

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Sami Simpanen

LINEAARITÄRYKULJETIN OPETUSKÄYTTÖÖN

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Sami Simpanen

Nimeke
Lineaaritärykuljetin opetuskäyttöön

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu, Miska Piirainen

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pienoiskokoinen lineaaritärykuljetin värähtelyopin laboratorioharjoituksia varten. Lineaaritärykuljettimessa tuli olla säädettävänä toimintoina jousien kulman säätö, amplitudin säätö sekä mahdollisuus varustaa laite myöhemmin kiihtyvyyssanturilla.

Opinnäytetyössä keskityttiin suunnitteluprosessiin sekä laitteen valmistukseen. Lineaaritärykuljetin valmistettiin Karelia-ammattikorkeakoulun tiloissa. Koneistusta vaativissa osissa käytettiin osin ulkoisia toimijoita.

Työjärjestyksessä ensimmäisenä oli suunnitteluprosessi, joka alkoi selvityksellä tarvittavista komponenteista. Tämän jälkeen lineaaritärykuljettimesta tehtiin 3D-malli. Suunnitteluprosessin valmistuttua vuorossa oli valmistusosuus kasauksineen ja koneistuksineen. Kaikkia osia ei kuitenkaan saatu määräaikaan mennessä, joten valmistustyö jäi hieman keskeneräiseksi.

Kieli
suomi

Sivuja 19
Liitteet 7

Asiasanat

lineaaritärykuljetin, 3D-mallinnus, kokoonpano



THESIS
June 2015
Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358- 13-260 6800

Author
Sami Simpanen

Title
Linear vibrating conveyor for educational use

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences, Miska Piirainen

Abstract

The goal of this thesis was to design and manufacture a linear vibrating conveyor for laboratory practises regarding vibration. Linear vibrating conveyor needed to have the following specifications: adjustable degree of angle of springs, adjustable amplitude and a possibility to install an acceleration transducer later.

The main goals of this thesis was in design process and manufacturing the product. Linear vibrating conveyor was manufactured in the working spaces of Karelia University of Applied Sciences. Parts which needed machining were mostly ordered from external suppliers.

First thing in the working order was designing a product, which started with survey of needed components. Second step was to make 3D-model of the linear vibrating conveyor. The design process was finished, started machining and assembling. Some of the parts were not finished in due time, so the manufacturing was not finished.

Language

Finnish

Pages 19

Appendices 7

Keywords

linear vibrating conveyor, 3D-modeling, assembly

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Suunnitteluprosessi.....	1
2.1	Lähtötiedot	1
2.2	Versio 1.....	2
2.3	Versio 2.....	3
2.3.1	Laakereiden valinta.....	5
2.3.2	Jousimateriaalin valinta	5
2.3.3	Jousien säädön toteutus.....	6
2.3.4	Käyttöakseli ja epäkeskinen pyöräjä	7
3	Valmistus	9
3.1	Rungon valmistus	9
3.2	Koneistettavien osien valmistus	10
3.3	Kasaustyö	12
4	Pohdinta.....	13
	Lähteet.....	15

Liitteet

Liite 1	Alemman tärytason valmistuskuva (taivuttamaton)
Liite 2	Alemman tärytason valmistuskuva (taivutettu)
Liite 3	Ylemmän tärytason valmistuskuva
Liite 4	Akselinpitimen valmistuskuva
Liite 5	Epäkeskisen pyöräjän valmistuskuva
Liite 6	Käyttöakselin pääosan valmistuskuva
Liite 7	Käyttöakselin jatko-osan valmistuskuva

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa lineaaritärykuljetin Karelia-ammattikorkeakoulun fysiikan laboratorioharjoituskäyttöön. Toimeksiantajana toimi Karelia-ammattikorkeakoulun fysiikan lehtori Miska Piirainen. Valmiilla lineaaritärykuljettimella on tarkoitus demonstroida värähtelyn ominaisuuksia ja tarkastella jousien, epäkeskisen pyörijän ja kierrosnopeuden säätöjen vaikutuksia.

Opinnäytetyön pääpaino oli suunnittelutyön ja laitteen valmiiksi rakentamisen toteuttamisessa aloittaen 3D-mallista, edeten rakentamiseen, testaukseen ja siitä dokumenttien, kuten valmistuspiirustusten (Liitteet 1-7) laadintaan. Opinnäytetyössä ei käsitelty värähtelyn teoriaa.

Lineaaritärykuljetin rakennettiin Karelia-ammattikorkeakoulun tiloissa hyödyntäen koulun varastoissa valmiiksi olleita materiaaleja. Suunnittelun sekä rakentamisen kulkuun asia vaikutti merkittävästi. Tilaajan toiveena oli huoltoystävällisyys, joten hitsaussaumoja tuli välttää. Runkomateriaaliksi valikoitui täten varastosta löytyneitä alumiiniprofiileja, jotka voitiin liittää ruuviliitoksilla. Myös muut laitteessa käytetyt komponentit liitettiin ruuviliitoksilla lukuun ottamatta liukupaloja.

2 Suunnitteluprosessi

2.1 Lähtötiedot

Lineaaritärykuljettimen lähtötiedoiksi sain toimeksiantajalta karkean lyijykynäpiirroksen, sekä toiveet lineaaritärykuljettimen ominaisuuksista. Haluttuja ominaisuuksia olivat säädettävyys jousien kulman suhteen, säädettävyys amplitudille sekä kierrosnopeuden säätö. Lisäksi toiveena oli mahdollisuus asentaa kiihtyvyyssanturi myöhemmin, sekä alle 25 kilogramman paino. Raskaan taakan nostamisesta on säädetty työturvallisuuslaki. Vuoden 2003 alusta voimaan tullut työturvallisuuslaki (738/2002) edellyttää työnantajan yleisen huolehtimisvelvoitteen

ohella työn vaarojen selvittämistä ja arviointia. Arvioitavaksi edellytetään erityisesti työn kuormitustekijät. Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä noista ja siirroista työssä (1409/1993) täsmentää tätä velvoitetta (Työsuojeluhallinto, 2015.) Lineaaritärykuljettimelle ei ole varattuna kiinteää työpistettä.

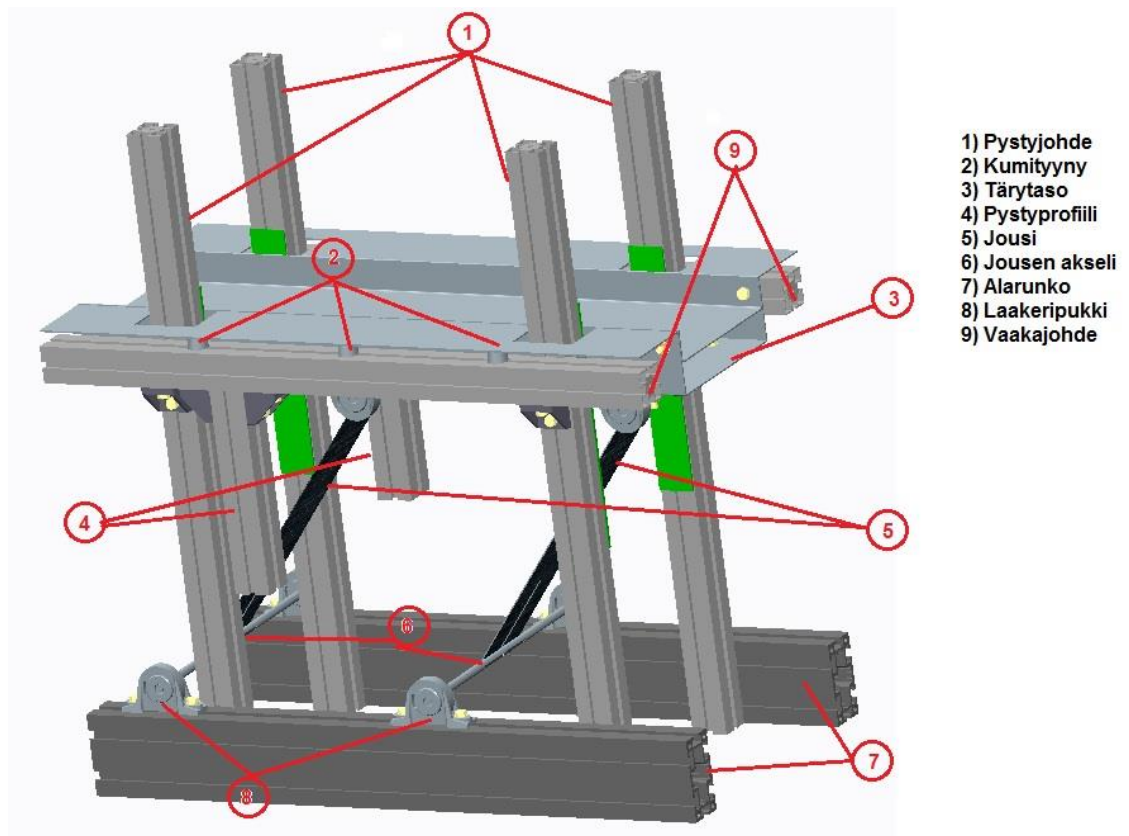
Perusidea oli suunnitella ja rakentaa yksinkertainen, edullinen ja helppokäyttöinen värähtelysteemi säädettävällä epäkeskisellä pyörillä, jonka voimanlähteenä toimisi akselia pyörittävä porakone.

