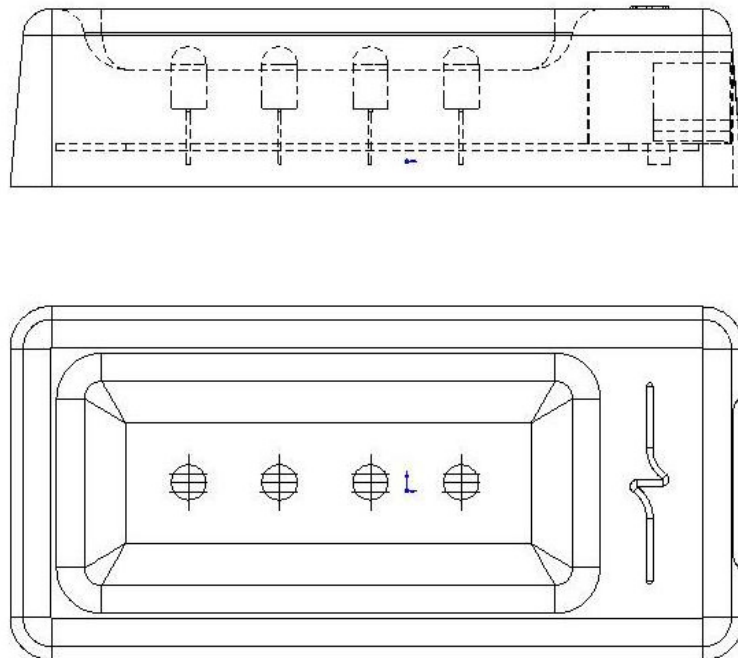
Seinämäpaksuutta ei kannata energiataloudellisista syistä kasvattaa n. 6 mm suuremmaksi. Tämän jälkeen seinämäpaksuuden merkitys lämpövirtaukseen hidastuu huomattavasti, ja kun tämän lisäksi huomioidaan, että tilavuus kasvaa kolmanteen

potenssiin ja siten siis PU-materiaalin kulutus, kannattaa 6 mm käyttää minimiseinäpaksuutena ja kasvattaa sitä vain tarvittaessa komponenttien mittojen tai muiden syiden niin vaatiessa.

Tavoitteena oli, että lämmittämiseen käytettäisiin korkeintaan 0,25 W:n vastuksia. Lämmitystä vaativat komponentit ovat pinta-alaltaan joitakin millimetrejä. Koska 6 mm seinämän läpi siirtyvän lämmön pystyy teoriassa korvaamaan 0,25 W vastuksella n. 13 mm<sup>2</sup>:n alalta, seinämän paksuus on riittävä kyseiset tehot ja pinta-alat huomioiden.

#### 4.4 Tukiaseman malli

Tukiaseman muodoksi valittiin suorakaide mahdollisimman helpon muotin työstävyyden saavuttamiseksi (KUVIO 11). Liittimen ulkonäkö sopii paremmin kulmikkaaseen muotoon kuin kuviossa 10. näkyvien pyöristeltyjen versioiden kanssa.



KUVIO 11. Tukiasema

#### 4.5 Lähtökohtien seuraukset ja muut muottitekniset tosiasiat

Sarjaporttiliitin haluttiin sijoittaa laitteen alareunaan, ettei se olisi suoraan näkyvässä eivätkä sadevedet täyttäisi liitintä kokonaan. Koska liitin sijoitetaan poikittain jakotasoon nähden, aiheuttaa tämä sen, ettei muotista saa halvinta mahdollista.

Piirilevy tuetaan muottiin led-valoista ja liittimestä. Tuennaksi riittäisi, että led-valot vedettäisiin alipaineella niille muottiin työstettyihin upotuksiin. Liittimen näkyviin jäävä pää täytyy kuitenkin suojata valun ajaksi. Suojaus ja samalla piirilevyn sivuttaistuenta päätettiin toteuttaa sivuun liikkuvalla keernalla.

## 5 MUOTTI

### 5.1 Materiaalit

Muotti päätettiin suunnitella käyttöön soveltuvasta alumiiniseoksesta 3.4365 (UNS A97075; ISO AlZn5.5MgCu(A); Aluminium 7075-O; AA7075-O d.s., liite 3) (Matweb 2008). Materiaalia on saatavana mm. Hascolta. Liikkuvien keernojen materiaaliksi valittiin PTFE sen hyvien kitkaominaisuuksien vuoksi. Ohjaustapit ja -holkit suunniteltiin SolidWorks 2007:n kirjastomateriaaleja hyödyntäen. PU-muotit avataan usein saranoilla. Valmiita ohjaustappeja ja -holkkeja ei kannata käyttää, koska niitä joudutaan kuitenkin muokkaamaan muotin kaartuvan aukeamisradan mukaisesti.

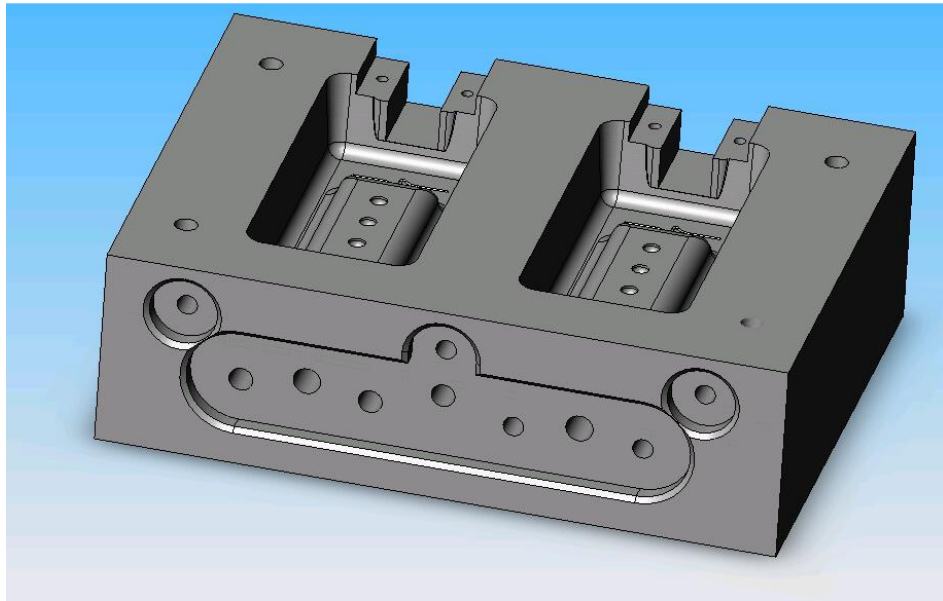
### 5.2 Toiminta

Muotti päätettiin toteuttaa 2-pesäisenä, koska valu kannattaa tehdä avonaiseen muottiin. Piirilevyn ripustus muottiin olisi hankala toteuttaa niin, että se pysyisi luotettavasti paikoillaan, jos valu tehtäisiin RIM-menetelmällä. Useamman muotintontelon täyttäminen avovalussa toisi hankaluuksia, koska muotin sulkua täytyy tehdä ennen raaka-aineen reagoimista, tähän menee aikaa n. 40 s - 1 min.

Muottiin tehdään vesiputkisto lämmittämistä ja/tai jäähdyttämistä varten. Tämä toteutetaan vedellä sen vuoksi, että veden lämmityksen tarve on PU-yrityksissä pientä, koska lämmin vettä syntyy polyuretaanin reaktioiden aikaansaaman lämmön vuoksi. Toisaalta, mikäli muottia syystä tai toisesta joudutaan jäähdyttämään, onnistuu sekin helpommin vedellä kuin muilla menetelmillä. Mikäli muottia lämmitetään jollain muulla menetelmällä, ovat letkut helppo poistaa.

### 5.3 Etumuotti

Muottiontelot ja liikkuvat keernat sijoitetaan kokonaisuudessaan etumuottiin (KUVIO 12.). Keernoille jyrsitään liukupinnat ja näiden yläpuolelle kiinnitetään irtopalat ruuveilla.



KUVIO 12. Etumuotti ja keernojen liukupinnat

#### 5.3.1 Kappaleiden ontelot

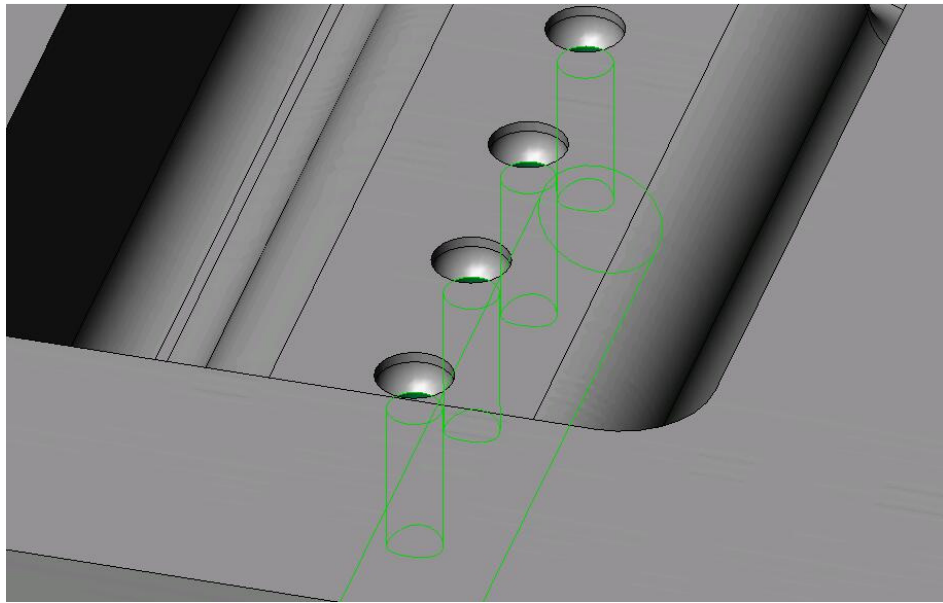
Muottiontelot valmistetaan kappaleiden 3D-geometrian mukaan alkuun jyrsimällä ja viimeistellään kipinätyöstöllä ja kiillotuksella. Valokset pyritään pinnoittamaan ennen valua tehtävällä muottiin maalauksella, joka edellyttää muotilta erittäin hyvää pinnanlaatua. Vaikka muottiin maalauksella ei saada erityisen kiiltävää

pintaa aikaiseksi, niin pinnan virheet näkyvät valmiissa tuotteessa häiritsevästi.

### 5.3.2 Muotista irroitus

Valetut kappaleet irrotetaan ylipaineella samoista aukoista, joista led-valot ime-tään kiinni muottiin. Alipaine poistetaan n. minuutin kuluttua muotin sulkemisesta ja ylipaine kytetään päälle, kun muotti on aukaistu ja keernat vedetty ulos.

Led-valot uppoavat muottiin suoralta pinnaltaan n. 0,7 mm (KUVIO 13.). Tämä helpottaa hivenen led-rivistön mahdollisen korkeussuuntaisen epäsuoruuden aiheuttamaa piirilevyn ”kiikkeryyttä”. Kohtisuora pinta myös tukee piirilevyä sivusuunnassa paremmin valun aikana kuin pelkästään kuperat pinnat.



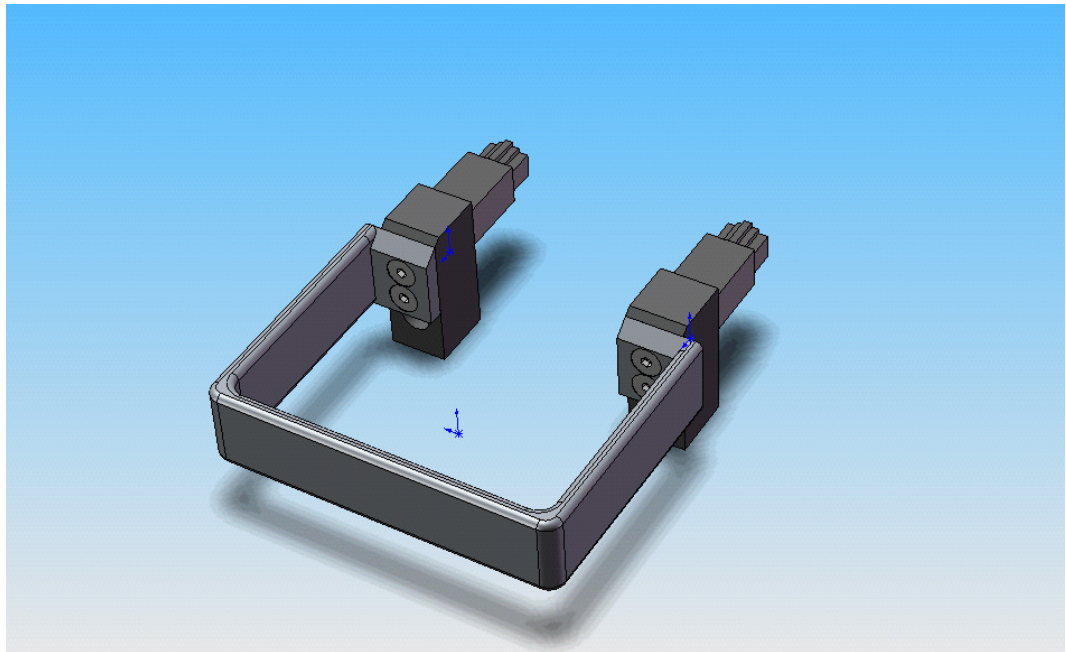
KUVIO 13. Led-valojen ontelot

Led-valojen onteloihin porataan 3,5 mm:n reiät. Tällä perusteella kanava muotissa täytyy olla vähintään  $\varnothing 7$  mm, jotta painehäviöitä tässä välissä syntyisi mahdollisimman vähän ( $\Rightarrow 4 \cdot \varnothing 3,5 \sim 38,5 \text{ mm}^2 \sim \varnothing 7$  mm). Lähimmän valmiina saatavissa olevan letkunipan sisähalkaisija on 8 mm (mm. Hasco ja Fodesco).



### 5.3.3 Keernat

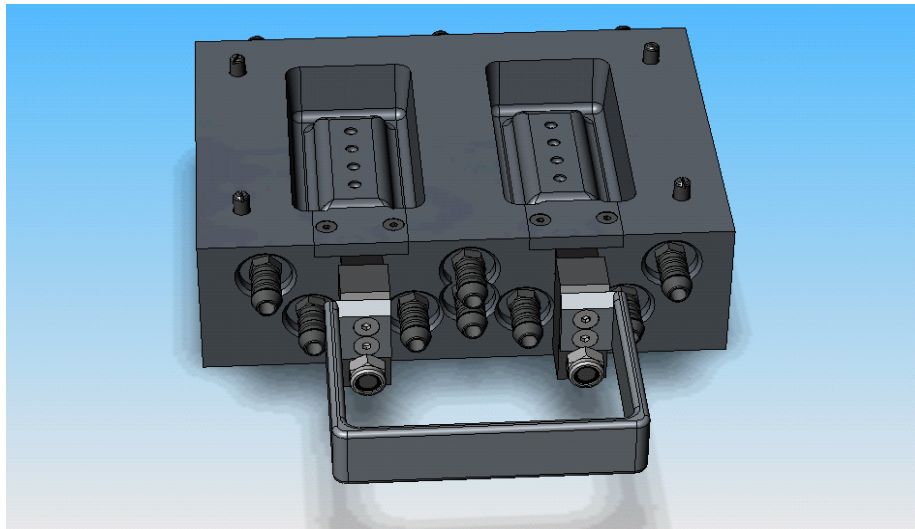
Keernat ovat kytketty toisiinsa (KUVIO 14.) ja niitä ohjataan käsin. Keernat työnnetään kiinni piirilevyn asettamisen yhteydessä ja vedetään valun jälkeen ulos. Valun ajaksi paketti lukitaan takamuotilla kiinni. Keernojen yksinkertainen rakenne mahdollistaa muun muassa kiinnijääneiden kappaleiden irrottamisen keernakanavan kautta. Paketti saadaan pois paikaltaan kaksi mutteria avaamalla ja vetämällä paketti muotista ja liukuakseleista, mutterit näkyvät kuviossa 15. Irrottamisessa on vaarana, että varomattomasti työskennellessä muotin liukupinnat saattavat vaurioitua.



