

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Mikko Vainio

SYLINTERIPUTKEN LIITTIMIEN HITS AUSJIGIN SUUNNITTELU JA AUTOMATISOINTI

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

Tekniikan lisensiaatti Olavi Kopponen
Tampereen Laatukoneistus
valvojana tuotantopäällikkö Mikko Paavilainen

Tampere 2006

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Mikko Vainio

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Sylinteriputken liittimien hitsausjigin suunnittelu ja automatisointi

24 sivua + 16 liitesivua

Tekniikan lisensiaatti Olavi Kopponen

Tampereen laatukoneistus Oy, valvojana tuotantopäällikkö Mikko Paavilainen

Kesäkuu 2006

Hakusanat

hitsausjigi, LOGO!, CATIA, suunnittelu

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereen Laatukoneistukselle, ja se käsittelee automaattista hitsausjigiä. Työ on jaettu kolmeen eri osa-alueeseen. Ensimmäiseksi työssä käsitellään hitsaustekniikkaa, toiseksi suunnittelua ja viimeiseksi logiikan ohjelmointia.

Opinnäytetyössä on suunniteltu hitsausjigi, jolla saadaan hitsattua hitsausrobotilla liittimet sylinteriputken päälle. Se on myös suunniteltu mahdollisimman automaattiseksi.

Liittimien käsin hitsaus on aikaa vievää työtä ja se sitoo hitsaajan pitkäksi aikaa pois muista töistä. Siirtämällä työ robotille sekä automatisoimalla hitsausjigi mahdollisimman pitkälle logiikan avulla nopeutuu työ huomattavasti.

Hitsausjigi on suunniteltu CATIA-ohjelmalla käyttäen 3D-mallinnusta ja sen perusteella laitteesta on tehty työkuvat. Logiikaksi valittiin SIEMENS LOGO!, koska se on helppo käyttää sekä itsessään edullinen. Tätä kyseistä logiikkaa on myös helppoa ja edullista laajentaa ohjelman vaatimusten mukaan.

Jigistä saatiin monen eri version kautta toimiva kokonaisuus. Logiikkaohjelma testattiin simulaattorilla ja se toimi siinä hyvin. Työkuvat, jotka piirrettiin 3D-kuvan perusteella, saatiin siihen vaiheeseen, että jigi on rakennusvalmis.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Mikko Vainio Designing and automation of welding rack for connector on cylinder

Engineering Thesis 24 pages, 16 appendices

Thesis Supervisor Licentiate in Technology Olavi Kopponen

Commissioning Company Tampereen LaatuKoneistus, Supervisor: Mikko Paavilainen
production manager

June 2006

Keywords welding rack, CATIA, LOGO!, programming

ABSTRACT

Purpose of this thesis was to design automatic welding rack to connectors on top of cylinder. Thesis is split into three different parts. First part is about welding technique, second is designing and third is logic programming.

Welding rack was designed to Tampereen LaatuKoneistus Oy. LaatuKoneistus was founded in 1969 and it operates in Tampere. It manufactures cylinders for heavy use for example shipbuilding industry.

The rack was design with CATIA designing software. Rack is designed as automatic as can. Automation was made with Siemens LOGO! logic. It's cheap and easy to use.

Many different versions the rack was designed before it was complete. Designing was the most time consuming part of the thesis. Logic was tested with simulator and it worked fine. After the rack is finished it'll speed up and make welding process much easier.

ALKUSANAT

Haluan kiittää muutamia henkilöitä, jotka osaltaan edesauttoivat työn valmistumisessa. Tampereen LaatuKoneistus antoi minulle hienon mahdollisuuden tehdä tämän työn, josta olen oppinut suunnattomasti suunnittelutaitoja. Kiitokset Mikko Paavilaiselle, jonka kanssa kävimme läpi monta eri versiota jigistä ja saimme kehitettyä siitä toimivan laitteen.

Kiitokset myös Seppo Mäkelälle Tampereen ammattikorkeakoululta, joka antoi paljon teknistä tukea eri laitteiden ja osien kanssa.

Tampereella 2.6.2006

Mikko Vainio

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO	5
1. JOHDANTO	6
1.1 Tampereen Laatu-koneistuksen esittely	6
1.2 Työn aloitus	6
2. LIITTIMEN HITSAUS KIINNI SYLINDERIPUTKEEN	8
2.1 Hitsattavat osat	8
2.2 Hitsauspaikka	8
2.2 Liittimen kiinnitystapa hitsauksen ajaksi	9
2.3 Liittimen ympärihitsaus esihitsauksen jälkeen	12
3. HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU	13
3.1 Suunnittelutyö	13
3.2 Jigin automatisointi	14
3.3 Runko	14
3.4 Sylinterit	14
3.5 Sylinteriputken kiinnitys	17
3.6 Kannatin	17
3.7 Muut osat	18
4. LOGIIKAN OHJELMOINTI	19
4.1 Ohjelman suunnittelu	19
4.2 Ohjelmakierto	20
4.3 Ohjelmointi	20
5. YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23
LIITTEET	24

1. JOHDANTO

1.1 Tampereen Laatikoneistuksen esittely

Työ tehtiin Tampereen Laatikoneistukselle. Se on perustettu vuonna 1969 ja se sijaitsee Tampereella Lielahdessa. Laatikoneistus on metallialan yhtiö, joka on erikoistunut hydraulisiin sylintereihin, joita käytetään raskaissa ja vaativissa olosuhteissa. Lähtökohtana on, että sylinterit valmistetaan yksilöllisesti jokaiselle asiakkaalle heidän toivomustensa mukaisesti. Esimerkkejä Laatikoneistuksen valmistamista erikoisista sylintereistä sekä erikoisimpiin olosuhteisiin valmistetuista sylintereistä ovat:

- trooppiset olosuhteet
- arktiset olosuhteet
- laivasto ja vedenalaiset kohteet
- kokonaan ruostumattomasta teräksestä valmistettu sylinteri /1/

Laatikoneistus pyrkii kehittämään itseään kahdella pääalueella. Tuotokeskeinen ajattelutapa pyrkii tunnistamaan asiakkaiden tarpeet ja heidän odotuksensa tuotteita kohtaan. Jatkuva ajattelutapa taas pyrkii kokoaikaiseen tuotekehitykseen, jolla taataan teknisesti ajan tasalla olevia ratkaisuja /1/.

1.2 Työn aloitus

Hitsausjigi suunniteltiin säästämään aikaa ja vaivaa sylinteriputken liittimien hitsauksessa. Hitsaaminen satoi yhden työmiehen pitkäksi aikaa projektiin, jossa tehdään suuriakin eriä sylinteriputkia. Jigi hoitaa hitsauksen lähes kokonaan automaattisesti.

Hitsausjigin suunnittelussa otettiin huomioon, mitkä laitteen osat automatisoidaan ja mitkä työvaiheet ovat järkevintä tehdä käsin. Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa jigistä tehtiin niin automaattinen, että vain liittimen panostus alussa ja putken vaihtaminen tapahtuu käsin. Tästä on jo se käytännön hyöty, että koneen käyttäjän

ei tarvitse koko ajan päivystää robotin tekemää työtä ja sen vaiheita, kuten silloin jos automatisointi olisi vajavaisempaa, esimerkiksi jos liittimien panostus tarvitsisi tehdä kesken ohjelmaa käsin.

Työ aloitettiin tekemällä hitsauskokeiluja hitsausrobotilla. Kokeet olivat todella käytännöllisiä, ja havaintojen perusteella hitsausarvoja ja liittimen reikien kokoa muutettiin. Yrityksen kautta päästiin haluttuun lopputulokseen.

Työtä jatkettiin piirtämällä jigi, mikä oli työvaiheista ehdottomasti aikaa vievin. Kehitystä tapahtui jatkavasti ja jigistä piirrettiin monta eri versiota. Lopulta päästiin siihen pisteeseen, jossa jigi oli sekä toimiva että helppokäyttöinen.

Viimeisenä tehtiin logiikkaohjelma jigissä olevalle logiikalle. Logiikan ohjelmointi oli helpoin vaihe koko projektista. Ohjelmointiohjelman käyttö oli hyvin helppoa ja nopeaa. Nopeutta lisäsi vielä se, että ennen aloittamista oli tarkkaan mietitty, mitä ohjelman pitää tehdä ja missä järjestyksessä.

2. LIITTIMEN HITSAUS KIINNI SYLINTERIPUTKEEN

2.1 Hitsattavat osat

Osat, joita jigillä hitsataan, ovat sylinteriputki ja liitin. Sylinteriputkia on montaa eri pituutta, mutta jigin toimintaan vaikuttavat vain niiden halkaisijat. Jigi on suunniteltu niin, että sylinteriputkien pituudet saavat vaihdella 246–550 mm. Putken halkaisijoita on kahta eri kokoa (Kuva 1). Koon vaihtuessa täytyy jigissä liittimien kannattimen paikkaa säätää sen mukaisesti.



Kuva 1 Sylinterit eri halkaisijalla

2.2 Hitsauspaikka

Liittimet hitsataan hitsausrobotilla kiinni sylinteriputkeen. Robotti on kolmiakselinen ja näin ollen liittimen ympärihitsaus ei tuota ongelmia. Ympärihitsauksessa täytyy kuitenkin olla varovainen, jotta hitsausjälki olisi kunnollinen. Jos putki pidettäisiin vaakasuorassa hitsauksen ajan, täyttöhitsaus ei onnistuisi halutulla tavalla. Siksi liitin täytyy hitsata kiinni sylinteriputkeen niin, että hitsauspoltin on koko ajan pystysuorassa alaspäin ja liitin 45°:n kulmassa siihen nähden. Tämä onnistuu pyörivällä pöydällä, jossa on kallistusominaisuus (Kuva 2).



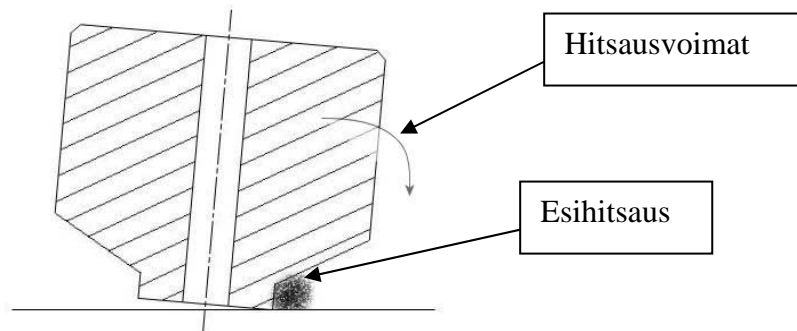
Kuva 2 Hitsausrobotti ja kääntöpöytä

2.2 Liittimen kiinnitystapa hitsauksen ajaksi

Liittimiä hitsattaessa suurimmaksi ongelmaksi nousivat hitsauksesta syntyvät voimat, jotka pyrkivät vääntämään liittimiä hitsauksen suuntaan, ellei niitä tueta tarpeeksi hyvin. Hitsatessa lämpö sulattaa hitsattavia materiaaleja ja aiheuttaa laajenemista metallissa. Metalli kutistuu jäähtyessään, ja valtava voima kohdistuu hitsattuun saumaan, joka elää hieman ennen kuin on lopullisesti jäähtynyt omaan muotoonsa /2/.

