

Riku Pelkonen

AUTOMAATTISEN TUKIVANTEEN TAIVUTUSKONEEN
SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2010

AUTOMAATTISEN TUKIVANTEEN TAITUTUSKONEEN SUUNNITTELU

Pelkonen, Riku
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2010
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 23
Liitteitä: 8

Asiasanat: taivutus, taivutusautomaatti, tukivanne, paineilmasyylinteri

Tämän opinnäytetyön aiheena oli automaattisen tukivanteen taivutuskoneen suunnittelu. Toimeksiantaja oli Emeca. Emecalla tehtiin aikaisemmin tukivanteita käsikäyttöisellä vääntimellä tai hydraulisella puristimella. Aikaisemmat menettelytavat olivat työläitä ja aikaa vieviä joten tähän haluttiin muutosta.

Tukivanne on neliön muotoinen vanne jota käytetään betonipaaluissa. Se asennetaan betonipaaluun tukemaan paalun lyöntipäätä ja ottamaan vastaan lyönnin aiheuttamat vomat.

Opinnäytetyön tärkeimpiä vaatimuksia oli tehdä koneesta täysin automaattinen ja nopeatoiminen, yhden tukivanteen taivuttamiseen saisi kulua aikaa vain 25- 30 sekuntia. Koneesta haluttiin tehdä pienikokoinen, kuormalavahyllylle sijoitettava automaattilaite, koska tukivanteiden teko on kausittaista ja niitä tehdään kerralla suuria määriä.

Kone suunniteltiin käyttäen apuna SolidWorks 3D CAD – ohjelmaa. Ohjelman avulla luotiin piirustukset, jonka pohjalta kone rakennetaan.

DESIGN OF AUTOMATIC BENDING MACHINE FOR SUPPORT COLLAR

Pelkonen, Riku

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2010

Teinilä, Teuvo

Number of pages: 23

Appendices: 8

Key words: bending, bending automation, support collar, pressurized cylinder

The purpose of this thesis was to plan a new bending machine for Emeca Ltd. Previously support collars were made by a manually operated bender or a hydraulic press in Emeca. The previous methods were laborious and time-consuming, so a change was needed.

The support collar is a square rim which is used in concrete piles. It is installed on concrete piles to support the pile driving head against loads caused by the driving process.

One of the main requirements of this thesis was to make the machine fully automatic and fast, producing one support collar should take 25-30 seconds. The machine was to be made compact, which fits into a pallet on the shelf because making of the support collars is seasonal and they are produced in large quantities.

The machine was designed by using SolidWorks 3D CAD program. By using this program the drawings were created, on the basis of which the machine will be built.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 5 |
| 2 | EMECA OY | 5 |
| 2.1 | Emeca Oy:n historia ja toiminta | 5 |
| 2.2 | Tuotteet | 7 |
| 3 | TUKIVANNE | 8 |
| 4 | SUUNNITTELUPROSESSI..... | 10 |
| 4.1 | Tavoitteet ja lähtökohdat | 10 |
| 4.2 | Vaihtoehtoiset toteutustavat..... | 11 |
| 5 | TAIVUTUS | 12 |
| 6 | KONEEN OSAT JA TOIMINTAPERIAATE..... | 13 |
| 6.1 | Taivutin | 16 |
| 6.2 | Runko ja makasiini | 18 |
| 6.3 | Tarttujat | 19 |
| 6.4 | Paineilmasyylinterit | 19 |
| 6.5 | Ohjausjärjestelmä..... | 20 |
| 6.5.1 | Ohjelmoitava logiikka (PLC)..... | 20 |
| 6.5.2 | Reed-anturi | 21 |
| 7 | TULOKSET JA YHTEENVETO | 22 |
| | LÄHTEET..... | 23 |
| | LIITTEET | |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella työn toimeksiantajalle eli Emeca Oy:lle automaattinen tukivanteen taivutuskone. Emecalla oli tarve automaattiselle taivutus-koneelle, koska tukivanteita valmistettiin aikaisemmin käsikäyttöisellä vääntimellä tai hydraulisella koneella, joka oli erittäin hidasta työtä.

Tukivanne on neliönmuotoinen teräsvanne, joka asetetaan betonipaalun päähän vahvistamaan paalun lyöntipäätä, lyönnin aiheuttamia voimia vastaan. Emeca Oy:lla on varastossa teräsaihioita, joista vanteet taivutetaan.

Tavoitteena oli suunnitella koneesta automaattinen. Kun kone käynnistetään se ottaa aihion makasiinista ja siirtää sen taivutukseen, joka taivuttaa aihion vanteen muotoon. Tämän jälkeen kone pudottaa valmiin vanteen pois automaattisesti.

2 EMECA OY

2.1 Emeca Oy:n historia ja toiminta

Emeca Oy on johtava paalutarvikkeiden valmistaja Suomessa. Se sijaitsee Köyliössä ja se on vakavarainen perheyritys, joka tuottaa asiakkailleen paalutarvikkeiden lisäksi tuotekehitys- ja tutkimuspalveluita.

Emeca perustettiin vuonna 2001. Kari Koivunen ja hänen kaksi poikaansa Petri ja Sakari Koivunen aloittivat liiketoiminnan rekisteröimällä Emecan kaupparekisteriin. Silloin ei vielä tuotantoa ollut lainkaan, vaan Kari Koivunen teki kehitystyötä koti-toimistossaan ja Petri sekä Sakari opiskelivat. Kehitystyöhön kuului paalutarvikkeiden kehitystyö Skanska Betoni Oy:n kanssa ja tuotekehitystyö Lujabetoni Oy:n kanssa.

Vuonna 2002 yrityksen toimintastrategiaa kehitettiin vahvasti ja hankittiin tehdas sekä toimistotilaa Köyliöstä. Samaan aikaan myös tuotekehitystyötä jatkettiin kumppanuusyritysten kanssa. Paalujatkoksille tehtiin laskelmat ja testit VTT:n toimesta. Vähän myöhemmin tehtaan remontoinnin ja muiden järjestelyjen jälkeen alkoi Emeca Oy:n tuotanto ja ensimmäiset tuotteet toimitettiin asiakkaille.

Vuonna 2003 yksi Emecan perustajajäsenistä Petri Koivunen sai tradenomiopinnot valmiiksi ja hän aloitti kokopäiväisen työskentelyn yhtiön kehitystyön parissa. Ensimmäinen täysin automaattinen kahden robotin tuotantosolu otettiin käyttöön. Samana vuonna tapahtui myös yksi merkittävä yrityskauppa Emecan kannalta. Emecan kumppanuusyritys Lujabetoni Oy osti Pernajalaisen Suomen paalutehdas Oy:n. Suomen paalutehdas oli aiemmin ostanut paalutustarvikkeita Emecan kilpailijalta, mutta tämän yrityskaupan myötä se siirtyi Emecan asiakkaaksi ja näin ollen vahvasti merkittävästi Emecan asiakaskantaa.

Vuosina 2004 ja 2005 yrityksen toimitiloja laajennettiin ja Emecalle valmistuikin uusi ajanmukainen raaka-aine ja valmistuotevarasto, joka on suuruudeltaan n. 1400m². Samaan aikaan tuotannon kehitystyötä jatkettiin ja yritys saavutti uuden ennätyksellisen tuottavuuden kasvun vahvan tuotannon automaation ansiosta.

Vienti Yhdysvaltoihin alkoi vuonna 2006, kun Emeca teki edustussopimuksen Amerikkalaisen SPE:n (Sun Piledriving Equipment LLC) kanssa. Ulkomaan vienti käynnistyi hyvin, sillä jo ensimmäisen vuoden aikana Yhdysvaltoihin toimitettiin useita kontteja paalujatkoksia ja muita paalutarvikkeita. Työntekijäpuolella tapahtui myös yksi merkittävä uudistus, kun ensimmäinen toimihenkilö palkattiin toimistosihteerin tehtäviin.

Vuonna 2007 Yhdysvaltojen liiketoiminta sai vahvistusta, kun sinne päätettiin rakentaa tehdas yhdessä SPE:n kanssa. Sakari Koivunen sai insinööriopinnot valmiiksi ja siirtyi kokopäiväisesti yhtiön palvelukseen, tehtävänään USA liiketoiminnan kehittäminen. Samana vuonna Emeca teki merkittävän yhteistyösopimuksen Abetoni Oy:n kanssa ja se vahvisti merkittävästi Emecan markkinaosuutta Suomessa. Näin Emeca laajeni entisestään ja se käynnistikin tehdashallin laajennuksen ja palkkasi myös automaatio insinööri Teemu Lintulan palvelukseensa.

Vuonna 2008 Emecan merkittävä yhteistyökumppani Abetoni otti käyttöönsä emoyhtiönsä nimen eli Rudus. Samalla Rudus siirtyi kaikilla neljällä paalutehtaalla käyttämään Emecan paalutarvikkeita.

Huhtikuussa 2008 Emecan organisaatio ja omistusrakenne muuttuivat. Yhtiön perustajajäsen Kari Koivunen luopui omistajuudestaan ja siirtyi toimitusjohtajan tehtävistä tuotekehitysjohtajan tehtäviin. Toimitusjohtajana jatkoi Petri Koivunen, joka omistaa yrityksestä 78 %. Uusien organisaatiomuutosten myötä yritys aloitti laajamittaisen kasvu- ja kehitysohjelman sen kaikilla osa-alueilla. Myynti ja markkinointialueille tehtiin merkittäviä panostuksia ja Emeca saavutti vahvan markkinajohtajan aseman omalla alallaan. Sen markkinaosuus Suomessa on n. 90 % ja liikevaihto vuonna 2008 oli yli 4 miljoonaa.

Nykyään Emeca jatkaa vahvaa kansainvälistymistään ja se hankkii uutta asiakaskuntaa pääasiassa Pohjois-Euroopasta. Tällä hetkellä sen tuotannosta menee vientiin n. 33 %.