3D-malli tehtäisiin Creo Parametric 2.0 – ohjelmistolla, joka on koulullamme käytössä. Ohjeistus oikeaoppiseen mallien, kokoonpanon sekä valmistuskuvien luontiin löytyi verkosta (PTC University). Internetin CAD-kirjastoista, kuten www.traceparts.com löytyi profiileille ja käytettävissä olleille kulmille ja laakeripukeille CAD-mallit.

2.2 Versio 1

Versiossa 1 (Kuva 1, sivu 7) ajatuksena oli toteuttaa tehonsiirto hihnavälityksellä. Tätä tarkoitusta varten vaakajohteisiin lisättiin pystyprofilit, joihin olisi kiinnitetty laakeripukit käyttävää akselia ja hihnapyörää varten. Käytettävä akseli epäkeskisen pyörän ja hihnapyörän kanssa olisi kiinnitetty laakeripukein alempaan tärytasoon. Lisäksi ensimmäisessä versiossa tärytaso lepää vaakajohteille sijoitettujen kumityynyjen päällä. Opinnäytetyöryhmän palaverissa tulimme kumityynyistä syntyneen keskustelun lopuksi siihen tulokseen, että ne vaimentavat värähtelyä merkittävästi ja niistä luovuttiin.

Rungon suunnittelu lineaaritärykuljettimeen alkoi koulumme varastoa tutkien. Sopiviksi alumiiniprofiileiksi valikoitui lopulta kaksi eri kokoa, 50x100 millimetristä alarungoksi, tämä valittiin jousien säädön suuremman varan saavuttamiseksi. Toinen käytetty profiili oli 45x45 millimetristä pystyjohteiksi sekä vaakajohteiksi, myös alarungon yhdistävät profiilit ovat tätä kokoa. Jousina toimii 4 mm paksusta kudoslaminoidusta bakeliittilevystä sahatut palat. Jousien kulman säätö on suunniteltu mahdolliseksi värähtelytason korkeuden säädöllä.



Kuva 1. Version 1 keskeneräiseksi jäänyt 3D-malli, pääosat nimettyinä.

Kuten kuvassa 1 on nähtävissä, jousina toimivien komposiittiliuskojen kulman säätöön tarkoitetut akselit ovat laakeripukkien varaan asennettu. Laakeripukit ovat tässä tapauksessa kuitenkin turhat ja epäkäytännölliset, niiden kalliin hinnan sekä lukituksen vaikeuden takia. Pystyjohteisiin suunniteltiin niitattavaksi liukupalat polyeteenilevystä lievittämään värähtelystä mahdollisesti aiheutuvaa sivuttaisuuntaista siirtymää sekä melua alumiinisten osien yhteen osumisesta.

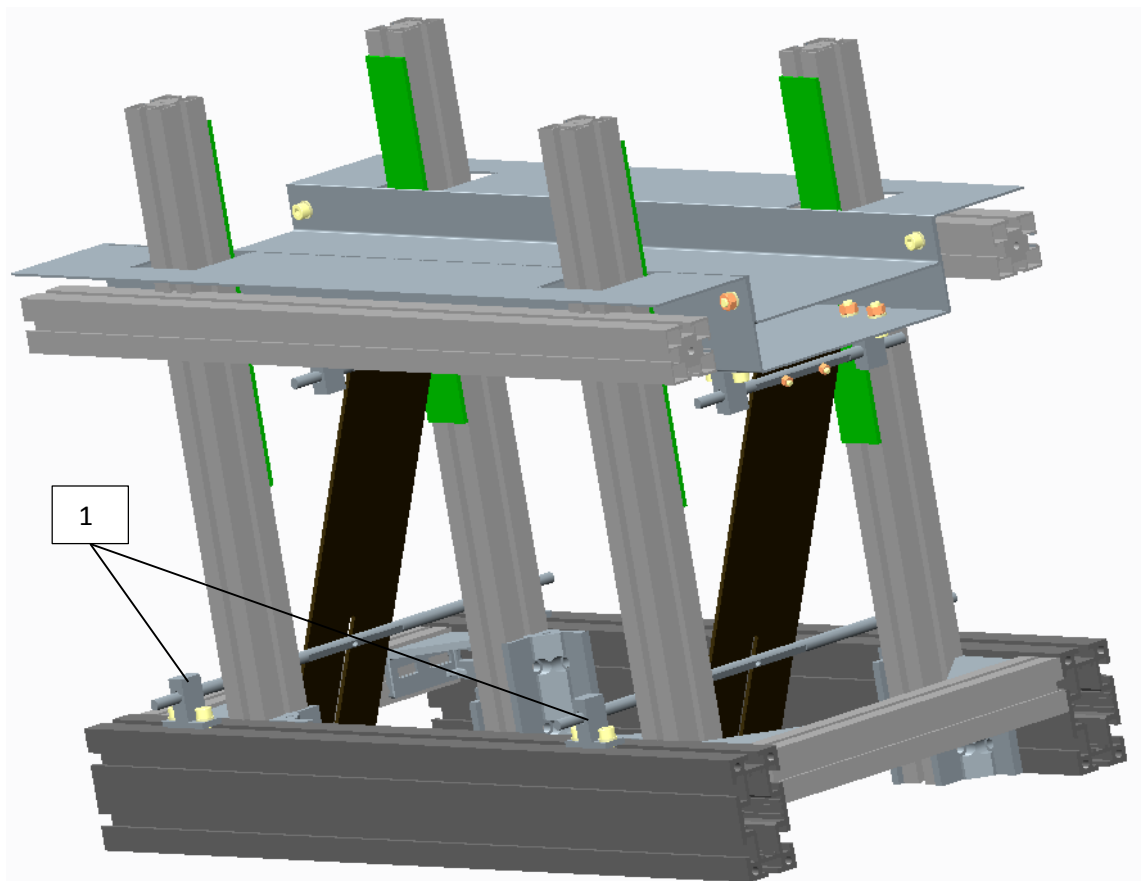
2.3 Versio 2

Versioon 2 tulleet muutokset olivat rungon osalta ensimmäiseen verrattuna pieniä. Vaakajohteiden käyttötarkoitukseksi on jäänyt ainoastaan jousien kulman säädön helpottaminen. Säätötyön jälkeen vaakajohteet lasketaan irti tärytasosta, jolloin tärytaso jäi pelkästään jousien kannattelemiksi.

