

Opinnäytetyö

Konetekniikka

S084S06

2010

Riku Leino

CNC-plasmaleikkurin suunnittelu ja toteutus



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka

Toukokuu 2010 | 57 sivua, 22 liitettä

Rabbe Storgårds

Riku Leino

CNC-plasmaleikkurin suunnittelu ja toteutus

Movetec Oy on mekatroniikan komponenttien maahantuontiin ja laiterakennukseen erikoistunut yritys, joka on perustettu vuonna 1988. Tämä opinnäytetyö toteutettiin Muurlan toimipisteessä, jonka toiminta perustuu suunnitteluun ja alumiiniprofiilirakentamiseen. Tässä opinnäytetyössä perehdytään alumiiniprofiilijärjestelmän komponentteihin, sen mahdollisuuksiin ja käyttöön koneiden rakennuksessa. Lisäksi tutkitaan plasmaleikkauksen ominaisuuksia ja vertaillaan sitä muihin termisiin leikkausmenetelmiin. Lopuksi selostetaan CNC-plasmaleikkurin suunnittelussa huomioitavia asioita ja kerrotaan vaiheittain, kuinka kone rakennettiin.

Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa portaalityyppinen kolme akselinen CNC-plasmaleikkuri yrityksen omiin tarpeisiin. Laitetta tullaan myöhemmin markkinoimaan konepajateollisuuteen, ja sen tärkeimpinä ominaisuuksina pidetään edullisuutta, laatua, huollettavuutta ja käyttäjäystävällisyyttä.

Koneen rakennuksessa käytettiin hyväksi Movetec Oy:n omaa komponenttivalikoimaa. Kone perustuu MiniTec-profiilijärjestelmään, jonka komponenteista kone pääosin rakennettiin.

Työn tuloksena syntyi suorituskykyinen automaattinen plasmaleikkuri, jonka avulla yritys voi valmistaa koneiden rakennuksessa tarvittavat levyosat omatoimisesti. Lisäksi konetta käytetään asiakkaiden koeajokäytössä.

ASIASANAT:

koneensuunnittelu, plasmaleikkaus, koneenpiirustus, mallintaminen, alumiiniprofiili

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical engineering

May 2010 | 57 pages, 22 appendices

Instructor: Rabbe Storgårds

Author: Riku Leino

Design and Manufacture of CNC Plasma Cutter

Movetec Oy is a Finnish company specializing in mechanical engineering and in the import and marketing of components of mechanics, electro-mechanics and hydraulics. The company was founded in 1988. This thesis was carried out in the Muurla branch office where focus is on mechanical engineering of aluminium profile constructions.

The objective was to design and manufacture a portal type three-axis CNC plasma cutter to be used in the company. The machine will later be marketed in the whole of the mechanical engineering industry and the aim will be to make the equipment affordable, of high-quality, easy-to-service and user-friendly.

The components for the machine were mainly chosen from Movetec's own product range. It was designed on the MiniTec profile system and built by using its components.

In this project, the components of the MiniTec system were examined in detail and their properties and usage possibilities in mechanical engineering were analyzed. Furthermore, the characteristics of plasma cutting were studied and it was compared to other thermal cutting methods. Finally, the study explains step by step what needs to be considered when designing a CNC plasma cutter and simultaneously illustrates the building of the machine in detail.

The result of this thesis was a high performance automatic plasma cutter which is used to cut steel plate parts needed in the company's products. The machine is also used as a test drive device for the customers.

KEYWORDS:

mechanical engineering, plasma cutting, CAD design, modeling, aluminium profile

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	YRITYS	8
3	MINITEC-PROFIILIJÄRJESTELMÄ	9
3.1	Profiilit	10
3.1.1	Perusprofiilit	11
3.1.2	G-profiilit	12
3.1.3	Erikoisprofiilit	13
3.2	Kiinnitykset ja kiinnityskomponentit	14
3.2.1	Pulttikiinnitykset	15
3.2.2	Powerlock-kiinnitys	16
3.2.3	Kulmakiinnitykset	17
3.2.4	Muut kiinnityskomponentit	18
3.3	Profiilirunkojen toteutuksen työvaiheet	18
4	TERMISET LEIKKAUSMENETELMÄT	20
4.1	Plasmaleikkaus	21
4.1.1	Suojakaasut	23
4.1.2	Plasmaleikkauksen edut ja haitat	23
5	KONEEN SUUNNITTELU, MALLINNUS JA TOTEUTUS	25
5.1	Runko	26
5.2	Leikkuuallas	28
5.3	Lineaariliikkeet	32
5.3.1	X-lineaari	33
5.3.2	Y-lineaari	35
5.3.3	Z-lineaari	39
5.4	Energiansiirtoketjut ja kourut	40
5.5	Suojarunko ja laiteteline	42
5.6	Verhoilupellit	45
5.7	Sähkötyöt ja komponentit	46
5.7.1	Plasmaleikkuuyksikkö	47
5.7.2	Sähkökeskus	49

6	JATKOJALOSTUS JA PARANNUSKOHTEET	51
7	YHTEENVETO	53
	LÄHTEET	55

LIITTEET

- Liite 1. Pääkokoonpano
- Liite 2. Rungon kokoonpano
- Liite 3. Rungon mitat ylhäältä
- Liite 4. Rungon mitat edestä
- Liite 5. Rungon mitat sivulta
- Liite 6. Altaan kokoonpano
- Liite 7. Allas, oikean mitat
- Liite 8. Allas, keskiosan mitat
- Liite 9. Allas vasemman mitat
- Liite 10. Leikkuualtaan mitat
- Liite 11. X-lineaarin kokoonpano
- Liite 12. Y-lineaarin kokoonpano
- Liite 13. Z-lineaarin kokoonpano
- Liite 14. Z-lineaarin sovitelevyn mitat
- Liite 15. Kuulaholkipitimen mitat
- Liite 16. Polttimen panna ja akselien mitat
- Liite 17. Polttimen kiinnityslevyn mitat
- Liite 18. Suojarungon kokoonpano
- Liite 19. X-kourun mitat
- Liite 20. Y-kourun mitat
- Liite 21. X-servon joustinlevyn mitat
- Liite 22. Y-servon joustinlevyn mitat

KUVAT

Kuva 1. Profiilimallistoa	9
Kuva 2. Esimerkkejä perusprofiilien poikkileikkauksista	12
Kuva 3. Esimerkkejä G-profiilien poikkileikkauksista	12
Kuva 4. Esimerkkejä erikoisprofiilien poikkileikkauksista	13
Kuva 5. Läpipultti- ja urapulttikiinnitysten toimintaperiaate	15
Kuva 6. Powerlock-kiinnittimen rakenne	16
Kuva 7. Kuormanmittausperiaate ja 45x90GD-kulma	17
Kuva 8. Mitre connector N, T-slot bar 90, Connecting plate 90x90	18
Kuva 9. Mittausperiaate	19
Kuva 10. Termisten leikkausmenetelmien periaatteet	20
Kuva 11. Plasmaleikkauksen periaate	22
Kuva 12. Termisten leikkausmenetelmien käyttöalueet	24
Kuva 13. 45x90- ja 90x90L-profiilit	26
Kuva 14. Profiilirunko	27
Kuva 15. Rungon pohjarakenne	28
Kuva 16. Kannatinrauta	29
Kuva 17. Altaan pääty asennettavana	30
Kuva 18. Jätevedenpoistoventtiili	31
Kuva 19. Ohjainkulmaraudat	31
Kuva 20. Tasokulmaraudat	32
Kuva 21. X-liikkeen johderunko	33
Kuva 22. HGR25C-johteen rakenne ja mitat	34
Kuva 23. Servomoottorin joustinlevy	35
Kuva 24. Y-liikkeen johderungon tukirakenne	36
Kuva 25. Y-liikkeen vapaasti liikkuva pää	37
Kuva 26. Sovitelevy asennettuna	37
Kuva 27. Joustinlevy ja energiansiirtoketjünkannatinprofiili	38
Kuva 28. Servomoottorin jousitus	38
Kuva 29. KK60-lineaariyksikkö ja kytkin	39
Kuva 30. Polttimen kiinnitysrakenne	40
Kuva 31. X-suuntainen ketju ja kouru	41
Kuva 32. Y-suuntainen ketju ja kouru	41
Kuva 33. Suojarunko	42
Kuva 34. Lineaari huoltoasennossa	43
Kuva 35. Sähkökeskus ja leikkuuyksikkö asennettuina laitetelineeseen	44
Kuva 36. Sähkön ja paineilman tuloliittimet	44
Kuva 37. Peltien sovitukset ennen maalausta	45
Kuva 38. Leikkuuyksikön tekniset tiedot	47
Kuva 39. Plasmaleikkuuyksikkö	48
Kuva 40. Leikkuuyksikön paineilmailiitos	48
Kuva 41. Konepoltin asennettuna	49
Kuva 42. Liukurakenteen turva-anturi ja raja-anturit	50
Kuva 43. Johtojen kulku keskukselta toimilaitteille	50
Kuva 44. Ohjaustietokoneen kotelo ja teline	52
Kuva 45. Kone edestä	54
Kuva 46. Kone takaa	54

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa CNC-ohjattu plasmaleikkuri Movetec Oy:lle. Ennen kaikki koneenrakennuksessa käytetyt teräslevyosat ja pellit tulivat ulkoisilta toimittajilta, joka osaltaan hidasti tuotantoa. Automaattisen plasmaleikkurin avulla yritys voi valmistaa kaikki teräslevyosat omatoimisesti, mikä alentaa kustannuksia ja parantaa tuotannon sujuvuutta. Lisäksi kone toimii testaus- ja esittelykäytössä asiakkaille.

Kone suunnitellaan ja toteutetaan niin, että siitä voidaan tehdä Movetec Oy:lle uusi tuote. Lähdimme kehittämään markkinoille laitetta, joka vastaisi suoritusarvoiltaan markkinoilla olevia koneita, mutta olisi huomattavasti näitä edullisempi. Erona muihin automaattisiin plasmaleikkureihin olisi myös se, että laitteen runko toteutetaan MiniTec-profiilijärjestelmän avulla. Verrattuna perinteisiin teräsrunkoratkaisuihin, profiilirunko on helposti muunneltava, purettava ja kevyt. Laite pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaiseksi silmällä pitäen laitteen luotettavuutta ja helppoa huoltoa. Muita ominaisuuksia, joita erityisesti pyrimme parantamaan kilpaileviin koneisiin verrattuna olivat helppokäyttöisyys, työstettävän kappaleen lastaus, sekä vaivaton huolto. Lisäksi kone voidaan rakentaa asiakkaan vaatimien mittojen mukaiseksi. Koneen rakennukseen tarvittavat komponentit ovat pääosin Movetec Oy:n omasta tuotevalikoimasta, jolloin varaosa- ja huoltotoiminta on tehokkaasti järjestettävissä.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi CNC-plasmaleikkurin suunnittelussa huomioitavat asiat, sekä kerrotaan vaiheittain, kuinka kone toteutettiin. Opinnäytetyöhön kuului myös kaikkien koneen osien mallintaminen. Koneen osat on mallinnettu Solid Works 2009 ja MiniTec ICAD -ohjelmistoilla.

2 Yritys

Oy Movetec Ab on perustettu vuonna 1988. Se maahantuo ja markkinoi mekatroniikkaan liittyviä laitteita ja komponentteja sekä näiden koneistusta. Movetecin palveluksessa on 41 henkilöä Espoossa, Oulussa, Närpiössä, Tampereella, Muurlassa ja Virossa. Pääkonttori sijaitsee Espoossa. Yrityksen tuotevalikoima on jaettu neljään osastoon [1]:

Automaatio-osaston tuotevalikoimaan kuuluvat karamootorit, savunpoistotuotteet, kaasujouset, liittimet, pneumatiikka, hydraulikka, suodattimet, sähköiset automaatiokomponentit ja alipainetekniikka.

Drives-osaston tuotevalikoimaan kuuluvat pienmoottorit, hammashihnakäytöt ja puhaltimet.

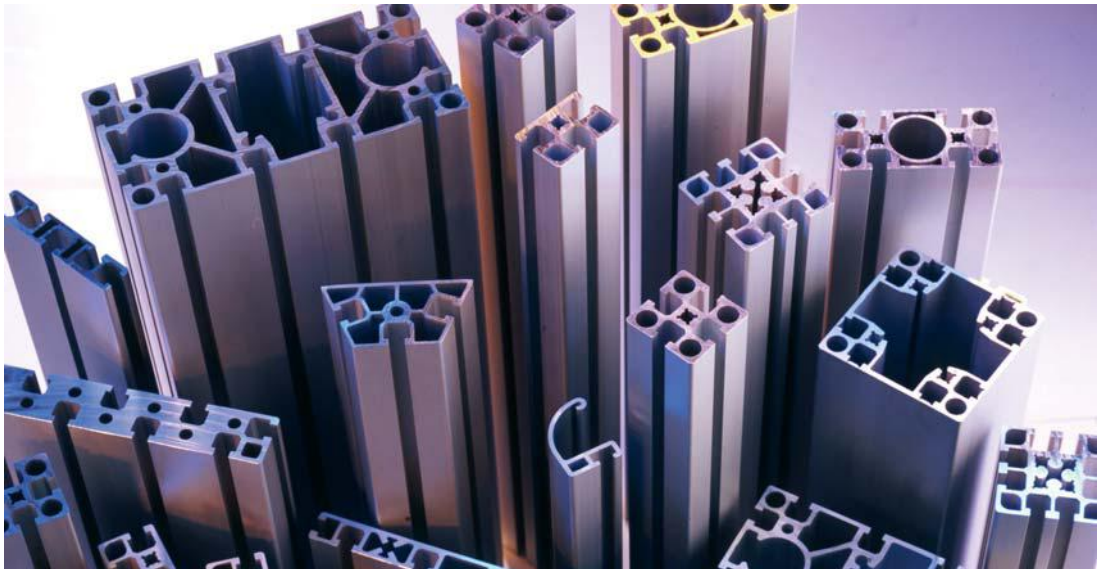
Mechanics-osaston tuotevalikoimaan kuuluvat lineaarijohteet, lineaariyksiköt, kaapeliketjut, kuularuuvit ja alumiiniprofiilit.

Transmission-osaston tuotevalikoimaan kuuluvat hydraulikkatuotteet, akselikytkimet, keskipakokytkimet, magneettikytkimet ja pienet kytkimet, akselit, planeettavaihteet ja rumpumoottorit.

Työ toteutettiin Movetec Oy:n Muurlan toimipisteessä, joka on keskittynyt laitesuunnitteluun ja alumiiniprofiilirakentamiseen. Muurlan toimipisteen perinteisimpiä tuotteita ovat konesuojat, kuljettimet, lineaarilaitteet ja konerungot.

3 MiniTec-profiilijärjestelmä

MiniTec on saksalainen alumiiniprofiilijärjestelmiä tuottava yritys, joka on perustettu vuonna 1986. Toiminta alkoi pienistä lineaarijohteista, joista jalostui täysimittainen ja ympäri maailman tunnettu profiilijärjestelmä. MiniTec on sertifioitu DIN EN ISO 9001, DIN EN ISO 14001 ja OHSAS 18001 -standardein. Profiilijärjestelmän suunnittelun kulmakivinä on pidetty järjestelmän helppokäyttöisyyttä, muunneltavuutta ja aikaa säästävyyttä. [2] MiniTec-järjestelmällä laiterakennuksen mahdollisuudet ovat lähes rajattomat mutta se tarjoaa ratkaisut myös toimistokalusteisiin, ääni ja lämpöeristettyihin seiniin, sermeihin, yksilöllisesti rakennettuihin työpisteisiin ja kokoonpanolinjastoihin, robotteihin, portaaleihin- ja lineaarilaitteistoihin. Kaikki profiilit on pursotettu Al Mg Si 0.5 F 25 EN-AW-6060 T6 tyyppisestä alumiinista ja noudattavat rakenteellisilta mitoiltaan yhteneväistä linjaa. [3]



Kuva 1. Profiilimallistoa [4]

3.1 Profiilit

MiniTec-järjestelmän perusta on alumiiniprofiili, joka on laitteen tai muun tuotteen suunnitteluvaiheessa valittu käyttöön tuotteen käyttövaatimuksia silmällä pitäen. MiniTec-järjestelmä käsittää noin viisikymmentä ominaisuuksiltaan erilaista profiilia. Profiilien nimet koostuvat profiilien poikkileikkausten mitoista ja poikkileikkauksen rakenteesta. Profiilien perusmitat noudattavat tiettyä kaavaa ja perustuvat seuraaviin mittoihin: 19 mm, 32 mm, 45 mm, 90 mm, 135 mm, 180 mm, 270 mm. Nämä mitat ovat profiilin sivujen mittoja. Tietyissä erikoisprofiileissa nimessä mainitaan myös asteluku, jos poikkileikkaus ei ole neliön tai suorakaiteen muotoinen. Asteluvut ovat 30°, 45°, 60° ja 90°. Profiilien maksiminettopituus on kuusi metriä.

Erilaisille poikkileikkausten rakenteille on annettu tunnuksiksi kirjain- tai kirjainnumero yhdistelmä. Kirjaimet ja yhdistelmät ovat seuraavia: F, G, 1G, 2G, 2GG, 3G, L, UL, R, S ja VA.

Kirjaintunnusten selitykset:

F = keskijäreä profiili

L = järeä paineilmaprofiili

G = urat suljettu

UL = ultralight, kevyt profiili

2G = 2 vierekkäistä uraa suljettu

R = suojakannellinen profiili

2GG = 2 vastakkaista uraa suljettu

S = erittäin järeä paineilmaprofiili

3G = 3 uraa suljettu

VA = rosteriprofiili

Kirjaintunnukset on lisätty nimeen, koska on useita profiileita, jotka jakavat samat mitat mutta ovat rakenteeltaan erilaisia. On myös profiileita, joilla ei ole lainkaan kirjaintunnusta. Tällaisia profiileja ovat perusprofiileihin kuuluvat paineilmaprofiilit 45x45 ja 45x90; profiilit, jotka ovat mitoiltaan ainutlaatuisia (19x32, 19x45, 19x270, 32x180) ja tietyt erikoisprofiilit, jotka on nimetty niiden käyttötarkoituksen mukaan.

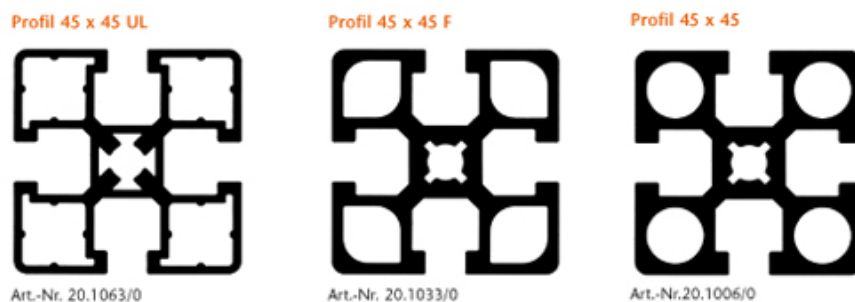
Profiilit voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden ominaisuuksien, rakenteen ja käyttötarkoituksen mukaan ja niitä käsitellään seuraavissa luvuissa.

3.1.1 Perusprofiilit

Perusprofiilit ovat käytetyimpiä profiileja. Kaikki perusprofiilit ovat neliön tai suorakaiteen muotoisia poikkileikkaukseltaan ja kaikki urat ovat auki. Lähes kaikissa perusprofiileissa, niin kuin profiileissa yleensäkin, on päädyssä vähintään yksi tai enimmillään kahdeksan kierrereikää M8 kierrettä varten. Kierteisiin kiinnitetään pultit tai powerlock-kiinnitin, suunnitellun kiinnitystavan mukaan.

Perusprofiilien valintaskaala on profiiliryhmien suurin. Skaala ulottuu sirosta 19x32-profiilista erittäin järeään 90x180S-profiiliin asti. Tämän vuoksi perusprofiilit soveltuvat kaikenlaiseen rakentamiseen ja jokaiseen laitteeseen löydetään fyysisiltä ja teknisiltä ominaisuuksiltaan oikea profiilimalli.

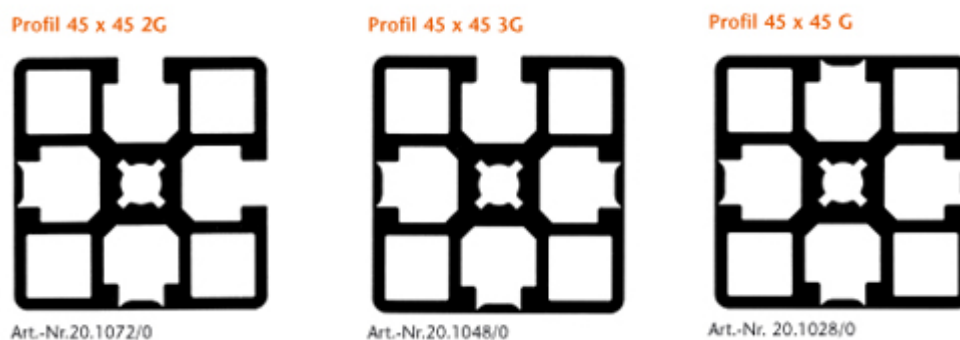
UL-tunnuksella olevia profiileita käytetään keveyttä vaativissa tehtävissä, joissa suuri lujuus ei ole etusijalla. Ammattikielellä paineilmaprofiileiksi kutsuttuja profiileita käytetään suurta lujuutta vaativissa tehtävissä ja nimensä mukaisesti niiden avulla voidaan siirtää paineilmaa. F-tunnuksen omaavat profiilit sijoittuvat ominaisuuksiltaan näiden kahden edellä mainitun väliin. 90x90-profiileissa on kaksi mallia, L ja S. L keskilujisiin ratkaisuihin, S erittäin lujisiin ratkaisuihin ja järeisiin paineilmarakenteisiin. Ryhmän järeimmät profiilit ovat 32x180 ja 90x180S. 32x180-profiili on seinämävahvuudeltaan vahvin profiili ja sitä käytetään lineaarilaitteiden kelkoissa runkomateriaalina. 90x180S-profiili on valmistettu kaikkein vahvimpia ja suurimpia runkoratkaisuja varten. Tämän ryhmän käytetyimpänä profiilina voidaan pitää 45x45F-profiilia sen keveys/lujuussuhteen vuoksi. 45x45F-profiilin suosion syynä voidaan myös pitää sitä, että automaattilaitteiden, runkojen ja suojaseinien kysytyin kokoluokka voidaan helposti toteuttaa tällä profiililla. Esimerkkejä perusprofiileista kuvassa 2.



Kuva 2. Esimerkkejä perusprofiilien poikkileikkauksista [5]

3.1.2 G-profiilit

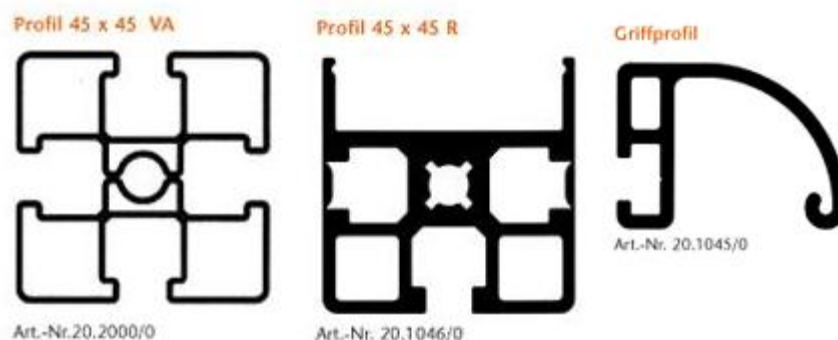
G-profiilit ovat poikkileikkaukseltaan neliön tai suorakaiteen muotoisia. Tämän ryhmän profiileille ominaista on se, että uria on suljettu. Profiilit ovat siis visuaalisesti hienoja. G-profiileita käytetään mm. koneiden rungoissa, suojaseinissä ja messuständeissä, joissa ulkonäkö on tärkeä seikka. G-profiilien valintaskaala ulottuu 45x45 koosta, 45x180 kokoon asti. Näillä voidaan toteuttaa kaikki realistisissa mittakaavoissa olevat rakenteet. Tunnukset on annettu johdonmukaisesti, G kaikki suljettu, 1G yksi suljettu, 2G kaksi suljettu ja niin edelleen. Esimerkkejä G-profiileista kuvassa 3.



Kuva 3. Esimerkkejä G-profiilien poikkileikkauksista [6]

3.1.3 Erikoisprofiilit

Voidaan sanoa, että erikoisprofiiliryhmä on erittäin kirjava ja monipuolinen. Näiden profiilien poikkileikkauksilla ei ole juurikaan yhteneväistä linjaa, vaan erilaisia malleja on todella paljon. Toisin kuin muissa profiiliryhmissä, erikoisprofiileissa osa profiileista on suunniteltu juuri jotain tiettyä käyttötarkoitusta varten. Erikoisprofiiliryhmä sisältää seuraavia profiilimalleja: kulmaprofiilit, pyöröprofiilit, kahvaprofiilit, clamp-profiilit, liukuoviprofiilit, kansiprofiili ja rosteriprofiili. Kulma- ja pyöröprofiileilla voidaan toteuttaa näyttäviä runkorakenteita. Kahvaprofiilit toimivat nimensä mukaisesti kahvoina. Clamp-profiileista valmistetaan ovia, seiniä tai muita rakenteita, joihin asennetaan lasia, pleksiä, peltiä ja muita levymateriaaleja rungon aukkoihin asennettaviksi. Liukuoviprofiileilla toteutetaan liukuoviratkaisut. Kansiprofiilia pitkin voidaan viedä turvallisesti johdotuksia ja letkuja. Kansiprofiilia voidaan käyttää myös tehonsiirtoketjun ohjaimena. Rosteriprofiilia on yhtä kokoa, joka on tuotenimeltään 45x45VA. Tällä voidaan rakentaa keskiraskaita runkorakenteita asiakkaille, jotka kelpuuttavat vain ruostumattoman teräksen asennuksissaan. Tästä esimerkkinä tietyt elintarvikealat. Rosterin hyvänä puolena voidaan myös pitää sen hitsattavuutta, jota alumiiniprofiileille ei tehdä lainkaan. Esimerkkejä erikoisprofiileista kuvassa 4.