Emecan tehdas on vahvasti automatisoitu pitkälti omien laitteiden ja tuotekehitystöiden ansiosta. Emecalla on 12 työntekijää ja liikevaihto yli neljä miljoonaa euroa. /1/

2.2 Tuotteet

Emeca Oy:n paalutarviketuotteita ovat:

- paalujatkos
- kalliokärki
- jälkiasennettava kalliokärki
- maakärki
- tukivanne
- valutyökalut
- lyöntilevy
- paalumuotistot

Kaikki Emecan tuotteet ovat VTT:n tyyppitestaamia ja ympäristöministeriön tyyppi-
hyväksymiä, lisäksi ne täyttävät Lyöntipaalutusohjeen (LPO 2005) vaatimukset ja
niille on myönnetty käyttö lupa Tiehallinnon teräsbetonipaalutöissä. Kaikki tuotteet
myös perustuvat Emecan omaan tuotekehitystoimintaan./1/ja/4/

3 TUKIVANNE

Tukivannetta käytetään betonipaalussa. Se asennetaan paaluun n.10 mm paalun pääs-
sä olevasta reunaviisteestä tukemaan paalun lyöntipäätä lyönnin aiheuttamia voimia
vastaan. Se asennetaan betonivalun aikana.

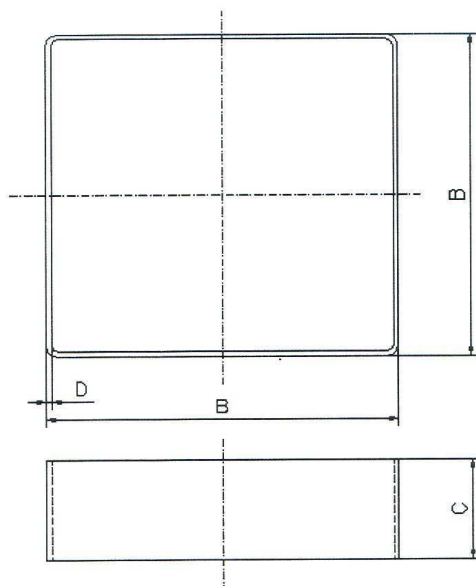
Tukivanne on neliönmuotoinen, jonka kaikki neljä kulmaa on taivutettu 90 asteeseen
ja jokaisen kulman sisäsäde on 20 millimetriä.



Kuva 1. Tukivanne /4/

| Code | Product | B,mm | C,mm | D,mm |
|-----------|------------------|------|---------|------|
| 4-235 A | Support Band 235 | 230 | 75 | 4 |
| 4-250 A | Support Band 250 | 245 | 75 | 4 |
| 4-270 A/B | Support Band 270 | 265 | 75/100 | 4/5 |
| 4-300 A | Support Band 300 | 295 | 75 | 4 |
| 4-350 A/B | Support Band 350 | 345 | 75 /100 | 4/5 |
| 4-400 A | Support Band 400 | 395 | 75 | 4 |
| 4-450 A | Support Band 450 | 445 | 75 | 4 |

All measures are nominal values.



Kuva 2. Tukivanteiden koot /1/

Emeca Oy valmistaa seitsemää erikokoista tukivannetta, joiden yhden sivun pituus vaihtelee 230 aina 445 millimetriin. Vanteiden koot nähdään kuvasta 2.

Tukivanne valmistetaan teräsaihoista, jonka myötölujuus on luokkaa $235\text{N}/\text{mm}^2$. Tosin tarkkaa myötölujuutta ei tiedetä, koska teräksen tuottajan mukaan aihoiden myötölujuus on vähintään $235\text{N}/\text{mm}^2$, eli todellisuudessa se voi olla paljonkin suurempi.

Aihiot ovat valmiiksi leikattuja ja ovat paksuudeltaan 4 mm ja leveydeltään 75 mm, mutta vaihtelevat pituudeltaan 920 - 1780 mm välillä, riippuen taivutettavan vanteen koosta.

Tukivanteen viimeistä sivua taivutettaessa vanteen päät menevät päällekkäin. Tämä mahdollistaa vanteen hitsaamisen molemmilta puolilta. Vanteen päiden liitoskohta tulee lähelle sivun toista kulmaa.

4 SUUNNITTELUPROSESSI

4.1 Tavoitteet ja lähtökohdat

Emeca Oy halusi siis täysin automaattisen ja pienikokoisen taivutuslaitteen. Aikaisemmin Emecalla valmistettiin tukivanteita käsikäyttöisellä taivuttimella tai hydraulisella puristimella. Vanhat valmistusmenetelmät alkoivat tuntua liian hitailta ja työläiltä, joten asiaan haluttiin helpotusta.

Tukivanteiden teko on kausittaista ja niitä tehdään kerralla suuria määriä varastoon. Koska koneen käyttö on kausittaista ja kone vie lattiatilaa koneesta haluttiin tehdä niin pienikokoinen, että se olisi mahdollista nostaa kuormalavahyllylle säilytykseen.

Suunnitteluprosessin alussa laadittiin tavoitelista, jonka mukaisesti kone pyrittiin suunnittelemaan. Tavoitelista on seuraavanlainen:

- Laitteesta pyritään tekemään pienikokoinen, kuormalavahyllyllä säilytettävä automaattilaite. Koska kysymys on erikoislaitteesta, mahdollisia muita käyttötarkoituksia ei kannata pohtia.
- Mekaanisesti ja sähköisesti pyritään mahdollisimman edullisiin, yksinkertaisiin ja helposti ymmärrettäviin ratkaisuihin.
- Työkierron kesto 25–30 sekuntia (tuotteella 300x300)
- Makasiinin kesto täydellä tuotantoteholla 30–40 minuuttia
- Toteutuksen kustannusarvio n. 3000–5000 euroa.

4.2 Vaihtoehtoiset toteutustavat

Vaihtoehtoisia toteutustapoja automaattiselle taittokoneelle oli monia. Käyttötapoina olisi Hydraulikäyttö, sähkökäyttö ja paineilmakäyttö. Nämä kaikki toteutustavat olisivat varmasti toimineet, mutta tavoitelistan mukaan koneesta pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertainen, varmatoiminen ja nopea, joten nämä ehdot karsivat mahdollisuuksia.

Hydraulikäyttöinen taivutin tyrmättiin oikeastaan jo aivan työn alkuvaiheessa. Koska, taivutukseen ei tarvita kovin suuria voimia, siihen riittää paineilmasylinterilläkin tuotettavat voimat. Hydraulijärjestelmä käyttömukavuus ei ole läheskään samaa luokkaa kuin paineilma- tai sähkökäytöissä. Myös hydraulisylinterien nopeus ei olisi riittänyt vaadittaviin aikatavoitteisiin.

Jäljelle jäi siis sähkökäyttö ja paineilmakäyttö. Projektin alkupuolella konetta suunniteltiin pelkästään sähkökäyttöiseksi. Koneeseen suunniteltiin aluksi hihnakuuljetin, joka kuljettaisi tukivanneaihiot makasiinilta taivuttajalle. Taivuttaja suunniteltiin myös sähkökäyttöiseksi, jota ohjattaisiin vaihteen välityksellä. Myöhemmin nämä ideat kumottiin taivuttajan osalta liian monimutkaisen toteutuksen takia. Hihnakuuljetinidea olisi varmasti toiminut, mutta sen rakentaminen tai tilaaminen olisi tullut liian kalliiksi.

Hihnakuuljettimessa olisi varmasti tullut ongelmia työkappaleen eli tukivanneaihion paikoittamisessa. Tämä olisi toki voitu tehdä nykyaikaisilla absoluuttiantureilla tai muilla anturijärjestelmillä, mutta se olisi tehnyt koneesta liian monimutkaisen ja vaikeaselkoisen.

Paineilmaan päädyttiin lopulta koska sen toimilaitteet eli paineilmasylinterit ovat halpoja, käyttövarmoja ja riittävän tehokkaita kyseiseen projektiin. Paineilmasylinterien ohjaus on helppo toteuttaa käyttämällä ohjelmoitavaa logiikkaa, magneettiventtiilejä ja antureita.

Taivuttajan osalta paineilma on oikea ratkaisu, koska taivuttajan sylinteriä on helppo säätää ja ohjata. Paineilmasylinteri myös tuottaa helposti taivutukseen vaadittavan

voiman. Hihnakuuljettimen tilalle lopulta suunniteltiin järjestelmä, jossa tarttujana on pieni sylinteri asennettuna liukujohdekelkan päälle ja jota toinen sylinteri työntää liukujohteella. Tämä järjestelmä mahdollistaa tukivanneaihioiden kuljettamisen makasiinilta tarttujalle.

Paineilmajärjestelmän valintaan vaikutti myös Emecan työntekijöiden vahva asiantuntemus ja positiiviset kokemukset paineilmajärjestelmistä.

5 TAIVUTUS

Taivutettaessa ohutlevyä on otettava huomioon monia asioita, kuten taivutettavan levyn kulma, kulman säde ja levyn takaisinjousto. Levyn taipuminen tapahtuu vaiheittain, alussa taivutukseen vaadittava voima kasvaa, mutta loppua kohden voiman tarve pienenee.

Levyä taivuttaessa sen neutraaliakseli siirtyy ja kappale venyy. Näiden lisäksi taivutuksessa tapahtuu muitakin ilmiöitä, jotka voivat olla haitaksi kappaleelle, kuten ulkopinnan venyminen ja sisäpinnan tyssäntyminen. Taivutussärmän kohdalla voi tapahtua myös lievää kuroumaa.

