

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Samuel Korpela

FASKIARULLATELINEEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016

**OPINNÄYTETYÖ****Toukokuu 2016****Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800Tekijä
Samuel Jari KorpelaNimeke
Faskiarullatelineen suunnitteluToimeksiantaja
Fysioterapian opiskelija Ilari Asikainen

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella hieronta- eli ”faskiarullalle” teline, jonka avulla rullaa pystyttäisiin käyttämään monipuolisemmin kehon lihasten ja nivelien rentouttamisessa. Tuotekehitysmalliksi suunnitteluprosessille valittiin stage-gate-prosessi.

Telineelle ideoitiin rakenneratkaisuja, joista valittiin toteuttamiskelpoisin. Tämän jälkeen tehtiin normaali tekninen suunnittelu, jossa otettiin huomioon asiakastarpeet ja valmistuskustannukset. Suunnitteluprosessin tuloksena saatiin telineelle valmistuspiirustukset, joilla työn tilaaja pystyi valmistamaan telineen prototyypin.

Telineen suunnittelu onnistui hyvin, mutta telineeseen jäi kuitenkin kehitettävää painon, ulkonäön ja kiinnityksen kannalta.

Kieli
suomiSivuja 48
Liitteet 23
Liitesivumäärä 23Asiasanat
tuotekehitys, 3D-mallinnus, konesuunnittelu



THESIS
May 2016
Degree Programme in Mechanical Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358-13-260 4930

Author(s)
Samuel Jari Korpela

Title
Designing Fascia Roller Support for Physiotherapeutic Needs
Commissioned by
Ilari Asikainen

Abstract

The idea of the study was to design a support instrument for the massage roller, the so called fascia roller which would allow the roller to be used in a more versatile way to relax the muscles and joints of the body. Stage-gate process model was used for the research and development work.

For the construction of the support instrument several structural solutions were innovated, of which the most feasible one was selected. After this, the normal technical design was done, which took into account customer needs and production costs. As a result, the client was able to produce a prototype of the support instrument based on the design manufacturing drawings of the work. The work was a success, but there are still some things to be further developed concerning weight, appearance and fastening.

Language	Pages	48
Finnish	Appendices	23
	Pages of Appendices	23

Keywords
product development, 3D-modeling, machine design

Sisällys

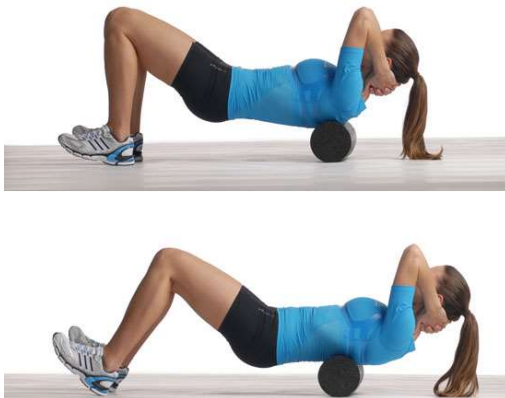
1	Johdanto	5
2	Tuotekehitysprosessi.....	6
2.1	Mitä on tuotekehitys	6
2.2	Tuotekehityksen vaiheet	6
2.3	Prosessin malleja.....	7
2.3.1	Stage-Gate-malli.....	7
2.3.2	Saumattoman asiakaslähtöisen malli.....	9
3	Faskiarullatelineen suunnittelu	11
3.1	Ideointivaihe	11
3.2	Suunnittelu.....	13
3.2.1	Tukivoimat	13
3.2.2	Akseli.....	15
3.2.3	Laakerit.....	16
3.2.4	Kiinnitys	21
3.2.5	Tulokset.....	22
4	Pohdinta	23
	Lähteet	24
	Liitteet	