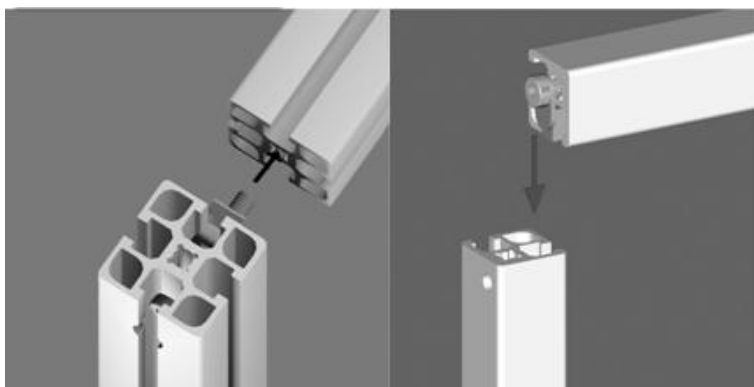
Kuva 4. Esimerkkejä erikoisprofiilien poikkileikkauksista [7]

3.2 Kiinnitykset ja kiinnityskomponentit

Profiilit voidaan kiinnittää toisiinsa lähes missä asennoissa tahansa. Tämä on mahdollista monipuolisen kiinnityskomponenttivalikoiman vuoksi. Kiinnityksiä on monenlaisia, jotka ovat, rinnakkais-, päittäis-, kohtisuora- ja vinokiinnitys. Osa kiinnityskomponenteista soveltuu useisiin kiinnityksiin, mutta on myös kiinnityksiä, joita varten on suunniteltu oma kiinnitysratkaisu. Yleisimpiä kiinnitystapoja ovat pultti-, power lock- ja kulmakiinnitykset. Näillä kolmella menetelmällä ratkaistaan noin 95 % kiinnityksistä. Loput 5 % ovat harvinaisempia kiinnitysmenetelmiä, joille löytyvät omat erityiskomponenttinsa.

3.2.1 Pulttikiinnitykset

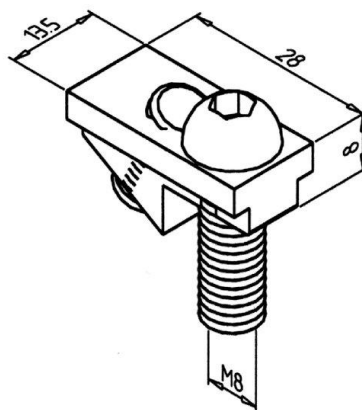
Pulttikiinnitykset ovat yleisin kiinnitysratkaisu, mikä johtuu niiden lujuudesta, varmuudesta ja edullisuudesta. Pulttikiinnityksillä voidaan toteuttaa rinnakkais-, kohtisuora- ja vinokiinnityksiä. Pultteina käytetään aina matalakantaisia kuusiokolopultteja, jotka mahdollistavat ohuen avaimen käytön ja ne mahtuvat liukumaan profiilin urassa. Pulttikiinnitys vaatii aina porauksen, jonka läpi kulkee avain tai pultti. Kiinnitystapoja pulteilla on kaksi: urapultti- ja läpipulttikiinnitys. Kiinnitystapojen toimintaperiaatteet kuvassa 5. Urapulttikiinnitykselle porataan 7,5-millinen reikä avainta varten. Läpipulttikiinnitykselle porataan 9/15-millinen askelporaus, jonka läpi kulkee pultti. Pultit ovat kiinnitystavasta riippuen 25 – 50 mm pitkiä ja M8-kierteellä. Pulttiliitokset kestävät staattista kuormaa noin 18000 N ja niillä voidaan toteuttaa järjestelmän lujimmat kiinnitykset.



Kuva 5. Läpipultti- ja urapulttikiinnitysten toimintaperiaate [8]

3.2.2 Powerlock-kiinnitys

Powerlock-kiinnitin on MiniTec-yhtiön kehittämä ja patentoima kiinnityskomponentti. Powerlock on pulttikiinnityksen jälkeen yleisin tapa kiinnittää profiileita. Kiinnittimen parhaita puolia ovat käytön helppous, koska profiilia ei tarvitse porata ja profiilia helposti voidaan siirrellä. Powerlock kestää staattista kuormaa noin 6000 N. Kiinnitin häviää lujuudessa huomattavasti pulteille, mutta riittää kuormankestävyydeltään silti valtaosaan kiinnityskohteista. Powerlockia voidaan käyttää vain kohtisuorissa kiinnityksissä. Powerlock-kiinnittimen rakenne kuvassa 6.



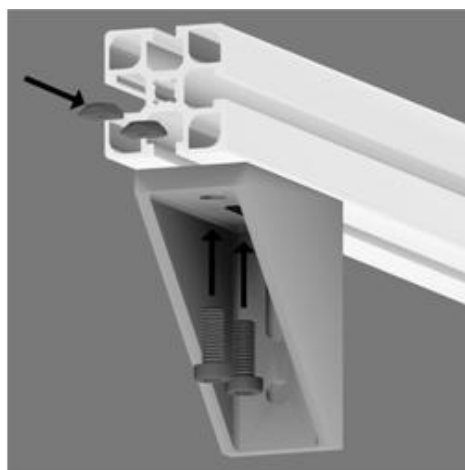
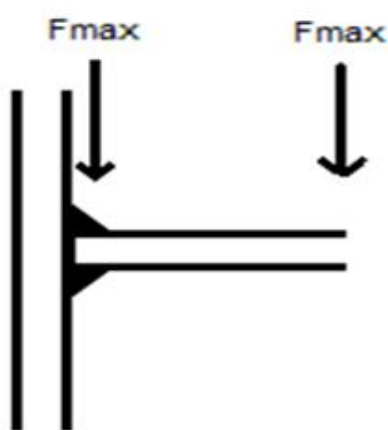
Kuva 6. Powerlock-kiinnittimen rakenne [9]

3.2.3 Kulmakiinnitykset

Kulmakiinnitteitä käytetään harvoin yksinään profiilien kiinnittämisessä. Yleisin käyttö kulmille on olla lisätukena pultti- tai muun kiinnityksen rinnalla. Jos on suunniteltu jokin suurta lujuutta vaativa runko ja on syytä epäillä jonkin liitoksen kestävyttä, kulmat ovat erittäin helppokäyttöinen ja varma tapa lujittaa liitosta. Kulmia käytetään luonnollisesti vain kohtisuoriin liitoksiin. Kulmia on valittavissa profiilista riippuen viisi eri kokoa: 19GD, 25GD ja 25S (kierronesto), 45GD, 45x90GD ja 90GD.

Kulmien kuormankestävyydet kahdella kulmalla (tyvestä ja päästä): [10]

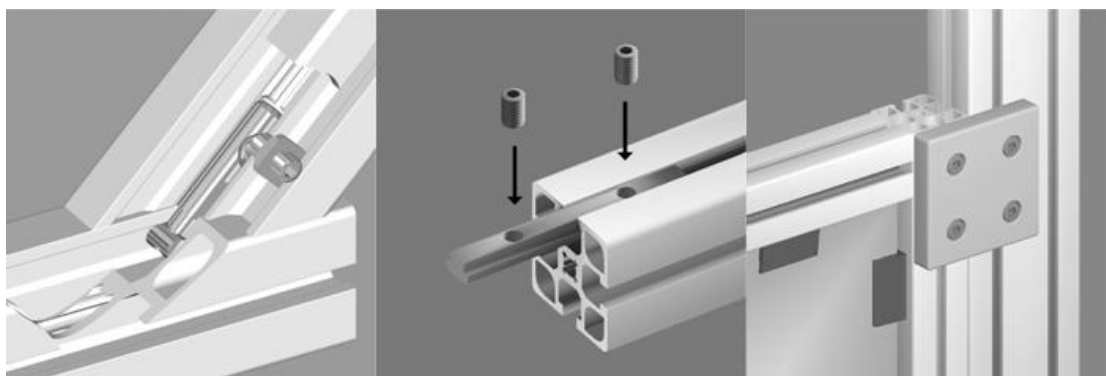
19GD	2 pulttia	1200N	400N
25GD	2 pulttia	1200N	400N
45GD	2 pulttia	1200N	400N
45x90GD	4 pulttia	2400N	800N
90GD	8 pulttia	4800N	1600N



Kuva 7. Kuormanmittausperiaate ja 45x90GD-kulma [11]

3.2.4 Muut kiinnityskomponentit

Niin kuin jo edellä mainitsin, valtaosa kiinnityksistä tehdään pulteilla, powerlockeilla tai kulmilla. On kuitenkin runkoratkaisuja, jotka vaativat erikoisempia kiinnittimiä. Luettelen muutamia, jotka ovat erityisen käytännöllisiä ja usein käytettyjä. Mitre connector ja mitre connector N:llä voidaan toteuttaa erilaisia vinokiinnityksiä, T-slot barit ovat paras ratkaisu profiilien päittäisliitoksia tehtäessä ja connecting platet toimivat pintakiinnittiminä, joilla voidaan liittää kaksi runkoa toisiinsa. Connecting plate:hin voidaan myös työstää kierteitä, joilla niihin voidaan asentaa erilaisia komponentteja.



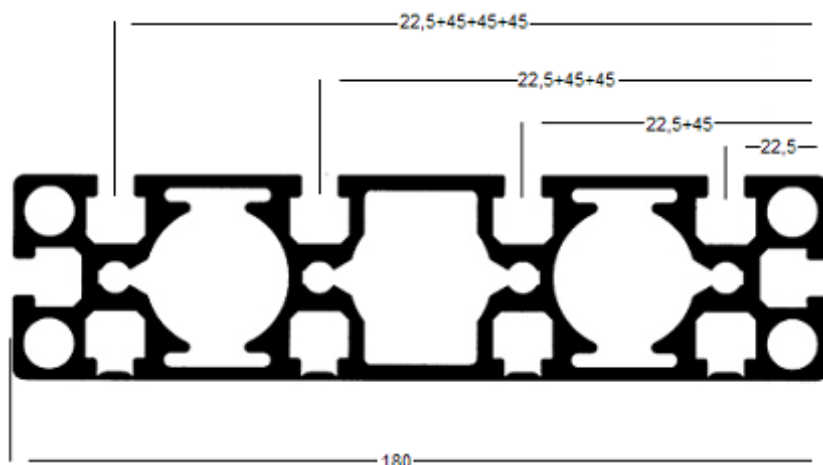
Kuva 8. Mitre connector N, T-slot bar 90, Connecting plate 90x90 [12]

3.3 Profiilirunkojen toteutuksen työvaiheet

Rungon valmistus alkaa suunnittelusta. Suunnitteluvaiheessa valitaan käyttötarkoitukseen sopivat profiilit ja komponentit. Tämän jälkeen lasketaan rungon mitat, piirretään kuvat ja kirjoitetaan osaluettelo. Piirroksiin merkitään ulkomittojen lisäksi porauksissa ja koneistuksissa tarvittavat mitat, joilla kiinnitykset saadaan oikeille paikoilleen. Kun kuvat ovat valmiit, ne tarkistetaan ja pohditaan, onko profiilien ja kiinnitysmenetelmien lujuus riittävä. Tehdään mahdolliset muutokset ja toimitetaan dokumentit tuotantoon.

Tuotannon henkilöstö lukee osalistan, jonka mukaan he purkavat tarvittavan määrän profiileita sahattavaksi. Sahauksessa profiilit katkaistaan määrämittoihin. Saha on alumiinin katkaisuun tarkoitettu pyörösaha, joka on varustettu pneumaattisin kiinnittimin, rullaradalla, sekä paineilmalukitteisella digitaalisella mittavasteella, jonka tarkkuus on 0,1 mm.

Sahauksen jälkeen profiilit viedään poraukseen. Profiileihin porataan pulttikiinnityksiä varten reiät. Porina käytetään perinteisiä pylväsporia. Porille on rakennettu rullaradat, joissa on vastaavanlaiset mittavasteet kuin sahassa. Poralinjoja on kaksi. Toisessa porassa terän keskipisteen y-akselin suuntainen etäisyys vasteesta on 22,5 mm, jolloin reikä saadaan porattua profiilin reunimmäiseen tai ainoaan uraan. Toisella poralla etäisyys on 67,5 mm, jolla poraukset saadaan 90 mm:siin ja kääntämällä sitä leveämpiin profiileihin. Porauksen yhteydessä tehdään myös kaikki tarvittavat kierteet. Kuvasta 9 selviää porauksessa käytettävä mittausperiaate.

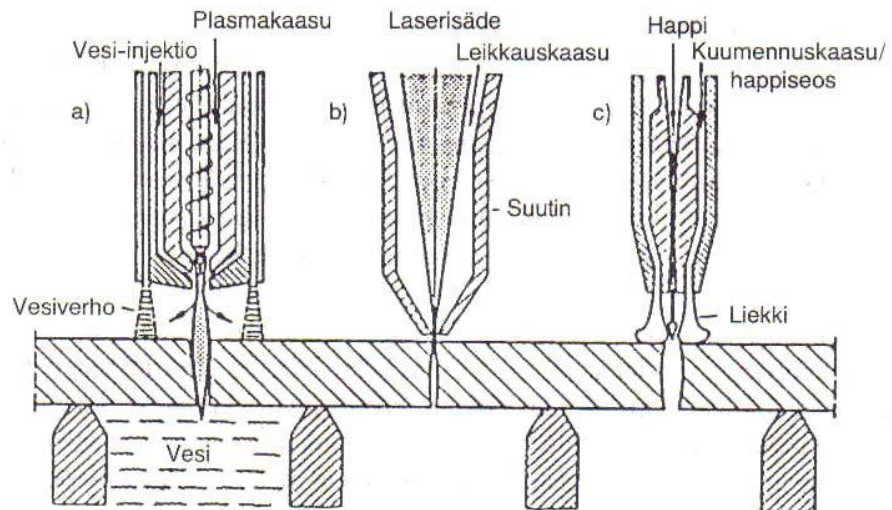


Kuva 9. Mittausperiaate [13]

Porauksesta profiilit viedään kokoonpanoon, jossa profiileista tehdään runkokokonaisuus. Rungot mitoitetaan millimetrin tarkkuudella, ellei suurempaa tarkkuutta vaadita. Runko varustellaan asiakkaan toivomusten ja käytön mukaan.

4 Termiset leikkausmenetelmät

Termisiä leikkausmenetelmiä ovat polttoleikkaus, jauheleikkaus, plasmaleikkaus ja laserleikkaus. Termisessä leikkauksessa leikattava metalli kuumennetaan paikallisesti korkeaan lämpötilaan. Leikkautuminen tapahtuu palamalla, sulamalla, höyrystymällä tai niiden yhteisvaikutuksesta. Leikkaurakoon ohjattava kaasu puhaltaa sulan metallin pois. Hapen läsnäolo edistää palamista. Leikkausmenetelmien periaatteet selviävät kuvasta 10. Termisen leikkauksen menetelmät jaetaan polttoleikkaukseen ja sulatusleikkaukseen. Kaasuleikkaus on polttoleikkausta, plasmaleikkaus sulatusleikkausta ja laserleikkaus voi menetelmästä riippuen olla jompaakumpaa. [14]



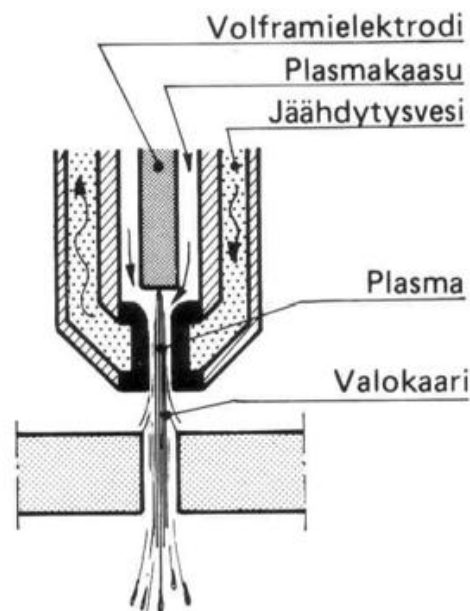
Kuva 10. Termisten leikkausmenetelmien periaatteet [15]

4.1 Plasmaleikkaus

Plasma on aineen olomuoto, jossa aine on ionisoitunut eli menettänyt elektroneja. Aineen plasmatila saadaan nostamalla energiaa ja lämpötilaa. Kun aineen ionisaatioenergia on saavutettu, niin aine muuttuu plasmaksi. Ionisoitunut aine vapauttaa elektroneja, jolloin plasma on erinomainen sähkönjohde. Plasmakuumennuslaitteissa kaasu kuumennetaan plasmaksi yleensä valokaaren tai induktion avulla. Teollisuuskäytössä käytettävän kaasun atomeista ionisoituu maksimissaan puolet ja yleensä muutamasta prosentista ylöspäin ja lämpötila vaihtelee 6000 – 30000 °C. Täydellinen ionisaatio saataisiin esimerkiksi fuusioreaktiossa, jossa vety lämmitetään ensin 10 °K asteeseen, jolloin ydinten liike-energia olisi suurempi kuin niiden poistovoima. Tällöin vety olisi täydellistä plasmaa. Teollisuuskäyttöön ei tuosta hyötyä vielä ole, koska miljoonien asteiden kuumuudet ovat liian vaikeasti hallittavia. Plasmaleikkaus ja plasmahitsaus ovat nykyisin tunnetuimpia plasmakuumennuksen käyttösovelluksia, mutta plasmakuumennuksen ominaisuuksia voidaan käyttää hyödyksi myös metallien sulatuksessa ja malmin käsittelyssä. Piirilevyjen valmistuksessa plasmalla voidaan syövyttää reiät hartsijäänteistä. [16]

Plasmaleikkaus kuuluu termisen leikkauksen menetelmiin. Tarkemmin plasmaleikkaus on sulatusleikkausmenetelmä, jossa railon leikkaus tehdään hyödyntäen kuumen plasmakaasun lämpöenergiaa. Fysikaalinen plasma on jopa 20000 – 30000 °C kuumennettua osittain dissosioitunutta ja ionisoitunutta kaasua. Se koostuu atomeista, elektroneista, molekyyleistä, ioneista ja se on sähköä johtavaa. Sulanut metalli poistetaan puhaltamalla työkappaleesta kaasun kineettistä energiaa hyväksikäyttäen. Plasma johdetaan polttimesta valokaarena työkappaleeseen, jolloin syntyy plasmakaari. Plasmakaari palaa työkappaleen ja elektrodin välissä. Leikatessa työkappale toimii positiivisena elektrodina. Negatiivisena elektrodina toimii plasmakaasun mukaan valittu kuparisuuttimella varustettu sauva. Sauvan materiaalina voidaan käyttää

vaikkapa wolframia. Suuttimella kuristetaan erittäin suurella nopeudella (jopa 1000 m/s) virtaavaa kaasua, jolloin plasmakaaresta tulee keskittyneempi, tehotiheys kasvaa ja lämpötila kohoaa. Plasmakaasun kohdatessa levyn pinnan molekyylejä muodostuu uudelleen ja dissosiointiin kulunut energia vapautuu lämpönä sulattaen työstettävän levyn paikallisesti. Samalla suurinopeuksinen kaasu puhaltaa sulan metallin pois leikkuukohtasta. Plasmaleikkauksella leikataan siis metallilevyjä. Levyn täytyy olla sähköä johtava, jolloin saadaan muodostettua virtapiiri leikattavan levyn ja plasmaleikkurin välille. Plasmaleikkaus soveltuu kaikkien metallien työstöön, mutta erityisesti sitä käytetään ruostumattoman teräksen ja alumiinin leikkauksessa. Plasmaleikkaus on nopea tapa leikata ohuita levyjä (< 30 mm), mutta levynpaksuuden noustessa myös leikkauksenopeus laskee nopeasti. Nopeuden laskun aiheuttaa se, että lämpöä leikkauskohteeseen siirtyy pääasiassa vain anodipisteen kautta, joka sijaitsee leikattavan levyn syvyysuuntaisessa puolivälissä. Paksuuden kasvaessa siis anodipisteeseen tuleva lämpöenergia pienenee ja leikkaus hidastuu. [17]



Kuva 11. Plasmaleikkauksen periaate [18]

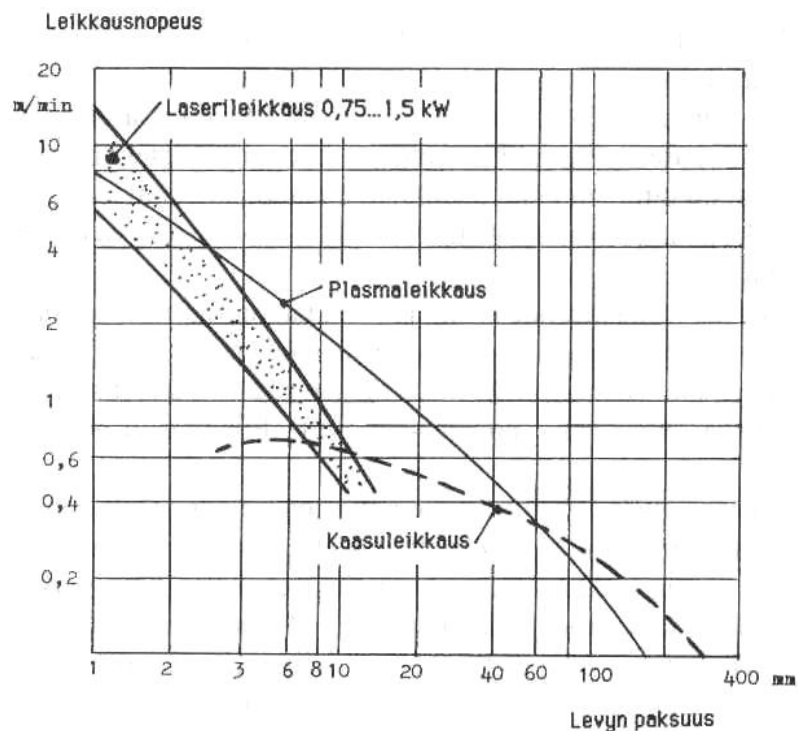
4.1.1 Suojakaasut

Plasmaleikkauksessa kaasuina käytetään mm. paineilmaa, typpeä (N_2), vetyä (H_2), argonia (Ar), happea ja yleensä eri kaasuseoksia kuten $H_2 + Ar$ ja $H_2 + Ar + N_2$, joiden avulla saadaan kunkin alkuaineen parhaat ominaisuudet käyttöön. Suojakaasuina käytetään yleensä typpeä, hiilidioksidia (CO_2) ja paineilmaa. Argon takaa hyvän kaaren syttyvyyden, mutta matalan kaarijännitteen. Dissosiaatioenergian puutteen ja huonon lämmönjohtokyvyn johdosta argon antaa huonon leikkaustuloksen. Vety puolestaan nostaa kaarijännitettä ja lisää siten kaaren tehoa. Vetyä ei voida käyttää yksinään, koska kaari ei syttyisi eikä kaasuvirtauksen massavaikutus pystyisi avaamaan railoa. Typpi soveltuu sellaisenaan plasmakaasuksi, ongelmana on kuitenkin suuri kaarijännite. Paineilmaa käytetään myös plasmakaasuna. Huonoina puolina ovat elektrodin voimakas hapettuminen ja vaarallisten NO- tai NO_2 -kaasujen suuret pitoisuudet. Käytettävältä kaasulta vaaditaan, että se pystyy sulattamaan työstettävän aineen ja poistamaan sulan metallin syntyvästä leikkausrailosta. Lisäksi plasmakaasun pitää toimia apu- ja plasmakaaren käynnistäjänä, sillä täytyy olla hyvä lämmönjohtokyky, suuri kineettinen energia ja suuri lämpösisältö. Virtalähteenä moderneissa plasmaleikkauslaitteistoissa käytetään, joko transduktori- tai tyristorihjattua tasasuuntaajaa, jolloin virran voimakkuutta voidaan säätää käyttötarkoituksen mukaan. [19]

4.1.2 Plasmaleikkauksen edut ja haitat

Etuina plasmaleikkauksessa muihin metallin leikkausmenetelmiin verrattuna voidaan pitää mm. sitä, että plasmaleikkurilla voidaan leikata lähes kaikkia metalleja ja metalliseoksia, joissa muut menetelmät eivät toimi. Lisäksi plasmaleikkausnopeudet ovat korkeita, kun levy on ohutta (< 30 mm); tällöin leikkaus voi olla jopa 2 – 4 kertaa suurempi kuin vastaavan levyn polttoleikkauksessa. Leikkausmenetelmien leikkuunopeudet suhteessa levynpaksuuteen kuvassa 12. Myös reiäntekonopeus on suurempaa kuin

polttoleikkauksessa. Eduksi voidaan myös laskea se, ettei leikkuulaitteisto tai levyä tarvitse esilämmittää, vaan leikkaus voidaan aloittaa heti. Plasmaleikkauksessa lämmönvaikutusalue jää pieneksi, jolloin leikkuusta tulee tarkkaa, eikä metallissa tapahdu niin paljon muodonmuutoksia kuin jos lämpö leviäisi enemmän. Leikkuujälki on kelvollinen. Plasmaleikkauksesta löytyy myös huonoja puolia. Laittekustannukset voivat kohota varsin korkeaksi, jos käytetään monipoltinratkaisua, sillä jokainen poltin vaatii oman virtalähteesä. Leikkausnopeus on nopeaa ohuilla levyillä, mutta jos levyn paksuus kasvaa, niin myös leikkuaika kasvaa. Leikkuu-ura ei ole aivan kilpailevien menetelmien tasoista, sillä se on yleensä leveämpi kuin polttoleikkauksessa. Myös leikkausjälki on yleensä huonompaa kuin polttoleikkauksessa, myöskään leikkausreunat eivät ole kohtisuorassa levyn pintaan nähden. Työolot ovat vaikeat, sillä työskentely tapahtuu haitallisten kaasujen kanssa, tilassa on säteilyä ja melu voi olla suuri. [20]



Kuva 12. Termisten leikkausmenetelmien käyttöalueet [21]

5 Koneen suunnittelu, mallinnus ja toteutus

Koneen suunnittelu aloitettiin 29.1.2010 Movetecin Muurlan toimipisteessä, jossa projekti kokonaisuudessaan toteutettiin. Koneen suunnitteluun lisäksi osaa ottivat Muurlan osaston johtaja Jarno Ruohonen ja sähköinsinööri Jukka Kairasalo.

