

# CNC-jyrsin ohjelmoinnin harjoitteluun



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, Konetekniikka, insinööri (AMK)

kevät, 2020

Teemu Hyytiäinen

Konetekniikka, insinööri (AMK)  
Riihimäen kampus

---

<b>Tekijä</b>	Teemu Hyytiäinen	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	CNC-jyrsin ohjelmoinnin harjoitteluun	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Raimo Ponkkonen	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä esitetään ratkaisua CNC-ohjelmoinnin harjoittelumahdollisuuksien parantamiseen toisen asteen koulutuksessa ja työelämässä. Perehdyttäjänä konepajoissa toimivat ovat ilmaisseet, että ohjelmointitaidon puute on nykyään todella yleistä ja siihen olisi syytä löytää ratkaisu, mikäli koneteollisuus halutaan pitää kotimaassa.

Opinnäytetyön tavoitteena on ollut suunnitella ja valmistaa toimiva CNC-jyrsinkoneen mekaniikka käyttämällä valmiita koneenrakennuksen komponentteja ja valmistamalla loput osat 3D-tulostusta hyödyntäen. Opinnäytetyö pitää sisällään esittelyn työstökoneiden mekaniikan yleisistä osista ja opinnäytetyöksi suunnitellun opetuskoneen mekaniikasta, valmistuksesta ja kokoonpanosta. Suunnittelussa hyödynnettiin Creo parametric 4.0 3D-mallinnusohjelmaa, jolla saatiin koneen liikkeet simuloitua.

Tämä opinnäytetyö palvelee innovatiivisia toisen asteen opettajia, jotka etsivät vaihtoehtoisia opetuskonetta hyvin kalliiden ja tilaa vievien CNC-työstökoneiden rinnalle ja tilalle. Opinnäytetyöstä yritykset ja muut aiheesta kiinnostuneet saavat hyvää tietoa ja rakennusohjeen vastaavalle koneelle.

Suunnittelutyö oli kohtalaisen haastava, mutta työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Opinnäytetyön aiheeseen päädyttiin mielenkiinnosta kehittää CNC-ohjelmoinnin harjoittelumahdollisuuksia. Opinnäytetyön suorittaja on myös työn toimeksiantaja.

**Avainsanat** CNC-jyrsin, CNC-koneistus, mekaniikkasuunnittelu, 3D-tulostus.

**Sivut** 80 sivua, joista liitteitä 44 sivua

Mechanical Engineering  
Riihimäki

---

<b>Author</b>	Teemu Hyytiäinen	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	CNC milling machine for training programming	
<b>Supervisors</b>	Raimo Ponkkonen	

---

#### ABSTRACT

The goal of the project was about presenting a solution to improve the possibilities in practicing CNC-programming in second degree education and working life. Supervisors who work in machine shops have pointed out that the lack of skills in programming is quite common and a solution for this should be found as far as the machine industry is desired to be kept in Finland.

The purpose of this thesis was to engineer and produce the mechanics of a functional CNC milling machine by using ready-made mechanical engineering components and by producing the rest of the parts by using 3D-printing. This thesis consists of an introduction to the common parts in machine mechanics and to the mechanics, production and assembly of the training machine that was designed in this project.

This thesis serves innovative teachers, in second degree education, who are seeking for an alternative training machine alongside or in place of expensive CNC-machines. The thesis offers detailed information and building instructions for companies and other parties interested in the subject.

The design work was quite challenging, but the goals of the project were achieved. The topic of the thesis was decided because of an interest in improving the opportunities to train and practice CNC programming.

**Keywords** CNC milling machine, CNC-machining, mechanical engineering, 3D-printing.

**Pages** 80 pages including appendices 44 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SUUNNITTELUN PERUSAJATUS JA KOMPONENTIT .....	2
2.1	Mekaniikkasuunnittelun lähtökohdat.....	3
2.2	Runko.....	3
2.3	Lineaarijohteet .....	4
2.4	Liikeruuvi ja laakerit .....	6
2.5	Liikemoottorit.....	8
2.6	Kara.....	9
3	SUUNNITTELU .....	10
3.1	Runko.....	10
3.2	Johteet Minitec-profiiliin.....	11
3.3	X-akseli .....	12
3.4	Y-akseli.....	14
3.5	Z-akseli.....	16
3.6	Kara.....	17
4	VALMISTUS .....	18
4.1	3D-tulostus .....	18
4.2	Slicer .....	19
4.3	Filamentti = lisäaine .....	20
4.4	Osien tulostus.....	21
4.5	Kokoonpano .....	25
5	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET .....	36

## Liitteet

Liite 1	Pienoismoottorien valintaopas
Liite 2	Minitec johde -koneenpiirustuskuvat
Liite 3	Minitec L=250 mm koneenpiirustuskuvat
Liite 4	Minitec L=200 mm koneenpiirustuskuvat
Liite 5	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys X-moottorikiinnike
Liite 6	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys X-levy
Liite 7	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys karapyykkä
Liite 8	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys Y-moottorikiinnike
Liite 9	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys Z-moottorikiinnike
Liite 10	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys karan runko
Liite 11	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys Y-levy
Liite 12	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys akselikytkin



Liite 13	3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys käsipyörä
Liite 14	Koneenpiirustus kuularuuvi X
Liite 15	Koneenpiirustus kuularuuvi Y
Liite 16	Koneenpiirustus kuularuuvi Z
Liite 17	Koneenpiirustus kiinnittimen ruuvi
Liite 18	Koneenpiirustus ER-11 pidin
Liite 19	Koneenpiirustus akselikytkin kara
Liite 20	Kokoonpanokuva Z-liikeruuvi
Liite 21	Kokoonpanokuva X-levy
Liite 22	Kokoonpanokuva Y-levy
Liite 23	Kokoonpanokuva X-liike
Liite 24	Kokoonpanokuva kara
Liite 25	Kokoonpanokuva X- ja Y-akselit
Liite 26	Kokoonpanokuva kara/Z-akseli
Liite 27	Kokoonpanokuva kiinnitin
Liite 28	Kokoonpanokuva jyrsinkone

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee CNC-jyrsinkoneen mekaniikan rakentamista. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman helposti valmistettava jyrsinkone ja valmistaa se myös käytännössä. Raportin mukaan valmistettava CNC-jyrsinkone yhdistettynä johonkin monista harrastekäyttöön tarkoitetuista CNC-ohjauksista tarjoaa alan opiskelijoille ja muille aiheesta kiinnostuneille vaihtoehtoisen menetelmän CNC-ohjelmoinnin harjoitteluun. Jyrsinkoneen mekaniikka on suunniteltu siten, että sen valmistamiseen ei tarvita kalliita työstökoneita, vaan lähes kaikki osat voidaan 3D-tulostaa. 3D-tulostettujen osien lisäksi hyödynnetään valmiita koneenrakennuksen komponentteja.

CNC-koneistus (Computer Numerical Control) on nykypäivänä yleisin koneistusmenetelmä. CNC-koneistuksen hyödyt ovat moninaiset: nopeus, tarkkuus, toistettavuus, turvallisuus sekä monimutkaisten kappaleiden valmistuksen mahdollisuus.

CNC-koneita voidaan nykypäivänä ohjelmoida hyödyntämällä CAM-ohjelmia, joilla saadaan luotua työstöradat ja G-koodi. CAM-ohjelmien käyttö on yleistynyt, mutta ne tekevät ohjelmista hyvin pitkiä ja ohjelmien muokkaaminen työstökoneella on käytännössä mahdotonta. CNC-ohjelman teko manuaalisesti on taito joka koneistajien olisi syytä osata.

Ohjelmointitaidonpuute on suuri ongelma kone- ja metalliteollisuudessa. Yksi syy osaamisen puutteelle on harjoitusmahdollisuuksien vähyyys. Monissa ammatillisissa oppilaitoksissa on vain muutama kone ja luokalla koneiden määrään verraten moninkertainen määrä opiskelijoita.

CNC-koneilla käytettävään harjoittelu-aikaan voivat vaikuttaa myös oppilaiden tasoerot ja heidän oma aktiivisuutensa. CNC-koneiden korkea hinta ja korjauskustannusten suuruus voivat myös vaikuttaa oppilaiden halukkuuteen päästä käyttämään CNC-konetta. Koneiden suuri koko voi olla joillekin pelottava tekijä.

Työharjoittelussa oppilaiden taitotaso määrittää melko paljon harjoittelun työtehtäviä. Monesti oppilaat eivät pääse tekemään ammattitaitoaan kehittävää työtä, vaan päätyvät tekemään toistavaa työtä esim. purseenpoistoa tai kappaleenvaihtoa.

Harjoituskoneen tarpeellisuutta on hyvä miettiä myös yritysten kannalta. Oppisopimuskoulutuksessa tai uuden ohjelmointitaidottoman työntekijän koulutuksessa joudutaan harjoitteluun käytettävä kone poistamaan tuotavasta työstä. Alan asiantuntijoilta haastateltiin harjoituskoneen tarpeellisuudesta ja heidän vastauksensa puolsivat ajatusta harjoituskoneen

hyödyistä. Opinnäytetyön jyrsinkone tarjoaisi helposti lähestyttävän ja huomattavasti edullisemman koneen ohjelmoinnin harjoitteluun.

Koneen pieni koko ja lelumainen ulkonäkö voisi houkutella digiajan opiskelijoita kokeilemaan ohjelmointia. Oppilaitoskäytössä opiskelija saisi itse valmistaa koneen, mikä voisi antaa inspiraatiota ohjelmoinnin opiskeluun ja muihin kone- ja metallialalla tehtävien kappaleiden ja töiden tekemiseen. Lisäksi koneen rakentaminen antaisi hyvää tietoa työstökoneiden osista ja toiminnoista. Koneen edullinen hinta suhteessa kaupallisiin koneisiin mahdollistaisi useamman koneen hankinnan/tekemisen oppilaitokseen ja lisäksi mahdollisuuksia päästä harjoittelemaan ohjelmointia ja CNC-koneen käyttöä.

## 2 SUUNNITTELUN PERUSAJATUS JA KOMPONENTIT

CNC-jyrsinkoneen suunnittelussa lähdettiin liikkeelle valmistuksen helpoudesta. Ammattilaisten ja oppilaitosten lisäksi on myös paljon CNC-koneistuksen harrastajia, joten laitteen osien valmistus haluttiin tehdä mahdollisimman helpoksi ja halvaksi. Näitä ajatuksia palvelee 3D-tulostus, jonka avulla saadaan helposti ja nopeasti valmistettua osia jyrsinkoneen rakentamiseen.

Suunnittelun lähtökohtana oli, että jyrsinkoneen rakentamisessa tarvitaan mahdollisimman vähän perinteisiä työstökoneita kuten sorvia ja jyrsinkonetta. 3D-tulostimet ovat yleistyneet ja niitä löytyy nykyään monista oppilaitoksista ja kirjastoista alan yrityksiä unohtamatta.

Kaikkia osia ei ollut mahdollista valmistaa tulostamalla, joten osat, joissa tulostusta ei pystytty hyödyntämään valittiin yleisistä koneenrakennuksen osista. Ensiajatuksena oli minimoida rakentamiseen tarvittava budjetti ja hankkia ei tulostettavat osat Ebaystä. Koneessa käytettävät osat päädyttiin lopulta hankkimaan kotimaasta ajatuksena tukea kotimaista yrittäjyyttä ja osien jäljitettävyyttä, mikäli joku innostuu valmistamaan vastaavan koneen opinnäytetyön pohjalta.

Opinnäytetyölle haettiin yhteistyökumppania ja yhteistyökumppaniksi saatiin suomalainen mekaniikan komponentteja ja mekaanisia ratkaisuja tarjoavan Movetec Oy. Movetec Oy lahjoitti CNC-jyrsinkoneeseen käytetyt mekaniikkaan liittyvät osat sekä heidän valikoimastaan tähän jyrsinkoneeseen sopivat liikemoottorit, karamoottorin ja virtalähteen.

## 2.1 Mekaniikkasuunnittelun lähtökohdat

Opinnäytetyön CNC-jyrsinkoneen mekaniikkaan pähkinänkuoressa kuuluu kolme liikeakselia, joilla on johteet, liikeruuvit ja kelkat. X-akseli on jyrsinkoneen pisin liikeakseli. Y-akseli on akseli, joka liikkuu poikittain X-akselin suhteen. Lisäksi jyrsinkoneessa on Z-akseli, joka liikkuu korkeussuunnassa.

Aiemmin kerrotut suunnittelun perusajatukset aiheuttivat tiettyjä rajoitteita mekaniikan suunnitteluun. Koska 3D-tulostuksella ei saada suoraa pintaa, joka olisi verrattavissa koneistettuun pintaan, päädyttiin pisimmällä akselilla eli X-akselilla hyödyntämään johteiden kiinnityspintana alumiiniprofiilia. Minitec-alumiiniprofiilijärjestelmää hyödyntäen on helppo rakentaa runkoja koneille ja laitteille.

3D-tulostetun pinnan epätasaisuus muutti koneen mekaniikkaa käänteiseksi perinteisestä jyrsinkoneesta, jossa Y-akseli on rakennettu X-akselin alle. Opinnäytetyön jyrsinkoneessa X-akseli on alimmainen akseli ja Y-akseli on rakennettu sen päälle. Jyrsinkoneesta oli tarkoitus tehdä kooltaan hyvin pieni verrattuna perinteisiin CNC-koneisiin. Käytettävissä oleva 3D-tulostin toi myös rajoituksen osien koon. Tulostimen ala, johon kaikkien tulostettavien osien piti mahtua, on kooltaan 200 x 200 x 200 mm.

Jyrsinkoneen pieni koko ei haittaa koneen käyttötarkoitusta, joka on ensisijaisesti ohjelmoinnin harjoittelu. Jyrsinkoneella näkee, miten ohjelmoitu työstörata suoritetaan ja myös pienten kappaleiden valmistus pehmeistä aineista on mahdollista. Edellä mainitusta johtuen ohjelmointiharjoittelu on mielekkäämpää verrattuna pelkkään simulaatioharjoitteluun, jossa kaikki liikkeet tapahtuvat vain tietokoneen näytöllä.

## 2.2 Runko

Jyrsinkoneen runkoon kiinnitetään kaikki komponentit ja se määrittää laitteen koon ja käyttötarkoituksen (kuva 1). Hyvän työstökoneen perusta on rungon tukevuus ja kyky olla värähtelemättä. Tämän raportin koneeseen ei ole lähdetty suunnittelemaan parasta mahdollista runkoa tai tekemään analyysjä värähtelytaajuuksista, koska koneen ideana ei ole työstö vaan työstöohjelmien teon harjoittelu. Aiemmin määritetyt suunnittelun perusajatukset tekisivät ”täydellisen” rungon suunnittelusta haastavaa.



Kuva 1. CNC-jyrsimen runko (CNC Cookbook Inc, n.d)

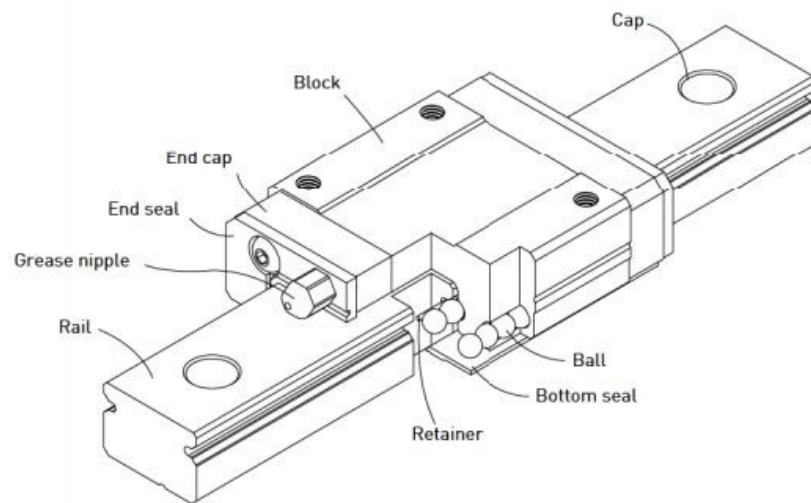
### 2.3 Linearijohteet

Johteet ovat lineaariliikkeen perusta. Johteet ottavat vastaan rakenteen painon ja liikkeistä aiheutuvat kuormitukset. Johteita on erityyppisiä erilaisiin kohteisiin, joten kestävä kuormitus ja tarvittava tarkkuus määrittävätkin johteiden valinnan. Johteita löytyy lukuisia eri kokoja ja malleja.

Johde muodostuu kahdesta komponentista. Johde itsessään on pitkänomainen metallinen tanko, jolla on tietty geometria. Lisäksi lineaarijohteeseen kuuluu kelkka, joka on laakeroitu joko kuulilla tai rullilla. Kelkan laakerointi (kuva 2) ja sen esijännitys sekä tapauskohtainen voitelu mahdollistavat kevyen, välyksettömän ja matalakitkaisen liikkeen jopa raskaasti kuormitettuna. (HIWIN Corporation, n.d.b)

Johteet (kuva 3) kiinnitetään koneen runkoon. Kelkkoihin kiinnitetään osat, joita halutaan liikuttaa. Jyrsinkoneen rakenteen takia X-akselin kelkkojen päälle on kiinnitetty levy, jotta Y-akselin johteet saadaan kiinnitettyä.

#### 2-4-2 Construction of MGN Series



- Rolling circulation system: Block, rail, ball, end cap and retainer
- Lubrication system: Grease nipple is available for MGN15, lubricated by grease gun. MGN7, 9, 12 are lubricated by the hole at the side of the end cap.
- Dust protection system: End seal, bottom seal (optional size 9,12,15), cap (size12,15)

Kuva 2. Linearijohde ja kelkka (HIWIN Corporation, n.d.b)



Kuva 3. Johde ja kelkat. (HIWIN Corporation, n.d.b)

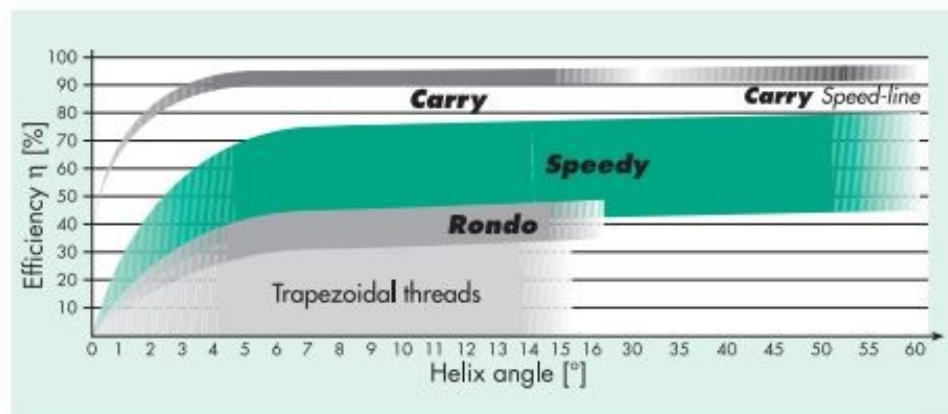
## 2.4 Liikeruuvi ja laakerit

Liikeruuvi koostuu ruuvista ja mutterista. Liikeruuveja on myös erilaisia käyttökohteiden mukaan. Manuaalisissa työstökoneissa käytetään trapetsiruuveja, mutta yleisesti CNC-koneissa ja muissa suuren tarkkuuden koneissa käytetään kuularuuvia, joka on hyötysuhteeltaan (kuva 4) paras pienen kitkakertoimen ansiosta.

Lineaarijohteiden tapaan myös kuularuuveja on eri välyksillä (esijännitys). Kuularuuvi valitaan käyttökohteen vaatimusten mukaisesti. Valintaan vaikuttavat siirrettävän massan suuruus, haluttu nopeus sekä tarkkuus. (Eichenberger Gewinde, n.d.b)

### Efficiency $\eta_p$ (practical)

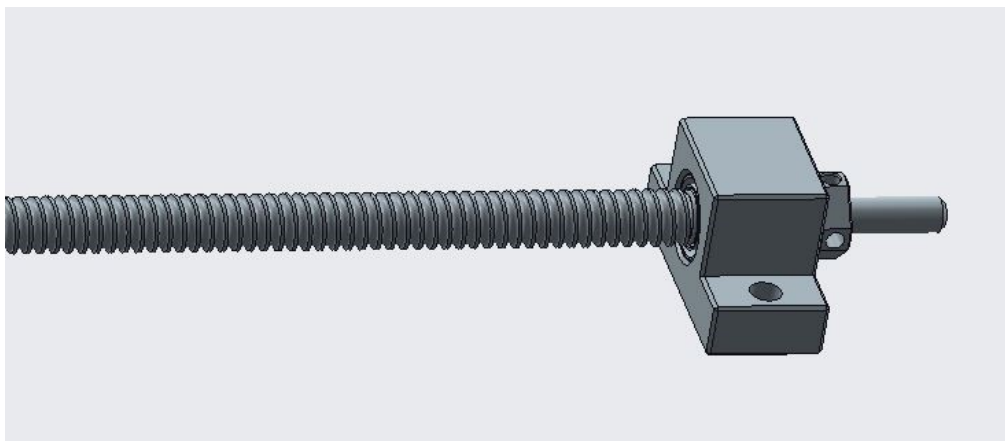
The efficiency  $\eta$  depends on the helix angle and reaches values from ~0.5 to 0.75.



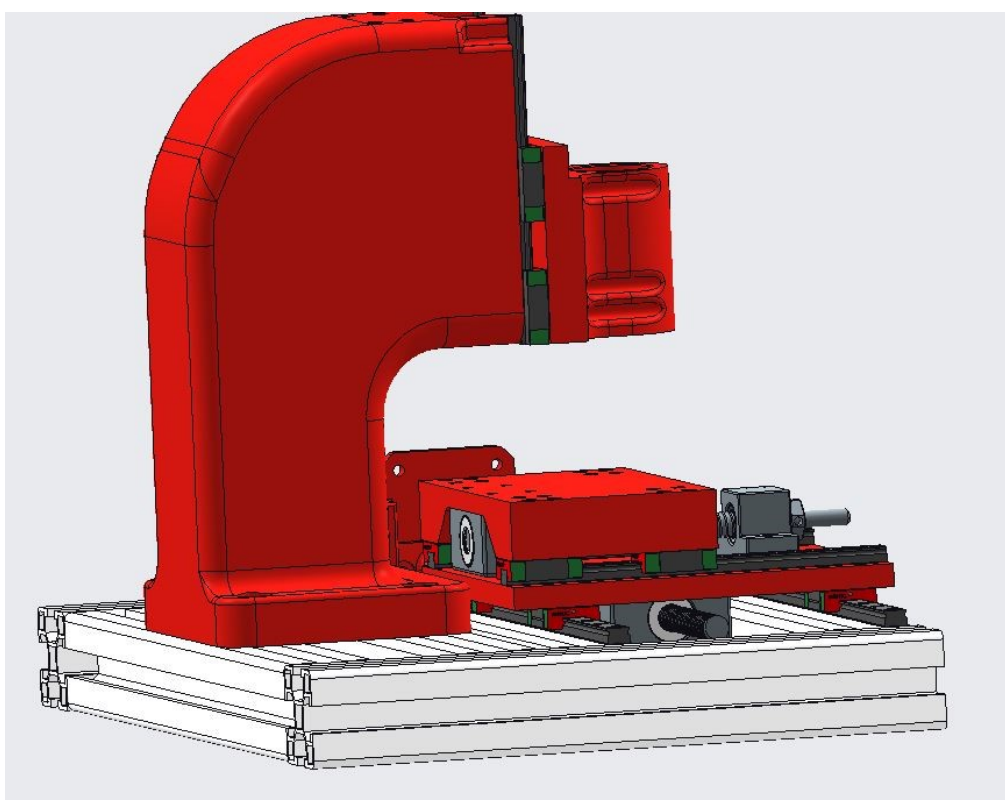
Kuva 4. Vertailutaulukko kuularuuvien ja trapetsiruuvien hyötysuhteesta (Eichenberger Gewinde, n.d.a)

Jotta liikeruuvi pystyy muuttamaan pyörimisliikkeen lineaariliikkeeksi, tarvitaan laakerointi, johon ruuvin toinen pää kiinnittyy (kuva 5). Liikeruuvien mutteri pitää saada kiinnitettyä lineaarijohteiden kelkkojen kanssa samaan osaan, jotta liike siirtyy johteisiin (kuva 6).

Laakeroinniksi ei kelpaa mikä vain laakeri, vaan laakerin tulee olla välyksetön ja kestävä ruuvilla liikutettavan massan aiheuttama aksiaalikuormitus. Parhaiten tähän käyttökohteeseen soveltuu viistokuulalaakeripari (kuva 7). Opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään valmista laakeriyksikköä, jossa on laakerointi sekä runko, jolla laakeroinnin saa kiinnitettyä koneen runkoon. (Movetec Oy, n.d.a)

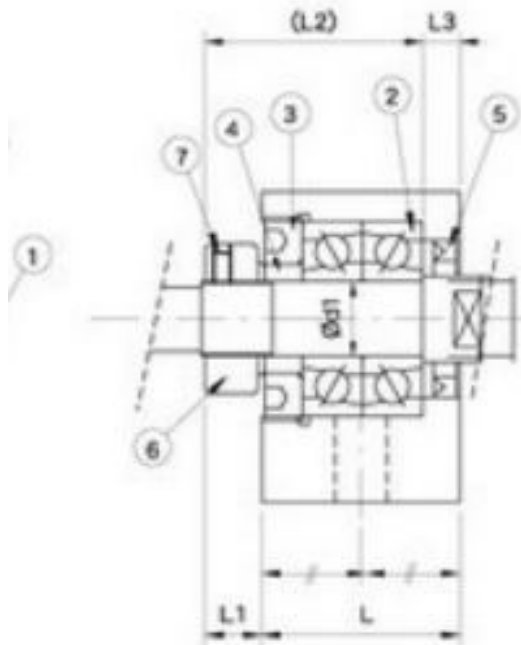


Kuva 5. Liikeruuvi ja päätylaakeri.



Kuva 6. Kuvassa kuularuuvien mutterit kiinnikkeeseen ja kelkkojen ja muttereiden yhdyskappaleet.





Kuva 7. Viistokuulalaakeripari liikeruuvien laakeriyksikön poikkileikkauksessa. (Movetec Oy, n.d.c)

## 2.5 Liikemoottorit

Jotta jyrsinkonetta voisi hyödyntää ohjelmoinnin harjoitteluun, tulee siihen laittaa moottorit, joiden pyörimisen nopeutta ja suuntaa voidaan ohjata digitaaliohjauksella. Moottoreina voi käyttää joko servo- tai askelmoottoreita. Servomoottoreiden etuna askelmoottoreihin nähden on suurempi tarkkuus, suurempi pyörimisnopeus ja se, että moottorin asema on koko ajan selvillä ohjaukselle. Servotekniikkaa hyödynnetään yleisesti CNC-työstökoneissa. Servotekniikka on kuitenkin kalliimpaa kuin askelmoottoritekniikka. Koska tässä sovelluksessa nopeus ei ole tärkein asia, tarvittavaan lopputulokseen päästään askelmoottoreita käyttämällä.

Askelmoottoreita on eri kokoisia ja niiden tarkkuus ja voima vaihtelevat. Tässä työssä käytetään Orientalmotorin PKP-sarjan moottoreita NEMA17 koossa. Askelmoottoreissa (kuva 8) on nimensä mukaisesti askeleet tietyllä astejaolla ja askeleet voi tuntea moottoria pyörittäessä. Työssä käytettyjen moottoreiden askel on  $1.8^\circ$ . Askelmoottorit sijoitetaan kunkin liikeruuvien päähän. Askelmoottoreista ja moottorien valinnasta löytyy hyvää tietoa Stig Wahlström Oy:n kasaamasta oppaasta (liite 1). (Verho, T, n.d)



Kuva 8. Askelmoottori. (Movetec Oy, n.d.b)

## 2.6 Kara

Jyrsinkoneessa karaan (kuva 9) kiinnitetään terä, jolla materiaalinpoisto suoritetaan. Kara sisältää laakeroinnin, työkalukiinnittimen ja karamoottorin. CNC-jyrsinkoneissa on makasiini, johon mahtuu useampi teräpidin, mikä mahdollistaa työkalun nopean vaihdon. Terät kiinnittyvät karaan kartiopidikkeillä. Yleisiä kartiopidikkeen malleja ovat BT40 ja BT50. Karan laakerointi on perinteisesti toteutettu parihiotuilla viistokuulalaakereilla, koska ne kestävät hyvin aksiaalista kuormitusta ja ovat välyksettömiä.



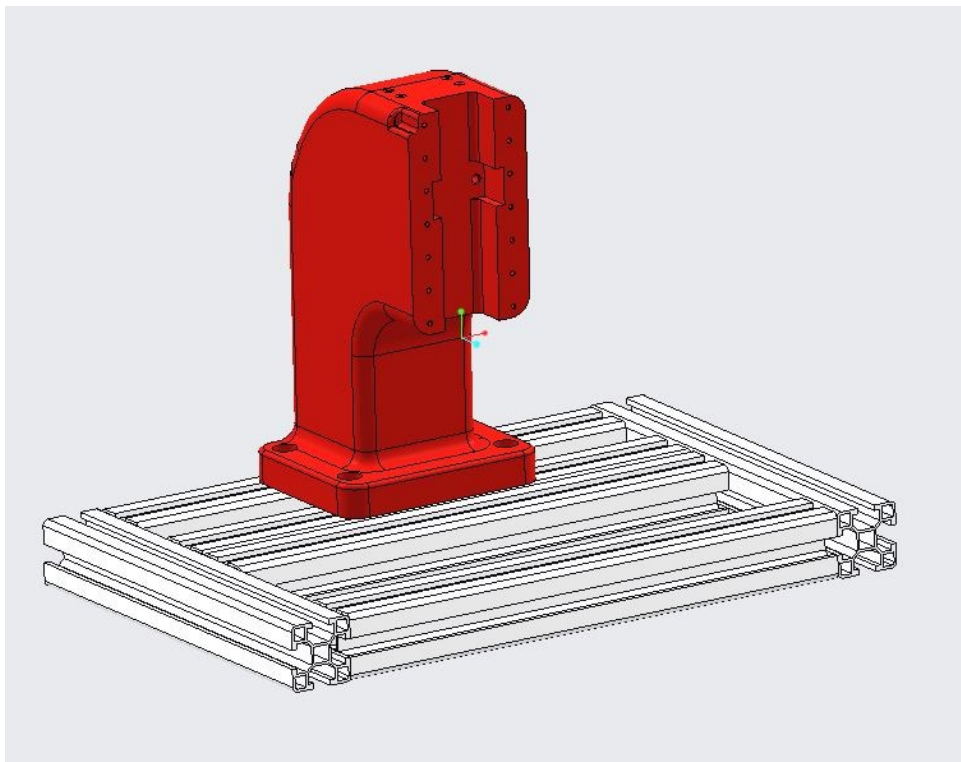
Kuva 9. Kara Hyundai Wia jyrsinkoneesta. (High speed technologies, n.d)

### 3 SUUNNITTELU

Suunnittelussa on käytetty apuna Creo Parametric 4.0 3D-mallinnusohjelmaa. Valmiista komponenteista on tuotu STP-mallit Creoon ja lähdetty hahmottelemaan konetta. Suunnittelun perusajatuksissa oli jo määritetty suurin mahdollinen yksittäisen tulostettavan osan koko sekä koneistettavien osien minimointi. Suunnittelussa käytettiin hyödyksi Creon Component operations-boolean operations toimintoa, jonka avulla kokoonpanossa voidaan leikata tai yhdistää komponentteja toisillaan.

#### 3.1 Runko

Runko koostuu 30 x 30 mm Minitec-alumiiniprofiilista ja 3D-tulostetusta karapylkämästä. Karapylkämän pitää olla riittävän tukeva, jotta siihen ei tule taipumaa työstövoimista. Koska tämän koneen työstettävät materiaalit tulisivat olemaan pehmeitä, esimerkiksi XPS-levyä, ei karapylkkään tule muodostumaan merkittäviä voimia. Suunnittelun haasteena olikin saada kaikki tarvittavat komponentit mahtumaan pylkkään niin, että sen muoto olisi mahdollisimman helppo tulostaa, kokoonpano mahdollisimman helppoa ja Z-liikkeen pituus riittävä. Rungon reunoja päädyttiin pyöristämään paremman ulkonäön takia (kuva 10). Karapylkkä kiinnitettiin Minitec-Profiiliin M6-ruuveilla. Karapylkkään kiinnittyvät johteet, kuularuuvien päätylaakeri, sekä askelmoottorin kiinnike.



Kuva 10. Minitec-alumiiniprofiilista tehty alarunko ja 3D-tulostettu karapylkkä.

### 3.2 Johteet Minitec-profiiliin

Johteet vaativat erittäin suoran kiinnitysalustan (kuva 11). Tästä syystä koneen pisin liike X-akselilla oli järkevin kiinnittää suoraan alumiiniprofiiliin. Mikäli johde olisi leveämpi tai alumiiniprofiili pienempi, olisi johde helppo asentaa alumiiniprofiilissa olevaa uraa hyödyntäen.

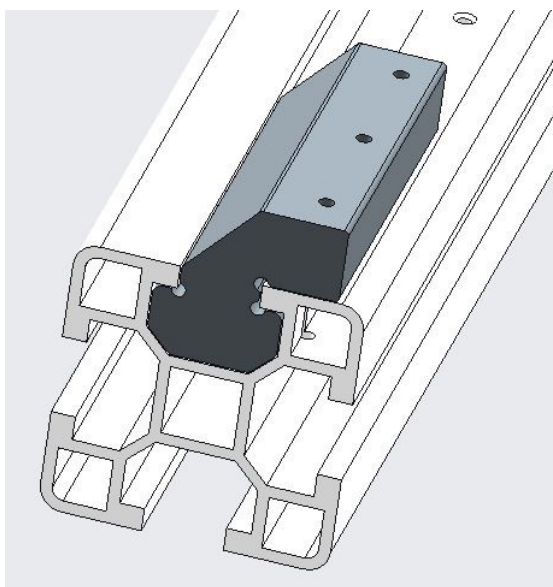
Table 2-4-10 Permissible Error of Mounting Surface unit: mm

Size	Flatness of the Mounting Surface
MG5	0.015/200
MG7	0.025/200
MG9	0.035/200
MG12	0.050/200
MG15	0.060/200

Note: The values above are suitable for preload of ZF/Z0. For preload of Z1 or using two(or more) rails on the same plane, 50% or less of the values above are recommended.

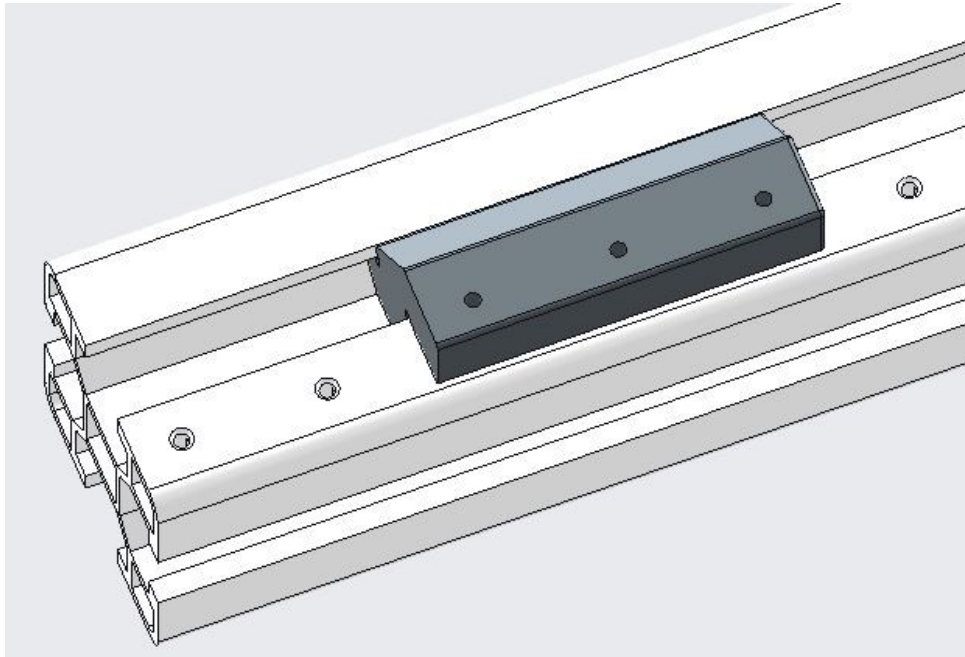
Kuva 11. Johteiden kiinnitystason suorustoleranssi.

Johteet päädyttiin laittamaan kiinni tekemällä kierrereiät alumiiniprofiiliin Liitteen 3 mukaisesti. Työstökoneita ei haluttu käyttää, joten poraukseen tehtiin "tulkki" (kuva 12) 3D-tulostamalla. Tulkkia hyödyntäen johteiden reiät pystyttiin valmistamaan akkuporakoneella. Suositeltavaa olisi kuitenkin tehdä reiät jyrskoneella, koska jos tulkin asennuksessa tai porauksessa tulisi virheitä, kertaantuisi virhe aina seuraaviin reikiin.



Kuva 12. Alumiiniprofiilin poraukseen tehty tulkki kiinni alumiiniprofiilissa.

Tulkin avulla kaikki reiät ovat oikealla etäisyydellä toisistaan sekä suorassa linjassa alumiiniprofiiliin nähden. Tulkin avulla saa tehtyä reiät, kun ensimmäisten reikien porauksen jälkeen tulkkia siirretään eteenpäin niin, että yksi tulkin rei'istä jää viimeisen poratun reiän kohdalle ja tulkki lukitaan tähän paikkaan (kuva 13).