Ratkaisu ongelmaan on esihitsata liitin kiinni sylinteriputkeen ennen varsinaista hitsausta. Näin hitsausvoimat pysyvät kohtuullisena, ja itse hitsaus on helpompi suorittaa, koska liitintä ei enää tarvitse tukea esihitsauksen jälkeen. Näin ollen hitsauspoltin pääsee liikkumaan vapaasti liittimen ympärillä.

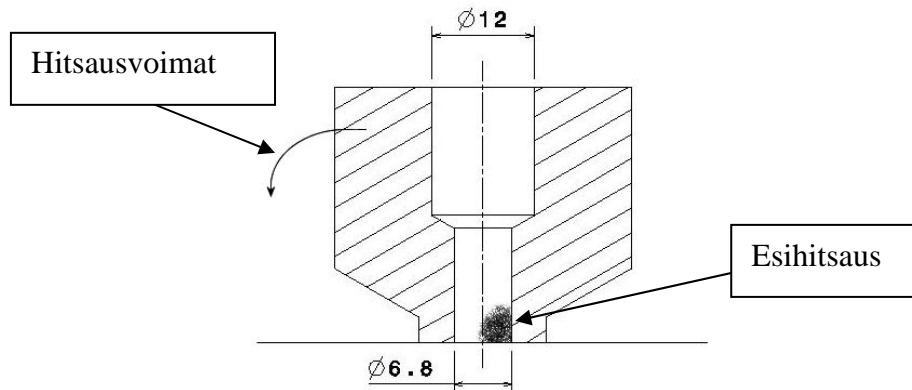
Yksi ratkaisu ongelmaan olisi esihitsata liitin kiinni sen ulkosivulta. Tässä ongelmaksi muodostuisi se, että hitsausvoimat pyrkisivät vääntämään liittintä hitsauksen suuntaan ja vinoon sylinteriputken päällä (kuva 1). Tämä voitaisiin ratkaista tukemalla liitin sylinteriputkea vasten todella tukevasti jigin avulla. Tähän vaadittaisiin suurta tarkkuutta sekä paljon voimaa, jottei liitin pääsisi liikkumaan esihitsauksen aikana pois oikealta paikaltaan.



Kuva 3 Liitin sivulta esihitsattuna

Toinen ratkaisu liittimen esihitsaamiseen sylinteriputkeen olisi hitsata liitin kiinni liittimen keskellä olevasta reiästä. Ratkaisun hyvänä puolena olisi, etteivät hitsausvoimat pääsisi vääntämään liittintä vinoon, koska liitin vääntyy itse itseään vasten (kuva 2). Myöskään liittimen tukemiseen ei tarvita suurta voimaa. Riittää että liitin pidetään sylinteriputken päällä, ettei se pääsisi putoamaan sieltä eikä siirtymään pois paikaltaan.

Ongelmaksi tässä ratkaisussa osoittautui keskellä olevan reiän koko. Reikä on liian pieni, jotta suojakaasu saataisiin oikeaan paikkaan, eikä hitsaussuutin pääse tarpeeksi syvälle. Liittimessä olevaa reikää voitaisiin suurentaa poraamalla 12 mm poranterällä jo valmiina olevaa reikää ylhäältä liittimen puoleen väliin (Kuva 2).



Kuva 4 Liitin sisältä esihitsattuna ja suurennetut reiät

Ratkaisuvaihtoehtoista valittiin jälkimmäinen, koska se on helpompi toteuttaa, ja siinä mekaanisten osien määrä on pienempi. Tämä tarkoittaa, että jigien rakenteesta saadaan yksinkertaisempi ja voiman tarve liittimen paikalla pitämiseen on paljon pienempi.

Liittimen reiän suurentamisen jälkeen liittimen hitsausta kokeiltiin lattaraudan palaseen. Hitsausta testattiin hitsaamalla yhden sekunnin ajan piste. Hitsauksessa käytettiin hitsausarvotaulukon numero 5:n arvoja. Pieni reikä täyttyi hitsauksessa hyvin, mutta liitin irtosi liian helposti lattaraudasta vasaralla kopautettaessa. Tarkempi tutkimus osoitti, ettei hitsaus ollut sulattanut metallia lattaraudan puolelta tarpeeksi. Ongelmaan haettiin ratkaisua suurentamalla pienempää reikää 6.8 mm poranterällä. Tämän jälkeen sama testi tehtiin uudelleen.

Pieneen reikään hitsattiin taas yhden sekunnin ajan piste samoilla hitsausarvoilla kuin aikaisemmin. Tällä kertaa hitsi ei täyttänyt koko reikää, mutta liitin pysyi vähän paremmin kiinni kuin ensimmäisellä kerralla vasaralla kopauttaessa. Siltikään tulos ei ollut tyydyttävä, ja liitin irtosi vieläkin liian helposti. Tästä pääteltiin, että hitsausaikaa pidentämällä päästään parempaan lopputulokseen.

Hitsausaika nostettiin kahteen sekuntiin, ja hitsausarvoihin ei tehty mitään muutoksia. Nyt pieni reikä täyttyi kokonaan, ja hitsauksen jälki näytti hyvältä. Silmämääräisesti arvioiden liitin pysyi suorassa esihitsauksen jälkeen. Vasaralla kopautettaessa liitin pysyi hyvin kiinni, ja vasta voimakkaampien lyöntien jälkeen se irtosi lattaraudasta.

Liitintä sylinteriin kiinni hitsatessa aika nostettiin 2,5 sekuntiin, jotta liitin pysyy varmasti kiinni ja hitsautuminen tapahtuu kunnolla. Vaikka liitintä ei tuettu lainkaan, kun se esihitsattiin kiinni sylinteriputkeen, se kuitenkin pysyi suorassa sekä oikeassa kohdassa. Hitsauksen lopputulos oli myös hyvä. Pyrittyyn lopputulokseen päästiin suurentamalla liittimen reikää ensin päältä isommalla poranterällä ja alhaalta pienemmällä sekä pidentämällä hitsaus.

2.3 Liittimen ympärihitsaus esihitsauksen jälkeen

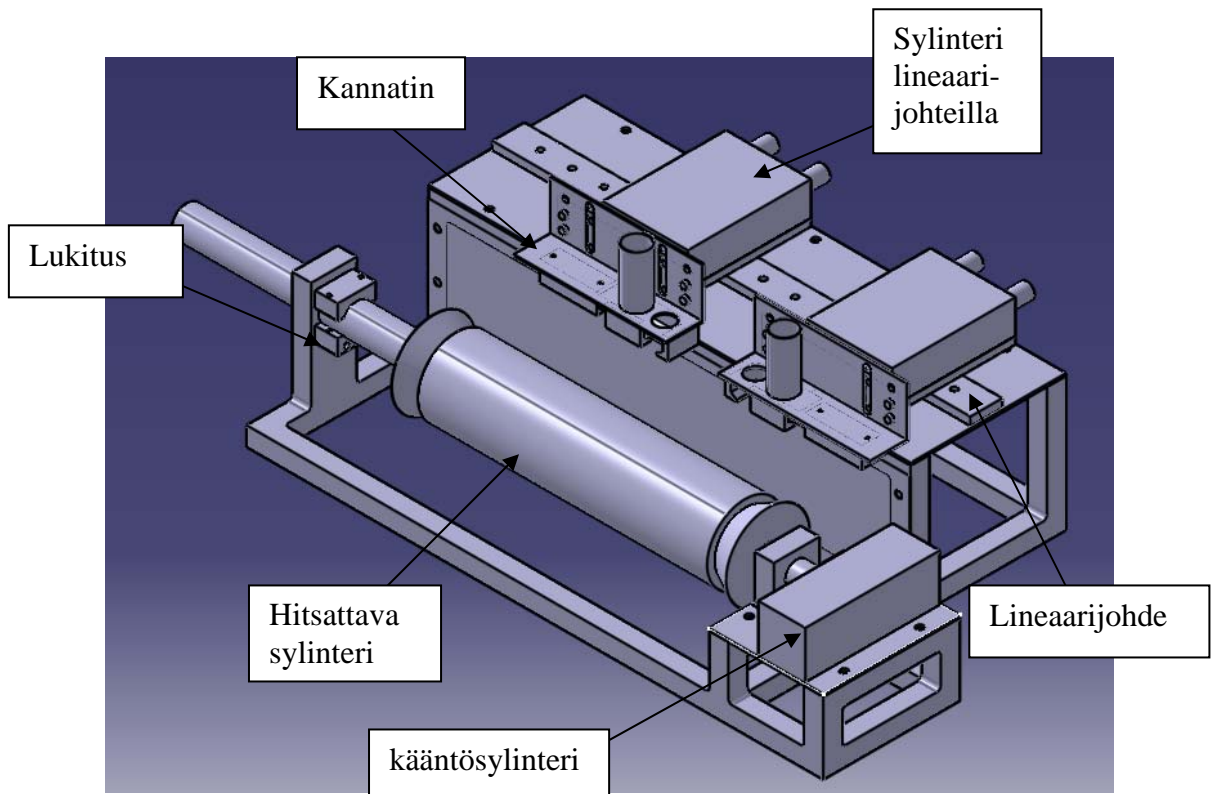
Liittimen kiinnittäminen keskireiän kautta esihitsaamalla onnistui, ja nyt oli testattava pysyykö liitin suorassa hitsauksen ajan vai vääntävätkö hitsausvoimat sen vinoon. Hitsaus aloitettiin sylinterin päätypuolelta ja se toteutettiin neljällä kaarella. Hitsauksessa käytettiin nopeutena 8 mm/s ja hitsausarvotaulukon numero 5:n arvoja. Hitsauksen jälkeen liitin oli silmämääräisesti suorassa, ja lopputulos oli muutenkin onnistuneen näköinen. Esihitsaus piti liittimen hyvin paikoillaan ja suorassa. Kun ympärihitsaus on suoritettu, tehdään täyttöhitsaus levitystekniikalla.

3. HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU

3.1 Suunnittelutyö

Jigin suunnittelu aloitettiin miettimällä, mitä kaikkea sen pitäisi tehdä. Suurimpia ongelmakohtia suunnittelussa olivat sylinteriputken kääntö ja sylinteriputkea pitävän akselin lukitseminen. Myös liittimen lukitseminen paikoilleen esihitsauksen ajaksi aiheutti ongelmia, samoin toisten liittimien tuominen sylinteriputken päälle, silloin kun kyseessä on sylinteri, johon tulee neljä liittintä. Osa ongelmista lähdettiin ratkaisemaan automatiikan kautta ja osa taas pyrittiin yksinkertaistamaan mahdollisimman toimivaksi.

Kaikista osista piirrettiin ensin 3D-kuva. Tämän jälkeen kaikki osat liitettiin yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin kuva jigistä syntyi (Kuva 5). Kuvasta myös näkyvät jigin tärkeimmät osat. Työkuvia ei enää tarvitse erikseen piirtää vaan ne sai otettua suoraan 3D-kuvista. Työkuvat löytyvät liitteestä 1.



Kuva 5 Jigi ja sen tärkeimmät osat

3.2 Jigin automatisointi

Toiveena jigille oli, että se olisi mahdollisimman automaattinen. Kaiken pystyy periaatteessa automatisoimaan, mutta se ei ole aina kannattavaa. Sylinteriputken kiinnitys ja irrottaminen on ilman muuta helpompaa tehdä käsin. Putken kiinnittämisen sekä irrottamisen väli on järkevää automatisoida mahdollisimman pitkälle, jotta turhilta juoksuilta jigin ja hallintalaitteiden välillä välttyttäisiin.