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa valmistuspiirustukset faskiarullatelineelle. Markkinoilla olevat faskiarullat on vaahtomuovista valmistettuja sylinterimäisiä rullia, joiden koko yleensä on noin 400-660 mm pitkä ja halkaisijaltaan noin 120-160 mm. Faskiarullan tarkoitus on rentouttaa lihaksia sekä ennaltaehkäistä lihas- ja nivelkipuja. Rulla toimii niin, että ihminen makaa rullan päällä maassa ja rullailee lihaksia sitä vasten kehon voimalla (kuvio 1). Nykymuodossaan rulla on tarkoitettu etenkin torson nivelien ja lihasten käsittelyyn.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimiva fysioterapian opiskelija, jota tästä eteenpäin kutsutaan tilaajaksi, ei kuitenkaan nähnyt tätä järkevänä ja syntyi idea telineestä, jota vasten olisi helppo rullata käsiä ja jalkoja. Tilaaja pyysi laskemaan kestävän ja toimintavarman telineen sekä valmistamaan telineelle valmistuspiirustukset, jotta hän voisi itse valmistaa prototyypin telineestä. Tavoitteena oli saada teline, joka olisi kevyt ja liikuteltava, jotta sitä voisi kuljettaa useamman kuntoutuskeskuksen välillä.

Ennen laskennan aloitusta tutkittiin kuitenkin tuotekehitysprosessia ja sen etenemisestä, jotta ymmärretään paremmin, kuinka uusia tuotteita keksitään ja kuinka vanhoja tuotteita kehitetään. Tuotekehitysprosesseihin tutustuminen helpotti projektin suorittamista.



Kuvio 1. Faskiarullan käyttöä (What is a foam roller, why and how do I use it?, (2016).

2 Tuotekehitysprosessi

2.1 Mitä on tuotekehitys

Tuotekehitys on toimintaa, jossa kehitetään uusia tai parannellaan jo olemassa olevia tuotteita tai palveluita. Tuotekehitystä tekevät yleensä yritykset sekä oppilaitokset yrityksille. Tuotekehityksen tavoitteena on parantaa yrityksen kannattavuutta ja samalla tuoda asiakkaille paremmin toimivia, uusia sekä käyttäjäystävällisempiä tuotteita tai palveluita. Vanhojen tuotteiden kehityksellä pyritään vastaamaan paremmin asiakkaiden muuttuneisiin tarpeisiin. (Rissanen, 2002, 182.)

Tuotekehityksessä tuotteen ominaisuuksiin vaikuttaminen laskee sitä mukaa, kun prosessi etenee. Alussa, kun idea on vasta syntynyt, voidaan miettiä useita erilaisia ominaisuuksia ja toteutustapoja tuotteelle. Esimerkiksi alkuvaiheessa tehtyä materiaalivalintaa voi olla hankalaa muuttaa projektin loppuvaiheessa, koska muutokset vaikuttavat vahvasti laskelmiin ja sitä kautta itse tuotteen valmistukseen.

2.2 Tuotekehityksen vaiheet

Yleensä tuotekehitys noudattaa viittä vaihetta. Alussa on ideointivaihe, jossa keksitään tuoteidea käyttäen hyväksi ideointimalleja, kuten aivorihtä. Kun tuoteidea on keksitty, mietitään, onko tuote asiakkaista kiinnostava tai asiakkaille hyödyllinen ja onko tarvetta kyseiselle tuotteelle. (Välimaa, Kankkunen, Lagerroos & Lehtinen 1994, 25–28.)

Toinen vaihe on esitutkimusvaihe. Tässä vaiheessa varsinainen tuotekehitys alkaa idean täsmentämisellä. Tässä vaiheessa suunnitellaan projektiaikataulukset, kartoitetaan riskejä ja tarvittavia resursseja sekä mietitään tuotteen tuotantoon tarvittavat koneet. Esitutkimuksessa tehdään myös alustava arvio tuotantokustannuksista ja kannattavuudesta. (Välimaa ym. 1994, 28–29.)

Kolmantena vaiheena on luonnosteluvaihe. Luonnosteluvaiheessa tuotteelle asetetaan vaatimuksia, joiden on toteuduttava testivaiheessa. Testejä varten tuotteesta rakennetaan usein prototyyppi, jota testataan vaatimuksien pohjalta. Prototyyppiä parannellaan niin pitkään, että kaikki vaatimukset täyttyvät. (Välimaa ym. 1994, 29–30.)