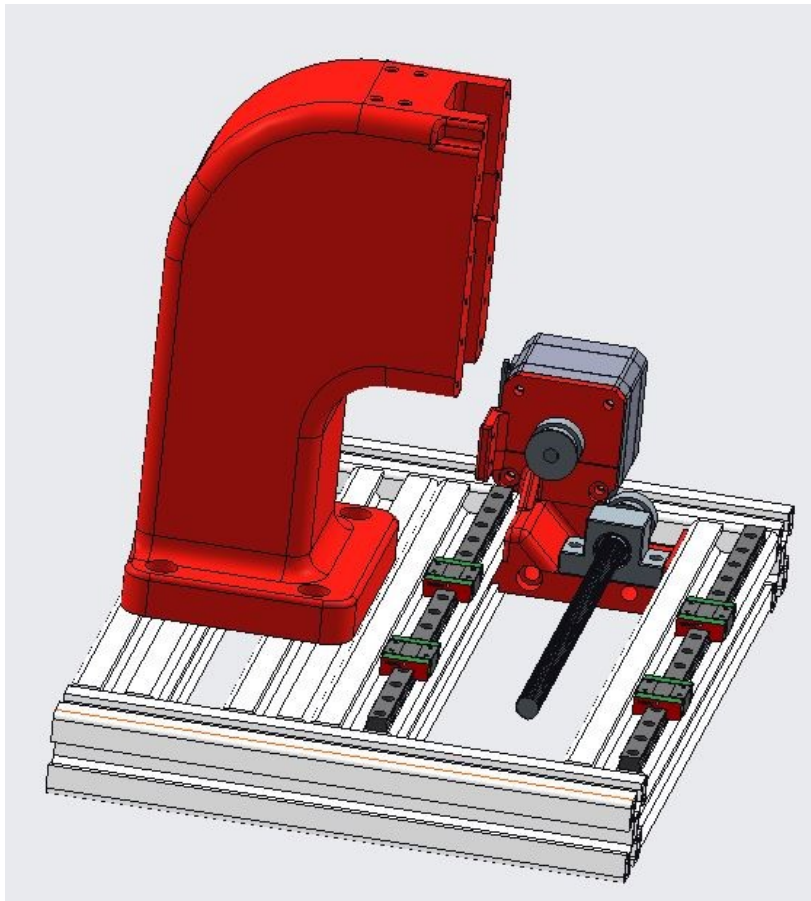
Kuva 13. Tulkki siirrettynä seuraavien reikien porausta varten.

### 3.3 X-akseli

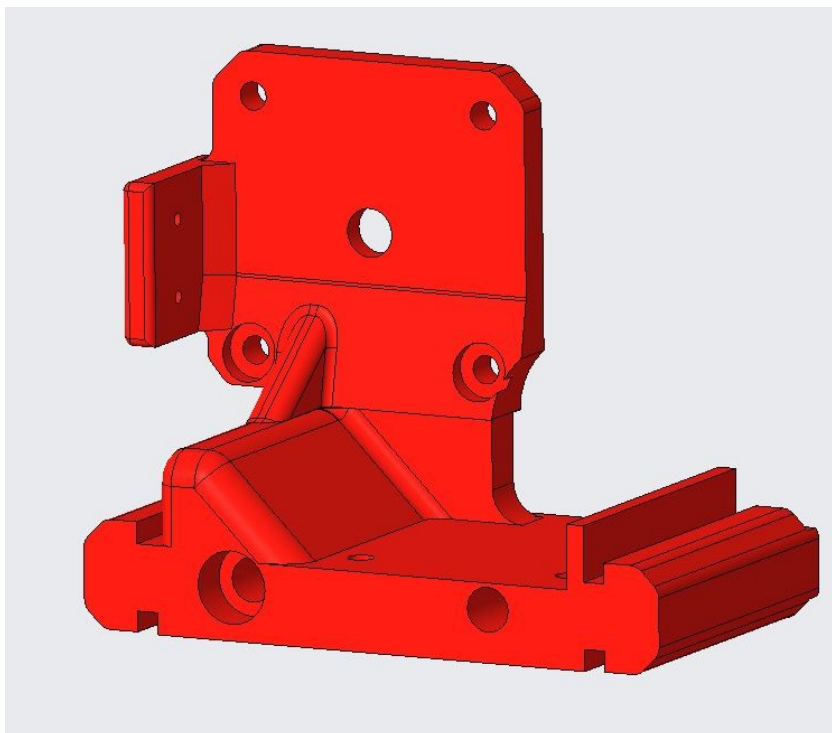
Johteet Minitec-profiiliin kohdassa, kerrottiin X-akselin johteiden kiinnitys koneen runkoon. Johteet ovat kuitenkin vain osa akselin lineaariliikkeen tarvittavaa mekaniikkaa. Koneen runkoon on lisäksi saatava kiinni kuularuuvin päätylaakeri sekä askelmoottori.

Koska kuularuuvin pitää kulkea kelkkojen yläpinnan alapuolella, vaati X-akselin suunnittelu vähän enemmän miettimistä. Runkorakenteen takia X-akselille ei olisi saanut sijoitettua askelmoottoria suoraan kuularuuviin kiinnitettäväksi ilman alumiiniprofiilin työstöä.

Koska suunnittelun perusajatus oli työstön minimointi, päädyttiin X-liikkeelle laittamaan hihnavälitys. Näin moottori pystyttiin paikoittamaan Minitec-profiilin päälle. Kun moottorin sijoitus oli selvä, tarvittiin sille kiinnike. Kiinnike hyödyntää Minitec-profiilin uraa ja samalla paikoittaa profiilit oikealle välimatkalle toisiinsa nähden (kuva 14). Kiinnikkeeseen tulee kiinni myös kuularuuvin päätylaakeri, joten X-liike saatiin toteutettua yhdellä 3D-tulostetulla osalla (kuva 15).

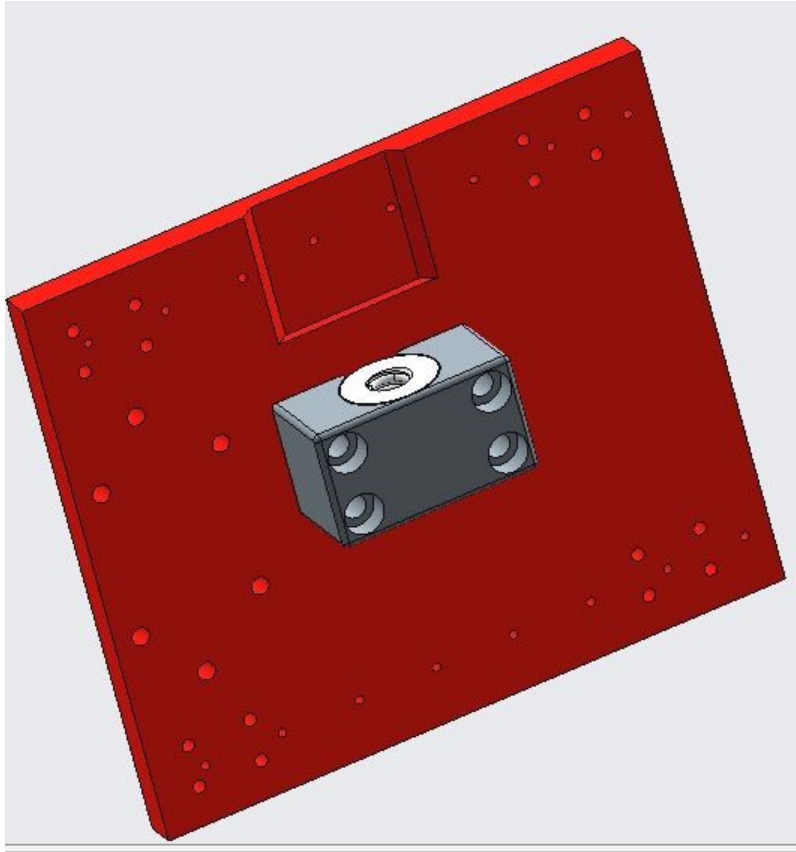


Kuva 14. X-akselin liikeruuvi, moottori ja johteet paikallaan.



Kuva 15. X-akselin moottorikiinnike, johon kiinnittyy myös kuularuuvien pätylaakeri.

Jotta X-akseli olisi liikuteltavissa, pitää siihen lisätä vielä kuulamutteri ja osa, joka kiinnittää johteiden kelkat ja kuulamutterin toisiinsa. Suunnittellessa piti ottaa huomioon, että lukuisat kiinnitysreiät eivät mene päällekkäin ja että levy mahtuu liikkumaan esteittä. Levyssä oleva kevennys on tehty, jotta levy mahtuu liikkumaan X-akselin päätylaakerin ylle (kuva 16).

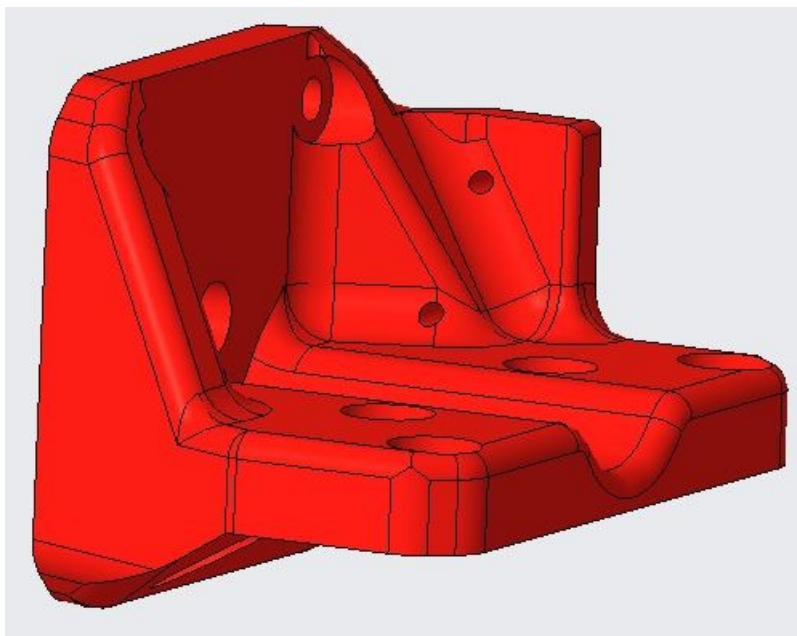


Kuva 16. X-akselin levy, joka kiinnittää johteiden kelkat ja kuulamutterin toisiinsa.

### 3.4 Y-akseli

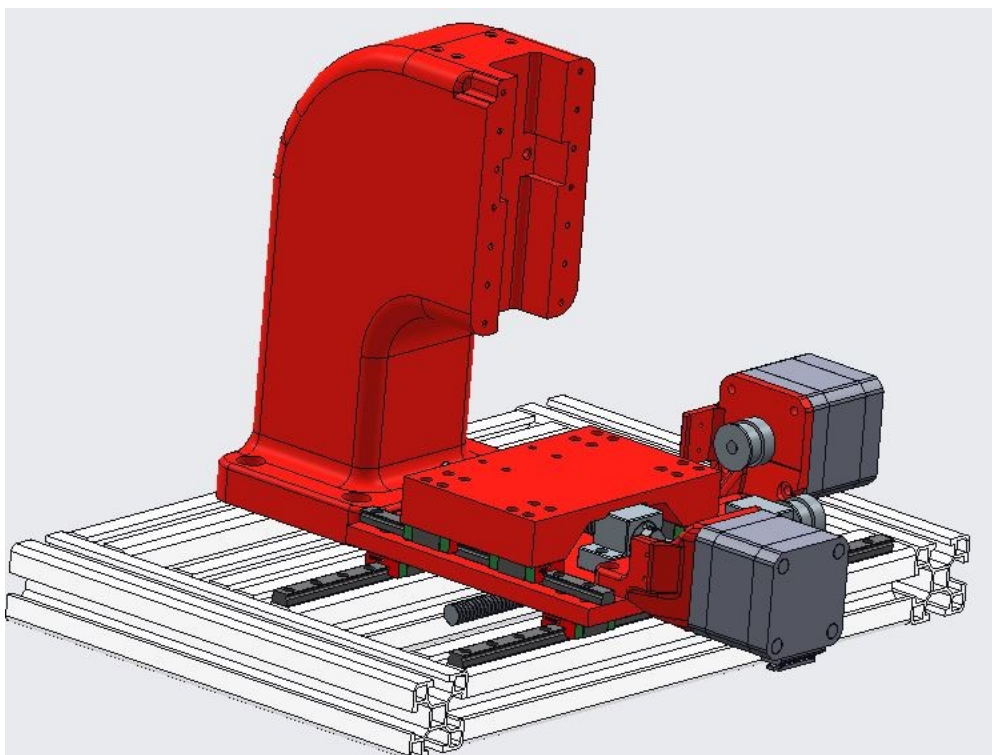
Y-akseli kasataan tässä koneessa X-akselin päälle. Y-akselin johteet kiinnitetyvät X-akselin levyyn. X-akselin levyyn kiinnittyy myös Y-akselin kuularuuvien päätylaakeri ja moottorikiinnike. Y-akselilla kuularuuvi ja moottori oli mahdollista laittaa samaan linjaan, joten hihnavälitystä ei tarvittu. Jotta moottori saatiin linjaan kuularuuvien kanssa, piti sille tehdä kiinnike (kuva 17).





Kuva 17. Y-akselin moottori kiinnike.

Myös Y-akseli tarvitsi osan, joka kiinnittää kuulamutterin ja johteet toisiinsa. Valmis Y-akseli näkyy (kuvassa 18).

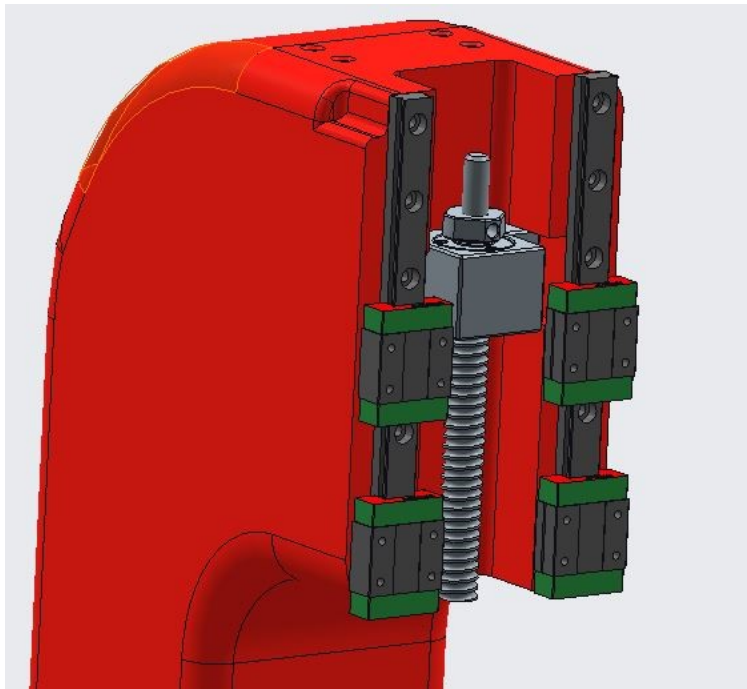


Kuva 18. Valmis X ja Y-akseli.



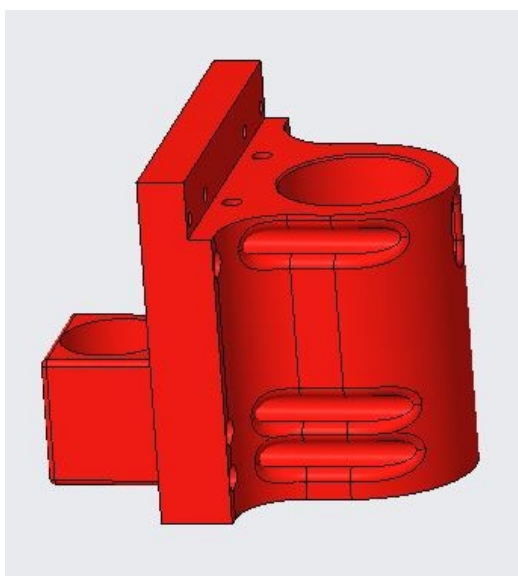
### 3.5 Z-akseli

Z-akseli rakentuu karapyykkään ja koska karapyykkä on isoin printattava osa, antoi se vapauksia mekaniikan sijoittamiseen. Kuularuuvi laakereineen jää käytännössä karapyykkän sisälle ja johteet kiinnittyvät suoraan karapyykkän pintaan (kuva 19).



Kuva 19. Karapyykkään kiinnitetyt johteet ja kuularuuvi laakereineen.

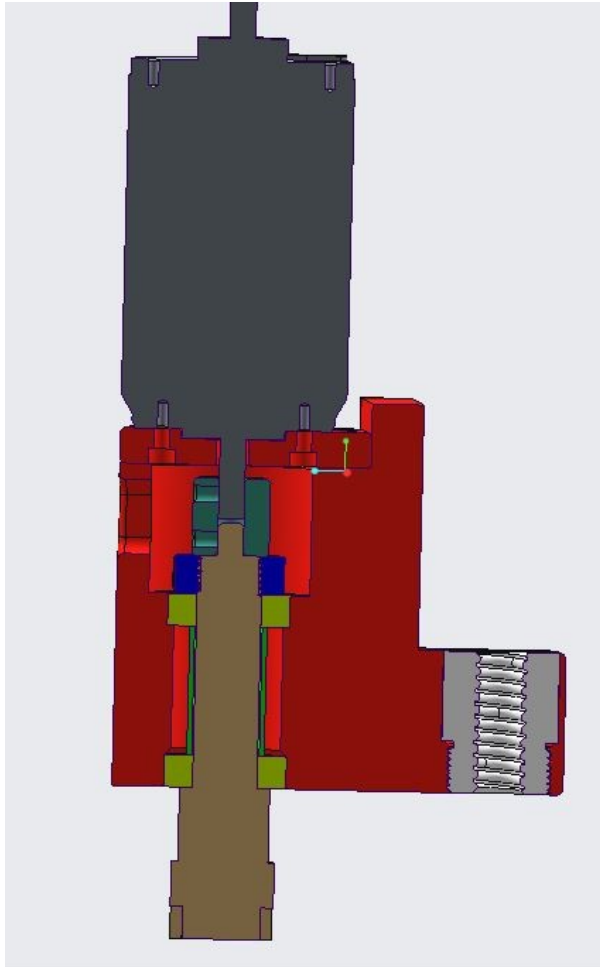
Myös Z-akselin kelkat ja kuulamutteri piti kiinnittää toisiinsa. Koska Z-akselille kiinnittyy myös kara, päätettiin sen rungosta tehdä tämä liitososa (kuva 20).



Kuva 20. karan runko johon kelkat ja kuulamutteri kiinnittyvät.

### 3.6 Kara

Kara on jyrsinkoneessa osa, johon kiinnitetään terä. Kara saa voimansa karamoottorilta, joka tässä koneessa on kiinnitetty suoraan ER-11 teräkiinnittimeen (kuva 21).



Kuva 21. Karan poikkileikkauksessa laakerit, laakereiden väliholkki, mutteri ja akseleiden liitosholkki sekä moottori.

Karoista on olemassa kaupallisia versioita, jotka voisi vain ruuvata kiinni. Tämä jyrsinkone on kuitenkin niin pieni, ettei sen kokoluokan karaa saa valmiina. Koska kone suunniteltiin itse, tehtiin karan runko kompaktiksi, jolloin siihen saatiin mahdutettua myös kuulamutteri ja kelkkojen kiinnitys.

Tässä koneessa karan runkona toimii Z-akselilla oleva osa, joka yhdistää kuulamutterin ja johteiden kelkat toisiinsa. Laakerointina on tyydytty perinteisiin urakuulalaakereihin, koska koneella on tarkoitus työstää vain pehmeitä aineita, joiden kanssa kuormitukset eivät kasva suuriksi. Urakuulalaakeri on myös halpa valinta. Työkalu kiinnitetään ER-istukkaan, joka on yleinen pyörivien työkalujen kiinnitysmenetelmä koneistuksessa. Moottorina tässä kokoonpanossa toimii FAULHABER DC-mikromoottori.

## 4 VALMISTUS

Jyrsinkone on suunniteltu valmistettavaksi kodin perustyökaluilla. Ainoa merkittävä erityistyökaluja vaativa osuus on 3D-tulostus, mutta monissa kirjastoissa on nykyään mahdollista harjoittaa 3D-tulostusta. Kirjastot, joissa on tulostusmahdollisuus löytyvät osoitteesta <https://hakemisto.kirjastot.fi/services/hardware/3d-tulostin>.

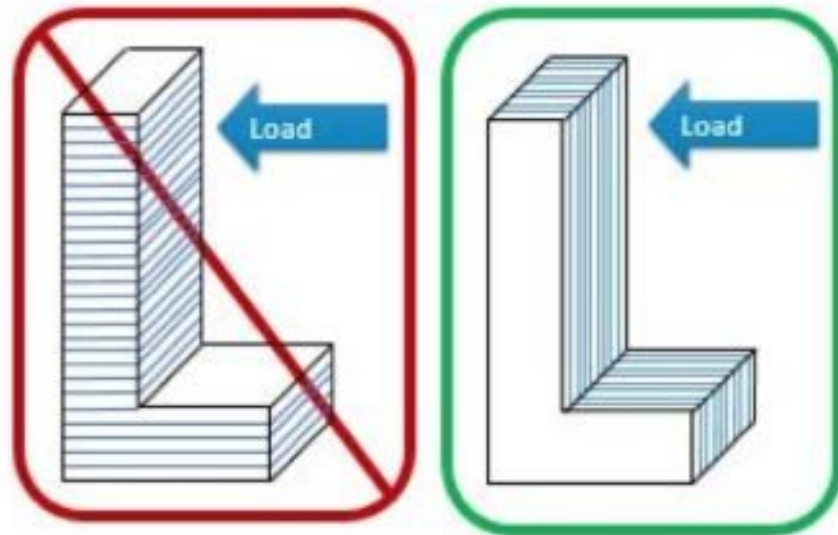
Minitec profiilia ja joitakin tulostettavia kappaleita on tarpeen kierteittää ennen kokoonpanoa. Tähän löytyvät mittakuvat raportin liitteistä 2-13.

### 4.1 3D-tulostus

3D-tulostus on ainetta lisäävä menetelmä, jossa ainetta levitetään kerroksittain, kunnes haluttu muoto on saavutettu. 3D-tulostus on nopea ja kätevä menetelmä varsinkin prototyyppien valmistuksessa. Jotta kappale voidaan tulostaa 3D-menetelmällä, on ensin tehtävä tietokonemalli. 3D-mallinnusohjelmia on olemassa lukuisia, mutta tässä työssä käytettiin Creo Parametric 4.0 ohjelmaa.

3D-tulostuksen kenties suurin hyöty on sen nopeus. 3D-tulostuksella saadaan tietokonemallit fyysisiksi kappaleiksi nopeasti, mikä helpottaa esimerkiksi prototyyppien testausta. 3D-tulostuksella on mahdollista valmistaa kappaleita, joiden valmistus koneistamalla olisi hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta. 3D-tulostusta hyödynnetään muun muassa lääketieteessä sekä ilmailu- ja autoteollisuudessa. 3D-tulostus pitää sisällään monia eri tekniikoita, joista löytää hyvin tietoa internetistä.

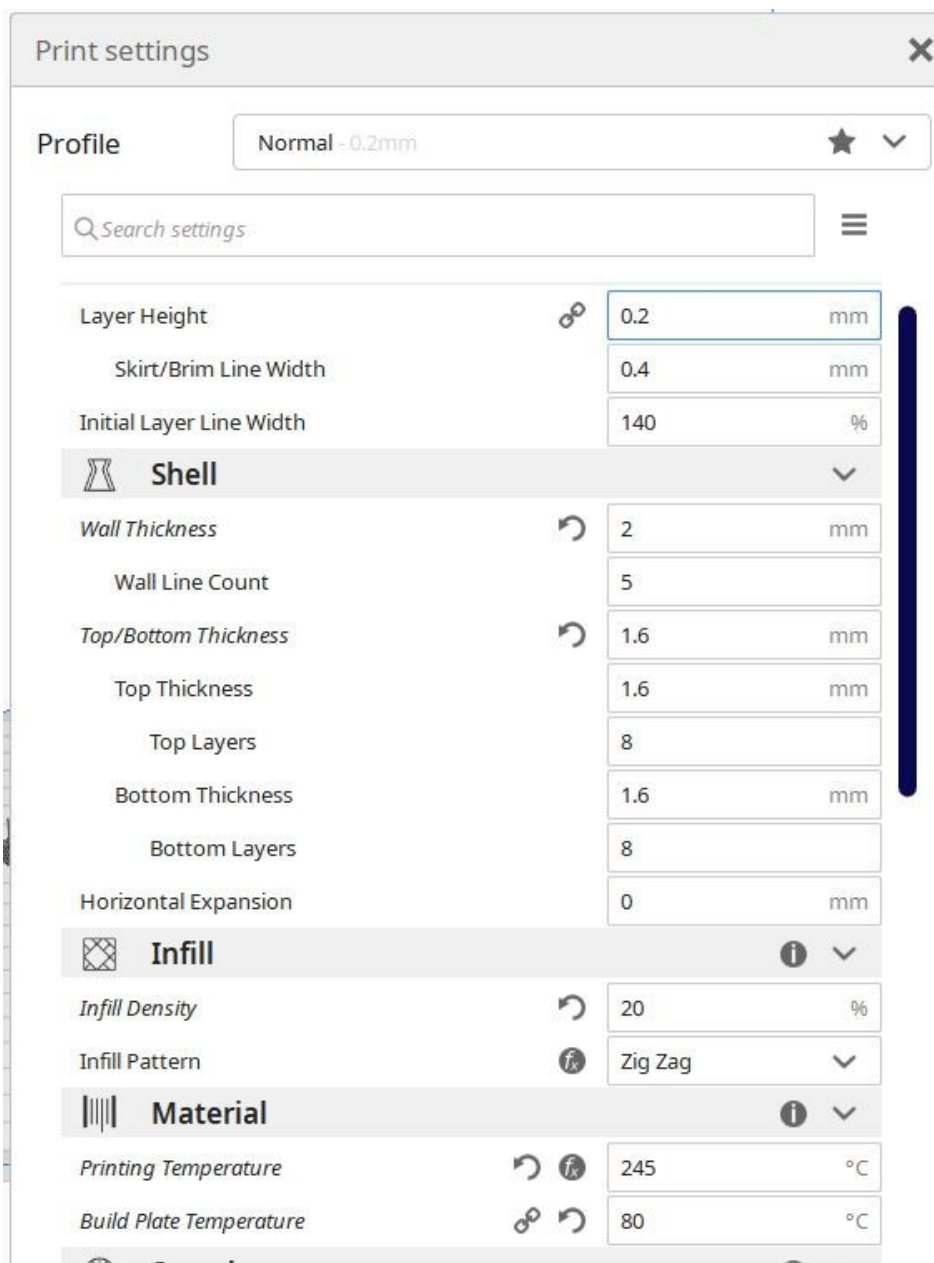
Vaikka 3D-tulostuksella voidaan tehdä monimutkaisia kappaleita, on siinä tietyt rajoitukset. Suunniteltaessa 3D-tulostettavaa kappaletta, pitäisi kappaleen geometria suunnitella siten, että se ei vaadi tukimateriaalia tulostuksen aikana. Tämän jyrsinkoneen osat on tulostettu käyttäen FDM (Fused Deposition Modelling) menetelmää. FDM on menetelmä, jossa sulaa lisäainetta syötetään rullalta suuttimen läpi tulostustasolle, johon se jähmettyy ja muodostaa kappaleen. Toinen merkittävä suunnitteluohje on suunnitella kappale niin, että tulosteen kerrokset muodostuvat kuormituksen suuntaan edullisesti (kuva 22). Toisinaan tämä on haastavaa toteuttaa. (Strikwerda & Dehue, 2020)



Kuva 22. Tulosteen kerrosten oikea tulostussuunta kuormitukseen nähden. (3D Print Academy. Web Design by Sozo, 2020)

#### 4.2 Slicer

Kun kappale on mallinnettu, se pitää tallentaa muotoon, jonka slicer ohjelma osaa muuntaa G-koodiksi. Slicer on yleisnimike ohjelmalle joka viipaloii mallinnetun kappaleen kerroksiksi, jotka tulostin sitten tekee. Joillakin tulostinvalmistajilla on omat slicer ohjelmat, mutta tämän jyrskoneen osat on viipaloitu käyttäen Cura-ohjelmistoa. Slicer ohjelmistoille tiedostotyyppi on yleensä STL tai OBJ. Slicer ohjelmassa säädetään tulostimelle lisäaineen vaatimat lämpötilat sekä pursottimelle että pöydälle. Slicerilla (kuva 23.) määritetään myös printille halutut ominaisuudet materiaalin paksuudesta ja kappaleen tiheydestä. Slicerin jälkeen voidaan tiedosto siirtää 3D-tulostimelle ja aloittaa tulostus.



Kuva 23. Cura-ohjelman asetuksia.

#### 4.3 Filamentti = lisäaine

3D-tulostuksessa FDM-menetelmällä yleisimmät lisäaineet ovat PLA, PETG ja ABS. Materiaalin valintaan vaikuttaa tulostettavan kappaleen käyttökohde. Tämän jrsinkoneen osiin on käytetty PETG filamenttia.

PETG on iskunkestävä sitkeä muovi, jota käytetään esimerkiksi virvoitusjuomapulloissa. PETG on yleisiä liuottimia kestävä kohtalaisen helposti tulostettava muovi ja myös 100 % kierrätettävä. Yleisiä käyttökohteita löytyy myös konetekniikan sovelluksista ja lääketieteessä.

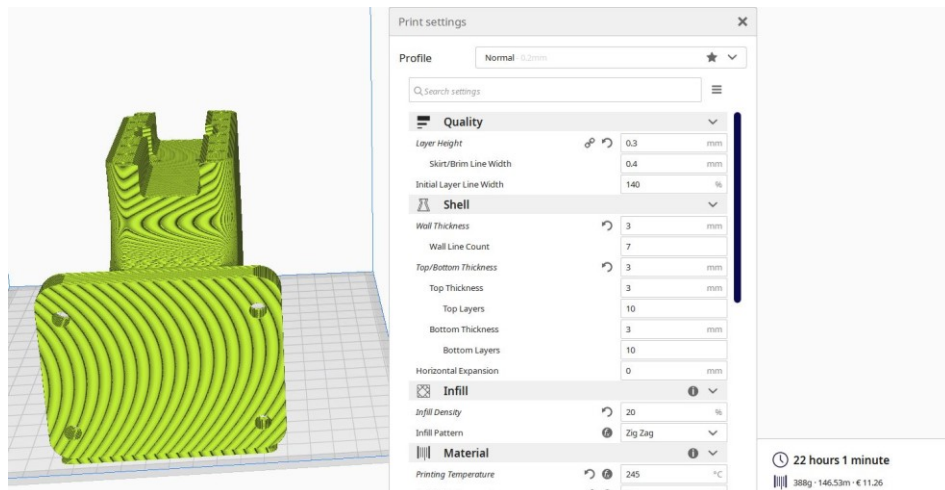
PETG:n käyttö asettaa tulostimelle vaatimukseksi tulostuspään, joka lämpenee 230-250 °C. Tulostimelle ei vaadita lämpiävää alustaa, mutta se on

suositeltava olla. Lämmitysalustan suositeltu lämpötila on 60-80 °C. (Niceshops GmbH, 2010-2020.b) (Niceshops GmbH, 2010-2020.a)

#### 4.4 Osien tulostus

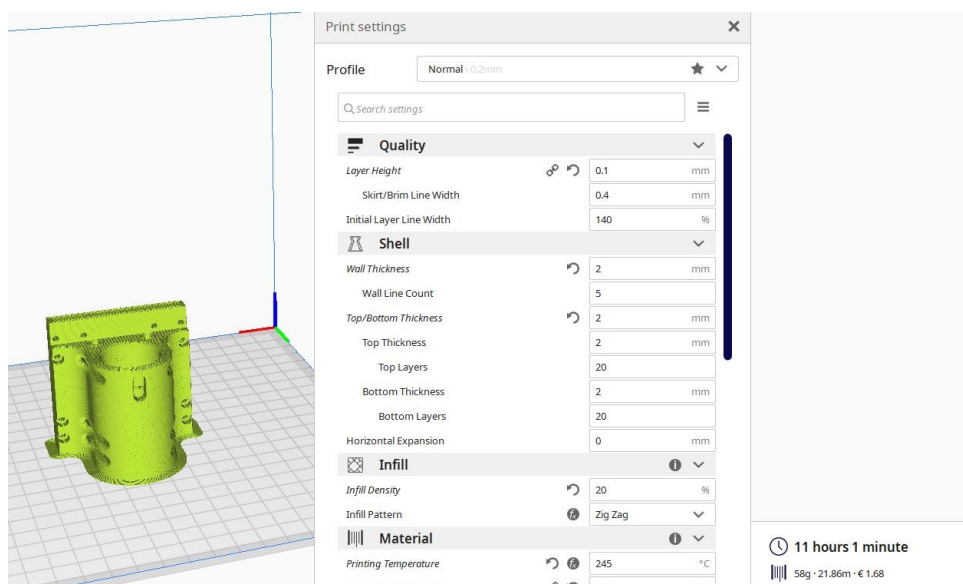
Tähän osioon on koottu kuvakaappaukset tulostusasetuksista, orientaatioista, materiaalimenekistä ja tulostusajasta.

Isoin tulostettava kappale on karapytkä (kuva 24).



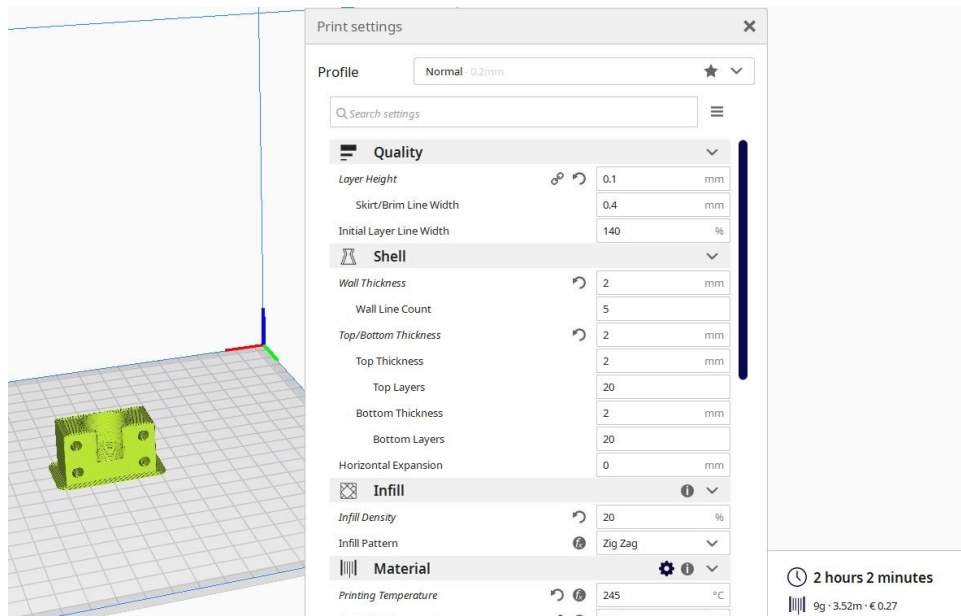
Kuva 24. Karapytkän materiaalimenekki on 388 g

Karan rungossa on M16 x 1 kierre kuulamutterille ja siitä syystä se on tulostettu 0.1 mm kerroksilla (kuva 25).



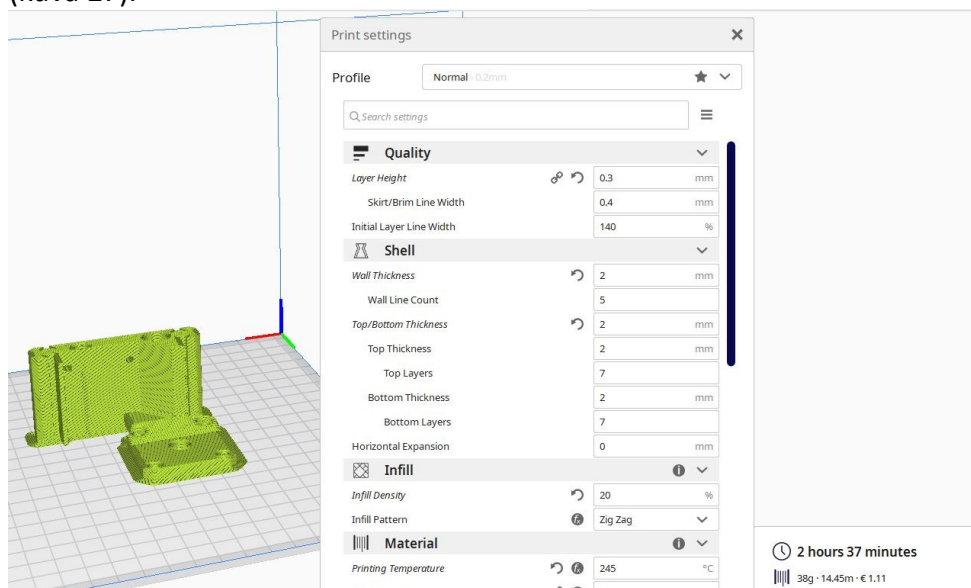
Kuva 25. Kararungon materiaalimenekki 58 g

Kuulamutterin kiinnikkeessä on myös M16 x 1 kierre ja tästä syystä kerros-  
vahvuus 0.1 mm (kuva26).