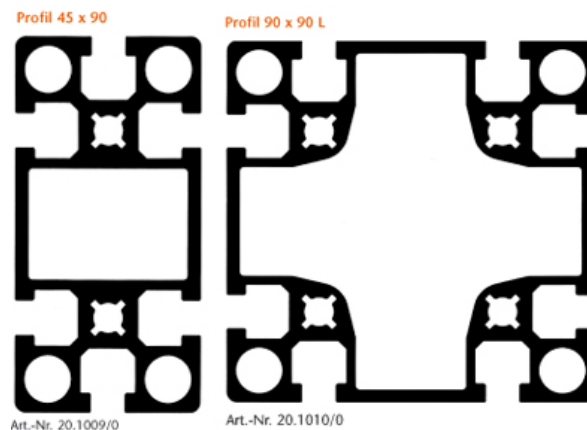
CNC-plasmaleikkurin suunnittelussa päätimme muutamia tärkeitä ominaisuuksia, joita koneessamme tulisi olla. Ne olivat edullisuus, laatu, lastattavuus, helppo huolto ja puhdistus sekä käyttäjäystävällisyys.

Suunnittelu ja toteutus jaettiin osiin laitteen osakokonaisuuksien mukaan. Projekti lähti liikkeelle rungon hahmottelusta ja siitä, minkä kokoisia levyjä koneella voidaan leikata. Proto -versiolla voidaan leikata 2500 x 1500 mm levyjä suuttimesta riippuen aina 18 mm ainevahvuuteen asti. Rungon jälkeen paneuduttiin vesipöydän rakenteeseen ja erilaisiin ratkaisuihin. Seuraavaksi valittiin x-, y- ja z-liikkeille käyttöön sopivat komponentit, joista rakennettiin liikkeiden lineaariyksiköt. Tämän jälkeen suunnittelimme koneen verhoilupellit ja työstimme laitteen ulkoasua. Kun kaikki mekaniikka oli valmista, aloitimme koneen sähköistämisen. Lopuksi teimme testiajoja seuraten koneen tarkkuutta ja suorituskykyä sekä teimme lopulliset muutokset käyttäjäystävällisyyden parantamiseen.

Projektiin kuului osana myös koneen ja sen osien 3D-mallintaminen jatkotuotantoa ja -jalostusta varten. Kokoonpanokuvaan sisällytettiin vain osat jotka yritys tarvitsee koneen jatkotuotannossa. Koneessa käytetyistä teräslevyosista piirrettiin mittakuvat, joita tullaan koneen valmistuttua leikkaamaan itse. 3D-kuvat ja mittakuvat löytyvät liitteinä opinnäytetyön lopussa, järjesteltyinä osakokonaisuuksittain.

5.1 Runko

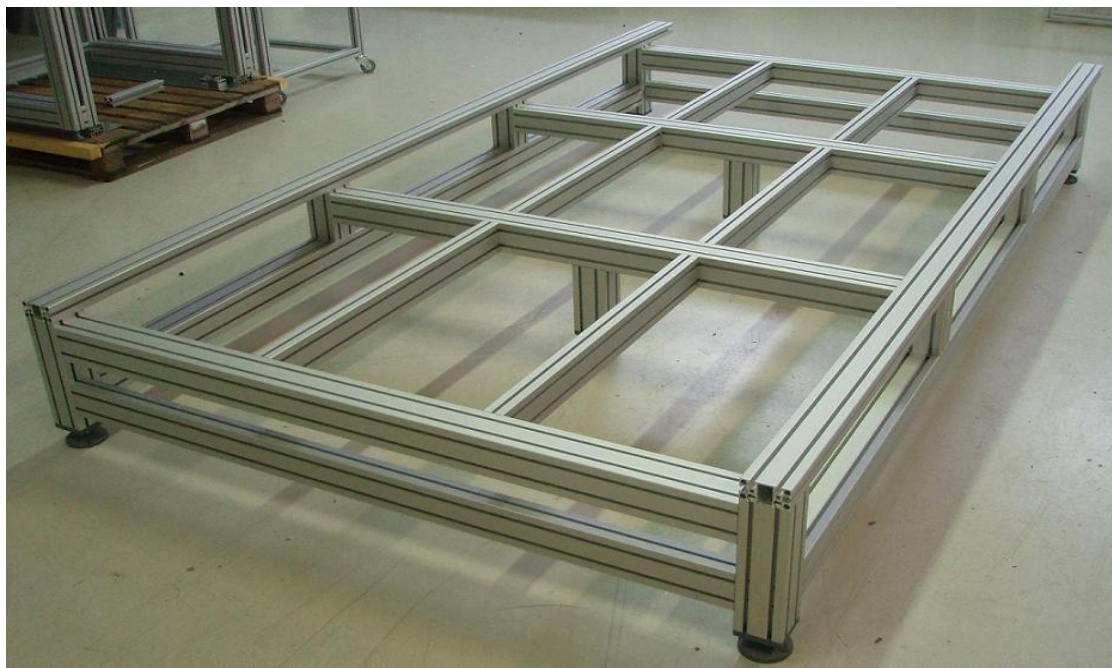
Koko laitteen perustana toimii MiniTec-profiilijärjestelmä, josta rakensimme koneen rungon. Rungon fyysisissä mitoissa huomioon otettavia seikkoja olivat leikattavan levyn koko ja lastattavuus. Levykooksi valittiin yleinen 1500 mm x 2500 mm, jolloin leikkauspöydän kooksi mitoitettiin 1600 mm x 3000 mm, levyn helpomman siirtelyn vuoksi. Pyrimme rakentamaan laitteen mahdollisimman matalaksi, silmälläpitäen lastattavuutta. Leikkuupöydän minimikorkeudeksi mitoitettiin 410 mm, jota voidaan säätää säätötassujen avulla 530 mm asti.



Kuva 13. 45x90- ja 90x90L-profiilit [22]

Rungossa käytettäviksi profiileiksi valittiin 90x90L ja 45x90 profiilit, joilla saimme aikaan tarkassa leikkauksessa vaadittavan tukevan runkorakenteen. Profiilien poikkileikkaukset kuvassa 13. Vesipöydän tukirunko koostuu neljästä pitkittäin sijoitetuista 90x90L-profiileista sekä poikittain sijoitetuista 45x90-profiileista. Näistä on rakennettu kestävä ristikkorakenne, joka kantaa raskaampiakin kuormia taipumatta. Rakenne selviää kuvasta 14. Tukirunko varustettiin vielä kahdella säädettävällä lisätassulla jakamaan leikattavan levyn aiheuttamaa kuormaa. Tassujen kiinnitys kuvassa 15. Rungon kulmatolpat ovat 90x90L-profiilia ja jokainen kulma on varustettu säädettävillä tassuilla. Runko seisoo siis tukevasti lattialla kuudesta eri tukipisteestä. Koneen mahdollista siirtelyä varten

rungon päihin kiinnitettiin vielä 45x90-profiilit, joista voidaan nostaa vaikka pumppukärryillä. Kiinnitykset pyrittiin tekemään pulttikiinnityksin, jotka ovat profiilijärjestelmän tukevin kiinnitysmenetelmä. Lisäksi pulttikiinnitysten käyttäminen pudotti osaltaan laitteen kokonaiskustannuksia verrattuna muihin kiinnitysmenetelmiin. Koko runko, kuin myös koko laite, pyrittiin rakentamaan niin, että kaikki komponentit on helposti irroitettavissa huoltoa silmällä pitäen.



Kuva 14. Profiilirunko

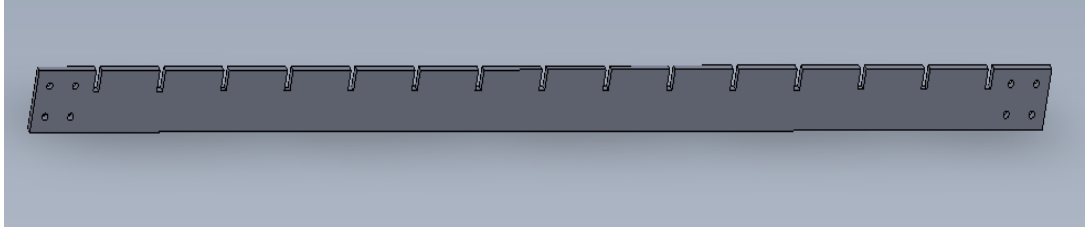


Kuva 15. Rungon pohjarakenne

Koneen rungosta piirrettiin 3D-malli ja mitoituskuvat tulevaa tuotantoa ja jatkojalostusta varten. Mallinnus tapahtui SolidWorks 2009 -ohjelmistolla. Mallinnusprosessia helpotti huomattavasti MiniTec ICAD -komponenttikirjasto, josta löytyvät kaikki profiilijärjestelmän komponentit.

5.2 Leikkuuallas

Leikkuupöydän suunnitteluvaiheessa pöytäratkaisuja oli kaksi. Ensin suunnittelemassamme ratkaisussa pöytä piti rakentaa teräslevykannattimista ja lattarautoista, jotka muodostaisivat kantavan ristikkorakenteen. Lattarautat olisivat olleet vaihdettavia ja ne olisi asetettu 10 mm teräslevystä laserleikkattuihin kannattimiin, joiden rakenne selviää kuvasta 16. Kannattimia olisi ollut leikkauspöydässä neljä kappaletta ja 30 x 10 mm lattarautoja 15 kappaletta.



Kuva 16. Kannatinrauta

Leikkuupöydän alle olisi sijoitettu pellistä kantattu astia, johon leikkuujäte olisi pudonnut polton jälkeen. Tämä rakenne kuitenkin hylättiin, koska kaikki poltossa vapautuvat kaasut olisivat vapaasti päässeet sisäilmaan ja raskas tuuletuslaitteisto olisi ollut välttämätön hankinta. Insinööri Jukka Kairasalon tietojen mukaan, jopa 90 % kaasupäästöistä saadaan sidottua vedellä.

Edellä mainitusta syystä suunnittelimme ja toteutimme leikkuualtaan, joka täytetään vedellä. Leikkuuallas kantattiin 3 mm rautalevystä. Altaasta tehtiin kolmiosainen, koska tarpeeksi suurta levyaihiota ei ollut saatavilla sekä sen kuljetus, että työstäminen olisi ollut hankalaa. Kolmiosaisen altaan sai parhaiten toteutettua, joka johtuu altaan tukirungon rakenteesta. Altaan ensimmäinen osa asennettuna kuvassa 17. Kukin altaan osa on kiinnitetty kuudella M6-senkkikantapultilla. Kokoonpanovaiheessa altaan saumakohtat ja pulttien senkit tiivistettiin silikoonilla. Altaan päätyjen pituus on 1012 mm ja keskiosan pituus on 970 mm. Altaan tarkaksi kokonaismittaksi saatiin 2994 mm. 6mm mittaero 3000 mm runkoon verrattuna johtuu tulevien verhoilupeltien vaatimasta asennusvarasta.



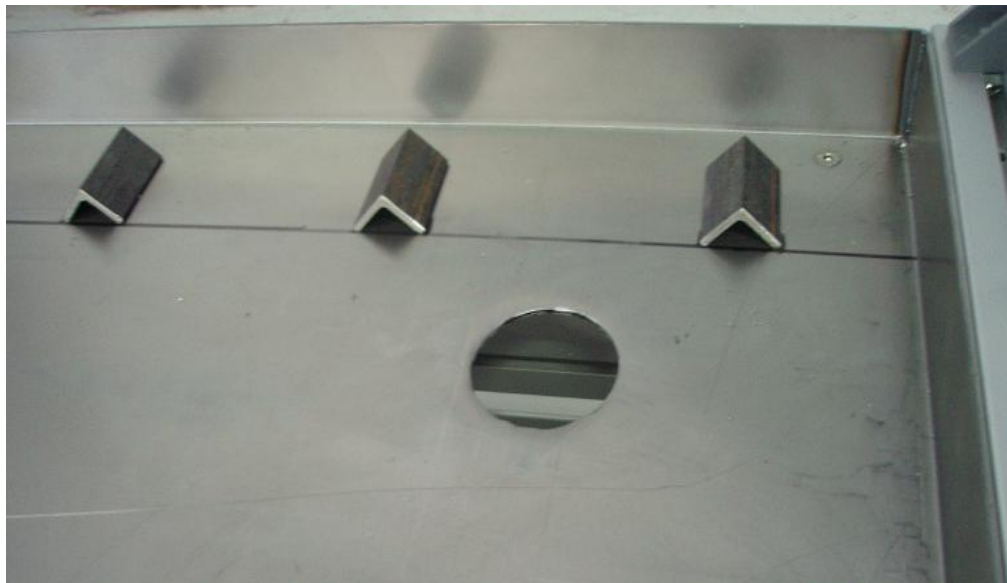
Kuva 17. Altaan pääty asennettavana

Seuraavaksi suunnittelimme altaaseen raudat, jonka päälle työstettävä levy voidaan laskea. Edullisena ja yksinkertaisena ratkaisuna leikkasimme kymmenen kappaletta altaan pituisia 40 x 40 mm kulmarautoja, jotka sijoitettiin poikittain altaan pohjalle. Kulmaraudat tulevat kulmaan käytössä, jolloin laitteen leikkaustarkkuus kärsii. Tämän vuoksi raudoista tehtiin vaihdettavia. Altaan päätyihin hitsattiin kymmenen 25 x 25 x 50 mm ohjainkulmarautaa, jotka pitävät pitkiä 40 x 40 mm kulmarautoja paikallaan. Ohjain- ja tasokulmaraudat kuvissa 19 ja 20. Rautojen helppo irroitus tekee myös leikkuaaltaan puhdistuksesta vaivatonta. Puhdistuksessa voidaan käyttää lastaa ja vesiletkaa.

Jäteveden poisto toteutettiin seuraavasti: Altaan vasempaan takakulmaan tehtiin 56 mm reikä, johon liitettiin hitsaamalla 2 tuuman teräskierreholkki. Holkkiin liitettiin 90° kulmaputki ja kulmaan 2 tuuman kuulaventtiili. Venttiilikokonaisuus kuvassa 18. Kuulaventtiiliä voidaan käyttää koneen takapuolelta, katepeltiin tehdyn luukun kautta. Venttiilistä jätevesi johdetaan letkua pitkin asianmukaiseen kaivoon tai astiaan.

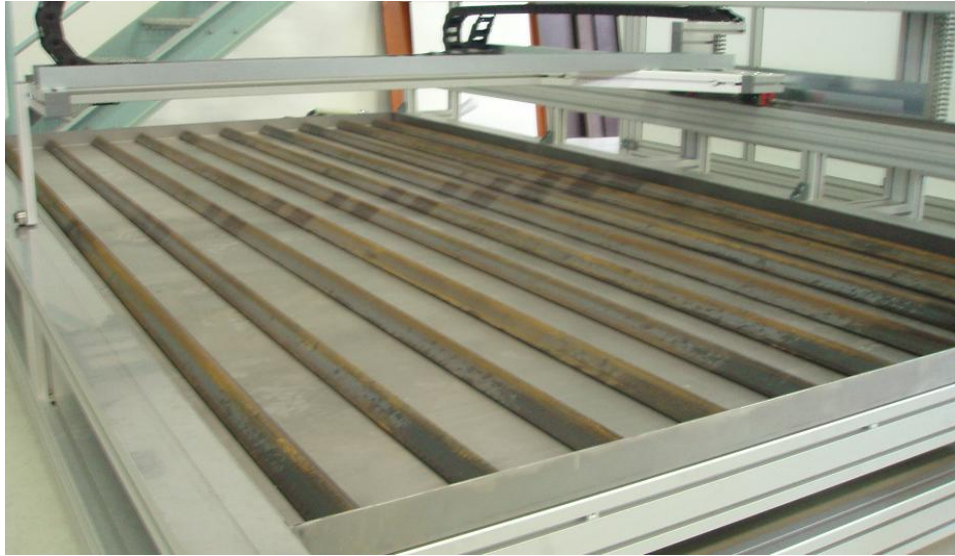


Kuva 18. Jätevedenpoistovenktiili



Kuva 19. Ohjainkulmaraudat

Altaasta piirrettiin mittakuvat, joiden mukaan ulkoinen toimittaja leikkasi ja kantasi allasaihiot. Altaan kulmien ja ohjainrautojen hitsaustyöt sekä muut työstöt teimme itse.



Kuva 20. Tasokulmaraudat

5.3 Lineaariliikkeet

Lineaariliikkeet toteutettiin MiniTec-profilijärjestelmällä ja Hiwin lineaarikomponenteilla. Energiansiirtoketjut valittiin myös Movetec Oy:n mallistosta. Työstettävät erikoisosat ja pellit valmistimme osittain itse tai tilasimme osat yhteistyötä tekevältä konepajalta.

Maksimaalista suorituskykyä ja tarkkuutta hakiessa lineaariliikkeiden pääominaisuudet olivat keveys ja tukeva rakenne. Pyrimme minimoimaan kaikki ylimääräiset liikkuvat massat. Liikettä vastustava massa tuottaa epätarkkuuksia varsinkin suurilla leikkuunopeuksilla. Vastaavasti rakenteet suunniteltiin mahdollisimman tukeviksi.

Lineaariliikkeiden suunnittelu ja valmistus aloitettiin x-liikkeestä, jonka tukevuus oli erityisen tärkeässä roolissa tarkan leikkuujäljen aikaansaamiseksi. Tämä siksi, koska kaikkien muiden lineaariyksiköiden, polttimen ja muiden komponenttien massa kohdistuu siihen. Kun x-liike oli kokoonpantu ja kiinnitetty runkoon, siirryimme y-liikkeen rakennukseen ja kiinnittämiseen. Tällöin kaikki vaakaliikkeet olivat valmiina. Z-pystyliike toteutettiin valmiilla kuularuuviyksiköllä, johon suunniteltiin polttimen kiinnitys ja levyn paksuuden

määrittämiseen tarvittava liukurakenne. Viimeisenä työvaiheena kiinnitimme energiansiirtoketjut ja niiden kourut.

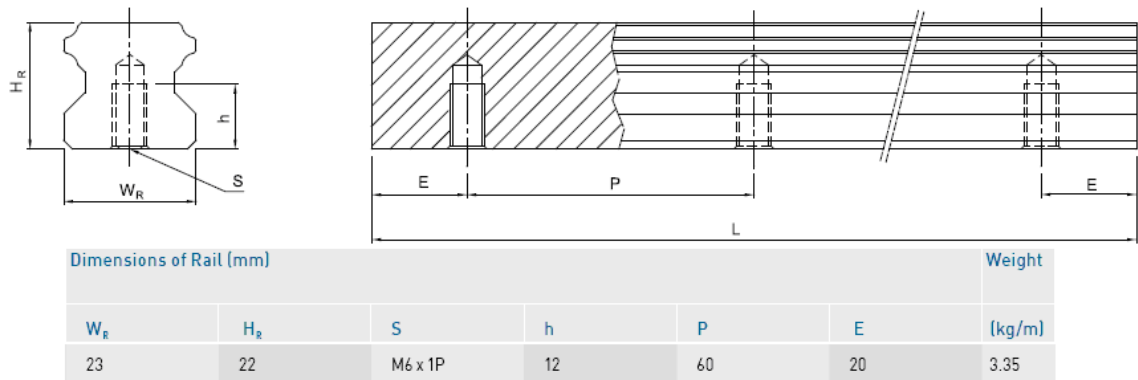
5.3.1 X-lineaari

X-liikkeen johderunko valmistettiin 45x45-profiilista, joka on 45 millistä profiileista jyvärakenteisin. Johderunko on kiinteä osa päärunkoa, jolloin sen painoon ei ollut syytä kiinnittää huomiota. Tärkeää oli rakenteen tukevuus. Johderunko koostuu neljästä 115 mm korotuspalasta, kiinteästä 3520 mm profiilista ja irroitettavasta johdeprofiilista. Pitkät profiilit on kiinnitetty toisiinsa läpipultein, jolloin lineaarin voi helposti irroittaa huoltoa varten. Johderunko kiinnitettiin päärunkoon powerlock-kiinnittimillä ja lisätueksi vielä 25GD-kulmilla.



Kuva 21. X-liikkeen johderunko

Johteenä käytimme Hiwinin mallistosta löytyvää HGR25C mallia, joka oli tarkkuusarvoiltaan hyvä ja kuormankantokyvyltään sopiva tämänkaltaiseen laitteistoon. Johde sahattiin 3520 mm mittaan ja kiinnitettiin johderungon päälle M6 x 25 pulteilla. Johteen rakenne ja mitat kuvassa 22.



Kuva 22. HGR25C-johteen rakenne ja mitat [23]

X-liikkeen kelkka toteutettiin kahdella, pölysuojatulla ja voideltavalla, Hiwin HGW25CCC-kuulajohdekelkalla. Kahta kelkkaa käytettiin y-liikkeen johderungon aiheuttaman väännön kompensoimiseksi.

Parhaan tarkkuuden saavuttamiseksi voimansiirto tapahuu 15 x 15 mm hammastangolla ja 24 hampaisella rattaalla. Ratas valittiin mahdollisimman pieneksi, että servosta saatiin paras vääntö ja että rattaan seinämävahvuus riitti sorvauksessa servon 14 mm akselille ja kiilauralle. Hammastanko asennettiin johderungon taakse. Jukka Kairasalon aiempien kokemusten mukaan hammastangon ja rattaan välisen kosketuksen tulee olla jousikuormitettu, koska hammastankoa kiristettäessä sen muoto muuttuu aaltoilevaksi. Kiinteästi kiinnitetyllä servomootorilla seurauksena voivat olla epätasainen liike, tangon ja rattaan kova melu tai ajan mittaan murtuva servon akseli.

Servomootorin jousitettu kiinnityslevy laserleikattiin 4 mm teräslevystä ja se kiinnitettiin y-liikkeen tukirunkoon. Joustinlevy kuvassa 23. Levyn toinen pää on nivelletty ja toiseen päähän asennettiin jousi, joka takaa hammastangon ja rattaan jatkuvan kosketuksen. Levystä tehtiin 225 mm pitkä, jolloin servon paikka asetui y-tukirungon keskelle.

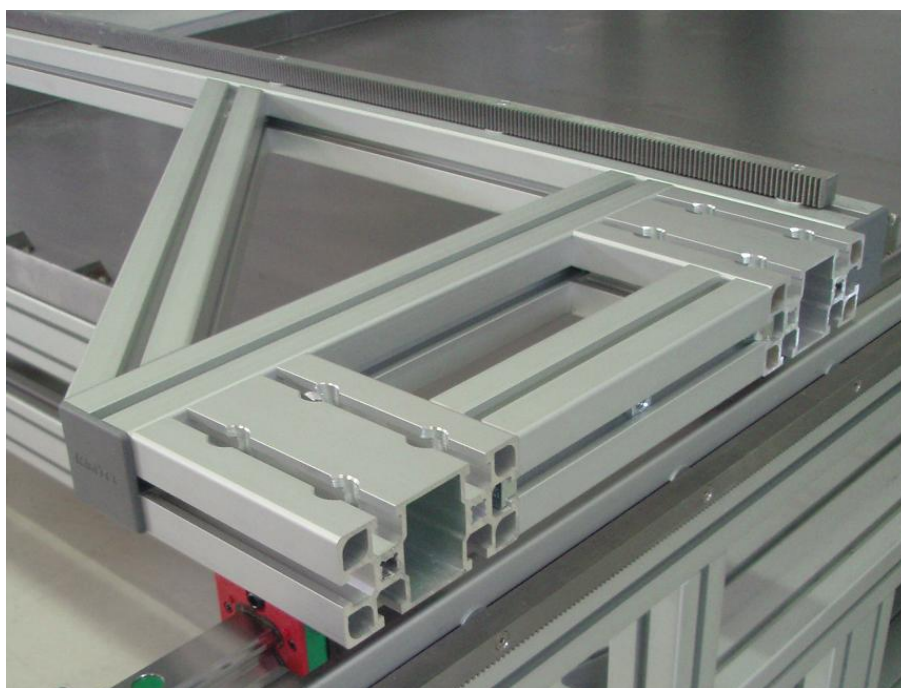


Kuva 23. Servomootorin joustinlevy

5.3.2 Y-lineaari

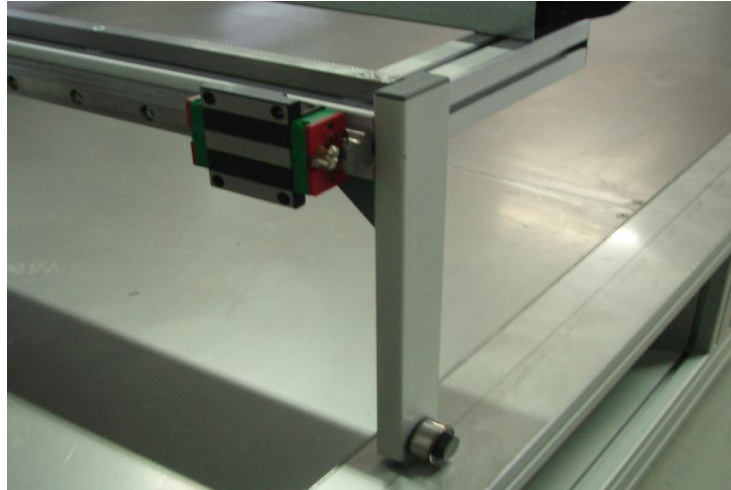
Y-liikkeen johderunko on kiinnitetty x-liikkeen kelkkoihin ja toinen pää liikkuu laakeripyörän varassa, vapaasti rungon päällä. Tämän kaltaisella ratkaisulla saimme laitteen lastattavaksi turvallisesti myös edestä. Jos molemmat johderungon päät olisi rakennettu kiinteiksi, vaarana olisi ollut jatkuva etummaisesta johteen vaurioituminen. Lisäksi johteet olisi pitänyt asentaa täydellisesti saman suuntaisiksi, että ne eivät vastustaisi johderungon liikettä. Valitsemamme ratkaisu asetti tiukat tukevuusvaatimukset y-liikkeen johderungolle, koska komponenttien paino aikaan saa vääntöä johderungon tyveen. Johderungon kokonaismassan pyrimme minimoimaan ja sijoittamaan sitä mahdollisimman paljon tuettuun päähän.