Taivutukseen vaadittavan momentin (taivutusvoima * kääntösäde) laskemiseen, yleisesti käytetty kaava on, $M = R_m * b * s^2 / 4$

Jossa,

R_m = työkappaleen murtolujuus

b = työkappaleen leveys

s = työkappaleen paksuus

Taipuma syntyy levyn plastisen ja kimmoisen muodonmuutoksen summana. Levyä taivuttaessa kimmainen osuus pyrkii palautumaan tiettyyn muotoon, kun se vapautetaan taivuttajan otteesta. /2/

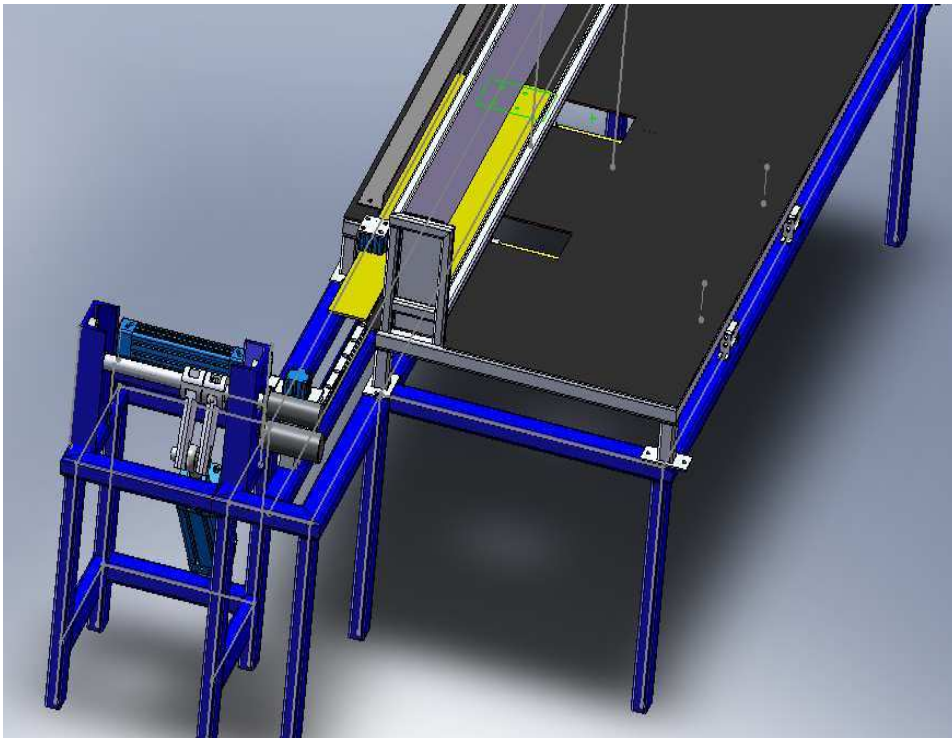
Takaisinjousto syntyy, kun levyn kimmoisen osuuden jäännösjäännitykset laukeavat. Tämä ilmenee taivutetun kulman aukeamisena tai palautumisena. Takaisinjousto ilmenee enemmän lujilla teräksillä. Myös ohuilla levyillä se on suhteellisesti suurempaa kuin paksuilla./2/ja/3/

Tukivanneaihiota taivuttaessa takaisinjousto ilmenee vähän ja aihio täytyy taivuttaa yli 90 asteen kulmaan. Oikean taivutuskulman löytämiseen soveltuu parhaiten käytännön kokeilu koneen valmistuessa. Taivuttajan paineilmasylinterin iskunpituutta on helppo säätää ja vaikuttaa taivuttajan tekemän kulman suuruuteen.

6 KONEEN OSAT JA TOIMINTAPERIAATE

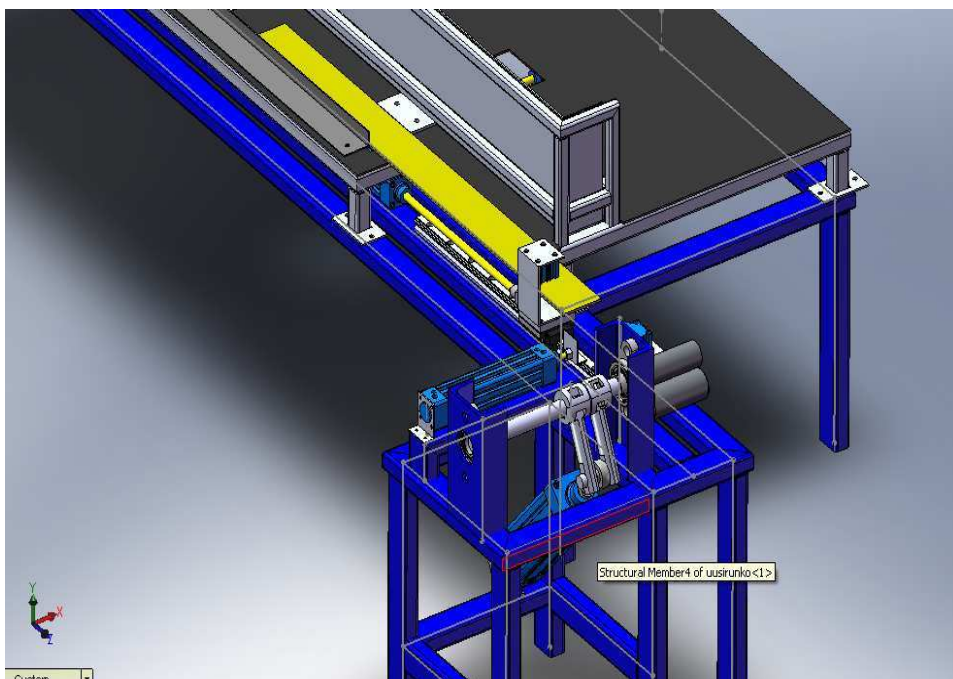
Koneen toiminta perustuu pitkälti paineilmasylinterien, toimintaan. Koneessa on käytetty pneumaattisia sylintereitä (yhteensä 7kpl) eri tehtävissä. Koneen työkierto alkaa siitä, kun käyttäjä lisää ahiot makasiinin ja kytkee koneen päälle.

Ensiksi koneen kaksi sylinteriä työntävät makasiinista alimman tukivanneaihion koneen pääsylinterille (Kuva 3).



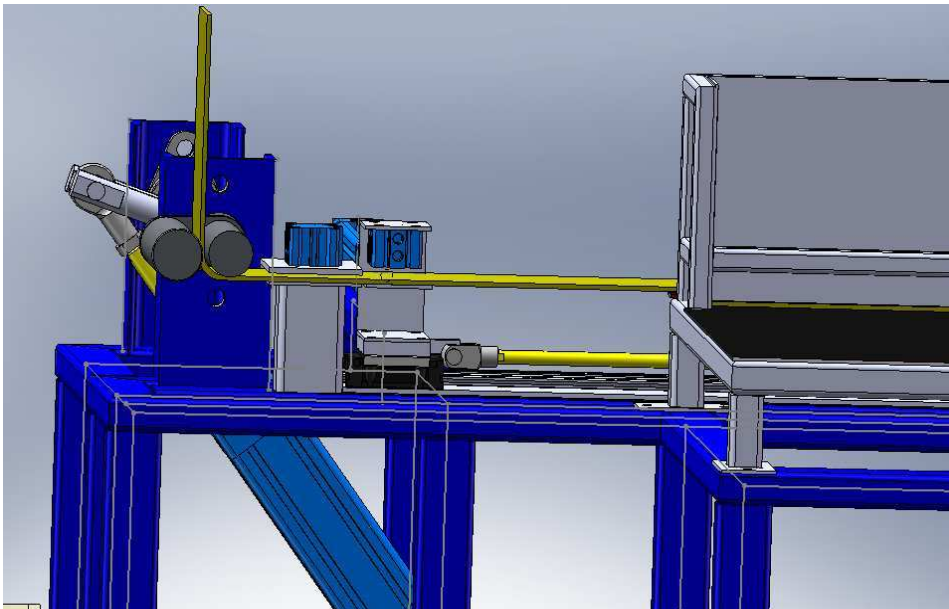
Kuva 3. Makasiinista poisto

Pääsylinterin varressa oleva tarttuja tarttuu kiinni ahiosta, jonka jälkeen pääsylinterin varsi työntyy ulos ja kuljettaa aihion taivuttajalle (Kuva 4).



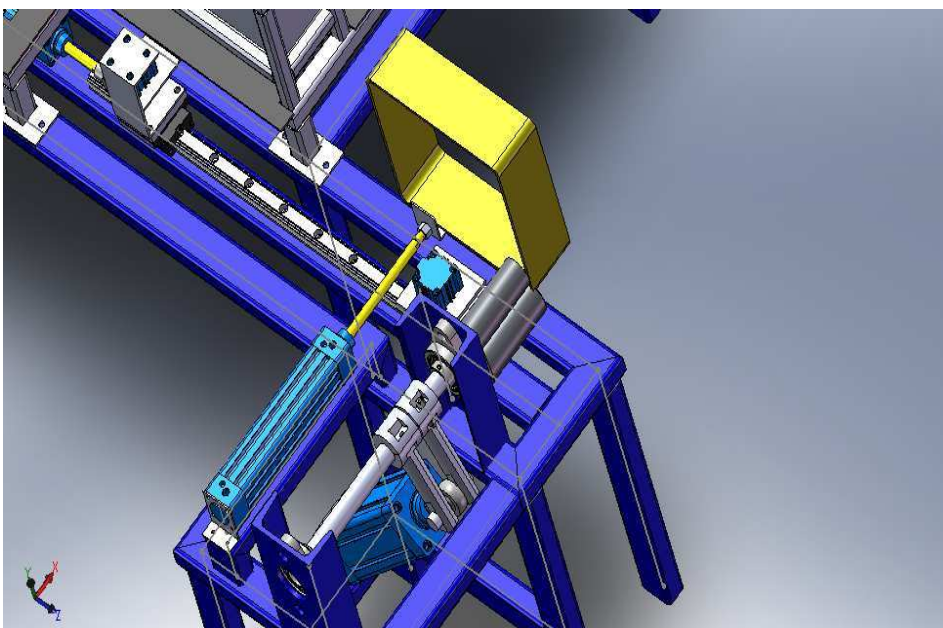
Kuva 4. Kuljetus taivuttimelle

Taivuttimen vieressä oleva pieni 10 mm iskulla varustettu sylinteri pitää aihion paikallaan sillä aikaa kun taivutin taivuttaa aihion 90 asteen kulmaan (Kuva 5).