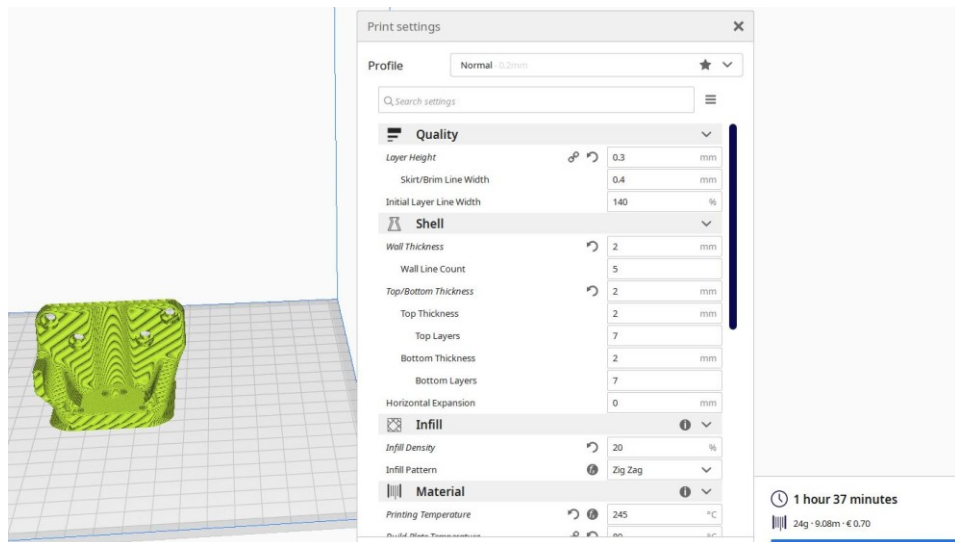
Kuva 26. Kuulamutterin kiinnike 9 g

X-akselin moottorikiinnike on eniten suunnittelua vaatinut yksittäinen osa  
(kuva 27).



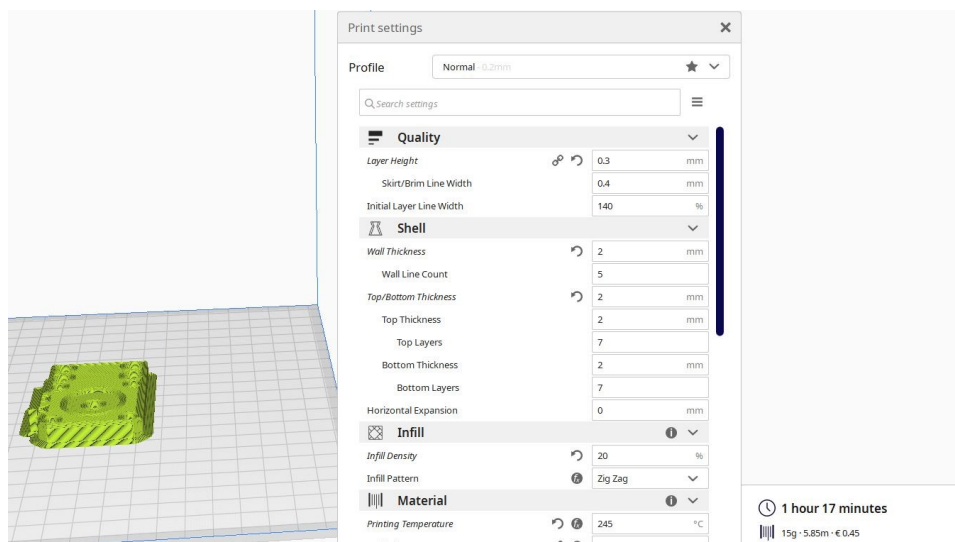
Kuva 27. X-akselin moottorikiinnike 38 g

Y-akselin moottorikiinnike olisi voinut olla samaa osaa X-kelkan kanssa,  
mutta tulostus olisi mennyt hankalammaksi (kuva 28).



Kuva 28. Y-akselin moottorikiinnike 24 g

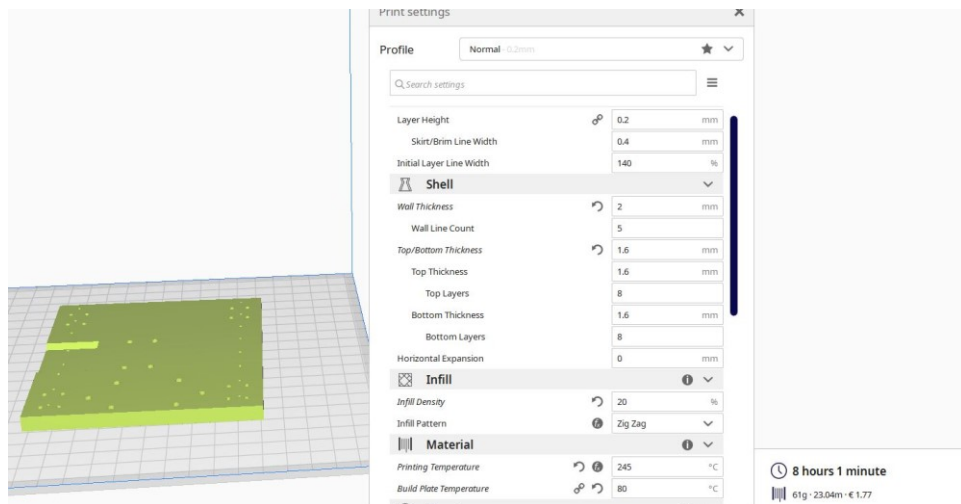
Z-akselin moottorikiinnike (kuva 29).



Kuva 29. Z-akselin moottorikiinnike 15 g

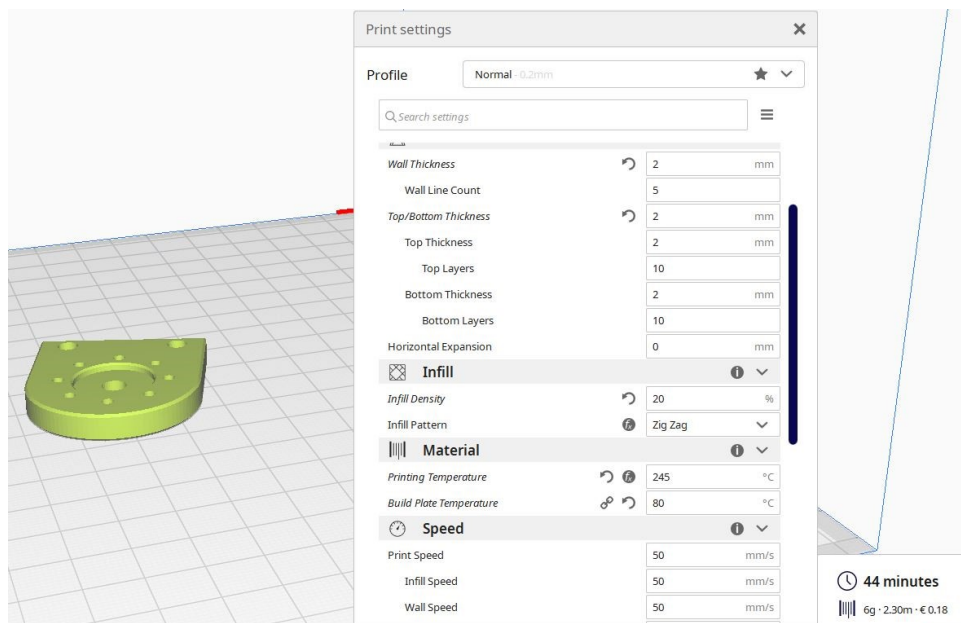
X-akselin kelkkaan liittyy ruuveilla sekä Y-akselin kiinnike että kuulamutterin kiinnike. Nämä osat olisi ollut mahdollista yhdistää, mutta tulostus olisi vaatinut liikaa tukimateriaalia, joten osat oli parempi jättää erilleen (kuva 30).





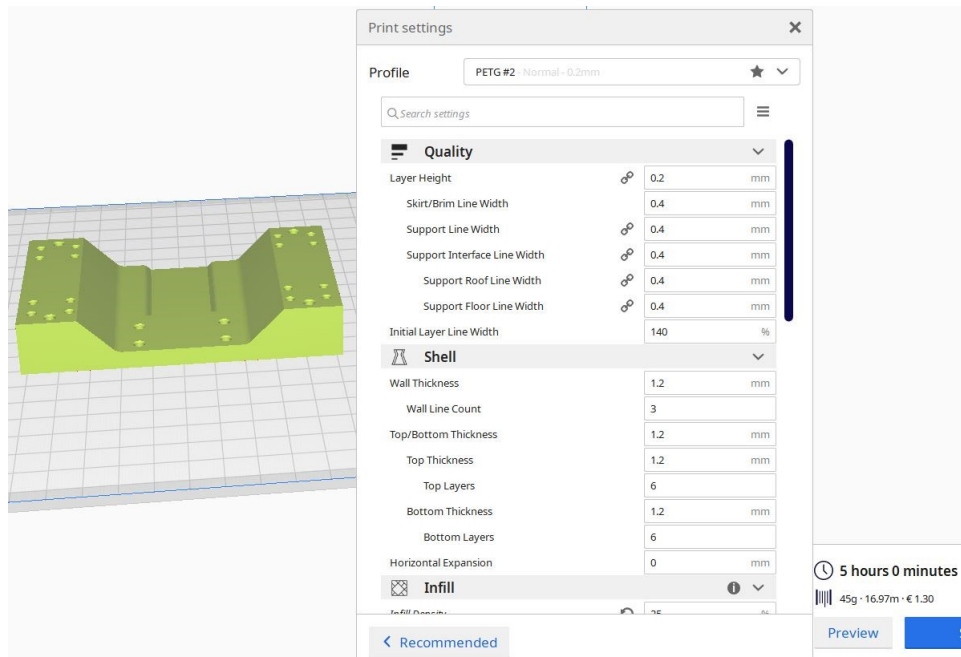
Kuva 30. X-akselin kelkka 61 g

Karamoottorin kiinnike (kuva 31).



Kuva 31. Karamoottorin kiinnike 6 g

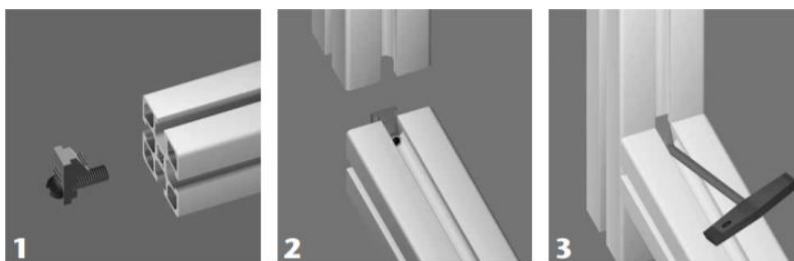
## Y-levyn tulostusasetukset (kuva 32).



Kuva 32. Y-levy 45 g

### 4.5 Kokoonpano

Jyrsinkoneen kokoonpano alkaa Minitec-profiilin kasauksesta. Minitec-profiilin kasaus on helppo suorittaa ja se onnistuu ilman osien koneistusta (kuva 33). Ennen profiilien yhteen liittämistä on syytä asentaa X-akselin moottorikiinnike paikalleen (kuva 34). Tässä vaiheessa voi asentaa paikalleen myös johteet, X-akselin moottorin, rajakytkimen sekä halutessaan kuularuuvin päätylaakerin (kuva 35). Seuraavaksi kuvattavaa kokoonpanoa on tehty sitä mukaa, kun osia on valmistunut.



Easy three-step-assembly

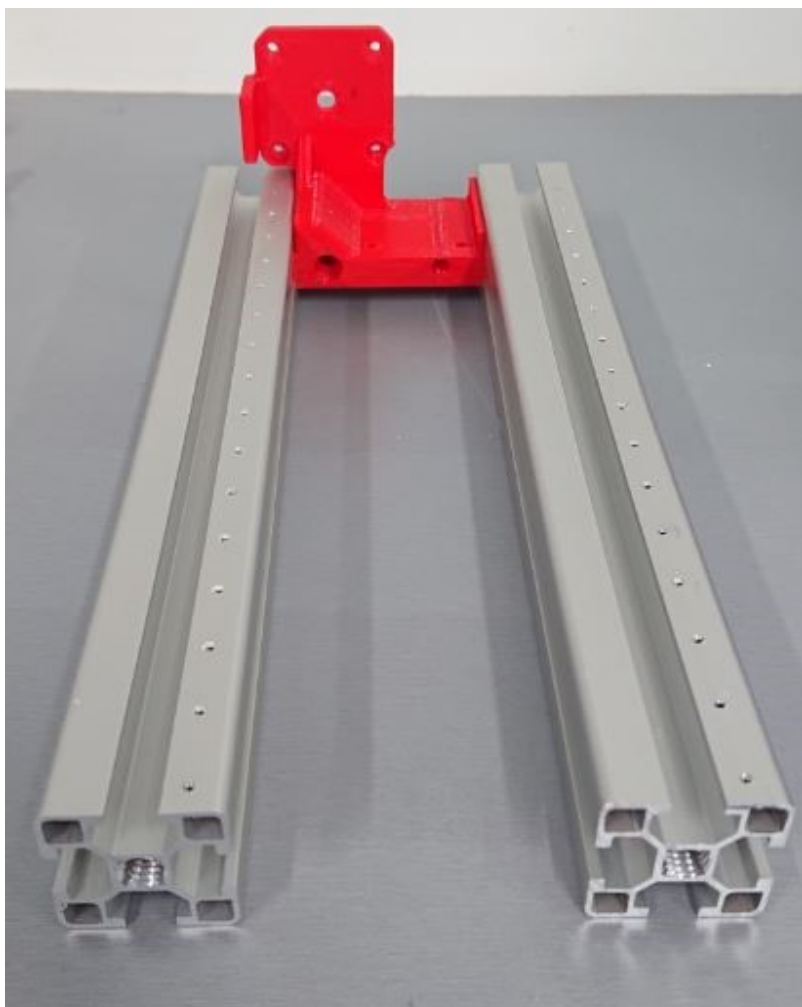
**ASSEMBLY**

- 1 Slightly tighten pressure piece with screw M8 x 25 on the front side of the profile
- 2 Push profile 2 with its groove beneath the edges of the pressure piece until the desired position is reached
- 3 Tighten set screw M8 with hex screwdriver SW4. Recommended tightening torque approximately 12 Nm

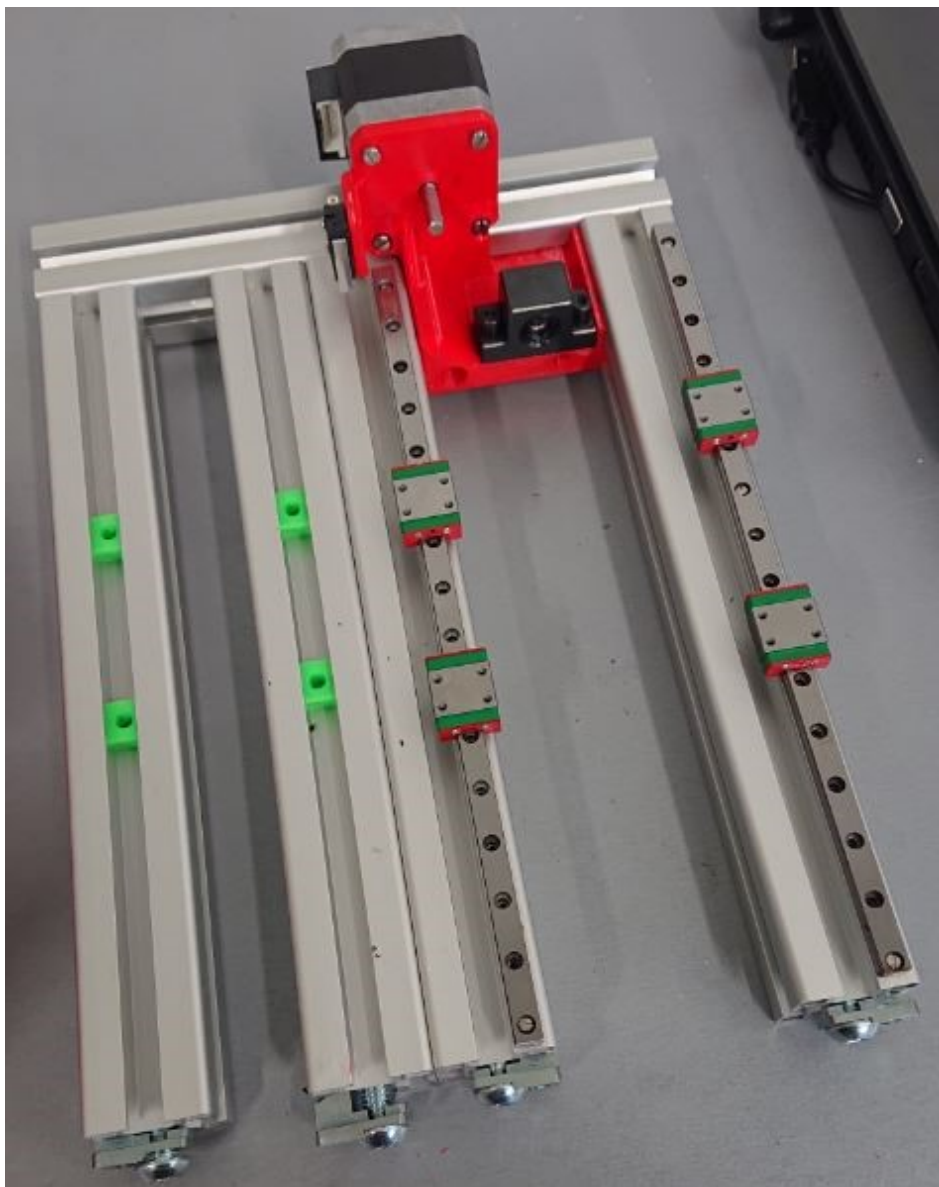
**ADVANTAGES**

- The corners of the profile connection remain free for panel elements
- The joint is invisible from the outside
- Secured against rotation
- Load capacity: 6000 N (UL Profile: 4000N)
- Cross connections can be easily implemented
- The compound is electrically conductive
- Ergonomically optimized

Kuva 33. Minitec kokoonpano-ohje. (Minitec, n.d)



Kuva 34. X-akselin moottoriinnike paikalleen asennettuna.



Kuva 35. Minitec profiili kasattuna toista päätä lukuun ottamatta. Koonpanossa myös johteet, X-akselin moottori, rajakytkin ja kuularuuvien päätylaakeri.

Kun on edetty tähän vaiheeseen, voidaan kiinnittää karapylkkä. Kuvassa 36 karapylkkään on jo kiinnitetty Z-akselin moottori kiinnikkeineen, mutta sen lisääminen ei ole kannattavaa tässä vaiheessa.

X-akselin levystä voidaan tehdä niin sanottu alikokoonpano (kuva 37) ja kiinnittää levyyn kuularuuvien päätylaakeri, Y-akselin liikemoottori kiinnikkeineen ja rajakytkin. Tämän jälkeen koneen ulkomuoto alkaakin hahmottua.

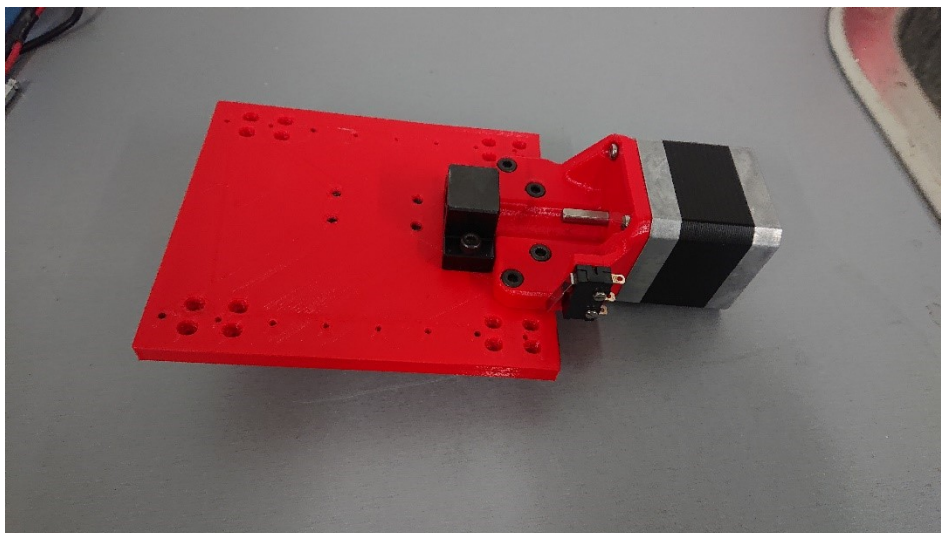
Ennen X-akselin levy asennusta pitää tarkistaa johteiden yhdensuuntaisuus. Tämä tapahtuu parhaiten käyttämällä mittakelloa siten, että kello kiinnitetään magneettijalan avulla toisen johteen kelkkoihin ja mittakellon

vipu asetetaan nojaamaan toisen johteen kylkeen (kuva 38). Tämän jälkeen mittakelloa liikutellaan johteiden rajoissa ja säädetään johdetta, kunnes johteet ovat yhdensuuntaisia.

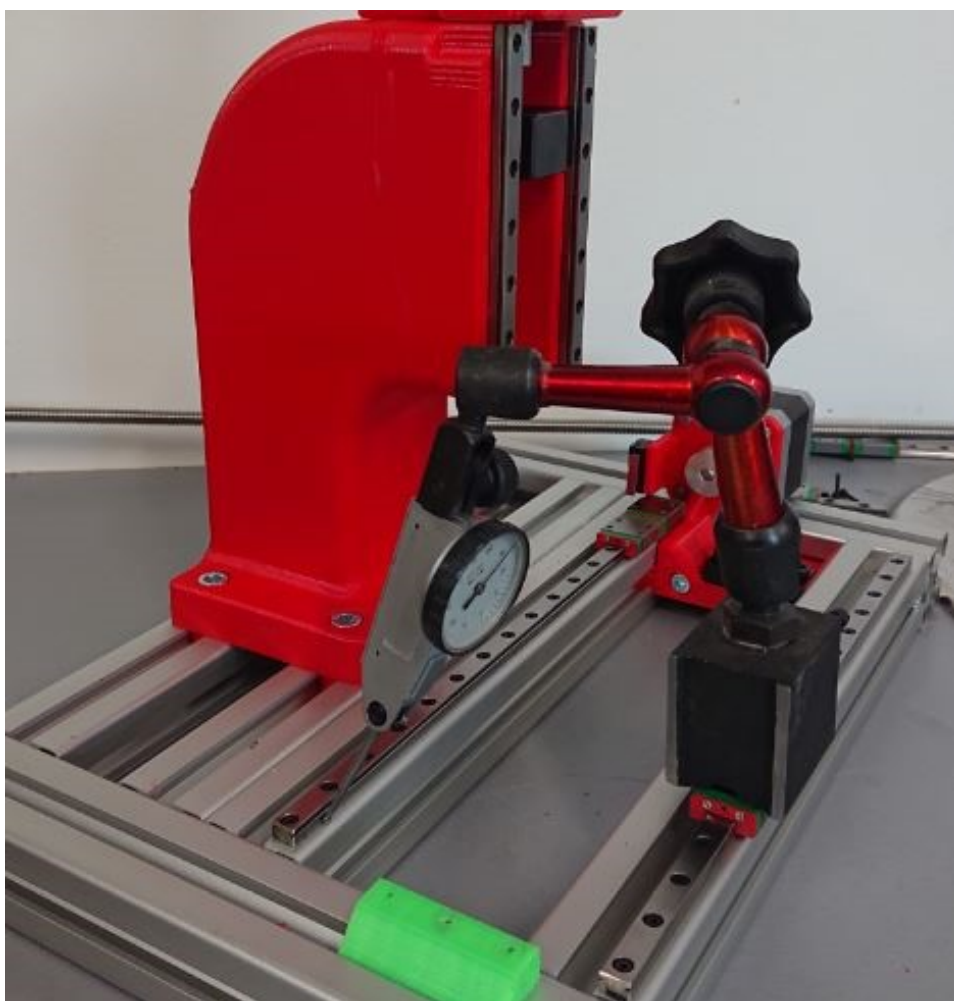


Kuva 36. Karapylkkä kiinnitettynä.





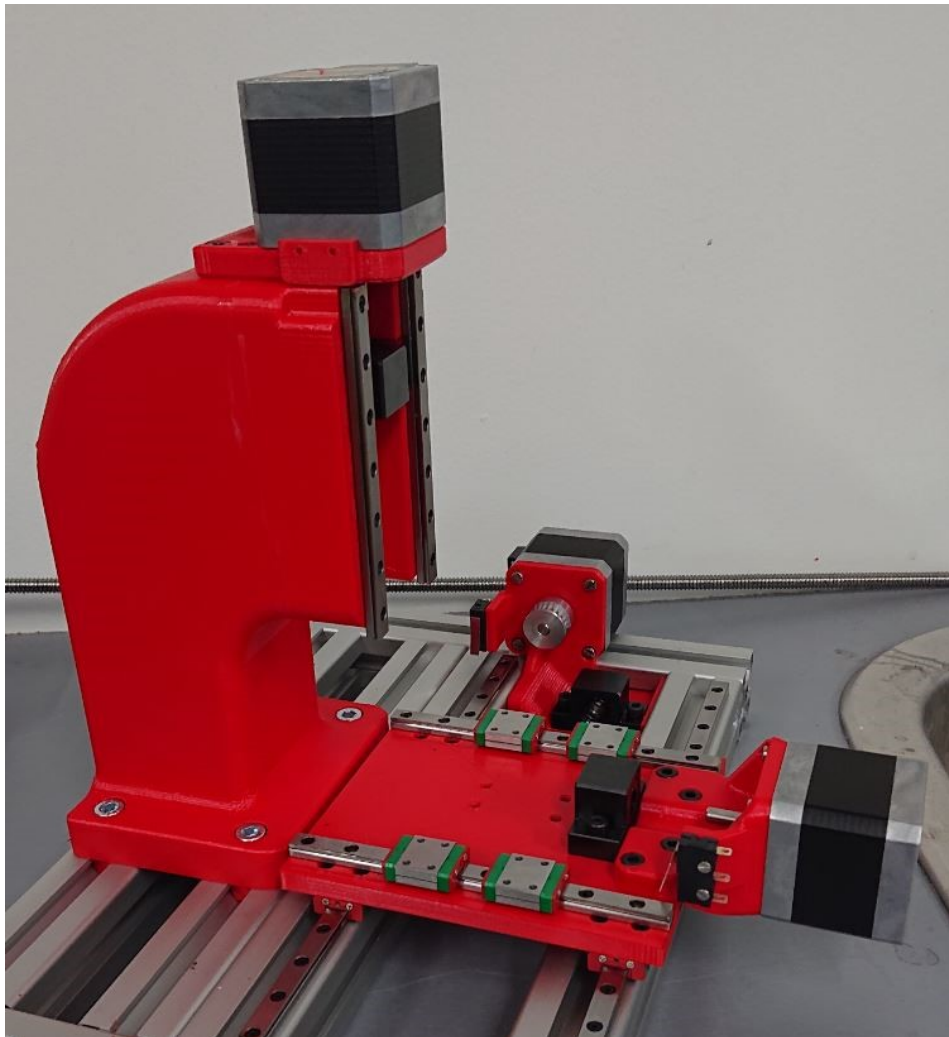
Kuva 37. X-akselin levyn alikokoonpano.



Kuva 38. Johteiden yhdensuuntaisuuden tarkistus mittakellolla.

Kun johteet ovat saatu yhdensuuntaisiksi, voidaan kiinnittää X-levy X-joh-teiden kelkkoihin. Tämän jälkeen voidaan kiinnittää Y-johteet X-levyyn

sekä Z-johteet ja kuularuuvien päätylaakeri karapylkkään (kuva 39). Myös Y ja Z-johteiden yhdensuuntaisuus pitää tarkistaa vastaavalla tavalla kuin X-johteiden.



Kuva 39. X-akselin levyn alikokoonpano ja Y-johteet asennettuna.

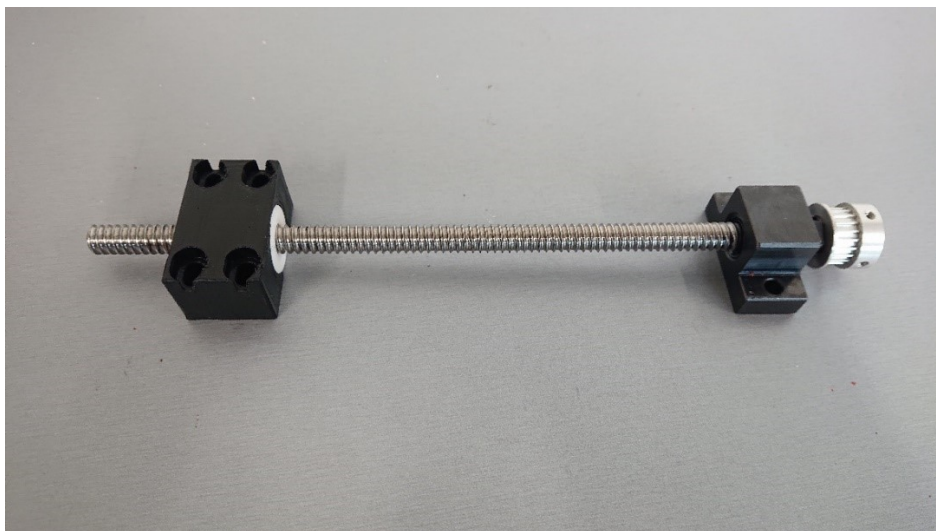
Seuraavaksi vuorossa on kuularuuvien asennus. Jotta kuularuuvit voisi asentaa, piti ne ensin lyhentää sopivaan mittaan ja koneistaa päätylaakerin puoli oikeanlaiseksi. Koneistusta vaativista osista löytyy koneenpiirustus-kuvat liitteistä 14-19. Kuularuuvien toimittaja Movetec Oy tarjoaa myös koneistuspalvelua, mutta tässä työssä tätä mahdollisuutta ei hyödynnetty, vaan koneistus suoritettiin itse manuaalisorvilla (kuva 40).



Kuva 40. Kuularuuvien päädyn koneistus menossa.

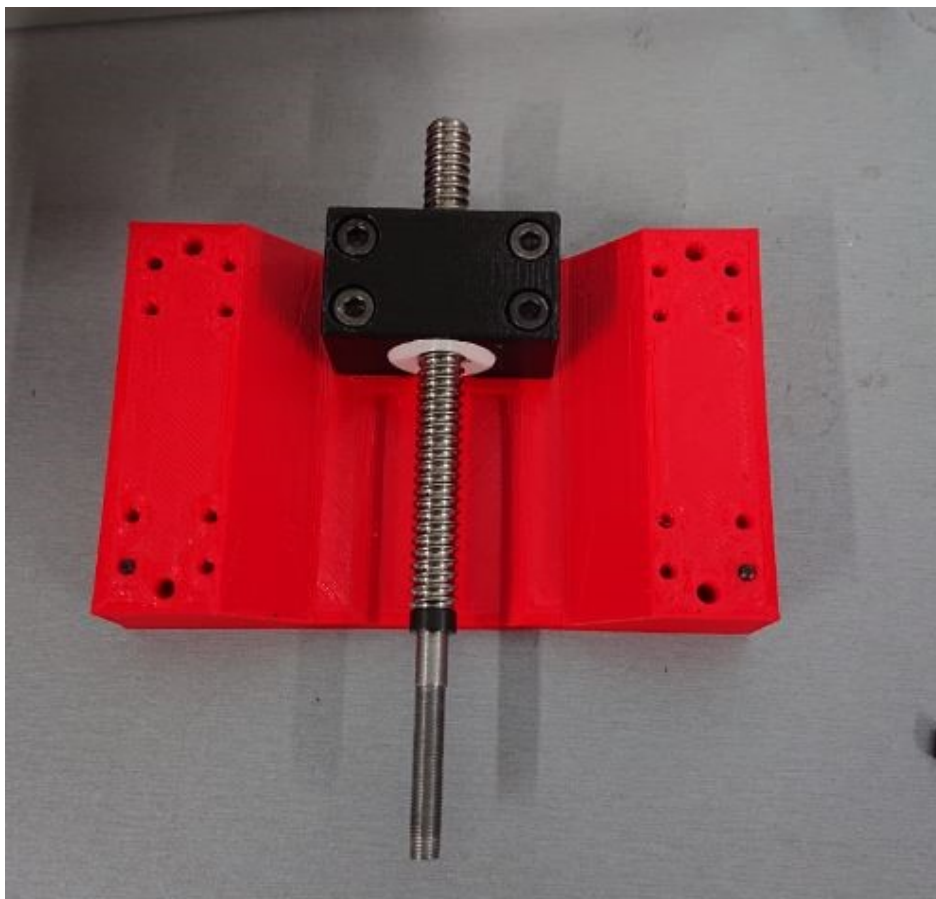
Kun ruuvit oli sorvattu, voitiin ne asentaa paikalleen. X-akselin kuularuuvien asennuksen helpottamiseksi oli järkevää tehdä alikokoonpano, johon kuului kuularuuvi, päätylaakeri, mutteri kiinnikkeineen ja hihnapyörä (kuva 41).





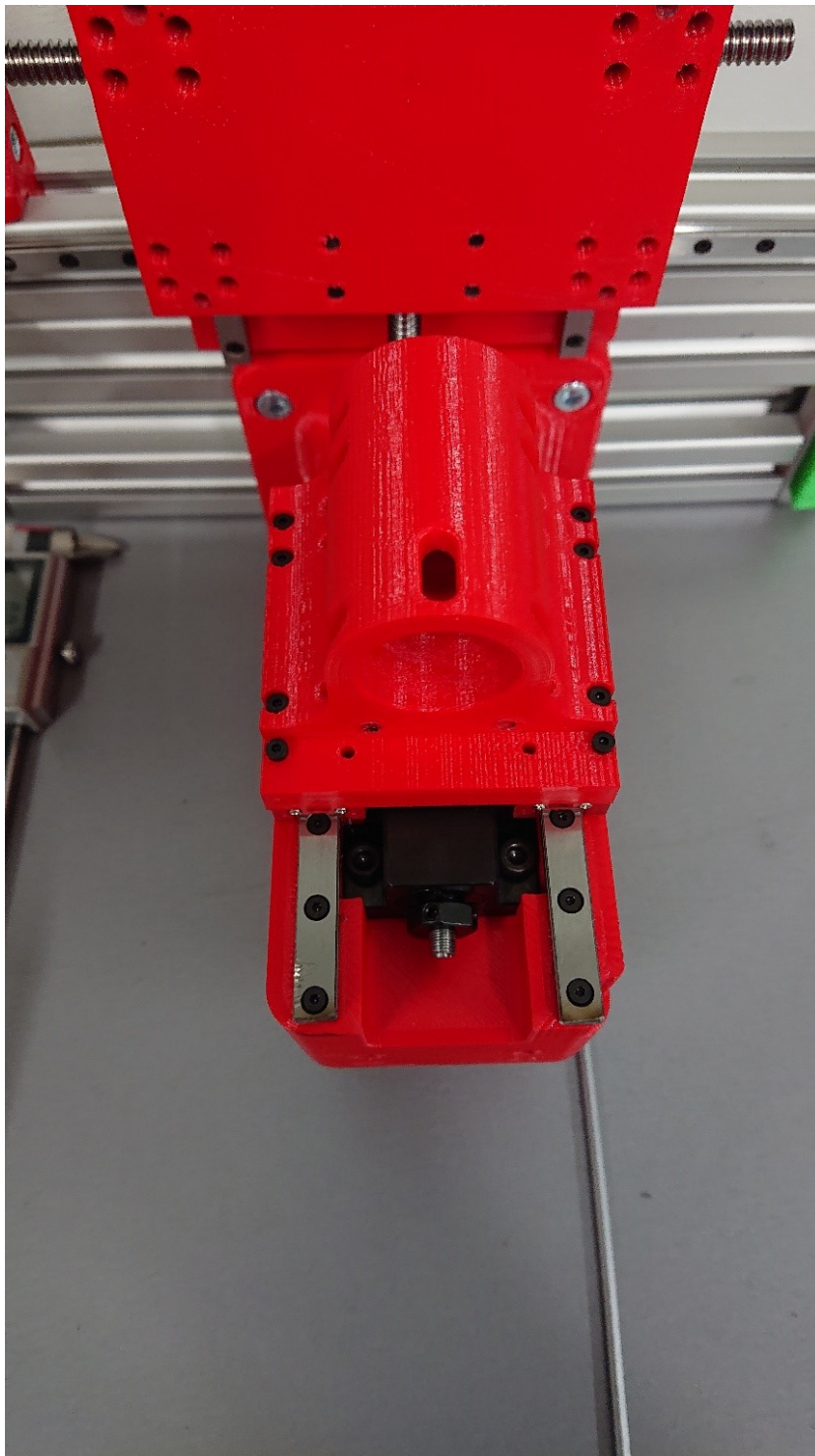
Kuva 41. X-akselin liikeruuvien kokoonpano.

Y-akselin ruuvi oli helpoin asentaa paikalleen siten, että Y-levyn kiinnitettiin mutteri kiinnikkeineen ja myös ruuvi laitettiin paikalleen, kun Y-levy oli irti koneesta (kuva 42). Ennen tämän alikokoonpanon asennusta jyrskokoneeseen, pitää askelmoottoriin kiinnittää holkki, jolla liikeruuvi ja moottori kiinnitetään toisiinsa.