Johdeprofiilina käytimme 1720 mm 45x45F-profiilia, johon kiinnitettiin Hiwin HGR25C-johde. Johderungon kiinteään päähän rakennettiin kolmiotukirakenne, joka koostuu kahdesta 110 mm 45x90-kiinnitysprofiilista, 354 mm, 174 mm 45x45F tukiprofiilista ja vinosahatusta 500 mm 45x45F tukiprofiilista. Vinosahaukset ovat 45°, jolloin tukirakenne muodostaa tasasivuisen kolmion. Johderunko kiinnitettiin x-liikkeen kelkkoihin kahdeksalla M8x50-pultilla. Tukirakenne kuvassa 24.



Kuva 24. Y-liikkeen johderungon tukirakenne

Johderungon vapaaseen päähän kiinnitettiin 45x19-kannatinprofiili. Kiinnitys tehtiin powerlockilla ja tuettiin vielä 25S-kulmalla, joka estää profiilin kiertymistä. Profiilin päähän asennettiin kestovoideltu laakeri, joka liikkuu 1,25 mm rosterilevyn päällä. Vapaa pää kuvassa 25. Testeissä huomasimme, että pellin pitää olla erityisen puhdas, sillä laakeripyörä huomaa pienimmätkin likahiukkaset. Ongelma ratkaistaan tulevaisuudessa, kun koneella on ajettu enemmän testiajoja ja paras ratkaisu löydetään.

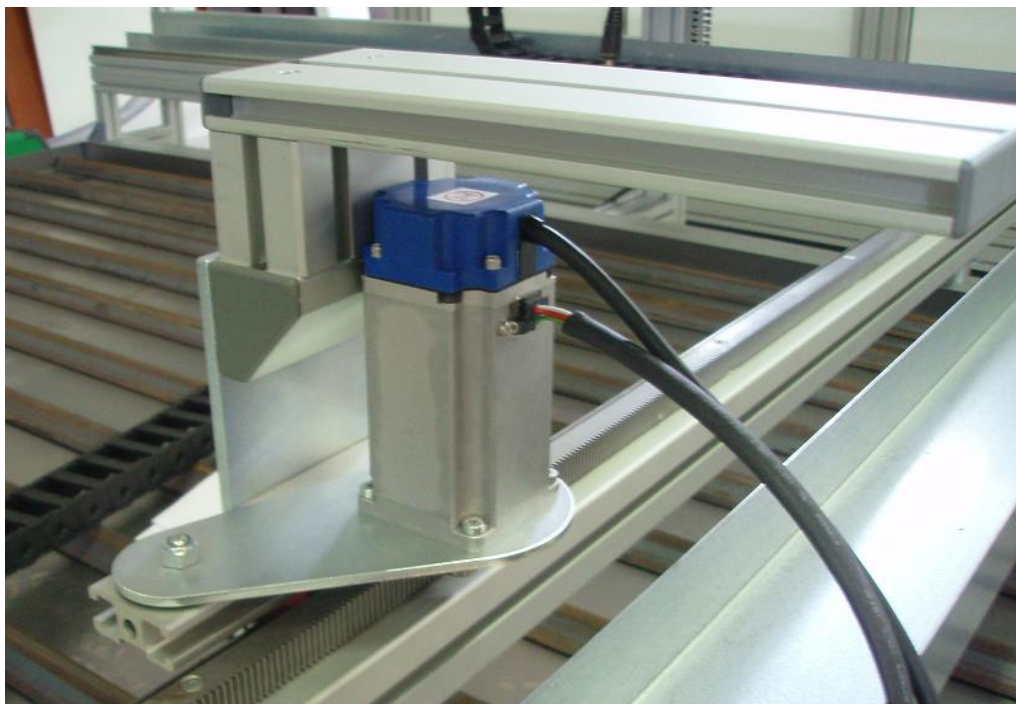


Kuva 25. Y-liikkeen vapaasti liikkuva pää

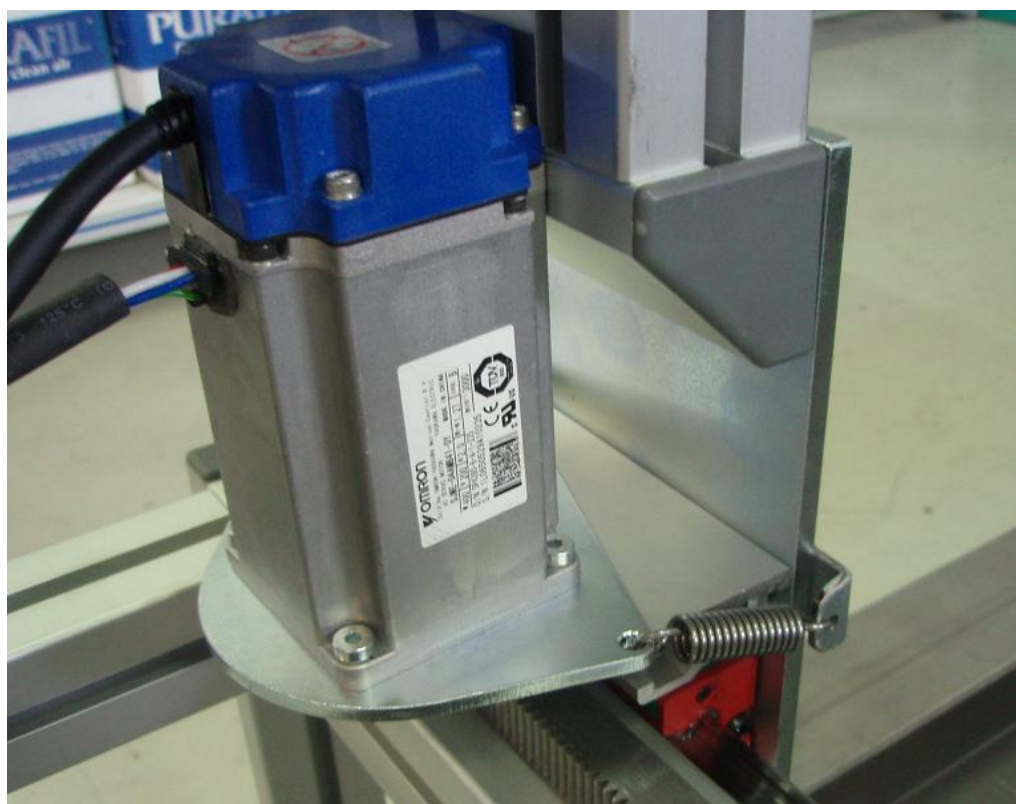
Y-lineaarin voimansiirto tapahtuu vastaavalla menetelmällä ja komponenteilla kuin x-lineaarissakin. Kelkkaan kiinnitettiin, 6mm teräslevystä laserleikattu, z-liikkeen sovitelevy, johon asennettiin kiinnitysprofiilit servon joustinlevylle ja energiansiirtoketjun kiinnitykselle. Sovitelevy kuvassa 26. Joustinlevy laserleikattiin vastaavan malliseksi kuin x-lineaarissa. Levyn mitoitimme 180mm pitkäksi, jolloin servo saatiin sovitelevyn ja energiansiirtoketjunkannatinprofiilin alle suojaan. Tämä selviää kuvasta 27.



Kuva 26. Sovitelevy asennettuna



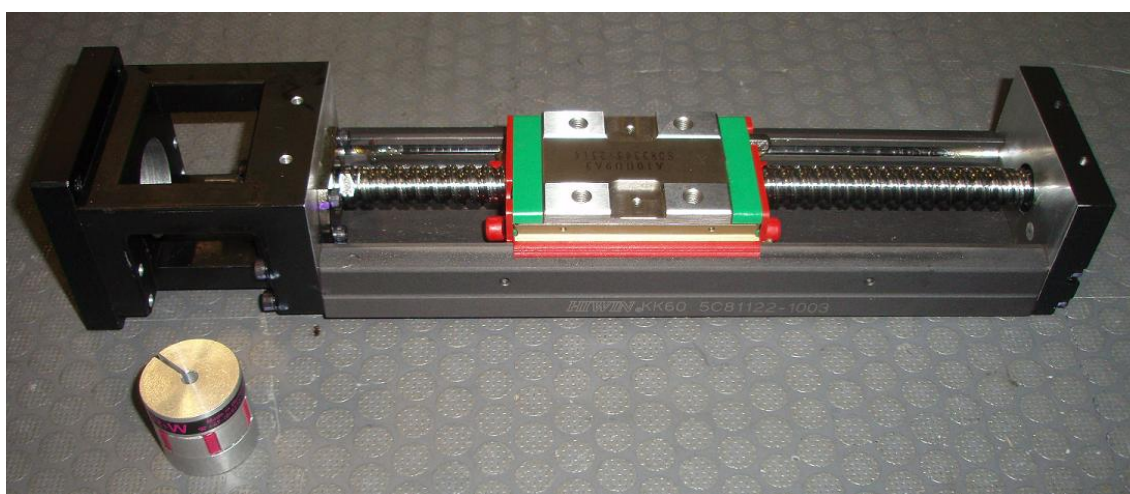
Kuva 27. Joustinlevy ja energiansiirtoketjukkannatinprofiili



Kuva 28. Servomootorin jousitus

5.3.3 Z-lineaari

Z-liike toteutettiin valmiilla Hiwin KK60 lineaariyksiköllä, joka kiinnitettiin Y-liikkeen kulkassa olevaan sovitelevyyn. Lineaariyksikön rakenteessa on yhdistetty lineaarijohde ja kuularuuvi. Runkorakenteena toimi U-mallinen teräsprofiili, jonka sisäpinta toimii samalla johdekiskona. KK-lineaariyksikössä kuulamutteri ja johdekelkka on integroitu yhdeksi yhtenäiseksi liukuvaksi elementiksi. Liikematka on 100 mm ja toistotarkkuus 0,01 mm.



Kuva 29. KK60-lineaariyksikkö ja kytkin

Ennen polttoa kone laskee polttimen kosketukseen leikattavan levyn pinnalle selvittääkseen levyn paksuuden. Tämän vuoksi piti suunnitella rakenne, joka antaa polttimen laskeutua omalla painollaan levyllä vaurioittamatta suutinta. Rakenne toteutettiin kahdella kuulaholkilla ja 8 mm teräsakselilla, jotka liukuvat polttimen koskettaessa levyä. Liukuvaraa on 2 mm, ennen kuin rajakytkin pysäyttää z-linaarin liikkeen. Kiinnitysrakenne koostuu seitsemästä pääosasta; polttimen kiinnityspannasta, kahdesta kuulaholkista, kahdesta akselista, kuulaholkkien pidätinpalasta ja kiinnityslevystä. Osat työstettiin akseleita lukuun ottamatta alumiinista. Z-linaarin ollessa polttokorkeudessa, panta ja poltin roikkuvat kahden seger-renkaan varassa, joille on sorvattu urat akseleihin. Akselit kiinnitettiin pantaan neljällä M8-pidätinruuvilla. Kuulaholkkien

pidätinpalaan sorvattiin h7-sovite, jolloin holkit saatiin prässättyä paikoilleen. Liitos varmistettiin laakerilukitteella. Kaikki kiinnityskomponentit valittiin ruostumattomasta teräksestä valmistetuiksi, leikkualtaasta roiskuvan veden vuoksi. Polttimen kiinnitysrakenteen osat kuvassa 30.



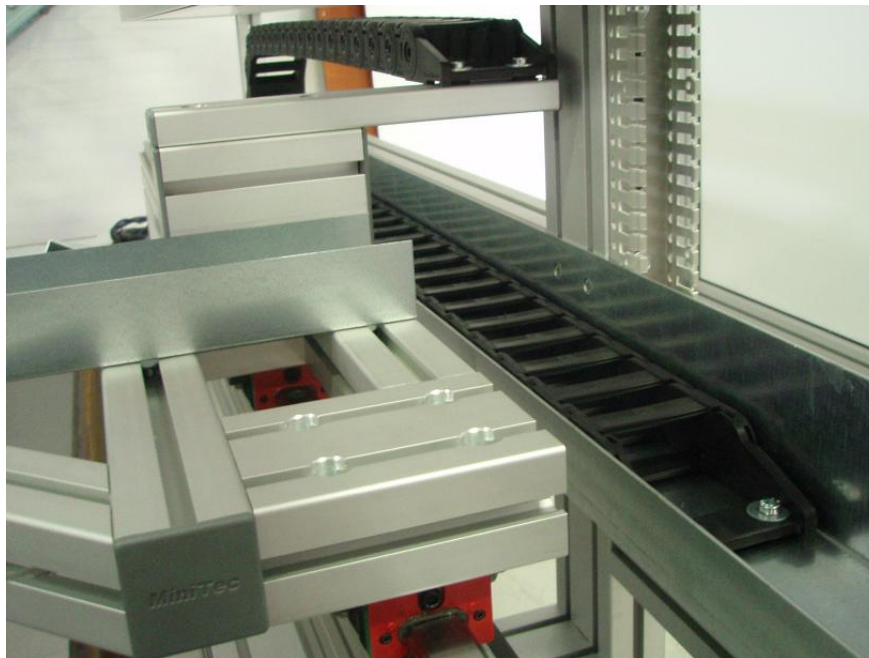
Kuva 30. Polttimen kiinnitysrakenne

5.4 Energiansiirtoketjut ja kourut

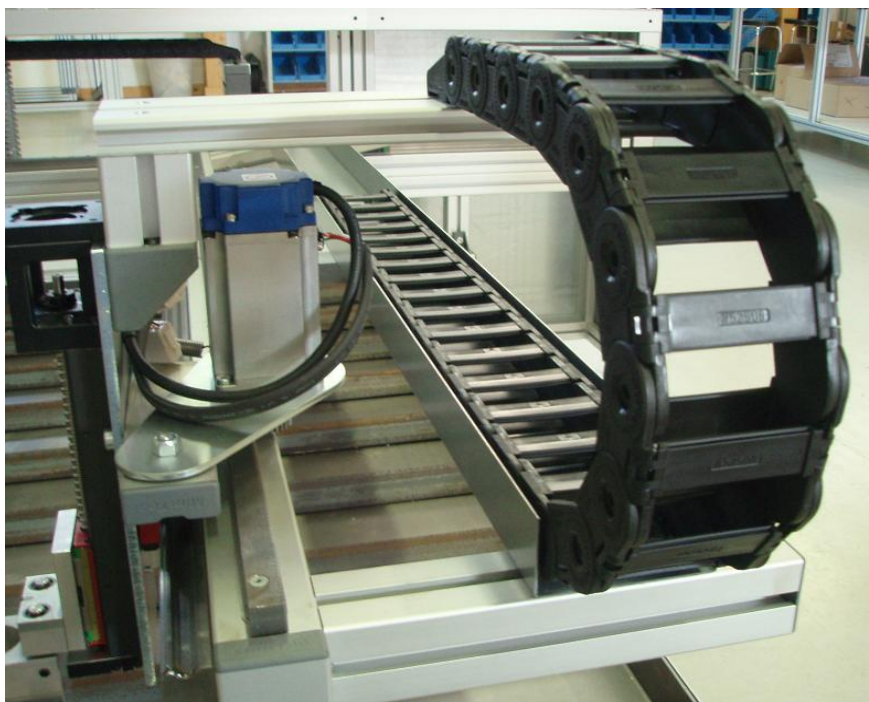
Energiansiirtoketjujen tehtävänä on suojata ja liikuttaa koneen liikkuviin elimiin vietäviä johtoja ja letkuja. Koneeseemme ketjuja tuli kaksi, x-suuntainen ja y-suuntainen. Z-liike on maksimissaan vain 100 mm, joten ketjua ei tarvittu. Ketjujen valinnassa huomioitiin niiden liikkuvuus ja poikkileikkauksen mitat, jotka määräytyivät johtojen lukumäärästä ja niiden halkaisijoista. Koneeseemme valittiin ketjut, joiden säde (r) on 110 mm ja mitat 75 mm x 35 mm. Ketju on pala palalta purettavissa. X-suuntaisen ketjun pituus on 2000 mm ja y-suuntaisen 1300 mm.

Energiansiirtoketju vaatii kourun, jota pitkin liikkuu. Kourut valmistettiin sinkitystä pellistä. X-suuntaisen kourun ainevahvuus on 2 mm ja se kiinnitettiin suojarungon sisään toisesta seinämästään. Kourujen kiinnitykset tehtiin senkkipultein, että ketjut pääsevät esteettömästi liikkumaan. Liikkuva y-

suuntainen kouru tehtiin 1,25 mm pellistä, jolloin paino pysyi maltillisena. Se kiinnitettiin pohjastaan y-lineaarin tukirungon ja kannatinprofiilin päälle.



Kuva 31. X-suuntainen ketju ja kouru



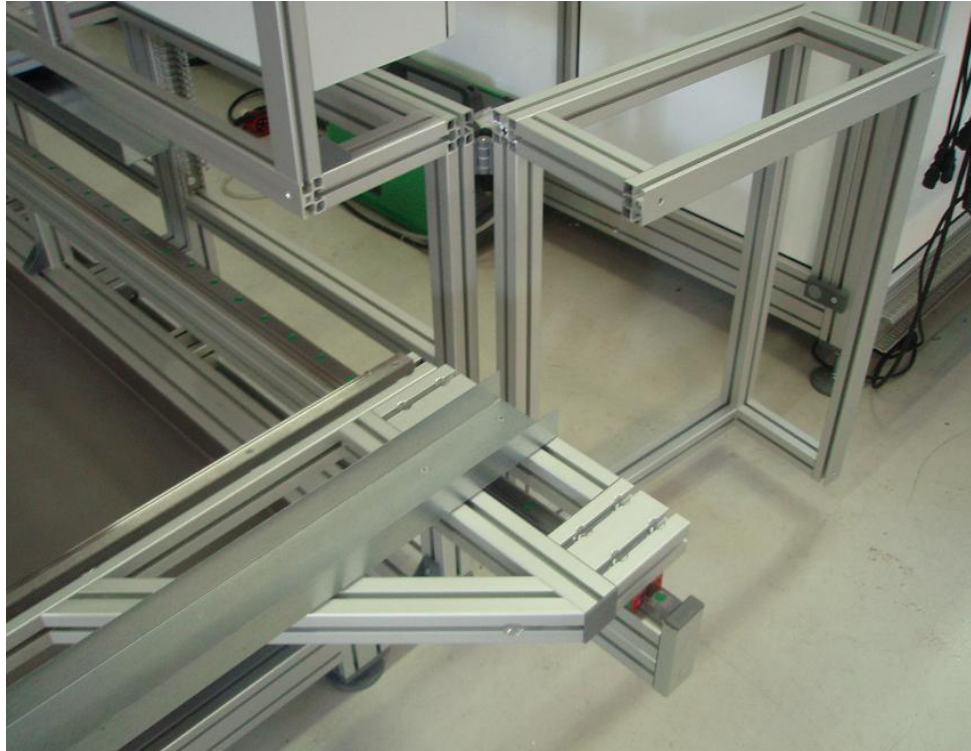
Kuva 32. Y-suuntainen ketju ja kouru

5.5 Suojarunko ja laiteteline

Koneeseen rakennettiin suojarunko parantamaan käyttäjän turvallisuutta. Suojarungon tehtävänä on suojata x-lineaarin liikkuvia komponentteja, kuten energiansiirtoketjua, servomoottoria ja kelkkaa. Suojarunko verhoiltiin päärunгон tavoin maalatuilla pelleillä, jolloin kokonaisuudesta saatiin laadukkaan näköinen. Rungon päähän rakennettiin huolto-ovi, jonka kautta pääsee huoltamaan kotiasemaan ajettua x-kelkkaa ja sen komponentteja.



Kuva 33. Suojarunko



Kuva 34. Lineaari huoltoasennossa

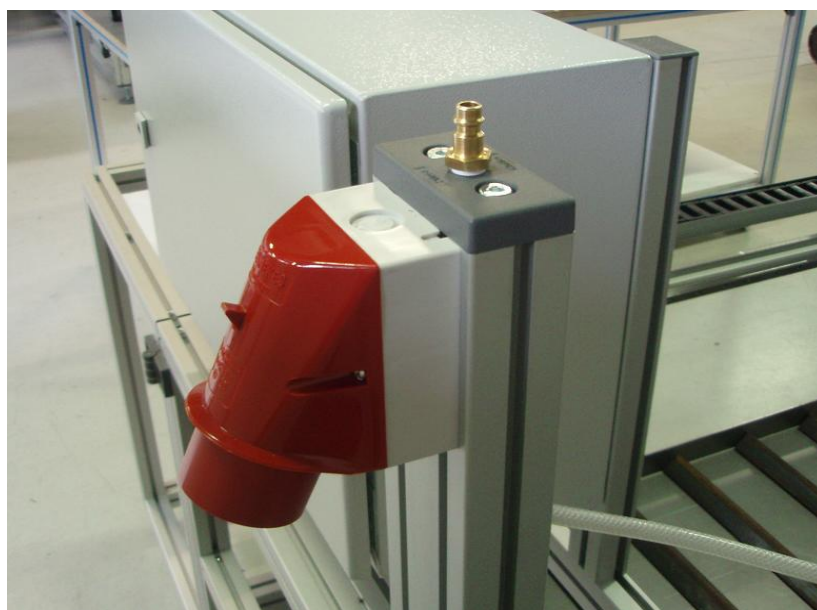
Suojarunkoon liitettiin laiteteline, jonka päälle asennettiin koneen sähkökeskus ja plasmaleikkuyksikkö. Laitteet nostettiin koneen yläpuolelle tilansäästön ja mukavan työskentelykorkeuden vuoksi. Laitetelineen pelteihin tehtiin läpiviennit leikkuyksikön ja sähkökeskuksen johdoille. Häiriöiden eliminoimiseksi polttimen kaapelille tehtiin erillinen läpivienti rungon sisään. Johdot asennettiin suojarungon sisällä 40 x 40 mm sähkökouruun, että ne eivät takertuisi liikkuvaan x-kelkkaan. Rungon päälle sähkökeskuksen ja leikkuyksikön väliin asennettiin vielä pystyyn 45x90UL-palkki, johon kiinnitettiin koneen päävirtapistoke ja paineilman tuloliitin. Liittimet kuvassa 36.

Suojarungon suunnittelussa haastavaa oli saada aikaan mahdollisimman kompakti rakenne, jossa liikkuvat osat pääsevät vapaasti kulkemaan. Runko onnistui tarkasti tehtyjen mittausten ja monen koeajon ansiosta hyvin. Esimerkkinä, servomootorin pulssianturin ja rungon väliin jäi vapaata tilaa alle 10 mm. Rakennuksessa käytettiin 90x90L, 45x90F, 45x45F, 45x32UL-

profiileita. Liitokset tehtiin pääosin pulttikiinnityksin. Suojarunko on kiinnitetty päärunkoon 25S-kulmilla, jolloin se on kokonaisuutena irroitettavissa koneesta.