Automatisointia hoitaa logiikka, joka ohjaa jigin sylintereitä tarpeen mukaan, jotta hitsaus saadaan hoidettua alusta loppuun ilman turhia katkoja. Logiikka hoitaa tarvittaessa siis myös putken kääntämisen ja toisten liittimien putken päälle tuomisen.

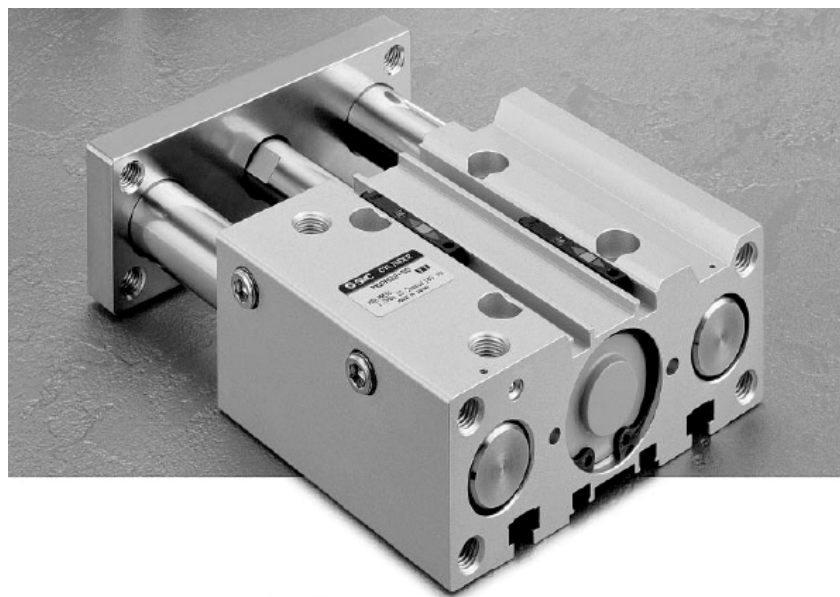
3.3 Runko

Rungon materiaalina käytetään 25mm umpitankoa. Sen ulkomitat ovat 620x445 mm, joten vielä 550 mm pitkä sylinteri mahtuu jigiin. (KUVA) Logiikalle ja venttiileille on suunniteltu paikka sylinteriputken viereen ja se on suojattu hitsausroiskeita levyllä. Runko on pyritty yksinkertaistamaan, kuten koko laite, jotta se käyttö, ja huolto olisi mahdollisimman helppoa. Vaikka suunnittelun aikana jigistä piirrettiin monta eri versiota, ei rungon muotoon tullut paljon muutoksia.

3.4 Sylinterit

Jigissä käytetään kolmea erimallista sylinteriä. Sylinterin ohjaukseen valittiin pneumatiikka, koska voimat, jotka vaikuttavat jigissä, eivät ole suuria. Pneumatiikkaa on myös helpompi käyttää tässä tilanteessa, koska sillä saadaan sylinterit ja venttiilit pienemmiksi ja näin ollen jigiin sopiviksi. Myös käytännöllisistä syistä valittiin ilma liikuttamaan sylintereitä. Kompressori on helppo hankkia eikä se vie paljoa tilaa työpisteestä. Toinen vaihtoehto on ottaa ilma suoraan runkoverkosta. Se käy helposti käyttämällä vastusvastaventtiiliä, jolloin paine saadaan sylintereille sopivaksi.

Sylintereihin, jotka siirtävät jigin putken päälle, kohdistuu sen verran painoa, ettei siihen tarkoitukseen voitu käyttää tavallisia sylintereitä. Siksi siinä täytyi käyttää johteilla varustettua ilmavaimennettua sylinteriä mallia MGPM32TF-125A (kuva 6). Sylinterissä on varren lisäksi kummallakin sivulla kaksi johdetta, jotka auttavat pitämään sylinterin tarkasti paikoillaan, vaikka siihen kohdistuu pystysuora voima alaspäin painosta johtuen /7/.



Kuva 6 Sylinterimalli MGP /4/

Liittimien siirtämiseen ja lukitsemiseen valittiin sylinteri mallia CDQSB12-75DC /3/ (kuva 7). Se soveltuu käyttötarkoitukseensa hyvin pienen kokonsa ansiosta. Sylinteri on helppo kiinnittää, koska se voidaan ruuvata suoraan kiinni levyyn, joten se ei tarvitse asennuskiinnikkeitä lainkaan. Sylinterin ei tarvitse olla kovin suuri, koska tässä tilanteessa tärkeämpää oli iskunpituus kuin voima, jota tarvitaan siirtämään ja lukitsemaan liitin.



Kuva 7 Sylinterimalli CDQ /4/

Sylinteriputken kääntämiseen oli monta eri vaihtoehtoa, kuten sähkömoottori, askelmoottori tai sylinteri. Lopulta päädyttiin sylinteriin, koska se on helppo ja suhteellisen edullinen ratkaisu. Sylinteri on myös valmiiksi anturoitu ääriasentoihinsa, joten sen kääntäminen logiikalla tulee olemaan helppoa. Sylinteri vaatii rajoittimen, jotta se voidaan pysäyttää tarkasti keskiväliin, mutta se on silti helpompi ratkaisu kuin sähkömoottorin käyttäminen.

Sylinteriksi valittiin ECDRA1BW63-180C (kuva 8) /3/. Se ei suoraan kestä hitsattavasta sylinteriputkesta aiheutuvaa räsitusta, joten pyöriksen täytyy tapahtua laakeroidun akselin avulla.



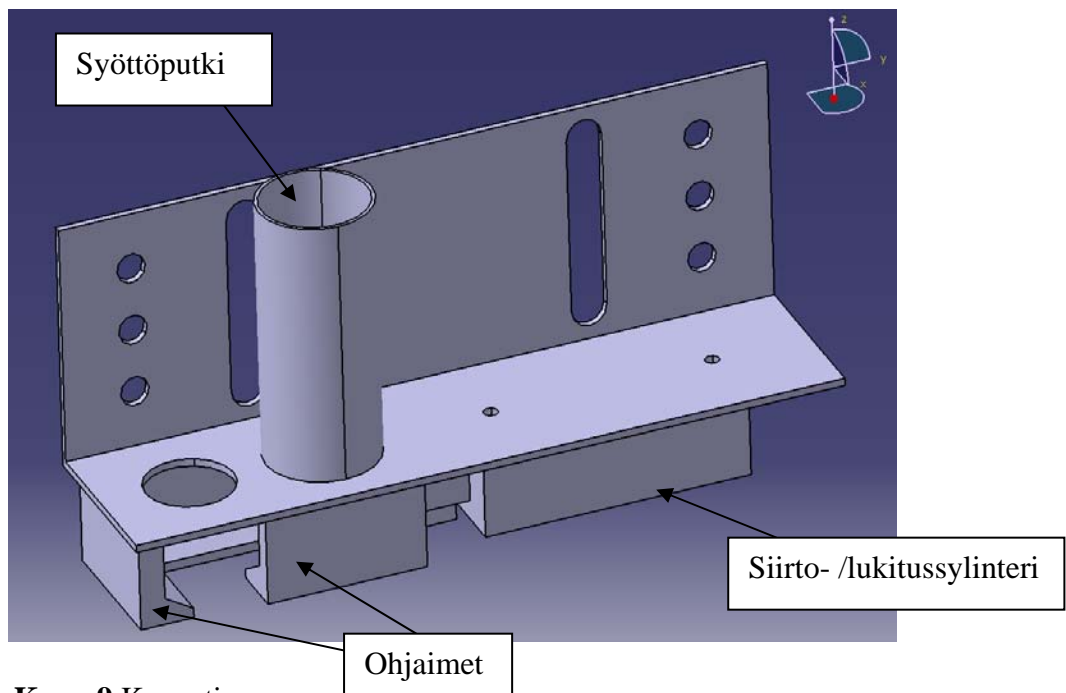
kuva 8 Sylinteri malli ECDRA1 /4/

3.5 Sylinteriputken kiinnitys

Sylinteriputkia on halkaisijaltaan kahta eri mallia, ja pituudet vaihtelevat 246 mm:stä 550 mm:iin. Niiden kiinnittäminen ja pyörittäminen ratkaistiin kartion mallisella sorvauskärjellä. Sorvauskärkiä käytettiin sen takia, että niillä saadaan keskitettyä sylinteriputket aina samalle kohdalle. Syynä on myös, että kärkiä saa valmiina tehtyinä ja laakeroituna tilattua, eikä niitä tarvitse itse valmistaa. Tämä helpottaa jigin valmistamista sekä mahdollisia huoltotoimenpiteitä, koska kartio on helppo vaihtaa sen kuluessa tai vahingoittuessa /5/.

3.6 Kannatin

Kannattimen tehtävänä on pitää liitin paikoillaan hitsauksen ajan sekä tarvittaessa tuoda kaksi liitintä lisää riippuen sylinterimallista mitä tehdään. Kannattimessa olevaan putkeen pystytään laittamaan neljä liitintä kerrallaan. Kaksi panostetaan suoraan ohjaimista koostuvaan syöttökouruun ja toiset kaksi tulevat niiden päälle syöttöputkeen (Kuva 9).



Kuva 9 Kannatin

Kannattimia oli alun perin tarkoitus tulla kolme kappaletta, joita olisi vaihdeltu eri sylinterien vaatimusten mukaan. Lisäksi ne olivat yksiosaisia, mutta kun tuli ilmi, että liittimien etäisyydet vaihtelevat hyvin paljon riippuen mallista, oli selvää, että kannattimesta tarvitsi tehdä säädettävä. Näin ollen kannatin jaettiin kahteen osaan, ja kumpikin toimii itsenäisesti lineaarijohteen päällä.

3.7 Muut osat

Osat, joita jigissä käytetään, on tarkoitus hankkia mahdollisimman paljon valmiina. Tämä helpottaa jigin rakentamista, huoltoa sekä osien vaihtoa. On helpompaa tilata osat valmiina jostain kuin alkaa valmistaa niitä itse. Kaikkia osia ei kuitenkaan saa tilattua vaan jotkut osat täytyy tai on kannattavampaa tehdä itse.

Erilaiset letkut, liittimet ja venttiilit hankitaan tarvittaessa sylinterin vaatimusten mukaisesti. Lukitus sylinteriputkea tukevalle akselille tehdään itse kahdesta palasta, jotka puristuvat akselia vasten kiristettäessä, lukiten sen paikoilleen. Sivusiirto kannatinta pitävälle sylintereille tapahtuu lineaarijohteen avulla. Sylinterit lepäävät vaunun päällä, joka kulkee kiskoa pitkin. Etäisyys on käsin säädettävissä, ja se säädetään kohdalleen aina ennen hitsauksen aloittamista. Etäisyyden säätäminen olisi saatu myös automatisoitua, mutta hinta olisi ollut huomattavasti korkeampi ja käytännön hyöty olisi ollut pieni, koska etäisyyttä muutetaan vain eri erien välissä.

4. LOGIIKAN OHJELMOINTI

4.1 Ohjelman suunnittelu

Ennen ohjelmointia suunniteltiin mitä ohjelman pitäisi tehdä. Tarkka ohjelmakierron suunnitteleminen helpottaa varsinaista ohjelmointia ja vähentää virheen mahdollisuutta ohjelmaa kirjoitettaessa. Ohjelmakierrat on esitetty liitteessä 2. Ensin listataan tarvittavat tulot ja lähdöt logiikkaan (taulukko 1). Siitä nähdään, kuinka paljon I/O-portteja logiikan täytyy sisältää. Esimerkkinä tässä käytetään ohjelma 2:sta.