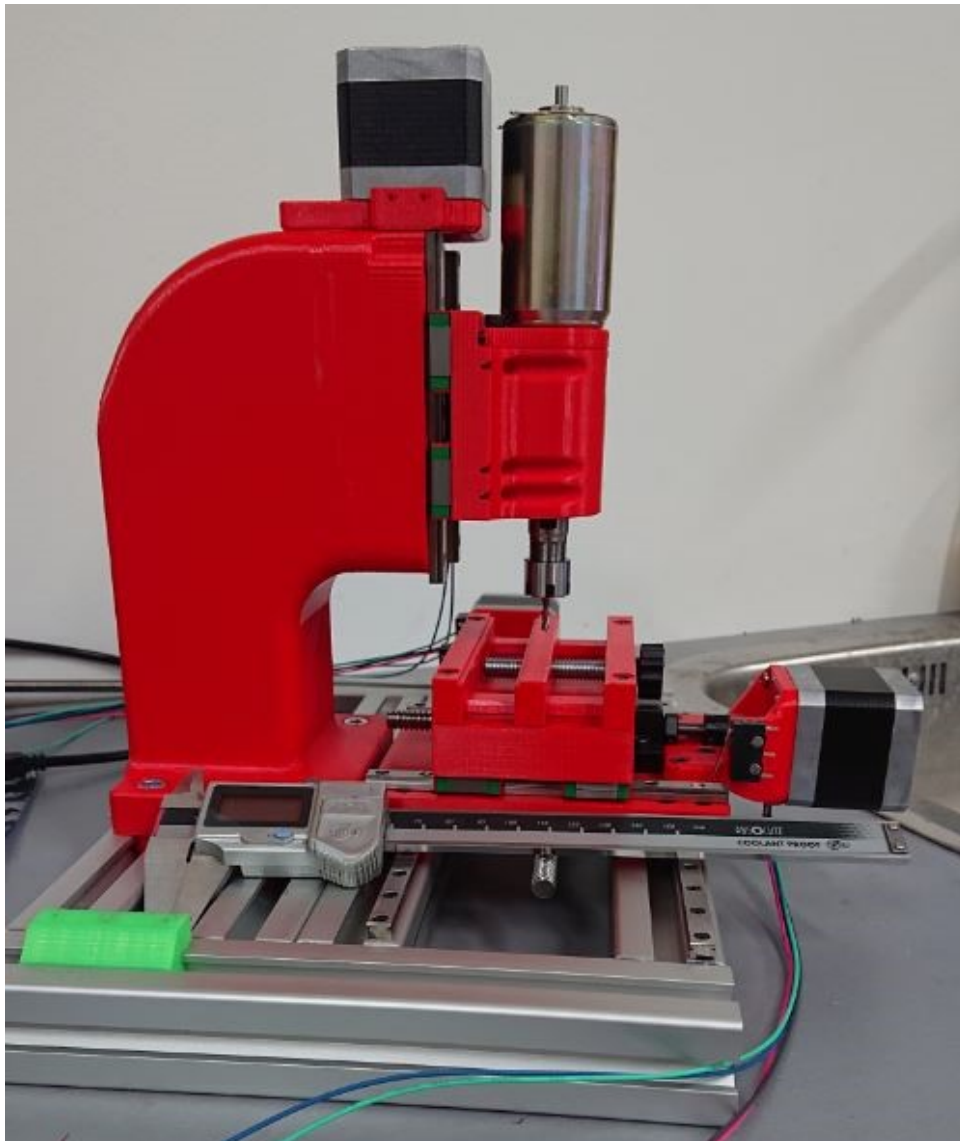
Kuva 42. Y-levyn alikokoonpano.

Viimeisenä oli vuorossa Z-akselin kokoonpano. Ensin Z-akselille lisättiin johteiden kelkat, jonka jälkeen kuularuuvi asennettiin paikalleen karan runkoon ja tämä kiinnitettiin suoraan johteisiin (kuva 43). Kuularuuvien asennusta varten aiemmin asennettu Z-akselin liikemoottori jouduttiin poistamaan, joten siksi sen asennus kannattaa jättää aiemmin tekemättä. Kun kara ruuveineen on asennettu, voidaan liikemoottoriin kiinnittää holkki, jolla ruuvi ja moottori kiinnittyvät toisiinsa. Tämän jälkeen moottori voidaan kiinnittää paikalleen.



Kuva 43. Z-akselin liikeruuvi ja karan runko asennettuna.

Kuten aiemmin mainittiin, on edellä kuvattu kokoonpano suoritettu sitä mukaa, kun osia on valmistunut. Kokoonpanon pysty ja se myös kantaa tehdä isompina kokonaisuuksina hyödyntäen niin sanottuja alikokoonpanoja. Liitteestä 20-28 löytyy kokoonpanokuvat jyrsinkoneelle ja näissä kuvissa on hyödynnetty alikokoonpanoja ja kokoonpano suoritettaisiin näiden kuvien tavalla, mikäli jyrsinkonetta valmistettaisiin kaupallisesti. Kuvassa 44 on mekaanisesti valmis jyrsinkone.



Kuva 44. Jyrsinkoneen mekaniikka on valmis. Työntömitta antaa mittasuhdetta koneelle.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa mekaniikka CNC-jyrsinkoneelle hyödyntäen 3D-tulostusta ja valmiita koneenrakennuksen komponentteja. Lisäksi jyrsinkoneen rakentaminen oli tarkoitus tehdä niin yksinkertaiseksi kuin mahdollista. Näihin tavoitteisiin päästiin, joskin perinteisiä työstökoneita tarvittiin avuksi kuularuuvien päiden koneistuksessa ja ER-11 karan koneistuksessa. Edellä mainittujen osien koneistus onnistui perinteisellä manuaalisorvilla, joita löytyy monista oppilaitoksista.

Jyrsinkone voidaan tämän raportin perusteella kasata, jonka jälkeen se voidaan sähköistää ja sitä voidaan käyttää CNC-ohjelmoinnin harjoitteluun. Tämä opinnäytetyö käsitteli vain mekaniikan suunnittelua ja rakentamista, mutta Jyrsinkone myös sähköistettiin ja sillä on ajettu liikkeitä G-koodi ohjatusti. Kun opinnäytetyön mukaan tehtyä konetta aletaan sähköistää, on syytä tutustua konesuojauksen standardeihin.

Opinnäytetyön jyrsinkone oli mielenkiintoinen, mutta varsin työläs projekti. 3D-mallinnus on korvaamaton työkalu, kun suunnitellaan näin suuria kokonaisuuksia. Työ oli opettavainen ja yhteistyö Movetec Oy:n kanssa oli hieno juttu.

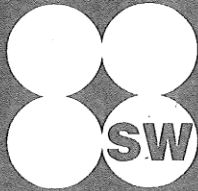
Koneen osia voisi jatkokehittää materiaalimenekin pienentämiseksi ja 3D-tulostuksen helpottamiseksi. Toisaalta osat toimivat myös tällaisenaan ja kokonaisuudessaan jyrsinkoneen osiin menee alle 1 kg tulostusmateriaalia. Osat ovat myös 3D-tulostusystävällisiä ja tarvittava tukimateriaali on helppo poistaa.

## LÄHTEET

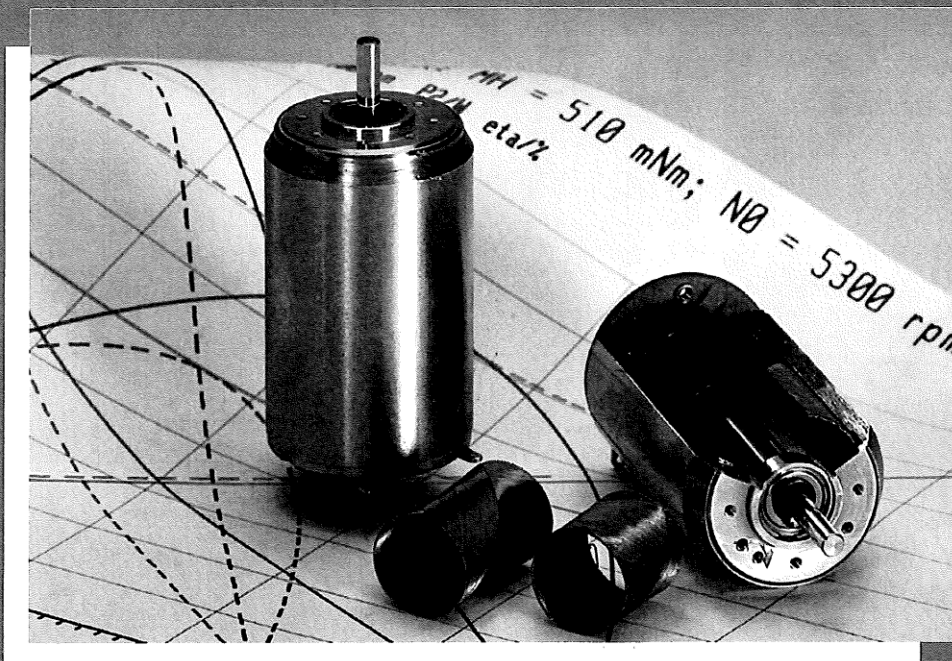
- 3D Print Academy. Web Design by Sozo. (2020). *3d-printing-tips*. Haettu 4.5.2020 osoitteesta <https://www.3dprintacademy.co.uk/fdm-3d-printing-tips-for-designers-tip-3-part-orientation/>
- CNC Cookbook Inc. (n.d). *Milling machine frame*. Haettu 4.5.2020 osoitteesta <https://www.cnccookbook.com/cnc-milling-machine-frame-complete-diy-guide/>
- Eichenberger Gewinde. (n.d.a). *Kuularuuvit yleinen*. Haettu 4.5.2020 osoitteesta <https://movetec.fi/images/pdf/eichenberger-speedy-high-helix-lead-screws.pdf>
- Eichenberger Gewinde. (n.d.b). *Liikeruuvi Rondo*. Haettu 5.5.2020 osoitteesta <https://movetec.fi/images/pdf/eichenberger-rondo-round-thread-lead-screws.pdf>
- High speed technologies. (n.d). *Hyundai spindle repair*. Haettu 5.5.2020 osoitteesta <https://highspeedtechnologies.com/portfolio/hyundai/>
- HIWIN Corporation. (n.d.a). *Lineaarijohteet*. Haettu 7.5.2020 osoitteesta [https://movetec.fi/images/pdf/Linear\\_Guideway-HG.pdf](https://movetec.fi/images/pdf/Linear_Guideway-HG.pdf)
- HIWIN Corporation. (n.d.b). *Lineaarijohteet mini*. Haettu 7.5.2020 osoitteesta [https://movetec.fi/images/pdf/Linear\\_Guideway-MG.pdf](https://movetec.fi/images/pdf/Linear_Guideway-MG.pdf)
- Minitec. (n.d). *Profiilijärjestelmät*. Haettu 7.5.2020 osoitteesta [https://movetec.fi/images/pdf/MINITEC\\_CATALOGUE\\_2015\\_profiilijarjestelmat.pdf](https://movetec.fi/images/pdf/MINITEC_CATALOGUE_2015_profiilijarjestelmat.pdf)
- Movetec Oy. (n.d.a). *Laakerit ja varusteet*. Haettu 7.5.2020 osoitteesta <https://movetec.fi/fi/tuotteet/lineaariliikkeen-mekaniikka/liikeruuvit/laakerit-ja-varusteet>
- Movetec Oy. (n.d.b). *Moottorikäytöt*. Haettu 10.5.2020 osoitteesta <https://movetec.fi/fi/tuotteet/moottorikaytot/dc-harjalliset/dc-pienmoottorit-faulhaber>
- Movetec Oy. (n.d.c). *Support unit EK*. Haettu 10.5.2020 osoitteesta <https://movetec.fi/images/pdf/ek.pdf>
- Niceshops GmbH. (2010-2020.a). *3d-jake pet-filamentit*. Haettu 10.5.2020 osoitteesta <https://www.3djake.fi/filamentit/pet-filamentit?keyword=petg>
- Niceshops GmbH. (2010-2020.b). *3d-jake petg*. Haettu 12.5.2020 osoitteesta <https://www.3djake.fi/verbatim/pet-g-punainen>
- Strikwerda & Dehue. (2020). *What-is-3d-printing/*. Haettu 10.5.2020 osoitteesta <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- Verho, T. (n.d). *Pienoismoottorien valintaopas*. Espoo: Stig Wahlström Oy.



Pienmoottorien valintaopas.

Stig Wahlström Oy:n  
julkaisu

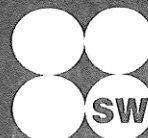
# Pienmoottorien valintaopas



## Opti maatio®

Pienmoottorien valintaopas on tarkoitettu helpottamaan moottorin valintaa kuhunkin käyttökohteeseen sopivaksi.

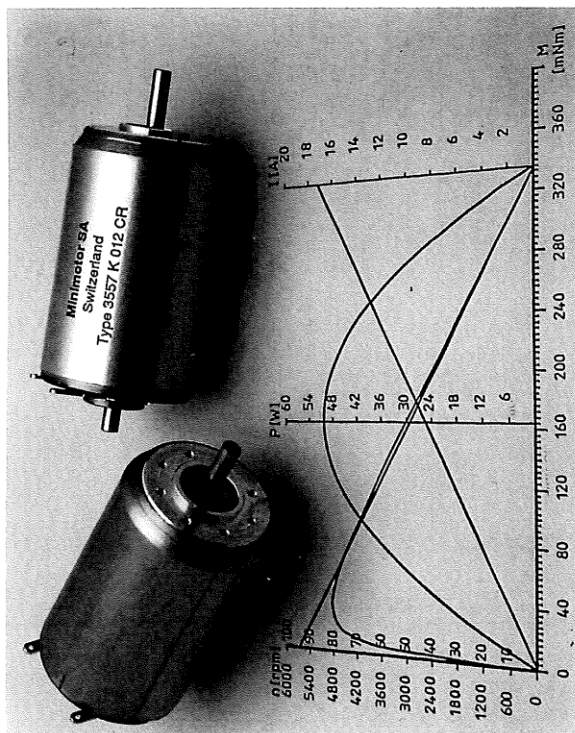
### STIG WAHLSTRÖM OY



Olarinluoma 11 B, 02200 ESPOO, Puh. (09) 5024 400, Fax (09) 4522 735

## Pienmoottorien valintaohjeita, osa 1.

Pienmoottorien valinta sovellettu on joka kerta erilainen prosessi. Valinnan helpottamiseksi tulemme julkaisemaan artikkelisarjan **PIENMOOTTORIEN VALINTAOHJEITA** Optimaation osassa. Käytetyt julkaisun koosta riippuen pyrimme tiiviiseen esitystapaan. Koska ohjeet sisältävät sellaisia käytännön vihjeitä sopivan pienmoottorien valitsemiseksi, jotka eivät heti vanhene, kannattaa varmaankin kerätä koko artikkelisarja samoihin kansiin. Tässä yhteydessä keskitymme pienmoottoreihin, jotka ovat teholtaan 100W:n alapuolella. Tosin suuri osa tekstistä pätee myös huomattavasti suuremmille moottoreille.



Pienmoottorien valintaan vaikuttavat mm. vaadittavat säätöominaisuudet.

- Millaisia ohjelmointiominaisuuksia moottorijärjestelmällä vaaditaan?
- Tuleeko moottoriin kytkä vaihteisto?
- Pilaako moottoriin ohjauksen olta takaisinkytketty?
- Onko moottorilla olta jomainta tavalla moottori asennelmaan?
- Millaisia säätöominaisuuksia moottorilta vaaditaan?
- Seuraavien kysymyksiin on ensin saatava vastaus, jotta moottorivalinta onnistuu:
- Millaista ohjelmointiominaisuuksia moottorijärjestelmällä vaaditaan?
- Asetetaanko moottoriin materiaalleille rajoituksia?
- Asetetaanko moottorille esteettisiä vaatimuksia?
- Onko moottorilla olta jomainta tavalla moottori asennelmaan?
- Millaista ohjelmointiominaisuuksia moottorilta vaaditaan?

## Pienmoottorien valintaohjeita, osa 1. (jatkoa)

Moottorin käyttöjännite tetaan suositeltuun suuntaan.

Moottorin säätöominaisuuksien tarkkuutta ohjauselektronikalla

Kun pienmoottorilla edellytetään nopeussäätöä, jona säätötarkkuus ei ole suuri, yleensä käytetään tasavirta-

Moottorin säätöominaisuuksien tarkkuutta ohjauselektronikalla

### Kiihtyvyys

Kiihtyvyyden säätö onnistuu parhaiten askeimoottorijärjestelmillä. Mikäli kiihtyvyyden säädön tarkkuus ei ole kovin suuri ja kuormarifta vaadita missään vaiheessa enemmän momenttia kuin vaadittuun kiihtyvyyteen tarvitaan, voidaan tarkoitukseseen käyttää virranrajoitusta.

### Moottorin pyörimissuunta

Ensisijaisen tärkeää on tietää kumppaan suuntaan moottorin tulee pyöriä vai toiseen moottorin pyöriä molempin suuntiin.

### Yleensä pienmoottorit

Poikkeuksena ovat synkronimoottorit, jossa on sisäinen esteoite toisen pyörimissuunnan eliminoimiseksi.

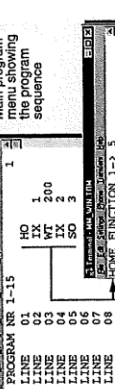
Toinen poikkeus on harjoitusmoottorit, jossa on sisäisätkennettu ohjaukseen.

Koimais poikkeus on pieni asynkronimoottori. Tämän lisäksi voi olla muita erikoismuunnoksia, jotka pyöriä vain yhteisen suuntaan.

Harjoitusmoottorit on toisinaan rajoitettu suositukseen.

Moottorin säätöominaisuuksien tarkkuutta ohjauselektronikalla

Moottorin säätöominaisuuksien tarkkuutta ohjauselektronikalla



**Figure 2**  
HOME-linjan parametr

HOME FUNCTION	1-7
1 DIR.H	1=ON 2=COH
2 SPE.H	50-10000
3 DIR.H	1=ON 2=COH
4 DIR.Z	50-10000
5 SPE.Z	50-10000
CLR OUT	1=YES 0=NO

### Figure 3

INDEX 1 menu with parameters

INDEX NR	1-50
ACCES*1000	10-5000
DECEL	1000
REL	200000000
TYPE	1=ABS 2=REL

Ohjelmoinnilla määritellään ennalta paikka, johon moottori voidaan ajaa. Haluttujen toimintojen selvittäminen on tärkeää.

Rajoittaminen tapahtuu virranrajoituksella. Ylipäätään, kun halutaan parempaa sääätötarkkuutta, valitaan ohjauselektronikka, jonka sisäinen kieronopeus on parempi sekä kasvatetaan ohjauksenaisten resoluutiota.

Moottorin ohjelmointivälineiden avulla voidaan tarkasti selvitettävä, että järjestelmällä voidaan suorittaa kaikki halutut toiminnot. Tämä edellyttää ohjelmointikielen ja käskykantaan tutustumista jo ennakkoon.

Erityisesti kannattaa tutkia, että ohjelman haku muistista toimii ajatellussa ympäristössä. Myös useamman akselin samanaikainen käyttö tulee ottaa huomioon.

Moottorin ohjelmointivälineiden avulla voidaan tarkasti selvitettävä, että järjestelmällä voidaan suorittaa kaikki halutut toiminnot. Tämä edellyttää ohjelmointikielen ja käskykantaan tutustumista jo ennakkoon.

Moottorin ohjelmointivälineiden avulla voidaan tarkasti selvitettävä, että järjestelmällä voidaan suorittaa kaikki halutut toiminnot. Tämä edellyttää ohjelmointikielen ja käskykantaan tutustumista jo ennakkoon.

Moottorin ohjelmointivälineiden avulla voidaan tarkasti selvitettävä, että järjestelmällä voidaan suorittaa kaikki halutut toiminnot. Tämä edellyttää ohjelmointikielen ja käskykantaan tutustumista jo ennakkoon.

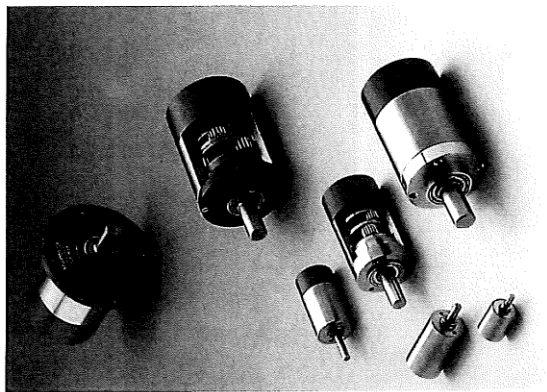
## Pienmoottorien valintaopas.



Pienmoottorien valintaohjeita  
Dipl. ins. Tapio Verho

www.swoy.fi  
Luvaton kopiointi kielletty

### Pienmoottorien valintaohjeita, osa 1. (jatkoa)



Vaihteistolle asetetaan useita mekaanisen kestävyys-  
den vaatimuksia.

#### Vaihteisto kasvattaa moottorin vääntömomenttia

Vaihteiston käyttö on suhteellisen yleistä pienmoottorien yhteydessä, jolla on muuten pienehkö vääntömomentti. Vaihteisto kasvattaa moottorin vääntömomenttia välisuhteiden suhteen. Tosin vaihteisossa lisääntyy moottorin lämpöenergiaa, jolla on muuten pienehkö vääntömomentti. Vaihteisto kasvattaa moottorin vääntömomenttia välisuhteiden suhteen. Tosin vaihteisossa lisääntyy moottorin lämpöenergiaa, jolla on muuten pienehkö vääntömomentti.

Muuten pienehkö vääntömomentti. Vaihteisto kasvattaa moottorin vääntömomenttia välisuhteiden suhteen. Tosin vaihteisossa lisääntyy moottorin lämpöenergiaa, jolla on muuten pienehkö vääntömomentti.

#### Takaisinkytkentä

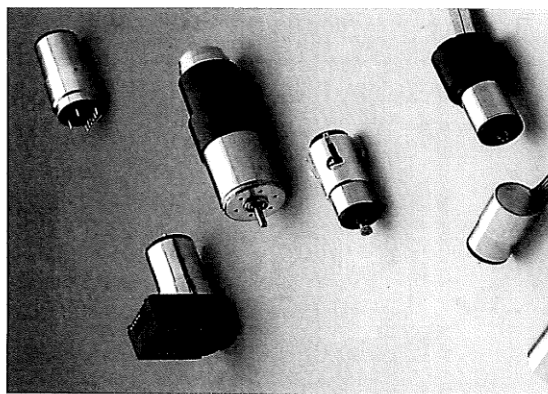
Takaisinkytkentä on rakenteen osana. Takaisinkytkentä on rakenteen osana. Takaisinkytkentä on rakenteen osana. Takaisinkytkentä on rakenteen osana.

Resolvoreita käytetään harjattomien servojärjestelmien takaisinkytkentäelementteinä silloin, kun tarvitaan luotettavaa, kestävä ja tarkkaa takaisinkytkentää. Pulsantit ovat käytössä yleisesti hieman vaatimattomammassa kohteissa, joiden servojärjestelmässä on yleensä harjallinen moottori.

Potenttiometriä käytetään takaisinkytkentään laitteissa, joiden toimintojen määrä on vain tuhansia koko sen elinaikana. Tällainen järjestelmä on aikaisemmin mainittuja järjestelmiä epätarkempi ja sillä ei saavuteta läheskään sellaisia nopeuksia.

#### Asennettavuus perustuu yhteensopivuuteen

Moottoria, vaihteistoa, pulsanturia ja jarrua valittaessa on tietenkin huomioitava, että osat sopivat toisiinsa.



Takaisinkytkentäohjeiden välittävät antureita



www.swoy.fi  
Luvaton kopiointi kielletty

### Pienmoottorien valintaohjeita, osa 1. (jatkoa)

Joskus moottorin tai sen osan asennusehto on rajoitettu. Toisinaan moottori halutaan kiinnittää tietyllä tavalla laitteeseen. Tällöin esimerkiksi ruuvilla laipaan uraan tai pantakiinnityksellä moottorin tai vaihteiston ympäri.

Pantakiinnityksessä on huolehdittava, että panta asennetaan sellaiseen kohteeseen, jossa ei puristeta pantaan. Huomattavasti yleisempiä vaatimuksia ovat moottorin ja vaihteiston välillä oleva kapea tila.

#### Kielletyt materiaalit

Toisinaan jotkut materiaalit eivät sovi yhteen sen prosessin kanssa, mihin moottori on asennettava. Tällöin välttämättä on käytettävä muita materiaaleja.

#### Ympäristöolosuhteet

Usein moottori asennetaan kosteaan tai pölyiseen ympäristöön. Moottorin valinnassa on huomioitava moottorin suojausluokka.

Öljynen tai radioaktiivinen ympäristö edellyttää, että moottorin valmistuksessa on käytetty oikeita materiaaleja. Alipaineinen ympäristö kuvittaa voiteluaineet, ellei niitä ole vaihdettu oikein.

#### Esteettiset vaatimukset

Ei ole välttämättä mahdollista rakentaa moottorin ympärille sellaisia materiaaleja, jotka eivät jähdytä moottoria. Toisinaan jokin materiaali ei sovi yhteen sen prosessin kanssa, mihin moottori on asennettava. Tällöin välttämättä on käytettävä muita materiaaleja.

#### Viranomaisyhteykset

Hyvin usein moottorin materiaali- ja ympäristövaatimukset on huomioitava moottorin valinnassa.

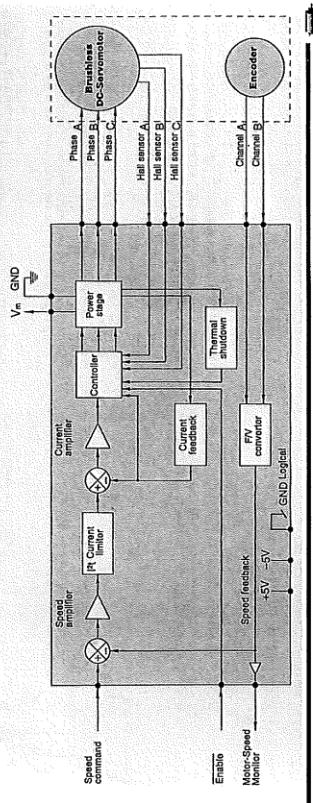
Moottorien valintaohjeiden ensimmäisen artikkelin lopussa on esitetty moottorien valintaohjeita. Artikkelissa käsitellään moottorien valintaa ja sen osien valintaa. Artikkelissa käsitellään moottorien valintaa ja sen osien valintaa.

Moottorien valintaohjeiden ensimmäisen artikkelin lopussa on esitetty moottorien valintaohjeita. Artikkelissa käsitellään moottorien valintaa ja sen osien valintaa.

#### Viranomaisyhteykset

Hyvin usein moottorin materiaali- ja ympäristövaatimukset on huomioitava moottorin valinnassa.

Servo Amplifier BLD 5603-SE4P and 5606-SE4P for speed control of brushless DC-Servomotors with Encoder



Notes on technical data refer to General Information  
123  
Specifications subject to change without notice

Takaisinkytkentäohjeita

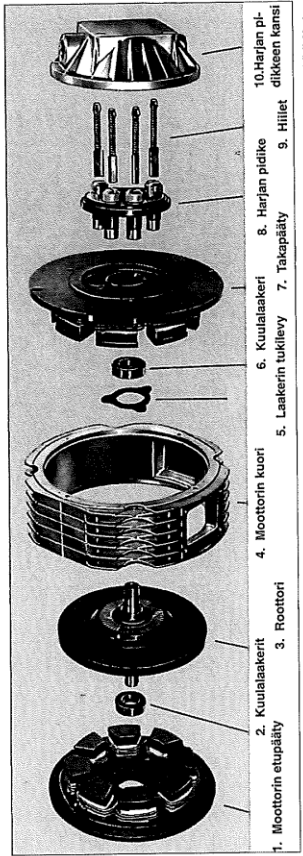


Pienmoottorien valintaohjeita  
Dipl. ins. Tapio Verho



Pienmoottorien valintaopas.

Pienmoottorien valintaohjeita, osa 2. (jatkoa)



KUVA 9

Pienmoottorien valintaohjeita, osa 2. (jatkoa)

TASAVIRTAMOOTTORIT

Tasavirtamoottorin toimintaperiaate on ollut jo hyvin kauan tiedossa. Ehkä juuri tästä syystä nykyään tunnetaan monta erilaista tasavirtamoottorirakennetta. Viilemmisistä on harjaton tasavirtamoottori. Sitä on tullut hyvin suosittu ja koska se monen ominaisuutensa suhteen eroaa harjallisesta tasavirtamoottorista, tulemmekin käsittelemään sitä oman osikson alla.

Kenttäkäynnin tasavirtamoottori

Tasavirtamoottorin vanhin rakenne. Magneettikenttä muodostetaan omalla käännillä. Rootorissa on käämi, joka on käännetty rautasydämen ympärille. Virta johdetaan roottorille harjojen (hiilien) välityksellä. Tämä moottori on kooltaan nykyajan vaatimuksiin nähden usein liian kookas ja sen virrankulutus on suurepuoleista.

Säätötapoja on useampia kuin kestomagneettimoottoreilla, usein ne ovat myös monimutkaisempia heti kun kentän vahvuutta aletaan säätää. Tämä moottori ei ole alle 100-200W:n soveltuvuudessa alkuunkaan suosittu. Toimintaperiaate selvää seuraavasta kuvasta 7.

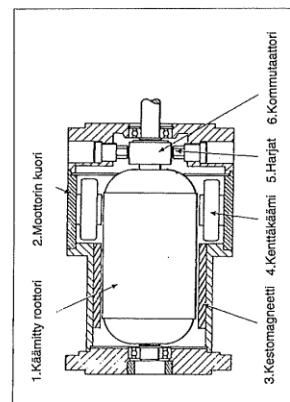
Kestomagneettimoottori

Toistaiseksi suosituin tasavirtamoottorirakenne on kestomagneettimoottori. Moottorissa kenttä luodaan kestomagneetien, roottorin käämiin virta viedään harjojen kautta. Moottorissa käytetty magneettimateriaali vaikuttaa ratkaisevasti moot-

toottoreita käytettäessä on pidettävä huoli, ettei moottorin ottama virta kasva liian suureksi, sillä roottorin lämmönvarauskyky on pieni. Vaarana on, että moottori palaa hyvin nopeasti, sulakemaisesti, väkisin pysäytetyssä.

Levymoottori

Toisia, kestomagneettimoottorirakennetta, jossa on raudaton roottori kutsutaan levymoottoriksi muutonsa takia. Lyhyt rakenne on saatu aikaan valmistamalla roottori pyöreälle piirikkoleikolle puolen roottoria. Virta tuodaan roottorille harjojen välityksellä. (kuva 9)



KUVA 7

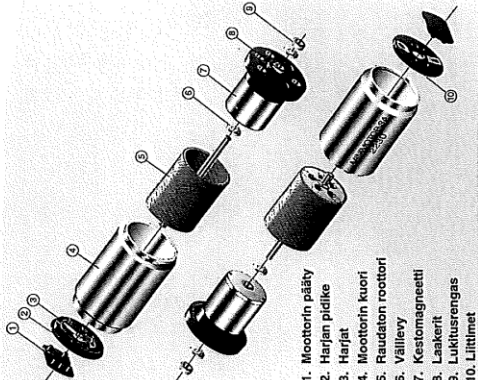
torista saatavaan vääntömomenttiin. Useita eri materiaaleja on käytössä. On nopeuksilla moottoreilla, joissa roottori on käämityksellisesti, sen kalliimpi se on.

Yhtenä ominaisuutena voidaan mainita raudattomuudesta aiheutuva moottorin keveys. Näin rakennettuja voidaan käyttää.

Raudaton kuppimainen roottorirakenne

Kun tasavirtamoottorin halutaan lisäominaisuuksia, voidaan roottori rakentaa ilman rautasydämiä. Roottori rakentuu akselista, jossa on muovinen lautanen, joka kannattaa varsinaisen käämin toisesta päästä. Käämi on lieröimäinen putki, joka pitää muotonsa epoksimuovipinnoitteen ansiosta. Virta johdetaan roottorin harjojen välityksellä. (kuva 8)

Kuppimainen roottorirakenne takaa moottorille hyvät kiihdytysominaisuudet kevyen rakenteen johdosta. Myös hyötysuhde on korkea, koska rautasydämen puuttuminen poistaa raudassa tapahtuvat magneettikentän



KUVA 8

Koivannan yhtälön ensimmäinen yhteenlaskettava edustaa lämmitteenpuotusta käynnin. Myös kiihtyvyysominaisuudet ovat hyvät, toisin ei välttämättä kuin kuppimaisella roottorirakenteella. Lihavoiuilla yhtälöillä voidaan nyt laskea moottorin toimintapiste kun tiedetään kolmen muuttujan arvot.

Kestomagneettimoottorin ominaiskäyrät

Kestomagneettimoottoreiden ominaiskäyristä voidaan lukea moottorin ottama virta, kierrosnopeus, teho sekä moottorin hyötysuhde momentin funktiona. Käyrästä on helppo havaita, milien jännitteen nostaminen kasvattaa kierrosnopeutta sekä kasvattaa momenttia ja moottorin ottamaa maksimivirtaa. (kuva 10)

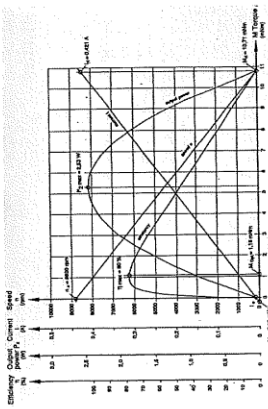
Tämä rakenne takaa hyvän hyötysuhteen ja tasaisen edustaa lämmitteenpuotusta käynnin. Myös kiihtyvyyso-

Kestomagneettimoottorin perusyhtälöt

Kestomagneettimoottorien käyttäytyminen on hyvin loogista. Myös moottorin toiminnan lineaarisuus helpottaa moottorin mitoittamista ja sen säätöä. Kolme toteutusta kuvaa kestomagneettimoottorin toimintaa niin hyvin, että niiden perusteella voidaan määrittää kestomagneettimoottoreiden perusyhtälöt.

- Vääntömomentti (M) on suoraan verrannollinen moottorin ottamaan virtaan (I).
  - Pyörimisnopeus (n) on suoraan verrannollinen jännitteeseen (U), kun kuormitus on vakio.
  - Ominaislämpö U = R x I (R = Vastus)
- Ensimmäisestä toteutuksesta saadaan  
 $M = k[M] \times I$   
 $k[M] = \text{Momenttikerroin} [Nm/A]$   
 Toisesta seuraa  
 $n = 1/k[n] \times U$   
 Kolmannesta saadaan  
 $U = R \times I + k[n] \times n$

Kestomagneettimoottoreiden perusyhtälöt



KUVA 10

Ylijännitettä käytettäessä, on moottorin ottamaa virtaa tarkkailtava valpeasti, jottei moottorin lämpötila nouse niin korkeaksi, että siitä aiheutuu palautumattomia vaurioita.

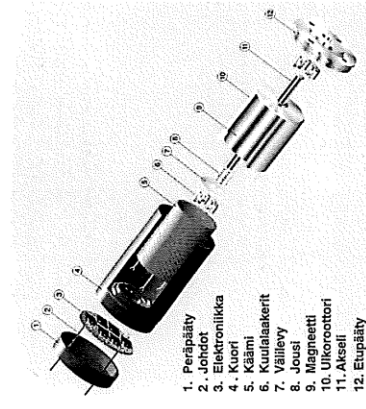
HARJATTOMAT TASAVIRTAMOOTTORIT

Harjattomissa tasavirtamoottoreissa ei ole tasavirtamoottorin Akilleen kantapää - kuluvia harjoja. Tästä johtuen harjattomasta tasavirtamoottorista on tullut erittäin suosittu, etenkin kohteissa, joissa edellytetään luotettavaa ja pitkäikäistä toimintaa. Tietenkin myös harjattoman moottorin lineaariset nopeus- ja momenttikäyrät sekä erittäin korkea vääntömomentti / painosuhte

de ovat edesauttaneet sen saamaa suosiota.

Harjattomia tasavirtamoottoreita on kahla eri rakennetta. Toinen on tarkoitettu jatkuvaan tasaiseen pyörimään, toinen taas toimintaan, jossa tarvitaan hyvät dynaamiset ominaisuudet. Edellisen rakennetta kuvaava 11. (seuraavalla sivulla)

### Pienmoottorien valintaohjeita, osa 2. (jatkoa)



1. Peräpäätty
2. Johdot
3. Elektroniliikka
4. Kuori
5. Käämi
6. Kuulialakerit
7. Välilevy
8. Jousi
9. Magnettiin
10. Ulkoroottori
11. Akseli
12. Etupäätty

KUVA 11

yleensä kohteissa, joissa moottoria otetaan kaikki irti lyhyen hetken ajan. Sitten käyttö tasoittuu, kunnes tulee seuraava tarve kiinnittää nopeasti tai kumota moottorin kuormituksen äkillinen muutos. Kolmen sisäanturin anturin Hall-anturin ansiosta voidaan moottorin nopeutta säätää ilman ulkoisia antureita. Yleensä kolmen anturin moottorilla saavutetaan hyvä nopeuden säätö nopeuksilla, jotka ovat yli 700-900rpm. Alhaisimmat nopeudet vaativat erillisen, tarkemman pulsianturin.

**Oikein tehty moottorivalinta edellyttää koko pienmoottorivalikoiman toimintaperiaatteiden ymmärtämistä**

Olemme tutustuneet muutamain erilaiseen pienmoottorityyppiin siinä uskossa, että oppisimme ymmärtämään eri tyyppien väliset erot. Yhdessä sovel-luksessa joku ominaisuus on haitta, toisessa se on etu.