KUVIO 14. Keernapaketti

Keernoja yhdistävä kahva valmistetaan alumiiniprofiilista tai teräksestä. Tähän soveltuu mikä tahansa lähelle valittuja mittoja osuva. Mitoituksen perustana on, että pakettia mahtuu kädellä liikuttamaan. On kuitenkin varmistettava, että kahva ei ota vesiletkuihin kiinni.

Liukukappaleet, joihin PTFE-muoviset keernat kiinnitetään, valmistetaan kulutuskestävästä pinnoitettavasta tai karkaistavasta teräksestä. Liukukappaleiden yläreunaan tehdään viisteet, joista keernat lukitaan valun ajaksi.



KUVIO 15. Etumuotti ja keernapaketti

#### 5.3.4 Ohjaustapit

Muottipuoliskojen ohjaustapit valmistetaan teräksestä ja hiotaan muotin aukeamisliikeradan mukaisesti riippuen kehuksesta tai ”keinusta”, johon muotti asetetaan sarjan valmistamisen ajaksi. Koska muotti ei aina sijoitu samaan valuyksikköön, tehdään tapit mahdollisimman pieniksi ja helpoiksi vaihtaa. Tässä muotissa tapit ovat halkaisijaltaan 6 mm ja niiden ohjaava pituus on n. 8 mm (KUVIO 16). Tapit kiinnitetään ruiskuvalumuottien vastaavista poiketen ruuvien tapaan kiertämällä, ja lukitaan kierrelukitteella paikoilleen, jotta ne eivät pääsisi tahattomasti kiertymään työn aikana.

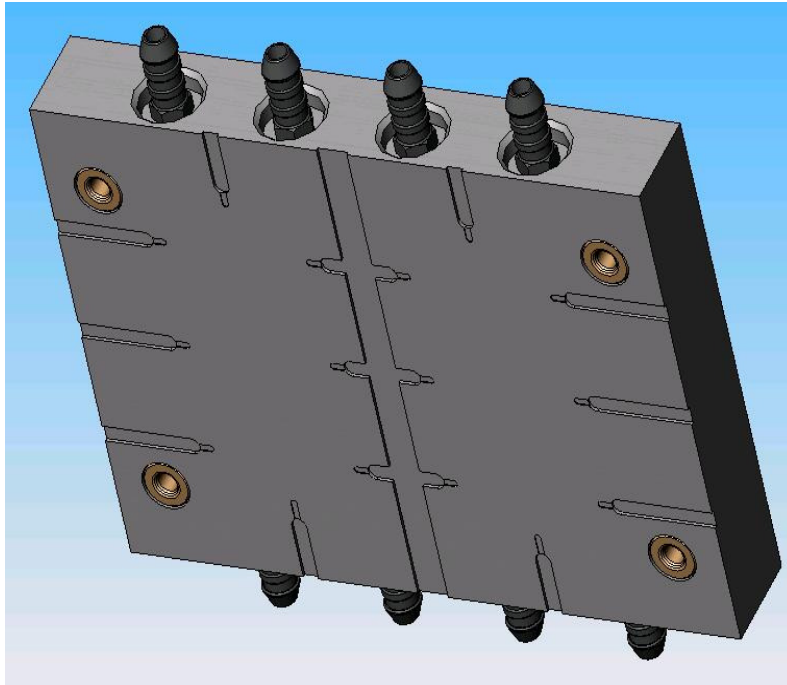


KUVIO 16. Ohjaustappi

## 5.4 Takamuotti

### 5.4.1 Ilmanpoisto

Kuviossa 17. näkyvä muotin ilmanpoisto hoidetaan jakopinnasta takamuottiin työstettävistä kanavista. Pienemmistä paineista johtuen kanavat tehdään suurempina kuin ruiskuvalumuoteissa. Kanavien koko kappaleen kohdalla on  $2 \times 0,1 - 0,3$  mm ja levenee 5 millimetriin ulos tullessa. 5 mm:n kanavan korkeus on 1 mm. Ilman poistuminen ja kappaleiden täyttyminen varmistetaan 8 kanavalla molemmissa onteloissa.



Kuvio17. Takamuotti ilmanpoistokanavineen

### 5.4.2 Ohjaus

Takamuottiin istutetaan kuviossa 18 näkyviä laakeripronssista valmistettavia ohjausholkkeja. Niiden ohjausaukkoja pyöristetään runsaasti, jotta niihin ohjautuvista tapeista ei tarvitsisi poistaa materiaalia paljon. Holkkeihin ei etsitty todellista materiaalia, vaan suunnittelussa hyödynnettiin SolidWorks-kirjastomateriaalia Tin bearing bronze. Holkit kiinnitetään muottiin päältä M4:n kartiokantaruuveilla, ja holkin ja tapin suunnitteluvällys on 0,20 mm. Käytännössä tämä voi olla suurempi,

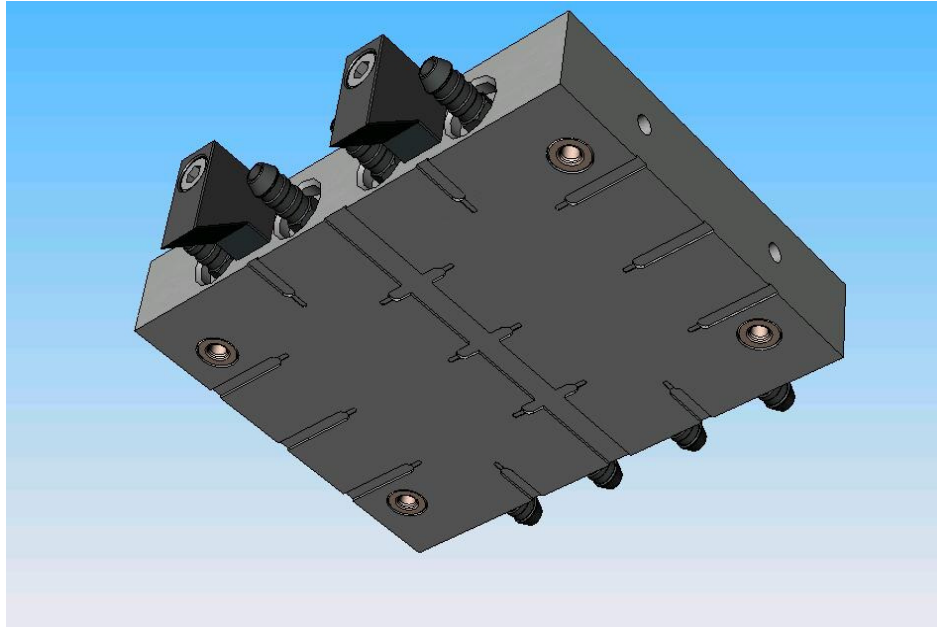
koska takamuotissa ei ole muotoa antavia elementtejä, eikä tarkkaa ohjausvaadetta siten ole.



KUVIO18. Ohjausholkki

#### 5.4.3 Keernojen valun aikainen lukitus

Takamuotin etupintaan sijoitetaan kappaleet, joilla keernapaketti lukitaan valun ajaksi. Nämä on hyvä valmistaa kestävästä teräsmateriaalista, vaikka niillä ei tarvitse siirtää liikkuvia keernoja paikoilleen, vaan ainoastaan estää keernoja aukeamasta valun aikana. Koska kappaleiden sovitukset on erittäin tarkka lukittumisen aikaansaamiseksi, ne täytyy varustaa tappiohjaimilla kääntymisen estämiseksi.



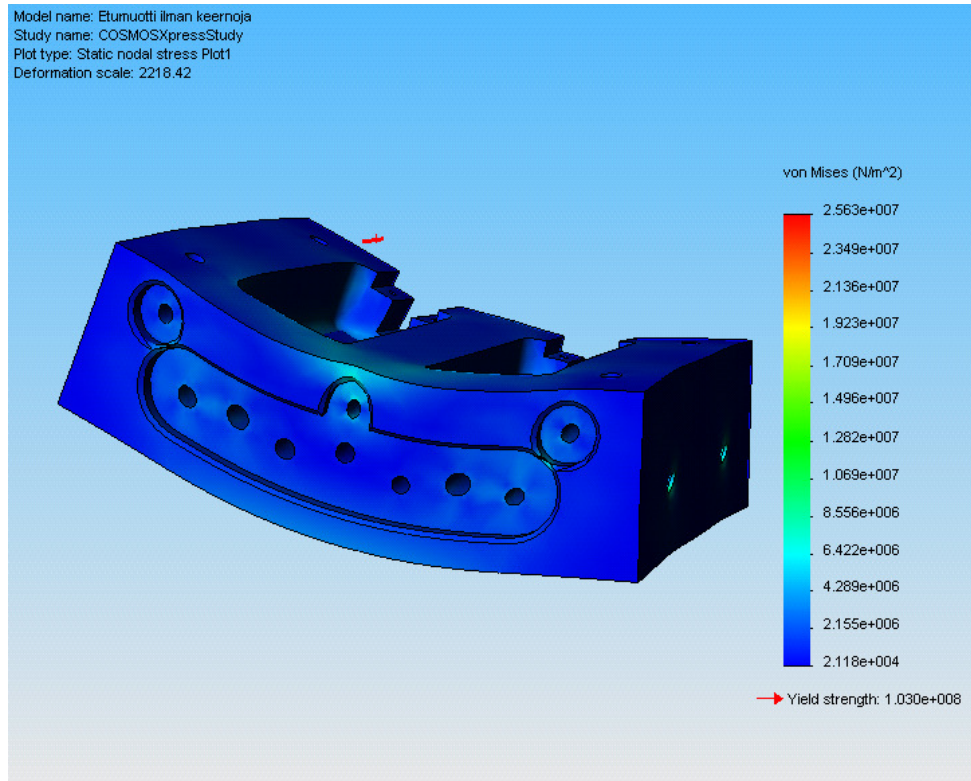
KUVIO 19. Takamuotti keernojen lukitusrautoineen

## 6 ETU- JA TAKAMUOTIN JÄNNITYS- JA VENYMÄTARKASTELU

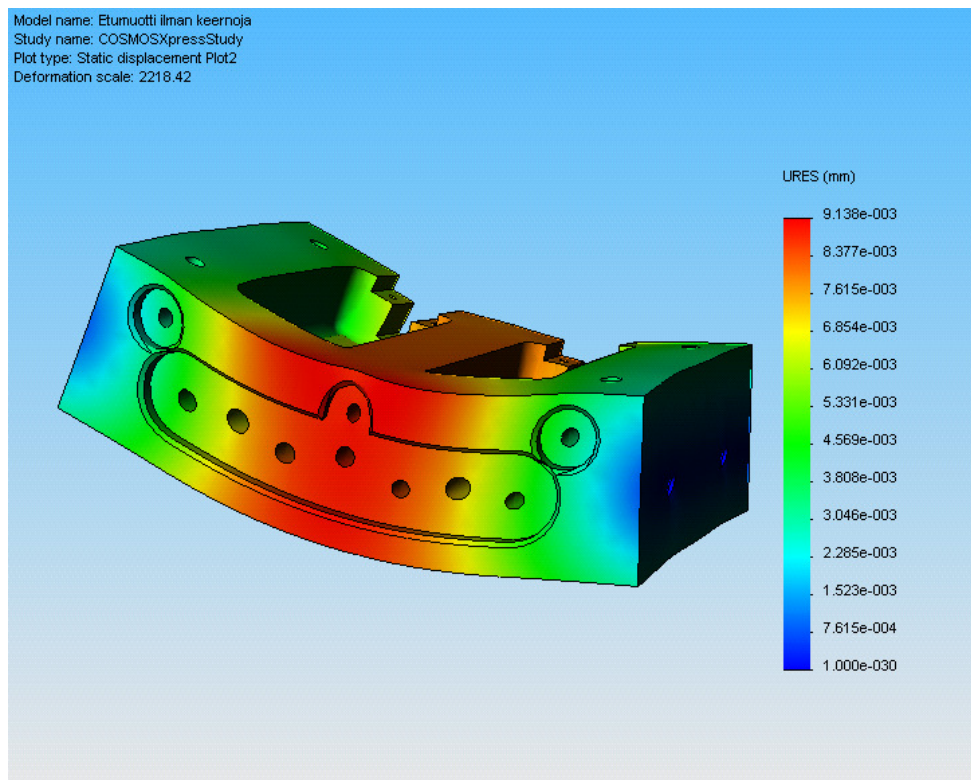
Tarkastelu suoritettiin SolidWorks-ohjelman COSMOSXpress-modulilla. Kiinnityspisteinä käytettiin muottien sivussa sijaitsevia kiinnitysreikiä, joista muotti on suunniteltu asennettavaksi kehyksiin tai keinuun. Koepaine oli 10 bar, jonka Bayer ilmoittaa RIM-prosessien suurimmaksi paineeksi. Avonaiseen muottiin valettaessa paine ei yleensä muodostu näin suureksi.

### 6.1 Etumuotti

Maksimijännitys (KUVIO 20.) muodostui oletetusti muotin kiinnityspisteisiin ollen n. 26 MPa, jolloin varmuuskerroin (FOS) on n. 4,02. Keskellä muottia vesikanavan kohdalla oli toinen edellistä pienempi jännityskeskittymä. Rakenne vaikuttaa kestävän valussa kehittyvät paineet hyvin. Muotin taipuma (KUVIO 21.) osoittautui käytetyllä paineella vähäiseksi ollen suurimmillaan vain n. 0,009 mm.