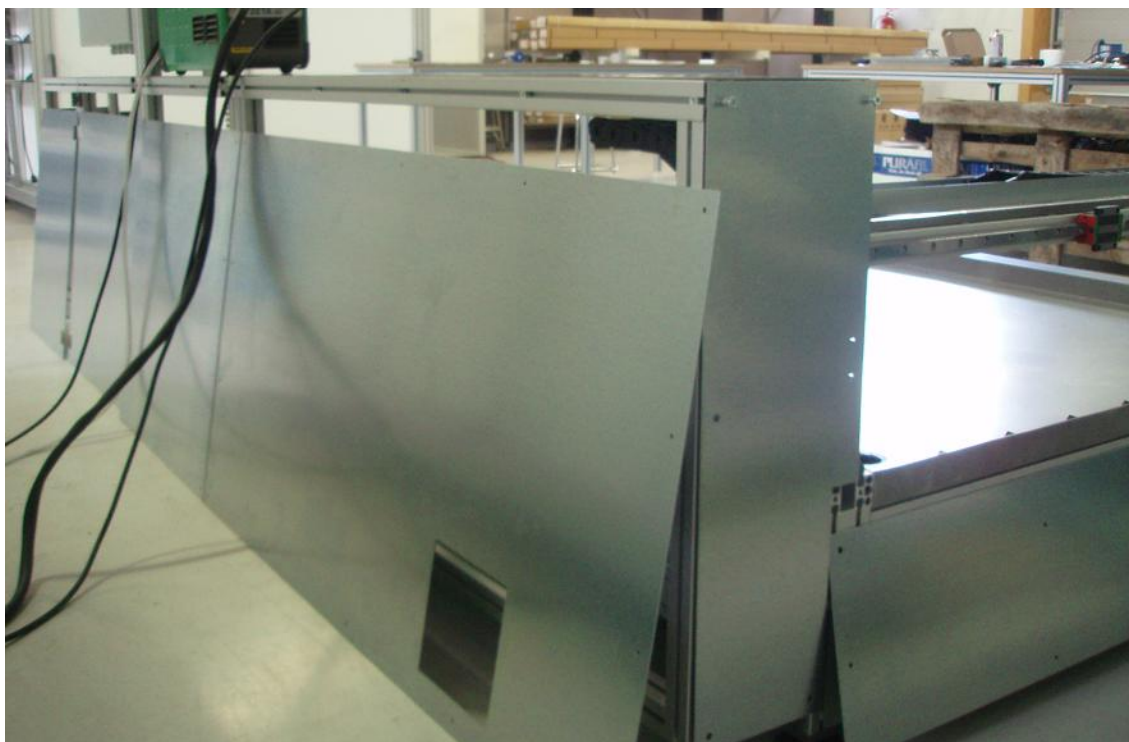
Kuva 35. Sähkökeskus ja leikkuyksikkö asennettuina laiteteleeseen



Kuva 36. Sähkön ja paineilman tuloliittimet

5.6 Verhoilupellit

Koneen ulkonäkö päätettiin viimeistellä pelleillä. Materiaaliksi valittiin 2 mm sinkitty pelti, joka maalautettiin valkoiseksi. Mitoituskuvat piirrettiin käsin ja lähetettiin metallialan yritykseen leikattaviksi. Peltien mitoituskuviin piirto oli yllättäen yksi koneenrakennuksen haastavimmista tehtävistä, koska pellit asennettiin rungon päälle pulteilla. Yleensä profiilirunkoja rakennettaessa verhoilulevyt asennetaan profiilien uriin, jolloin kiinnitysreikiä ei tule lainkaan ja mitoitus on helppo suorittaa. Huonoa urasijoituksessa on se, että levyjä ei voida poistaa purkamatta profiilirunkoa. Koneessamme peltien helppo irrotus oli välttämätöntä huoltojen vuoksi. Yhteensovitettävien peltien suuri määrä, niiden monimutkainen muoto ja kiinnitysreikien määrä teki suunnittelusta ja piirtämisestä haastavan tehtävän. Peltikuvien huolelliseen piirtämiseen ja suunnitteluun kulutettu aika kuitenkin palkittiin, kun levyt istuivat paikoilleen ensimmäisellä yrittämällä.



Kuva 37. Peltien sovitus ennen maalausta

5.7 Sähkötyöt ja komponentit

Koneen sähköistäminen aloitettiin heti, kun kaikki mekaniikka oli valmista. Pääosa verhoilupelleistä jätettiin asentamatta helpomman kaapelinviennin vuoksi. Sähkötyöt aloitettiin palaverilla, jossa laadittiin lista tarvittavista komponenteista ja päätettiin koneen käyttöliittymästä. Ensimmäisenä työvaiheena asensimme sähkökeskuksen ja leikkuuyksikön paikoilleen laitetelineeseen sekä kalustimme sähkökeskuksen. Tämän jälkeen laskimme tarvittavien johtojen määrän ja koon, minkä jälkeen asensimme ne sähkökouruihin ja energiansiirtoketjuihin. Seuraavana vaiheena valitsimme käyttöön sopivat rajakytkimet, jotka asennettiin lineaariliikkeiden päihin, sekä polttimen liukurakenteeseen. Kun kaikki sähkökomponentit olivat asennettuina, suoritimme sähkökytkennät. Sähkötöiden viimeinen vaihe oli koneen ohjelmointi.

Koneen toimintaperiaate on yksikertaistettuna seuraavanlainen. Käyttäjä tuo kappaleesta piirretyn CAD-kuvan tietokoneelle. Tietokoneella oleva postproessoriohjelma kääntää CAD-kuvan G-koodiksi, joka luetaan ajo-ohjelmalla. Ajo-ohjelma lähettää paikoitustiedon servo-ohjaimille, jotka ohjaavat servojen liikkeitä CAD-kuvan mukaisesti. Tämän kaltaista koneenohjausta kutsutaan CAD/CAM-ohjaukseksi.

5.7.1 Plasmaleikkuuyksikkö

Leikkuuyksiköksi valittiin Migatronicin ZETA 60. Valinta perustui vanhoihin positiivisiin käyttökokemuksiin sekä ominaisuuksiin nähden edulliseen hintaan. Malleja oli valittavissa kaksi, ZETA 40 ja ZETA 60, joista jälkimmäisen käyttöjännite oli haluamamme 400 V. Leikkuuyksikkö on varustettu kaasunvirtauksen säädöllä ja automaattisella apukaarenohjauksella. ”Automaattinen apukaaren ohjaustoiminto varmistaa virheettömän sytytyksen joka kerta. Apukaarella on myös tärkeä tehtävä reiätetyn levyn leikkaamisessa. Leikkaava kaari sammuu automaattisesti, kun plasmaleikkauskoneen poltin tulee reiän kohtaan. Tällöin apukaari syttyy ja leikkaava kaari syttyy automaattisesti uudelleen, kun reikä on ohitettu.” [24] Ohjauspaneelissa on säädin virranvoimakkuudelle, jota säädetään ainevahvuuden mukaan. Leikkuuyksikkö oli varustettu tavallisella käsipoltinkaapelilla, joka vaihdettiin pidempään konepoltinkaapeliin. Leikkuuyksikkö maadoitettiin leikkuualtaan pohjaan. Sähkökeskuksen sisälläolevasta kaarijännitteensäätimestä tuotiin nelinapainen ohjauskaapeli leikkuuyksikölle, jonka kautta ohjataan polton aloittamista. Suojakaasuna käytetään paineilmaa, joka tuodaan yksikön kaasunvirtaus-säätimelle 8 mm paineilmaletkulla.

LAITETYYPPI	ZETA 40	ZETA 60
Verkkojännite	1 x 230 V	3 x 400 V
Sulake (PFC)	25 A (16 A)	16 A
Virta-alue	20-45 A	20-60 A
Kuormitettavuus 40°C 40%	45 A	60 A
Kuormitettavuus 40°C 100%	35 A	40 A
Suojausluokka	IP 23	IP 23
Tyhjäkäyntijännite	225 V	240 V
Paineilma	4-6 bar	4-6 bar
Paineilman määrä l/min	100-160	100-160
Leikkuuvahvuus (korkealaatuinen leikkaus)	< 8	< 12
Maks. leikkuuvahvuus	< 12	< 18
Mitat, mm (P x L x K)	205 x 345 x 475	205 x 345 x 475
Paino, kg	19	20

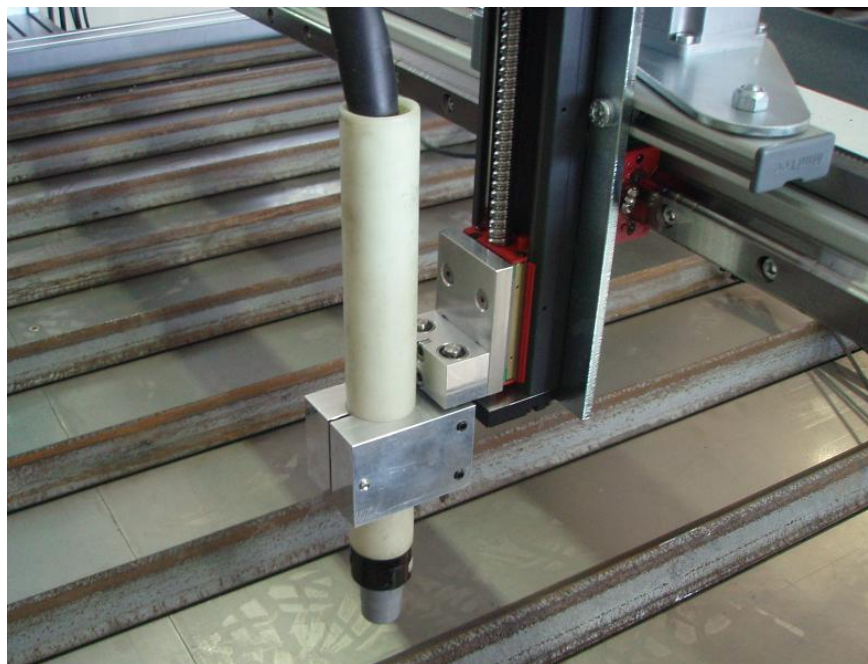
Kuva 38. Leikkuuyksikön tekniset tiedot [25]



Kuva 39. Plasmaleikkuyksikkö



Kuva 40. Leikkuyksikön paineilma-liitos

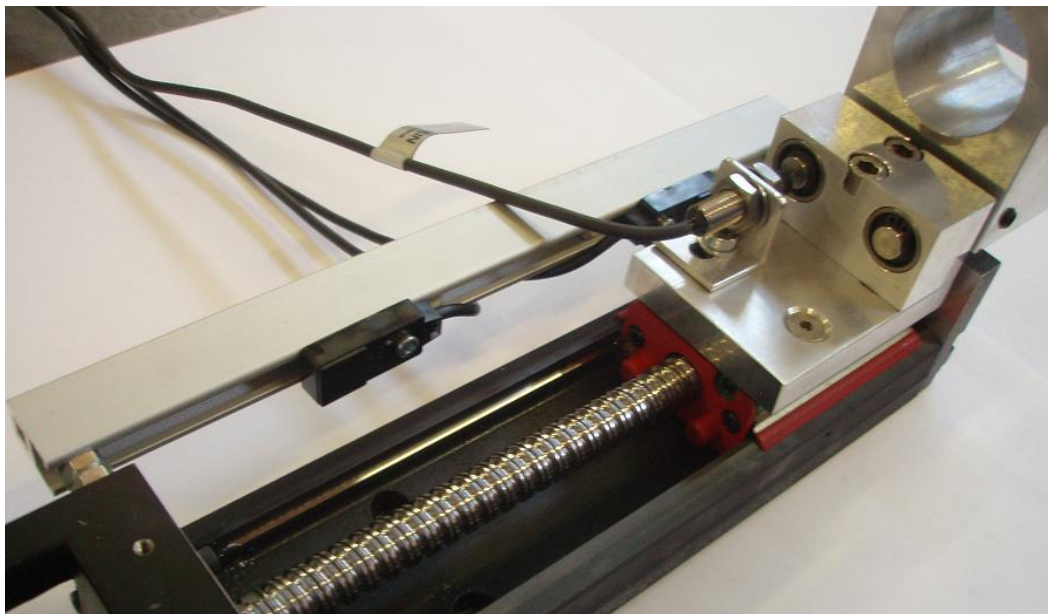


Kuva 41. Konepoltin asennettuna

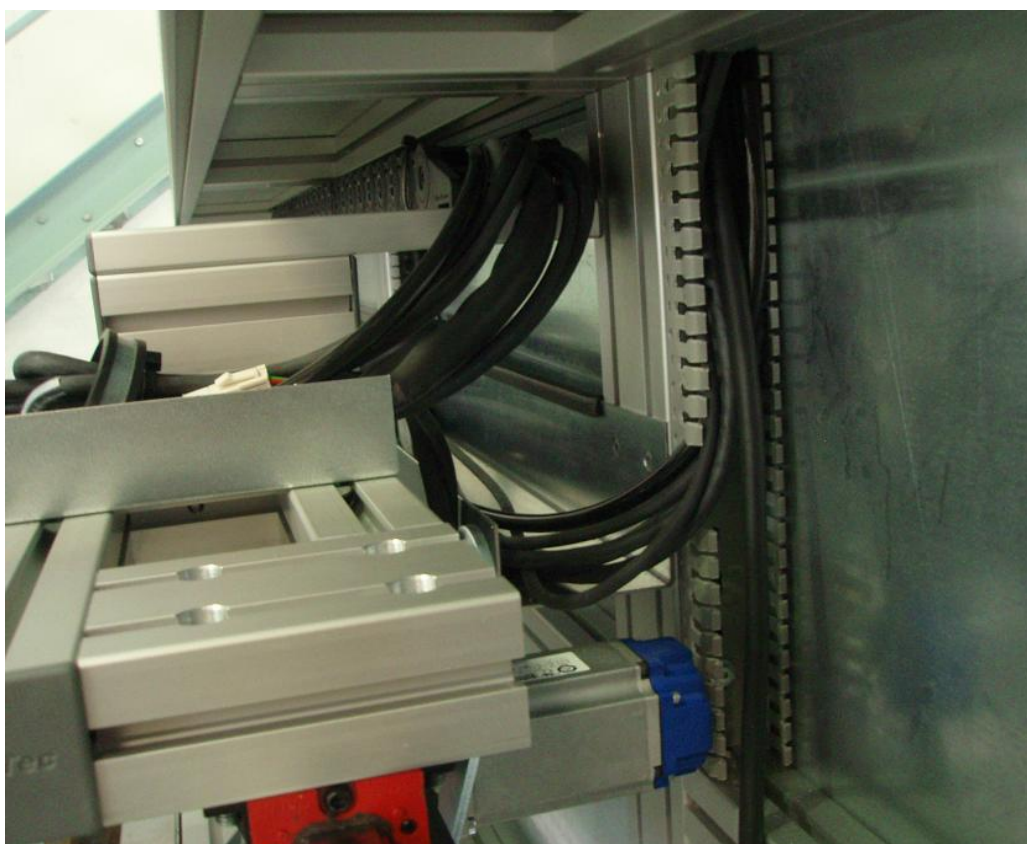
5.7.2 Sähkökeskus

Sähkökeskus valittiin Rittalin mallistosta. Valinta perustui keskuksen fyysisiin mittoihin, jotta kaikki tarvittavat komponentit saatiin mahtumaan sen sisälle. Keskus on 600 mm leveä, 380 mm korkea ja 210 mm syvä. Keskuksen kylkeen asennettiin päävirta-, hätä/seis-, pysäytys- ja turvamääräysten vaatima hätä/seis kuittauskytkin. Pohjalevyyn tehtiin 14 läpivientireikää johdoille. Läpivientien vedonpoiston hoitaa pg13.5-läpivientitulpat. Keskus sisältää kaksi servo-ohjainta x- ja y-servoille, kaarijännitteensäätimen polttimen korkeuden säätöön, turvareleet sekä komponenttien virtalähteet.

X- ja y-servoille lähtee ajojännitejohdot ja pulssianturien johdot. Kaikkien lineaarien päihin asennettiin raja-anturit, joille kullekin viettiin omat johtonsa. Z-lineaarin askelmoottorin ja polttimen liukurakenteen turvaraja-anturin sähköistys toteutettiin yhdellä häiriösuojatulla $12 \times 0,75 \text{ mm}^2$ -robottikaapelilla. Anturit kuvassa 42. Häiriösuojatun johdon käyttö oli ehdotonta, johtuen poltinkaapelien korkeasta virrankulusta.



Kuva 42. Liukurakenteen turva-anturi ja raja-anturit



Kuva 43. Johtojen kulku keskukselta toimilaitteille

6 Jatkojalostus ja parannuskohteet

CNC-plasmaleikkureista tullaan kehittämään tuoteperhe, johon kuuluu leikkureita erikokoisille levyille. Leikkureita voidaan tilata myös asiakkaan määrittämien mittojen mukaan. Laite toimitetaan leikkuuyksiköllä tai ilman, mikäli asiakkaalla on jo ennestään käyttöön sopiva leikkuuyksikkö. Asiakkaan oman leikkuuyksikön vaatimat muutokset, toteutetaan asiakkaan antamien mittojen mukaan. Leikkureiden tuotenimeksi päätettiin MOVEcut. Tuotenimen jälkeen tulee laitteen mallimerkintä, joka määräytyy levykoon mukaan. Esimerkiksi levykoon ollessa 1,5 x 3,0 metriä, mallimerkintä on 1530.

Tuoreiden testien perusteella, kehittämistä on vielä seuraavissa kohteissa. Y-liikkeen vapaan pään laakeripyörän ja tason välinen kontakti tulee olla erityisen puhdas metallihiukkasista, jotka aiheuttavat epätarkkuuksia leikkuujälkeen. Ongelma ratkaistaan harja- tai sulkarakenteella, joka pyyhkii epäpuhtaudet pois tasolta.

Hammasarraat pitävät hivenen liian kovaa melua. Syynä on servomoottoreiden joustinlevyjen nivelten vajaavainen tuenta, jolloin hammasarraan ja hammastangon välinen kontakti ei ole täysin yhdensuuntainen. Ongelma ratkaistaan joustinlevyjen paremmalla laakeroinnilla, joka estää nivelen poikkisuuntaisen liikkeen.

Z-lineaarin ja polttimen ympärille suunnitellaan kotelo, joka on hienon näköinen ja estää leikkauksesta vapautuvien epäpuhtauksien pääsyn z-lineaarin kuularuuviin.

Alustavat testiajot tehdään kannettavalla pc:llä, mutta koneeseen on tarkoituksena asentaa kiinteä työstökone käyttöön tarkoitettu ohjaus-pc. Näyttö on integroitu tietokoneeseen. Yhdistelmä asennetaan sähkökaappiin, joka kiinnitetään nivelöityyn telineeseen. Teline koostuu 45x45F-profiileista, jotka on kiinnitetty runkoon kolmella sädetävällä nivelellä. Teline kuvassa 44. Näin käyttäjä voi valita parhaan työskentelypaikan ja samalla tarkkailla polttoa.



Kuva 44. Ohjaustietokoneen kotelo ja teline

Plasmaleikkureilla ei voida tehdä kierteytettäviä reikiä, koska plasmasuihkun korkea lämpötila karkaisee reiän seinämän. Näin ollen kierretappi ei kykene kierteyttämään reikää. Koneeseen asennettiin valmiiksi 10 mm paineilmaputki markkerille. Markkeri on kovametalliterällä varustettu paineilmakaiverrin. Kun kone tulee pisteeseen, johon CAD-kuvassa on piirretty kierteytettävä reikä, markkeri kaivertaa ristin ja reiän koon oikealle kohdalle. Polton jälkeen merkityt kohdat porataan ja kierteytetään.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa CNC-plasmaleikkuri, jota tullaan markkinoimaan ohutlevyteollisuuden tarpeisiin. Projektin yhteydessä rakennettu proto-versio jää yrityksen omaan käyttöön. Proto -versiota käytetään, oman tuotannon lisäksi, myös asiakkaiden koeajolaitteena.

Teoriaosuudessa tarkasteltiin MiniTec-profiilijärjestelmän komponentteja ja sen käyttöä yleisesti koneenrakennuksessa. Lisäksi perehdyttiin termisiin leikkausmenetelmiin ja syvennyttiin erityisesti plasmaleikkaukseen, joka valittiin koneemme leikkausmenetelmäksi.

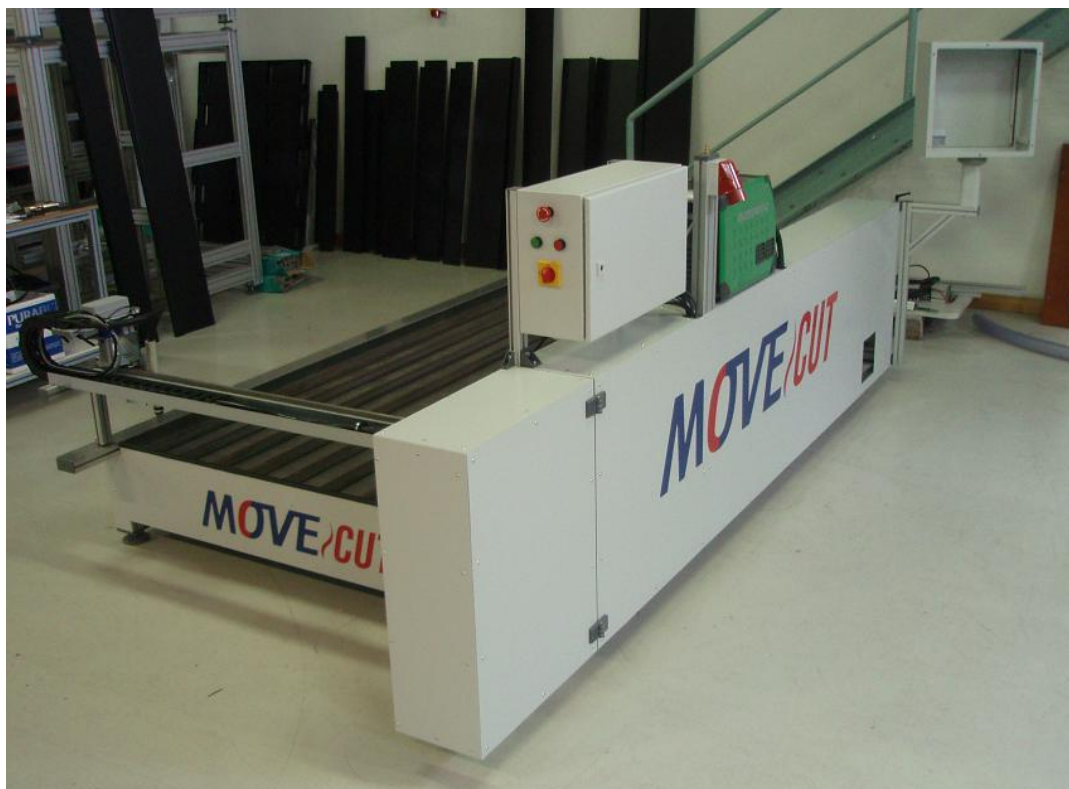
Käytännön osuudessa kerrottiin laitteen suunnittelusta ja rakennuksesta osakokonaisuuksittain. Työssä käytiin läpi koneenrakennuksen tärkeimmät menetelmät ja komponenttien valinnat. Osakokonaisuuksista on otettu runsaasti selventäviä kuvia, jotka sijoitettu osia käsittelevien kappaleiden alle.

Käytännön osuuteen kuului koneenosien mallinnus ja mittakuvien piirto, joiden mukaan konetta tullaan jatkojalostamaan. Kuvat on sijoitettu liitteiksi opinnäytetyön loppuun. Kokoonpanokuvista löytyy vain Movetec Oy:n tuotevalikoimasta löytyvät komponentit, koska ulkoisilta toimittajilta tulevat osat ovat kaikki bolt on -tyyppisiä ja eivät siten vaikuta koneen perusosien suunnitteluun. Yrityksen ulkopuolista työstöä vaativista osista piirrettiin mitoituskuvat, joiden avulla osat saatiin oikeilaisiksi. CNC-plasmaleikkurin valmistumisen myötä, teräslevyosat tullaan tulevaisuudessa valmistamaan itse.

Opinnäytetyön lopussa pohdittiin koneen jatkojalostusta ja parannuskohteita. Pääosa parannuksista liittyy mekaniikan hienosäätöön ja käyttäjäystävällisyyden parantamiseen.