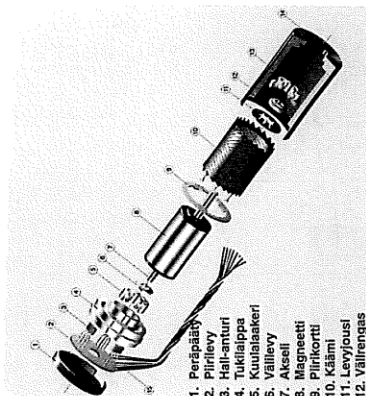
Siksi oikein tehty moottorivalinta edellyttää koko pienmoottorivalikoiman toimintaperiaatteiden ymmärtämistä. Ensi kerralla käsittelemme esimerkiksi askelmoottoreita.

#### Harjat eivät rajoita käyttöaluetta

Koska harjatot tasavirtamoottori poikkeaa harjallisen vaimu kommutoinnin suhteen, niin moottorin ominaiskäyrät, ja perusnyhtälöt ovat samanlaisia. Suurin ero on ominaiskäyvien kierrosnopeusasteikossa. Toimintalue on nyt paljon korkeammalle yltävä, sillä harjat eivät ole rajoittamassa moottorin

#### Kalkki irti - nopeasti

Tätä moottoria käytetään



1. Peräpäätty
2. Pirikortti
3. Hall-anturi
4. Tuulilappas
5. Kuulialakerit
6. Välilevy
7. Akseli
8. Magnettiin
9. Pirikortti
10. Käämi
11. Levyjousi
12. Väli rengas

KUVA 12

#### Virta elektronikan kautta moottorin perästä

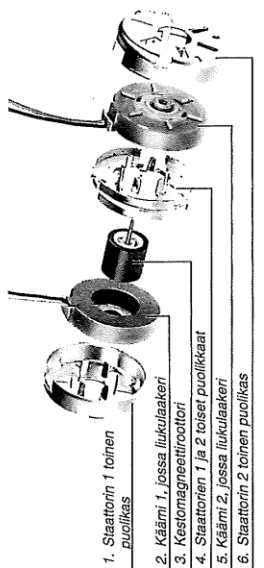
Tässä rakenteessa roottori on kääntämällä ulkopuolella. Tilanne voisi olla myös toisinpäin. Pääasia on, että moottorin tuleva virta ohjataan sinne moottorin peräpäädä olevan elektronikan kautta. Ohjaavana elementtinä toimii piiri, joka tunnustaa moottorin kääntämisen generoituneesta virrasta roottorin asennot, jolloin virransyöttö on vaihdettava yhdestä kääntämiseen seuraavaan. Piirin avulla moottori toimii kuten perinteinen harjallinen moottori, jossa on kaksi joutoa. Tämä moottorityyppi sopii pyörittämään pumppuja, skimmereita ja katkojen kiekkoja.

Takaisinkytkentäantureilla varustetun harjattoman tasavirtamoottorin rakenne selvää kuvasta 12.

Nyt roottori on kääntämällä sisäpuolella. Kääntämällä virtaa ohjaa erillinen ohjaukskortti. Tieto roottorin asemas-

### Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3.

Artikkelisarjamme on edennyt kolmanteen jaksoonsa. Viimeksi tarkastelemme synkronimoottoreiden ja tasavirtamoottoreiden sielunelämää. Tällä kertaa ovat vuorossa askelmoottorit, vaikka viimeksi oli puhe myös servomoottoreista. Päätoimittajan johdolla totesimme kuitenkin, ettei asiakaskuntaa kannata iikaa puuduttaa.



1. Staattorin 1 toinen puoli
2. Käämi 1, jossa lukulaakeri
3. Kestomagneetiroottori
4. Staattorin 1 ja 2 toiset puoliikkaat
5. Käämi 2, jossa lukulaakeri
6. Staattorin 2 toinen puoliikka

KUVA 1

#### ASKELMOOTTORIT

On olemassa kahdenlaisia askelmoottoreita. Peltiluokilla askelmoottoreilla toimittaan hitaita säätöjä tai kuljettajien kevyitä kuormia, kuten paperinauhaa. Useimmiten peltiluokaisen moottorin jälkeen on välitysmekanismi, jonka ansiosta moottorin kehittänyt vääntömomentti kasvaa.

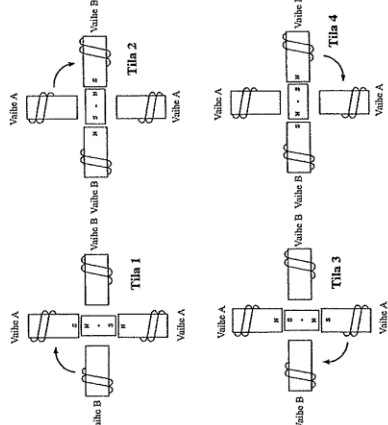
Hybridiaskelmoottoreilla taas voidaan suorittaa tarkempaa säätöä ja kuormat voivat olla huomattavasti peltiluokaisen moottoreiden kuormia suuremmat. Nämä kaksi moottorityyppiä muistuttavat kovasti viime jaksossa kuvattuja synkronimoottoreita, vain kääntämisen johdotus on erillainen.

#### Peltiluokiset askelmoottorit

Askelmoottorin mekaaninen rakenne on sama kuin synkronimoottorin, joka selviää kuvasta 1. Moottorin ra-

kenne on pelkistetty, jolloin myös tuotantokustannukset pöyivät kurissa. Moottorin päädyistä on taitettu esiin navat, jotka työnnyvät staattoriin ja roottorin väliseen kapeaan ilmaraajaan. Tässä tapauksessa vain toisessa moottorin kahdesta vaiheesta keräilään kulkee virta.

Askelmoottorin toimintaperiaate selviää kuvasta 2. Kuvassa on yksinkertaistettu askelmoottori, jossa on vain neljä napaa. Tässä tapauksessa vain toisessa moottorin kahdesta vaiheesta keräilään kulkee virta.



KUVA 2

Askelmoottorin toimintaperiaate selviää kuvasta 2. Kuvassa on yksinkertaistettu askelmoottori, jossa on vain neljä napaa. Tässä tapauksessa vain toisessa moottorin kahdesta vaiheesta keräilään kulkee virta.

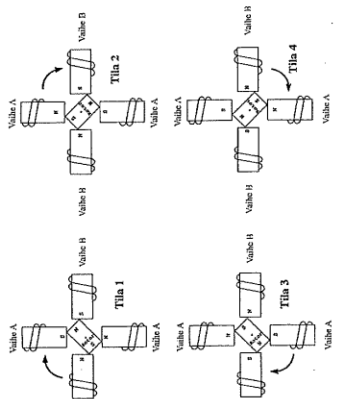
Seuraavaksi siirrytään tilaan 2, jossa moottorin vaiheesta B kulkee virta. Moottorin oikeanpuoleiseen napaa muodostuu etelänapa ja vasemmanpuoleiseen pohjoisnapa. Roottori kääntyy 90 astetta myötäpäivään, koska vastakkaiset navat vetävät toisiaan puoleensa.

Tilassa 3 kytketään vaiheeseen A vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 1. Alempana napaan syntyy etelänapa ja ylempänä napaan pohjoisnapa. Taas roottori pyörittää 90 astetta myötäpäivään.

Pienmoottorien valintaopas.



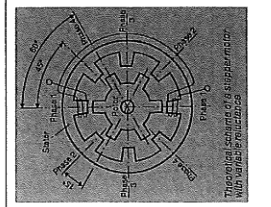
Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)



Tilassa 4 vaiheeseen B kytketään vastakkaisen suunnan virta, kuin tilassa 2. Roottori pyörittää 90 astetta myötäpäivään. Seuraavaksi siirrytään taas tilaan 1, ja toimitetaan kiertöksen täytyneen. Kun virran kytkentä eri vaiheisiin jatketaan saman kytkentäkaavan mukaan, jatkaa moottori pyörimisnopeus rippuu kytkentäkaavasta. Jos halutaan muuttaa pyörimissuuntaa, niin seurataan kytkentäkaava käänteisessä järjestyksessä.

Tässä kuvattu yksinkertainen askelmoottori ottaa neljä askelta kierroksella. Askelkuuma on 90 astetta. Yleensä petiukorisissa askelmoottereissa on 20, 24 tai 49 napaa. Askelmoottorin askelkuuma laskeaan jakamalla 360 astetta napojen määrällä. Tyypillisiä askelkuumia ovat 18, 15 ja 7,5 astetta. Napojen määrän lisäksi sääntyy myös roottorissa olevien kestomagneettinapojen määrä samassa suhteessa.

(kuva 2, edellinen sivu)



KUVA 4

Hybridiaskelmoottorit

Hybridiaskelmoottori on saanut nimensä siitä että siinä on ominaisuuksia relik-tanssiaskelmoottorista ja kestomagneettiaskelmoottorista. Jälkimmäisen toimintaperiaate tuli selväksi petiukorisien askelmoottorien yhteydessä.

Kuvan 4 mukaisesti relik-tanssiaskelmoottorissa vaiheisiin 1-4 (phase 1-4) kytketään vuoropäätän virta. Rautainen roottori pyrkii minimoimaan lämpöä ja viihtymään magnetoiman staatorin navan ja roottorin hamman välissä. Ensimmäinen vaihe 1 vetää roottorin hamman kohdalteen. Sitten vaihe 2 vetää lähimmän roottorin hamman kohdalteen. Seuraavaksi vaihe 3 pyörittää roottorin pyöriminen myötäpäivään 15 asteen askelin.

Reluktanssimoottori vetää hampaan tarkasti navan alle, mutta pilomomentti on pieni. Myös värähtelyn valmenninen moottorin pysähtymässä on hidasta. Kestomagneettimoottorin vääntömomentti on parempi kuin relik-tanssimoottorin.

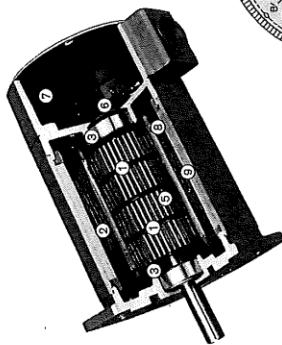
Yhdistelmä parhaita puolia

Hybridiaskelmoottoriin on kytketty ottaa parhaat puolet kummastakin moottorityypistä. Siinä on aika hyvin onnistuttuikin seuraavankalaisella yhdistämisellä, joka on esitetty kuvassa 5.

Moottorissa on tukeva, usein valurautainen kuori. Laakerit ovat kuulalaakereita, jotka saavutetaan hyvä radiiaalivierimisestä ja pitkä aalloittomien kesto ja pitkä

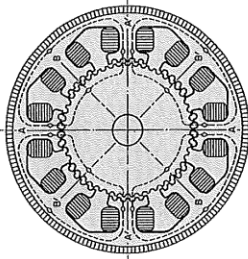


Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)



- 1. Kestomagneetti
- 2. Staattorin käänni
- 3. Kuulalaakerit
- 4. Akseili
- 5. 50-hampainen roottori
- 6. Jousi
- 7. Kytkemiättä
- 8. Staattorin käänni
- 9. Staattorin 48-hampainen hammustus

KUVA 5



KUVA 6

Kun moottoria käytetään toiseen kääntä päällä, tilassa 1 vaiheessa A kulkee virta. Moottorin napoihin A muodostuu magneettinen etelänapa ja napoihin A pohjoisnapa. Tämän seurauksena kaksikeräinen vääntömomentti yksinkertaisesti roottori-staattori pakettiin verrattuna; tosin moottorin virtaus kasvaa liki kaksinkertaiseksi.

Kummassakin roottorin puolikkaassa on kaksi samantyyppistä hammasparia. Roottorin osat. Ne ovat puolitahtoisia hammasparia. Roottorin pohjoisnapa ja napoihin B pohjoisnapa. Roottori kestomagneettin pohjoisnapa ottaa roottorin hammas on linjassa napojen B keskimääräinen hammaspari. Roottoriin on vääntömomentti on parempi kuin relik-tanssimoottorin.

Tilassa 3 kytketään vaiheeseen A vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 1. Napoihin A syntyy pohjoisnapa ja napoihin A etelänapa. Taas roottori pyörittää siten että napojen A keskimääräinen hammaspari linjassa roottorin hampaan kanssa. Tilassa 4 vaiheeseen B kytketään vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 2. Roottori pyörittää taas myötäpäivään ja nyt roottorin hammas on

TÄYSASKELLUS JA PUOLIASKELLUS

Yllämainituissa tapauksissa moottori askeltaa täysin askelin. Tyypillinen askelkuuma, 1,8 astetta, ei kaikissa tapauksissa mahdollista riittävän tarkkoja liikkeitä. Tätä voidaan ottaa käyttöön puoliaskellus, jolloin tyypillinen askelkuuma on 0,9 astetta. (kuva 15)

Puoliaskelluksen periaatteet

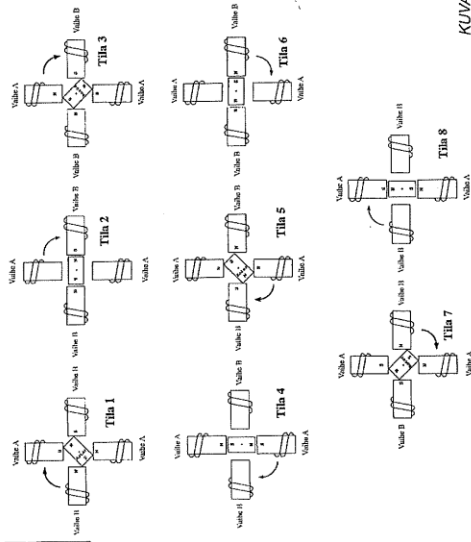
Kuvassa 7 saa käsityksen puoliaskelluksen periaatteista. Tilassa 1 moottori on samassa tilassa kuin käytettävissä kahden päällä olevan vaiheen kytkentä. Tilassa 2 moottori on samassa tilassa kuin käytettävissä kahden päällä olevan vaiheen kytkentä. Tällä lailla vuoroitetaan pitämällä väliä kumma vaihe päällä ja väliä vain toinen vaihe päällä, kunnes kahdeksan askleen

linjassa napojen B keskimääräinen napojen kanssa. Seuraavaksi siirrytään taas tilaan 1, ja toteetaan, että roottori on pyörittänyt yhden hampaan verran myötäpäivään.

Roottorin toinen puolisko, joka on kestomagneetin pohjoisnapa toimii täsmälleen samalla tavalla. Tilassa 1 roottori on samassa tilassa kuin käytettävissä kahden napojen A kanssa. Koska roottorin puolisko on puolen hampaan vaiheeseen A vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 1. Napoihin A syntyy pohjoisnapa ja napoihin A etelänapa. Taas roottori pyörittää siten että napojen A keskimääräinen hammaspari linjassa napojen B keskimääräinen hammaspari.

Tilassa 3 kytketään vaiheeseen A vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 1. Napoihin A syntyy pohjoisnapa ja napoihin A etelänapa. Taas roottori pyörittää siten että napojen A keskimääräinen hammaspari linjassa roottorin hampaan kanssa. Tilassa 4 vaiheeseen B kytketään vastakkaisen suunnan virta kuin tilassa 2. Roottori pyörittää taas myötäpäivään ja nyt roottorin hammas on

Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)



KUVA 7

**Jälkeen roottori on pyö-  
rähtänyt täyden kierroksen.**  
Koska joka toisen aske-  
leen aikana vain toinen vai-  
heista on kytketty, niin  
moottori kehittää 15-30%  
vähemmän vääntömoment-  
tia kuin kahden päällä olevan  
vaiheen kytkemisessä.

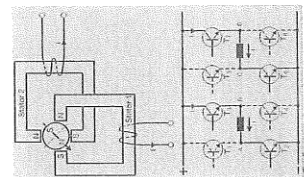
(kuva 7)

**Periaatteet**  
Palaamalla vielä uude-  
staan kuvaan 7, voidaan mik-  
roaskeluksen periaate ym-  
märtää helposti. Tilasta 1  
siirtyään tilaan 2 pienem-  
mällä vaiheella A virtaa pie-  
nimin porttiin. Kun virta on men-  
nyt nolliin, ollaan tilaa 2 vas-  
taavassa tilassa. Seuraa-  
vaksi aletaan kasvattaa vai-  
heen A virtaa vastaakseen  
suuntaan, kunnes ollaan tilaa  
3 vastaavassa tilassa.

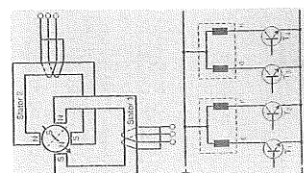
**Mikroaskeluksessa täys-  
askel jaetaan esimerkiksi 5  
10, 100 tai jopa 250 yhtiä  
pitkään askeleeseen.**

**UNIPOLARIOHJAU**

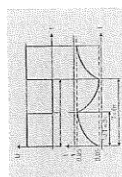
Viimeistään mikroaske-  
luksen yhteydessä ymmär-  
tää, että askelmoottorin  
ohjaukseen tarvitaan elek-  
tronikkaa. Askelmoottoreita  
ohjataan perinteisesti unipo-  
lariteknikalla. Moottorissa on



KUVA 9



KUVA 8



KUVA 10

tällöin 6 johtoa. Kummassakin  
vaiheessa on väliluotto.  
Kuvassa 8 näkyy unipolari-  
kytkentä.

Tennessä tarvitaan  
vain neljä transistoria. Kahla  
vaihetta päällä, pitävissä  
kytkemisessä toinen transis-  
toreista E ja F sekä toinen  
transistoreista G ja H on  
johtava. Tässä tapauksessa  
puolet kääntämisen kuparista on  
käytössä.

(kuva 8)

**BIPOLARIOHJAU**

Nykyään askelmoottorit  
tehdään pääsääntöisesti  
bipolariteknikalla. Tällöin  
moottorissa ei tarvita kuin  
neljä johtoa. Tennessä  
tarvitaan kahdeksan tran-  
sistoria. Moottori askeleaa  
joka kerta kun toisen vaiheen  
virran kulkusuunta käännetään.  
Kuvassa 9 moottori ot-  
taa askelen kun esimerkiksi  
vaiheen AB virran kulkusuun-  
ta käännetään.

(kuva 9)

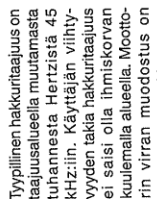
**SARJAVASTUKSEN  
KÄYTTÖ**

Moottorin induktanssi vas-  
tustaa nopeata virranmuo-  
dosta moottorin käänneis-  
sä. Virran muodostuminen al-  
kavakio moottorin käänneis-  
lasketaan seuraavalla kaa-  
valla:

$$t = L / (R + R_s)$$

t = alkavakio, L = moottorin  
induktanssi, R = moottorin  
vastus, R<sub>s</sub> = sarjavastus

Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)



KUVA 11

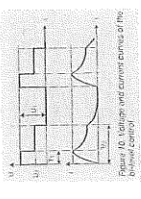
Tästä nähdään, että moot-  
torin alkavakio lyhenee, kun  
sarjavastuksen arvo kasvaa.

(kuva 11)

**KAKSIJÄNNITEOHJAU**

Kaksijänniteohjauksessa  
virtalähteenä käytetään  
matalampijännitteistä  
matalampijännitteistä  
kääntämöön moottorin.  
Moottorin nimellijännitteeseen  
nopeasti virta aikaa laskea,  
mutta se ei ehdi laskea pal-  
jonkaan, kun virta kytketään  
uudelleen päälle. Yleensä  
virran rajoituksen säätö on  
mahdollista.

(kuva 12)



KUVA 12

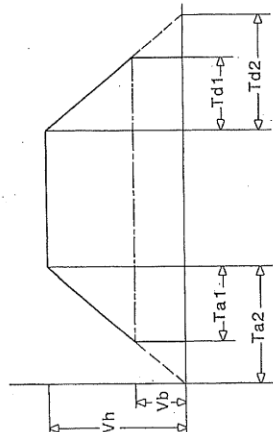
Moottorin induktanssi vas-  
tustaa nopeata virranmuo-  
dosta moottorin käänneis-  
sä. Virran muodostuminen al-  
kavakio moottorin käänneis-  
lasketaan seuraavalla kaa-  
valla:

(kuva 10, ed. sivu)

**HAKKURIOHJAU**

Transistoritekniikan kehit-  
tymisen myötä askelmoot-  
torihajukset muuttuvat hak-  
kuriohjausiksi. Hakkurioh-  
jauksessa moottorin kään-  
neisvirta kääntämöön moottorin  
suhteellisen korkeajännittei-  
seen virtalähteeseen.

Pienoismoottorien valintaopas.



Ta 1 - Kiihdytysaika perusnopeuden kera  
Td 1 - Jarrutusaika perusnopeuden kera  
Ta 2 - Kiihdytysaika ilman perusnopeutta  
Td 2 - Jarrutusaika ilman perusnopeutta  
Vh - Kiihdytety nopeus  
Vb - Perusnopeus

KUVA 13

**KÄÄNTÄJÄOHJAIN**

Yksinkertaisin itsenäisesti  
toimiva askelmoottorihajain  
on kääntäjäohjain. Siirren  
kuuluu tehoaste sekä "kään-  
täjä", joka muuttaa pulssi-  
jonon tehoasteen ohjau-  
pulsseiksi. Kääntäjäohjain  
vaatii vähintään kaksi tulo-  
signaalia. Toinen on pulssi-  
jono, jolla askellusta ohja-  
taan. Kurakin pulssia vastaa  
yksi askel moottorin akselilla.  
Toinen on suuntaieto, jolla  
määrätään kumpaan suun-  
taan moottori pyörii.

Näiden lisäksi voi olla tu-  
loja, jolla voidaan kytkeä  
moottori jännitteettömäksi,  
rajoittaa moottorin virtaa,  
valita täys- tai puoliaakselin  
tai kykeä kiihdytysvaiheessa  
suurempi virta päälle.

**OSKILLAATTORI-  
OHJAIN**

Kun kääntäjäohjaimen  
lisätään oskillaattori, jolla  
pulssejono syötetään, tulo-  
pulssejono syötetään, tulo-



Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)

Perusnopeus

Yksikeräisin keino on ohittaa ensimmäisen kertaluken resonanssialueen asennusnopeus resonanssialueen yläpuolelle.

**Mikroaskellus**  
Paras tapa on käyttää mikroaskellusta. Silloin ei resonanssialueita ole lainkaan. Mikroaskellus sopii hyvin käytettäväksi tapauksissa, joissa on pakko toimia myös resonanssialueella.

Viskoosivaimennin

Aikaisemmin resonanssi vaimennettiin viskoosivaimentimella, jossa juoksuakselin akseli on kiinnitetty akselin akseliin. Tämä on vanhentunut menetelmä, jota ei suositella.

**Jännitteen alennus**  
Jos askelmoottoriärsäksä jännitteen alennus on mahdollista, se on suositeltavaa.

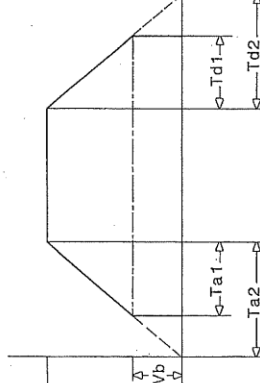
Resonanssi-ilmiot

Askelmoottorin rakenteesta ja ohjauksesta johtuen askelmoottoriärsäksä on erittäin herkkä resonanssialueiden suhteen.

**Ensimmäisen kertaluken resonanssialue**  
Tämä on yleensä alhaisin resonanssialue, jota ei suositella käytettäväksi.

**Toisen kertaluken resonanssialue**  
Tämä on yleensä korkeampi resonanssialue, jota ei suositella käytettäväksi.

**Yleinen resonanssialue**  
Tämä on yleensä korkein resonanssialue, jota ei suositella käytettäväksi.



KUVA 14  
Ta1 - Kiikkyvä nopeus  
Ta2 - Jarrutusnopeus  
Td1 - Jarrutusnopeus  
Td2 - Jarrutusnopeus  
Vh - Kiikkyvä nopeus  
Vb - Perusnopeus

Pienmoottorien valintaohjeita, osa 3. (jatkoa)

**ASEMONTIHOJAIN**  
Asemointihojain on yksinkertaisinmallinen askelmoottori, jota voidaan käyttää moottorin akselin asennamiseen.

**OHJELMOITAVAT ASEMONTIHOJAIMET**  
Asemointihojaimien kehittyneempi muoto, ohjelmoitavat asemointihojaimet, ovat monipuolisesti toimivia moottoriohjaimia.

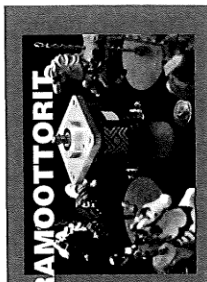
**VAIVONNAN TOIMINTA**  
Pussianturin avulla askelmoottorin nopeus ohjataan puussuojonon. Näin turvataan moottorin toimintaa.

**ELEKTRONINEN VAIHTESTO**  
Askelmoottorilla on helppo toteuttaa kahden tai useamman moottorin liikkeiden synkronointi.

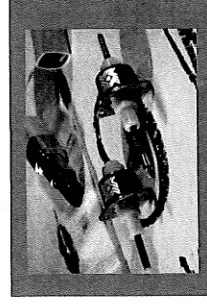
**OHJELMOITAVAT ASEMONTIHOJAIMET**  
Asemointihojaimien kehittyneempi muoto, ohjelmoitavat asemointihojaimet, ovat monipuolisesti toimivia moottoriohjaimia.



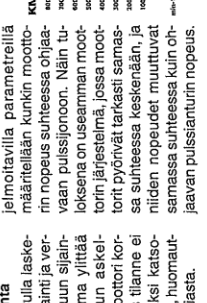
KUVA 15



**MINI TYÖRÄIKÄMOOTTORIT**  
Halvaisjaitaan 15 - 46 mm:n karamoottorit nostavat jopa 23 kg kuormia.

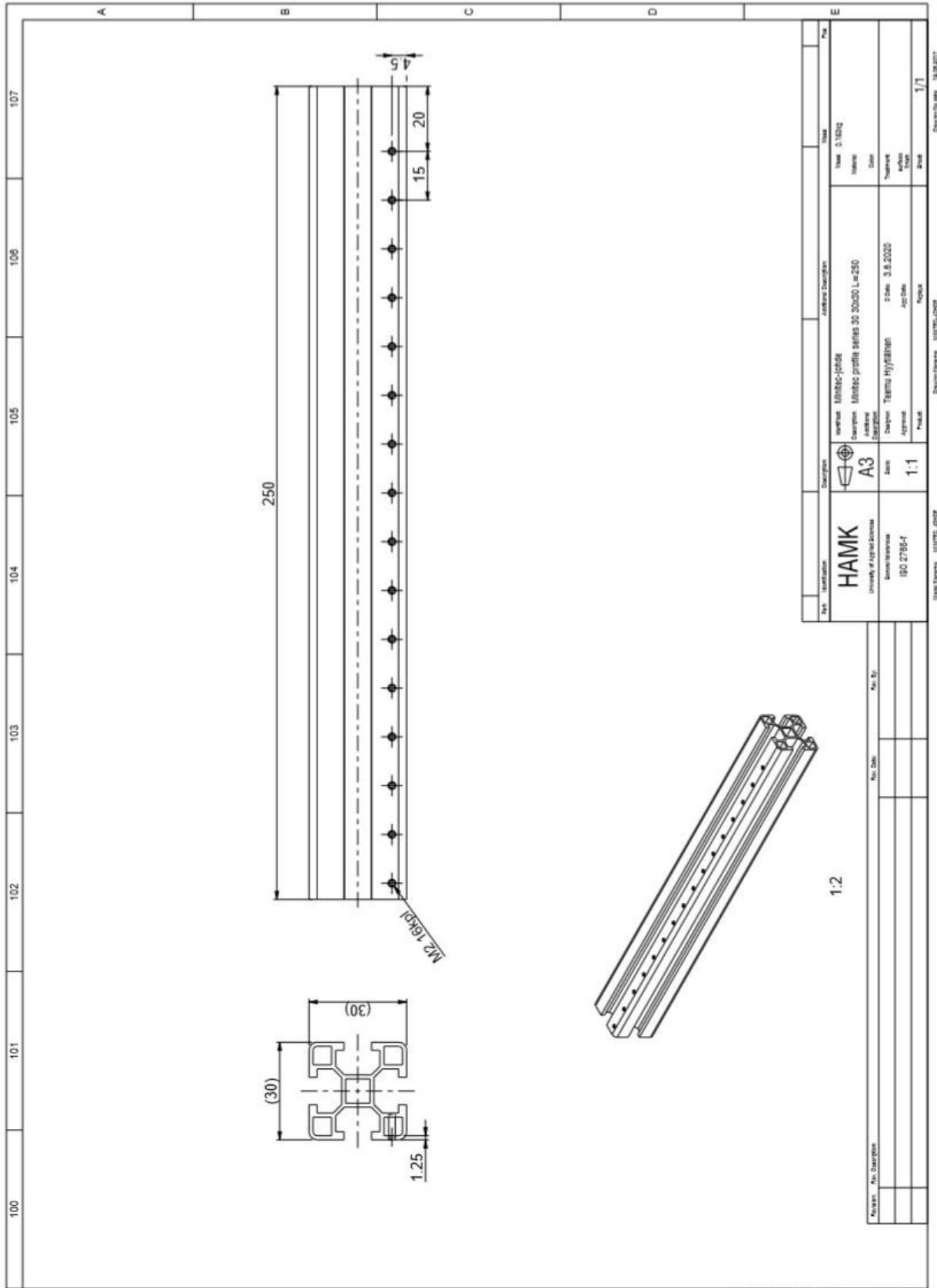


**OHJELMOITAVAT ASEMONTIHOJAIMET**  
Asemointihojaimien kehittyneempi muoto, ohjelmoitavat asemointihojaimet, ovat monipuolisesti toimivia moottoriohjaimia.

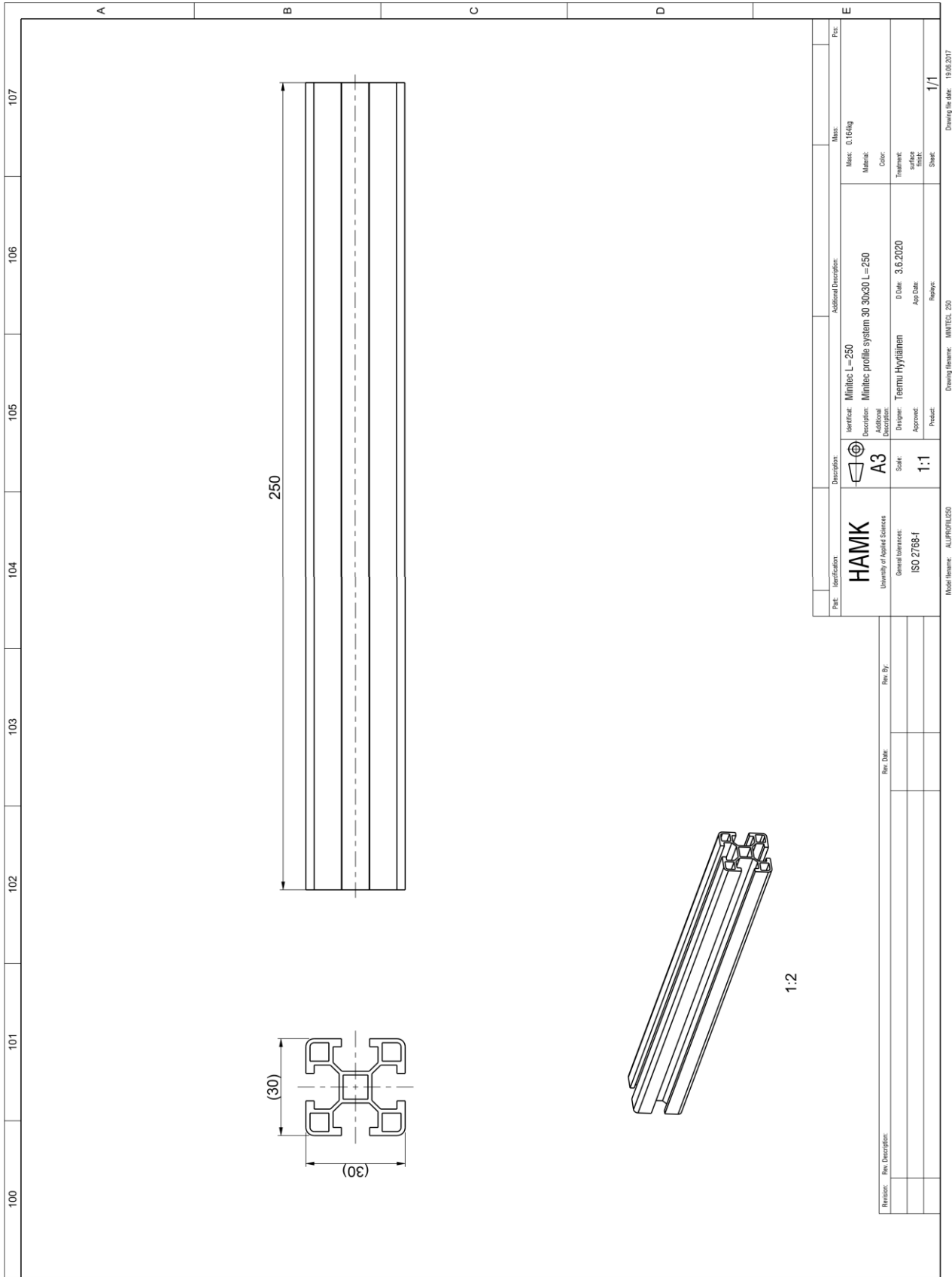


KUVA 15

Minitec-johde koneenpiirustuskuvat.



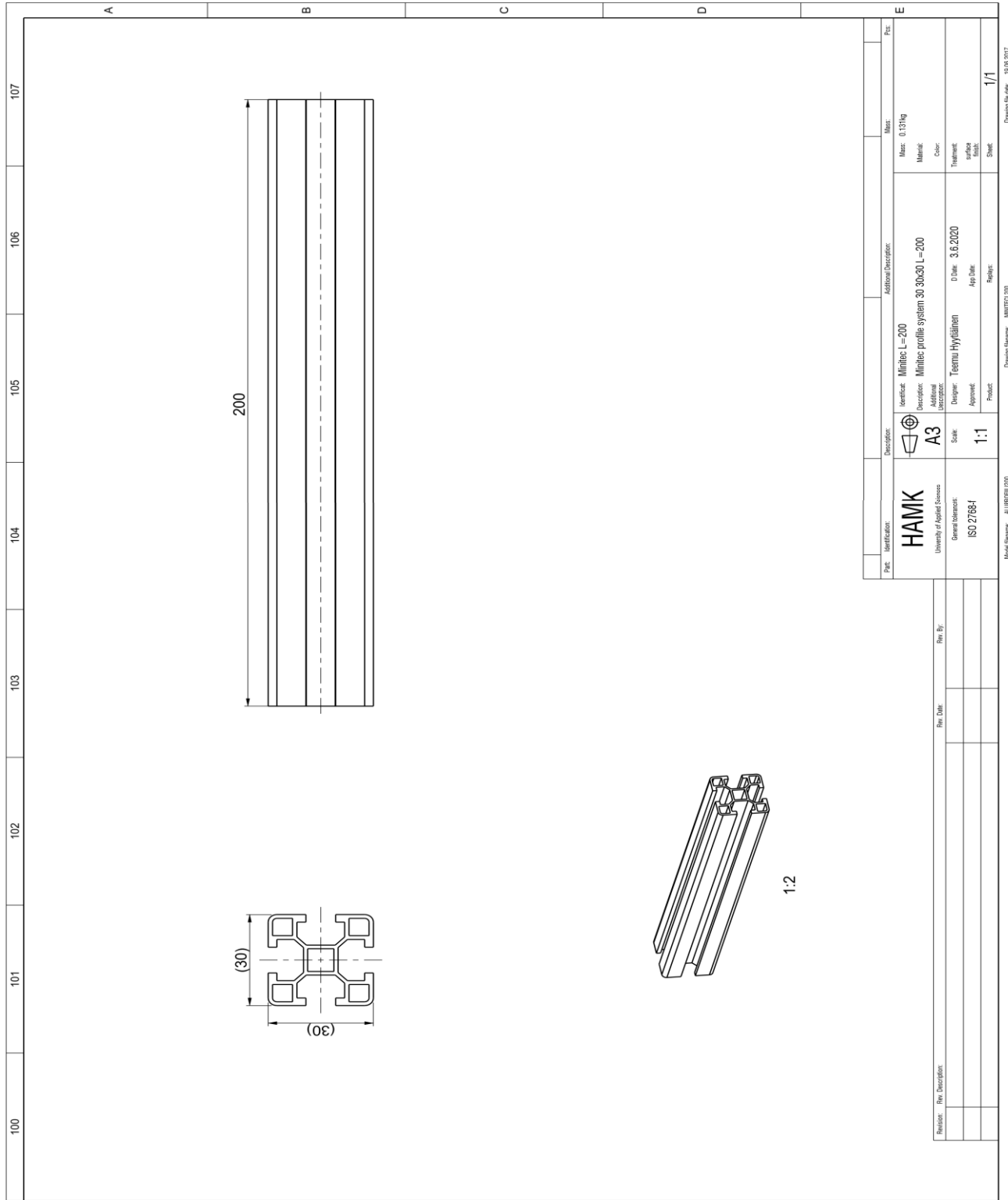
Minitec L=250 mm koneenpiirustuskuvat.



Part: Identification:	HAMK University of Applied Sciences	Description:	Minitec L=250	Additional Description:	Minitec profile system 30 30x30 L=250	Mass:	0.164kg
General balance:	ISO 2788-4	Scale:	1:1	Designer:	Teemu Hyttäinen	Material:	
ISO 2788-4		Scale:	1:1	Approved:		Color:	
		Scale:	1:1	D Date:	3.6.2020	Treatment:	surface finish
		Scale:	1:1	App Date:		Sheet:	1/1
		Scale:	1:1	Product:	Minitec_250		
		Scale:	1:1	Model Name:	ALUPROFILCSO		
		Scale:	1:1	Drawing Name:	MINITEC_250		
		Scale:	1:1	Drawing file date:	19.06.2017		

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of HAMK.