Neljäntenä vaiheena tulee suunnitteluvaihe, jossa viimeistellään laitteen yksityiskohdat sekä tuotedokumentaatio kuten valmistuspiirustukset, ohjekirjat ja kustannusarviot. Suunnitteluvaiheessa kannattavuus- ja hinnoittelulaskelmat päivitetään sekä markkinointistrategiat lyödään lukkoon. (Välimaa ym. 1994, 30–31.)

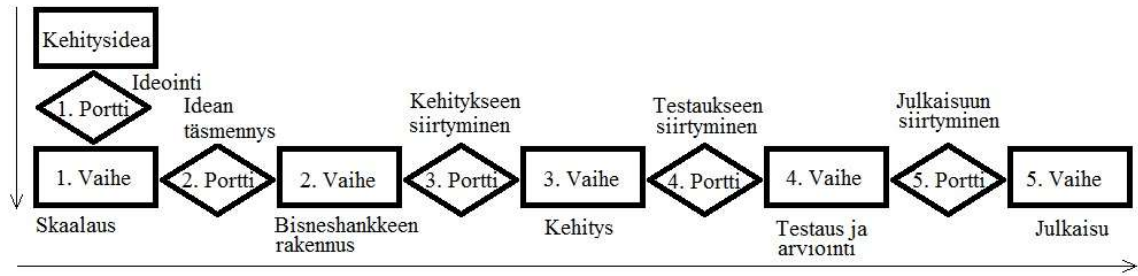
Viidennessä vaiheessa, eli tuotannon ja markkinoinnin käynnistämisessä tuote esitellään asiakkaille. Tuottaja seuraa myynninkehitystä, järjestää huoltotoiminnot ja kerää palautetta laitteen toiminnasta sekä mahdollisia kehitysideoita asiakkailta. Tuote arvioidaan uudelleen ja tuotekehitysprosessi lähtee alusta. (Välimaa ym. 1994, 31.)

2.3 Prosessin malleja

Tuotekehitysprosessista on useita etenemismalleja, jotka muistuttavat toisiaan eri vaiheissa. Päämääränä on paranneltu tai kokonaan uusi tuote. Yleisiä tuotekehitysmalleja on mm. Stage-Gate, VDI 222 systemaattinen tuotekehitysmalli ja saumaton asiakaslähtöinen tuotekehitysmalli. Seuraavaksi esitellään niistä kaksi, State-Gate-malli ja saumaton asiakaslähtöinen malli.

2.3.1 Stage-Gate-malli

Stage-Gate-malli toimii projektissa operatiivisena ja konseptuaalisena karttana idean kehittämisestä tuotteeksi. Prosessimallissa projekti etenee viiden portin ja viiden vaiheen läpi (kuvio 2). Porttivaiheissa mietitään, edellisen vaiheen näkökulmasta, onko tuote edelleen asiakkaiden mielestä kiinnostava ja tehdään päätös, jatketaanko vaiko lopetetaanko kyseisen tuotteen tuotekehitys. (Cooper, 2008, 2-3.)



Kuvio 2. Stage-Gate-tuotekehitysmallin eteneminen kaaviona esitettynä (Cooper, 2008, 3).

Stage-Gate aloitetaan nollavaiheesta, jossa otetaan tuoteidea ideapankista tai luodaan kokonaan uusi. Tämän jälkeen päästään varsinaisesti ensimmäiseen porttiin, eli ideaseulaan. Ideaseulassa päätetään tuotekehityksen aloittamisesta. Jos tuoteidea läpäisee ideaseulan, siirrytään ensimmäiseen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa eli esitutkimuksessa tehdään alustava tutkimus projektista ja rajataan projektia. (A Primer on the Stage-Gate Process, 2016, 3-4.)

Toisessa portissa tarkastellaan projektia ja tuoteidea ensimmäisen vaiheen tietojen perusteella. Toisesta portista siirrytään toiseen vaiheeseen, joka on tutkimusvaihe. Tutkimusvaiheessa tehdään esitutkimusta laajemmat selvitykset projektin sisällöstä, kustannuksista ja aikatauluista. (A Primer on the Stage-Gate Process, 2016, 3-4.)