KUVIO 20. Etumuotin jännitykset



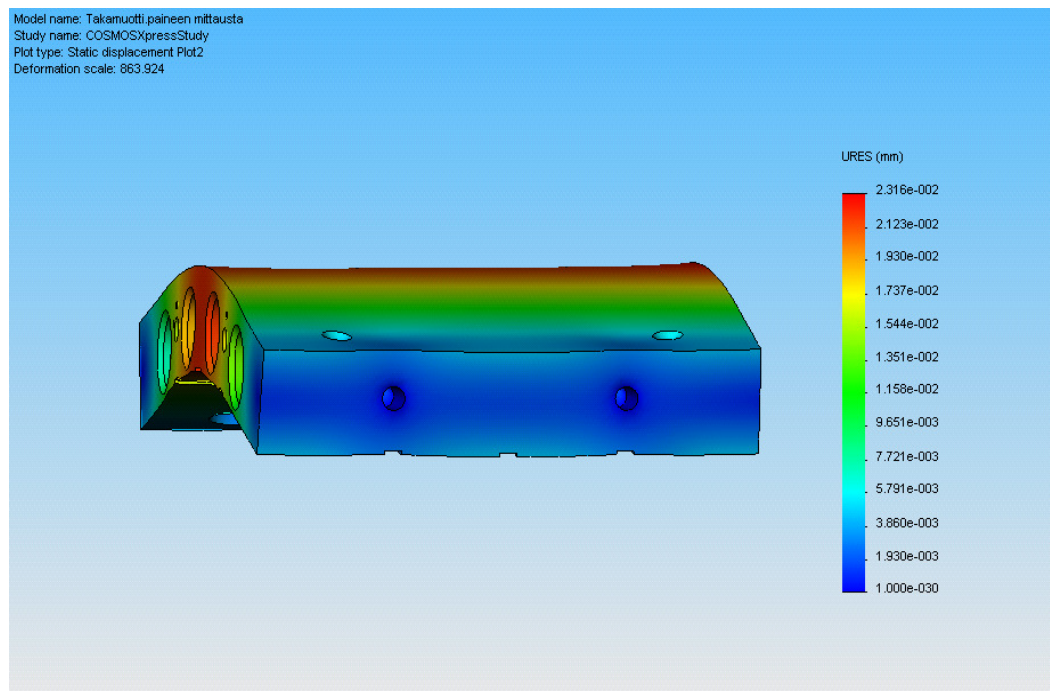
KUVIO 21. Etumuotin muodonmuutokset



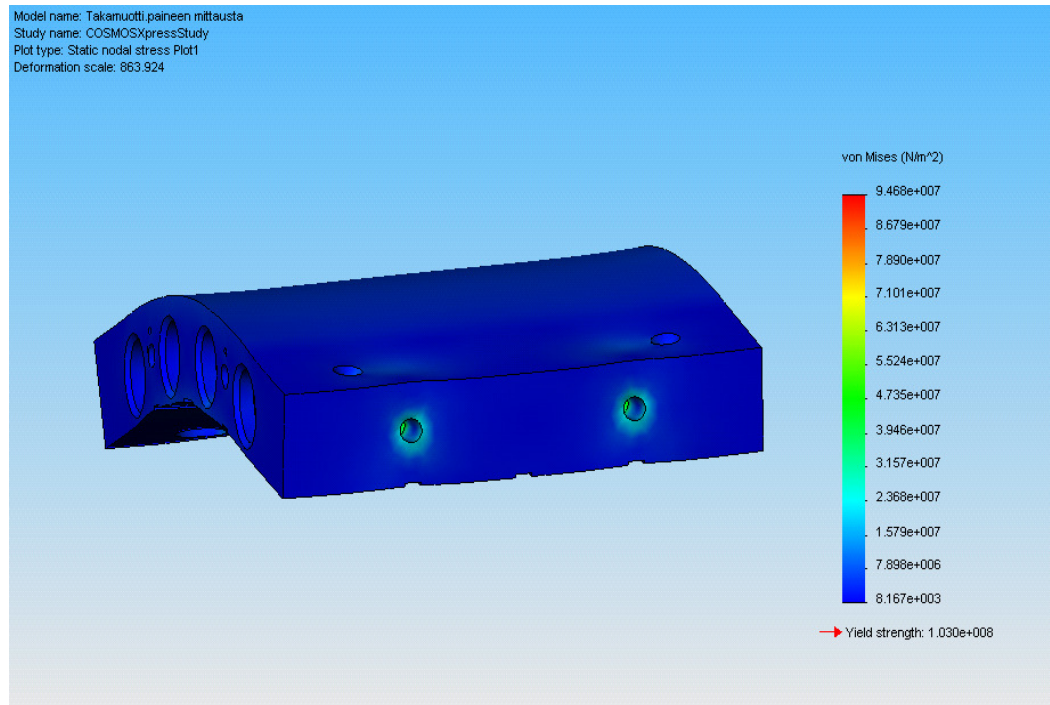
## 6.2 Takamuotti

Takamuotin jännitykset (KUVIO 24.) ja muodonmuutokset (KUVIO 23.) olivat odotetusti etumuottia suuremmat. Ne jäivät niukasti sallitulle alueelle. Takamuotin kriittiset luvut simuloinnissa suunnitellulla 30 mm:n paksuudella olivat: muotin keskellä suurin taipuma 0,0232 mm ja muotin kiinnityspisteissä maksimi-jännitys n. 95 MPa sekä alhaisin varmuuskerroin (FOS) 1,08.

Kiinnityspisteiden rasituksia voi vähentää lisäämällä muottilevyn paksuutta. Jälkikäteen muottia voi vahvistaa esimerkiksi pitkän sivun suuntaisilla rivoilla, mikäli valuja tehtäessä havaitaan paineen muodostuvan yli 8 bar (FOS=1,9...).



KUVIO 23. Takamuotin taipuma



KUVIO 23. Takamuotin jännitykset

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Tuotteen valmistus ja ympäristönäkökulma

Tutustuin opinnäytetyön tekemisen aikana kahden lahtelaisen PU-yrityksen, Kosofinn Oy:n ja Vuoripoika Oy:n, toimintaan. Kosofinn Oy valmistaa tuotteita sekä pehmeistä että kovista soluuntuvista ja soluuntumattomista polyuretaaneista. Vuoripoika Oy valmistaa tuotteita kovista soluuntumattomista polyuretaaneista ja PU-elastomeereistä ja -kumeista.

Kummallakaan yrityksellä ei ollut valmistuksessa opinnäytetyötä vastaavaa tuotetta. Opinnäytetyön tekemisen aikana vastaavia tuotteita ei löytynyt muualtakaan. Tähän saattaa olla syynä se, että muulla kuin turva-alalla ei ole tarvetta tuotteisiin, jotka kykenevät toimimaan itsenäisesti pitkiä aikoja. Turva-ala on Suomessa tällä hetkellä vielä nousuvaiheessa, eikä opinnäytetyön aiheen kaltaisten laitteiden kysyntä tälläkään alalla ole vielä suurta.

Toinen syy voi olla siinä, että tuotteiden suunnittelussa on huomioitava ympäris-



tönäkökulmat. Suunnitellun tuotteen kohdalla tämä asettaa haasteita. Aiheena olevan tuotteen kierrättäminen yksinään saattaa olla epätaloudellista, jos esimerkiksi tuotantomäärät jäävät alhaisiksi. Mikäli aikaisemmin mainittuun kemialliseen kierrätykseen tai käyttämiseen täyterouheena ei olisi mahdollisuutta, tuotteet päätyisivät kaatopaikoille. Kemiallisen kierrätyksen tai täyteaineena käyttämisen myötä tuotteen polyuretaani on mahdollista kierrättää muiden rouhittujen PU-materiaalien seassa. Polyuretaani voidaan myös polttaa lämpöenergiaksi.

Piirilevy valun sisällä hankaloittaa jossain määrin murskaamista. Yleensä monet elektroniikkakomponentit sisältävät poltettaessa haitallisia yhdisteitä synnyttäviä tai itsessään sellaisia aineita, joiden ei sallita leviävän esim. ilmakehään polton yhteydessä. Tämän vuoksi ei ole soveliasta rouhia tuotteita niin, että elektroniikka jää poltettavaan materiaaliin mukaan. Kemiallinen kierrätyskään ei salli suuria määriä vieraita, hajoamattomia aineosia raaka-aineiksi pilkottavassa massassa.

Murskatut komponentit on mahdollista erotella polyuretaanirouheesta suhteellisen helposti esimerkiksi painovoimaisesti. Elektroniikkakomponenttien tiheys on huomattavasti suurempi verrattuna polyuretaaniin, ja materiaalit eroavat helposti paineilmaa käyttäen.

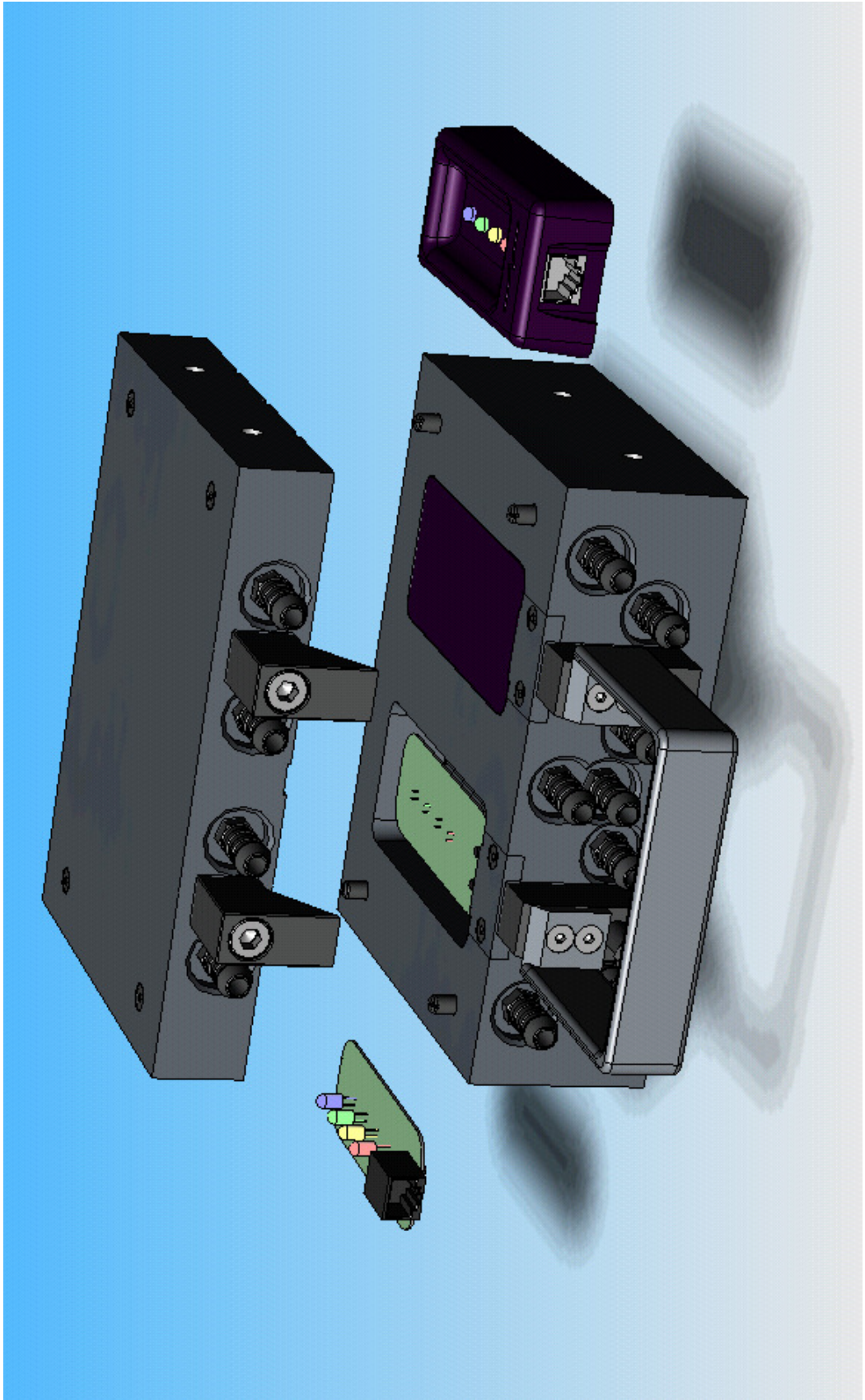
Se, mitä elektroniikalle tapahtuu erottelun jälkeen, onkin sitten jo toinen asia. Suomessa on elektroniikan murskaukseen ja kierrätykseen erikoistuneita yrityksiä. Polyuretaania jää murskan sekaan, eikä sen vaikutuksen arvioiminen komponenttien kierrätyksessä kuulu opinnäytetyön aihealueeseen.

Tukiaseman valmistaminen PU:sta on perusteltua. Polyuretaanilla on hyvä lämmöneristyskyky sekä matalat prosessointipaineet ja -lämpötilat. Polyuretaanien aiheuttamat terveys- ja ympäristöhaitat ovat pitkälti kartoitettuja, ja niiden ehkäiseminen on hyvin ohjeistettua. Kierrätysmenetelmät ovat tehokkaiksi ja kattaviksi kehitettyjä. PU-tuotteiden valmistaminen on ympäristönäkökulmasta katsoen nykyään varsin tasa-arvoista muiden muovien kanssa.

## 7.2 Tulevaisuus

Tuotteen valmistuksen aloittamisen ja muotin koneistamisen ajankohta on opin-  
näytetyön valmistumisen aikaan avoin. Toivottavaa on, että valmistukseen ryhdy-  
tään lähiaikoina.

On varsin mielenkiintoista päästä näkemään työn tuloksia ja muutoksia, joita tä-  
hän suunnitelmaan joudutaan mahdollisesti tekemään. Ammattikorkeakoulun  
muovi- ja muottitekniikan opinnot sekä alan ammattilaisten neuvot ovat olleet  
hyvänä perustana suunnittelussa. Tuntemus on, että työn perusteella saadaan val-  
mistettua hyviä tuotteita.



## LÄHTEET

Painetut lähteet:

Seppälä J. 2003. Polymeeritekniikan perusteet 5. painos. Helsinki: Otatieto Oy.