Osoite	Kommentti	Osoite	Kommentti
I0.0	Sylinteri 1 +	O0.0	Sylinteri 1
I0.1	Sylinteri 1 -	O0.1	Sylinteri 2
I0.2	Sylinteri 2 +	O0.2	Sylinteri 3
I0.3	Sylinteri 2 -	O0.3	Sylinteri 4
I0.4	Sylinteri 3 +	O0.4	Sylinteri 5 1
I0.5	Sylinteri 3 -	O0.5	Sylinteri 5 2
I0.6	Sylinteri 4 +		
I0.7	Sylinteri 4 -		
I0.8	Sylinteri 5 +		
I0.9	Sylinteri 5 -		
I1.0	Käynnistys		
I1.1	Reset		

Taulukko 1 Logiikan tulot ja lähdöt

Tämän jälkeen tarkasteltiin jigin komponentteja ja niiden vaatimuksia. Sylinterin aseman määrittämiseksi käytetään joko ohjelman sisältämää ajastinta tai sylinterissä olevaa magneettitunnistinta. Kumpikin periaatteessa toimii yhtä hyvin, kunhan on tarkkana ajastuksen suhteen. Tunnistin on kuitenkin parempi vaihtoehto, koska ilman tunnistimesta tulevaa tietoa ei ohjelma jatka eteenpäin kiertoaan. Tämä takaa sen, että jos laitteistoon tulee virhe ja signaalia ei tunnistimelta tule, laitteisto pysähtyy eikä pääse vahingoittumaan.

Jigissä on viisi sylinteriä, joista yksi on kääntösylinteri. Se sisältää anturin, jolla voidaan paikantaa sylinterin kaksi asemaa, 0° ja 180° . Koska sylinteriputki täytyy välillä saada myös 90° :n kulmaan, täytyy käyttää rajoitinta ja tunnistinta. Rajoitin pysäyttää sylinterin 90° :n kulmaan. Koska tässä tapauksessa sylinteri ei pääse kääntymään tunnistimelle asti, on käytettävä ajastinta hyväkseen. Ajastin käynnistyy, kun sylinterin 0° -tunnistin lakkaa toimimasta, toisin sanoen sylinteri liikkuu. Jos 180° -tunnistimelta ei tule signaalia tiettyyn aikaan mennessä, jatkaa ohjelma normaalia kulkuaan. Ajastin laskee loppuun asti, mutta jos signaali on kerinnyt tulemaan 180° -tunnistimelta niin, mitään ohjelmasta poikkeavaa ei tapahdu. Loput neljä sylinteriä ovat tavallisia sylintereitä, joissa kaikissa on tunnistimet ääriasennoissa.

4.2 Ohjelmakierto

Ohjelmakiertoon vaikuttaa hitsauksen työjärjestys. Liittimien hitsauksesta sylinteriputkeen on kolme eri variaatiota. Järjestys pysyy hitsauksessa muuten samanlaisena, mutta kahdessa variaatiossa sylinteriputkeen hitsataan neljä liitintä kahden sijaan. Ne taas eroavat toisistaan vain liittimen paikassa sylinteriputken päällä, joka on joko 90° :n kulmassa ensimmäiseksi hitsattuun liitimeen tai 180° :n kulmassa. Kun ohjelmakierron on saatu suunniteltua (LIITE 2), voi itse ohjelmointi alkaa.

4.3 Ohjelmointi

Ohjelma on mahdollista tehdä suoraan logiikkaan suoraan näytöltä ohjelmoimalla. Huomattavasti helpompaa se on tehdä tietokoneella käyttämällä Windows-pohjaista ohjelmointiohjelmaa. Näyttö on hyvä keino muuttaa ohjelmaa jos tarve vaatii, eikä tietokonetta ole läsnä /6/

Ohjelmointiohjelma noudattaa perus Windows-ohjelman periaatetta. Valikoista saa valittua tarpeelliset lähdöt, tulot ja logiikkaportit. Ohjelmointi tapahtuu suoraan piirikaavioille, joka näytöllä esitetään. Yhdistämällä niitä saadaan toimiva ohjelma, joka voidaan simuloida samalla ohjelmalla. Simuloinnilla nähdään, toimiiko ohjelma niin kuin sen on tarkoitettu toimivan. Ohjelmoinnissa käytetään hyväksi loogisia ehtoja. Tärkeimmät käskyt ohjelmassa ovat JA, TAI ja SR-kiikku. Ohjelmasta löytyy myös esimerkiksi ajastimia ja laskureita, joilla ohjelmista saadaan monipuolisia.

Ohjelmia täytyi tehdä kaksi. (LIITE 3) LOGO!:n muistikapasiteetti on rajallinen, joten kahta eri variaatiota hitsaukselle oli lähes mahdotonta saada mahtumaan yhteen ohjelmaan. Molemmat ohjelmat noudattavat asettelultaan samaa linjaa. Tulot ovat vasemmassa reunassa ja lähdöt ovat oikealla. Loogiset ehdot jäävät keskelle ja kaikki on liitetty oikeaan järjestykseen viivoilla. Toisesta ohjelmasta, jossa sylinteri käännetään tuli huomattavasti monimutkaisempi, kuin ensimmäisestä ohjelmasta. Kumpikin ohjelma on simuloitu ja ne toimivat hyvin.

5. YHTEENVETO

Loppujen lopuksi työstä tuli varsin monipuolinen. Alun perin jigissä ei ollut tarkoitus käyttää paljoa automaatiikkaa, vaan suurin osa tehtiin manuaalisesti. Sylinteriputken pyörytykseen ei ollut varattu aluksi mitään automaatiikkaa, vaan se piti käydä käsin kääntämässä aina, kun liittimiä tuli neljä kappaletta

Suunnitteluprosessi oli ehdottomasti aikaa vievin osuus työssä. Aikaa kului aluksi jo CATIA:n käyttämisen opetteluun ja sitten itse piirtämiseen. Jigistä piirrettiin monta eri versiota, koska uusia ideoita syntyi koko ajan. Kun eri versioita käytiin läpi Mikko Paavilaisen ja Seppo Mäkelän kanssa, huomasin, kuinka paljon hyötyä keskusteluista ja toisen näkemyksistä oli. Palavereissa ideat saatiin jalostettua niin, että siitä oli hyötyä piirustuksen jatkuvalla kehitykselle. Suurimman muutoksen aiheutti jigin automatisointi, joka tuli kyllä ilmi työn aikaisessa vaiheessa, mutta edistyi niin pitkälle, että koko jiggi saatiin automaattiseksi.

Työtä monipuolisti vielä huomattavasti se, että siihen päätettiin liittää logiikka. Oman osuutensa työpanoksesta vei siis ohjelman suunnittelu ja ohjelmointi logiikalle. Logiikka helpotti automatisointia huomattavasti, koska nyt työhön oli helppo liittää erilaisia sylintereitä ja antureita. Niiden avulla sain paljon tietoa pneumatiikasta ja erilaisista sylintereistä. Suunnittelukokous SMC Pneumatics Finland Oy:n Juha-Pekka Tikkasen kanssa oli ajatusmaailmaa avartava kokemus. Siinä näki hienosti, kuinka ostajan ja myyjän välinen suhde toimii.

Kehitettävää työssä riittää aina, mutta tällä hetkellä jigistä on saatu toimiva ja LaatuKoneistuksen tarpeisiin sopiva. Jiggi nopeuttaa sylinteriputkien hitsaamista, koska sarjat joita valmistetaan, ovat usein suuria. Sopivilla säädöillä sarjatyö sujuu mutkattomasti, ja vaikka putkia olisi useampaa mallia, säädöt ja osat ovat helposti vaihdettavissa.

LÄHTEET

Painetut lähteet

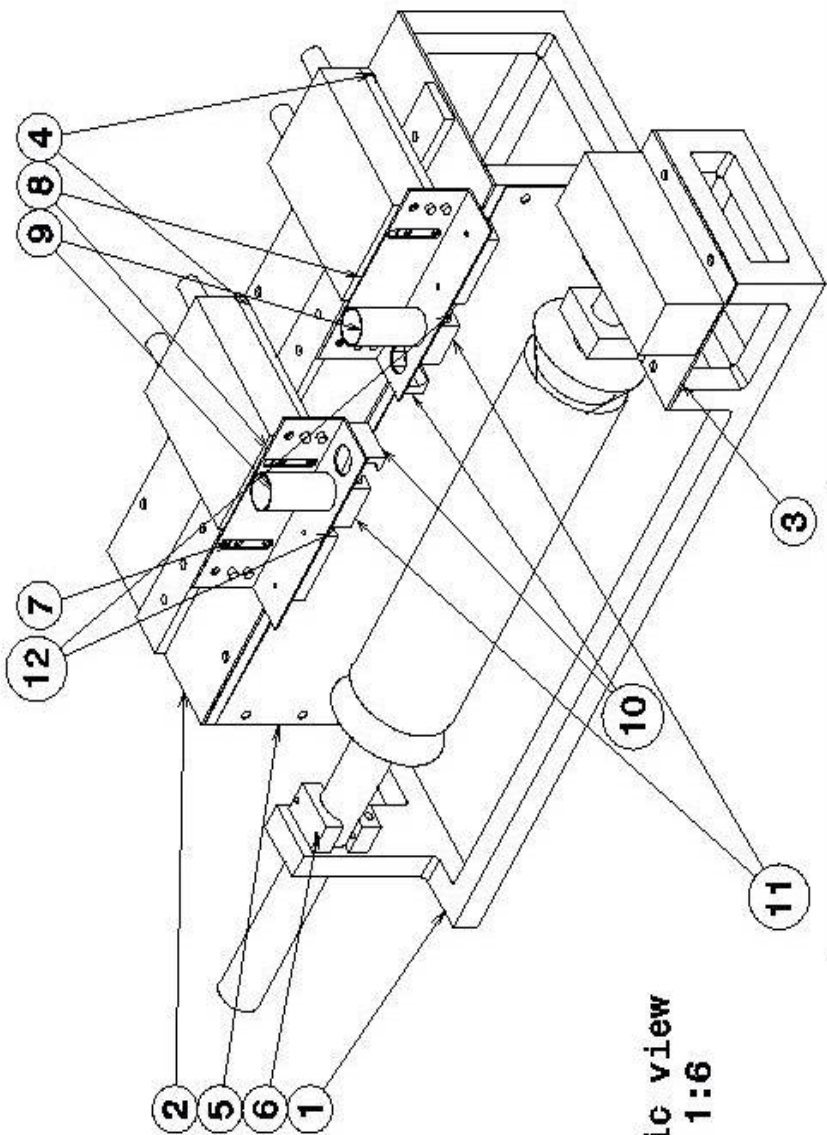
- 1 Tampereen Laatukoneistus. [www-sivu]. [viitattu 20.5.2006]
Saatavissa <http://www.tl-hydraulics.fi/>
- 2 Hitsaajan opas 2003, Rautaruukki Steel, Raahe, Otavan Kirjapaino
Oy, Keuruu 2002
- 3 Tuoteluettelo, SMC Pneumatics Finland Oy
- 4 SMC Pneumatics Finland Oy. [www-sivu]. [viitattu 15.5.2006]
Saatavissa: <http://smceu.com>
- 5 Tuoteluettelo, Teräskonttori
- 6 Ohjelmoitava logiikka, Siemens LOGO! 24RL. [www-sivu].
[viitattu 28.5.2006] Saatavissa:
<http://www.kosu.hut.fi/luokat/mech/logiikka/logo24rl.html>