Versiosta 2 jäi pois myös idea hihnavälityksestä, joka vaihtui pelkkään käyttävään akseliin. Hihnavälitys olisi ollut hankala toteuttaa, sillä se olisi pitänyt kiinnittää

tärytasoon vaakajohteiden käyttötarkoituksen muuttuttua. Tällainen konstruktio olisi lisännyt merkittävästi jousiin kohdistuvaa rasitusta tärytason painon lisäyksestä johtuen. Käytettävissä oleva kierrosalue jää tällä tavoin toteutettuna porakoneen käytettävissä olevien mukaiseksi, kun version 1 hihnapyöräratkaisulla se olisi ollut vapaammin säädettävissä hihnapyörien välityssuhdetta muuttamalla.

Akselin porakoneeseen aiheuttamaa epäkeskisestä pyörijästä johtuvaa värähtelyä pyrittiin minimoimaan katkaisemalla akseli ja asentamalla väliin pätkä joustavaa materiaalia. Joustavaksi materiaaliksi löytyi varastosta puutarhaletkua.



Kuva 2. Version 2 keskeneräinen 3D-malli. Tärykuljettimen pituus on 800 mm ja korkeus 600 mm.

Versiosta 2 tuli valmistettava malli. Kuvasta 2 on nähtävissä jousien akseleita varten suunnitellut pidinkappaleet (1), joilla korvattiin versiossa 1 olleet laakeripukit. Akseleiden päissä on M8 kierre, joten lukitus onnistuu kätevästi mutterilla. Tällä ratkaisulla säätötyön tekeminen nopeutui huomattavasti.

2.3.1 Laakereiden valinta

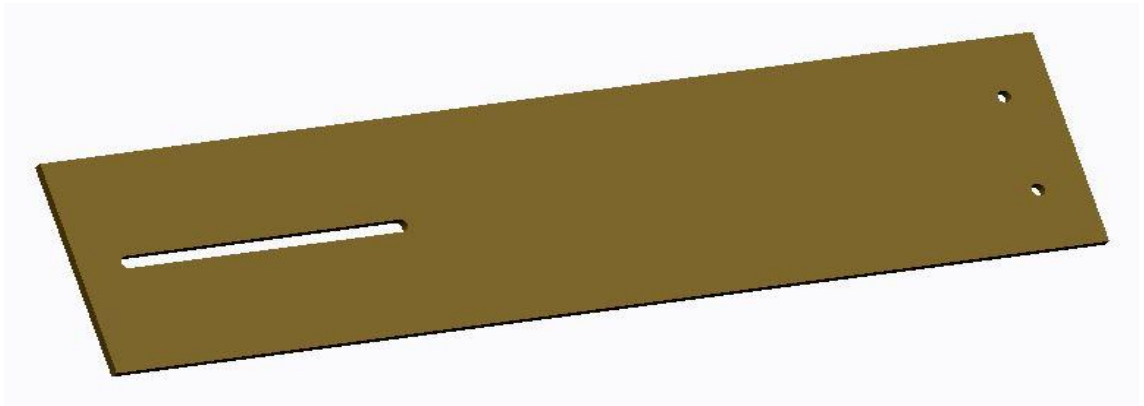
Käyttöakselin laakereiden valinnassa perusteena oli laakerin helppo kiinnitys. Laakereiksi valikoitui SKF SY 15 TF laakeripukit, niiden ollessa pienimmät saatavilla olevat ja täten keveimmät. Tällöin ohjaava ja vapaa laakeri olivat samanlaisia. Laakeripukkien kiinnitys onnistui helposti ruuvikiinnityksellä.

Mekaanisesti tarkasteltuna laakerit olivat varsin ylimitoitettuja. SKF:n laakerinlaskentaohjelmalla suoritettiin tarkastelu laakereiden kestävydestä ylisuurilla 0,5 kN voimien arvoilla ja 10 000 r/min pyörimisnopeudella. Niiden perusteella laakerit kestävät niihin aiheutuvat rasitukset kymmeniä tuhansia tunteja. Todellisessa kuormitustilanteessa voimat eivät ole lähelläkään tuota suuruusluokkaa, porakoneen tuottaen maksimissaan noin viiden Nm:n vääntömomentin noin maksimissaan 5000 r/min pyörimisnopeudella.

2.3.2 Jousimateriaalin valinta

Jousimateriaaliksi mietittiin muutamia eri materiaaleja, kuten esimerkiksi PMMA:ta. PMMA eli polymetyylimetakrylaatti on jäykkää kestopuovia. Kestomuovi materiaalina kuitenkin hylättiin sen huonojen väsymisominaisuuksien takia. Kuidutetun kertamuovin todettiin väsymisominaisuuksiltaan olevan parempi vaihtoehto. Vaihtoehtona pidettiin myös hiilikuitulevyä, joka hylättiin kalliin hintansa ja kenties jopa liiallisen jäykkyytensä takia. Paikallisilta myyjiltä etsittiin polyesterista ja lasikuidusta valmistettua levyä, sitä ei kuitenkaan ollut kukaan tarjota.

Lopulta sopivaksi oletettiin kudoslaminoidu 4 mm bakeliittilevy. Bakeliitti on keinotekoinen polymeeri joka luokitellaan kertamuoviksi. Bakeliittilevyä sai tarvittuun 90x400 mm määrämittaan sahattuna tilaustavarana Joensuun Kumipörssi Oy:stä.



Kuva 3. Jousena toimiva 90x100 mm kudoslaminoidu bakeliittilevy 3D-mallina. Säätohahlon pituus on 110 mm, jonka rajoissa säätö on mahdollista.

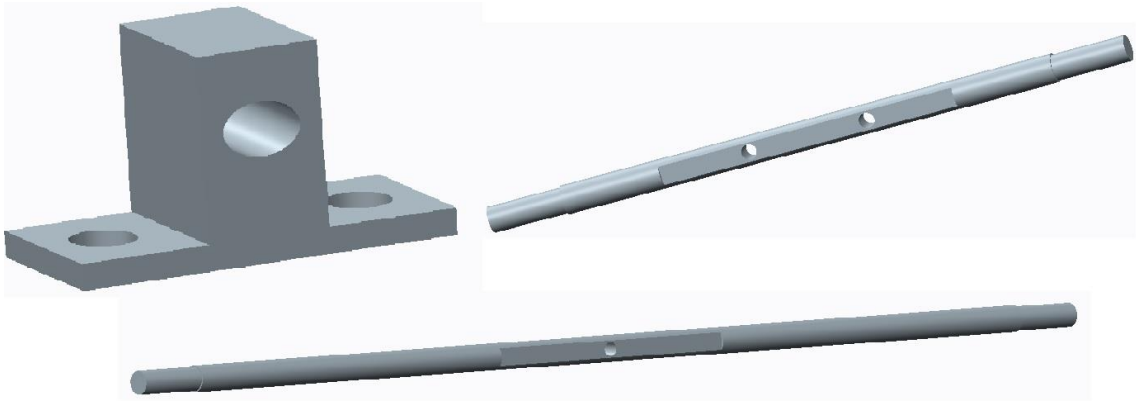
Tarvittavat reiät koneistettiin koululla. Kuvassa 3 on jousena toimivan bakeliittilevy 3D-mallina. Vasemmassa laidassa oleva hahlo toimii kulmansäätötyökaluna yhdessä alemman jousen akselin kanssa. Hahlo on 110 mm pitkä, näin mitoitettuna jouset eivät alimmassa asennossaan tapaa alustaan jolle tärykuljetin on sijoitettu. Oikealla olevat reiät ovat ruuviliitoksella kiinni ylemmässä jousen akselissa, eikä niitä tarvitse irrottaa säätötyön aikana.

2.3.3 Jousien säädön toteutus

Jousien säädön toteutukseen oli alusta asti idea toteuttaa se kahden liikkumattomaksi lukittavan akselin avulla. Aluksi ajatus oli kiinnittää jousi jäykästi kahdella ruuvilla sekä ylä- että alapäästä. Tällainen ratkaisu ei olisi kuitenkaan toteuttanut tarvittavaa jousien säädön mahdollisuutta. Jousien kiinnitys näkyy paremmin kuvassa 2. Tärytason korkeutta säätämällä jousien kulma muuttuu.