Tammela V. 1989. Polymeeritiede ja muovitekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

Muut lähteet:

Bayer Global, www-sivut [online] USA, saatavissa:

<http://www.rimmolding.com/rim/index.html> [viitattu 12.4.2007]

Bayer material science: Baydur 646 materiaalitietosivu [online]. Saksa, saatavissa:

<http://www.bayermaterialsciencenafta.com/resources/d/document.cfm?Mode=view&f=102477DF-97E0-9D62-829828BB303AAA48&d=0A27B6F9-9B65-F8EC-918B909BAD0A49BD> [viitattu 24.03.2008]

Cannon Group, www-sivut [online]. Italia, saatavissa:

<http://www.thecannongroup.com/prodotti/tipi.asp?tipopassato=stipoaf> [viitattu 12.4.2007]

Matweb 2008: Alumiini 7075 materiaalisivu [online]. Englanti, saatavissa:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatID=9594> [viitattu 26.4.2008]

Nelo, M. Sytrim-projektin raportti 2/2005,; [online]. Suomi, saatavissa:

<http://www.kotu.oulu.fi/sytrim/doc/polyuretaani.doc> [viitattu 12.4.2007]

Zevenhoven, R. Treatment and disposal of polyurethane wastes, options for recovery and recycling [online]. Suomi, saatavissa:

<http://eny.hut.fi/library/publications/tkk-eny/tkk-eny-19.pdf> [viitattu 12.4.2007]

Työterveyslaitos. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet [online]. Suomi, saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/toldiiso.html> [viitattu 15.1.2007]

Työterveyslaitos. Isosyanaattien aiheuttamat terveyshaitat [online]. Suomi, saatavissa:

[http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Kemikaaliturvallisuus/Valittua+kemikaalitietoa/Isosya\\_terv\\_hait.htm](http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Kemikaaliturvallisuus/Valittua+kemikaalitietoa/Isosya_terv_hait.htm) [viitattu 10.11.2006]

Työterveyslaitos. Kemikaalialtistumisen rajoittaminen [online]. Suomi, saatavissa: [http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/F1AB856A-075B-47B8-A0C5-6D4CC1E5B670/0/Kemikaalialtistumisen\\_rajoittaminen.pdf](http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/F1AB856A-075B-47B8-A0C5-6D4CC1E5B670/0/Kemikaalialtistumisen_rajoittaminen.pdf) [viitattu 10.11.2006]

Sika Deutschland GmbH. Sika työkalu- ja komposiittisivusto [online]. Saksa, saatavissa: [http://www.sika-tooling.com/SikaBlock\\_M550\\_eng.pdf](http://www.sika-tooling.com/SikaBlock_M550_eng.pdf) [viitattu 24.03.2008]

Borgstöm, A. Talven taittuminen 22.01.2006 [online]. Suomi, saatavissa: <http://yle.fi/saa/artikkelit/id12202.html> [viitattu 28.03.2008]

## LIITTEET

- LIITE 1 SikaBlockin esitelehti
- LIITE 2 Baydur 646 esite
- LIITE 3 Al 7075:n ominaisuustaulukko
- LIITE 4 Etumuotin mittakuva T1018
- LIITE 5 Takamuotin mittakuva T1004
- LIITE 6 Vasen keernan kansi, mittakuva T1014,01
- LIITE 7 Oikea keernan kansi, mittakuva T1014
- LIITE 8 Ohjaustapin mittakuva T1001
- LIITE 9 Ohjausholkin mittakuva T1001,1
- LIITE 10 Liukuakselin mittakuva T1016
- LIITE 11 Vasen keerna, mittakuva T1011,1
- LIITE 12 Oikea keerna, mittakuva T1011,2
- LIITE 13 Letkunippa 6/10 x 40.5, mittakuva T1016
- LIITE 14 Letkunippa 8/13 x 47, mittakuva T1005
- LIITE 15 Keernojen lukituskappaleen mittakuva T1017,0

LIITE 16 Keernan liuku- ja lukituspala T1015

LIITE 17 Keernaliukujen ja kahvan kokoonpanokuva K1000

LIITE 18 Etumuotin kokoonpanokuva K1013

LIITE 19 Takamuotin kokoonpanokuva K1012

LIITE 20 Koko muotin kokoonpanokuva K1015

Technical Data Sheet  
Issued 04/2006

## SikaBlock® M550

### Model board

#### Application

- Manufacture of data control models and cubings
- Manufacture of master models
- Manufacture of moulds for low pressure reaction injection moulding
- Vacuum forming moulds for lower number of pieces

#### Properties

- Very high dimensional stability and low density
- High strength and toughness
- Good edge stability
- Easily mechanical workable
- Very low dust formation by milling
- Dense fine surface
- Easy to seal and good to varnish

#### Description

- Basis Polyurethane, light brown
- Adhesive Biresin® Kleber braun, two-component-PUR-system, brown
- Filler Biresin® Spachtel braun, two-component-polyester-system, brown

#### Physical Data (approx.-values)

SikaBlock® M550			
Density	ISO 845	g/cm <sup>3</sup>	0.7
Shore hardness	ISO 868	-	D 60
Flexural strength	ISO 178	MPa	22
E-Modulus	ISO 604	MPa	800
Compressive strength	ISO 178	MPa	20*
Impact strength	ISO 179 Ue	kJ/m <sup>2</sup>	5
Heat distortion temperature	ISO 75 B	°C	78
Linear thermal expansion coefficient $\alpha_T$	DIN 53 752	K <sup>-1</sup>	55 x 10 <sup>-6</sup>

\* at 10% compressive strain

#### Processing Data

Adhesive / Filler		Biresin® Kleber braun	Biresin® Spachtel braun
Mixing ratio	in parts by weight	100 : 65	100 : 2
Potlife	min	20	5
Setting time	h	8 - 10	> 20 min

#### Delivery

Board materials	SikaBlock® M550	1500 mm x 500 mm x 25 mm 1500 mm x 500 mm x 50 mm 1500 mm x 500 mm x 75 mm 1500 mm x 500 mm x 100 mm
Adhesive	Biresin® Kleber braun, resin	1.5 kg net
	Biresin® G53, hardener	4 kg; 0.975 kg net
Filler	Biresin® Spachtel braun, resin	KT: 2 x 8.74 kg net cartridges 6 x 1.76 kg net tins in a box
	BPO-Paste, hardener	2 x 0.16 kg net sticks (for cartridges) 6 x 0.04 kg net tubes in a box (for tins)





**Processing**

- The material must be acclimatised to 18 - 25°C prior to machining.
- Machining of the block is easily accomplished by sawing, milling and so on with high performance tools or by hand.
- Bonding areas must be clean, dry and free of dust and grease or oil. For bondings use e. g. Biresin® Kleber braun (for more information see Technical Data Sheet).
- For more information about milling please seek advice from cutting tool manufacturer or our separate leaflet.
- For correction or finishing of surface use Biresin® Spachtel braun (for more information see Technical Data Sheet).

**Storage**

- Product has un-limited shelf life when stored flat in dry conditions.
- During storage and transport of finished tools and models temperature variations should be kept as moderate as could be.

**Precautions**

For information and advice on the safe handling and storage of products, users should refer to the current Safety Data Sheet containing physical, ecological, toxicological and other safety related data.

**Disposal considerations****Product**

Recommendations: Must be disposed of in a special waste disposal unit in accordance with the corresponding regulations.

**Packaging**

Recommendations: Completely emptied packagings can be given for recycling. Packaging that cannot be cleaned should be disposed of as product waste.

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika-products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users should always refer to the most recent issue of the Technical Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied upon request.

Sika Deutschland GmbH  
Stuttgarter Str. 139  
D - 72574 Bad Urach  
Germany

Tel.: +49 (0) 7125 940 492  
Fax: +49 (0) 7125 940 401  
e-Mail: [tooling@de.sika.com](mailto:tooling@de.sika.com)  
Internet: [www.sika.de](http://www.sika.de)





# BAYDUR® 646

## Structural Foam RIM System

Product Code: U646

### Description

Baydur 646 is a rigid polyurethane structural foam system used in the reaction injection molding (RIM) process. The system is supplied as two reactive liquid components: Component A is a polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI), and Component B is a formulated polyol system containing no CFC- or HCFC-blowing additives.

The Baydur 646 system is used to produce foam cores for composite applications, such as water skis, wake boards, snow boards, and various components for the transportation and marine markets. As with any product, use of the Baydur 646 system in a given application must be tested (including field testing, etc.) in advance by the user to determine suitability.

### Typical Properties\* of System

Property	ASTM Test Method (Other)	Unit	Density			
			15 pcf	20 pcf	25 pcf	30 pcf
<b>0.250-in Thickness</b>						
Specific Gravity	D 792		0.24	0.32	0.40	0.48
Hardness	D 2240	Shore Scale	28 D	37 D	46 D	55 D
Mold Shrinkage	(Bayer)	%	0.3–0.5	0.3–0.5	0.3–0.5	0.3–0.5
Tensile Strength at Break	D 638	lb/in <sup>2</sup>	560	880	1,200	1,740
Tensile Elongation at Break	D 638	%	7	7	7	7
Flexural Modulus	D 790	lb/in <sup>2</sup>	32,000	44,000	67,000	83,000
Flexural Strength	D 790	lb/in <sup>2</sup>	950	1,200	2,000	2,400
Compressive Strength	D 695	lb/in <sup>2</sup>	430	880	1,150	1,500
Charpy Impact	(Bayer)	ft•lb/in <sup>2</sup>	1.8	2.5	3.5	4.2
<b>0.500-in Thickness</b>						
Specific Gravity	D 792		0.24	0.32	0.40	0.48
Hardness	D 2240	Shore Scale	30 D	39 D	49 D	55 D
Tensile Strength at Break	D 638	lb/in <sup>2</sup>	550	900	1,100	1,500
Tensile Elongation at Break	D 638	%	9	9	9	9
Flexural Modulus	D 790	lb/in <sup>2</sup>	27,000	36,000	64,000	75,000
Flexural Strength	D 790	lb/in <sup>2</sup>	1,000	1,300	2,400	2,900
Compressive Strength	D 695	lb/in <sup>2</sup>	275	550	1,100	1,500
Charpy Impact	(Bayer)	ft•lb/in <sup>2</sup>	1.9	2.5	3.8	4.3

\* These items are provided as general information only. They are approximate values and are not part of the product specifications.

**Typical Properties of Components\***

Property	Isocyanate (Component A)	Polyol (Component B)
Appearance	Dark brown to black liquid	Amber liquid
Specific Gravity at 25°C	1.24	1.08
Viscosity at 25°C, mPa·s	200	1,200
Flash Point, PMCC, °C	199	123
NCO, %	31.5	–
Water, Wt. %	–	1.05
Hydroxyl Number, mg KOH/g	–	370

**Processing Conditions**

Molding Parameters*	
Material Temperature, °C (°F)	29–38 (84–100)
Mold Temperature, °C (°F)	50–60 (122–140)
Hand Mix Reactivity at 25°C:	
Cream Time, sec	30–40
Gel Time, sec	65–75
Tack-Free Time, sec	77–85
Free-Rise Density, lb/ft <sup>3</sup>	5–7
Machine Reactivity at 30°C:	
Cream Time, sec	10–20
Gel Time, sec	30–40
Tack-Free Time, sec	50–60
Free-Rise Density, lb/ft <sup>3</sup>	5–7
Polyol Nucleation:	
Specific Gravity	0.80–0.90
Typical Cure Time, min:	
0.500-in Thickness	4–5
Typical Molded Density, lb/ft <sup>3</sup>	10–30
Mixing Ratio, Iso/Polyol, 110 Index:	
By Weight	110/100

**Storage and Handling**

*Isocyanate Component* – Component A (PMDI isocyanate) will react with moisture and must be stored in tightly closed containers to prevent contamination with moisture and foreign materials, which can adversely affect processing. It will react slowly with water to form polyureas and liberate CO<sub>2</sub> gas, which may cause sealed containers to expand and rupture. Storage temperature should be maintained between 18° and 30°C (64° and 86°F).

*Polyol Component* – Component B (polyol) is hygroscopic and may absorb water. Containers must be kept closed and protected from moisture and foreign materials, which can adversely affect processing. Storage should be maintained at ambient temperature.

**Health and Safety Information**

Appropriate literature has been assembled which provides information concerning the health and safety precautions that must be observed when handling Baydur 646 system components. Before working with these products, you must read and become familiar with the available information on their hazards, proper use, and handling. This cannot be overemphasized. Information is available in several forms, e.g., material safety data sheets and product labels. Consult your Bayer MaterialScience representative or contact Bayer's Product Safety and Regulatory Affairs Department in Pittsburgh, Pa.

Note: The information contained in this bulletin is current as of June 2000. Please contact Bayer MaterialScience to determine whether this publication has been revised.

**Bayer MaterialScience LLC**

100 Bayer Road • Pittsburgh, PA 15205-9741 • Phone: 1-800-662-2927 • www.BayerMaterialScienceNAFTA.com

The manner in which you use and the purpose to which you put and utilize our products, technical assistance and information (whether verbal, written or by way of production evaluations), including any suggested formulations and recommendations are beyond our control. Therefore, it is imperative that you test our products, technical assistance and information to determine to your own satisfaction whether they are suitable for your intended uses and applications. This application-specific analysis must at least include testing to determine suitability from a technical as well as health, safety, and environmental standpoint. Such testing has not necessarily been done by us. Unless we otherwise agree in writing, all products are sold strictly pursuant to the terms of our standard conditions of sale. All information and technical assistance is given without warranty or guarantee and is subject to change without notice. It is expressly understood and agreed that you assume and hereby expressly release us from all liability, in tort, contract or otherwise, incurred in connection with the use of our products, technical assistance, and information. Any statement or recommendation not contained herein is unauthorized and shall not bind us. Nothing herein shall be construed as a recommendation to use any product in conflict with patents covering any material or its use. No license is implied or in fact granted under the claims of any patent.

**Sales Offices**

17320 Redhill Avenue, Suite 175, Irvine, CA 92614-5660 • 1-949-833-2351 • Fax: 1-949-752-1306  
 1000 Route 9 North, Suite 103, Woodbridge, NJ 07095-1200 • 1-732-726-8988 • Fax: 1-732-726-1672  
 2401 Walton Boulevard, Auburn Hills, MI 48326-1957 • Phone: 1-248-475-7700 • Fax: 1-248-475-7701

5210 6/00

**Aluminum 7075-O**

**Categories:** [Metal](#); [Nonferrous Metal](#); [Aluminum Alloy](#); [7000 Series Aluminum Alloy](#)

**Material Notes:** General 7075 characteristics and uses (from Alcoa): Very high strength material used for highly stressed structural parts. The T7351 temper offers improved stress-corrosion cracking resistance.

Uses: Aircraft fittings, gears and shafts, fuse parts, meter shafts and gears, missile parts, regulating valve parts, worm gears, keys, aircraft, aerospace and defense applications.

Data points with the AA note have been provided by the Aluminum Association, Inc. and are NOT FOR DESIGN.

**Composition Notes:**

A Zr + Ti limit of 0.25 percent maximum may be used with this alloy designation for extruded and forged products only, but only when the supplier or producer and the purchaser have mutually so agreed. Agreement may be indicated, for example, by reference to a standard, by letter, by order note, or other means which allow the Zr + Ti limit.

Composition information provided by the Aluminum Association and is not for design.