Kuva 5. Taivutus

Tämän jälkeen tarttuja palaa tukivanteen yhden sivun mitan takaisin, kohti lähtöpaikkaa ja toistaa äskeisen, niin kauan kunnes kaikki neljä kulmaa on taivutettu. Kun tukivanne on valmis, se poistetaan taivuttajan haarukasta sylinterin avulla (Kuva 6).

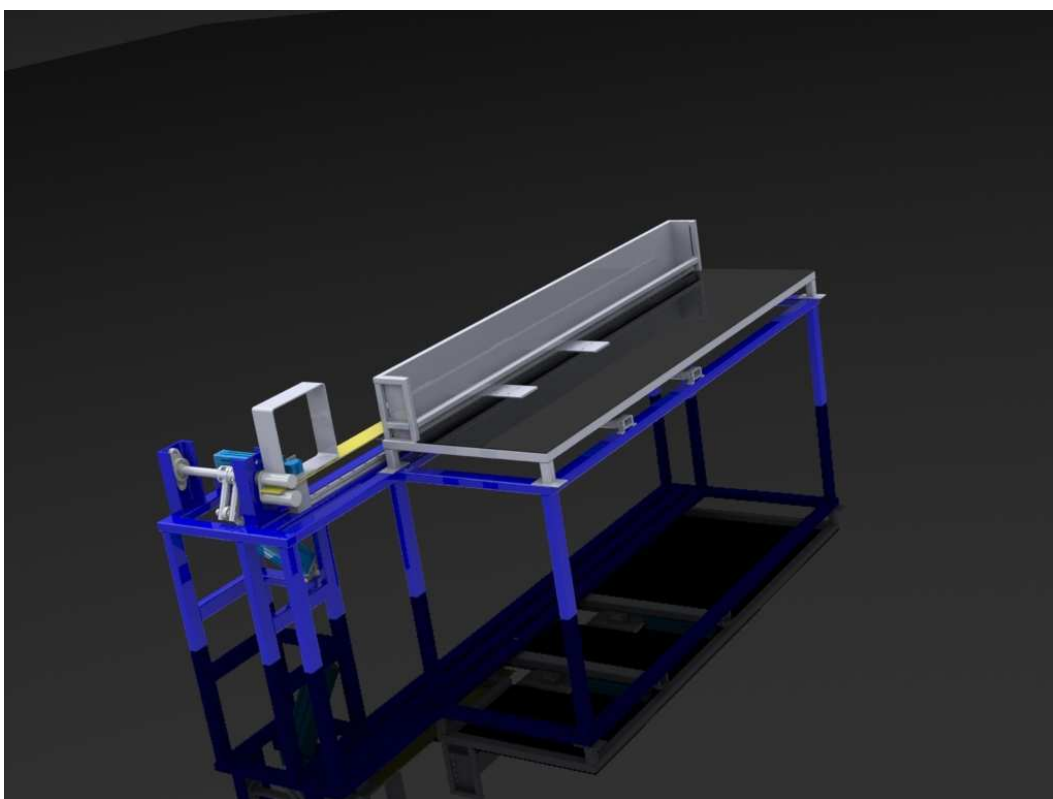


Kuva 6. Tukivanteen poisto

Kun tukivanne on poistettu koneesta, ohjelmakierto alkaa uudestaan ja kone toimii automaattisesti, kunnes aihiot loppuvat makasiinista.

Taivutuskone koostuu seuraavista osista.

- runko
- tarttujat
- taivutin, joka sisältää akselin, laakeroinnin ja vipuvarren
- sylinterit, liukujohteet ja kelkat
- makasiini
- ohjausjärjestelmä (ohjelmoitava logiikka, kytkimet ja magneettiventtiilit)



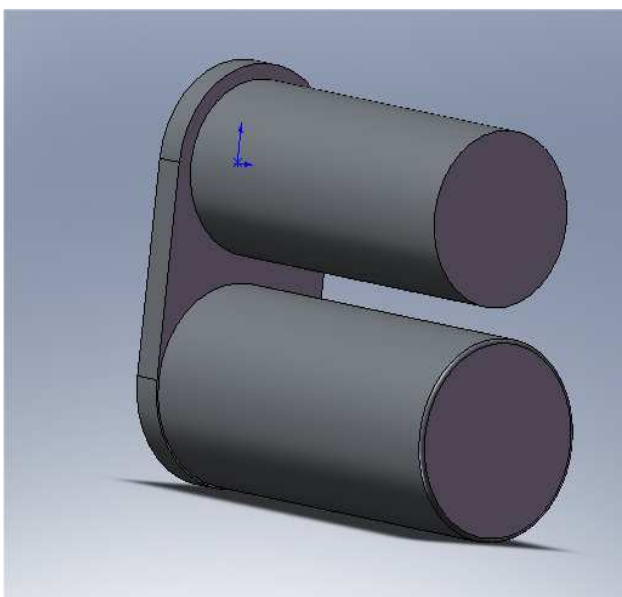
Kuva 7. Koneen kokoonpanokuva

6.1 Taivutin

Suunnittelutyötä lähdettiin viemään eteenpäin suunnittelemalla ensin taivutin, eli koneen se osa, joka taivuttaa tukivanteen kulmat. Tukivanteen jokaisen kulman suuruus on sama (90 astetta), joten taivuttaja tekee samaa liikettä koko ajan. Tämä helpotti taivuttajan suunnittelua.

Taivuttajan suunnittelussa käytiin läpi monia eri vaihtoehtoja, mutta päädyttiin lopulta rakennusraudoitustöissä käytettyyn hakastaivuttimen kaltaiseen lopputulokseen.

Taivuttimessa (Kuva 8.) on kaksi tappia, ylä ja alapäässä. Taivutettava aihio sijoitetaan tappien väliin ja taivutus tapahtuu pyöräyttämällä alemmaa tappia ylemmän tapin ympäri. Tällöin tappien välissä oleva aihio taipuu haluttuun kulmaan. Koska tukivan teen kulman sisäsäde on 20 mm, tapin halkaisijaksi valittiin 40 mm.



Kuva 8. Taivutin

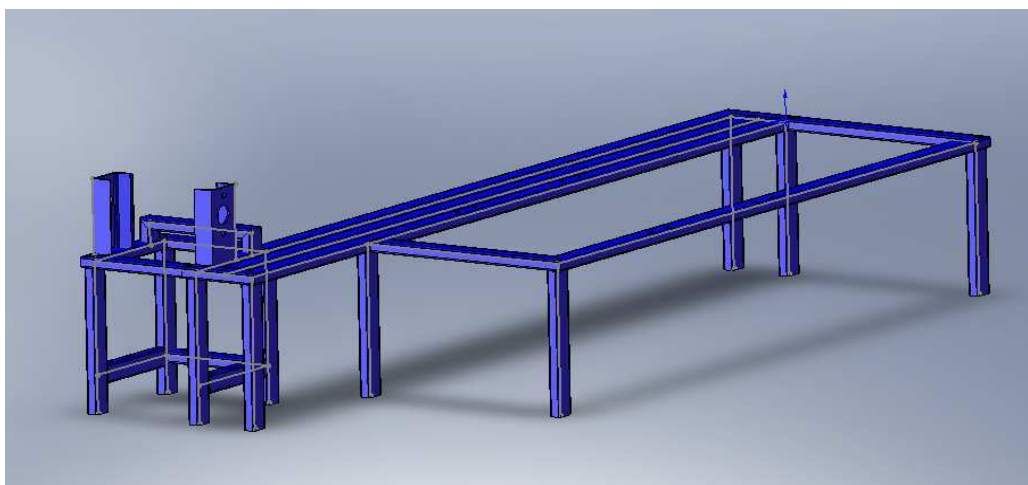
Aluksi taivuttimen voima aiottiin tuottaa sähkömoottorilla ja välittää se vaihteen kautta taivuttimelle, mutta myöhemmin päädyttiin käyttämään paineilmasylinteriä sen paremman ja yksinkertaisemman säädettävyyden ansiosta.

Kuvassa oleva taivutin kiinnitetään akseliin hitsaamalla se ylemmästä tapista kiinni akselin päähän. Akseliin kiinnitetään myös vipuvarsi, jonka toiseen päähän kiinnitetään sylinteri, joka tuottaa taivuttamiseen vaadittavan voiman. Kun sylinteri työntyy ulos, vipuvarsi välittää voimaa akselille, joka kääntää taivuttajaa ja näin ollen taivuttajalla oleva aihio taipuu haluttuun kulmaan. Vipuvarsi kiinnitetään akseliin kiilamalla ja pulttikiinnityksellä. Akseli laakeroidaan runkoon SKF:n laakeripesillä.

6.2 Runko ja makasiini

Runko on olennainen osa konetta, koska kaikki muut osat ovat kiinnitettynä runkoon tai vähintään jollakin tasolla yhteydessä siihen. Runkoa suunniteltaessa täytyi ottaa huomioon monia asioita, mutta tärkeimpiä seikkoja ovat sen kestävyys ja tukevuus.

Rungon profiiliksi valittiin 50x30 millimetrinen suorakaidepalkki, jonka seinämän vahvuus on 2 millimetriä. Tämä profiilikoko on riittävän tukeva, ja se myös kestää hyvin taivuttimen aiheuttamat voimat. Runko on noin 2000 mm pitkä, 1000 mm leveä ja n. 500 mm korkea.



Kuva 9. Runko

Makasiini on runkoon pulteilla kiinnitettävä kehikko, johon pinotaan taivutettavat aihiot. Makasiinin alla ovat sylinterit, joiden päissä olevat liukujohdekelkat työntävät alimpana pinossa olevan tukivanneaihion koneen pääsylinterille.

Makasiiniin voidaan pinota 50 – 80 kappaletta tukivanneaihioita. Oletetaan että koneen työkierto on n. 30 sekuntia ja makasiinissa on 80 aihiota. Tämä tarkoittaa sitä, että kone pystyy työskentelemään ilman katkoksia n. 40 minuuttia.

Makasiini kehikko suunniteltiin 20x20 neliöputkesta ja sen reunoille asennettavat seinälevyt tehdään kolmen millimetrin paksuisesta ohutlevystä.