Kuva 45. Kone edestä



Kuva 46. Kone takaa

Lähteet

[1] Markku Suominen 4.2.2010. Henkilöstökirja, sähköposti

markku.suominen@movetec.fi

[2] Thorsten Klaus 1.12.2009. MiniTec-info, sähköposti

thorsten.klaus@MiniTec.de

[3] MiniTec PROFILE SYSTEM 2008, 95.0025/0 s. 8 ja 9, katalogi

[4] Profiilimallistoa, kuva, viitattu 8.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php

[5] Esimerkkejä perusprofiilien poikkileikkauksista, kuva, viitattu 8.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php?goto=74931

[6] Esimerkkejä G-profiilien poikkileikkauksista, kuva, viitattu 8.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php?goto=74931

[7] Esimerkkejä erikoisprofiilien poikkileikkauksista, kuva, viitattu 9.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php?goto=22623

[8] Läpipultti- ja urapulttikiinnitysten toimintaperiaate, kuva, viitattu 9.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system/system_components/Fastening-Elements.php

[9] Powerlock-kiinnittimen rakenne ja toimintaperiaate, kuva, viitattu 9.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system/system_components/Fastening-Elements.php

[10] MiniTec PROFILE SYSTEM 2008 95.0025/0 s. 73, katalogi, taulukko, viitattu 14.1.2010

[11] Kuormanmittausperiaate ja 45x90GD kulma, kuva, viitattu 14.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system/system_components/Fastening-Elements.php

[12] Mitre connector N, T-slot bar 90, Connecting plate 90x90, kuva, viitattu 14.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system/system_components/Fastening-Elements.php

[13] Mittausperiaate, kuva, viitattu 15.1.2010

saatavilla: http://MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php?goto=74931

[14] V. Kauppinen, Levytyöt pienerätuotannossa, Otakustantamo, 1989, s.46

[15] Termisten leikkausmenetelmien periaatteet, kuva

V. Kauppinen, Levytyöt pienerätuotannossa, Otakustantamo, 1989, s.47

[16, 17, 19, 20] O. Peuhkuri, T. Pakarinen, A. Kortelainen, Plasmakuumennus, seminaarityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2008, s. 3 – 6, luettu 4.2.2010,

saatavilla: <https://noppa.lut.fi/noppa/.../plasmakuumennus.pdf>

[18] Plasmaleikkauksen periaate, kuva

H. Katainen – A. Mäkinen, Aineliitostekniikka, WSOY, 1989, s.100

[21] Termisten leikkausmenetelmien käyttöalueet, kuva

V. Kauppinen, Levytyöt pienerätuotannossa, Otakustantamo, 1989, s.47

[22] 45x90 ja 90x90L profiilit, kuva, viitattu 3.3.2010

saatavilla: http://www.MiniTec.de/en/Web/produkte/profile_system.php?goto=22648

[23] HGR25C-johteen rakenne, kuva, viitattu 5.3.2010

saatavilla: http://www.movetec.fi/images/pdf/hiwin_hg_sarjan.pdf

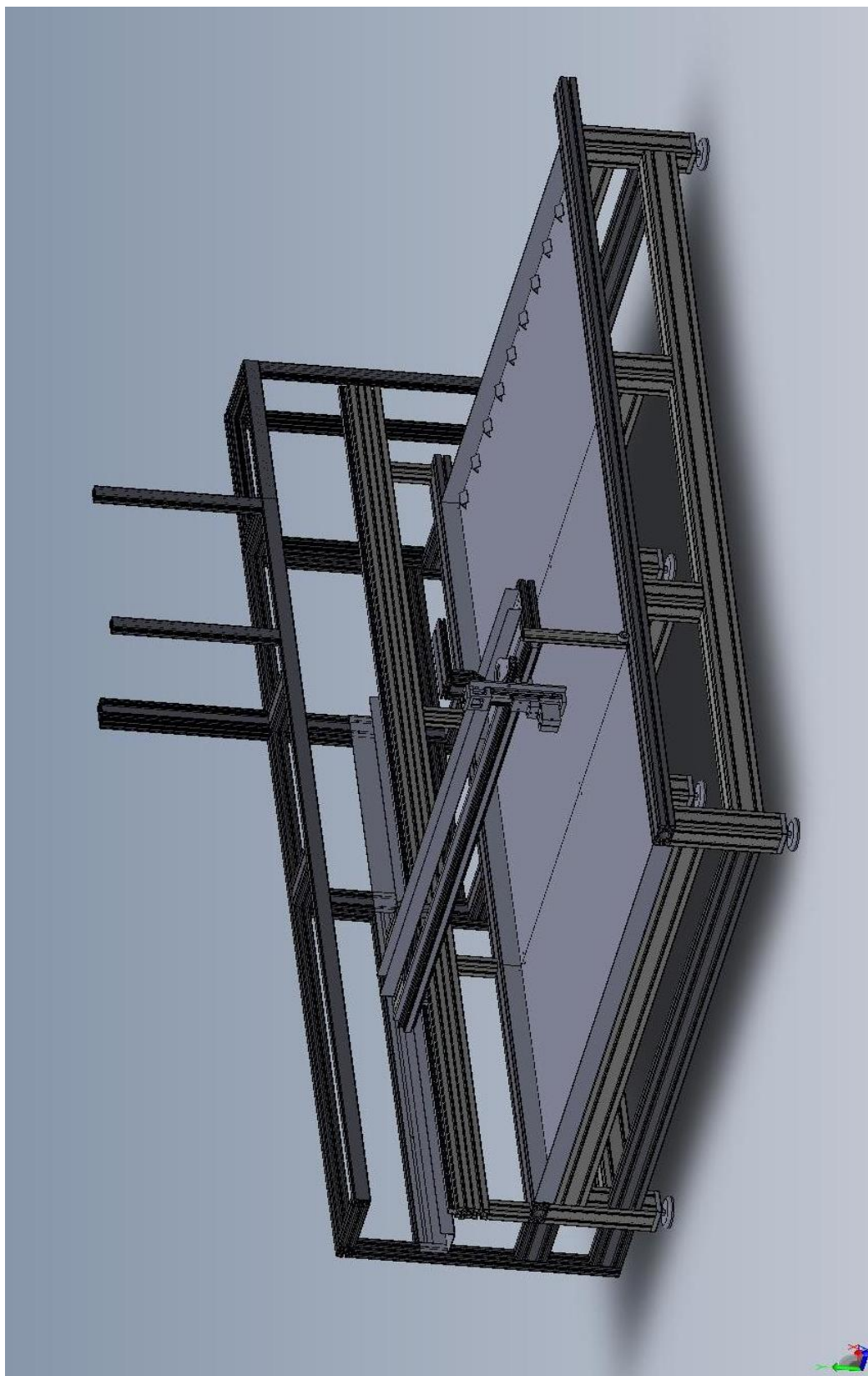
[24] Migatroni Oy, verkkodokumentti, luettu 26.4.2010,

saatavilla: <http://www.migatroni.fi/media/prospekte/52143034.pdf>

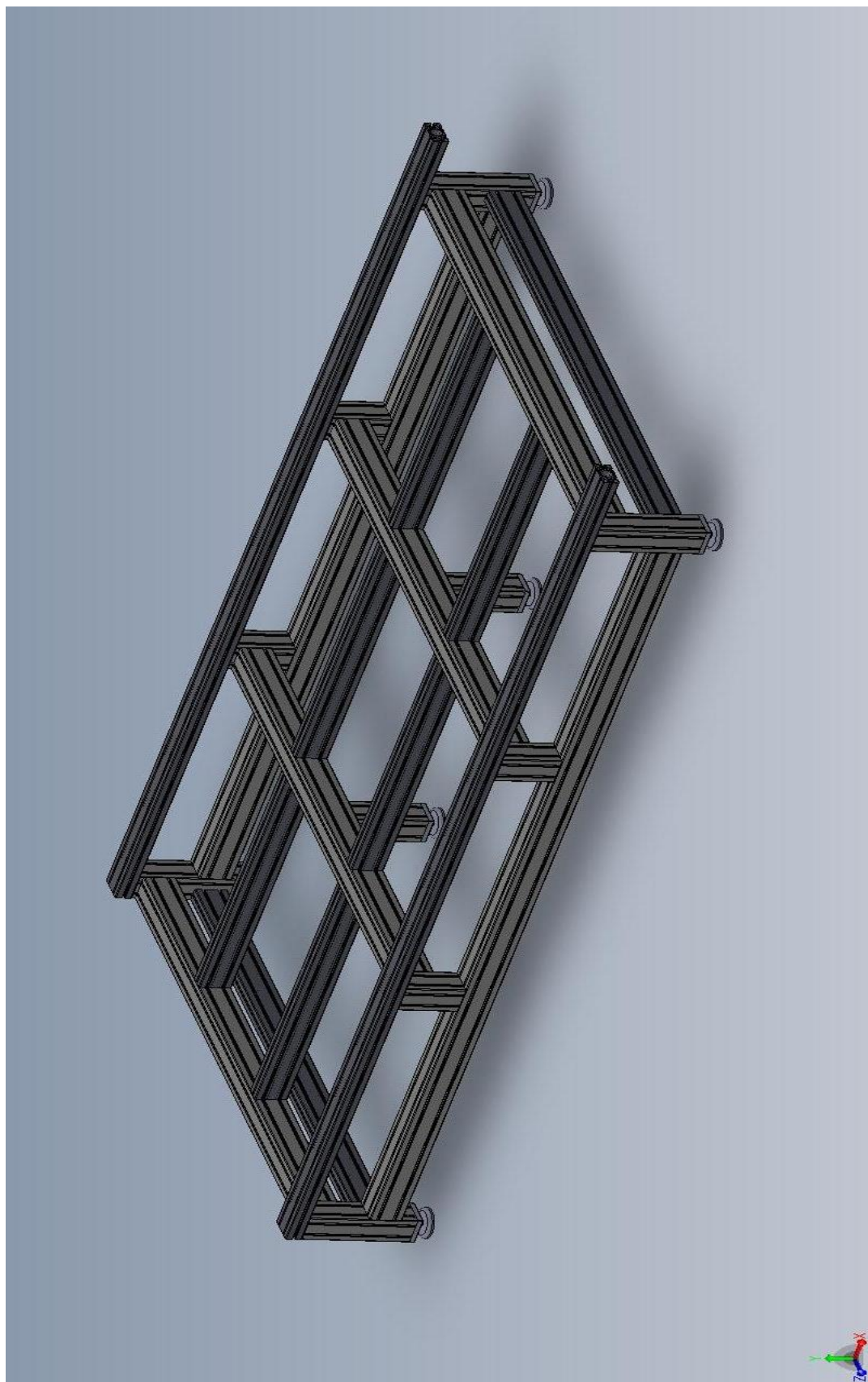
[25] Leikkuuyksikön tekniset tiedot, kuva, viitattu 26.4.2010