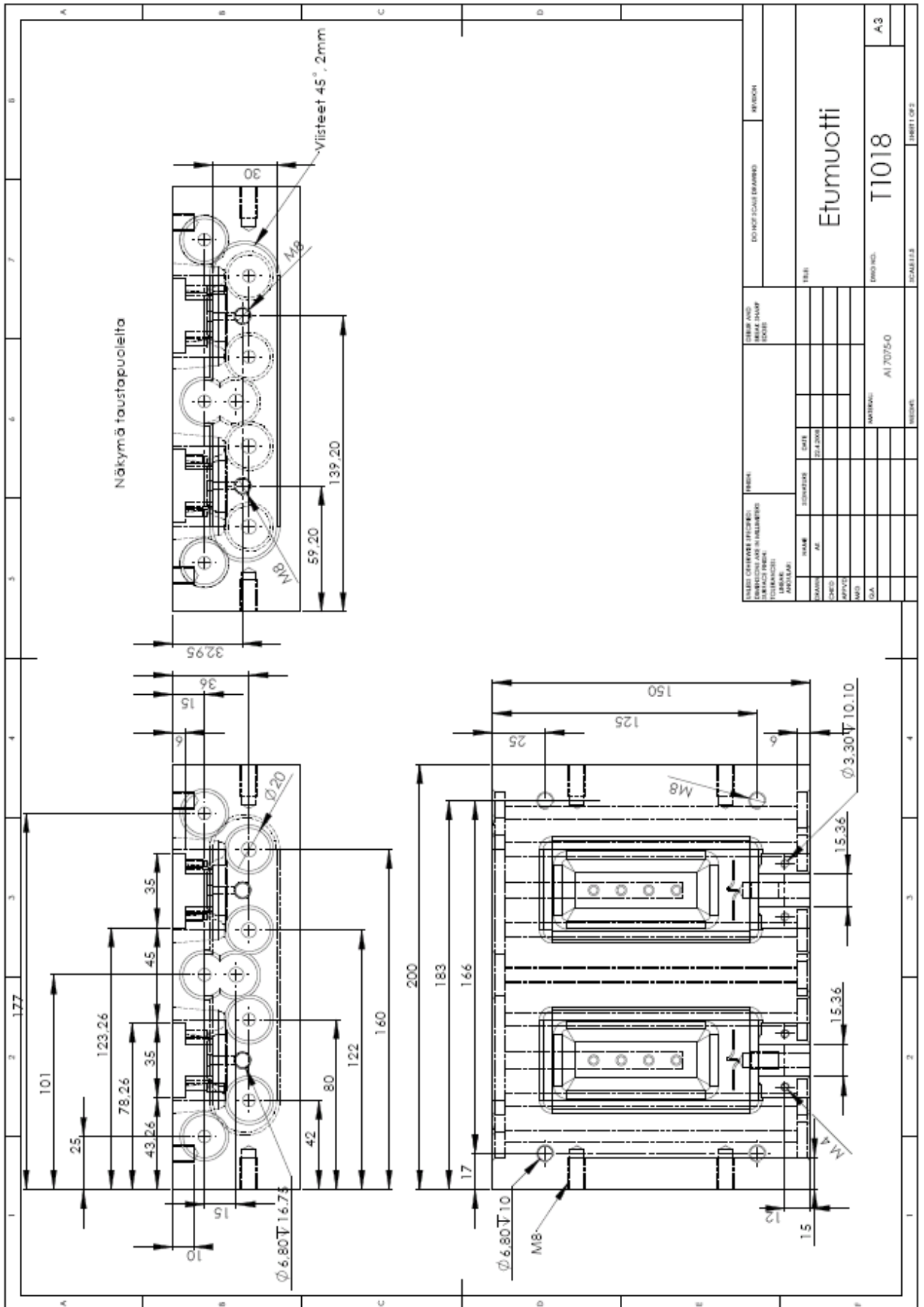
**Key Words:** UNS A97075; ISO AlZn5.5MgCu(A); Aluminium 7075-O; AA7075-O

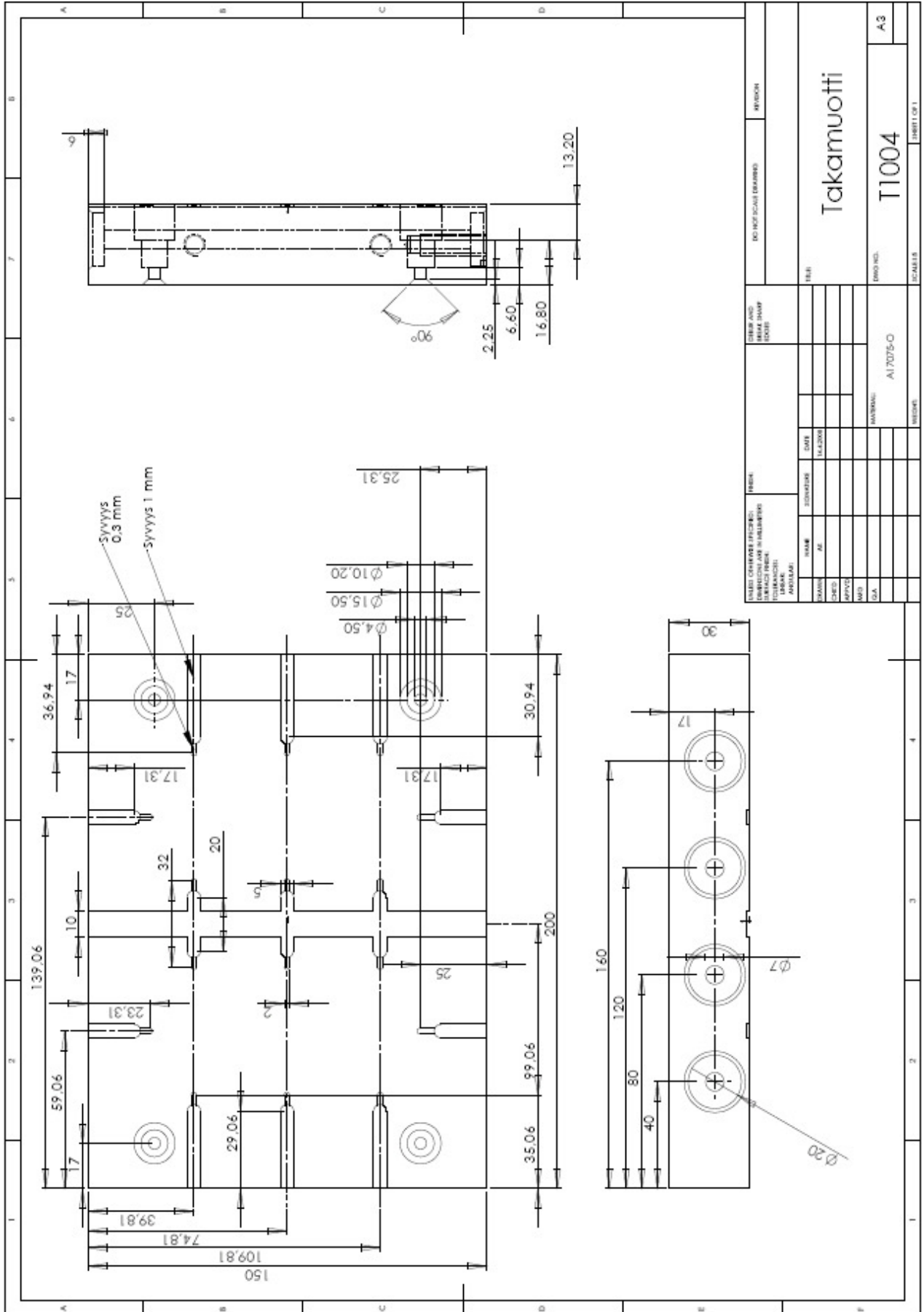
**Vendors:** [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	2.81 g/cc	0.102 lb/in <sup>3</sup>	AA; Typical
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	60.0	60.0	AA; Typical; 500 g load; 10 mm ball
Hardness, Knoop	80.0	80.0	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Vickers	68.0	68.0	Converted from Brinell Hardness Value
Ultimate Tensile Strength	228 MPa	33.0 ksi	AA; Typical
Tensile Yield Strength	103 MPa	15.0 ksi	AA; Typical
Elongation at Break	16.0 %	16.0 %	AA; Typical; 1/2 in. (12.7 mm) Diameter
	17.0 %	17.0 %	AA; Typical; 1/16 in. (1.6 mm) Thickness
Modulus of Elasticity	71.7 GPa	10400 ksi	AA; Typical; Average of tension and compression. Compression modulus is about 2% greater than tensile modulus.
Poissons Ratio	0.330	0.330	
Shear Modulus	26.9 GPa	3900 ksi	
Shear Strength	152 MPa	22000 psi	AA; Typical
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.00000380 ohm-cm	0.00000380 ohm-cm	
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 68°F	23.6 µm/m-°C	13.1 µin/in-°F	AA; Typical; Average over 68-212°F range.
CTE, linear 250°C	25.2 µm/m-°C	14.0 µin/in-°F	Average over the range 20-300°C
Specific Heat Capacity	0.960 J/g-°C	0.229 BTU/lb-°F	
Thermal Conductivity	173 W/m-K	1200 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F	
Melting Point	477 - 635.0 °C	890 - 1175 °F	AA; Typical range based on typical composition for wrought products 1/4 inch thickness or greater. Homogenization may raise eutectic melting temperature 20-40°F but usually does not eliminate eutectic melting.
Solidus	477 °C	890 °F	AA; Typical
Liquidus	635.0 °C	1175 °F	AA; Typical
Processing Properties	Metric	English	Comments
Annealing Temperature	413 °C	775 °F	
Solution Temperature	466 - 482 °C	870 - 900 °F	
Material Components Properties	Metric	English	Comments
Aluminum, Al	87.1 - 91.4 %	87.1 - 91.4 %	As remainder
Chromium, Cr	0.180 - 0.280 %	0.180 - 0.280 %	
Copper, Cu	1.20 - 2.00 %	1.20 - 2.00 %	
Iron, Fe	<= 0.500 %	<= 0.500 %	
Magnesium, Mg	2.10 - 2.90 %	2.10 - 2.90 %	
Manganese, Mn	<= 0.300 %	<= 0.300 %	
Other, each	<= 0.0500 %	<= 0.0500 %	
Other, total	<= 0.150 %	<= 0.150 %	
Silicon, Si	<= 0.400 %	<= 0.400 %	
Titanium, Ti	<= 0.200 %	<= 0.200 %	
Zinc, Zn	5.10 - 6.10 %	5.10 - 6.10 %	

[References](#) for this datasheet.





NIMI (COMPANY DESIGN): UUTUS (REVISION): KÄYTTÖ (MATERIAL): MÄÄRÄ (QUANTITY):	NIMI (DRAWING TITLE):	SUUNNITTELIJA (DESIGNER): PIIRITTEIJÄ (DRAWN): KOKOUSTEKN. (DIMENSIONS): KOKO (SCALE): MÄÄRÄ (QUANTITY):	TUOTTEEN KÄYTTÖ (PRODUCT USE): MÄÄRÄ (QUANTITY):	TUOTE (PRODUCT): MÄÄRÄ (QUANTITY):	TUOTTEEN TUNNUS (PRODUCT CODE):	TUOTTEEN NIMI (PRODUCT NAME): MÄÄRÄ (QUANTITY):