6.3 Tarttijat

Työkappaleeseen eli aihioon tartutaan tarttujalla. Tarttujan tehtävänä on siirtää työkappale makasiinista koneen taivuttajalle. Tarttuja koostuu pienestä 10 mm iskulla varustetusta paineilmasylinteristä ja rungosta. Sylinteri on kiinnitetty tarttujan runkoon. Kun tarttuja ottaa kiinni kappaleesta, sylinteri painaa työkappaleen rungon levyä vasten ja lähtee kuljettamaan kappaletta.

Tarttuja on kiinnitetty kelkkaan, joka liikkuu liukujohteen päällä. Kelkka on kiinnitetty pääsylinterin varteen, joten koko kelkka/tarttuja-yhdistelmä liikkuu johteen päällä pääsylinterin varren työntämänä.

Koneeseen suunniteltiin myös toinen tarttuja jolla on lähes samanlainen rakenne kuin liikkuvalla tarttujalla. Tämä tarttuja on taivuttajan vieressä ja sen tehtävänä on pitää aihiota paikallaan taivutuksen aikana.

6.4 Paineilmasylinterit

Paineilmasylinterit ovat kätevä tapa tuottaa mekaanista liikettä. Yleensä paineilmasylinterit toimivat lineaarisesti eteen tai taakse, vaikkakin on myös olemassa vääntösylintereitä. Paineilmasylintereitä käytetään yleensä sovelluskohteissa, joissa ei vaadita kovinkaan suuria voimia, mutta liikkeiden pitäisi olla nopeita ja tehokkaita.

Paineilmasylintereitä ohjataan pneumatiikkaventtiileillä. Venttiilit määräävät sylinterille menevän ilmapvirran suuruuden ja ajankohdan. Pneumatiikkaventtiileitä ohjataan yleensä ohjelmoitavilla logiikoilla.

Tässä projektissa käytettäviä sylintereitä on yhteensä seitsemän kappaletta. Kaikki sylinterit ovat kaksitoimisia SMC:n valmistamia CP95-sarjan profiilisylintereitä. Jokaisella projektissa käytettävillä sylinterillä on oma tehtävä. Ainoastaan kaksi makasiininsylinteriä suorittaa samaa tehtävää, joten ne voivat toimia yhtäaikaaisesti.

Oheisesta taulukosta nähdään koneessa käytettävät sylinterit ja niiden iskunpituudet ja koot.

| Tehtävä | Männän halkaisija (mm) | Iskunpituus (mm) | Määrä (kpl) |
|--------------------------|------------------------|------------------|-------------|
| Makasiininsylinteri | 64 | 150 | 2 |
| Pääsylinteri | 32 | 500 | 1 |
| Tarttujansylinteri | 32 | 10 | 2 |
| Taivuttajansylinteri | 80 | 150 | 1 |
| Kappaleenpoistosylinteri | 32 | 150 | 1 |

Taulukko1. Paineilmasyliinterit

Työssä käytettiin hyväksi liukujohteita ja niihin sopivia kelkkoja. Liukujohteita käytettiin koneen pääsylinterissä sekä makasiinin alla olevissa sylintereissä, jotka työntävät aihion pääsylinterille.

Liukujohteella pyritään estämään ”pöytälaatikkoilmiön” syntymistä. Makasiinissa olevat sylinterit suunniteltiin ensin makasiinin levyn päälle, mutta myöhemmin ne sijoitettiin levyn alle ja niihin lisättiin liukujohteet ja kelkat.

Pääsylinterissä oleva tarttuja on kiinni kelkassa, joka liukuu johteen päällä. Kelkan ja johteen välinen kitka on pieni, joten tällä säästetään pääsylinteriltä vaadittavaa voimaa tarttujan työntämisessä.

6.5 Ohjausjärjestelmä

Yksi työn tavoitteista oli saada kone toimimaan täysin automaattisesti. Tämä tarkoitti sitä, että koneeseen suunniteltiin ohjausjärjestelmä, eli ohjelmoitava logiikka ja siihen sopivat anturit ja toimilaitteet.

6.5.1 Ohjelmoitava logiikka (PLC)

Ohjelmoitava logiikka eli PLC on mikroprosessoripohjainen laite, jolla on tulo- ja lähtöportteja. Tulo- ja lähtöportteihin voidaan kytkeä kentällä olevia antureita ja toi-

milaitteita. Tuloportista logiikka saa tietoa kentällä olevilta laitteilta, kuten antureilta. Kun taas lähtöporteilla logiikka voi ohjata toimilaitteita, kuten sähkömoottoreita ja sylintereitä.

PLC (Programmable Logic Controller) on nimensä mukaan ohjelmoitava. Ohjelmoinnissa käytetään apuna tietokonetta, jolla kirjoitetaan itse ohjelma. Tietokoneella tehty ohjelma siirretään sarjaportin tai jonkin muun yhteyden kautta ohjelmoitavan logiikan muistiin.

Logiikan ohjelmointi tapoja on monia. Aivan ensimmäisissä logiikoissa käytettiin ”tikapuulogiikkaa” jossa ohjelmoidaan kytkentä kaavioiden ja porttien avulla pistämällä niitä tiettyyn järjestykseen ohjelman sisällä. Tikapuu – ohjelmoinnin lisäksi voidaan käyttää myös C-kieltä tai Basic – ohjelmointikieltä.

Vaikka logiikkaa voidaan ohjelmoida monella tapaa, on tarkoitus kaikissa sama, eli luetaan tuloporteista tieto ja kytketään päälle haluttuja lähtöportteja, jonka jälkeen ajetaan ohjelma.

6.5.2 Reed-anturi

Projektissa käytettävä reed-anturi asennetaan paineilmasynterinin kylkeen. Reed-anturi toimii käyttäen hyväksi magneettikenttää ja se tunnistaa sylinterin sisällä liikuvan männän. Anturia voi liikutella haluttuun kohtaan sylinterin kyljessä ja kun mäntä osuu anturin tunnistusalueelle, anturi lähettää signaalin PLC:lle joka antaa käskyn pysäyttää sylinteri. Näin pystytään hallitsemaan sylinterivarren liikettä eikä olla riippuvaisia sylinterin iskupituudesta.

Reed - anturia käytetään koneen pääsylinterissä, kun se kuljettaa ahiota taivuttajalle. Sylinteri kulkee vain sen matkan mikä on taivutettavan tukivanteen sivun pituus. Kun koneella halutaan valmistaa eripituisia tukivanteita, siirretään reed - anturia sopivaan kohtaan ja näin ollen sylinterinvarsi työntyy ulos vain halutun matkan.

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyö onnistui mielestäni hyvin, koska kaikki koneelle annetut tavoitteet täyttyivät. Kone toimii automaattisesti ja se on hyvin nostettavissa kuormalavahyllyle tai johonkin muuhun säilytyspaikkaan. Koneella pystytään valmistamaan kaiken kokoisia tukivanteita, koska koneen makasiinin on mitoitettu suurimman aihion mukaan.

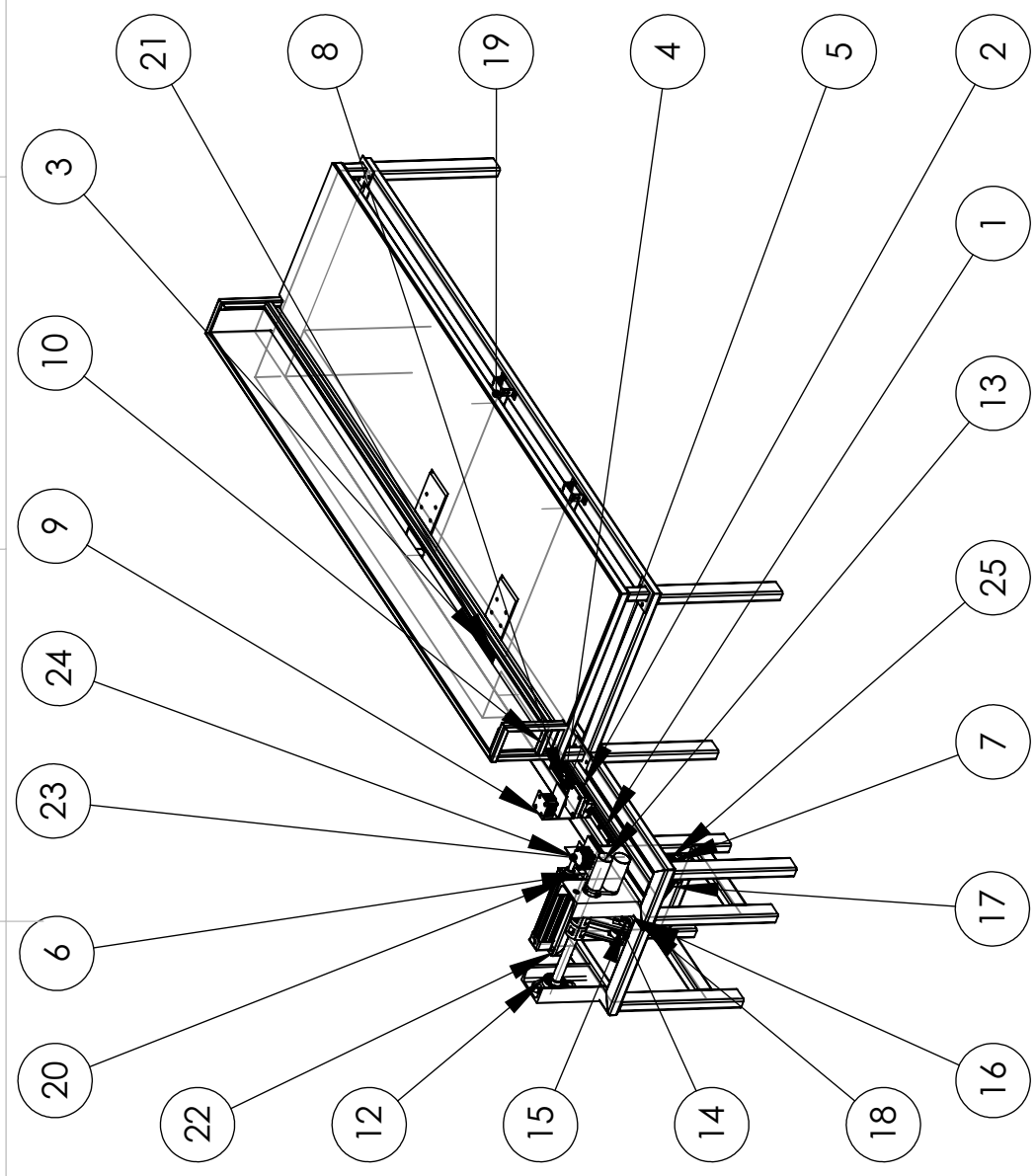
Koneen nopeudesta ei vielä tiedetä, koska kone ei vielä ole toiminnassa, mutta kone pystynee vaadittuun aika tavoitteeseen joka oli 25 – 30 sekuntia aihiolta. Myöskään kustannus arviota ei suoritettu tämän työn yhteydessä, mutta hinta pysynee 3000 – 5000 euron haarukassa.