Kolmannessa portissa tarkastellaan edellisissä vaiheissa saatuja tutkimustuloksia ja päätetään, jatketaanko kehitysvaiheeseen. Tämä on viimeinen vaihe, kun tuotekehitys on mahdollista peruuttaa ilman suuria resurssitappioita. Jos kolmanteen eli kehitysvaiheeseen siirrytään, siinä tehdään tarkat valmistuspiirustukset, testataan tuotetta ja markkinointitutkimukset aloitetaan. (A Primer on the Stage-Gate Process, 2016, 3-4.)

Neljännessä portissa tarkastetaan tuotteen kehittämissä aikaansaadut piirustukset, arvioidaan projektin etenemistä, varmistetaan, että tuotevaatimukset täyttyvät, tarkastetaan, onko tuote yhtä asiakkaille kiinnostava ja mietitään, onko tuote yhä alkuperäisen tuoteidean mukainen. Myös kustannusarvio päivitetään uuden tiedon pohjalta vastaamaan paremmin projektia. Jos projekti vastaa yhä odotuksia voidaan siirtyä neljäänteen vaiheeseen, eli testaukseen ja arviointiin. Tuotetta testataan laboratoriossa, arvioidaan markkinoinnin ja tuotteen valmistuksen toteutuskelpoisuutta.

Neljännessä vaiheessa voidaan käydä myös läpi tuotteen houkuttelevuutta järjestämällä koemyyntejä, joissa myydään rajoitettu testierä, kun kartoitetaan markkinoinnin onnistumista ja kerätään asiakaspalautetta. (A Primer on the Stage-Gate Process, 2016, 3-4.)

Viimeisessä eli viidennessä portissa käydään läpi tuotteen laatua, testien tuloksia ja markkinointisuunnitelma julkaistaan. Viidennessä portissa on viimeinen mahdollisuus perua koko projekti. Viides vaihe on tuotteen lanseeraus, jolloin tuote tuodaan asiakkaiden saataville ja mainostaminen alkaa. Tämän vaiheen jälkeen tarkkaillaan asiakaspalautetta ja mietitään, olisiko tuotteessa tai sen markkinoinnissa vielä jotain kehitettävää. (A Primer on the Stage-Gate Process, 2016, 3-4.)

2.3.2 Saumattoman asiakaslähtöisen malli

Saumattomassa ja asiakaslähtöisessä prosessimallissa prosessin vaiheet on jaettu kolmeen päävaiheeseen: tuotteen suunnittelu, tuotekehitysohjelman hyväksyntä ja tuotteen lanseeraus. Tuotteen suunnitteluvaihe on jaettu neljään osaan: mahdollisuuksien havaitsemiseen, ymmärtämiseen, käsitteellistämiseen ja toteuttamiseen. Suunnitteluvaihetta pidetään vaivalloisena, sillä mahdollisuuksien havaitsemisen, ymmärtämisen ja käsitteellistämisen aikana ongelmien määrittäminen on epävarmaa ja hämärää. Mahdollisuuksien toteuttamisessa ongelmallisinta on toteuttamiseen liittyvä epävarmuus, mikä vaatii palautetta asiakkailta ja kehitettäviä ideoita ensimmäisten vaiheiden pohjalta. (Cagan & Vogel, 2003, 170.)

Mahdollisuuksien havaitsemisessa keskitytään havaitsemaan tuotemahdollisuus. Jos useampi mahdollisuus on jo havaittu, valitaan niistä yksi ja siirrytään seuraavaan vaiheeseen. Mahdollisuuden ymmärtämisessä tutkitaan asiakkaiden tarpeita ja toiveita. Tavoitteena olisi tutkia tyypillistä asiakasta, jotta asiakaskunta olisi mahdollisimman laaja ja kiinnostaisi muitakin kuin vain tietyllä alueella asuvia asiakkaita. Mahdollisuuksien käsitteellistämisessä kootaan kerätyt tiedot yhteen, minkä pohjalta päästään mahdollisuuksien toteuttamiseen. Mahdollisuuksien toteuttamisen aikana valmistetaan konsepti, jota voidaan testata ja kerätä asiakkailta palautetta tuotteen