Alempi kiinnitettiin alarunkoon akselinpitimien varaan ruuviliitoksilla ja ylempi kiinnitettiin tärytasoon akselinpitimien varaan. Akseleiden lukitus liikkumattomiksi tapahtui M8-muttereilla akseleiden päissä oleviin kierteisiin. Mitoitus akseleille suunniteltiin niin, että pidinkappaleen läpivientireikä on 0,2 mm isompi kuin akselin halkaisija. Tällöin akseli liikkuu vapaasti muttereita löysäämällä.

Alemmassa akselissa jousi on yhdellä ruuvilla kiinnitetty, tätä löysäämällä jousi vapautuu säädettäväksi jousen hahlon rajoissa. Säättötyön valmistuttua, mutterit kiristämällä tärykuljetin on jousien osalta käyttövalmis.



Kuva 4. Jousien säätömekanismit 3D-malleina.

Kuvassa 4 on jousien säätöön suunnitellut koneistettavat kappaleet. Vasemmalla ylhäällä on akselinpidin, oikealla tärytasoon tullut akseli ja alhaalla alarunkoon tullut akseli, jonka avulla varsinainen säätötyö mahdollistettiin.

Akselinpidin suunniteltiin koneistettavaksi 20x50 mm kokoisesta S235 latta-raudasta jyrsimällä muodot ja poraamalla reiät. Akselit suunniteltiin 10 mm S235 tangosta. Valmistuksesta tuli monivaiheinen akseleiden vaatiessa jyrsinän ruuviliitosta varten, sorvauksen kierteille sekä porauksen rei'ille. Tasaiseksi jyrсит alueet ovat jousen levyiset. Valmistuskuva akselinpitimestä liitteessä 4, akseleista toimitettiin 3D-malli koneistajalle.

2.3.4 Käyttöakseli ja epäkeskinen pyörijä

Käyttöakseliksi suunniteltiin 15 mm paksu S235 tanko. Koko valikoitui pienimmän mahdollisen myynnissä olleen laakeripukin perusteella. Akseliin tuli kiinnitettäväksi epäkeskinen pyörijä kiilaliitoksella. Kiilaliitosta varten akseliin sekä epäkeskiseen pyörijään tarvitsi kiilaurat. Standardi SFS 2636 määrittää kiilaurille akseliin ja napaan sekä kiilalle koot. Kuviossa 1 on ohjeistus mitoituksesta.

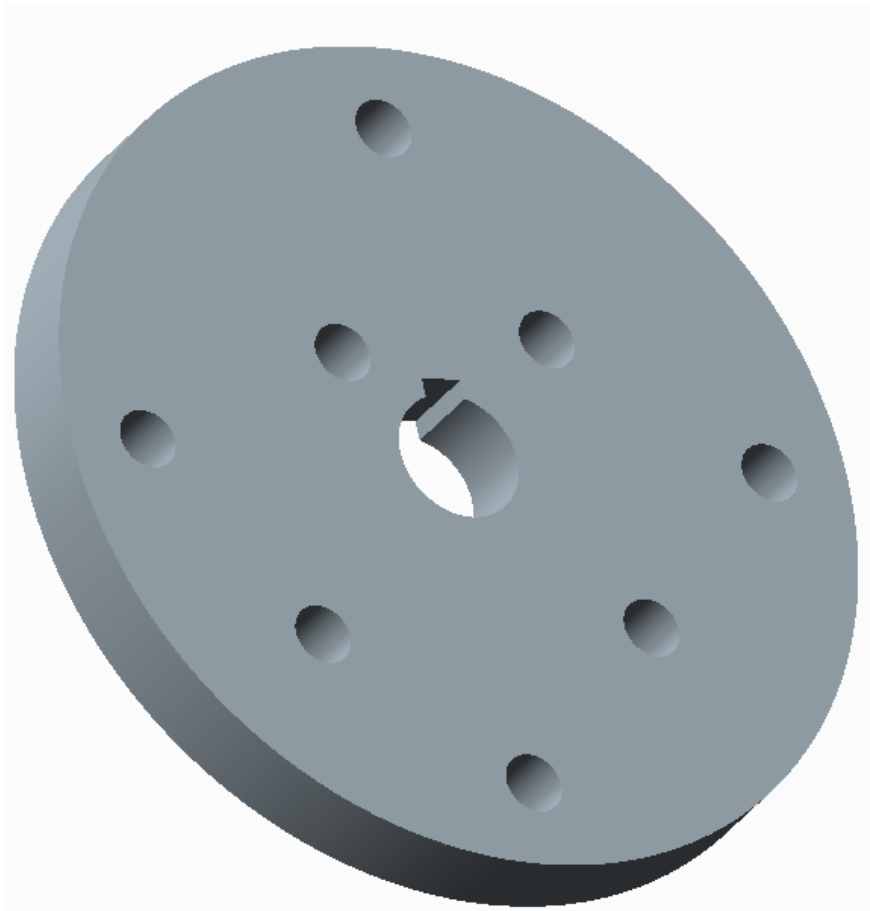
Kiila ²⁾		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Leveys b tol. h^9		2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11
Korkeus $h^3)$		2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11
Viiste ⁴⁾ s	min		0,16			0,25				0,40		
	max		0,25			0,40				0,60		
Akselin halk. d	mm	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58
		8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65
b (nim.)		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Akseli	välyssovite											
	H9	+0,025			+0,030			+0,036			+0,043	
		0			0			0			0	
välisovite												
N9	-0,004				0			0			0	
	-0,029				-0,030			-0,036			-0,043	
ahdistusovite												
P9	-0,006				-0,012			-0,015			-0,018	
	-0,031				-0,042			-0,051			-0,061	
Kiilaura ⁵⁾	f_1	1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7
	tol.			+0,1						+0,2		
Napa	välyssovite											
	D10	+0,060			+0,078			+0,098			+0,120	
		+0,020			+0,030			+0,040			+0,050	
välisovite												
JS9	±0,0125				±0,0150			±0,0180			±0,0215	
ahdistusovite												
P9	-0,006				-0,012			-0,015			-0,018	
	-0,031				-0,042			-0,051			-0,061	
f_2	1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	
tol.				+0,1					+0,2			
Pyöristys R	min		0,08			0,16				0,25		
	max		0,16			0,25				0,40		

Kuvio 1. Ote standardista SFS 2636. Lähde: Suomen Standardisoimisliitto ry

Taulukon perusteella valittiin sopiva kiila liitoksen toteuttamiseksi. 15 mm paksulle akselille välisovitteella N9 kiila on korkeudeltaan b 5 mm, ja korkeudeltaan h 5 mm. Kiilaksi valittiin 5x5x12 mm.

Epäkeskinen pyörriä suunniteltiin valmistettavaksi 100 mm S235 akselista, sillä se oli riittävän suuri reikien sijoittelua varten, mutta ei liian suuri lineaaritärykuljettimeen kokoon verraten. Epäkeskinen pyörriä on paksuudeltaan 10 mm ja siihen tuli koneistettavaksi kahdeksan reikää joista ulkokehän neljä ovat samalla ja sisemmät neljä eri etäisyyksille keskiakselista mitattuna.

Reikiin suunniteltiin M8-kierre, joihin olisi mahdollista lisätä painoja amplitudin säätämiseksi. Kuvassa 5 on 3D-malli suunnitellusta epäkeskisestä pyörriästä. Pyörriän halkaisija on 100 mm ja paksuus 10 mm. Kiilaura on mitoitettu standardin SFS 2636 mukaisesti. Valmistuskuvat liitteessä 5.