Suunnitteluprosessissa ei ilmennyt suuria ongelmia, joskin joitakin koneen mekaniikkaan liittyviä ratkaisuja muutettiin pariin otteeseen.

LÄHTEET

1. Emeca Oy, Yritysesittely 2009, Moniste
2. Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo. WSOY.
3. Kauppinen, V. 1991 Levytyöt Pieneräutuotannossa. Helsinki. Hakapaino Oy.
4. Emecan WWW-sivu [verkkodokumentti]. [Viitattu 3.5.2010]. Saatavissa: <http://www.emeca.fi>

| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. |
|----------|--|------|
| 1 | linear-guide-sbg2fl | 1 |
| 2 | Linear-Guide-SBG25FL-2-K1-1200-30-30-Rollco-Kelkka | 1 |
| 3 | Cylinder_A_CP95SB32_500_0 | 1 |
| 4 | Rod_A_CP95SB32_500_0 | 1 |
| 5 | GKM10_20_bore_32 | 1 |
| 6 | 2tarttujakok | 1 |
| 7 | C95_S03_bore_32_yksi | 2 |
| 8 | valilevy | 1 |
| 9 | syinterintelinekok. | 1 |
| 10 | makaasiininkooppa | 1 |
| 11 | vaste | 1 |
| 12 | FYTJ_25_TF | 2 |
| 13 | akselinkooppa | 1 |
| 14 | KJ16DM16x1_5_bore_63 | 1 |
| 15 | Rod_A_CP95SB63_150_0 | 1 |
| 16 | Cylinder_A_CP95SB63_150_0 | 1 |
| 17 | C5063 | 1 |
| 18 | uusirunko | 1 |
| 19 | lyhyempijohdekok. | 2 |
| 20 | Cylinder_A_CP95SB32_150_0 | 3 |
| 21 | johteenalustakok. | 2 |
| 22 | kiinnityslevyt | 4 |
| 23 | Rod_A_CP95SB32_150_0 | 1 |
| 24 | poistolevy | 1 |
| 25 | tappisyinterille | 1 |



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:

NAME SIGNATURE DATE

DRAWN Riku Pelkonen

CHKD

APPVD

MFG

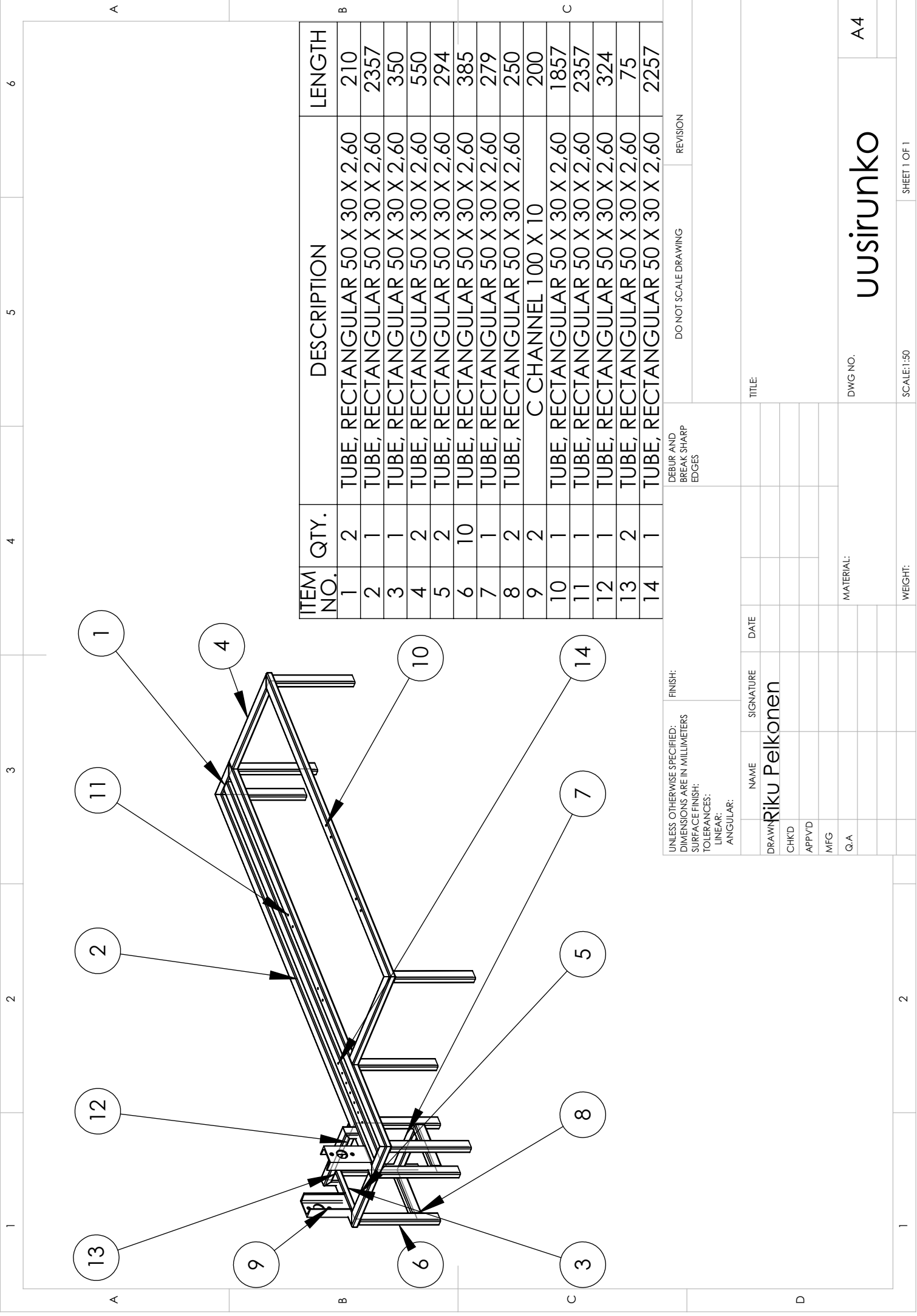
Q.A

MATERIAL:

DWG NO.

kokoonpano

A4



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION | LENGTH |
|----------|------|----------------------------------|--------|
| 1 | 2 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 210 |
| 2 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 2357 |
| 3 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 350 |
| 4 | 2 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 550 |
| 5 | 2 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 294 |
| 6 | 10 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 385 |
| 7 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 279 |
| 8 | 2 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 250 |
| 9 | 2 | C CHANNEL 100 X 10 | 200 |
| 10 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 1857 |
| 11 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 2357 |
| 12 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 324 |
| 13 | 2 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 75 |
| 14 | 1 | TUBE, RECTANGULAR 50 X 30 X 2,60 | 2257 |

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:

DATE

NAME SIGNATURE

DRAWN **Riku Pelkonen**

CHK'D

APP'VD

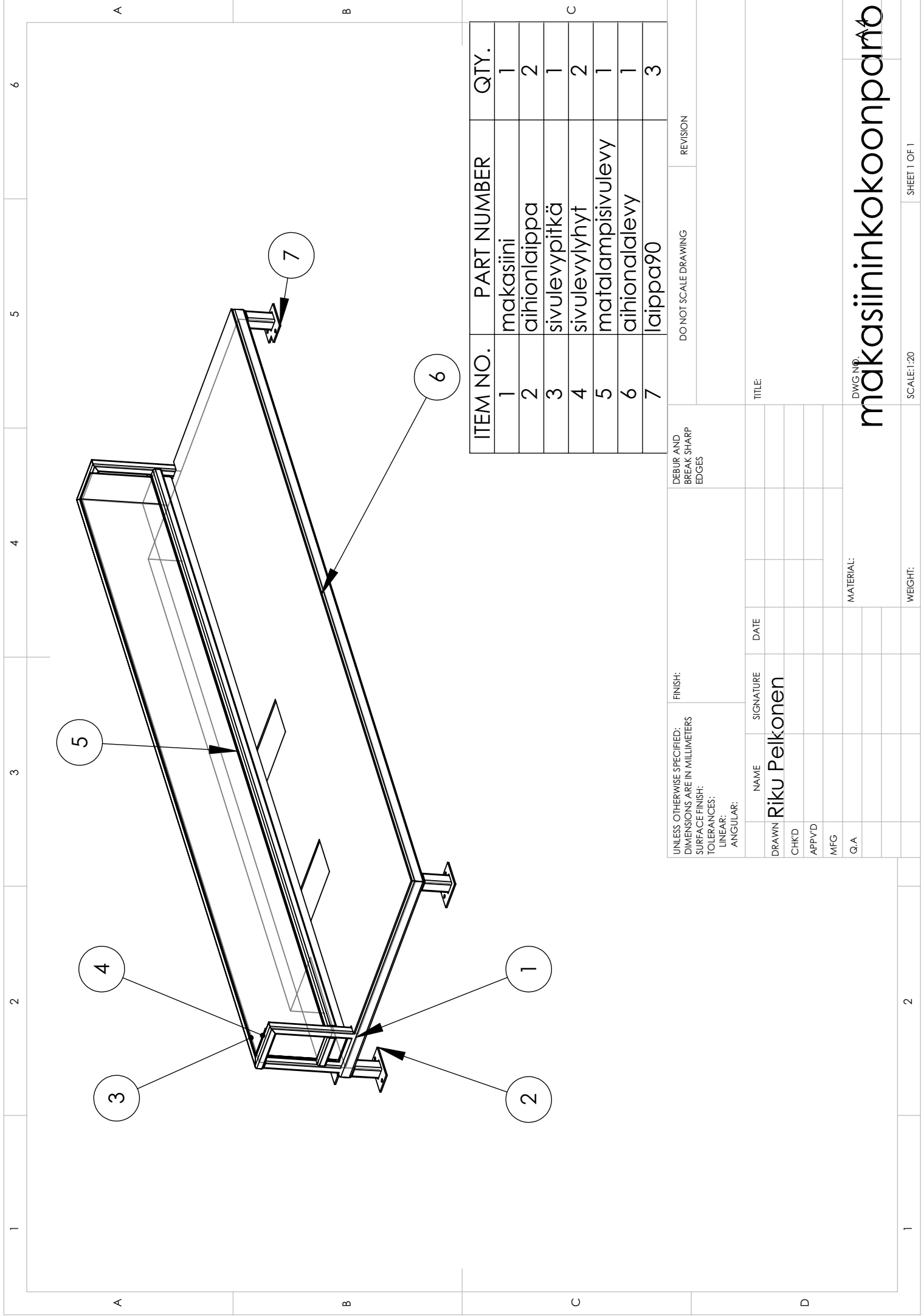
MFG

Q.A

MATERIAL:

DWG NO.

A4



| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. |
|----------|-------------------|------|
| 1 | makasiini | 1 |
| 2 | aihionlaippa | 2 |
| 3 | sivulevyypitkä | 1 |
| 4 | sivulevylyhyt | 2 |
| 5 | matalampisivulevy | 1 |
| 6 | aihionala Levy | 1 |
| 7 | laippa90 | 3 |

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE:

NAME SIGNATURE DATE

Riku Pelkonen

DRAWN

CHK'D

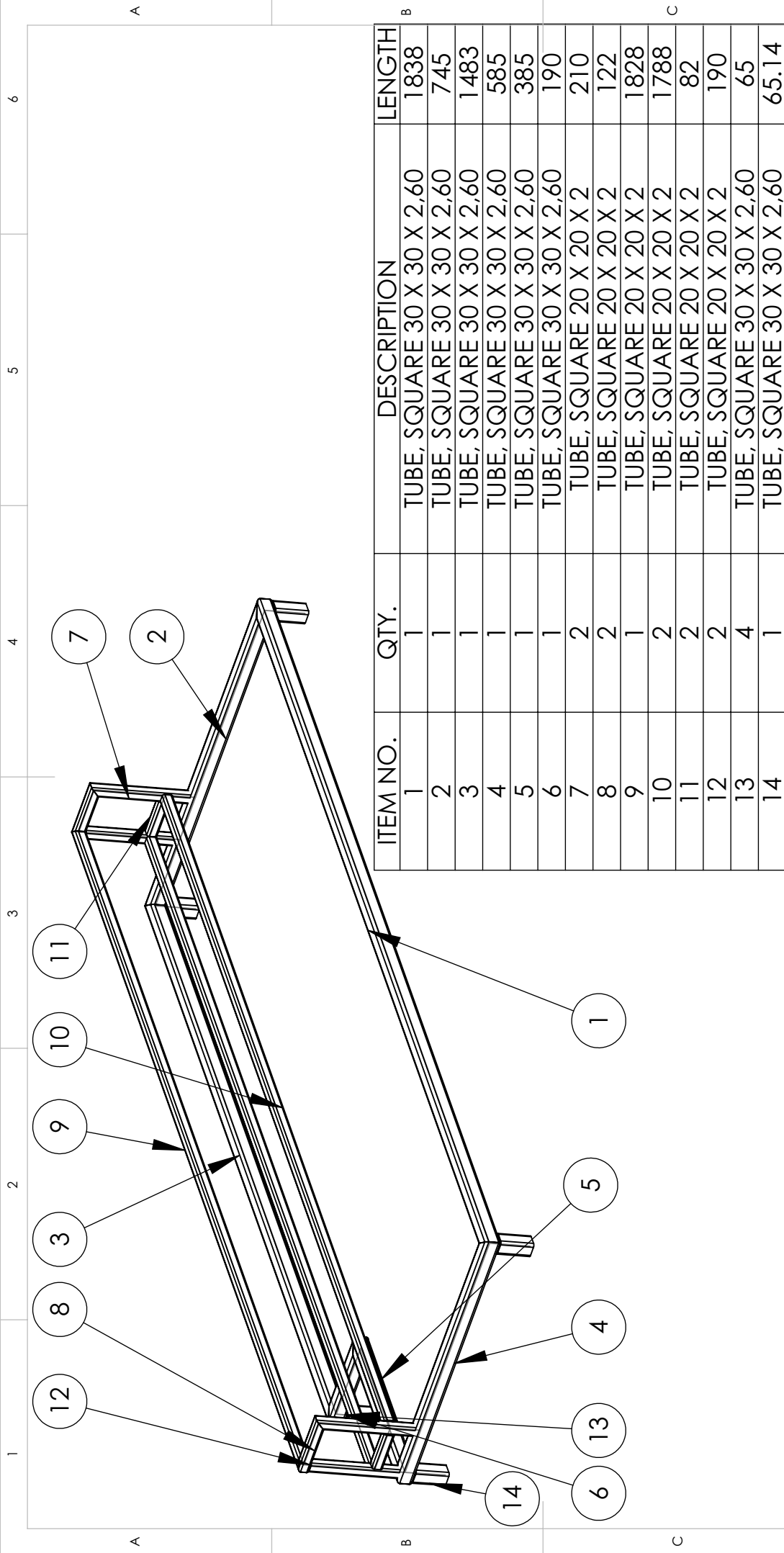
APP'VD

MFG

Q.A

MATERIAL:

DWG NO.
makasiininkoonpahto



| ITEM NO. | QTY. | DESCRIPTION | LENGTH |
|----------|------|-----------------------------|--------|
| 1 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 1838 |
| 2 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 745 |
| 3 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 1483 |
| 4 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 585 |
| 5 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 385 |
| 6 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 190 |
| 7 | 2 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 210 |
| 8 | 2 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 122 |
| 9 | 1 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 1828 |
| 10 | 2 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 1788 |
| 11 | 2 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 82 |
| 12 | 2 | TUBE, SQUARE 20 X 20 X 2 | 190 |
| 13 | 4 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 65 |
| 14 | 1 | TUBE, SQUARE 30 X 30 X 2,60 | 65.14 |

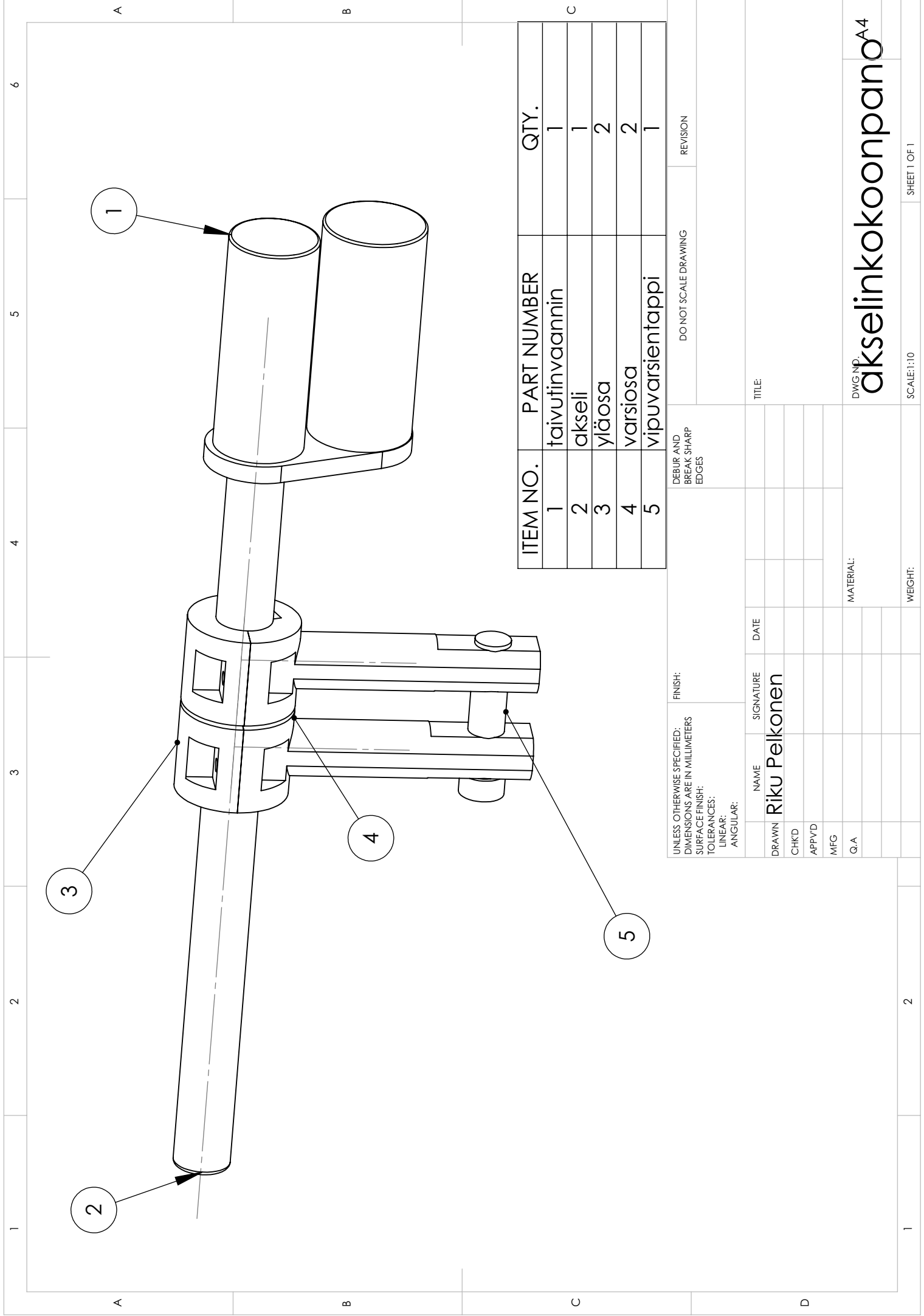
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

| NAME | SIGNATURE | DATE | TITLE: |
|-----------|---------------|------|----------------------------|
| DRAWN | Riku Pelkonen | | |
| CHK'D | | | |
| APP'D | | | |
| MFG | | | |
| Q.A | | | |
| MATERIAL: | | | DWG NO. makasiininrunko A4 |
| WEIGHT: | | | SCALE:1:20 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