Painamattomat lähteet

- 7 Tikkanen, Juha-Pekka, myynti-insinööri, keskustelu 30.3.2006, SMC
Pneumatics Finland Oy, Tampere

LIITTEET

LIITE 1	Työkuvat
LIITE 2	Ohjelmakierto
LIITE 3	Logiikan ohjelmat



Isometric view
Scale: 1:6

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Mikko Vainio	DATE 6.6.2006
CHECKED BY XXX	DATE XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX

DRAWING TITLE

SIZE A4	DRAWING NUMBER XXX	REV X
SCALE 1:6	WEIGHT (kg) XXX	SHEET 1/1

A

D

4

3

2

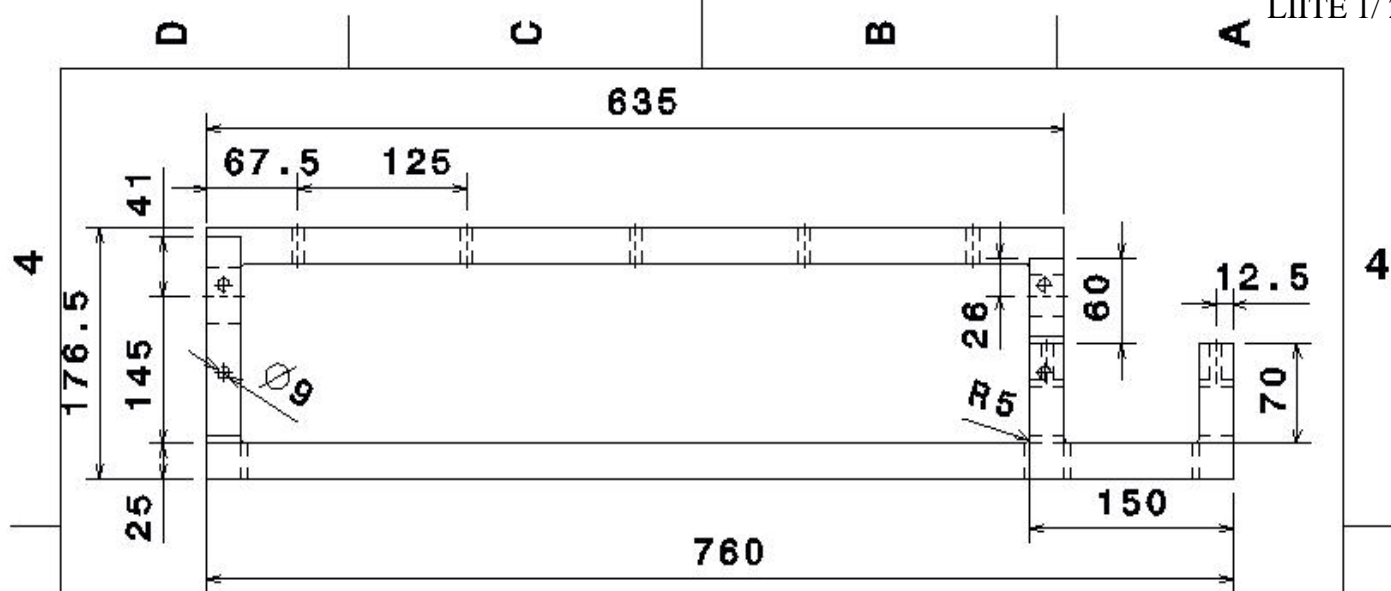
1

4

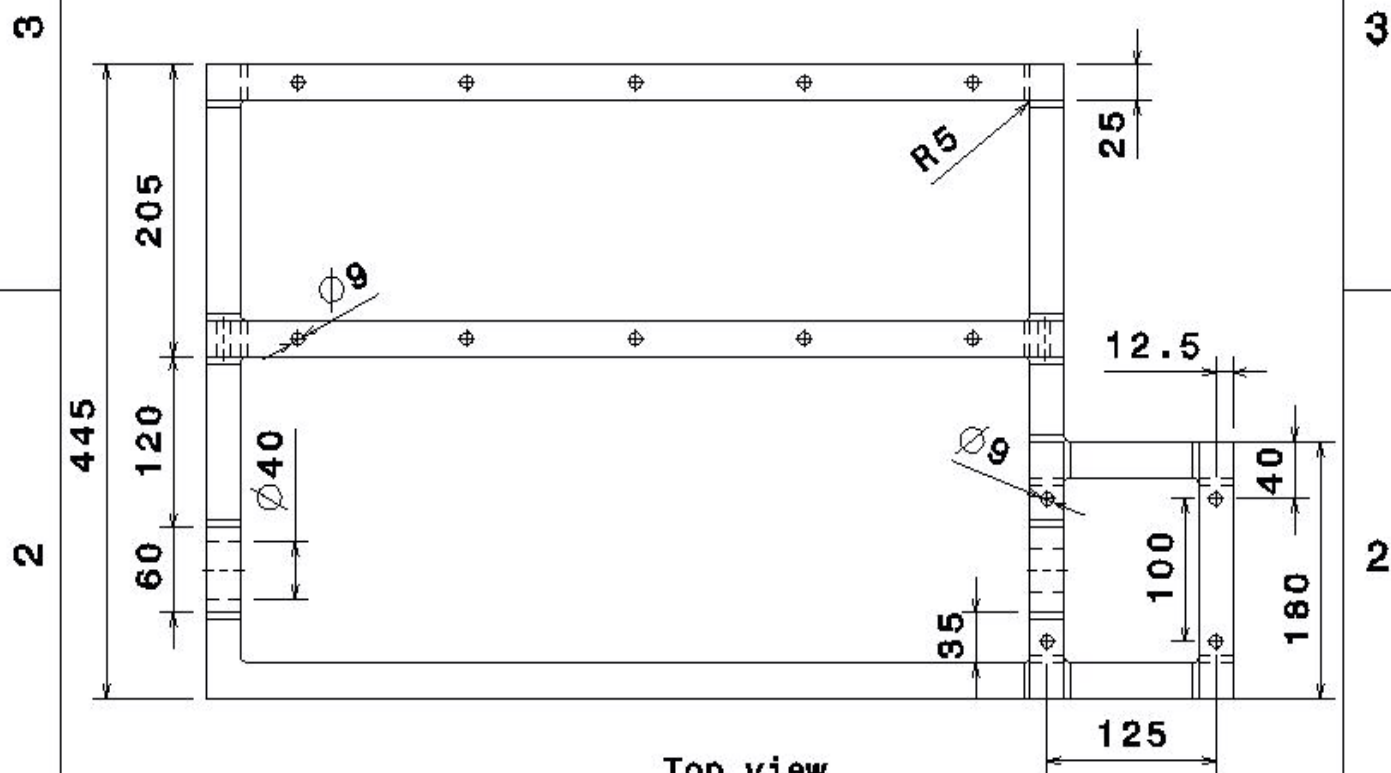
3

2

1



Front view
Scale: 1:5



Top view
Scale: 1:5

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
6.8.2008

Runko

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

1

REV
X

DESIGNED BY
XXX

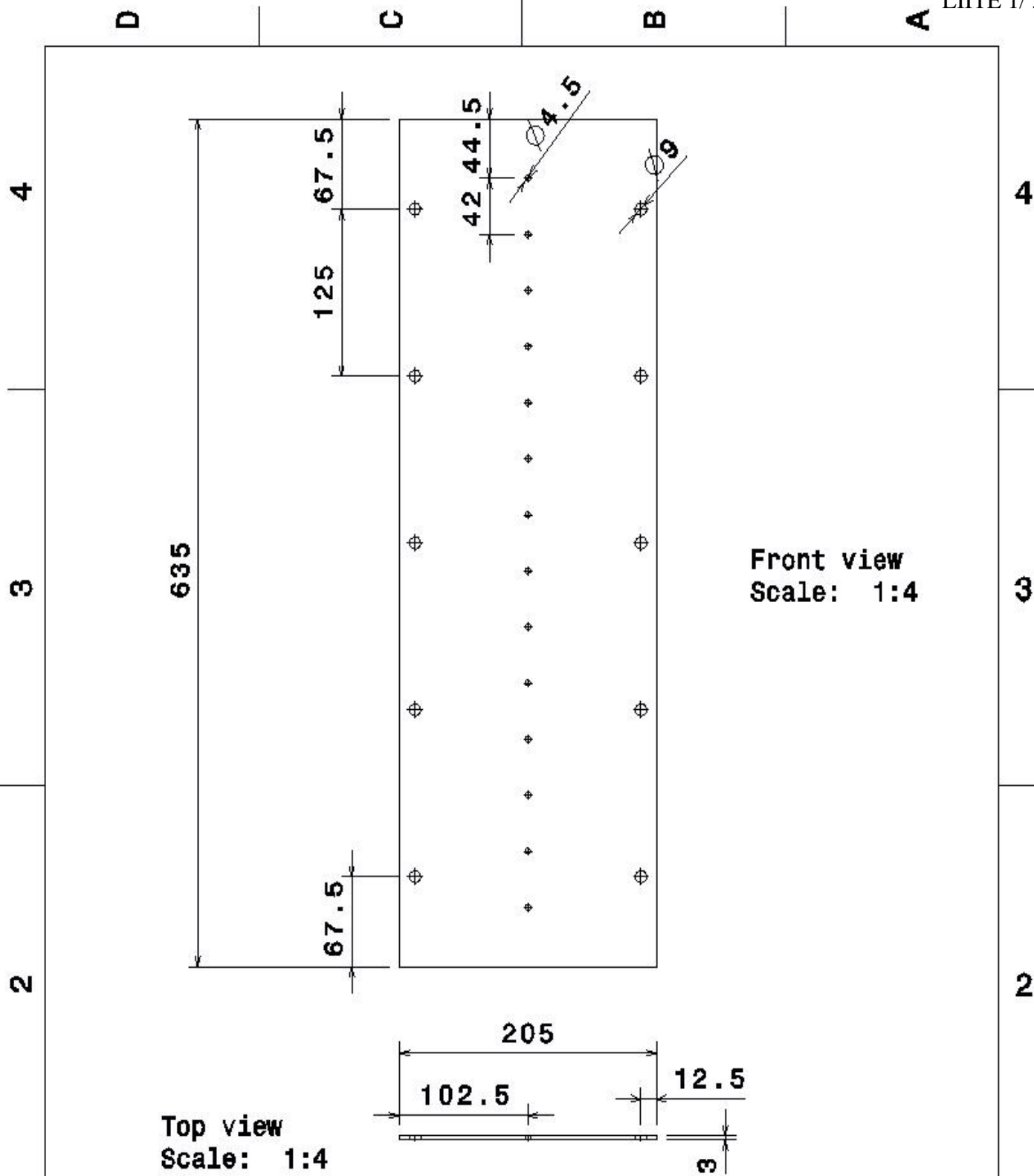
DATE
xxx

SCALE 1:5 WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
4.8.2008

Levy 1

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

2

REV
X

DESIGNED BY
XXX

DATE
xxx

SCALE

1:5

WEIGHT(kg)