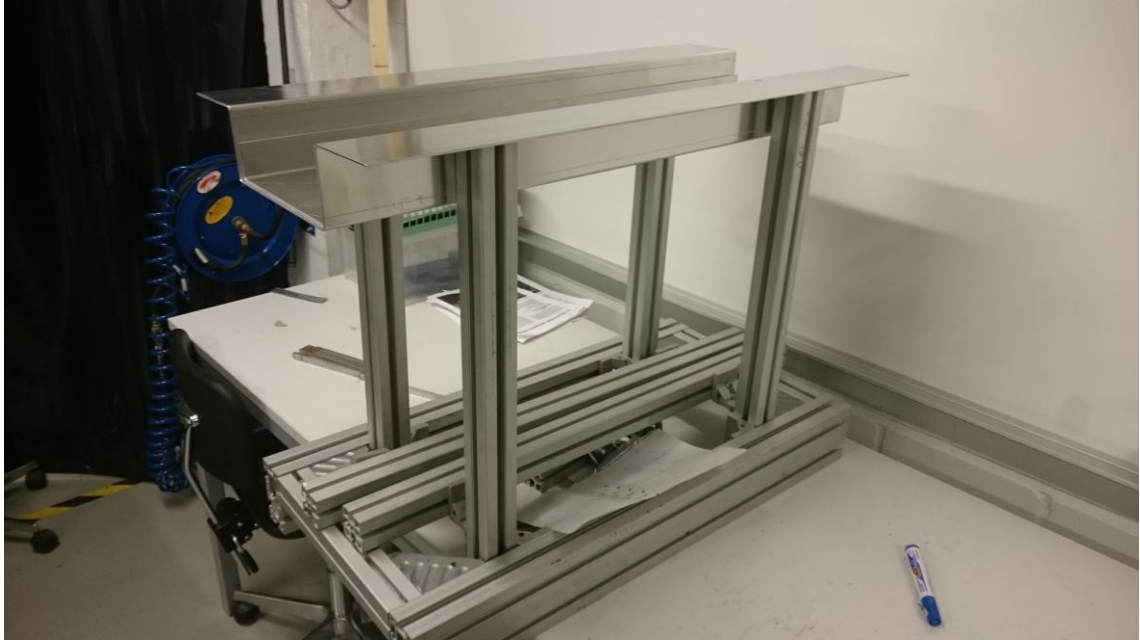


Kuva 5. Epäkeskisen pyörijän 3D-malli.

3 Valmistus

3.1 Rungon valmistus

Valmistuksen ensimmäinen vaihe oli hakea varastosta sopivat alumiiniprofiilit ja sahata ne määrämittäisiksi. Sahatut profiilit liitettiin yhteen kulmakappaleilla. Alarunko tuli kahdesta 50x100x800 mm ja näiden välissä on kaksi 45x45x300 mm kokoista profiilia. Pystyjohteet valmistettiin neljästä 45x45x600 mm, sekä vaaka-johteet kahdesta 45x45x800 mm kokoisista profiileista.

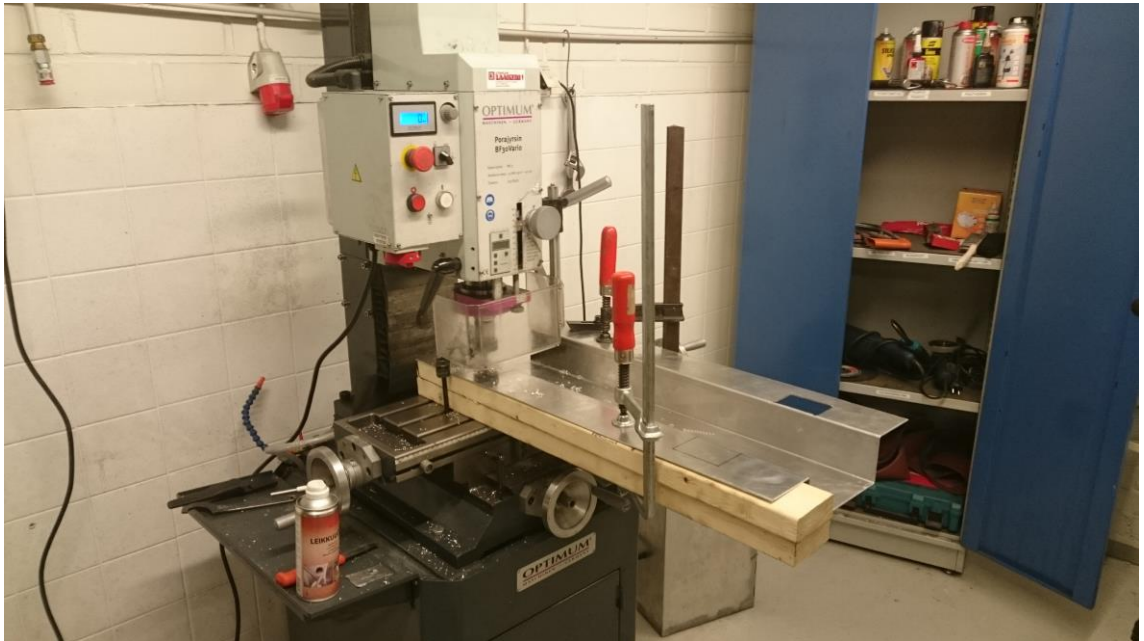


Kuva 6. Lineaaritärykuljettimen runko kasattuna. Kuva: Sami Simpanen

Kuvassa 6 kasaustyön alkuvaiheessa otettu kuva, jossa vaakajohteet eivät olleet oikeilla paikoillaan. Tärytaso oli sovitettuna paikoilleen ilman myöhemmin tehtyä koneistusta.

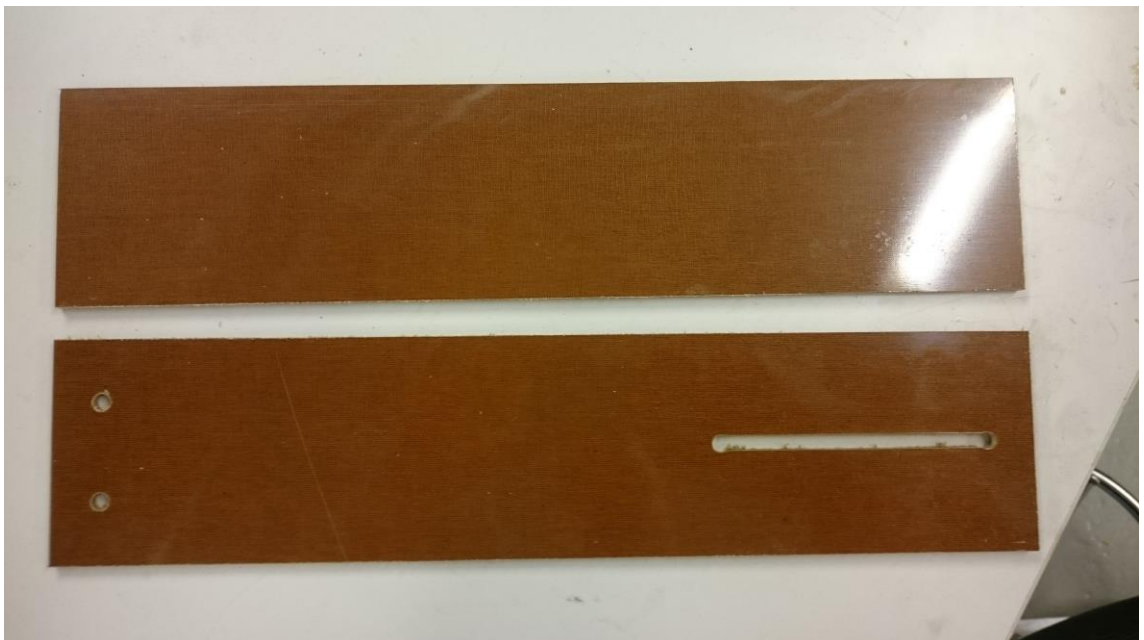
3.2 Koneistettavien osien valmistus

Tarvittavat koneistustyöt suoritti pääasiallisesti Karelia-ammattikorkeakoulun harjoittelija Matti Pölönen. Hänen koneistamia osia olivat akselit sekä niiden pidin-kappaleet. Tärytasoihin tarvittut reiät ja läpivientiaukot koneistettiin omatoimisesti koulun työtilassa, kuvassa 7 läpivientiaukkojen jyrästä käynnissä koulun Optimum porajyräsimellä. Läpivientiaukot tulivat runkorakenteen pystyjohteita varten. Koneistettaessa huomioitavaa oli valmiiksi taivutetun pellin kiinnittämisen vaikeus. Reiät tehtiin akkuporakoneella, joten niiden täysin tarkka paikoitus jäi saavuttamatta. Tärytasoissa käytetyt alumiinipellit tilattiin Pohjois-Karjalan ammattipistolta taivutettuina, pelleistä toimitettiin valmistuskuvat (Liitteet 2 ja 3). Yleisesti vastaavissa tapauksissa koneistus tapahtuu ennen taivutusta, mutta ammattipistolla ei ollut tarvittavia välineitä alumiinipellin koneistamiseen.