Minitec L=200 mm koneenpiirustuskuvat.



Part:	Identification:	Description:	Additional Description:	Mass:	File:
	HAMK University of Applied Sciences	Identificat: Minitec L=200 Description: Minitec profile system 30 30x30 L=200 Additional Description:	Minittec L=200	Mass: 0.131kg	
Revision:	Rev. Description:	Scale:	Appr. Date:	Material:	Color:
		A3	3.6.2020		
		Scale:	Appr. Date:	Treatment:	Surface finish:
		1:1			
		Product:	Project:	Sheet:	
				1/1	

Model Name: AURISOL200

Model Name: MITEC200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

Model Name: AURISOL200

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

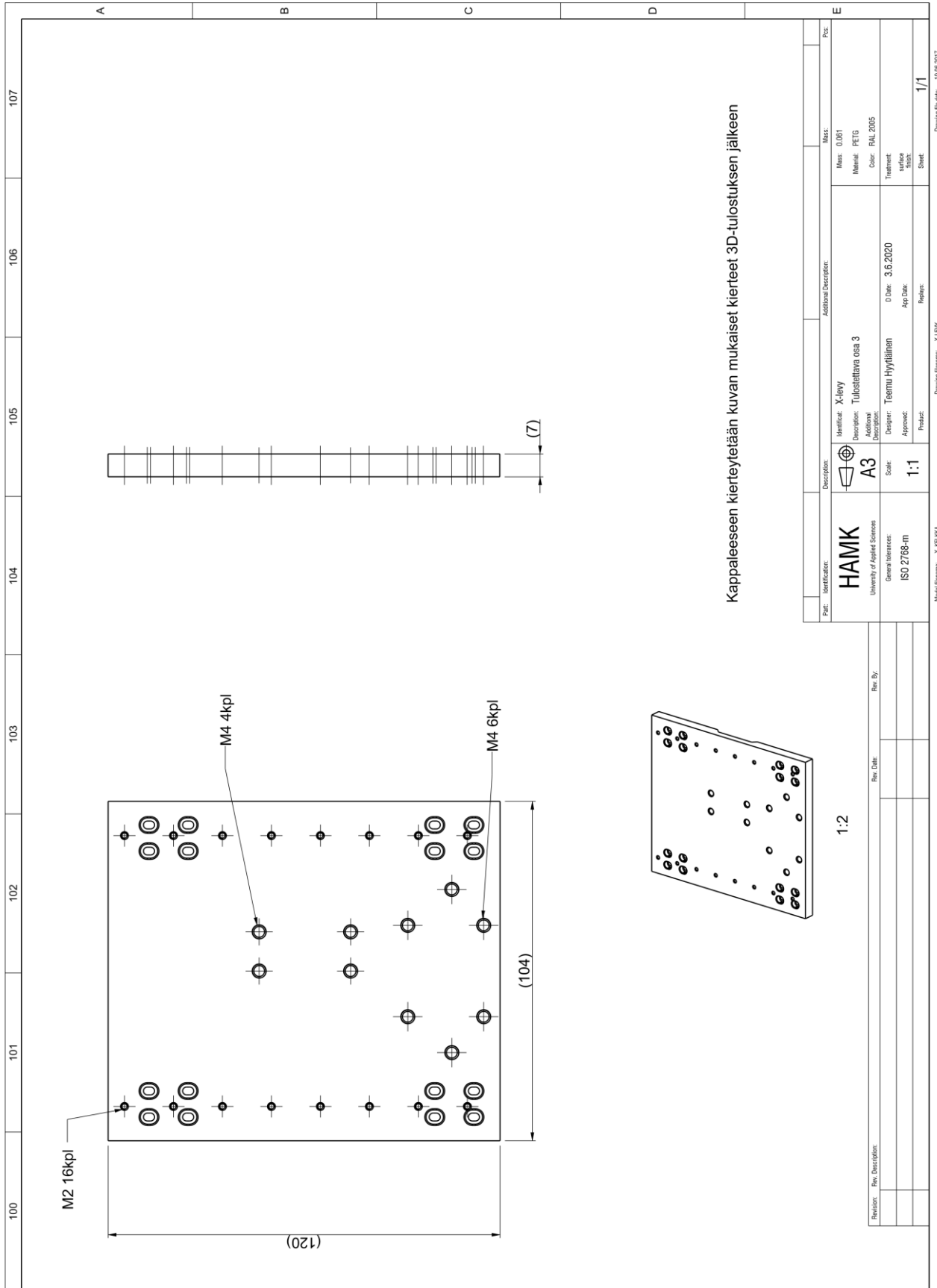


3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys X-moottoriin.

100	101	102	103	104	105	106	107
<p><b>HAMK</b>                  HAMK University of Applied Sciences                  00279B-01                  100279B01000_01</p>							
Description: <b>AKEMOOTTORIN KIIRTEYS X</b> Tuotteen nimi: <b>TULOJESKAS 2</b> Tuotteen kuvaus: <b>TEHTÄVÄ HYÖDYNNÄ</b> Tuotteen valmistuspaikka: <b>2.8.2020</b> Tuotteen valmistusajankohta: <b>2.8.2020</b> Tuotteen valmistuspaikka: <b>1/1</b>		Name: <b>C.000</b> Name: <b>FETS</b> Date: <b>28.08.2020</b> Version: <b>1/1</b> Drawing No.: <b>100279B01000_01</b> Date: <b>28.08.2020</b>					
Kappaleeseen kierteitetään kuvan mukaiset kierteet 3D-tulostuksen jälkeen.							

Printed by the student and the instructor. The student is responsible for the accuracy of the drawing.

3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys X-levy.

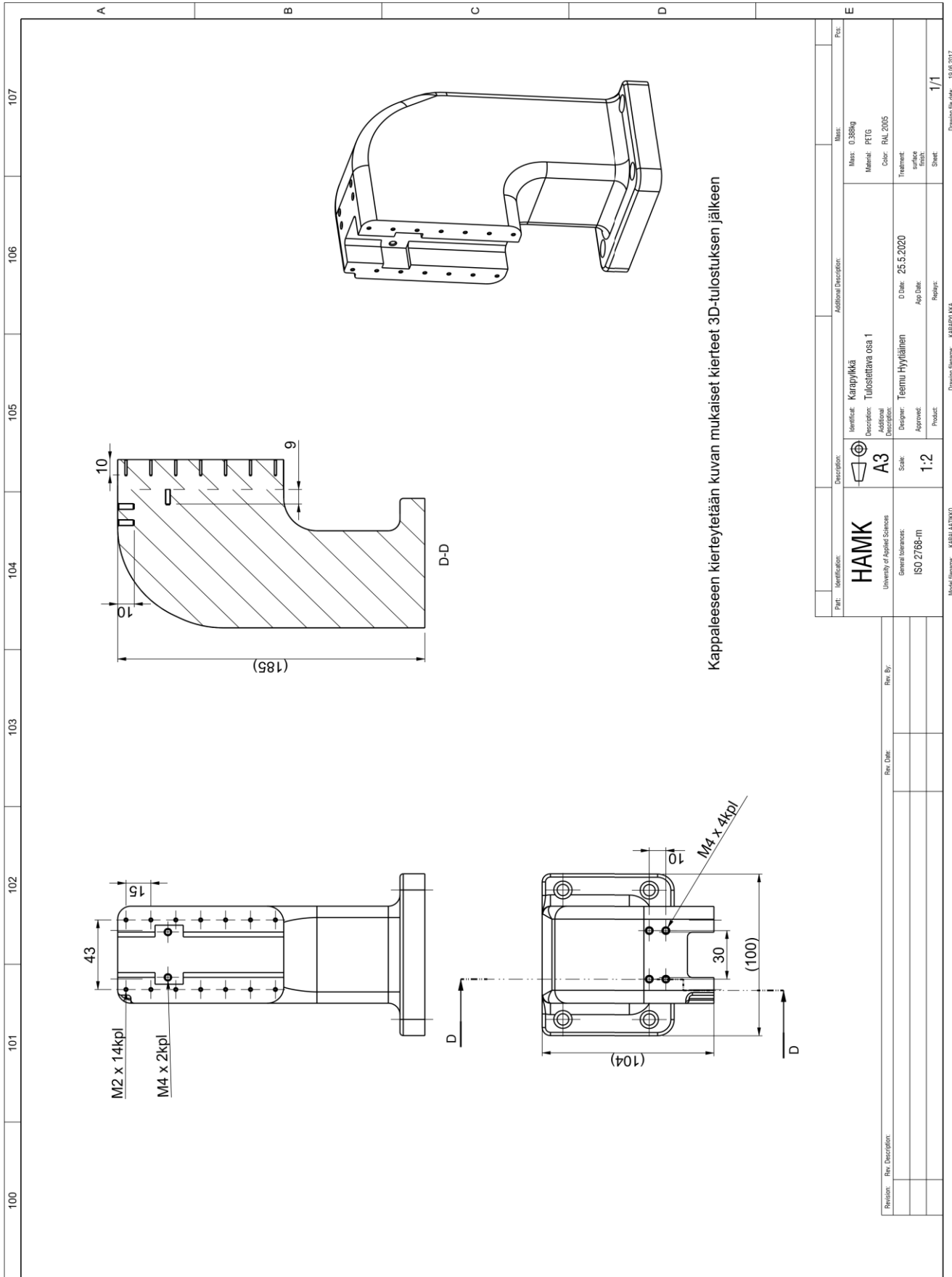


Kappaleeseen kierteitetään kuvan mukaiset kierreet 3D-tulostuksen jälkeen

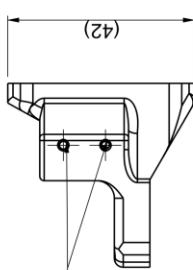
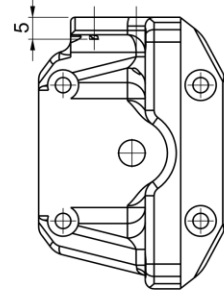
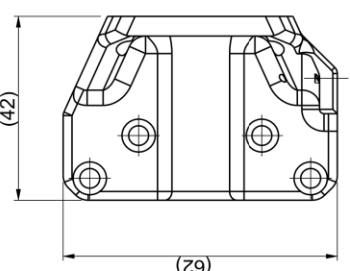
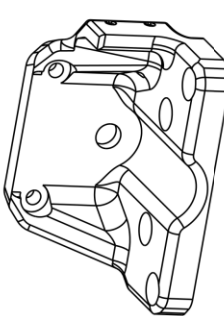
Part: Identification: <b>HAMK</b> University of Applied Sciences General Inquiries: ISO 2768-M		Description: Identical: X-levy Unconformable: Tulostettava osa 3 Additional Description: A3		Mass: 0,091 Material: PETG Color: RAL 2005 Treatment: Surface finish	
Designer: Teemu Hyttinen Approved:		Date: 3.6.2020 App Date:		Product:	
Scale: 1:1		Drawing Name: X-LEPY		Drawing file date: 10.08.2017	
Revision: Rev. Description:		Rev. Date:		Rev. By:	
Sheet: 1/1		Sheet:		Sheet:	

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

3D-tulostuksen jälkeinen kierteitus karapyökkä.

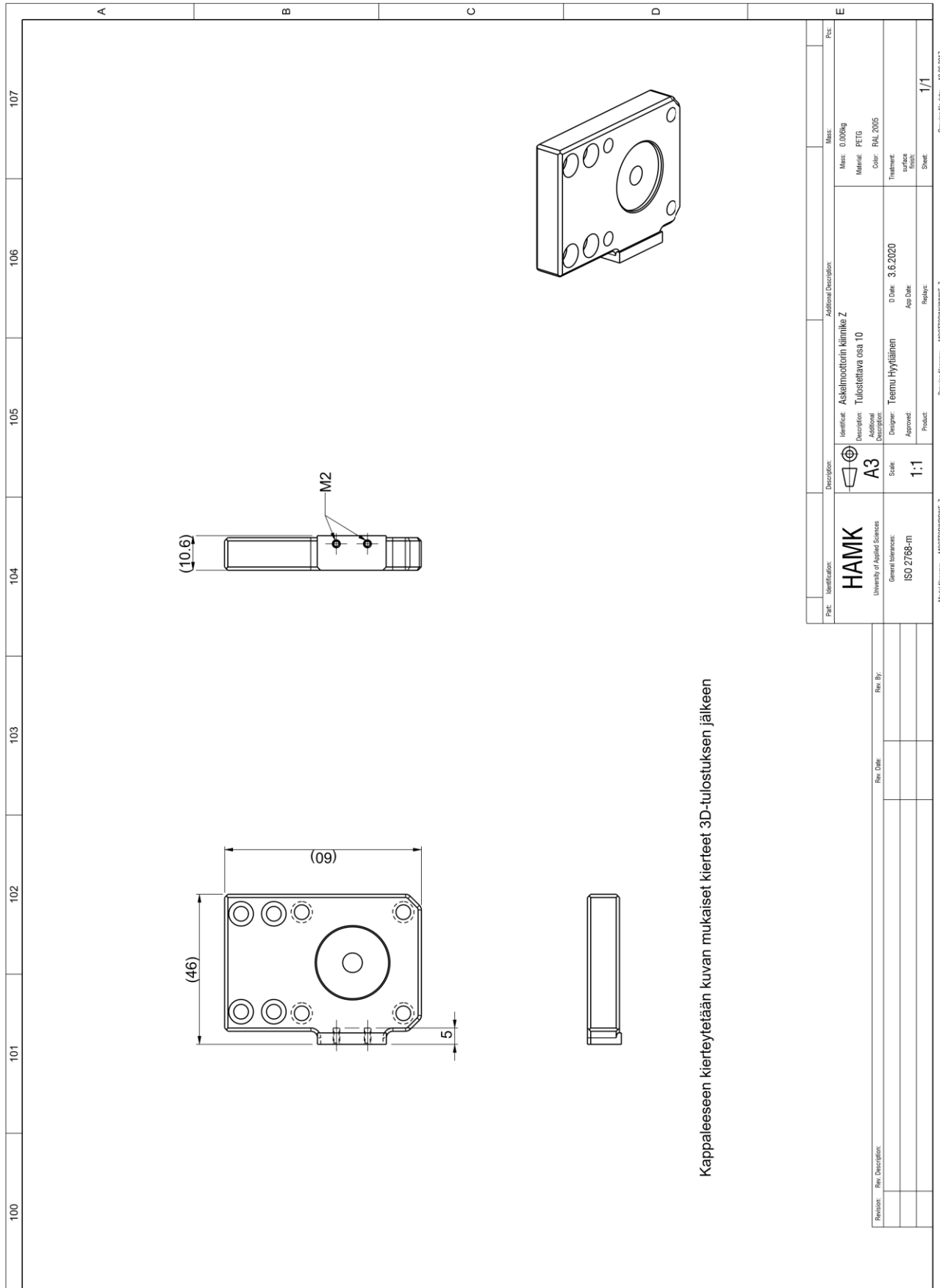


3D-tulostuksen jälkeinen kiertetys Y-moottoriin.

100	101	102	103	104	105	106	107
		 <p>M2 2kpl</p> <p>(42)</p>			 <p>5</p>		
		 <p>(62)</p> <p>(42)</p>					
<p>Kappaleeseen kierteytetään kuvan mukaiset kierreet 3D-tulostuksen jälkeen.</p>							
<p>Part: Identification: <b>HAMK</b>                  General Information: University of Applied Sciences                  ISO2768-TH</p>		<p>Description: <b>A3</b>                  Description: Aseleimmoottorin käännökki Y                  Additional Description: Tuloslaitteita osa 5</p>		<p>Mass: 0,024                  Material: PETG                  Color: FAL 2005                  Treatment: surface finish</p>		<p>Designer: Teemu Hyttinen                  Date: 2.6.2020                  Product: MOOTTORINOSAT_Y</p>	
<p>Scale: 1:1</p>		<p>Approval: <i>[Signature]</i></p>		<p>Sheet: 1/1</p>		<p>Drawing file date: 19.08.2017</p>	

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base without the written permission of HAMK

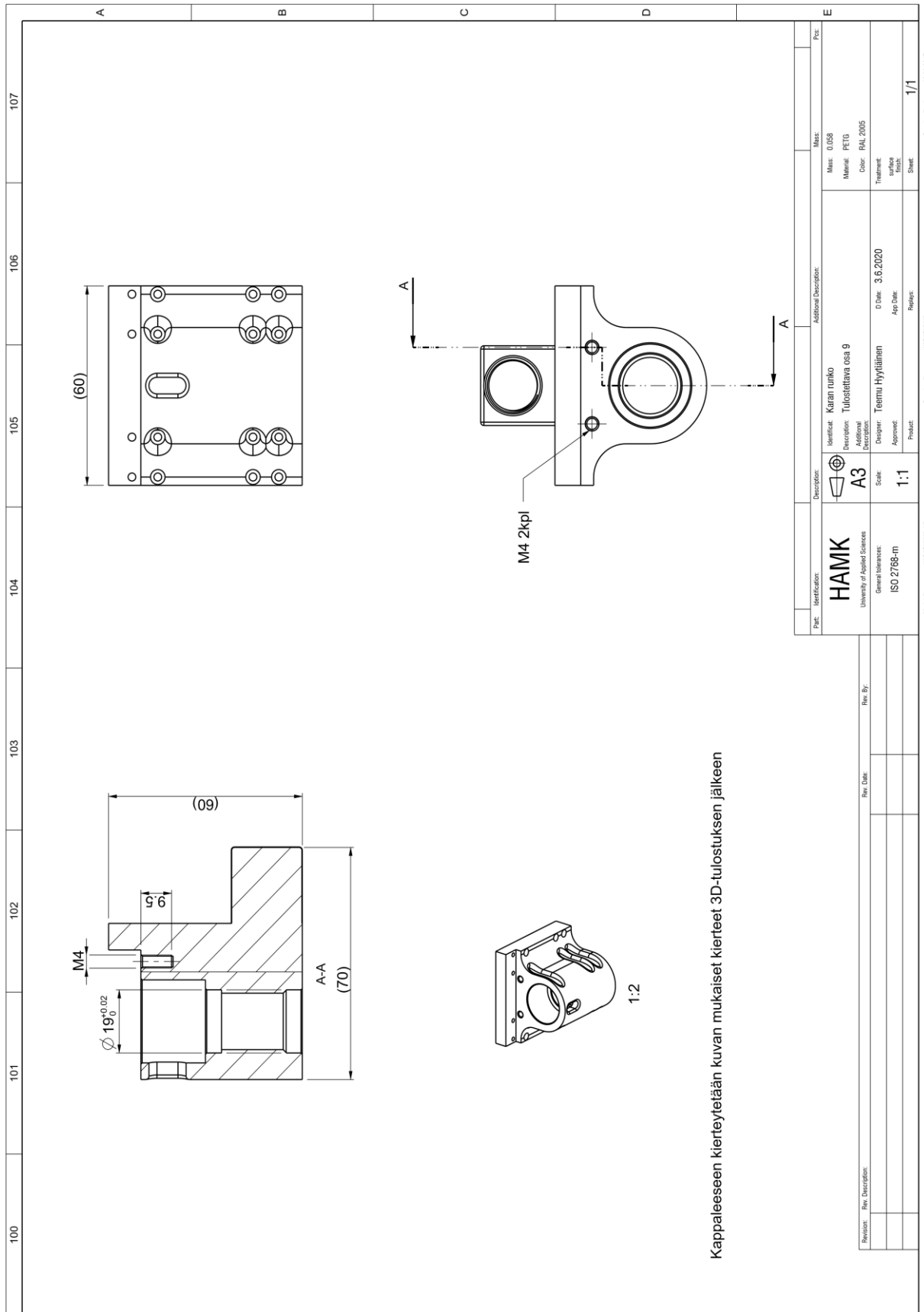
3D-tulostuksen jälkeinen kiertetty Z-moottori kiinnike.



Kappaleeseen kierteyteltään kuvan mukaiset kiertet 3D-tulostuksen jälkeen

This part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of owner.

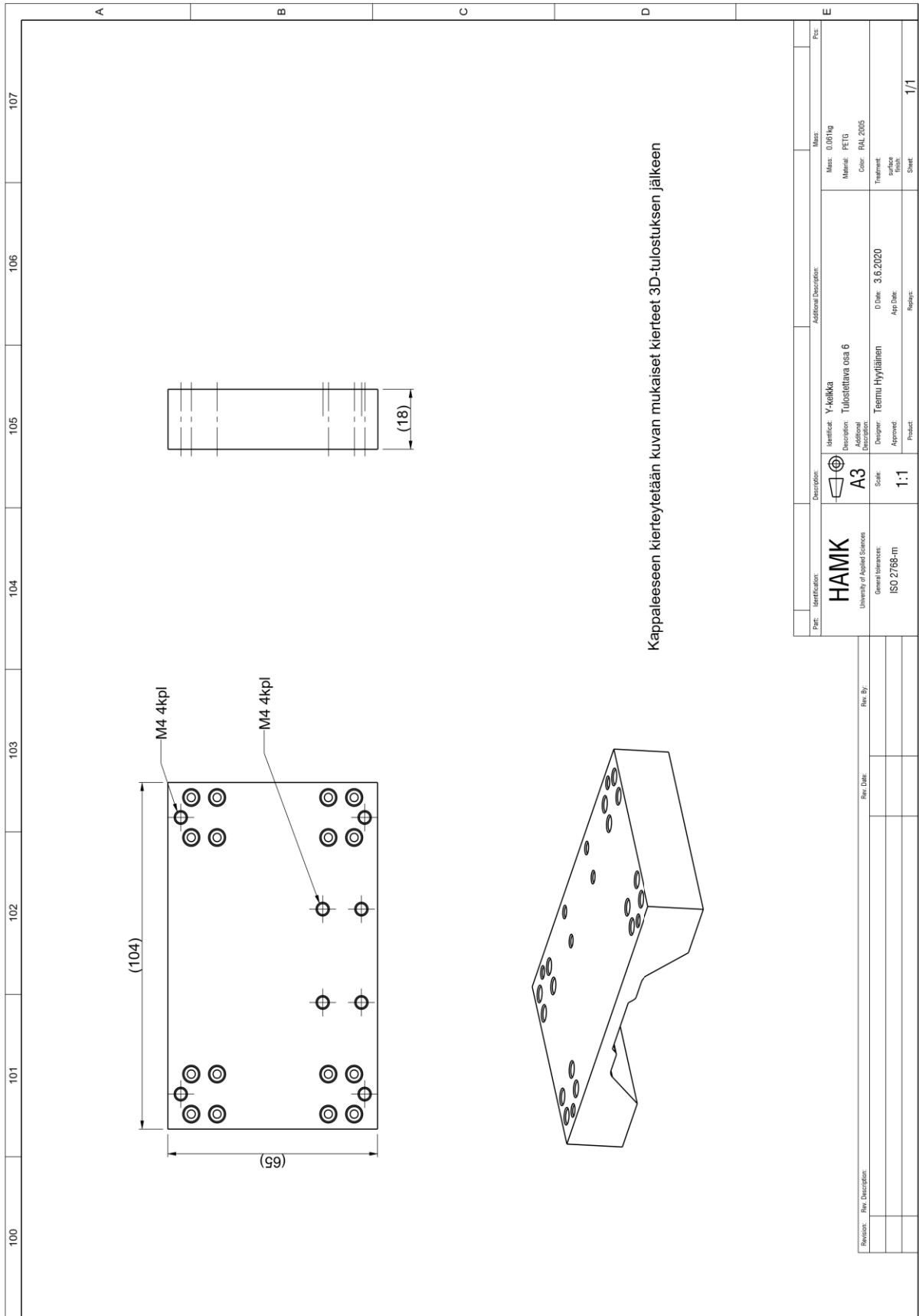
3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys karan runko.



Kappaleeseen kierteytetään kuvan mukaiset kierteet 3D-tulostuksen jälkeen

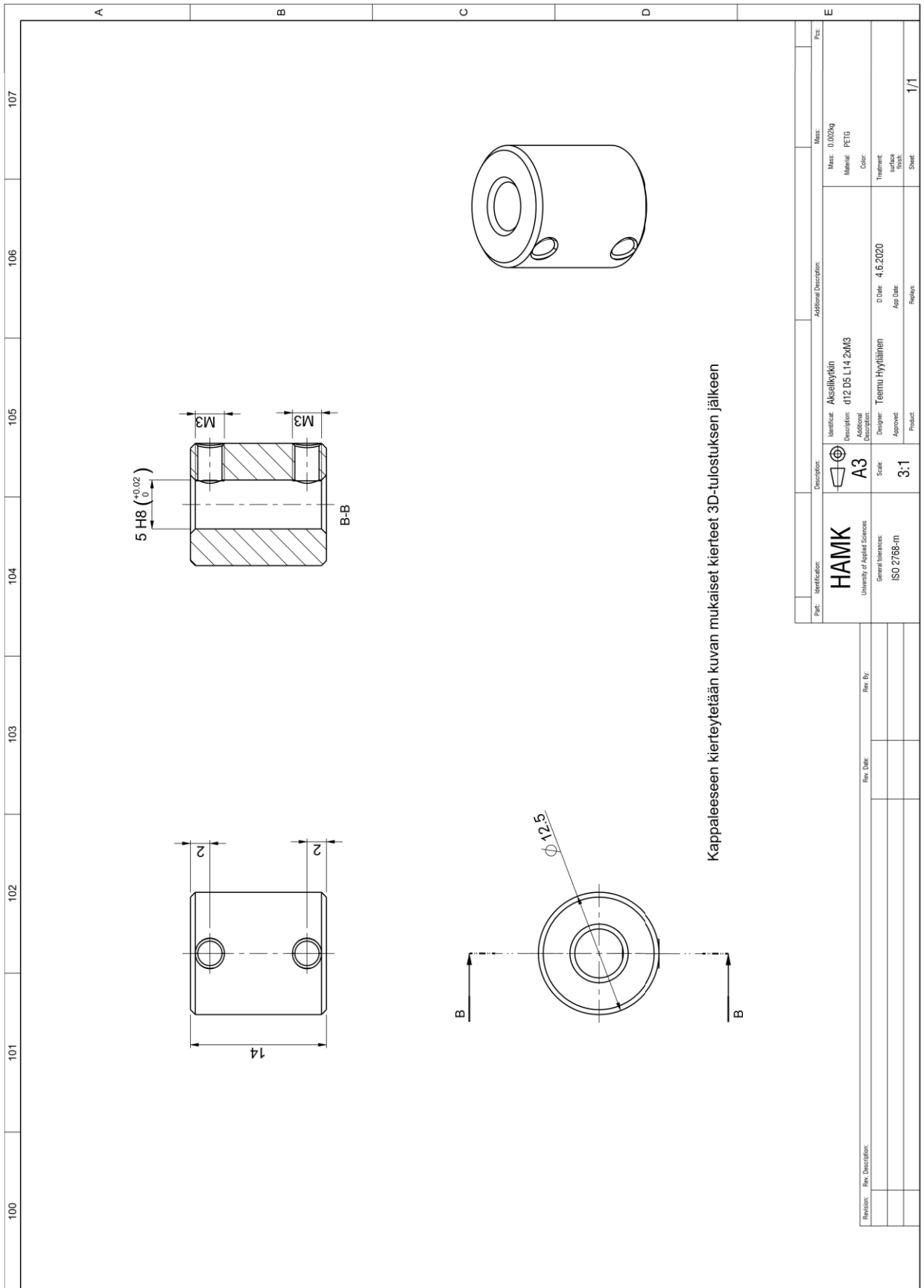
Any marks or stamp in this block, without the written permission of owner

3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys Y-levy.



No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

3D-tulostuksen jälkeinen kierteitys akselikytkin.



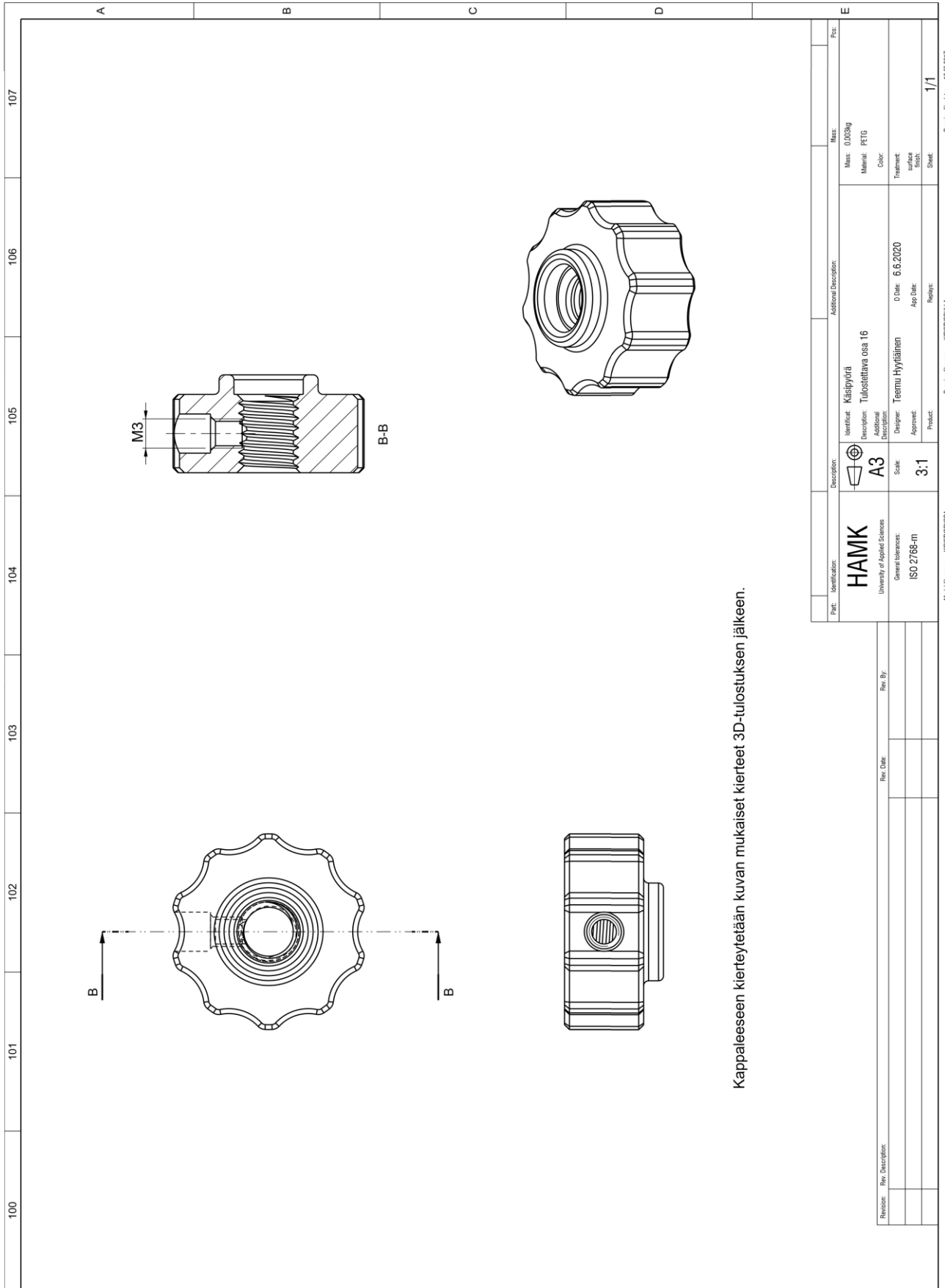
Kappaleeseen kierteitetään kuvan mukaiset kierreet 3D-tulostuksen jälkeen

Part: <b>HAMK</b> University of Applied Sciences		Description: <b>A3</b> Identifier: <b>Akselikytkin</b> Description: <b>d12 D5 L14 2xM3</b> Additional Description:		Mass: <b>0.002kg</b> Material: <b>PETG</b> Color:	
General tolerances: <b>ISO 2768-m</b>		Designer: <b>Teemu Hyttäinen</b> Approved:		Treatment: <b>surface</b> Date: <b>4.6.2020</b> App Date:	
Scale: <b>3:1</b>		Product:		Sheet: <b>1/1</b>	
Model filename: <b>ANSELYKTYN</b>		Drawing filename: <b>ANSELYKTYN</b>		Drawing file date: <b>19.08.2017</b>	

This part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of HAMK.



3D-tulostuksen jälkeinen kierreitys käsipyörä.

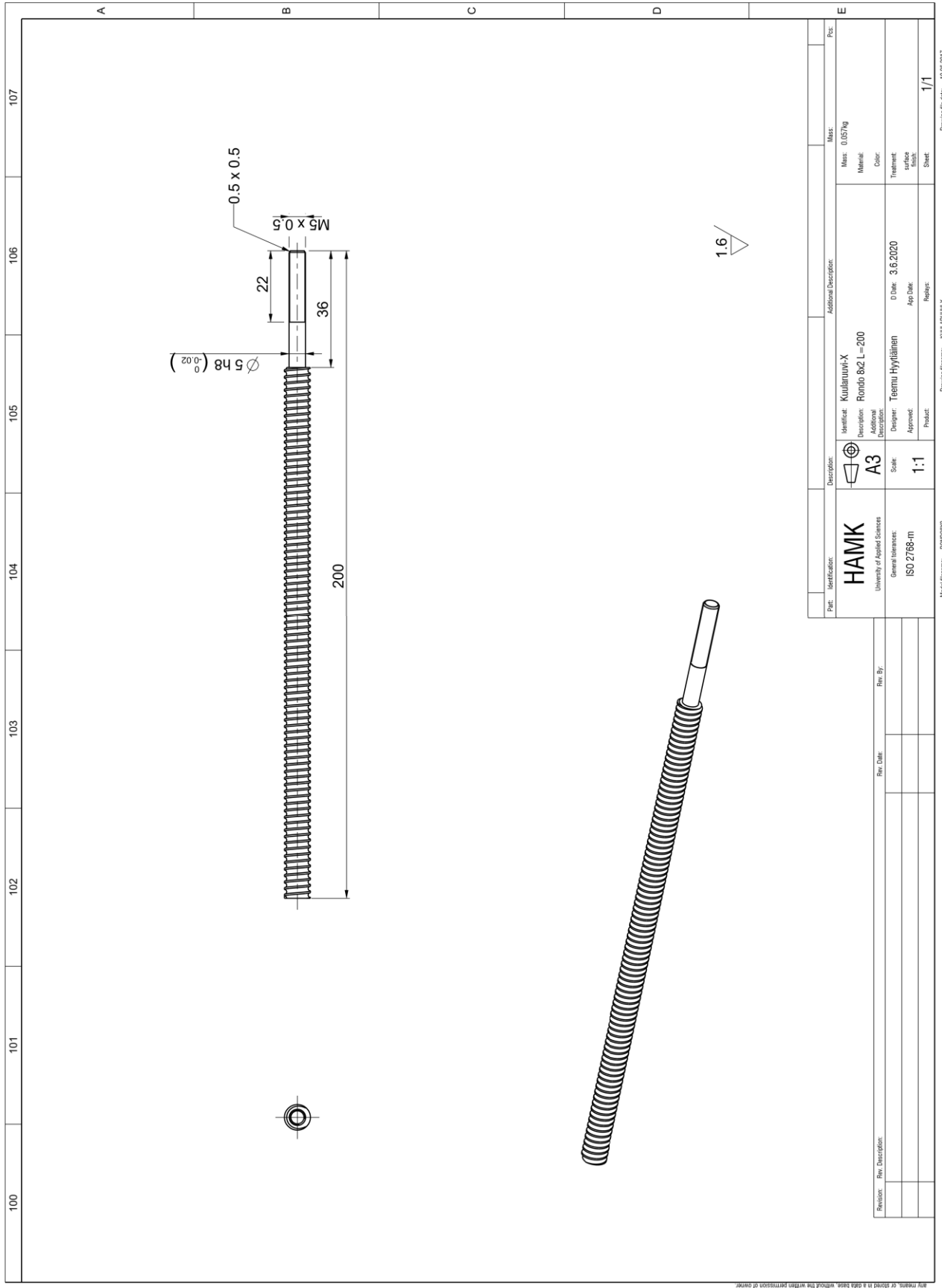


Kappaleeseen kierteytetään kuvan mukaiset kierreet 3D-tulostuksen jälkeen.

Part:	Identification:	Description:	Additional Description:	Mass:	Pos:
	<b>HAMK</b> University of Applied Sciences	Identificat: Käsipyörä Description: Tulostettava osa 16 Scale: A3		Mass: 0.0034g Material: PETG Color:	
Revision:	General standards: ISO 2768-m	Scale: 3:1	Design: Teemu-Hyytiäinen Date: 6.6.2020	Treatment: surface finish	
			Product: KIRISTYSRULLA	Sheet: 1/1	
			Model filename: KIRISTYSRULLA		Drawing file date: 19.03.2017

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base without the written permission of owner.

Koneenpiirustus kuularuuvi X.