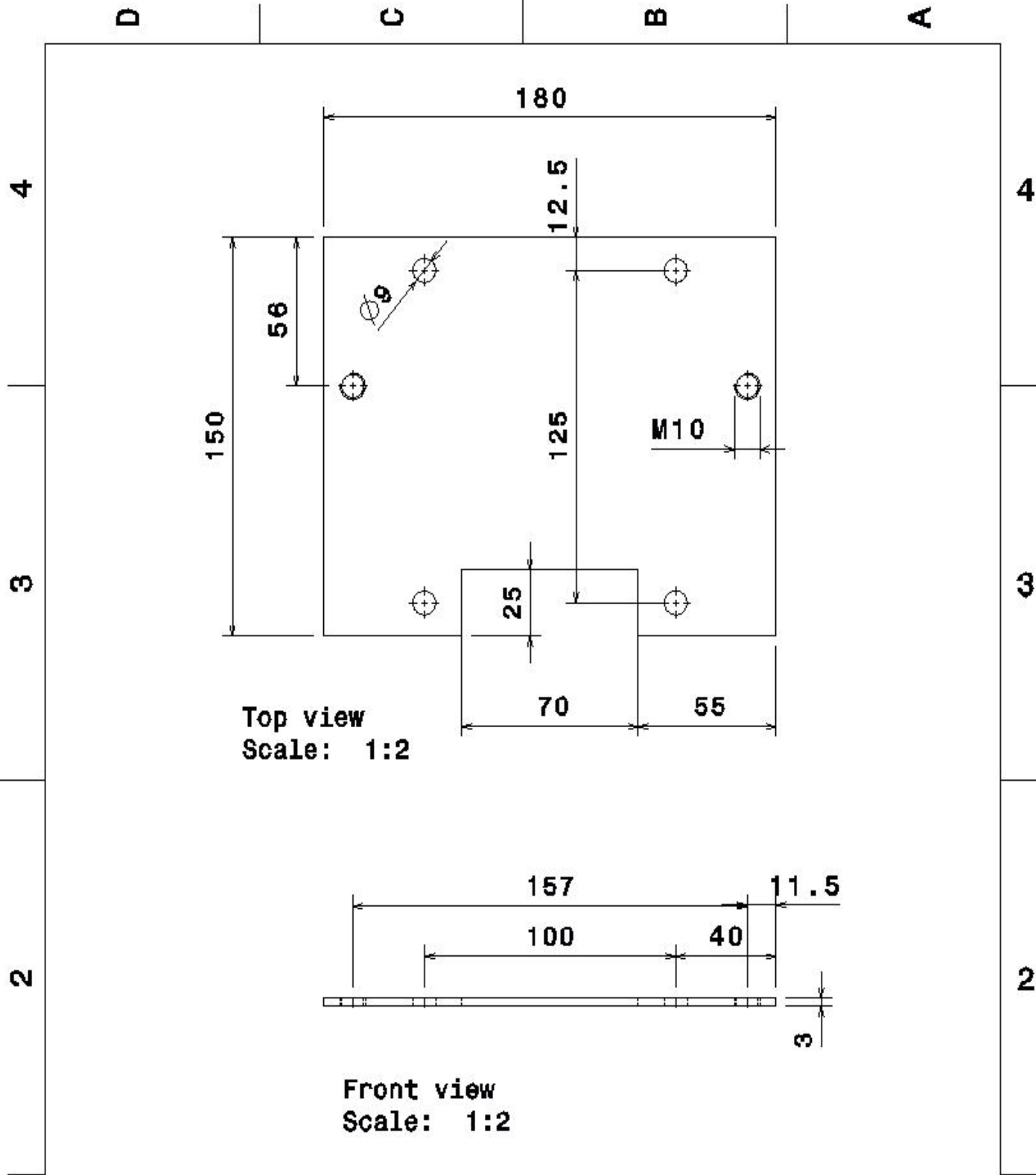
0,00

SHEET

1/1

D

A



This drawing is our property.
 It can't be reproduced
 or communicated without
 our written agreement.

DRAWING TITLE

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
 4.8.2008

Levy 2

CHECKED BY
 XXX

DATE
 XXX

SIZE
 A4

DRAWING NUMBER

3

REV
 X

DESIGNED BY
 XXX

DATE
 XXX

SCALE 1:2 WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A

A

3

2

1

4

3

2

1

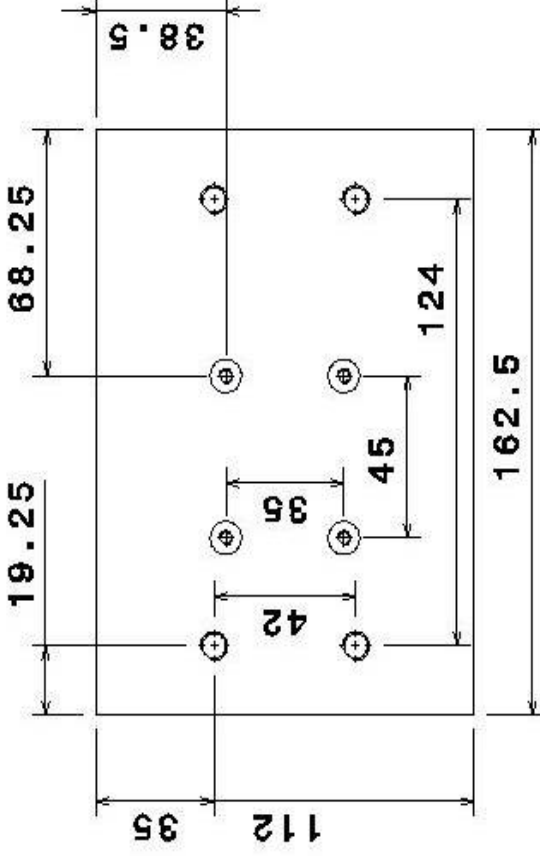
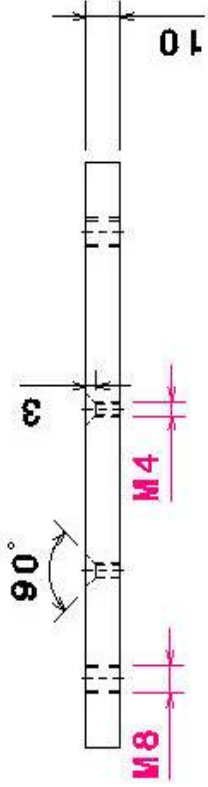
4

3

2

1

Bottom view
Scale: 1:2



Front view
Scale: 1:2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Mikko Vainio	DATE 4.6.2006
CHECKED BY XXX	DATE XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX

DRAWING TITLE

Levy 3

SIZE A4

4

SCALE 1:2

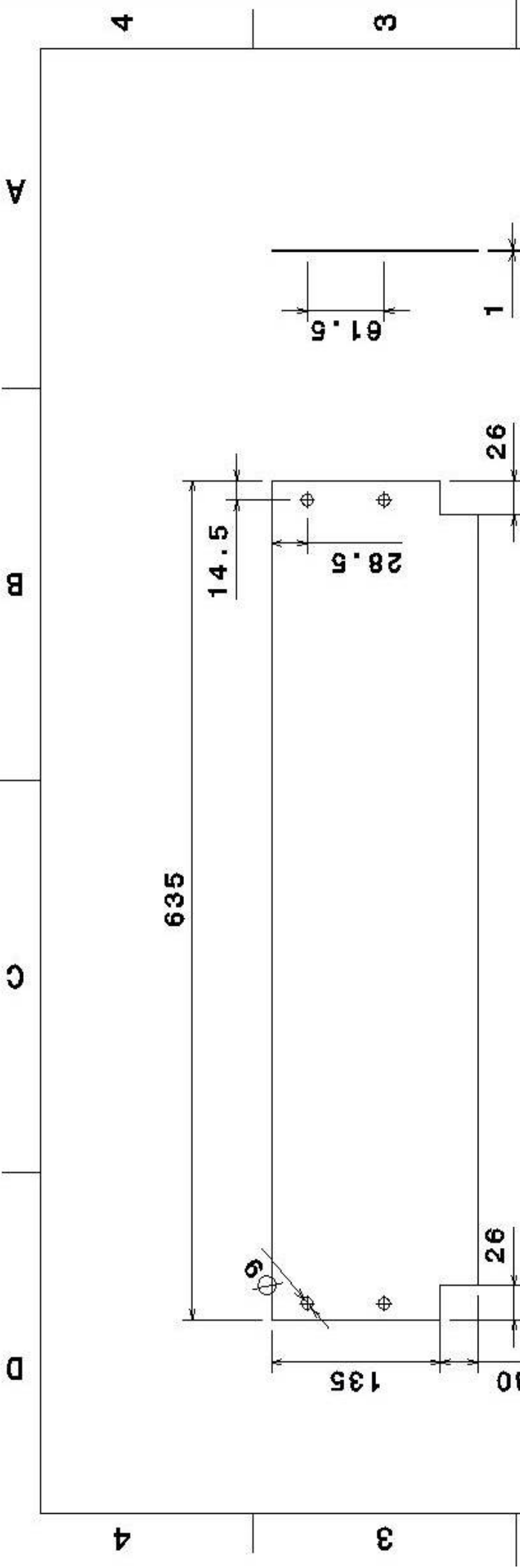
WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

REV X

A

D



Left view
Scale: 1:4

Front view
Scale: 1:4

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DRAWN BY	DATE	DRAWING TITLE Suojalevy	
		Mikko Vainio	6.6.2006		
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	REV	SHEET 1/1
XXX	XXX	A4	5	X	
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:4	WEIGHT (kg)	0,00
XXX	XXX				

A

D

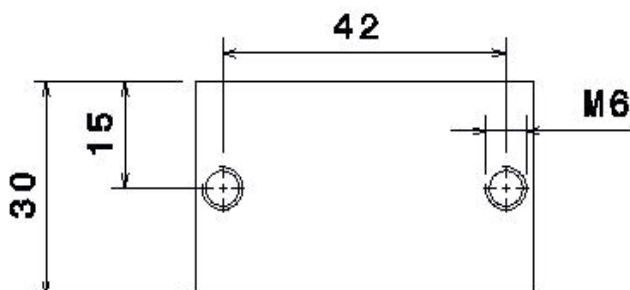
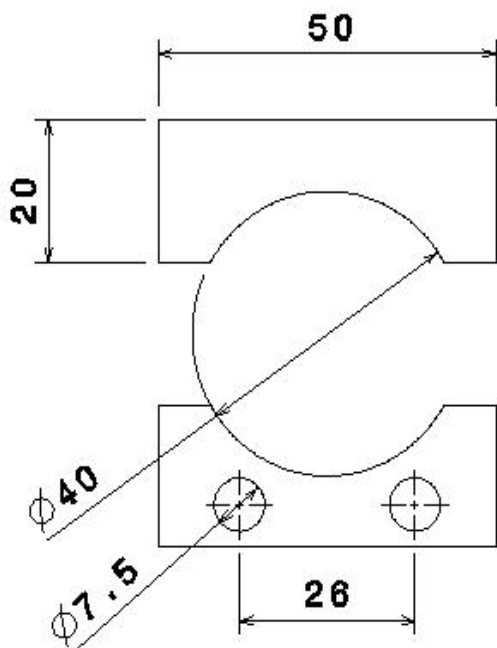
D