TITLE:

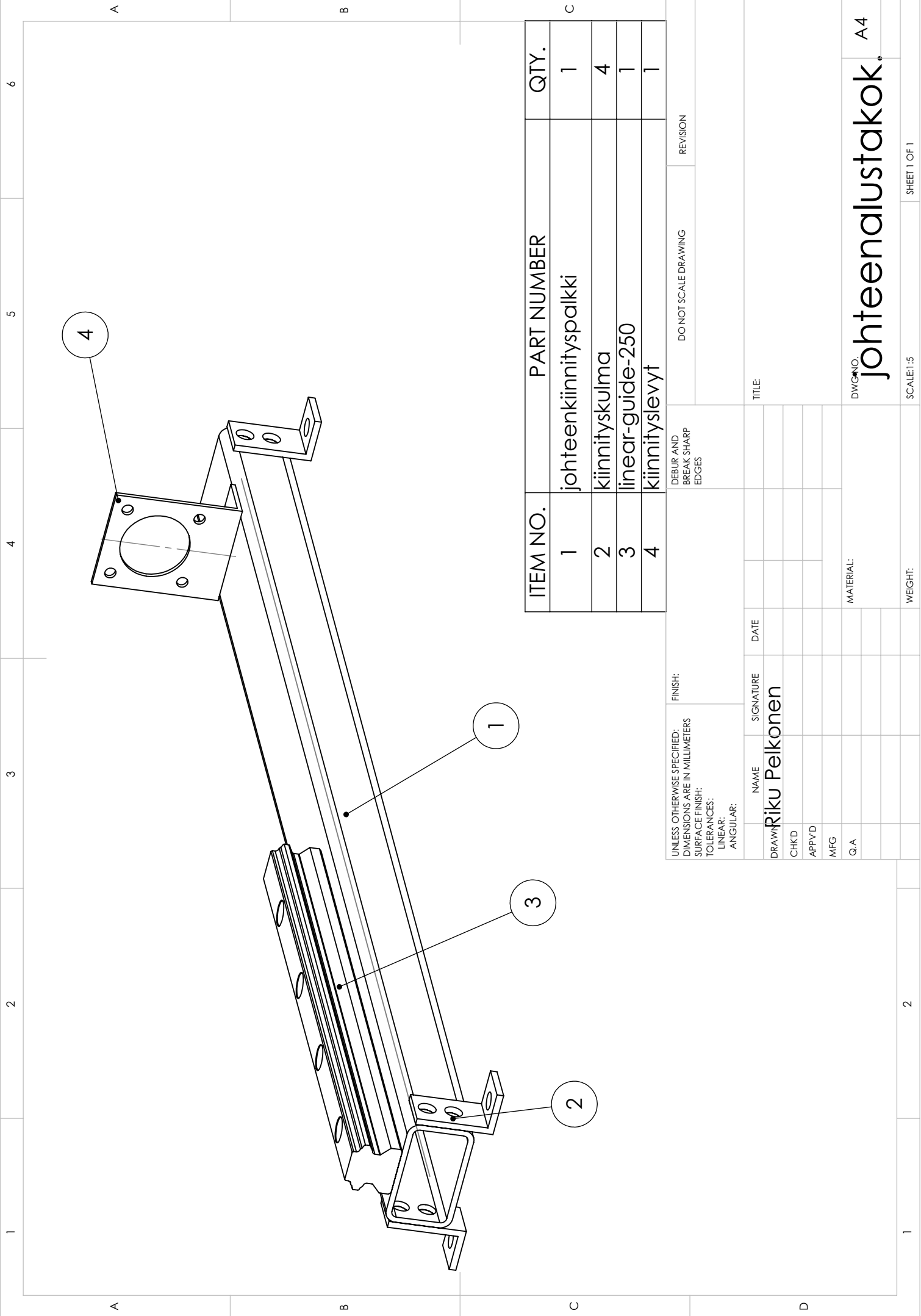
NAME SIGNATURE DATE

Riku Pelkonen

DRAWN
 CHK'D
 APP'VD
 MFG
 Q.A

MATERIAL:

DWG NO. **akselinkokoonpano^{A4}**



| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. |
|----------|------------------------|------|
| 1 | johteenkiinnityspalkki | 1 |
| 2 | kiinnityskulma | 4 |
| 3 | linear-guide-250 | 1 |
| 4 | kiinnityslevyt | 1 |

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

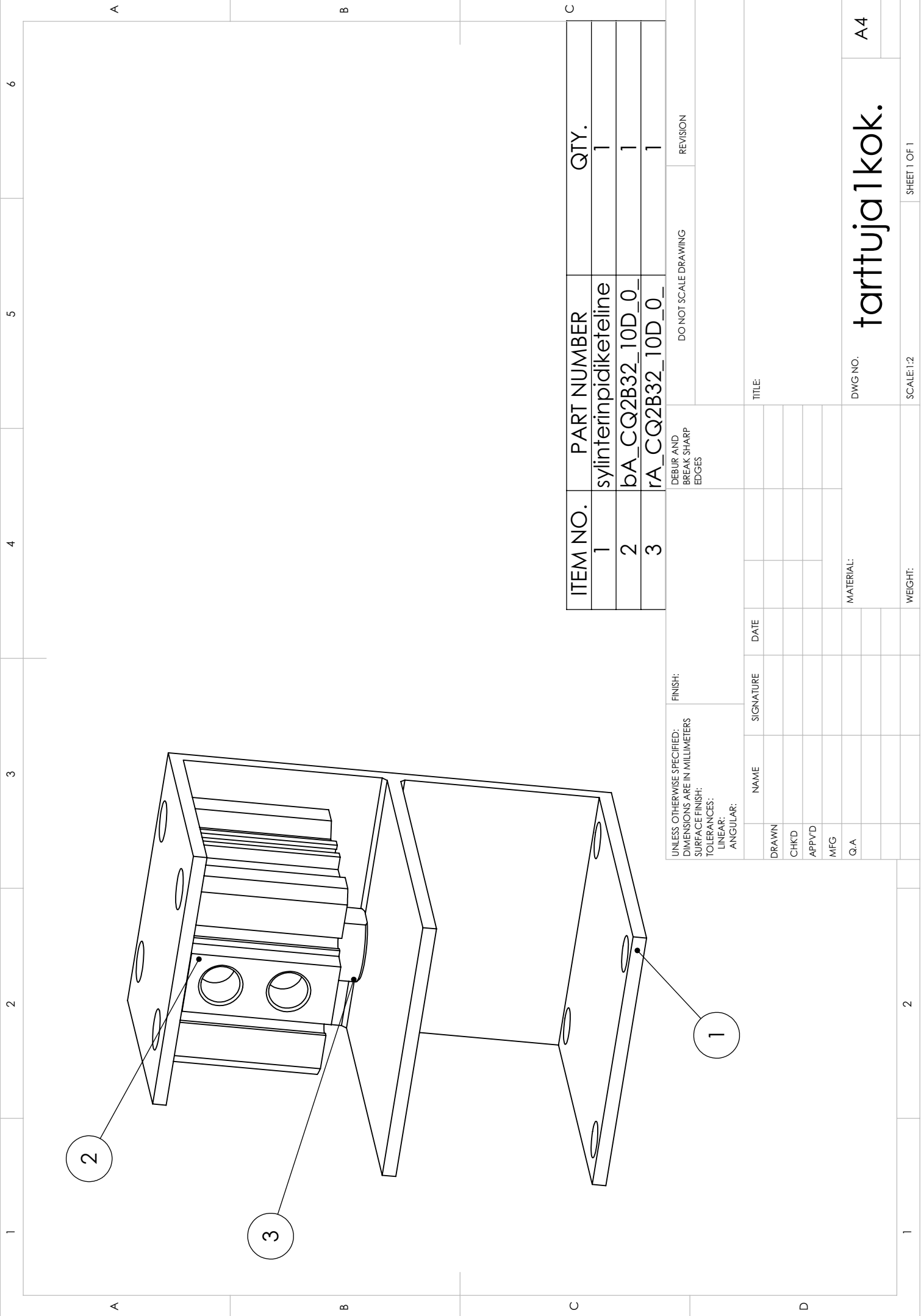
REVISION

| NAME | SIGNATURE | DATE |
|----------------------|-----------|------|
| Drawn: Riku Pelkonen | | |
| CHK'D | | |
| APP'VD | | |
| MFG | | |
| Q.A | | |

TITLE:

MATERIAL:

DWG. NO. **Johteenalustakok.** A4



| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. |
|----------|-----------------------|------|
| 1 | syinterinpidiketeline | 1 |
| 2 | bA_CQ2B32_10D_0_ | 1 |
| 3 | rA_CQ2B32_10D_0_ | 1 |

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:
 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

| NAME | SIGNATURE | DATE | TITLE |
|--------|-----------|------|-------|
| DRAWN | | | |
| CHK'D | | | |
| APP'VD | | | |
| MFG | | | |
| Q.A | | | |

DWG NO. **tarttuja1kok.** A4

SCALE: 1:2

WEIGHT:

2

1

SHEET 1 OF 1