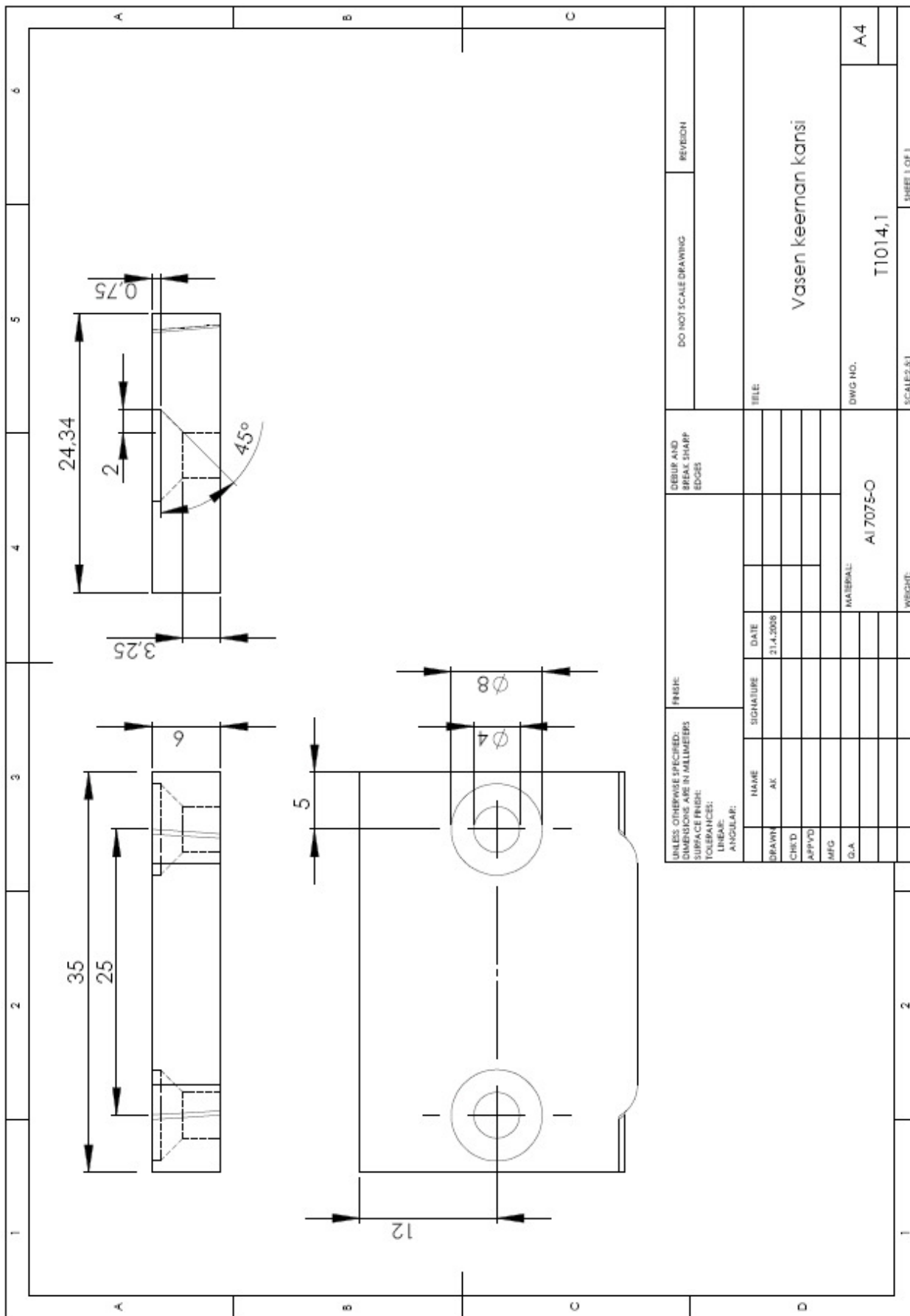
Takamuotti

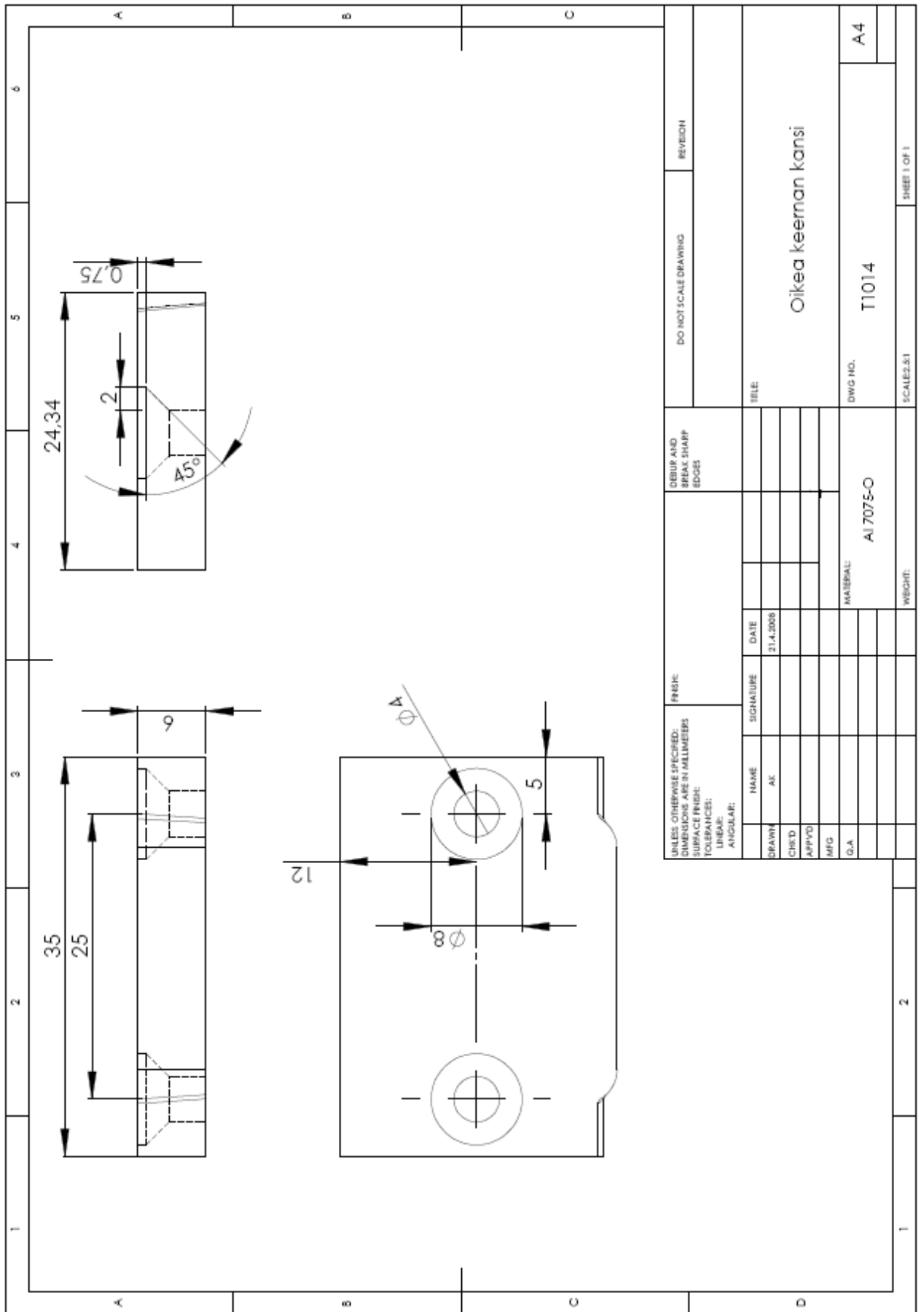
T1004

A3

SCALE: 1:1

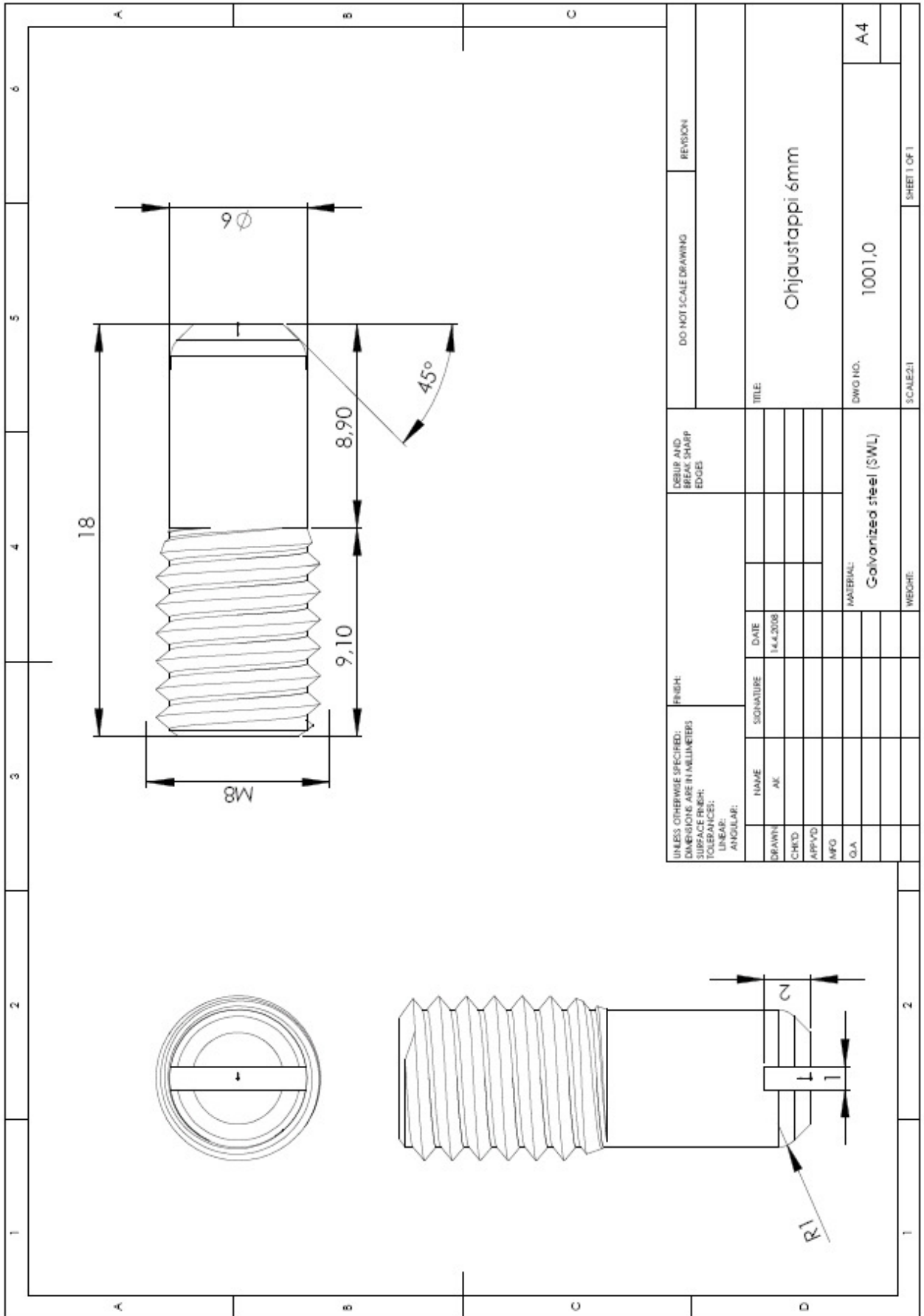




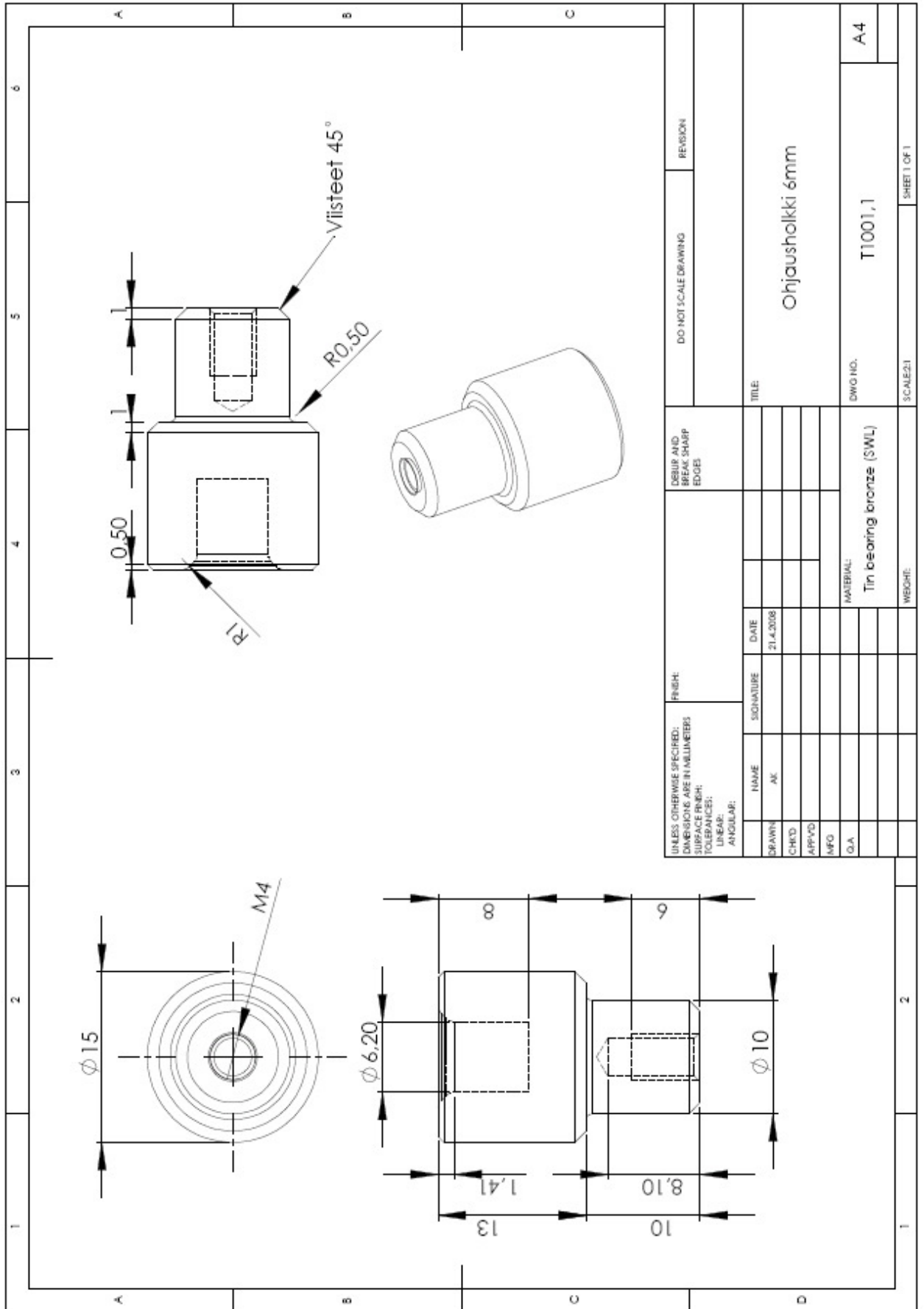


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DRAWING AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE		Oikea keernan kansi			
CHKD	AK		21.4.2006						
APVD									
MFG									
G.A.									
				MATERIAL: AI 7075-O		DWG NO. T1014		A4	
				WEIGHT:		SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