saatavilla: <http://www.migatroni.fi/media/prospekte/52143034.pdf>

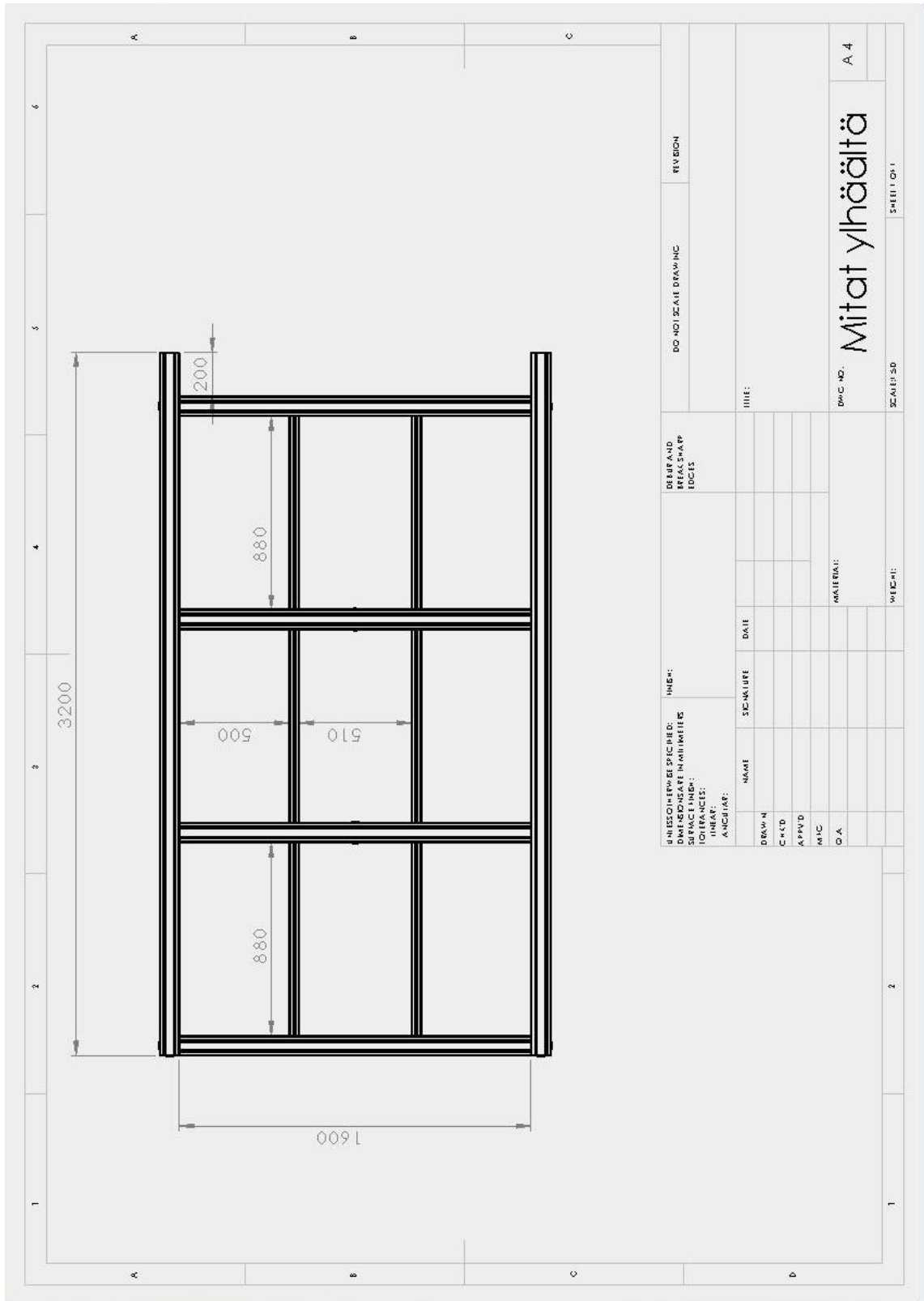
Liite 1. Pääkokoonpano



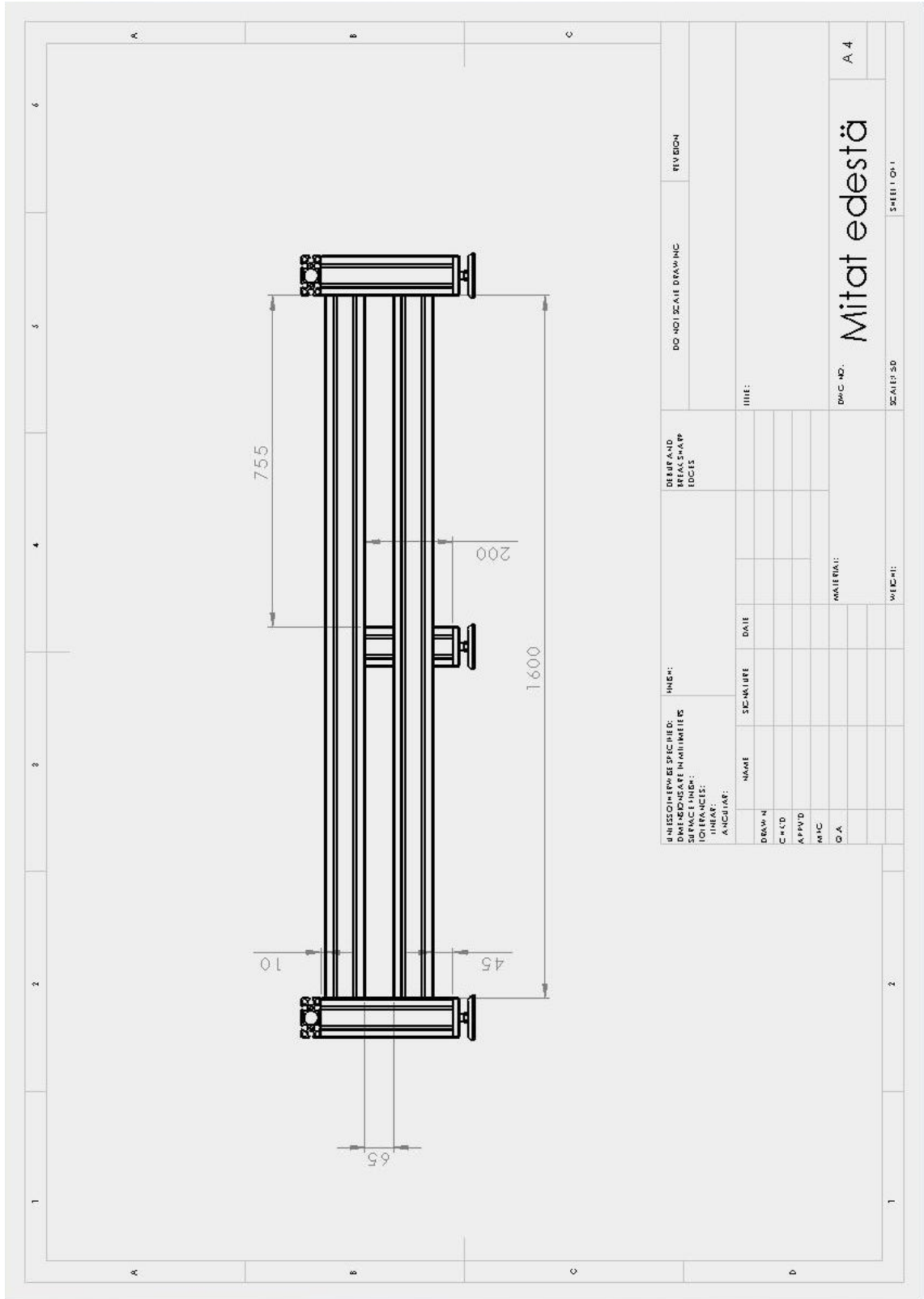
Liite 2. Rungon kokoonpano



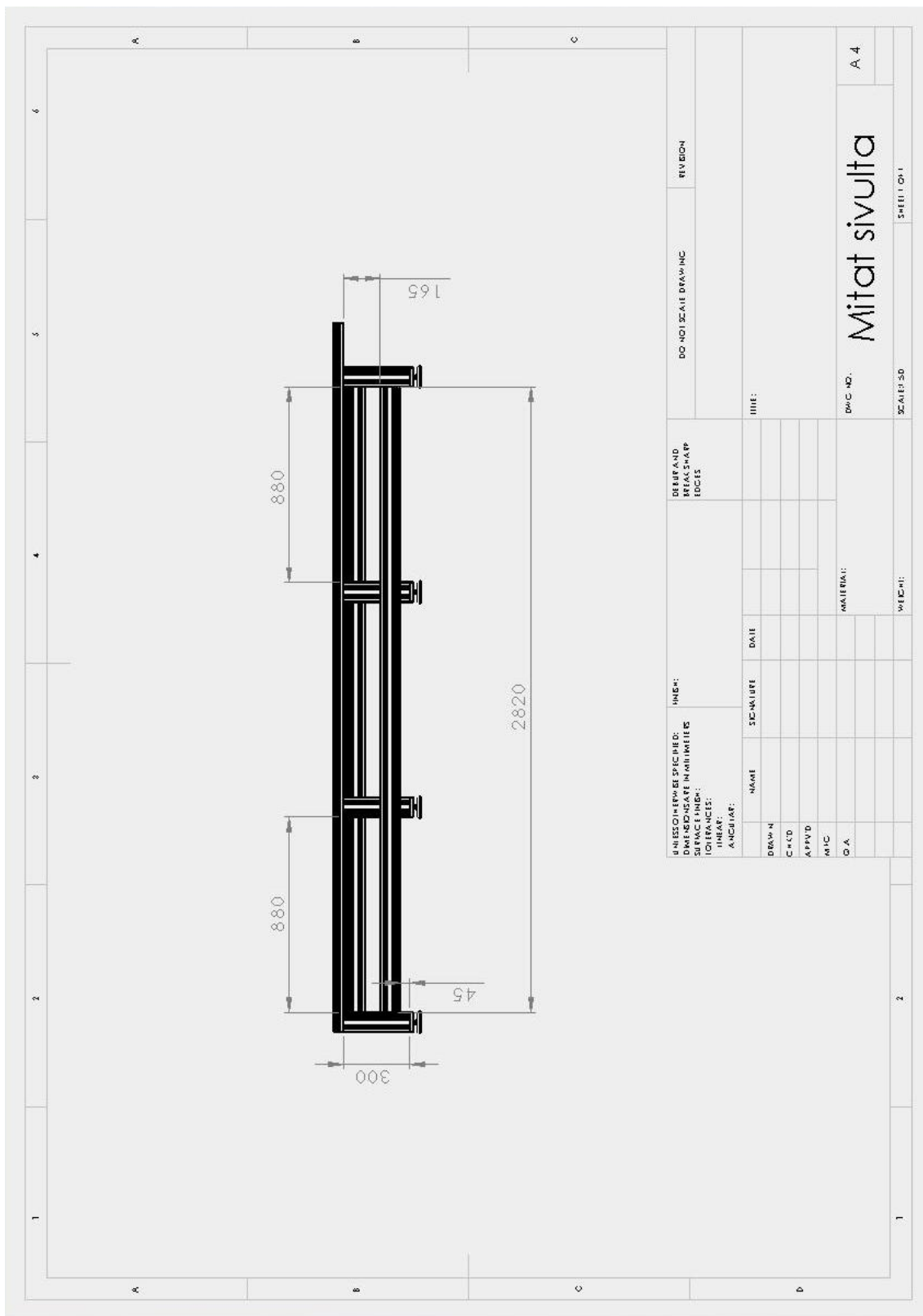
Liite 3. Rungon mitat ylhäältä



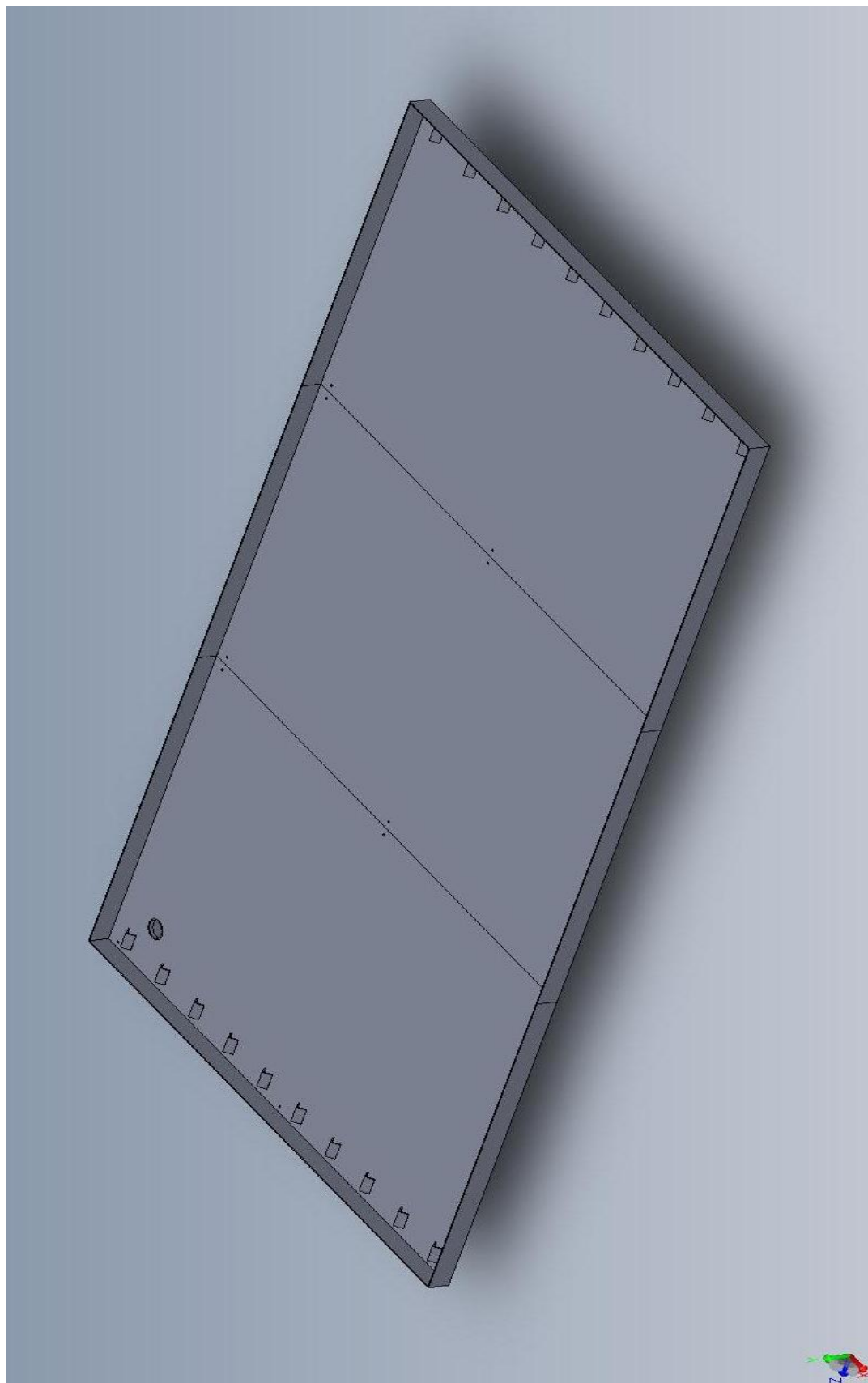
Liite 4. Rungon mitat edestä



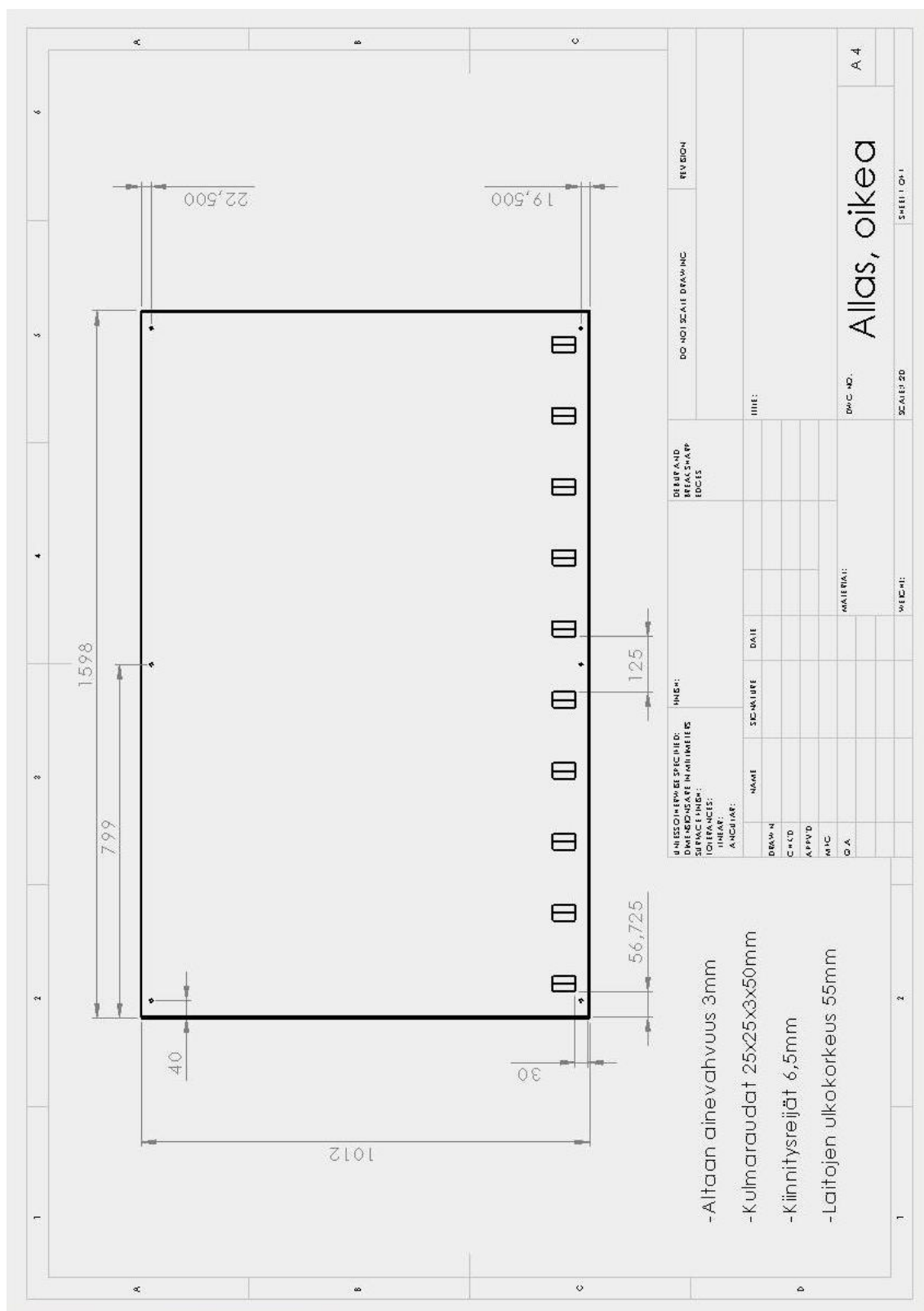
Liite 5. Rungon mitat sivulta



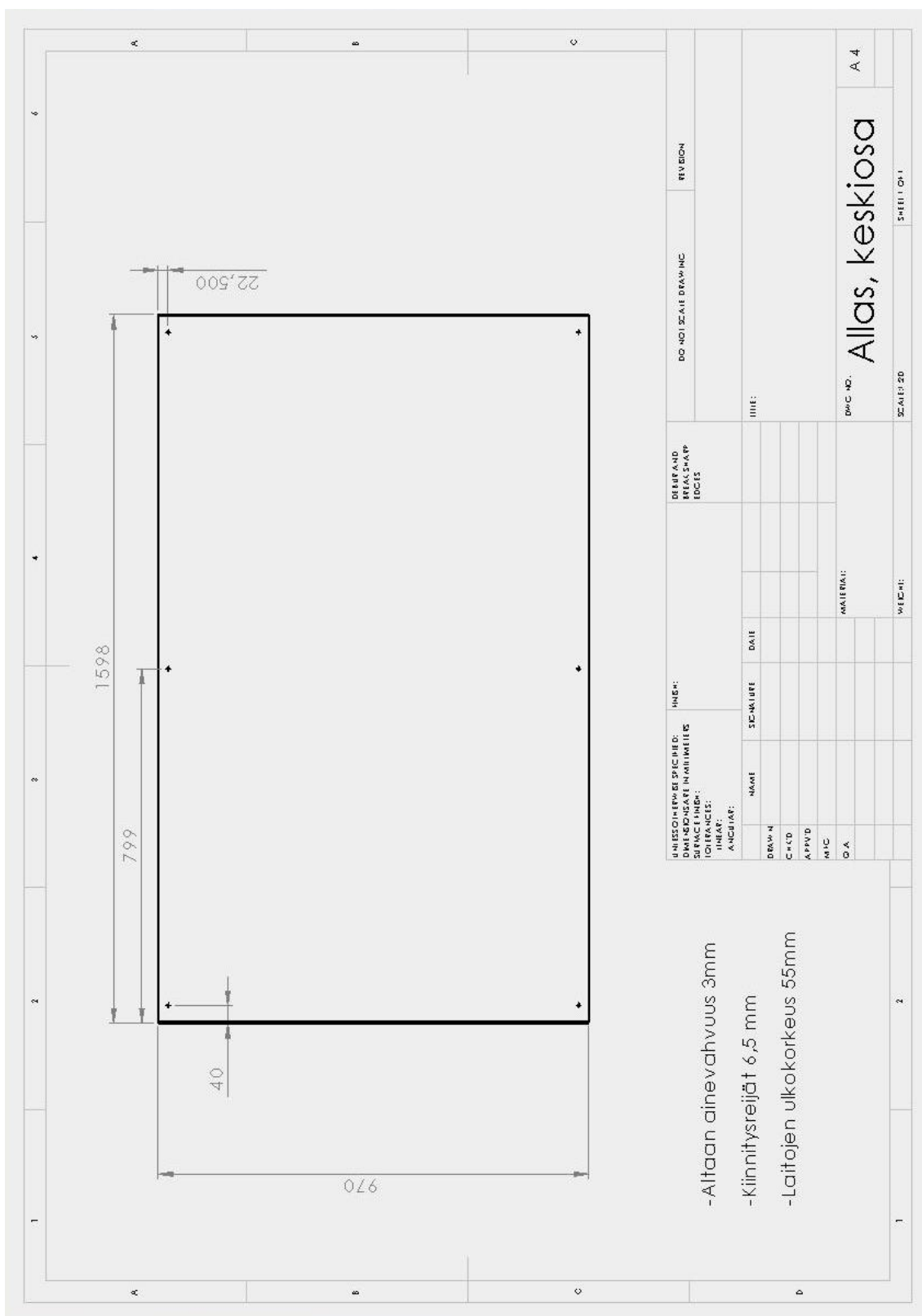
Liite 6. Altaan kokoonpano



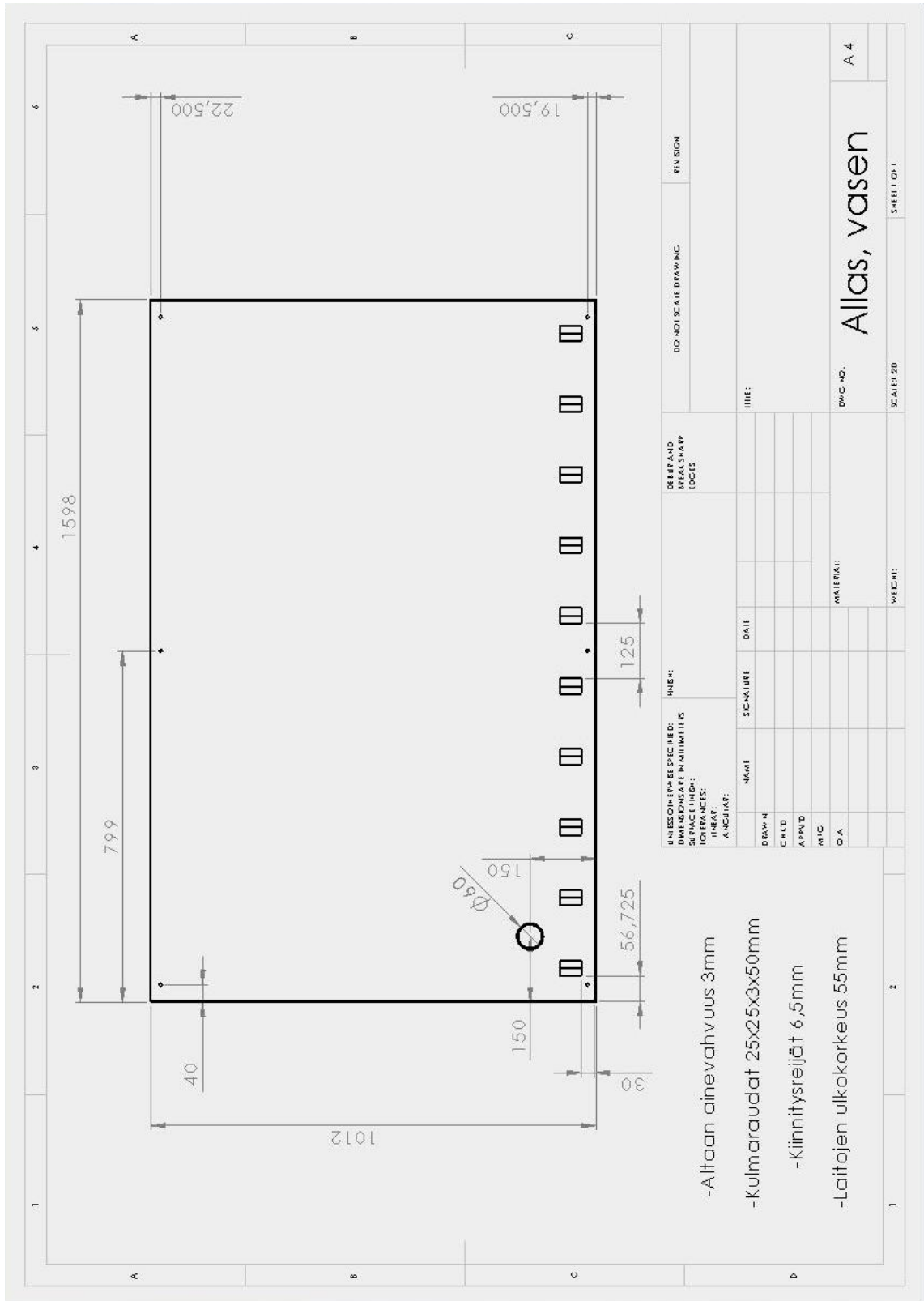
Liite 7. Allas, oikean mitat



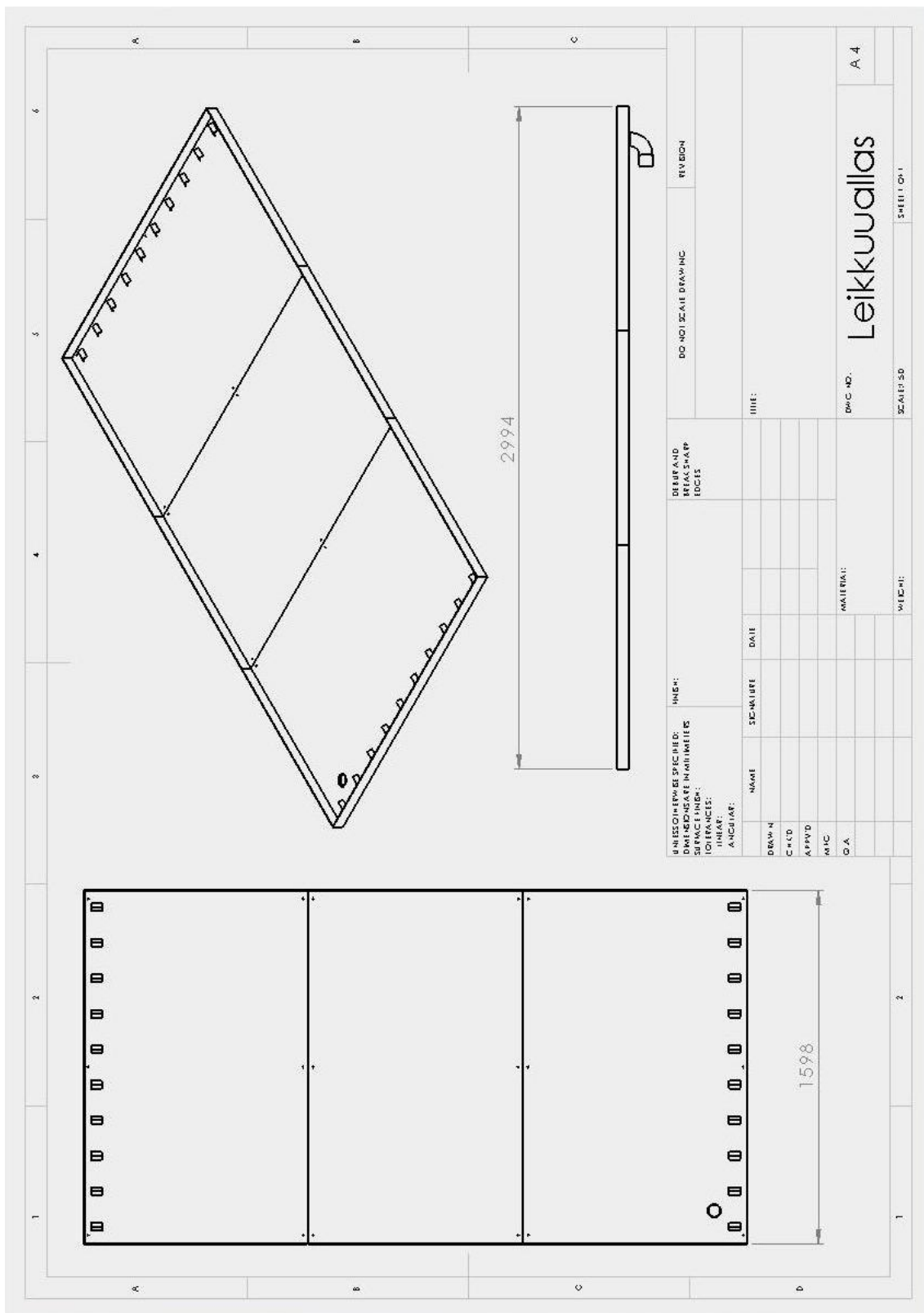
Liite 8. Allas, keskiosan mitat



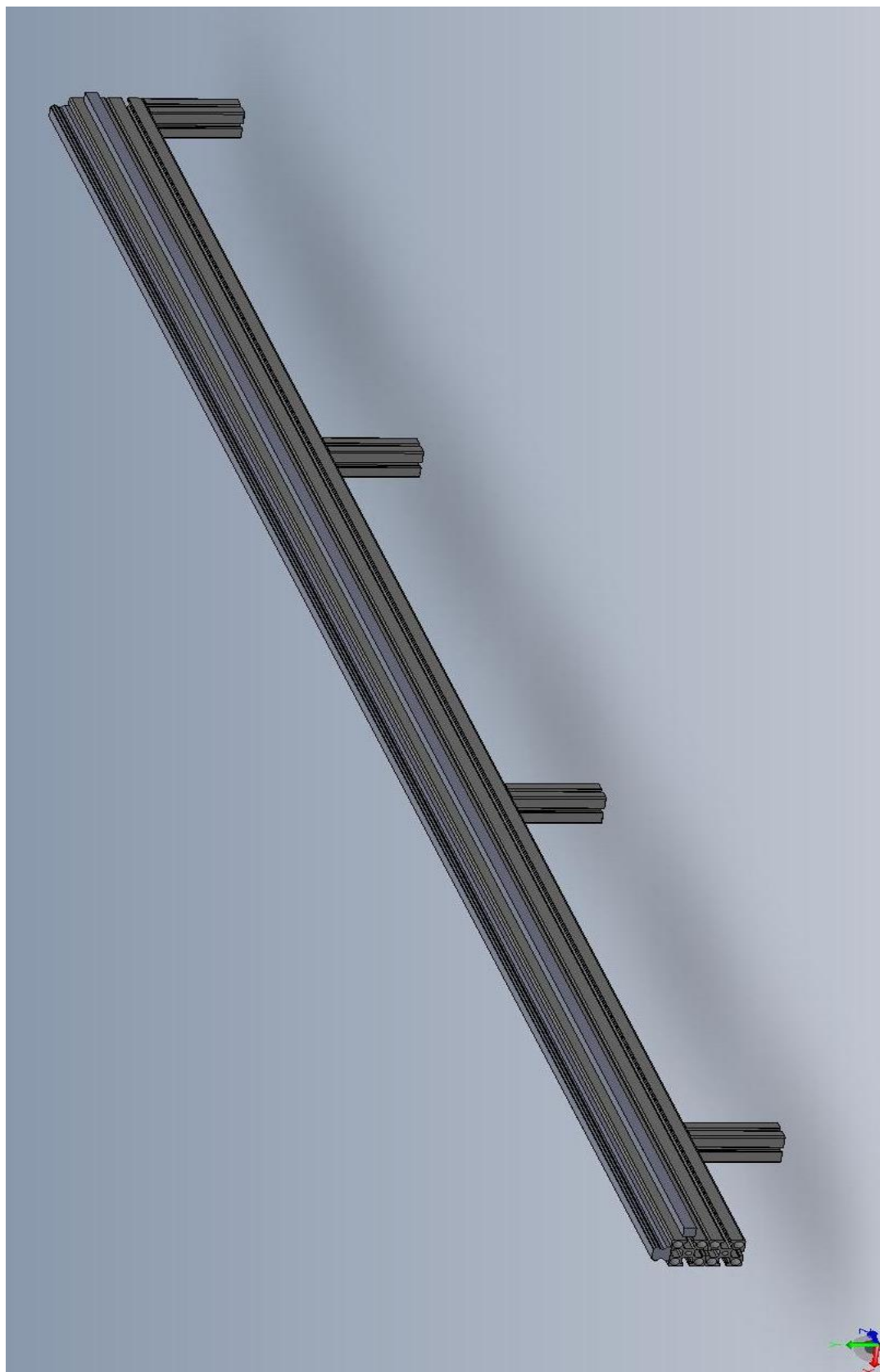
Liite 9. Allas, vasemman mitat



Liite 10. Leikkuualtaan mitat



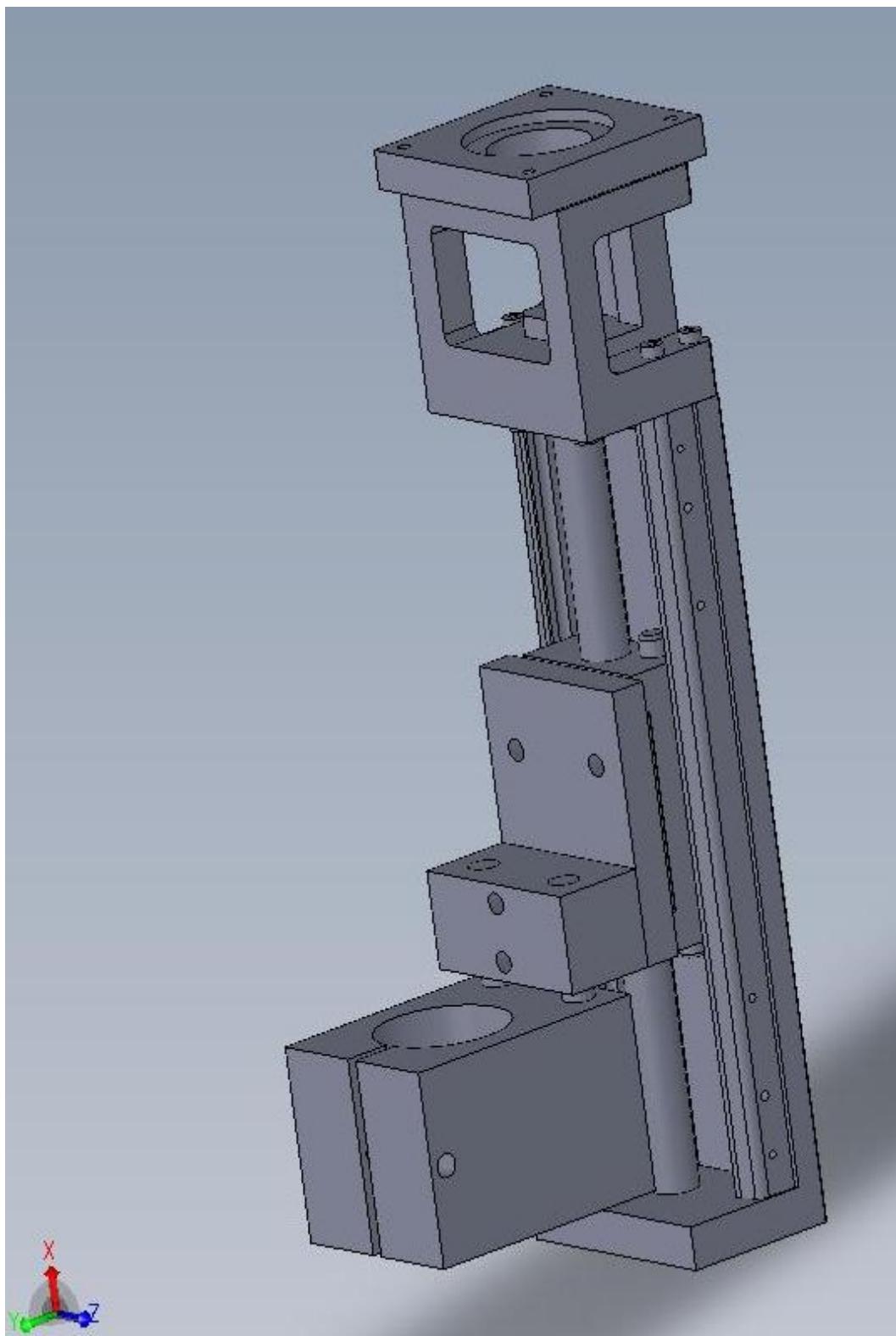
Liite 11. X-lineaarin kokoonpano



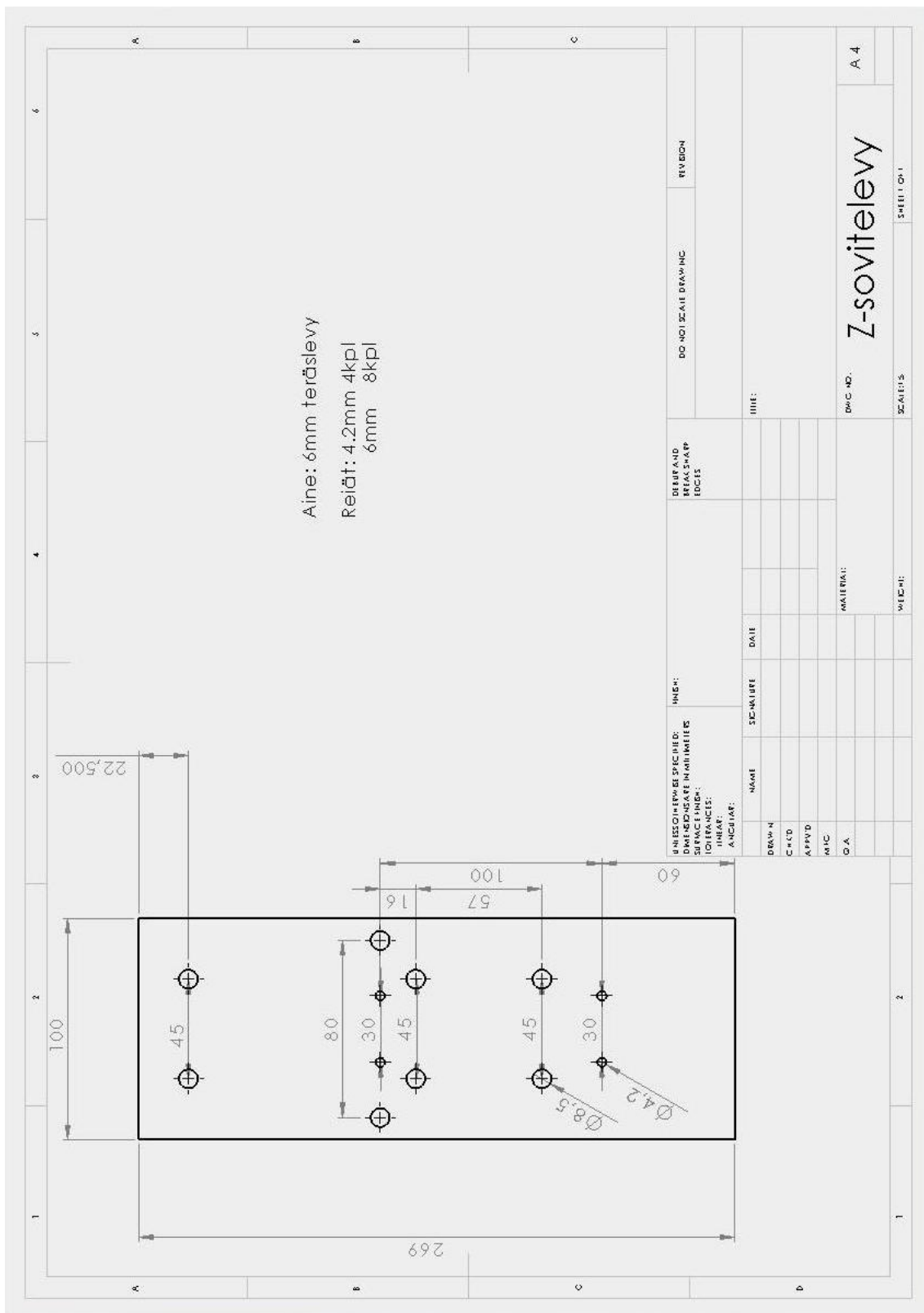
Liite 12. Y-lineaarin kokoonpano



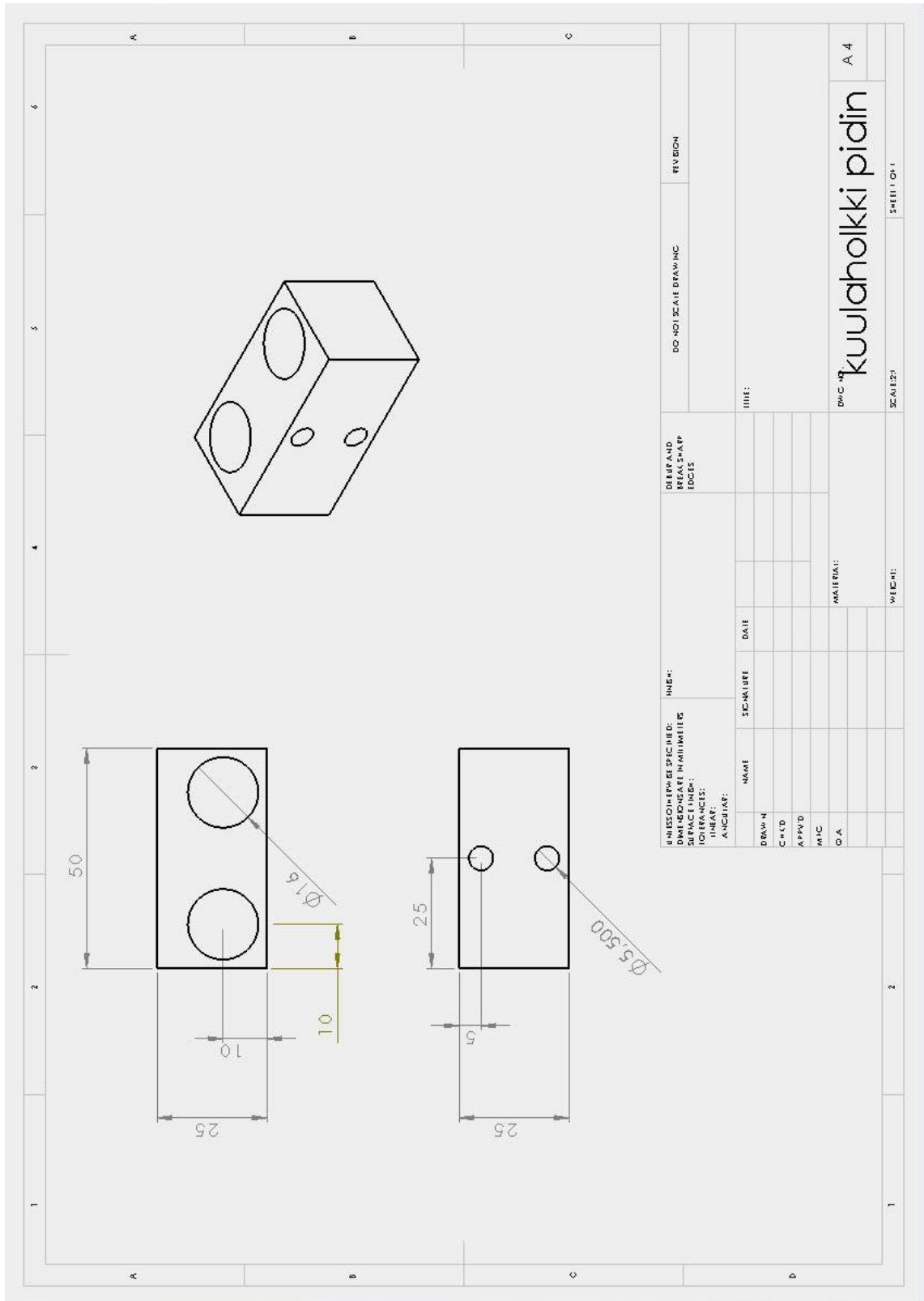
Liite 13. Z-lineaarin kokoonpano



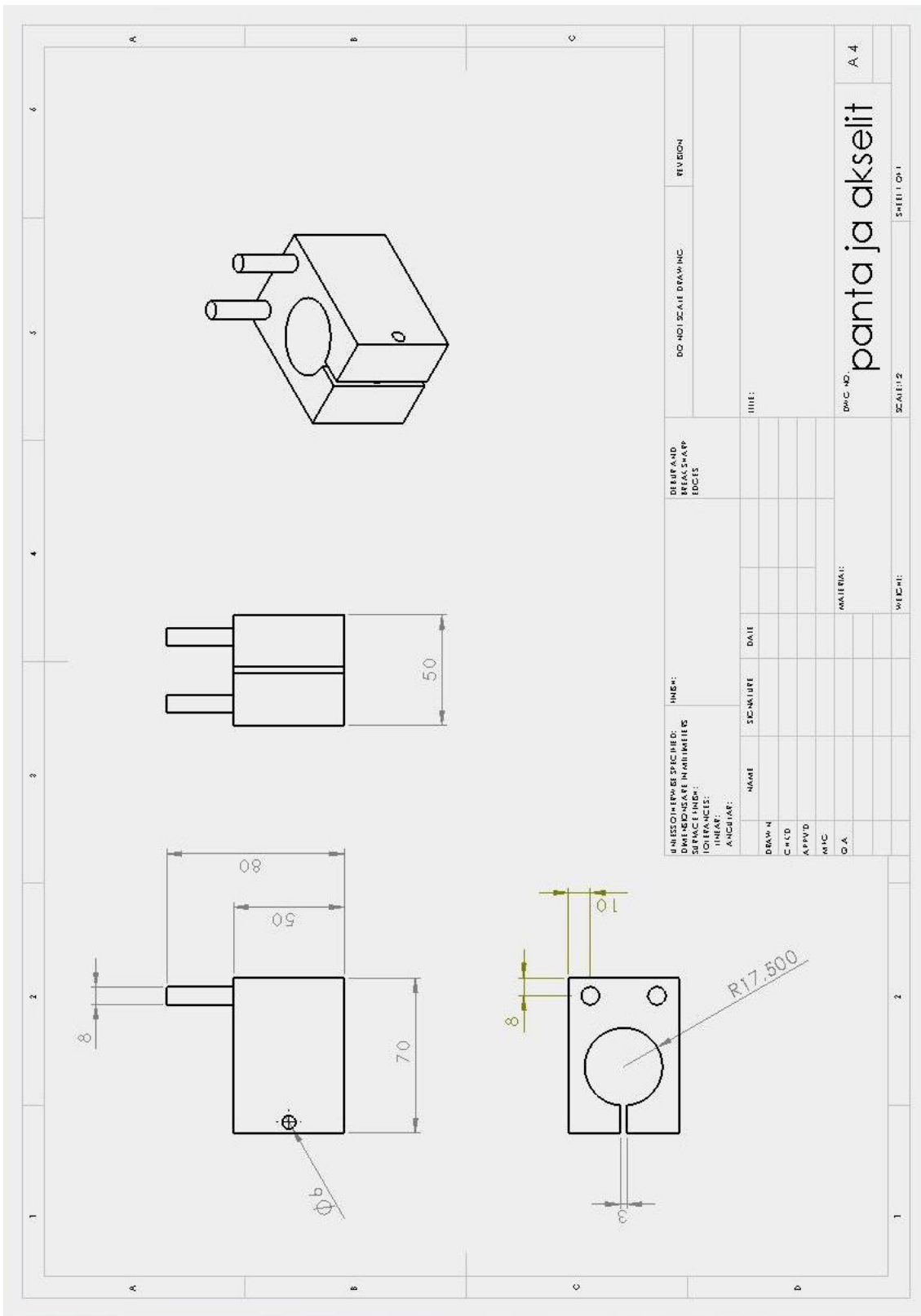
Liite 14. Z-linearin sovitelevyn mitat



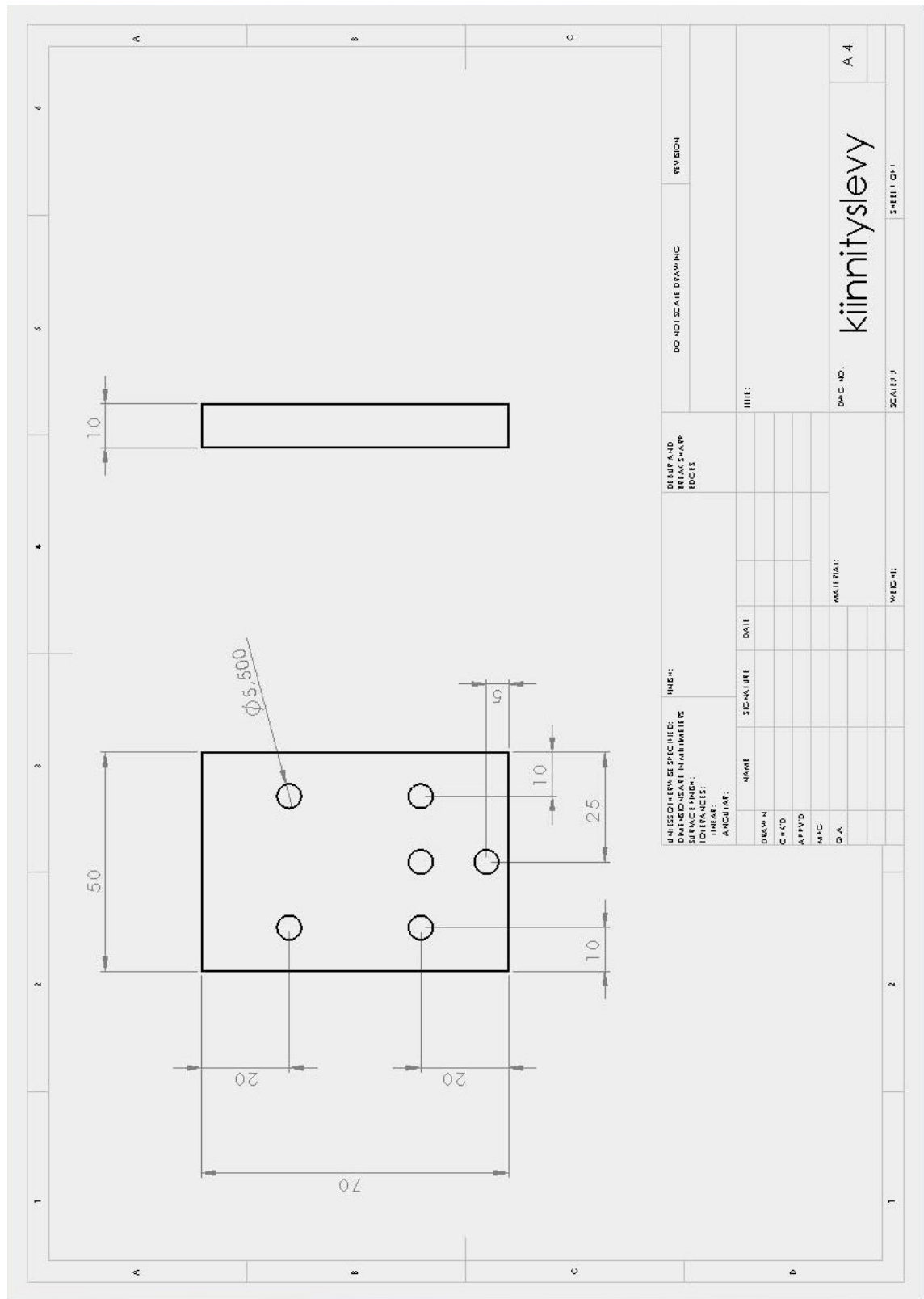