Kuva 7. Tärytason läpivientiaukkojen koneistus. Kuva: Sami Simpanen

Seuraava itse suoritettu koneistustyö oli jousina toimineiden bakeliittilevyjen koneistus. Kuvassa 8 on 6 mm poranterällä ja 6 mm jyrshintapilla koneistettu, sekä koneistamaton jousilevy.



Kuva 8. Jousina toimineet bakeliittilevyt, ylhäällä on koneistamaton ja alhaalla koneistettu. Kuva: Sami Simpanen

3.3 Kasaustyö

Koneistusosien valmistumisen jälkeen jatkui kasaustyö asentamalla koneistetut kappaleet paikoilleen. Kuvassa 9 on nähtävissä jousien akselit sijoitettuina paikoilleen alarunkoon sekä tärytasoon. Kuvassa on myös käyttöakselin laakeripukit sovitettuina paikoilleen, lopullinen paikoitus oli ajankohtainen vasta akselin valmistuttua.



Kuva 9. Jousien akselit paikoilleen asennettuna. Kuva: Sami Simpanen

Kasaustyön tässä vaiheessa puuttui vielä oleellisista osista käyttöakseli, kiila sekä epäkeskinen pyöröjä. Kuvassa 10 lineaaritärykuljetin on kasattu käyttöakselia lukuun ottamatta lopulliseen muotoonsa.

Molempien laakeripukkien alla on kaksi kappaletta 15 mm paksusta muovilevystä tehtyä korokepalaa epäkeskistä pyöröjää varten. Ilman korokkeita 100 mm halkaisijaltaan oleva pyöröjä ei olisi mahtunut pyörimään.



Kuva 10. Lopullinen kokoonpano. Kuva: Sami Simpanen

Käyttöakselia ja epäkeskistä pyörijää ei saatu tilattua määräaikaan mennessä, joten kasaustyö jäi kuvan 10 mukaiseen asetelmaan. Valmiiksi saattaminen vaatii akselin, pyörijän sekä kiilan. Kiilan asentamiseksi tarvitsee akselia lämmittää noin 100 °C lämpötilaan, kiilan mahtumiseksi kiilauraan. Jäähdyttyään kiilaliitos on tiukka. Valmiiksi kasatun akselipaketin asentaminen laakeripukkeihin onnistuu vaivattomasti laakereiden pidätinruuvit kiristämällä.

4 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa halpa ja helppokäyttöinen lineaaritärykuljetin Karelia-ammattikorkeakoulun fysiikan lehtoreiden käyttöön. Lähtökohtana oli käyttää ammattikorkeakoulun varastoissa olevia materiaaleja ja lisäksi tilaajan edustaja myönsi hieman epämääräisen ”joidenkin satojen eurojen” suuruisen budjetin. Budjetissa pysyttiin hyvin, osto-osien hinnan jäädessä noin 150 euron suuruiseksi.

Suunnitteluprosessi lähti liikkeelle tilaajan lyijykynäpiirroksista, jonka perusteella ideaa jalostettiin. Alumiiniprofiili jota varastosta löytyi, sopi runkomateriaaliksi hyvin. Loput osat tilattiin joko koneistettuina tai ostettiin jälleenmyyjiltä.

Lineaaritärykuljettimen rakentaminen oli monivaiheinen projekti. Kokoonpano oli helppo toteuttaa, mutta omatoimisesti suoritettujen koneistukset laittoivat vastaan.

Lineaaritärykuljettimelle oli tarkoitus tehdä myös testaustyö, joka jäi opinnäytetyöstä pois koska kaikkia osia ei määräaikaan mennessä saatu. Testaustyö olisi ollut erittäin mielenkiintoinen tehdä, sillä se olisi vasta oikeasti kertonut toimiiko suunniteltu laite luonnossa samoin kuin 3D-mallissa. Lisäksi koulullamme olisi ollut käytettävissä suurnopeuskamera, jonka avulla jousien käyttäytymistä olisi pystynyt seuraamaan hyvin yksityiskohtaisesti.

Lisäarvoa opinnäytetyölle olisi tuonut myös värähtelyopin teorian esittely, mutta se jäi pois, sillä aiheesta on paljon verkkojulkaisuja, kuten esimerkiksi Matti Lähteenmäen kattava materiaali.

Suunnitteluprosessiin olen opinnäytetyön osalta tyytyväinen, joskin aina asioita voi tehdä toisin tai jopa paremmin. Harmittavaa on se, että valmiiksi asti tärykuljetin tämän opinnäytetyön puitteissa valmistunut. Tulevaisuudessa kenties joku sen pääsee projektina tekemään.

Lähteet

PTC University. 2015. Advanced Modeling using Creo Parametric 2.0

<https://precisionlms.ptc.com/viewer/course/en/7769053/page/7769055>

1.6.2015

PTC University. 2015. Advanced Assembly Design using Creo Parametric 2.0

<https://precisionlms.ptc.com/viewer/course/en/7770765/page/7770770>

1.6.2015

PTC University. 2015. Detailing using Creo Parametric 2.0

<https://precisionlms.ptc.com/viewer/course/en/8062615/page/8062716>

1.6.2015

Työsuojeluhallinto. 2015. Käsien tehtävät nostot ja siirrot.