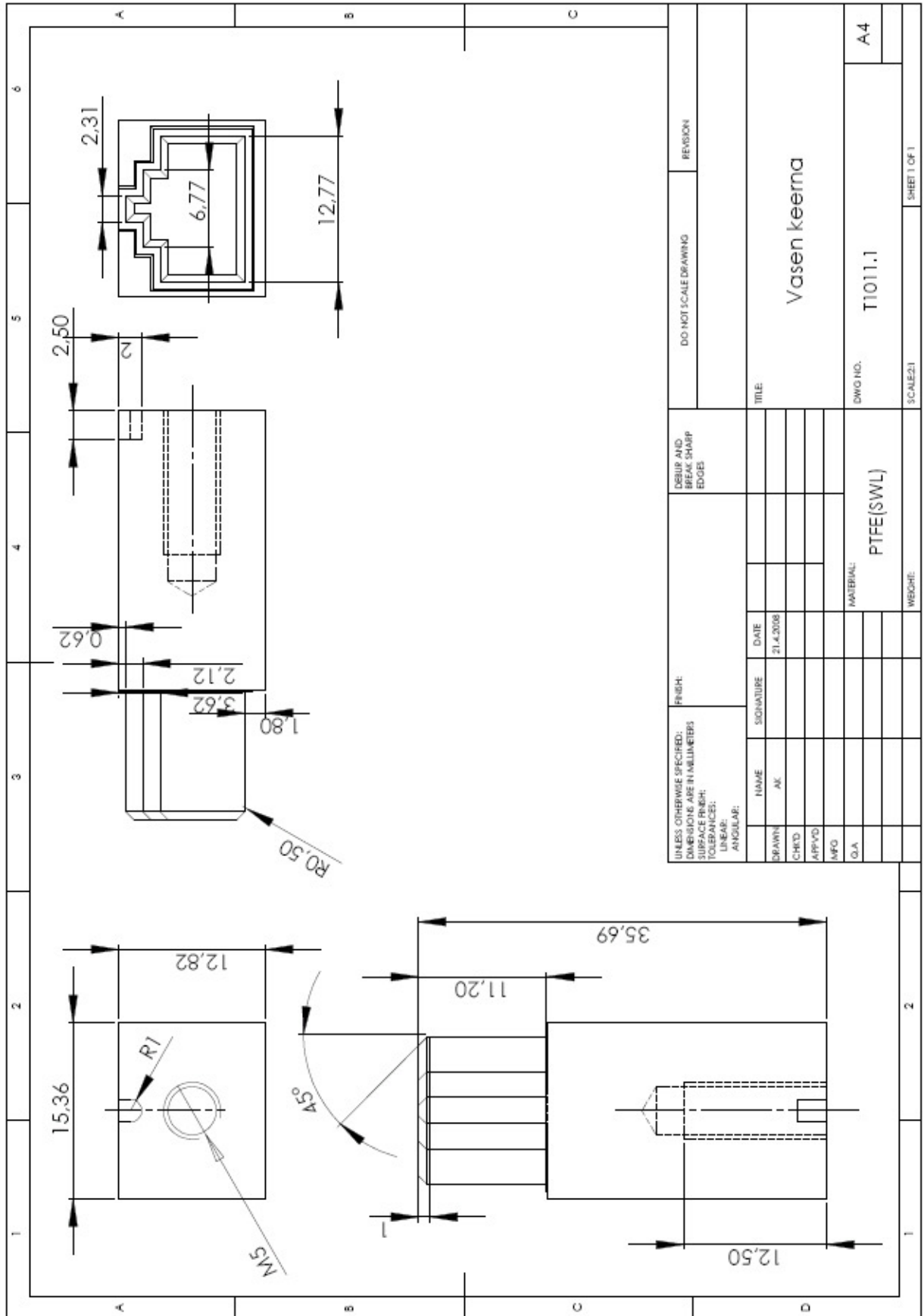


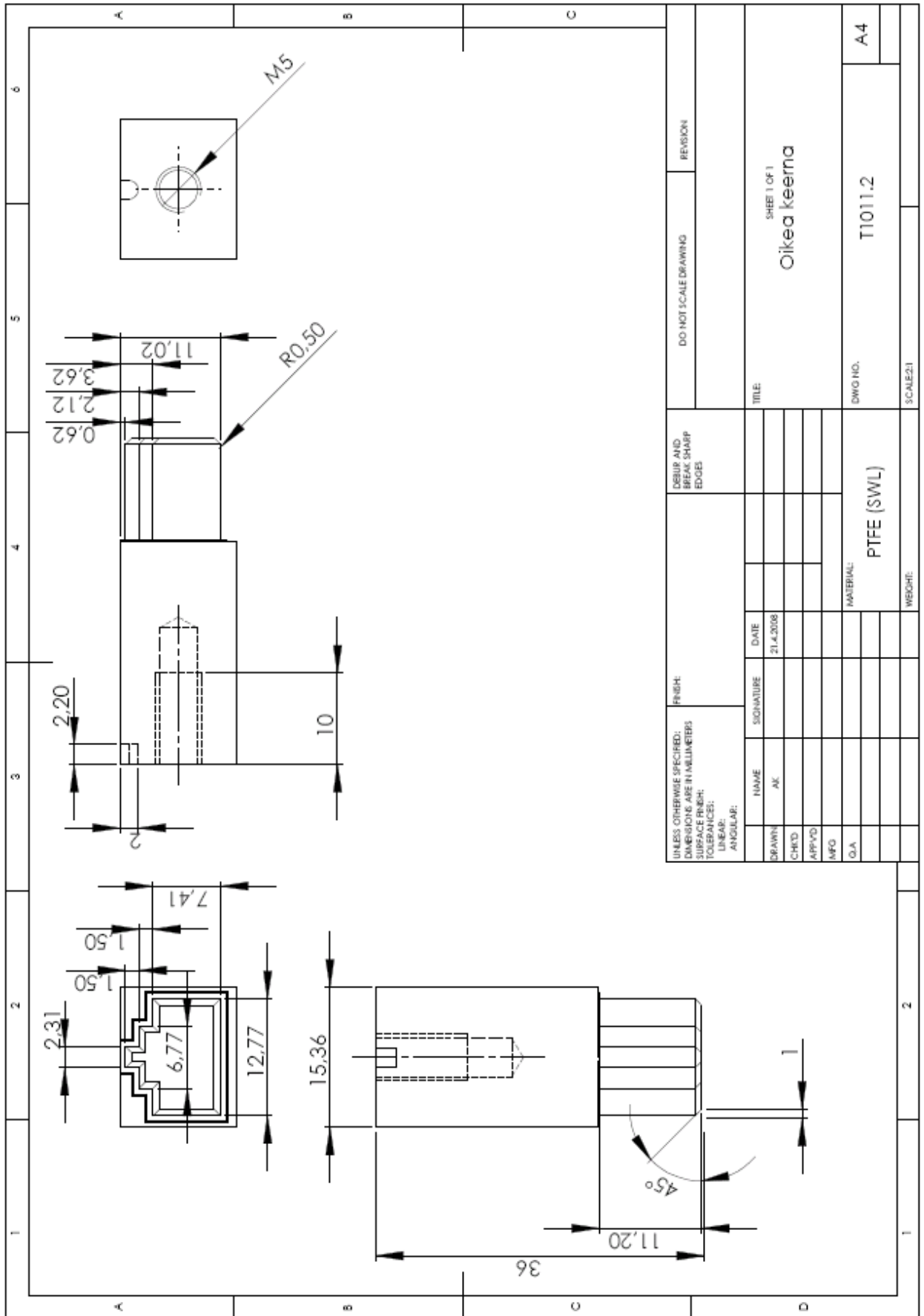
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	Ohjaustappi 6mm	
CHKD	AK		14.4.2008	DWG NO.	1001,0	
APP'VD				MATERIAL	Galvanized steel (SWL)	
INFO				WEIGHT	A4	
Q.A.				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	



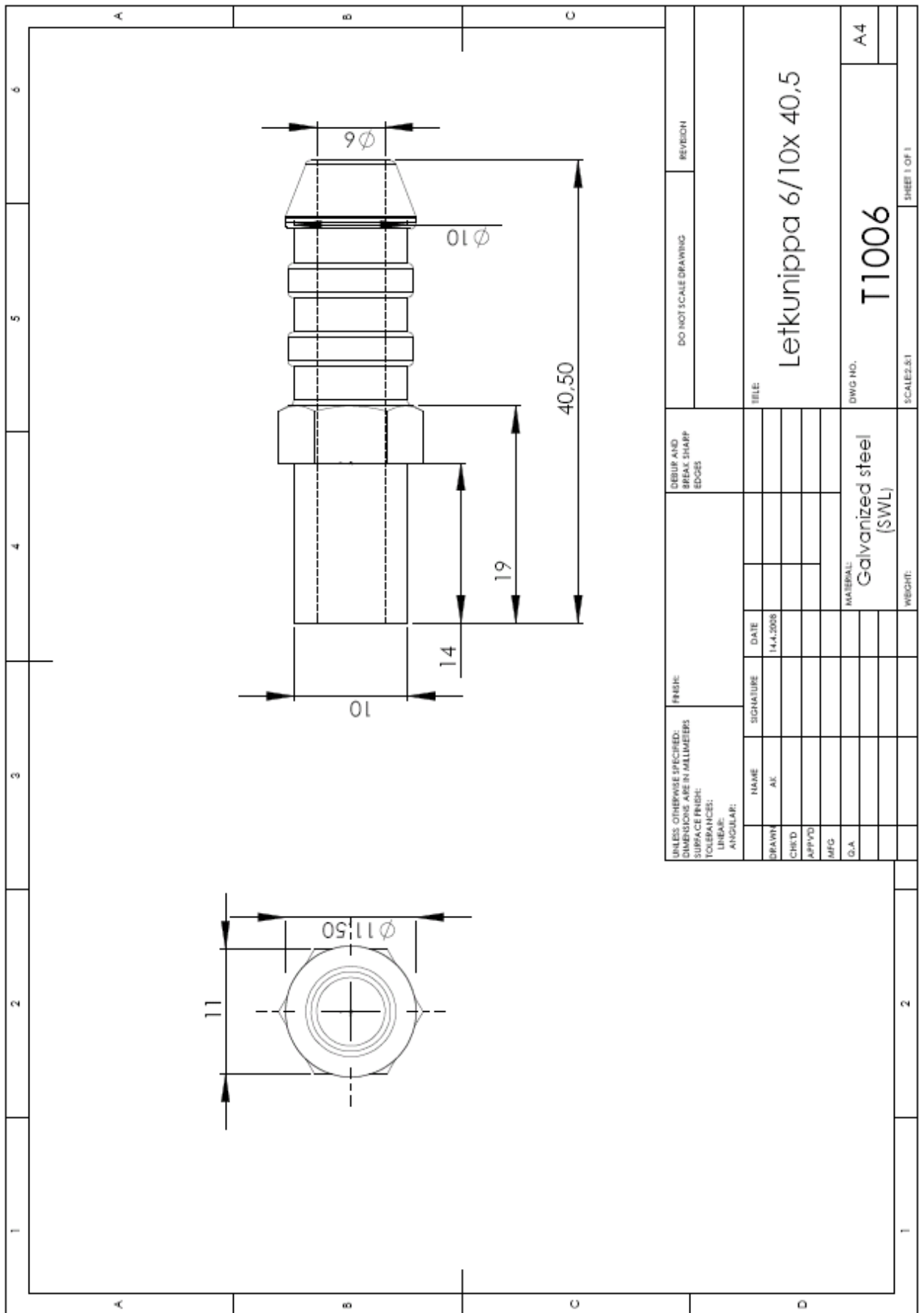
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DATE	21.4.2008
DRAWN	AK	SIGNATURE		
CHKD				
APP'VD				
MFG				
D.A.				
		MATERIAL: Tin bearing bronze (SWL)		DWG NO. T1001,1
		TITLE: Ohjausholkki 6mm		A4
		SCALE: 2:1		SHEET 1 OF 1



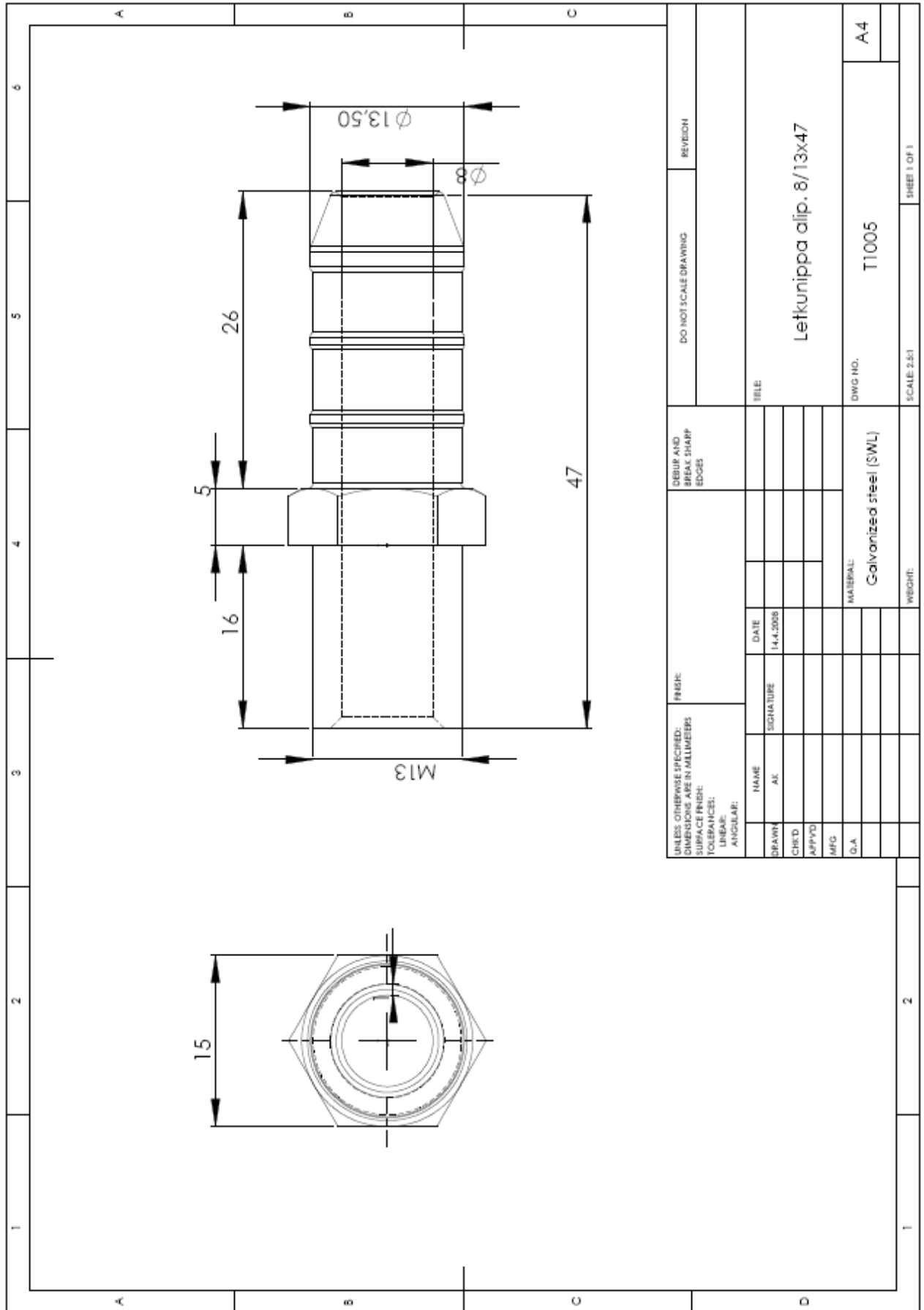


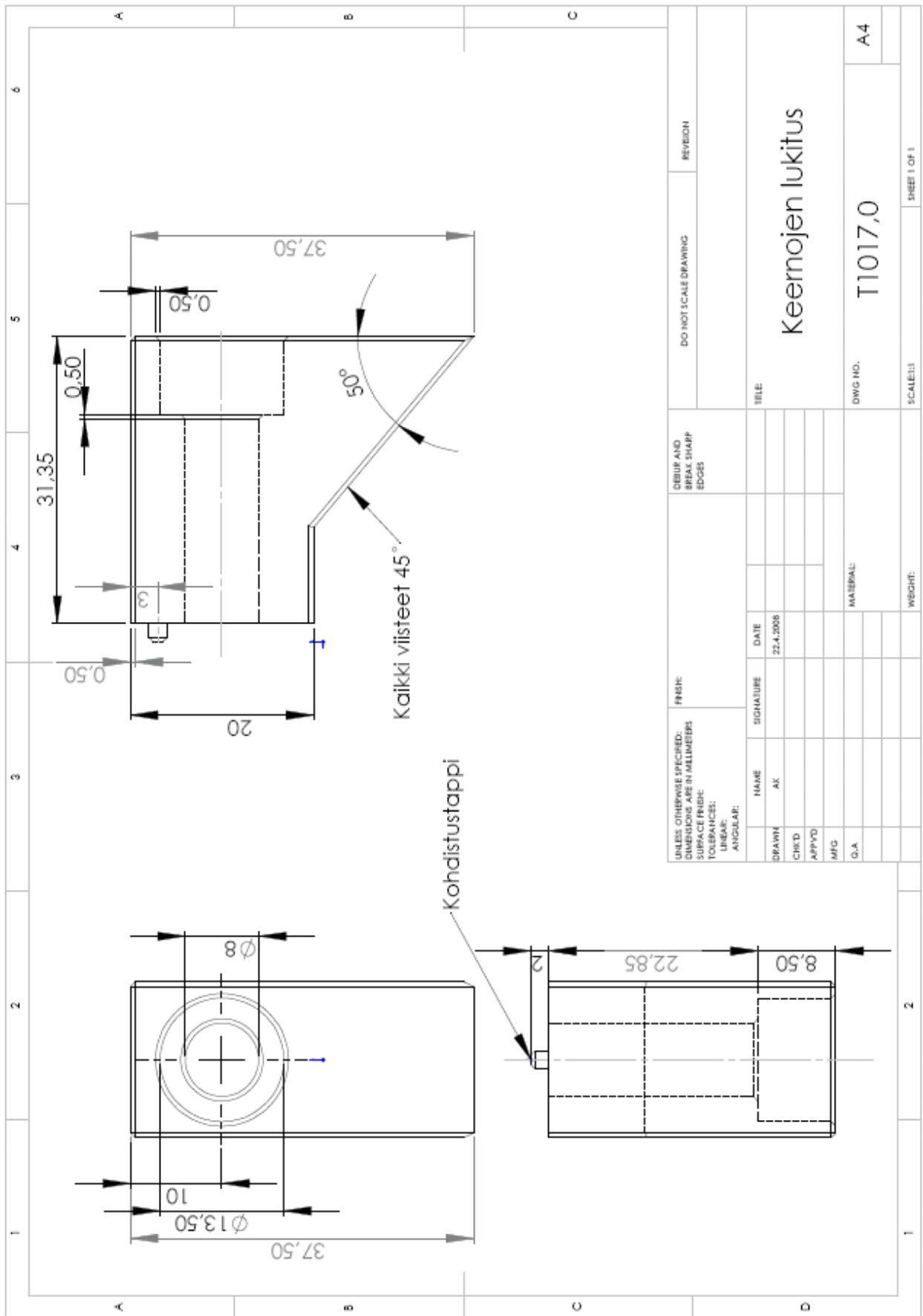


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		TITLE:		SHEET 1 OF 1	
TOLERANCES:		MATERIAL: PTFE (SWL)		Oikea keerna		T1011.2	
LINEAR:		WEIGHT:		DWG NO.		A4	
ANGULAR:		SCALE: 2:1		SCALE: 2:1			
DRAWN:	AK	DATE:	21.4.2006				
CHK'D:		SIGNATURE:					
APP'VD:							
MFG:							
D.A.							