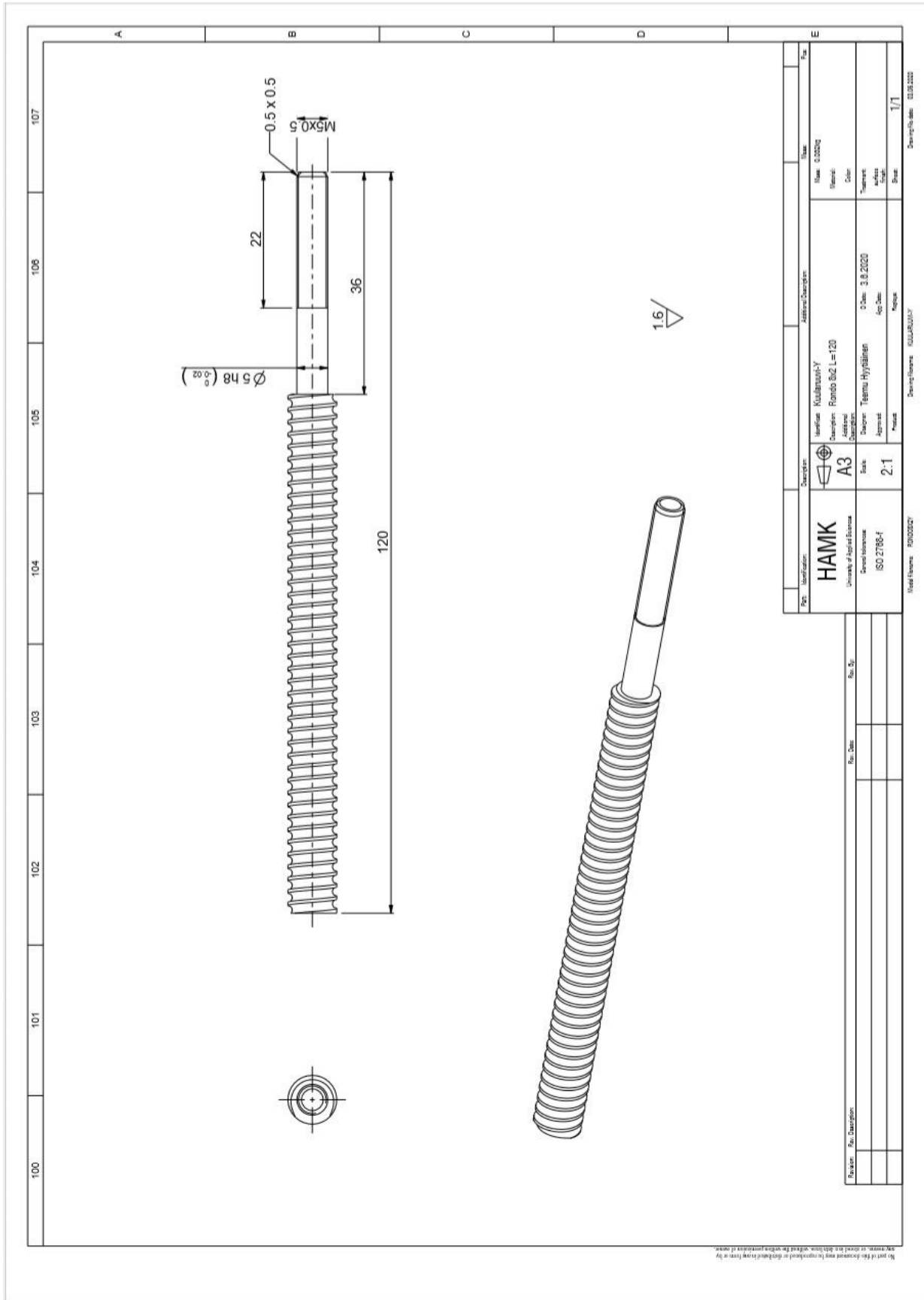


100 101 102 103 104 105 106 107

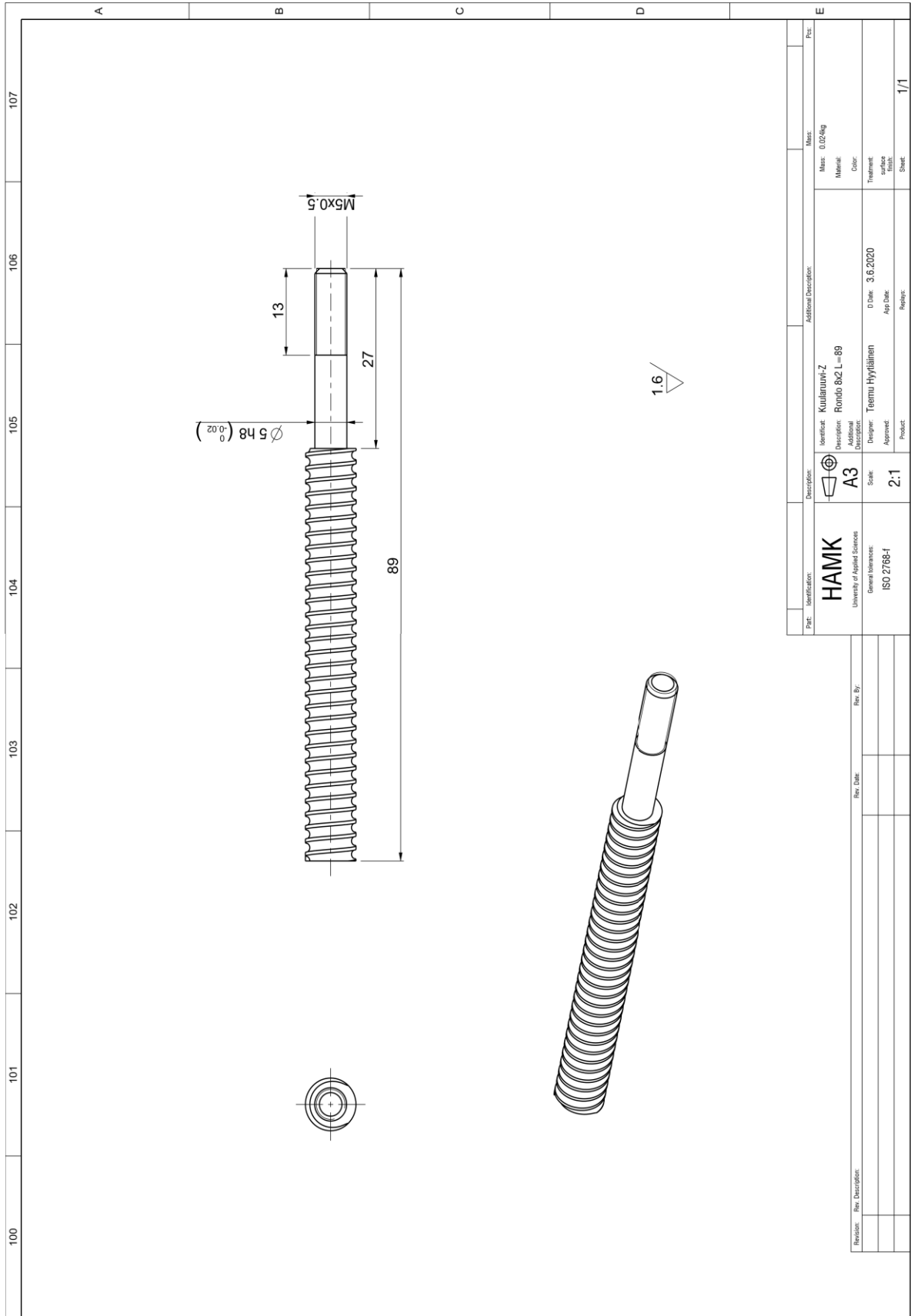
Part Identification		Description		Additional Description		Mass		Pcs	
HAMK University of Applied Sciences		A3 Scale: 1:1		Koneenpiirustus X Rondo 8x2 L=200		Mass: 0.057kg			
General Information:		Scale:		Designer:		Material:		Color:	
ISO 2768-m		1:1		Teemu Hyttinen		Surface finish:		Treatment:	
Model Name: ROND802		Product:		Approved:		Roughness:		Sheet:	
Revision:		Rev. Date:		Rev. By:		Drawing Name: KONEENPIIRUSTUS X		Drawing No. date: 19.06.2017	
						1/1			

This part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of HAMK.

Koneenpiirustus kuularuuvi Y.



Koneenpiirustus kuularuuvi Z.

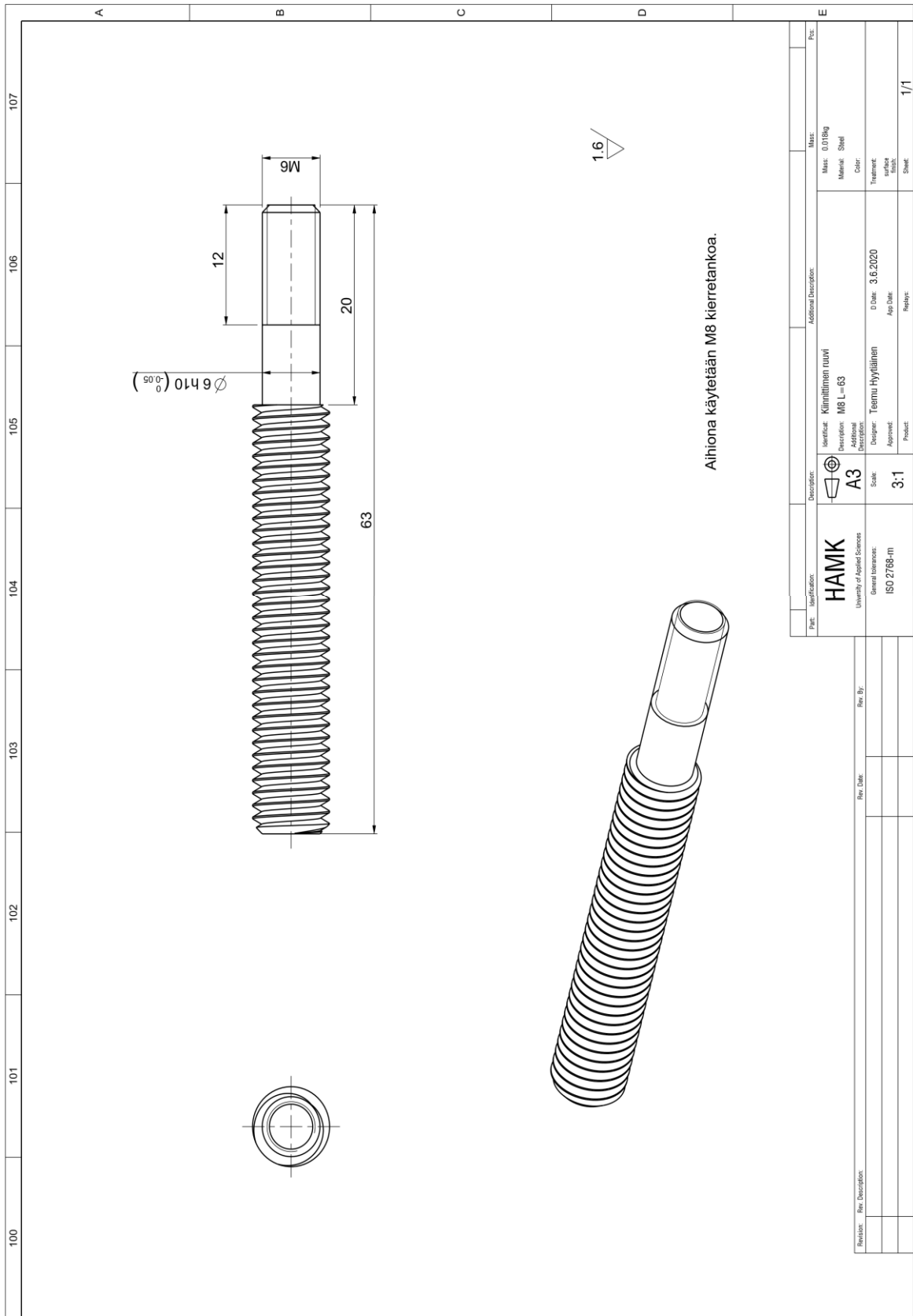


Part: Identification:	Description:	Additional Description:	Mass:	Pcs:
<b>HAMK</b> University of Applied Sciences	Identifiat: <b>Kuularuuvi-Z</b> Description: <b>Rondo 8x2 L=89</b> Additional Description:	Mass: 0.024kg		
General Dimension: <b>ISO 2768-f</b>	Scale: <b>A3</b> Designer: <b>Taru Hyytiäinen</b> App Date: <b>3.6.2020</b>	Material: Color: Treatment: Surface finish:		
Model Name: <b>ROND0802Z</b>	Product: <b>Rondo</b>	Sheet: <b>1/1</b>		
Model Name: <b>ROND0802Z</b>	Product: <b>Rondo</b>	Sheet: <b>1/1</b>		

Drawing file date: 16.02.2017

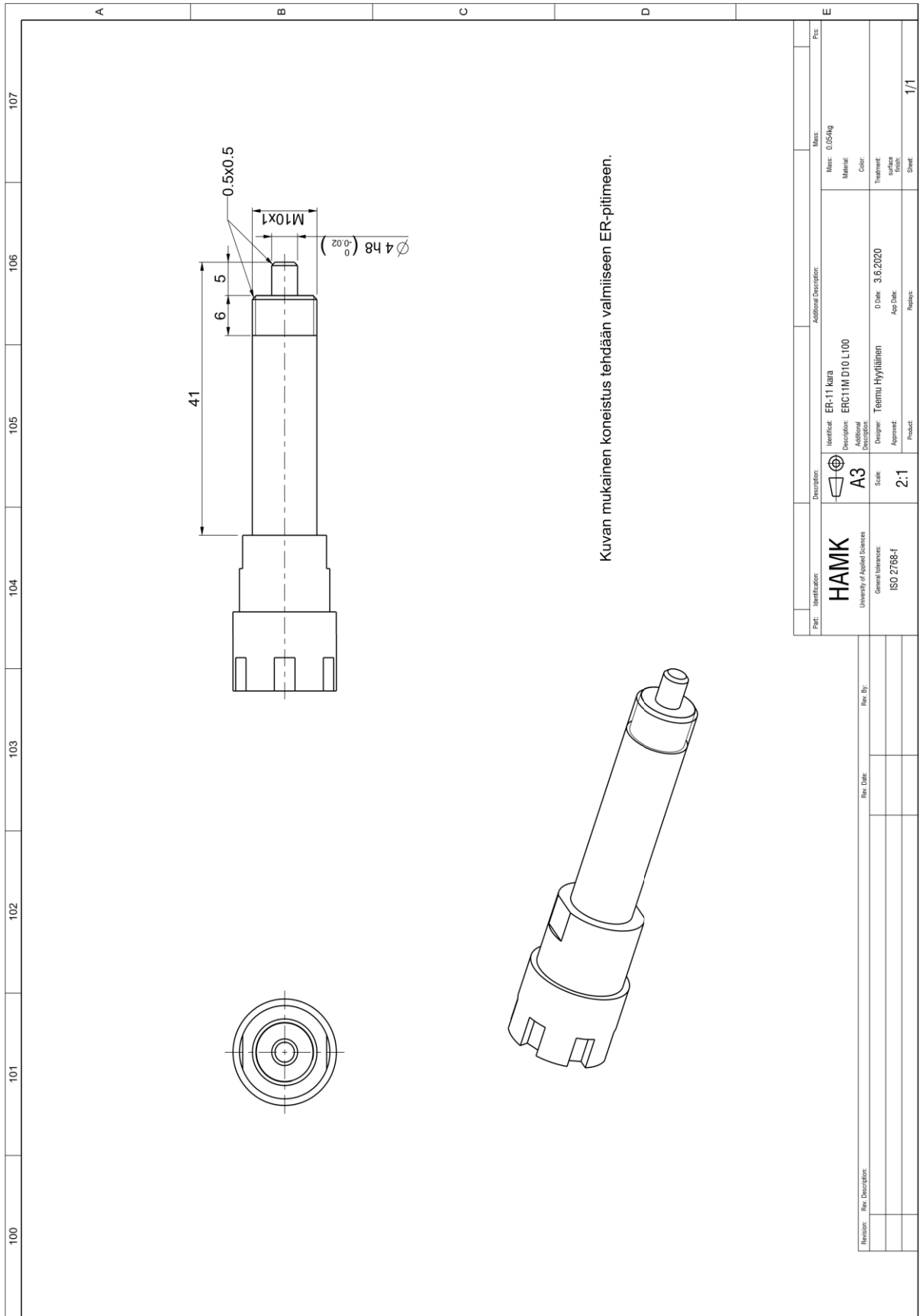
No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a retrieval system, without the written permission of owner.

Koneenpiirustus kiinnittimen ruuvi.



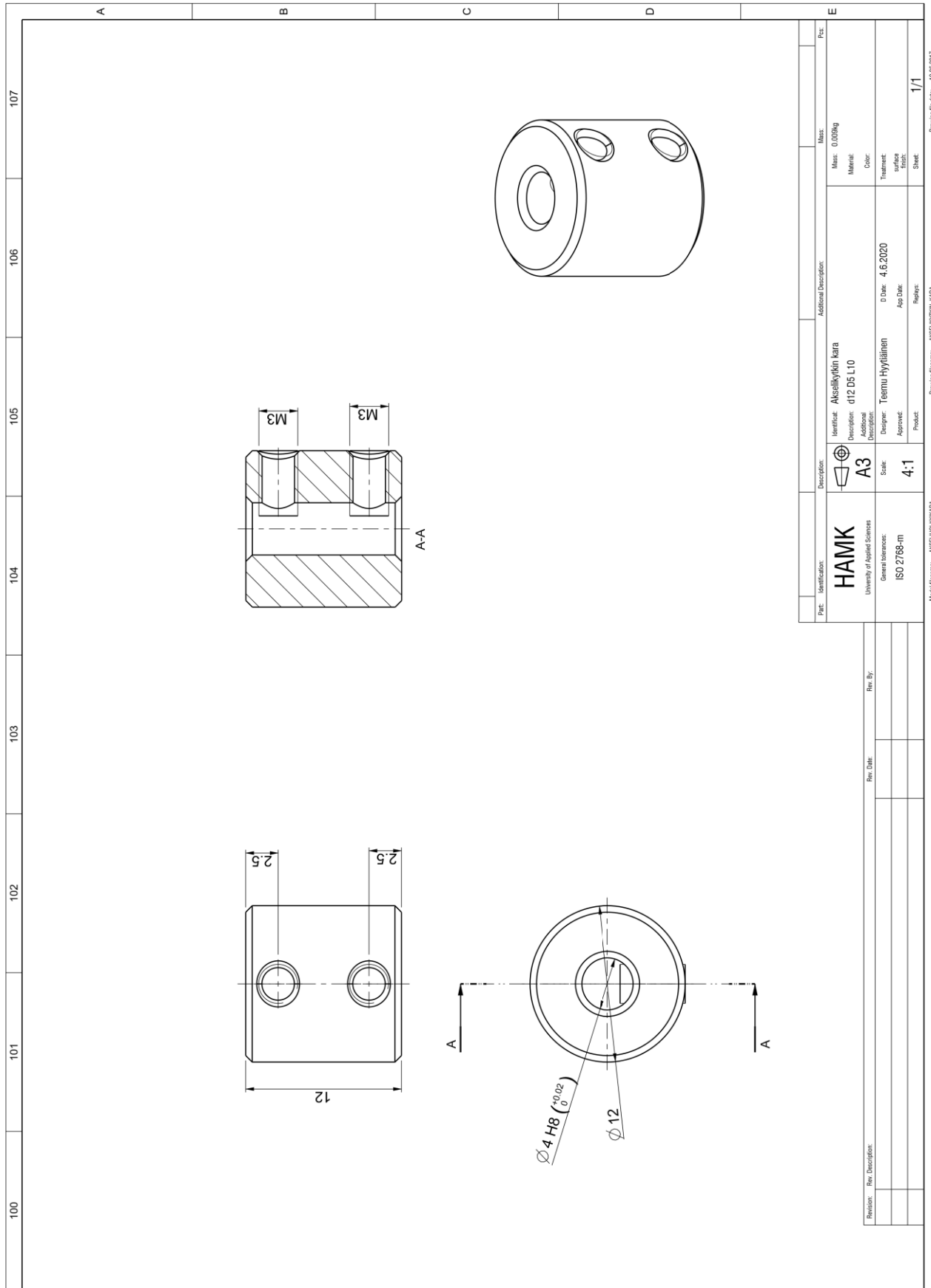
No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of owner.

Koneenpiirustus ER-11 pidin.



No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of owner.

Koneenpiirustus akselikytkin kara.

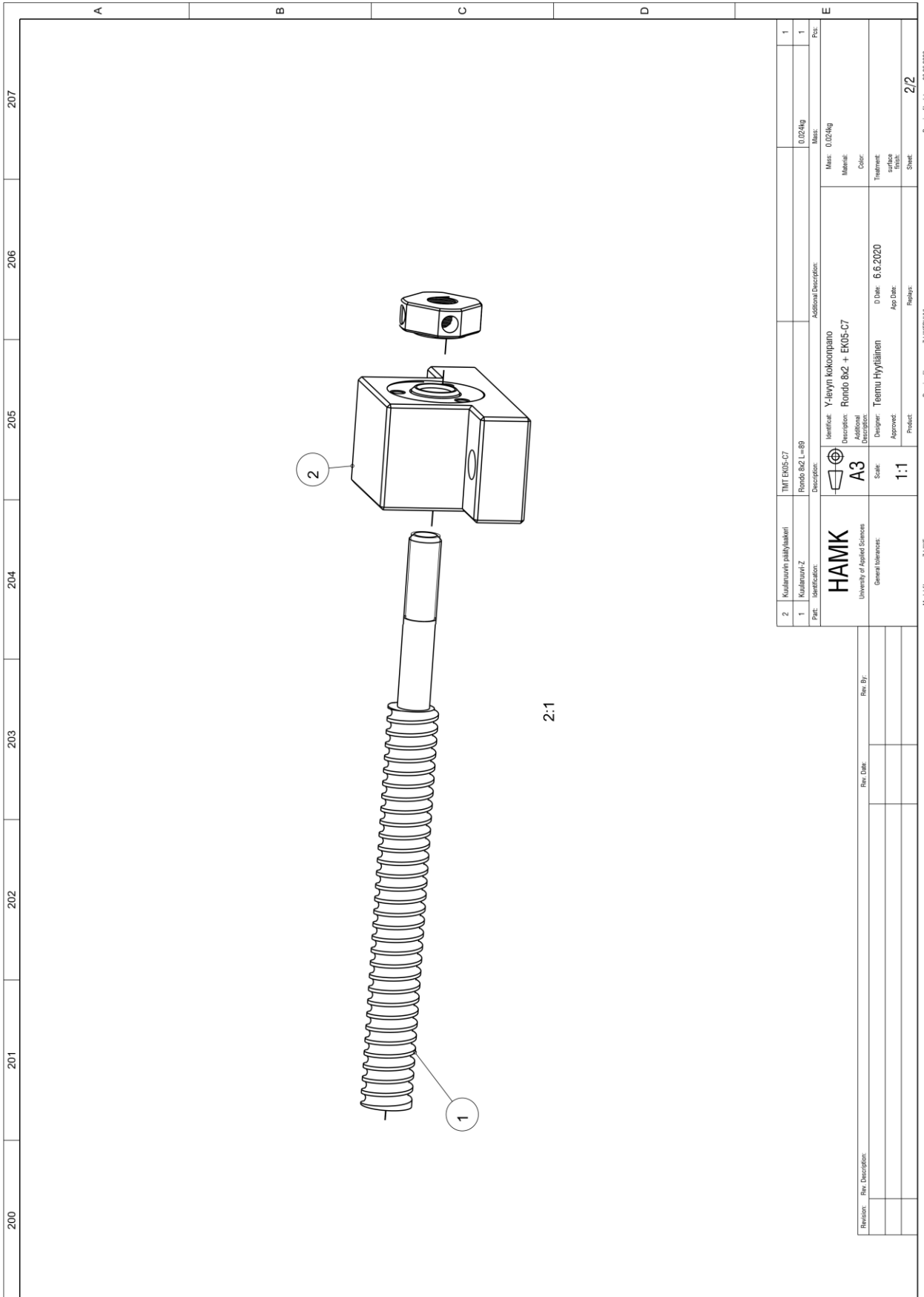


No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.





Kokoonpanokuva Z-liikeruuvi.



200	201	202	203	204	205	206	207
A B C D E							
Part: Identification: <b>HAMK</b> University of Applied Sciences General Inquiries:		Description: TMT EK05-C7 Rondo 8x2 L=69		Additional Description: Y-levyn kokoonpano Rondo 8x2 + EK05-C7		Mass: 0.024kg	
Identical: A3		Scale: 1:1		Material: Color: Treatment: surface finish:		Mass: 0.024kg	
General Inquiries:		Designer: Teemu Hyytiäinen		D Date: 6.6.2020		Color: Treatment: surface finish:	
Model Name: Z-LINE		Product: Y-levyn kokoonpano		App Date: 6.6.2020		Sheet: 2/2	
Drawing File Name: Z-LINE		Replaces:		Drawing File Date: 06.06.2020		Sheet: 2/2	
Revisions:		Rev. Date:		Rev. By:		Rev. Date:	

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base without the written permission of HAMK.

Kokoonpanokuva X-levy.

100	101	102	103	104	105	106	107																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">12</td> <td style="width: 25%;">Kulaturvurin palkytsukeri</td> <td style="width: 25%;">TMT EK05-C7</td> <td style="width: 5%;">1</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Askelmoottori</td> <td>Orientaattori PK214D</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Kuusiokolonnin M4x16</td> <td>DIN912 M4x16</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Kuusiokolonnin M4x10</td> <td>DIN912 M4x10</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Kuusiokolonnin M3x10</td> <td>DIN912 M3x10</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Kuusiokolonnin M2x10</td> <td>DIN912 M2x10</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Kulaturvuri</td> <td>Runko Bx2 L = 120</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Akseliyksikö</td> <td>412 D51-14-2AM3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Rajakytkin</td> <td>DB1-C-ATLB</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pöytälamppu M3</td> <td>SO4029 M3x4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>X-levy</td> <td>Tuuletettävä osat 3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Askelmoottorin kiertäjä Y</td> <td>Tuuletettävä osa 5</td> <td>1</td> </tr> </table>								12	Kulaturvurin palkytsukeri	TMT EK05-C7	1	11	Askelmoottori	Orientaattori PK214D	1	10	Kuusiokolonnin M4x16	DIN912 M4x16	2	9	Kuusiokolonnin M4x10	DIN912 M4x10	4	8	Kuusiokolonnin M3x10	DIN912 M3x10	4	7	Kuusiokolonnin M2x10	DIN912 M2x10	2	6	Kulaturvuri	Runko Bx2 L = 120	1	5	Akseliyksikö	412 D51-14-2AM3	1	4	Rajakytkin	DB1-C-ATLB	1	3	Pöytälamppu M3	SO4029 M3x4	2	2	X-levy	Tuuletettävä osat 3	1	1	Askelmoottorin kiertäjä Y	Tuuletettävä osa 5	1
12	Kulaturvurin palkytsukeri	TMT EK05-C7	1																																																				
11	Askelmoottori	Orientaattori PK214D	1																																																				
10	Kuusiokolonnin M4x16	DIN912 M4x16	2																																																				
9	Kuusiokolonnin M4x10	DIN912 M4x10	4																																																				
8	Kuusiokolonnin M3x10	DIN912 M3x10	4																																																				
7	Kuusiokolonnin M2x10	DIN912 M2x10	2																																																				
6	Kulaturvuri	Runko Bx2 L = 120	1																																																				
5	Akseliyksikö	412 D51-14-2AM3	1																																																				
4	Rajakytkin	DB1-C-ATLB	1																																																				
3	Pöytälamppu M3	SO4029 M3x4	2																																																				
2	X-levy	Tuuletettävä osat 3	1																																																				
1	Askelmoottorin kiertäjä Y	Tuuletettävä osa 5	1																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"> <b>HAMK</b>                  University of Applied Sciences                  General tolerances:             </td> <td>                 Identifier: X-levy kokoonpano                  Description: X-levy + y-litke                  Additional Description:             </td> <td>                 Designer: Teemu Hyttäinen                  App Date: 5.6.2020                  Product:             </td> <td>                 Material: O-304lg                  Color:                  Treatment:             </td> </tr> <tr> <td colspan="2">                 Scale: 1:2                  Drawing file name: X-LEVY_KOKOONPANO             </td> <td colspan="2">                 Drawing file date: 19.08.2017             </td> </tr> </table>								<b>HAMK</b> University of Applied Sciences General tolerances:		Identifier: X-levy kokoonpano Description: X-levy + y-litke Additional Description:	Designer: Teemu Hyttäinen App Date: 5.6.2020 Product:	Material: O-304lg Color: Treatment:	Scale: 1:2 Drawing file name: X-LEVY_KOKOONPANO		Drawing file date: 19.08.2017																																								
<b>HAMK</b> University of Applied Sciences General tolerances:		Identifier: X-levy kokoonpano Description: X-levy + y-litke Additional Description:	Designer: Teemu Hyttäinen App Date: 5.6.2020 Product:	Material: O-304lg Color: Treatment:																																																			
Scale: 1:2 Drawing file name: X-LEVY_KOKOONPANO		Drawing file date: 19.08.2017																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Revisio:</td> <td style="width: 25%;">Rev. Date:</td> <td style="width: 25%;">Rev. By:</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>								Revisio:	Rev. Date:	Rev. By:																																													
Revisio:	Rev. Date:	Rev. By:																																																					

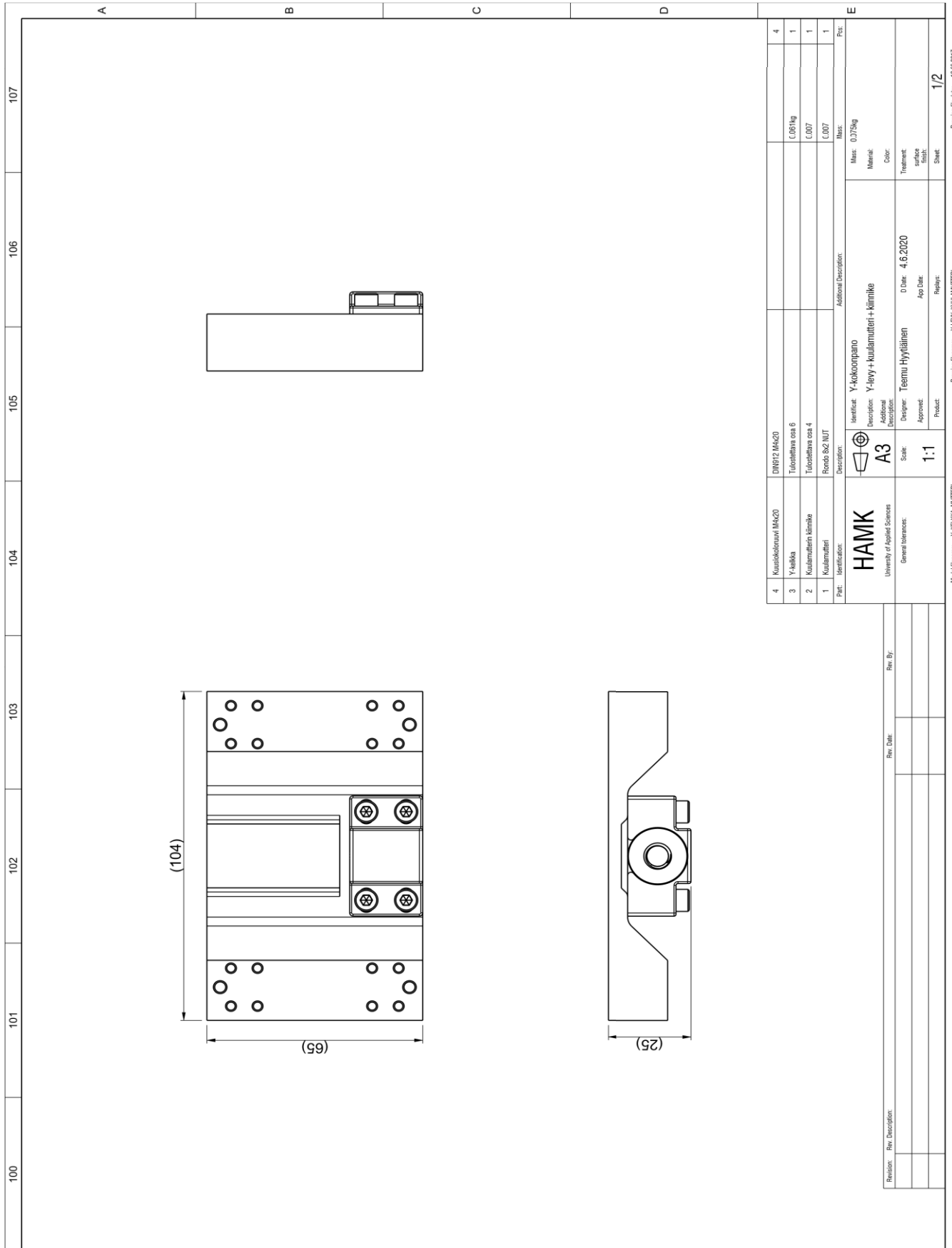
No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base, without the written permission of owner.

Kokoonpanokuva X-levy.

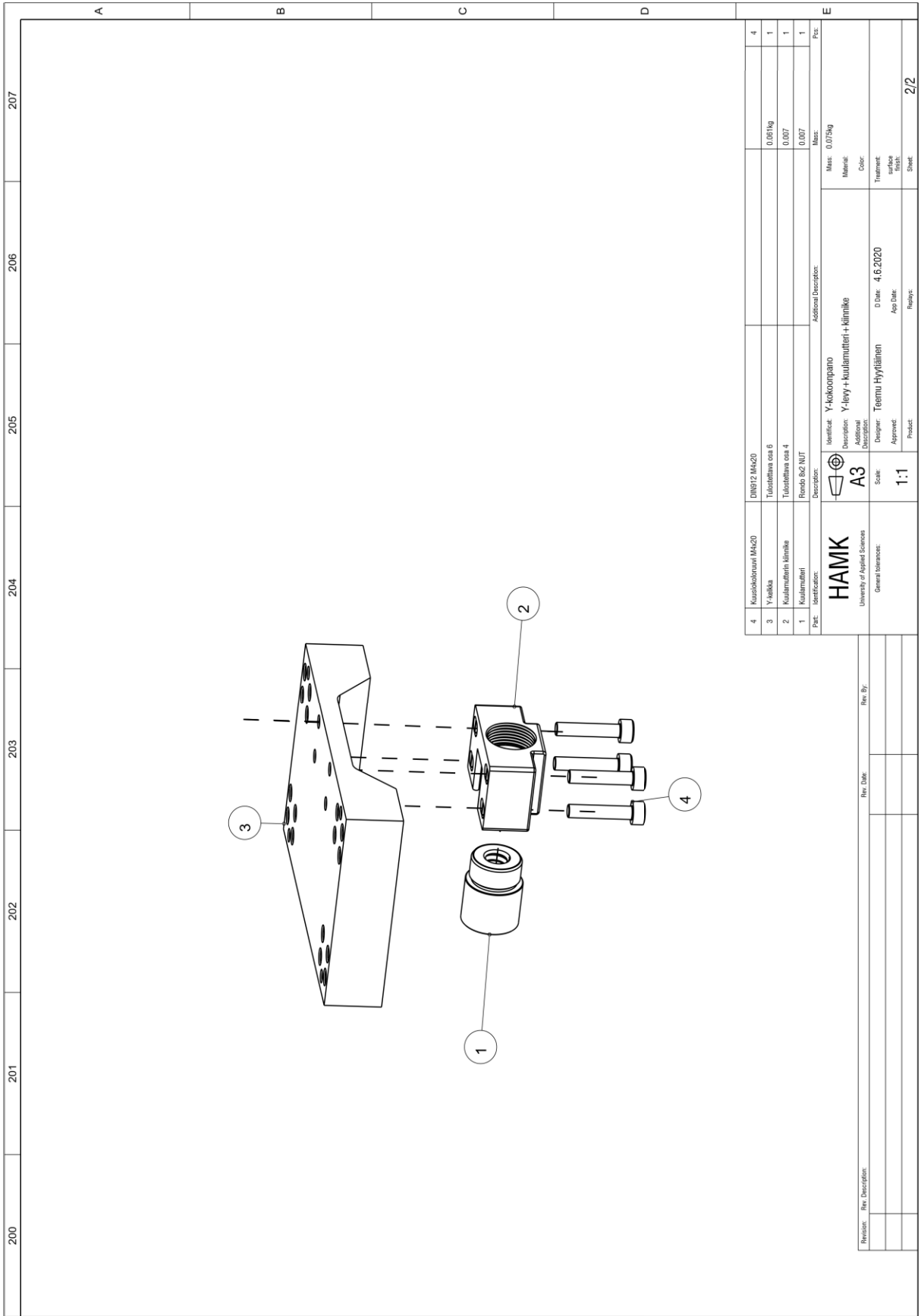
Nro	Kuvaus	Määrä	Yksikkö	Osittainen	Yhteensä
1	Moottori POP5440	1			1
2	DMG2 IM215	2			2
3	DMG2 IM215	4			4
4	DMG2 IM215	4			4
5	DMG2 IM215	2			2
6	Roller BCI 100	1			1
7	Roller BCI 100	1			1
8	AKS1000	1			1
9	AKS1000	1			1
10	AKS1000	2			2
11	Tuotteen osa 2	1			1
12	Tuotteen osa 2	1			1

<b>HAMK</b> University of Applied Sciences Satakunta Satakunnan ammattikorkeakoulu Satakunta Satakunta		Tuotteen nimi: X-levy kokoonpano Tuotteen kuvaus: X-levy + y-läite Tuotteen valmistuspaikka: Turku Tuotteen valmistusajankohta: 5.8.2020 Tuotteen valmistusnumero: 5.8.2020	
Piirustuksen nimi: X-levy kokoonpano Piirustuksen numero: 1:2 Piirustuksen laajuus: 1:2 Piirustuksen laajuus: 1:2		Piirustuksen tekijä: J. K. K. K. Piirustuksen tarkastaja: J. K. K. K. Piirustuksen hyväksyjä: J. K. K. K. Piirustuksen päiväys: 18.08.2020	

Kokoonpanokuva Y-levy.



Kokoonpanokuva Y-levy.