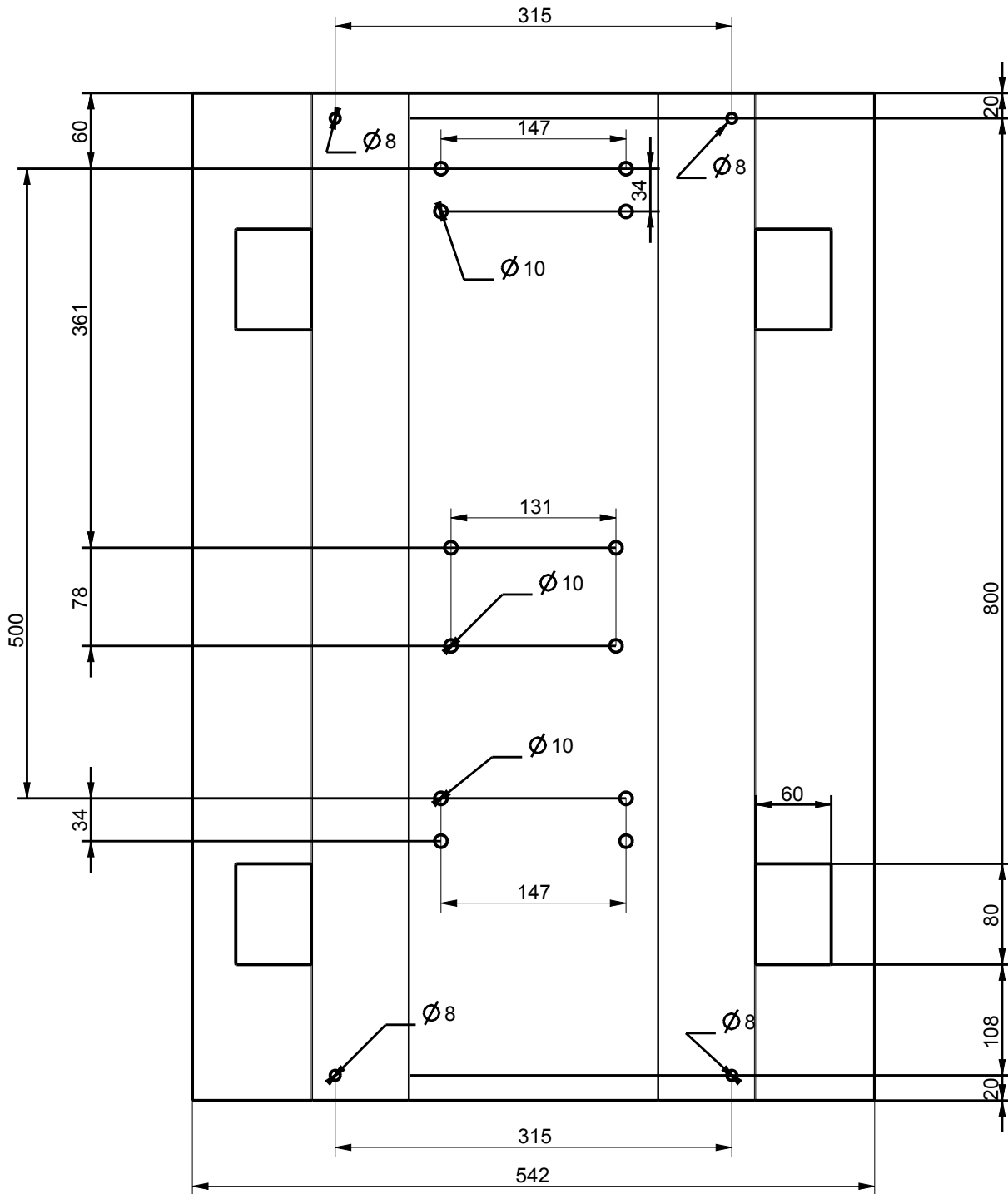
<http://www.tyosuojelu.fi/upload/fes98l0i.pdf>

7.5.2015

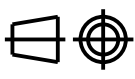
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 1971. Kiilaliitokset.

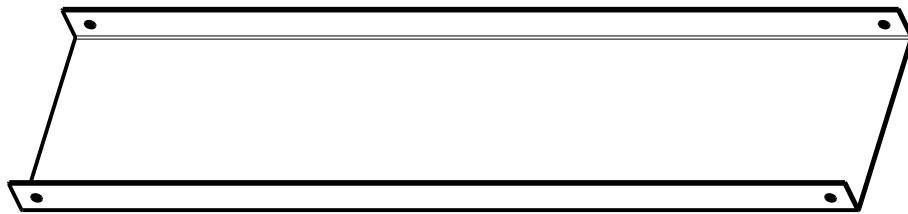
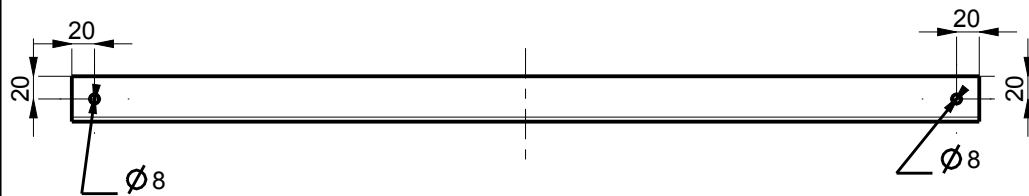
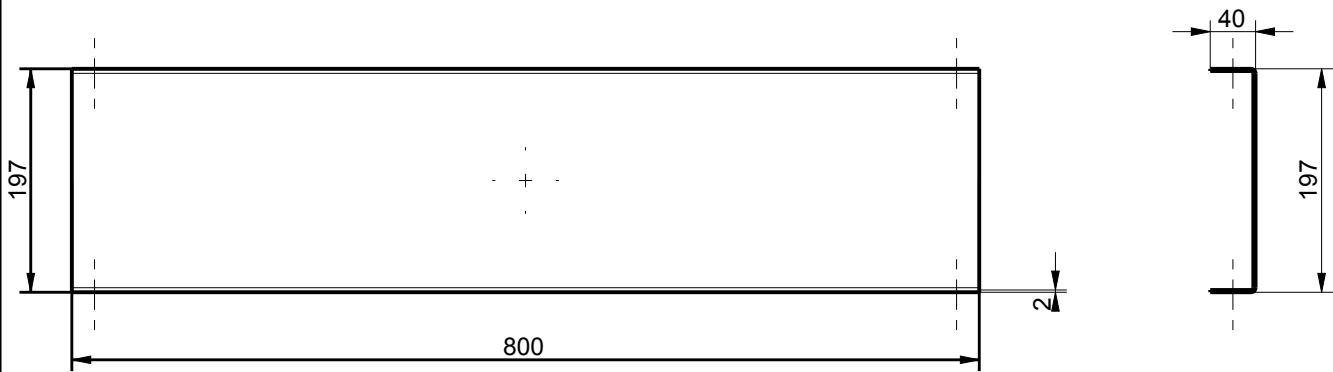
<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/DownloadServlet?action=getFile&productId=154378&forContract=10219>

21.5.2015

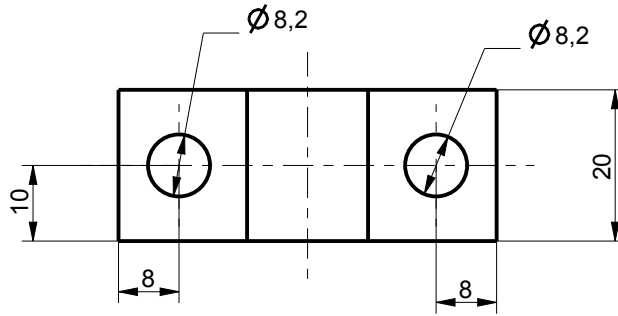
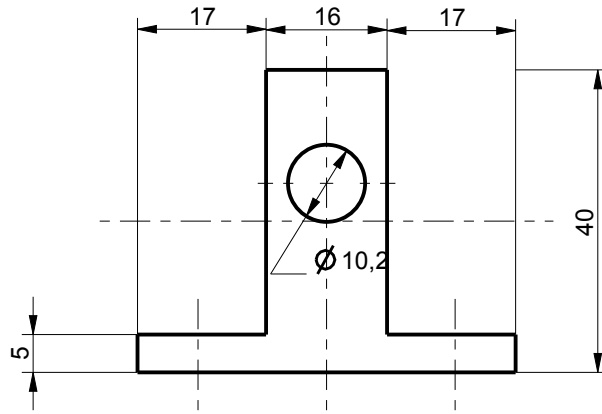


Kaikki neljän reiän ryhmät halkaisija 10.
 Suorakulmioreiät 60x80 x4.
 Materiaali 2mm alumiini.