C

B

A

Front view
Scale: 1:1



Top view
Scale: 1:1

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
6.8.2008

Lukitus

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

6

REV
X

DESIGNED BY
XXX

DATE
xxx

SCALE 1:1

WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A

4

4

3

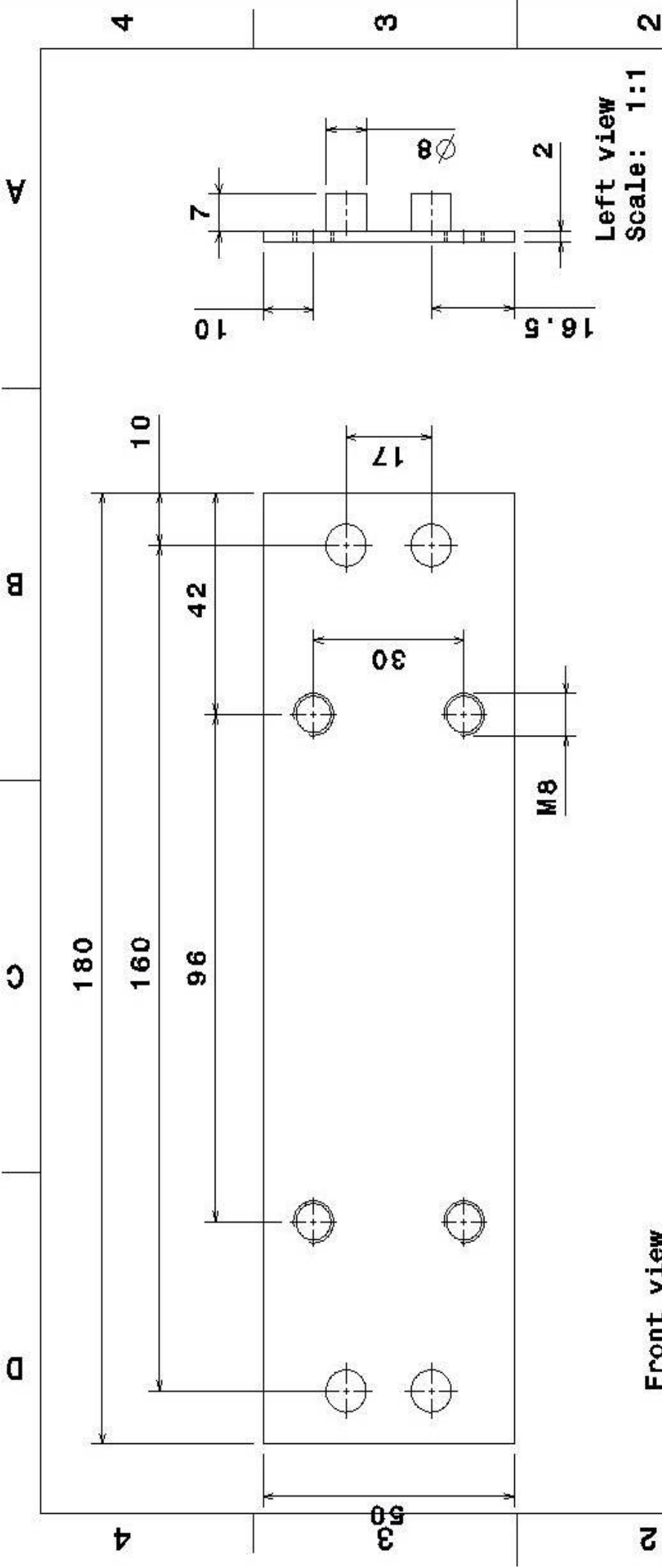
3

2

2

1

1



Front view
Scale: 1:1

Left view
Scale: 1:1

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Mikko Vainio	DATE 6.6.2006
CHECKED BY XXX	DATE XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX

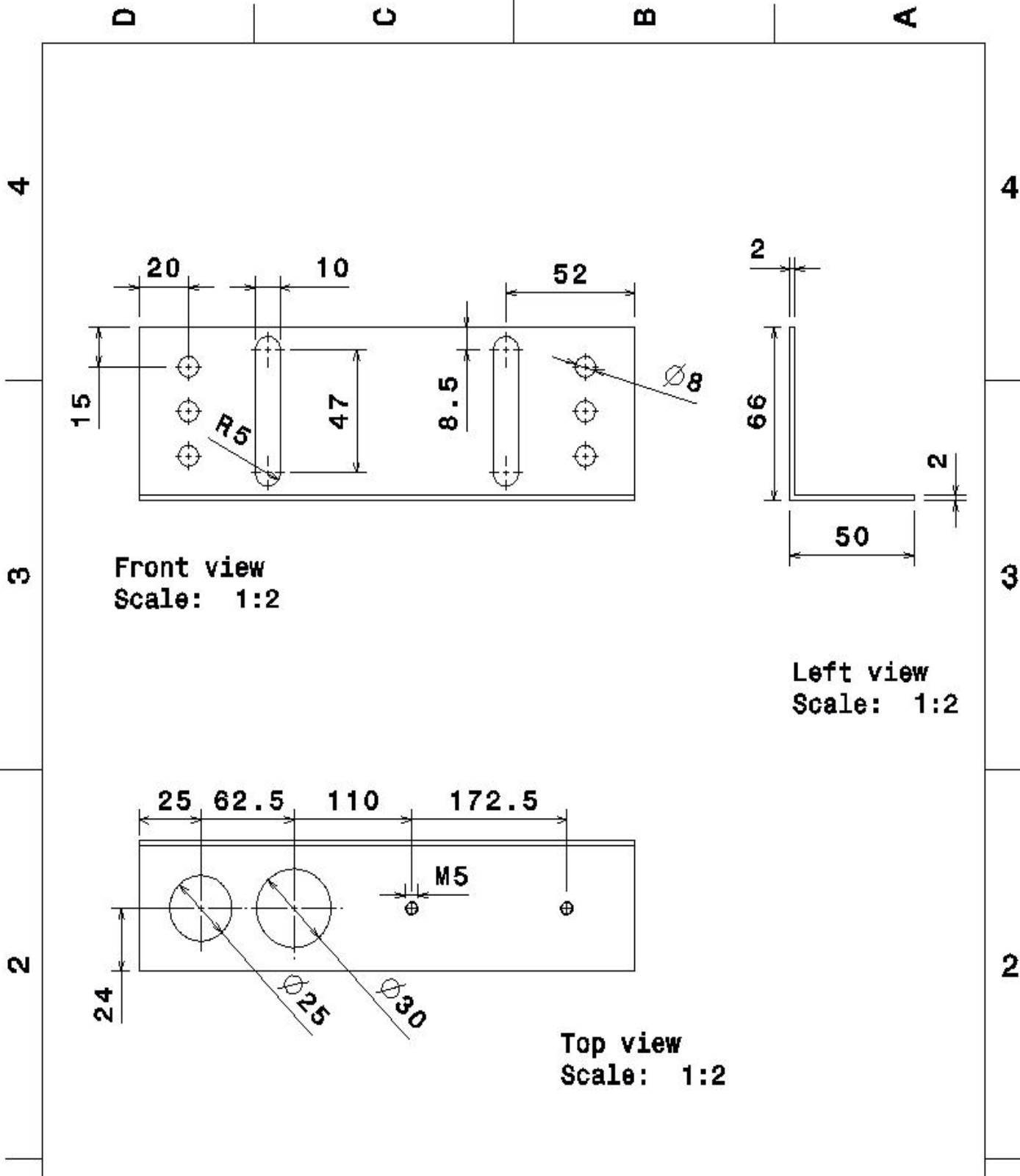
DRAWING TITLE

Kannattimen kiinnityslevy

SIZE A4	DRAWING NUMBER 7	REV X
SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,00	SHEET 1/1

A

D



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
6.8.2008

Kannattimen levy

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

8

REV
X

DESIGNED BY
XXX

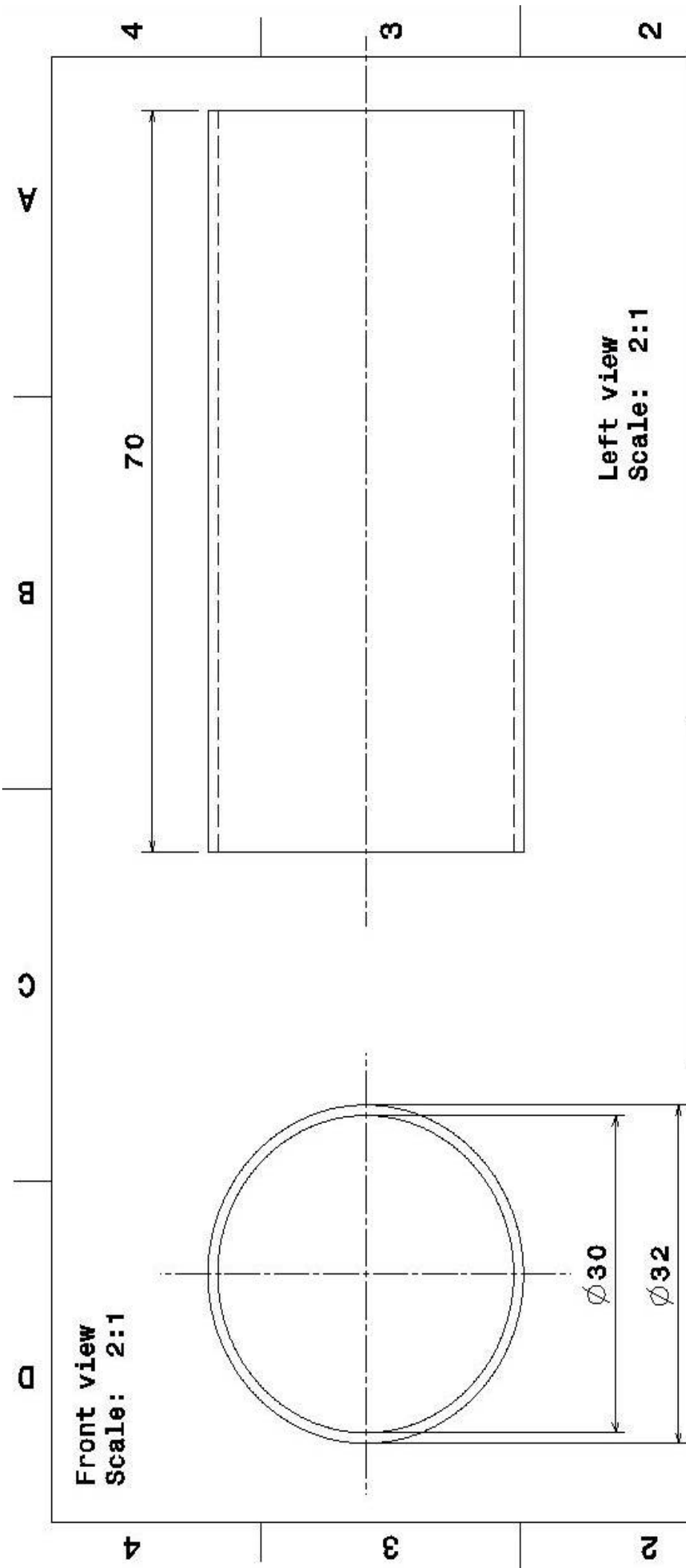
DATE
xxx

SCALE 1:2 WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Mikko Vainio	DATE 6.6.2008
CHECKED BY XXX	DATE XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX

DRAWING TITLE

Putki

SIZE A4

9

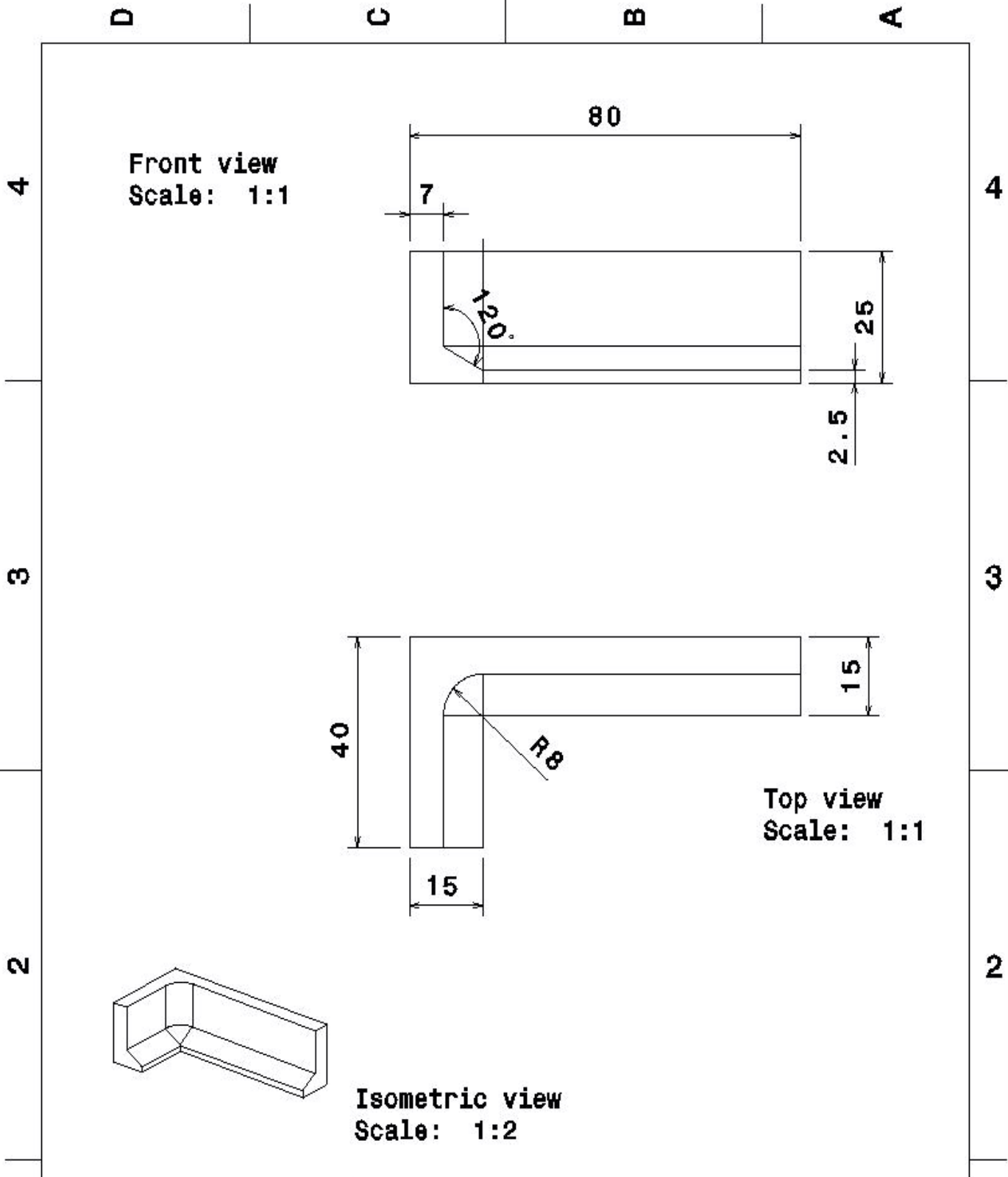
SCALE 2:1

WEIGHT (kg) 0,00

SHEET 1/1

A

D



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

Iso ohjain

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
6.8.2008

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER
10

REV
X

DESIGNED BY
XXX

DATE
xxx

SCALE 1:1 WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A

A

B

C

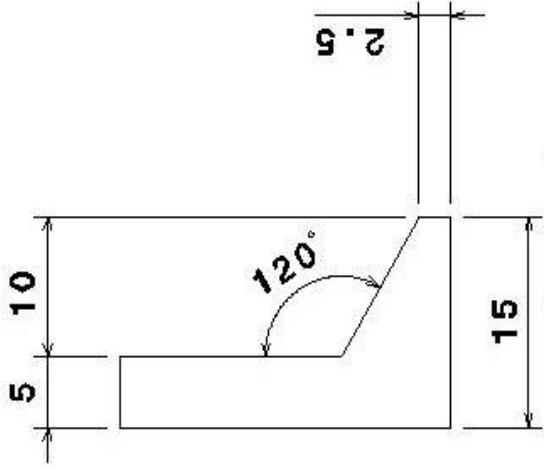
D

4

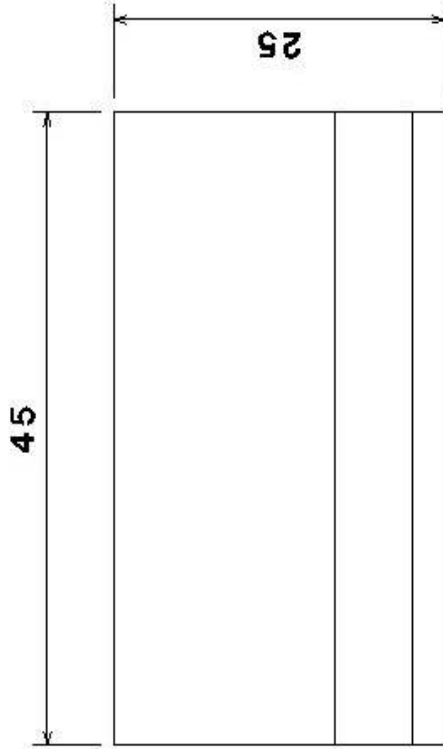
3

2

1



Front view
Scale: 2:1



Right view
Scale: 2:1

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Mikko Vainio	DATE 6.6.2008
CHECKED BY XXX	DATE XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX

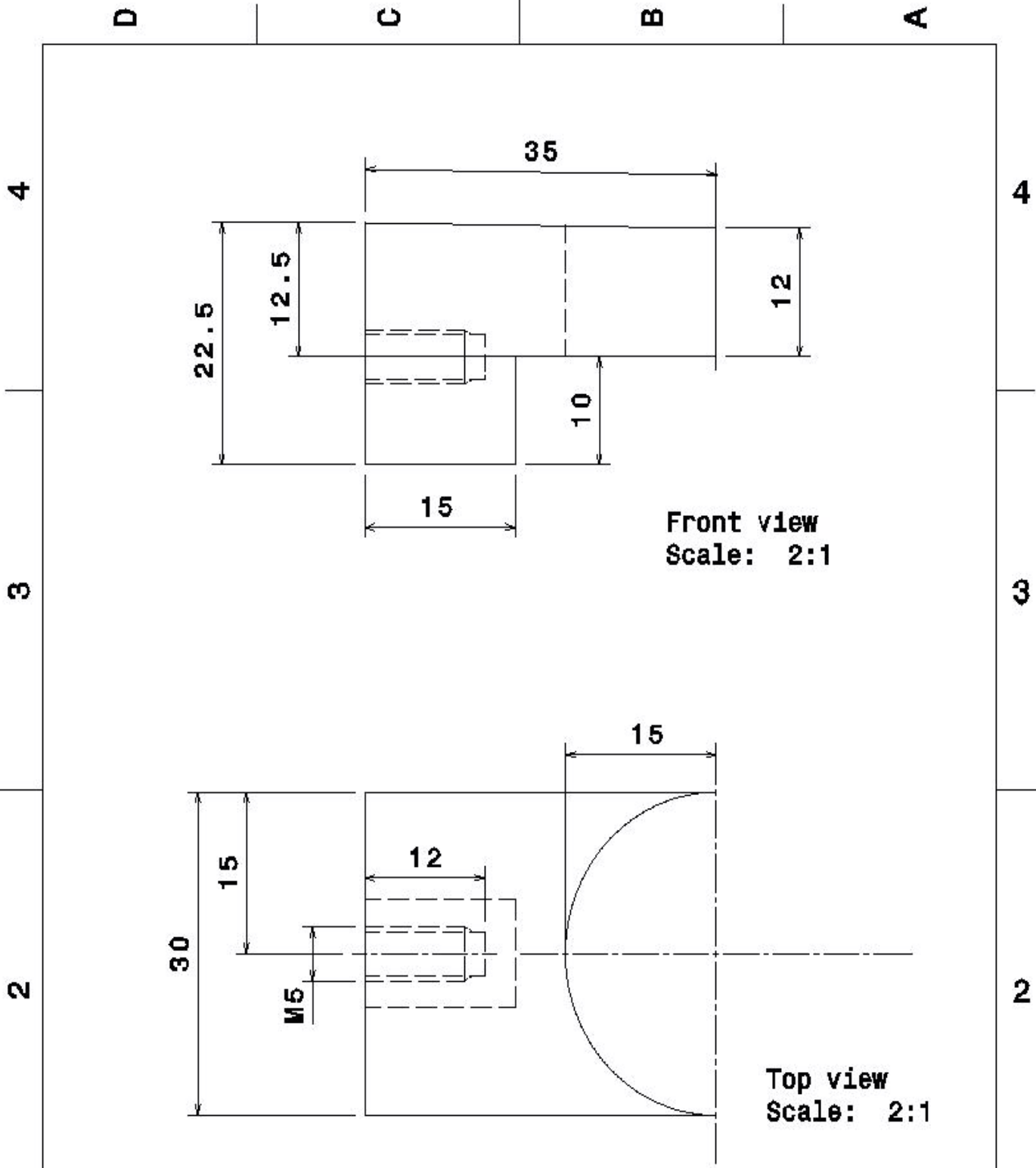
DRAWING TITLE

Pieni ohjain

SIZE A4	DRAWING NUMBER 11	REV X
SCALE 2:1	WEIGHT(kg) 0,00	SHEET 1/1

A

D



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWING TITLE

Liittimen pidike

DRAWN BY
Mikko Vainio

DATE
6.8.2008

CHECKED BY
XXX

DATE
xxx

SIZE
A4

DRAWING NUMBER
12

REV
X

DESIGNED BY
XXX

DATE
xxx

SCALE **2:1** WEIGHT(kg) **0,00**

SHEET **1/1**

D

A

Ohjelmakierto kahden liittimen hitsaamiseen:

- Käynnistys
- Sylinteri 1 +
- Sylinteri 2 +
- Sylinteri 3 +
- Sylinteri 4 +
- Heppaus
- Sylinteri 4 –
- Sylinteri 3 –
- Sylinteri 2 –
- Sylinteri 1 –
- Ympärihitsaus

Ohjelmakierto neljän liittimen hitsaamiselle 90°:een (180°:een) kulmaan:

- Käynnistys
- Sylinteri 1 +
- Sylinteri 2 +
- Sylinteri 3 +
- Sylinteri 4 +
- Heppaus
- Sylinteri 4 –
- Sylinteri 3 –
- Sylinteri 2 –
- Sylinteri 1 –
- Ympärihitsaus
- Sylinteri 5 90° asteen käännös (180° asteen käännös)
- Sylinteri 1 +
- Sylinteri 2 +
- Sylinteri 3 +
- Sylinteri 4 +
- Heppaus
- Sylinteri 4 –
- Sylinteri 3 –
- Sylinteri 2 –
- Sylinteri 1 –
- Ympärihitsaus