Liite 15. Kuulahoikkipitimen mitat



Liite 16. Polttimen pannan ja akselien mitat

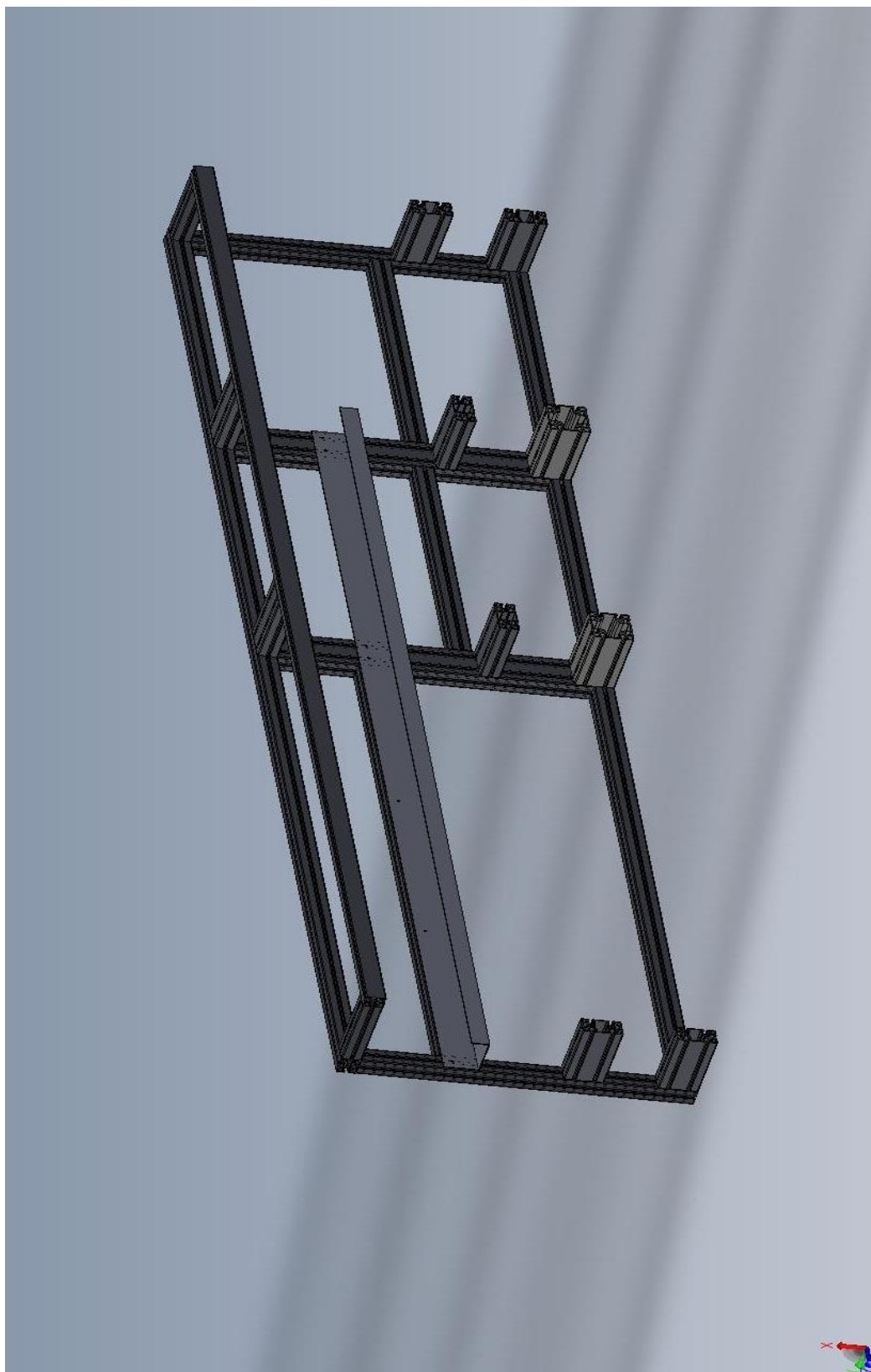


Liite 17. Polttimen kiinnityslevyn mitat

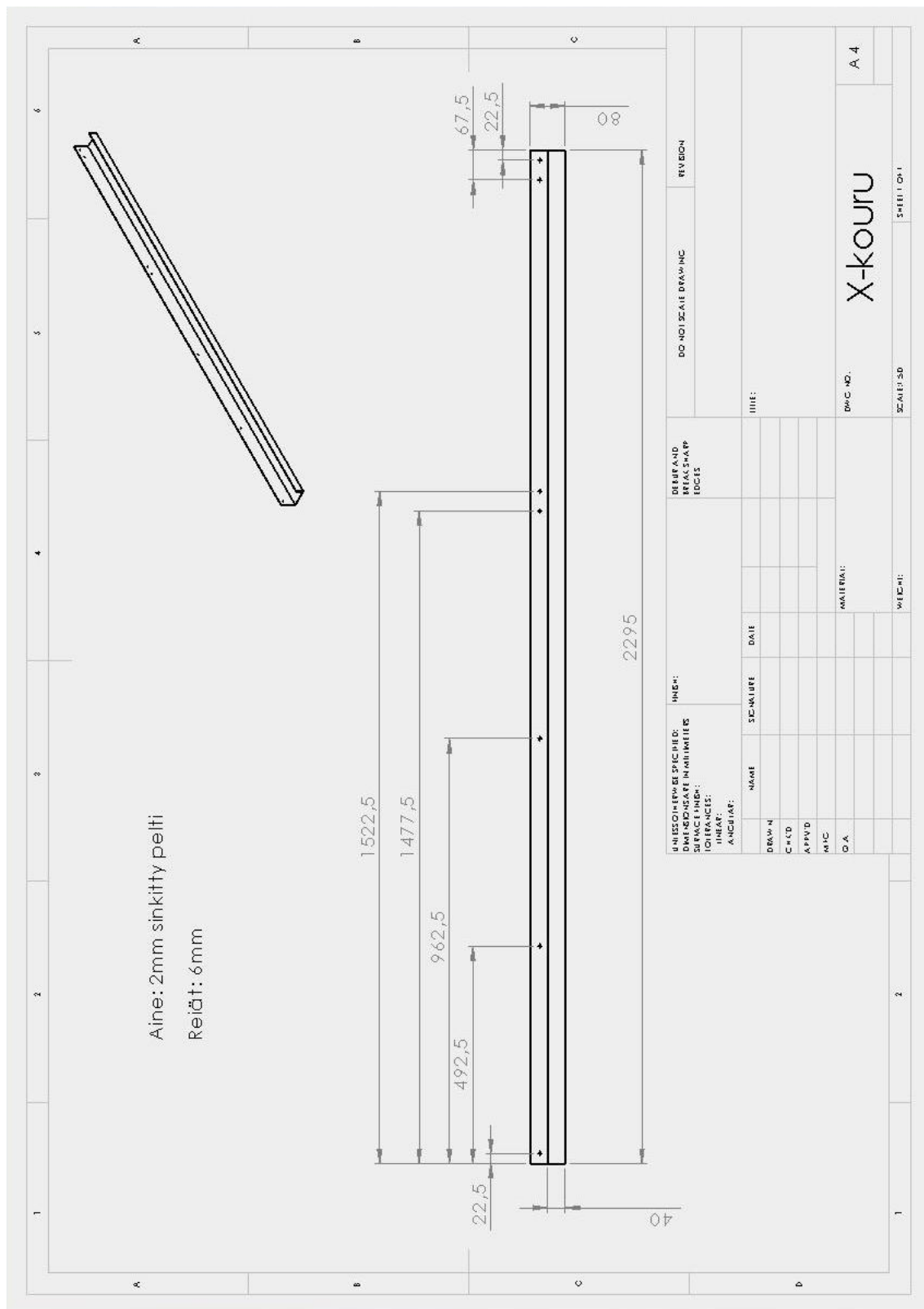


UNISSOINEN SPECIFIED DIMENSION IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: UNIT: ARCHITECT:		INCH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRW-N	NAME	SIGNATURE	DATE						
C-NO									
APP'D									
MFC									
D.A.									
				MATERIAL:		DWG NO.:		A 4	
				WEIGHT:		SCALE: 1:1		SHEET NO.:	

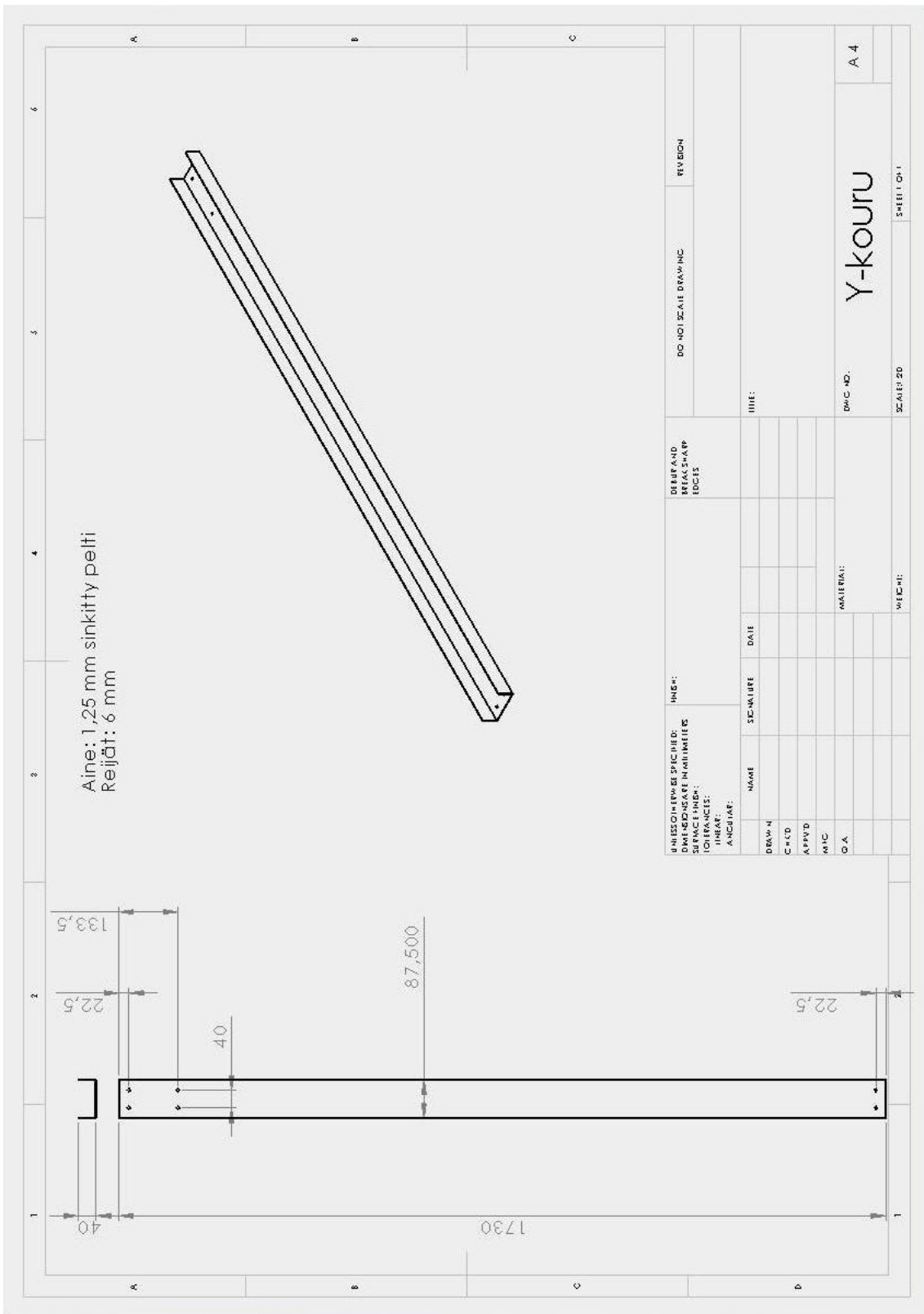
Liite 18. Suojarungon kokoonpano



Liite 19. X-kourun mitat

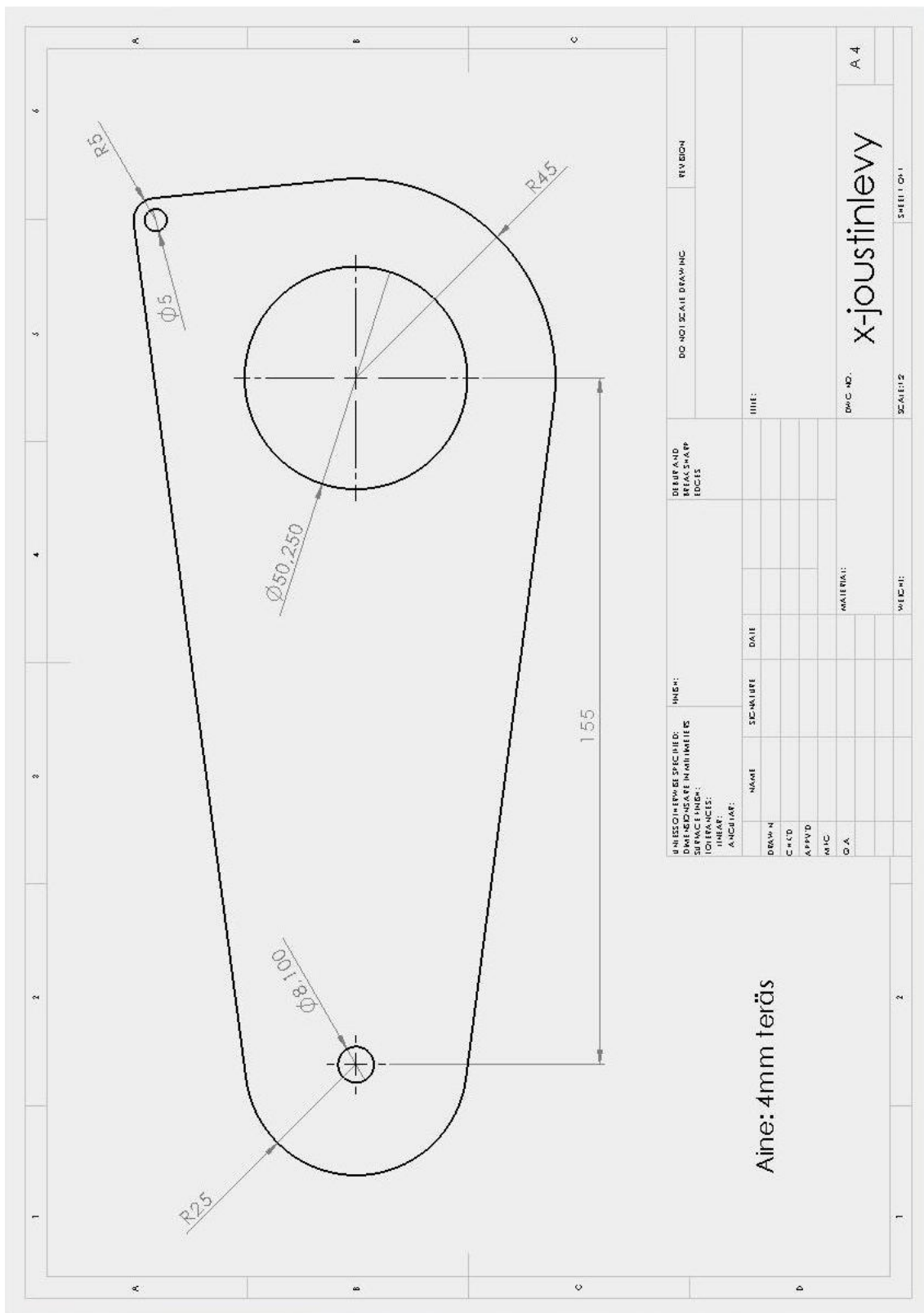


Liite 20. Y-kourun mitat



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		SURFACE FINISH: TOLERANCES: HOLE: ANGULAR:		FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DESKIN	NAME	SCALE	DATE	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		TITLE:		SCALE	
CHECK						Y-KOURU		A 4	
APP'D						DWG NO.		SCALE: 2:1	
MFC						MATERIAL:		SHEET NO.	
D.A.								SHEET TOTAL	

Liite 21. X-servon joustinlevyn mitat



Liite 22. Y-servon joustinlevyn mitat