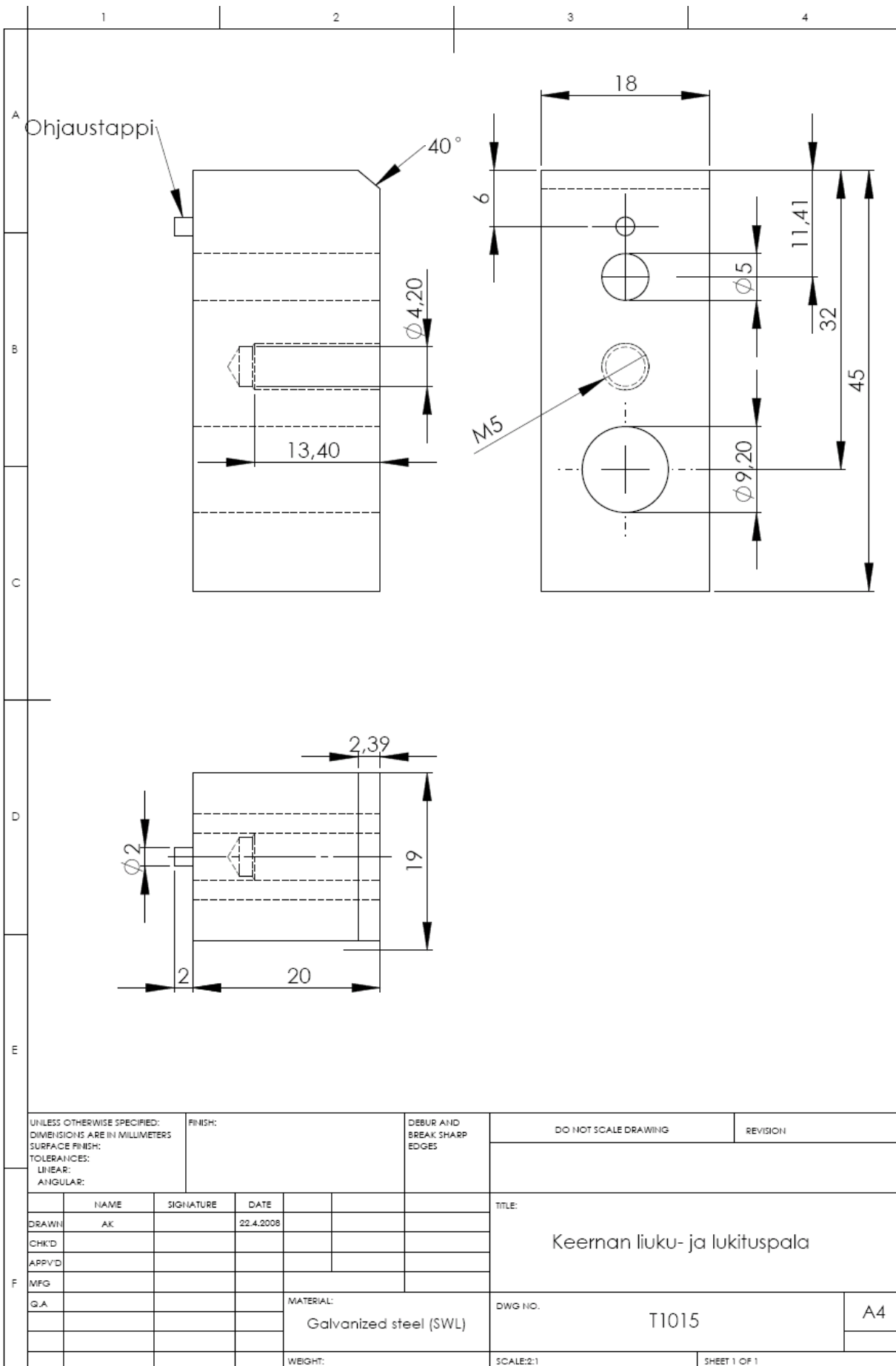


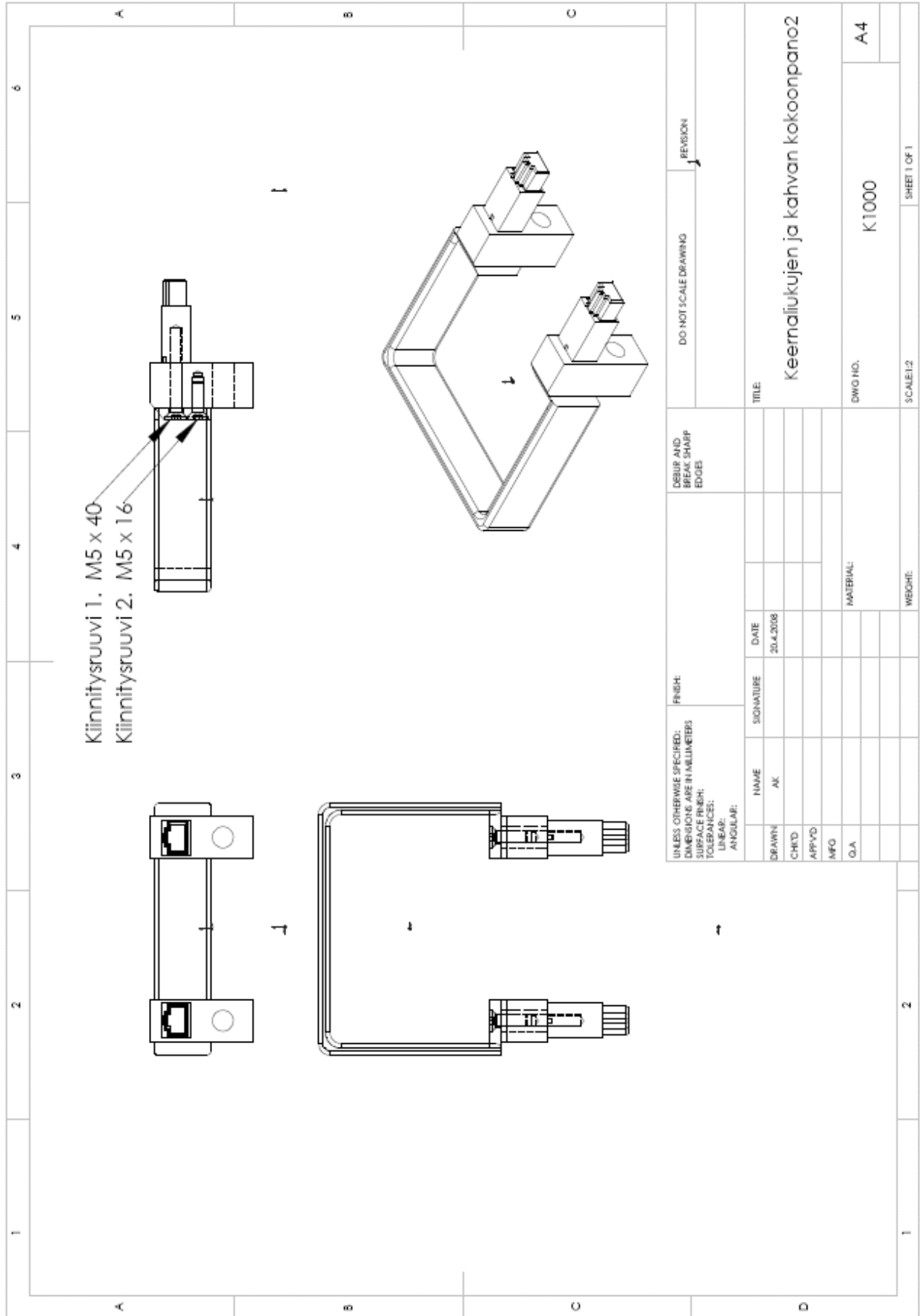
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		NAME		DATE		TITLE			
TOLERANCES:		SIGNATURE		14.4.2008		Letkunippa 6/10x 40,5			
LINEAR:		DRAWN				DWG NO. T1006			
ANGULAR:		CHK'D				MATERIAL: Galvanized steel (SWL)			
		APPROV				A4			
		MFG				SHEET 1 OF 1			
		D.A.				SCALE: 2:1			

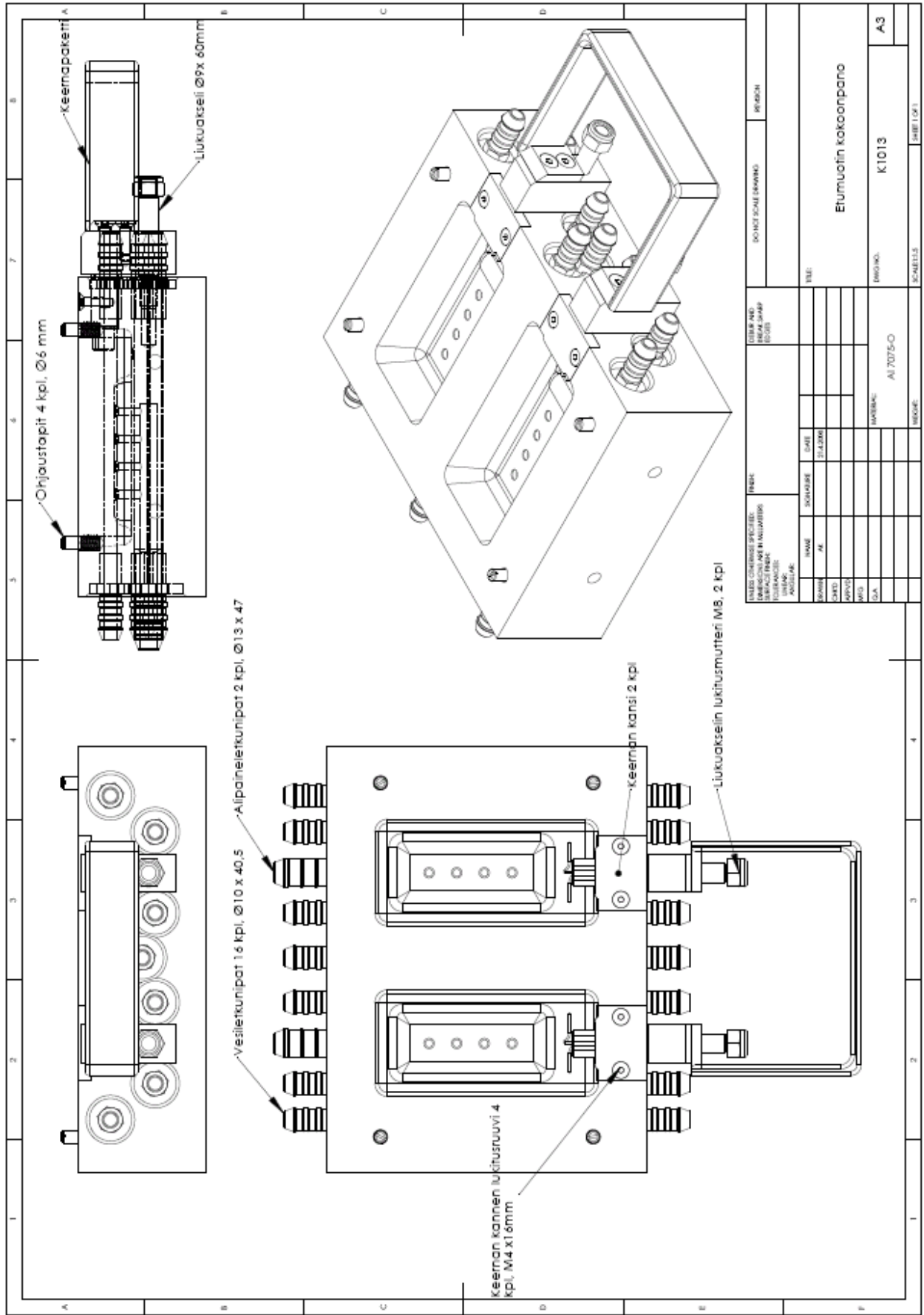


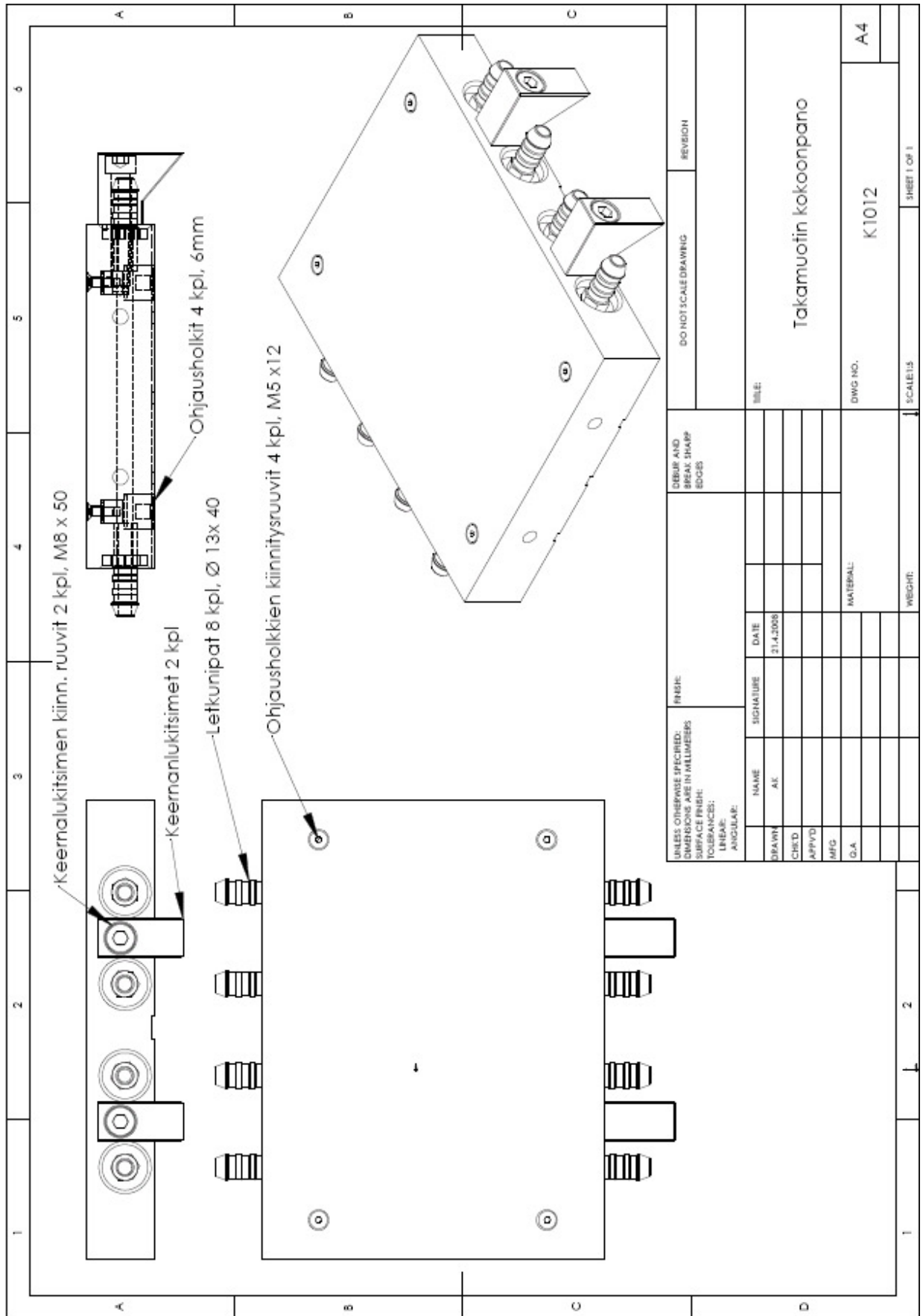












UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BEGAL TRAMP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN	AK	SIGNATURE	DATE						
CHECKED			21.4.2008						
APPVED									
MFG									
D.A.									
				MATERIAL:		DWG NO.		K1012	
						SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	
						WEIGHT:		A4	
						TITLE:		Takamuotin kokoonpano	