4	Kuusiokolmion M4x20	DIN912 M4x20		4
3	Y-levy	Tuuletinosa 6		1
2	Kuulamutterin kinnike	Tuuletinosa 4		1
1	Kuulamutteri	Rondo B2 NUT		1
Part: Identification: Description: Additional Description: Mass: 0.073kg Title: Y-kokoonpano Description: Y-levy + kuulamutteri + kinnike Designer: Tuomo Hyttinen Date: 4.6.2020 Scale: 1:1 Product: Y-LEVY_KULAMUTTERI Material: Color: Treatment: surface finish: Sheet: 2/2 Mass: 0.073kg Material: Color: Treatment: surface finish: Sheet: 2/2				

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.



Kokoonpanokuva X-liike.

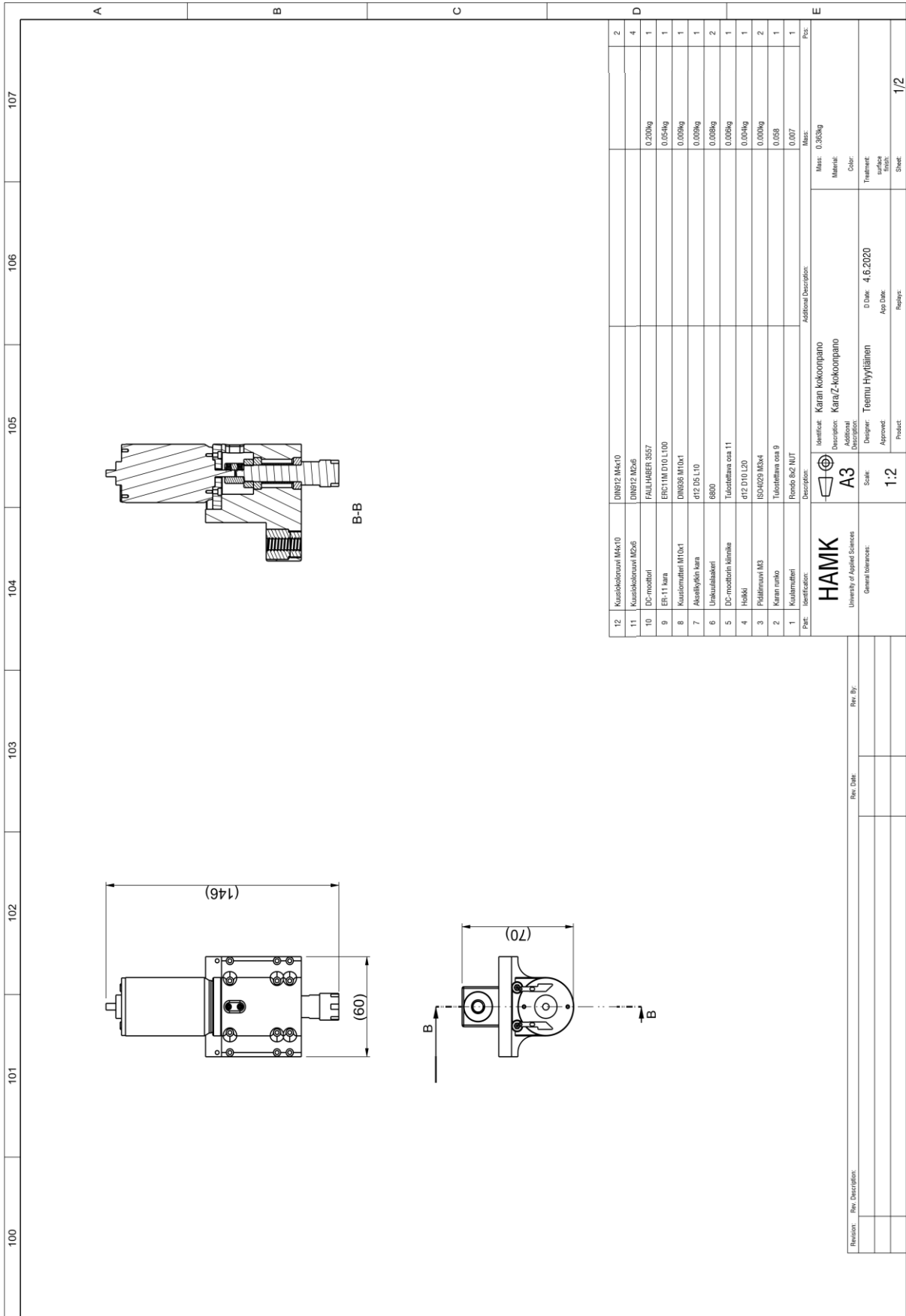
12	Kuusiainen pölysuojain	TUET 6026-C7	1
11	Asennusohje	Ohjekirja PMP-442	1
10	Kuusiainen laite	OHG12 M4x10	2
9	Kuusiainen laite	OHG12 M4x10	4
8	Kuusiainen laite	OHG12 M4x10	2
7	Kuusiainen laite	Rondo BCL 1-2000	1
6	Harjoituslaite	TL 301200	1
5	Harjoituslaite	TL 301202	2
4	Harjoituslaite	OHG12-M4x10	1
3	Asennusohje	Tuoteselitys osa 2	1
2	Kuusiainen laite	Tuoteselitys osa 4	1
1	Kuusiainen laite	Rondo BCL 1/1/7	1

<b>HAMK</b>	<b>HAMK</b>
University of Applied Sciences	University of Applied Sciences
Sevelinkentie 15	Sevelinkentie 15
01520 Lahti	01520 Lahti
Finland	Finland
Phone: +358 9 2531	Phone: +358 9 2531
Fax: +358 9 2532	Fax: +358 9 2532
Web: www.hamk.fi	Web: www.hamk.fi
E-mail: info@hamk.fi	E-mail: info@hamk.fi
Project: X-liike kokoonpano	Project: X-liike kokoonpano
Author: Jukka Nieminen	Author: Jukka Nieminen
Client: Teetia Hyväliinen	Client: Teetia Hyväliinen
Version: 0.001	Version: 0.001
Date: 4.8.2020	Date: 4.8.2020
Scale: 4:5	Scale: 4:5
Sheet: 2/2	Sheet: 2/2

Hamk on osa osa- ja kappaleiden valmistusta ja myyntiä. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kokoonpanokuva kara.

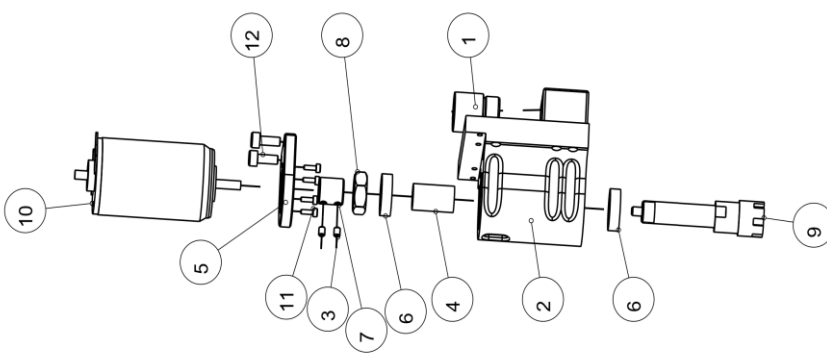





12	Kuusiokolonnin M4x10	DIN912 M4x10	2
11	Kuusiokolonnin M2x6	DIN912 M2x6	4
10	DC-moottori	FALLHABER 3557	0.200kg
9	ER-11 kara	ERCT1M D10 L100	0.054kg
8	Kuusiokolonnin M10x1	DIN938 M10x1	0.029kg
7	Akseliyökin kara	d12 D5 L10	0.009kg
6	Uraakselisakari	8800	0.009kg
5	DC-moottorin kinnitys	Tubistettuna osa 11	0.029kg
4	Holkki	d12 D10 L20	0.004kg
3	Pöytälinnain M3	IS04029 M3x4	0.009kg
2	Karan runko	Tubistettuna osa 9	0.058
1	Kuusiokolonnin	Ronde Bx2 NUT	0.007

<b>HAMK</b> University of Applied Sciences General Inveniences	Identificat: Karan kokoonpano Description: Kara Z-kokoonpano Description:	Mass: 0.353kg Material: Color: Treatment: surface Finish:
Scale: 1:2 Designer: Teemu Hyttäinen Date: 4.6.2020 App Date:	Additional Description:	Product:
Model Name: Z- Drawing Name: Z-KOKOONPANO Drawing File Date: 19.03.2017	Relay:	Sheet: 1/2

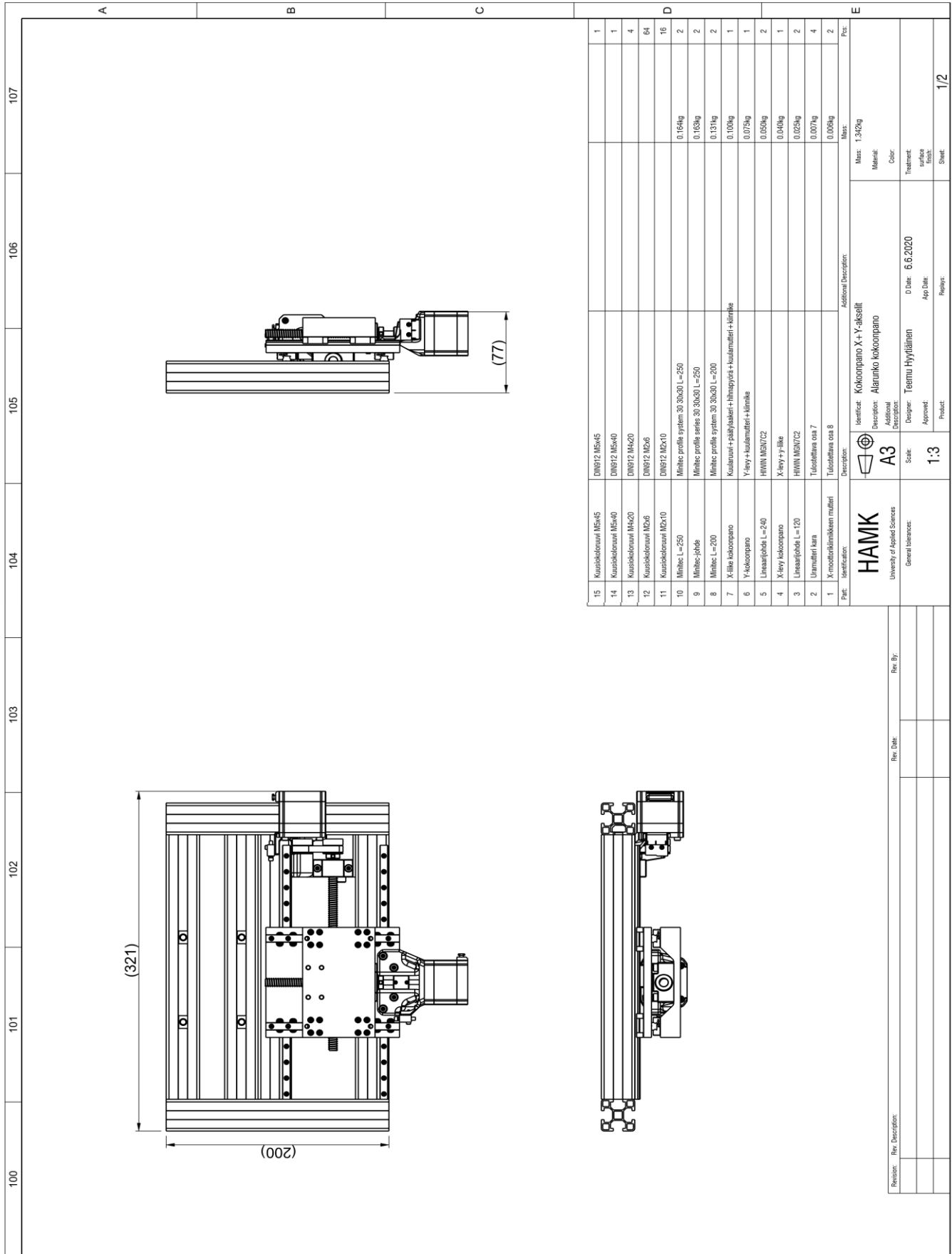
No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Kokoonpanokuva kara.

200	201	202	203	204	205	206	207																																																																														
																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">PART</th> <th style="width: 20%;">Identification</th> <th style="width: 20%;">Description</th> <th style="width: 10%;">Additional Description</th> <th style="width: 10%;">Mass</th> <th style="width: 10%;">Pos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>Kuusiokolonnin M4x10</td> <td>DIN912 M4x10</td> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Kuusiokolonnin M2x6</td> <td>DIN912 M2x6</td> <td></td> <td></td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>DC-moottori</td> <td>FAULHABER 3557</td> <td></td> <td>0.200kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>ER-11 kara</td> <td>ERC11M D10 L100</td> <td></td> <td>0.054kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Kuusiomutteri M2x4</td> <td>DIN934 M2x4</td> <td></td> <td>0.009kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Akseliyksin kara</td> <td>d12 D5 L10</td> <td></td> <td>0.009kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Unkulaakseli</td> <td>6800</td> <td></td> <td>0.009kg</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>DC-moottorin akseli</td> <td>Tuuletettava osa 11</td> <td></td> <td>0.026kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Holkki</td> <td>d12 D10 L20</td> <td></td> <td>0.004kg</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pöytäruuvit M3x4</td> <td>ISO4029 M3x4</td> <td></td> <td>0.000kg</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Karain runko</td> <td>Tuuletettava osa 9</td> <td></td> <td>0.058</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Kuusiämmitin</td> <td>Ponno 8x2 NUT</td> <td></td> <td>0.007</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>								PART	Identification	Description	Additional Description	Mass	Pos	12	Kuusiokolonnin M4x10	DIN912 M4x10			2	11	Kuusiokolonnin M2x6	DIN912 M2x6			4	10	DC-moottori	FAULHABER 3557		0.200kg	1	9	ER-11 kara	ERC11M D10 L100		0.054kg	1	8	Kuusiomutteri M2x4	DIN934 M2x4		0.009kg	1	7	Akseliyksin kara	d12 D5 L10		0.009kg	1	6	Unkulaakseli	6800		0.009kg	2	5	DC-moottorin akseli	Tuuletettava osa 11		0.026kg	1	4	Holkki	d12 D10 L20		0.004kg	1	3	Pöytäruuvit M3x4	ISO4029 M3x4		0.000kg	2	2	Karain runko	Tuuletettava osa 9		0.058	1	1	Kuusiämmitin	Ponno 8x2 NUT		0.007	1
PART	Identification	Description	Additional Description	Mass	Pos																																																																																
12	Kuusiokolonnin M4x10	DIN912 M4x10			2																																																																																
11	Kuusiokolonnin M2x6	DIN912 M2x6			4																																																																																
10	DC-moottori	FAULHABER 3557		0.200kg	1																																																																																
9	ER-11 kara	ERC11M D10 L100		0.054kg	1																																																																																
8	Kuusiomutteri M2x4	DIN934 M2x4		0.009kg	1																																																																																
7	Akseliyksin kara	d12 D5 L10		0.009kg	1																																																																																
6	Unkulaakseli	6800		0.009kg	2																																																																																
5	DC-moottorin akseli	Tuuletettava osa 11		0.026kg	1																																																																																
4	Holkki	d12 D10 L20		0.004kg	1																																																																																
3	Pöytäruuvit M3x4	ISO4029 M3x4		0.000kg	2																																																																																
2	Karain runko	Tuuletettava osa 9		0.058	1																																																																																
1	Kuusiämmitin	Ponno 8x2 NUT		0.007	1																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">   <b>HAMK</b>                  University of Applied Sciences                  General references:             </td> <td style="width: 15%;">                 Identical: <b>Karain kokoonpano</b>                  Description: <b>Kara/Z-kokoonpano</b>                  Additional Description:             </td> <td style="width: 15%;">                 Scale: <b>1:2</b> </td> <td style="width: 15%;">                 D Date: <b>4.6.2020</b>                  App Date:             </td> <td style="width: 15%;">                 Mass: <b>0.353kg</b>                  Material:                  Color:                  Treatment:                  Surface:                  Size:                  Sheet:             </td> </tr> <tr> <td colspan="2">                 Designer: <b>Teemu Hyttäinen</b>                  Approved:             </td> <td colspan="2">                 Product: <b>2/2</b>                  Revisy:             </td> <td>                 Drawing file name: <b>Z-KOKOONPANO</b>                  Drawing file date: <b>05.08.2020</b> </td> </tr> </table>								 <b>HAMK</b> University of Applied Sciences General references:	Identical: <b>Karain kokoonpano</b> Description: <b>Kara/Z-kokoonpano</b> Additional Description:	Scale: <b>1:2</b>	D Date: <b>4.6.2020</b> App Date:	Mass: <b>0.353kg</b> Material: Color: Treatment: Surface: Size: Sheet:	Designer: <b>Teemu Hyttäinen</b> Approved:		Product: <b>2/2</b> Revisy:		Drawing file name: <b>Z-KOKOONPANO</b> Drawing file date: <b>05.08.2020</b>																																																																				
 <b>HAMK</b> University of Applied Sciences General references:	Identical: <b>Karain kokoonpano</b> Description: <b>Kara/Z-kokoonpano</b> Additional Description:	Scale: <b>1:2</b>	D Date: <b>4.6.2020</b> App Date:	Mass: <b>0.353kg</b> Material: Color: Treatment: Surface: Size: Sheet:																																																																																	
Designer: <b>Teemu Hyttäinen</b> Approved:		Product: <b>2/2</b> Revisy:		Drawing file name: <b>Z-KOKOONPANO</b> Drawing file date: <b>05.08.2020</b>																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">                 Revision:    Rev. Description:    Rev. Date:    Rev. By:             </td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>								Revision:    Rev. Description:    Rev. Date:    Rev. By:																																																																													
Revision:    Rev. Description:    Rev. Date:    Rev. By:																																																																																					

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base without the written permission of HAMK

Kokoonpanokuva X- ja Y-akselit.



100	101	102	103	104	105	106	107
<p>Revisio: Rev. Description: Rev. Date: Rev. By:</p>							
<p> <b>HAMK</b>                  University of Applied Sciences                  General tolerances:                  Scale: 1:3                  Description: Kokoonpano X + Y-akselit                  Additional Description: Alarunko kokoonpano                  Design: Teemu Hyttinen                  D Date: 6.6.2020                  App Date:                  Approved:                  Product:                  Mass: 1.342kg                  Material:                  Color:                  Treatment:                  surface finish:                  Sheet: 1/2             </p>							
<p>Model filename: JRESIN_AJARUNKO                  Drawing file date: 19.08.2017</p>							

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means or stored in a data base without the written permission of HAMK.

Kokoonpanokuva X- ja Y-akselit.

200	201	202	203	204	205	206	207
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

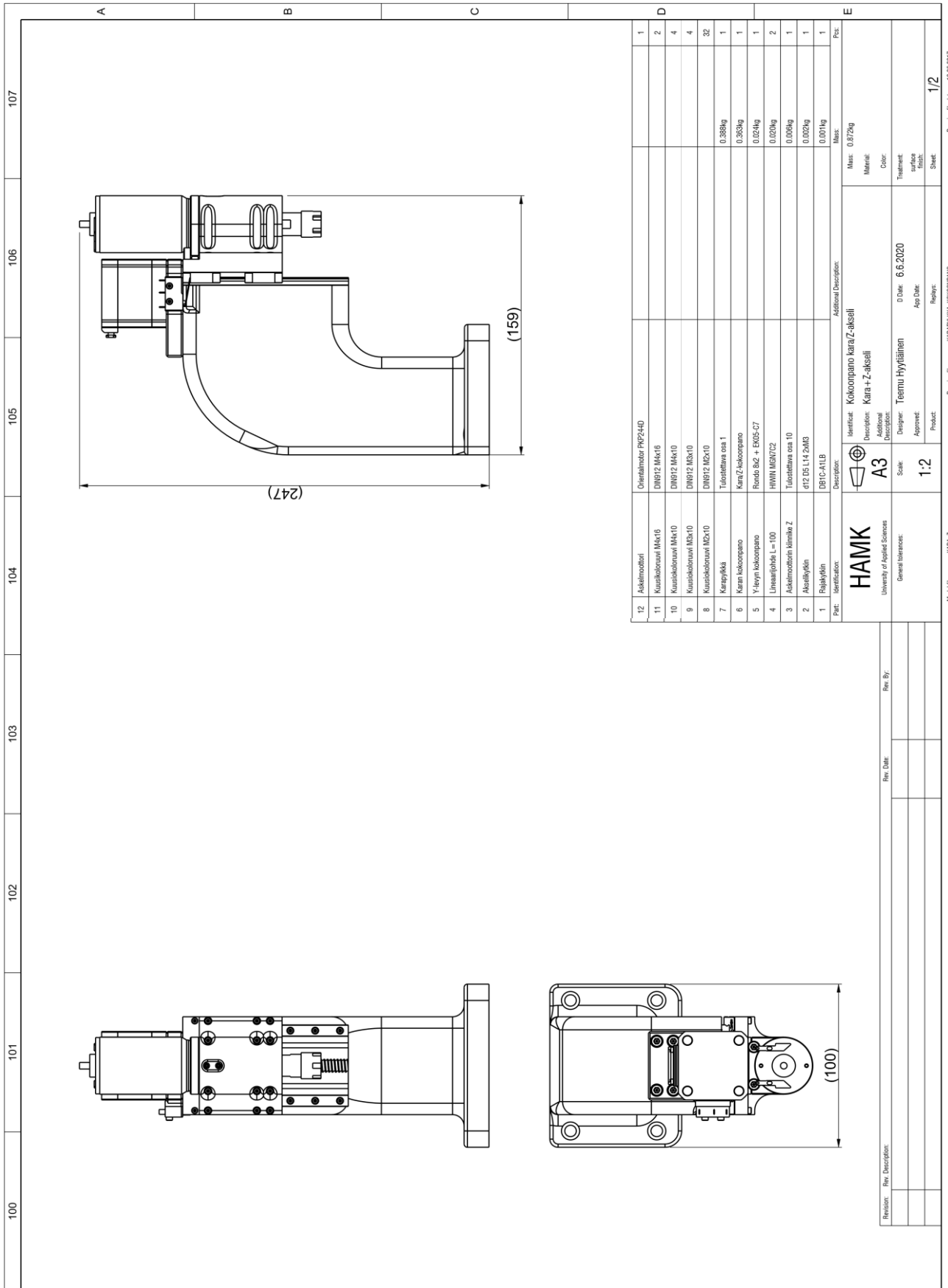
1:2

No.	Description	Mass	Pos.
15	Kuusiokolonnit M5x45		1
14	Kuusiokolonnit M5x40		1
13	Kuusiokolonnit M4x20		4
12	Kuusiokolonnit M2x6		64
11	Kuusiokolonnit M2x10		16
10	Minitec profiili system 30 30x30 L=250	0.144kg	2
9	Minitec -pöytä	0.163kg	2
8	Minitec L=200	0.131kg	2
7	X-akseli kokoonpano	0.120kg	1
6	Y-akseli kokoonpano	0.088kg	1
5	Lineaarijohde L=240	0.050kg	2
4	X-akseli kokoonpano	0.040kg	1
3	Lineaarijohde L=120	0.025kg	2
2	Uratuuletin keula	0.007kg	4
1	X-moottorinliikkeen tuuletin	0.026kg	2

<b>HAMK</b>	University of Applied Sciences	General Information:	Identifikaatio: <b>Kokoonpano X + Y-akselit</b> Kuvaus: <b>Alarunko kokoonpano</b> Lisäkuvaus:
Revision:    Rvw:    Description:    Rev. Date:    Rev. By:		Scale:    Designer:    D Date:    6.6.2020 Approved:    Asst Date:	Treatment:    Mass: 1,342kg Surface Finish:    Color: Sheet:    Sheet:
Product:    Drawing Name:    JYVSKN_AJ_A1000			Sheet:    2/2 Drawing File Date:    06.03.2020

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Kokoonpanokuva kara/Z-akseli.



12	Askelmoottori	Orientaattori PK024HD	1
11	Kuusiakselinvali Mx10	DM912 Mx10	2
10	Kuusiakselinvali Mx10	DM912 Mx10	4
9	Kuusiakselinvali Mx10	DM912 Mx10	4
8	Kuusiakselinvali Mx10	DM912 Mx10	32
7	Karasy/aksa	Tuuletettävä osa 1	1
6	Karan kokoonpano	Kara/Z-kokoonpano	1
5	Y-lelyn kokoonpano	Rondo 8x2 + EK05-C7	1
4	Linssi/linssi L=100	HMM MBN7C2	2
3	Askelmoottorin kinnike Z	Tuuletettävä osa 10	1
2	Asennusjalka	d12 D5 L14 2MB8	1
1	Pujotusjalka	DB1C-A1LB	1
Part Identification:			Mass:
Description:			0.0071kg
Additional Description:			0.872kg
Material:			
Color:			
Treatment:			
Finish:			
Sheet:			1/2

Revision:	Rev. Description:	Rev. Date:	Rev. By:
General information:		Scale:	1:2
Designer:		App. Date:	6.6.2020
Product:		Revisy:	
Model filename:		Product:	KOKOONPANO_KARA_Z

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base without the written permission of owner.

Kokoonpanokuva kara/Z-akseli.

200	201	202	203	204	205	206	207
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

A
B
C

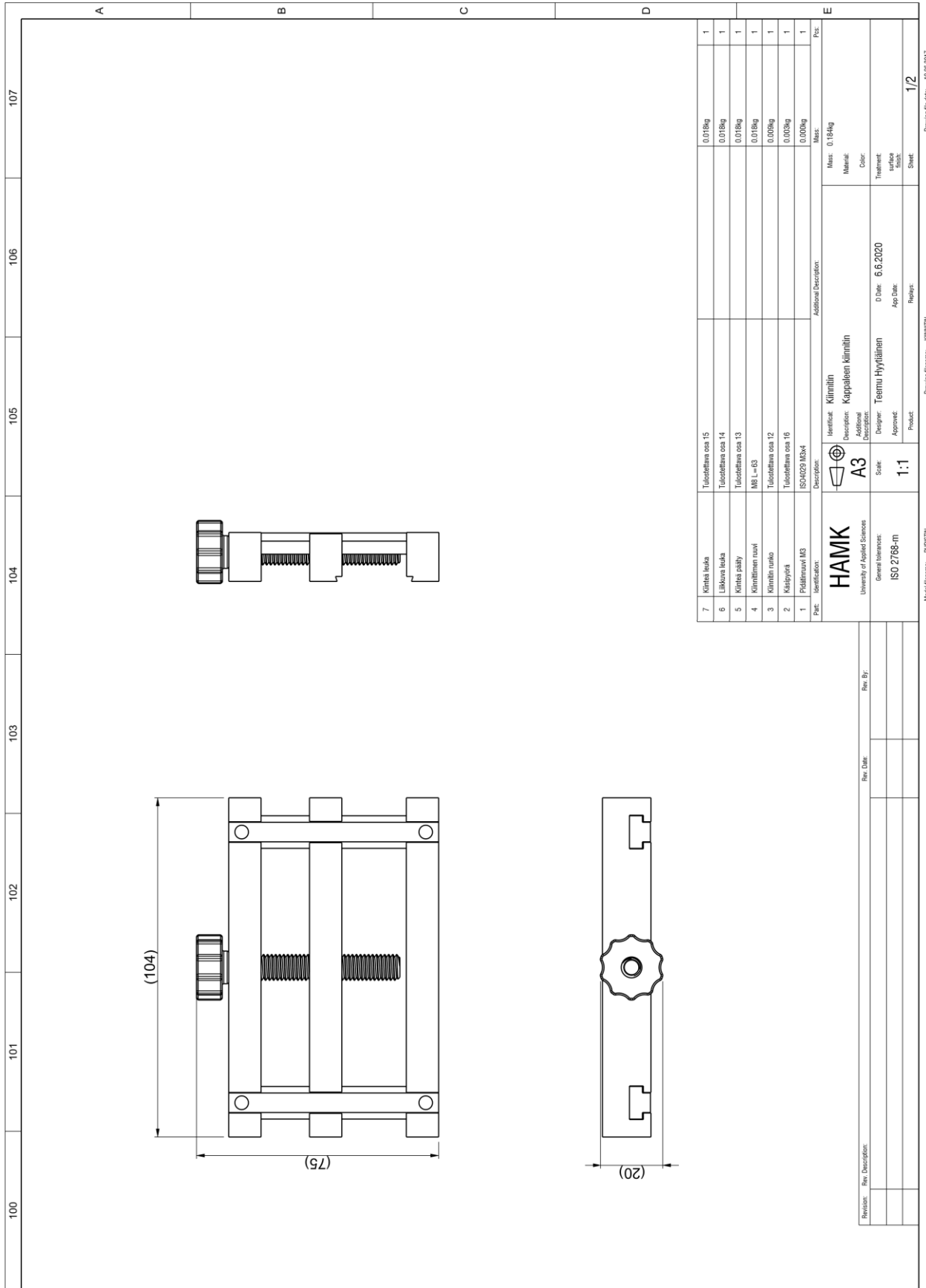
Pnr	Identification	Additional Description	Pz
12	Askelmoottori	Orientimotor PKP244D	1
11	Kuusiakselisuuri M4x16	DIN912 M4x16	2
10	Kuusiakselisuuri M4x10	DIN912 M4x10	4
9	Kuusiakselisuuri M3x10	DIN912 M3x10	4
8	Kuusiakselisuuri M2x10	DIN912 M2x10	32
7	Kantapöytä	Tuuletettava osa 1	1
6	Karan kokoonpano	Kara-Z-kokoonpano	1
5	Yläosan kokoonpano	Pommi 002 + EFD5-C7	1
4	Linnaarigiehi L=100	HWIN MGN1/2	2
3	Askelmoottorin linnaaka Z	Tuuletettava osa 10	1
2	Akseliyksikön	d12 D5 L14 2xM3	1
1	Rajakytkin	DB1C-A1LB	1

<b>HAMK</b>	Identifikaatio: <b>Kokoonpano kara/Z-akseli</b> Kuva: <b>Kara-Z-akseli</b>	Mass: 0,877kg Materiaali: Väri:	
University of Applied Sciences General tolerances:	Designer: <b>Toimii Hyttäinen</b> Approver:	D Date: <b>6.6.2020</b> App Date:	Treatment: Surface: Finish: Sheet:
Revision:    Rev. Description:    Rev. Date:    Rev. By:	Scale: <b>1:2</b> Product:	Resizing:	Sheet: <b>2/2</b>

Model Name: **KARA\_Z**    Drawing Name: **KARA\_Z\_KOONPANO**    Drawing File: **06.03.2020**

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Kokoonpanokuva kiinnitin.

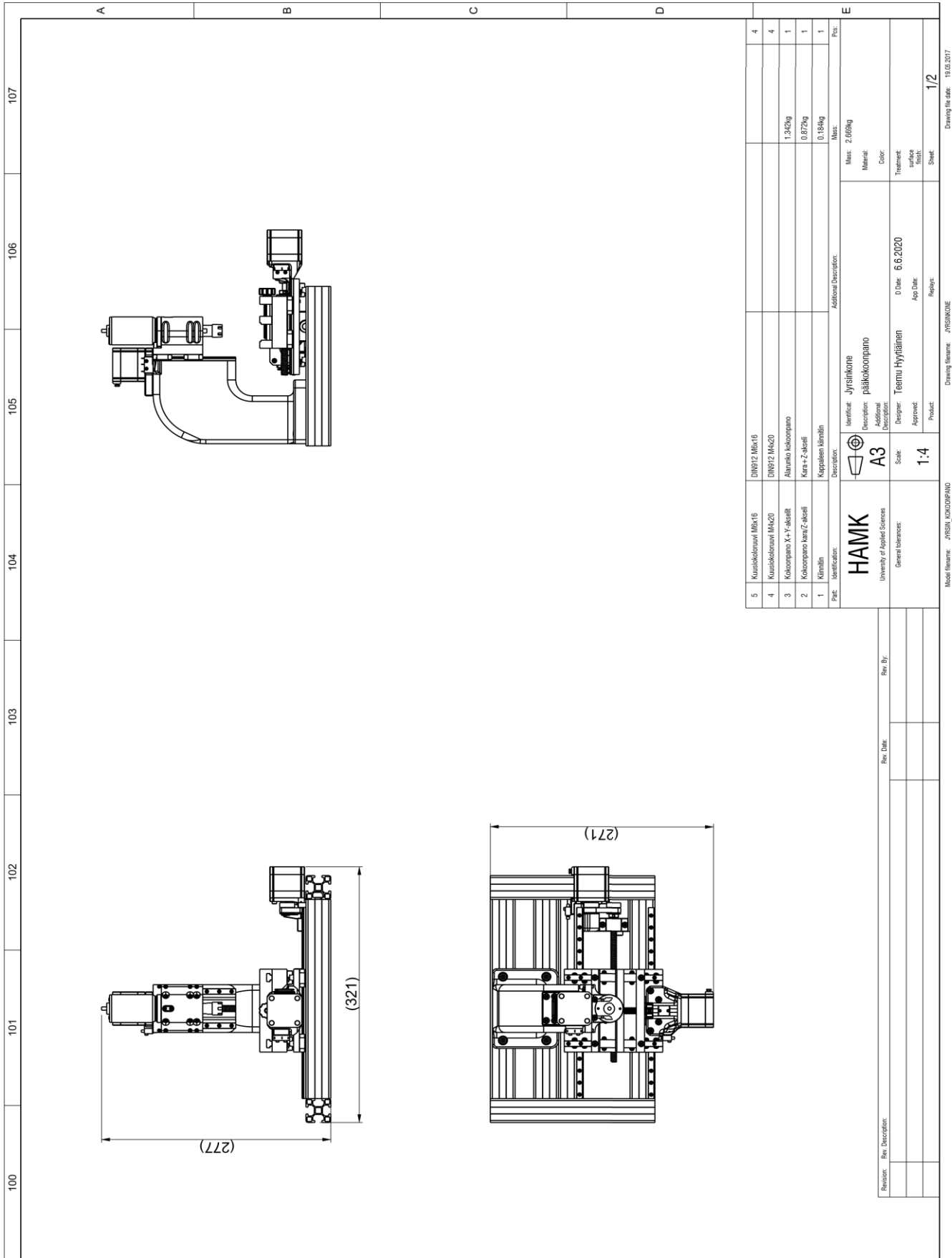


No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.





Kokoonpanokuva jyrsinkone.

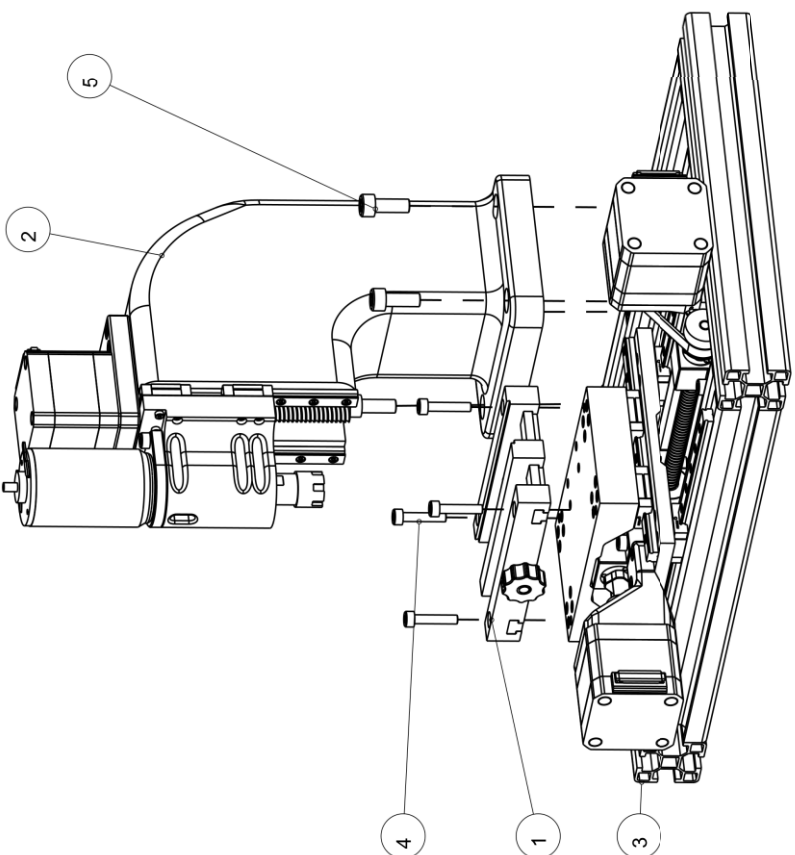


No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of HAMK.

Kokoonpanokuva jyrsinkone.

200	201	202	203	204	205	206	207
A	B	C	D				



1:2

5	Kuvakokoonavain M8x16	DIM12 M8x16	4
4	Kuvakokoonavain M4x20	DIM12 M4x20	4
3	Kokoonpano X+ Y- akselit	Alumiini kokoonpano	1.342kg
2	Kokoonpano kantaZ- akselit	Kera + Z- akselit	0.872kg
1	Kierälinä	Kappaleen kiertälinä	0.154kg
Part. Identification:			Pcs.
Description:			Mass:
Additional Description:			Material:
Additional Description:			Color:
Additional Description:			Treatment:
Additional Description:			Surface finish:
Additional Description:			Sheet:

<b>HAMK</b>	University of Applied Sciences	General Informatics	Product:	2/2
Identifier: Jyrsinkone Description: piäkkokoonpano Additional Description:		Designer: Teemu Hyvyläinen Date: 6.6.2020 App Date:	Mass: 2.669kg Material: Color: Treatment: Surface finish: Sheet:	2/2
Scale: 1:4 Scale:		Designer: Teemu Hyvyläinen Date: 6.6.2020 App Date:	Product:	2/2
Model filename: JYRSIN_KOKOONPANO		Drawing filename: JYRSINKONE	Drawing file date: 06.06.2020	2/2

The part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of HAMK.