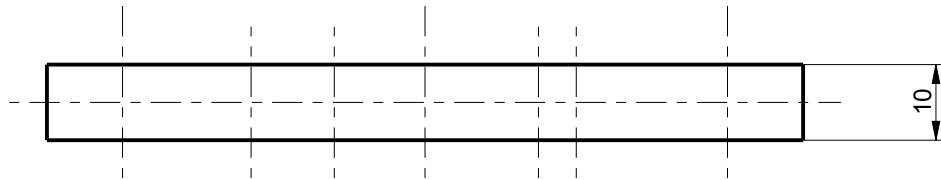
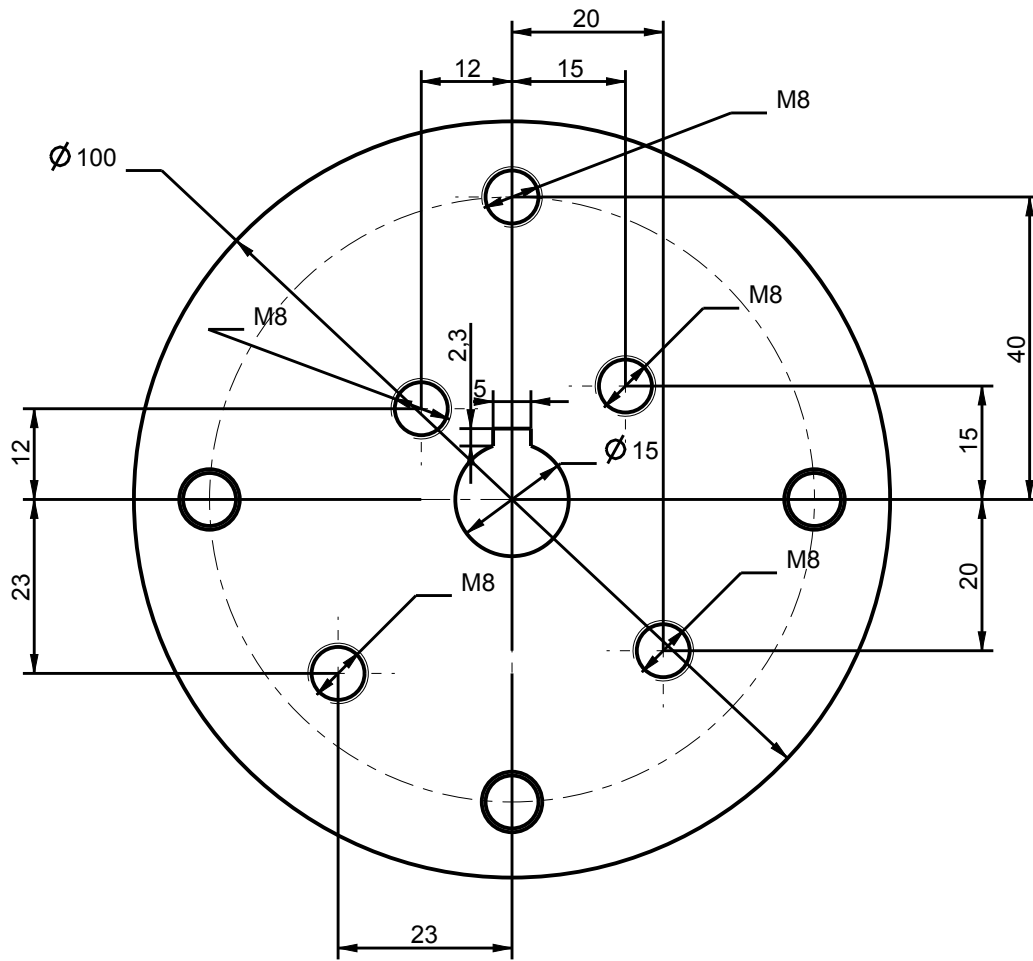
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys		Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys			
	1:5	Täry	Täry	TARYTASO_ALAOSA				
Piirt	040515 SS			Ent	Uusi	Rev		
Suun				Piirustusnumero				
Tark	Massa							
Hyv						2		



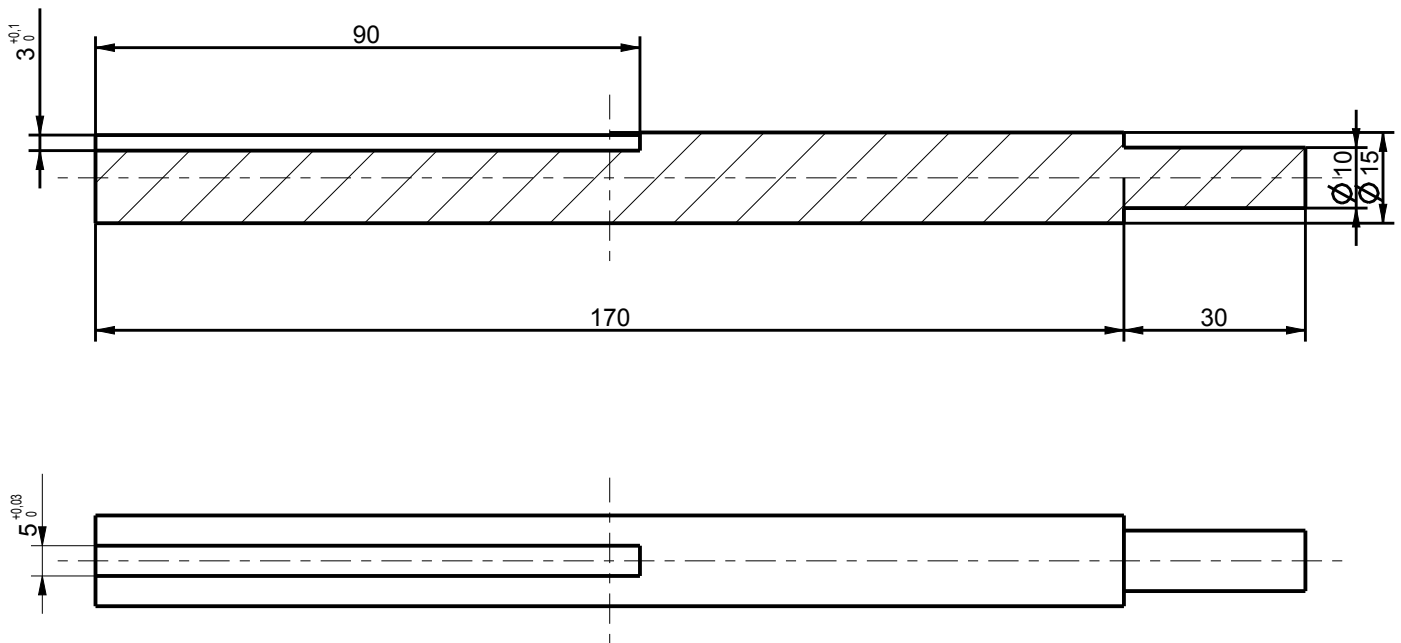
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Lajimerkki	Materiaali	Kpl			
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys	Alumiini				
		3:20	Tärytaso	Tärykuljetin	TARYTASO_YLAOSA					
Piirt	050515 SS		<h1>Karelia-AMK</h1>			Ent	Uusi	Rev		
Suun						Piirustusnumero				
Tark						Massa	4			
Hyv										



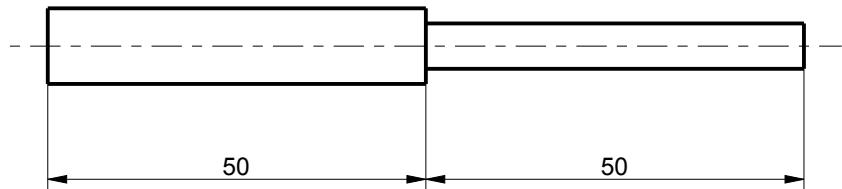
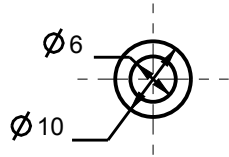
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Materiaali S235	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys	
		1:1			AKSELINPIDIN	
Piirt	080515 -		Karelia-AMK	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark		Massa		5		
Hyv						




Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittyy	Lajimerkki	Nimitys		
	1:1	Epäkesko	Täry	EPAKESKO			
Piirt	210515 -		<h1>Karelia-AMK</h1>		Ent	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark	Massa				6		
Hyv							



Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu S235	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liitty	Lajimerkki	Nimitys	
	1:2	Akseli	Täry		KAYTTOAKSELI	
Piirt	210515 -		<h1>Karelia-AMK</h1>	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark	Massa			7		
Hyv						



Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu S235	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys		
	1:1	Akseli	Täry	Akseli 2		
Piirt	210515 -		<h1>Karelia-AMK</h1>	Ent	Uusi	Rev
Suun				Piirustusnumero		
Tark	Massa			8		
Hyv						