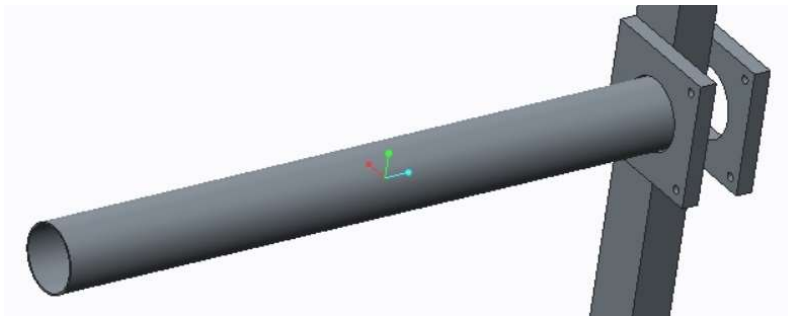
toiminnasta. Mahdollisuuksien toteuttamisvaihetta Cagan ja Vogel kutsuvat myös siirtymävaiheeksi, sillä kyseisessä vaiheessa tuotekehitys palaa takaisin perinteiseen tuotekehitysprosessiin. (Cagan & Vogel, 2003, 170–171.)

3 Faskiarullatelineen suunnittelu

Faskiarulla on faskioiden eli sidekudosten rentouttamiseen käytetty rulla. Rulla toimii niin, että lihaksia rullataan maassa makaavaa rullaa pitkin. Tämä rentouttaa ja venyttää lihaksia ja samalla ennaltaehkäistään urheilussa aiheutuvaa lihasten kipeytymistä. Tämän opinnäytetyön tilaaja sai idean nostaa faskiarulla maasta ja tehdä sille teline. Tässä opinnäytetyössä tuoteideaa lähestyttiin käyttäen Stage-Gate-tuotesuunnittelumenetelmää laadittaessa valmistuspiirustukset telineelle. Itse valmistuksen toteuttaa tilaaja.

3.1 Ideointivaihe

Ensimmäinen portti läpäistiin jo päätöksessä toteuttaa tuote opinnäytetyönä. Siirryttiin ensimmäiseen vaiheeseen, jossa pohdittiin erilaisia toteutusvaihtoehtoja. Ensimmäinen vaihtoehto (kuvio 3) oli täysin tilaajan suunnittelema.



Kuvio 3. Ensimmäinen suunnitelma telineestä oli tuettu vain yhdellä laakerilla kivistyslevyyn, joten akseli oli alituettu.

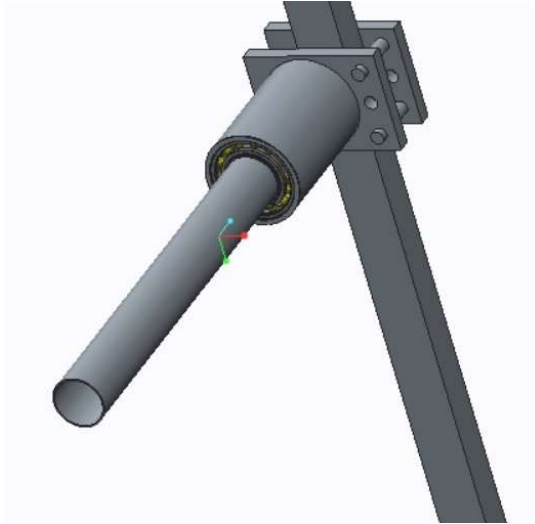
Tämän vaihtoehdon toteuttaminen osoittautui mahdottomaksi akseliin kohdistuvien voimien takia. Ideana oli kiinnittää akseli yhdellä laakerilla akselin päästä kivistyslevyyn ja kiristää kiristinelvy liimapuristimella toiseen kivistyslevyyn. Tässä kuitenkin ongelmana on, että akseli on alituettuna kivistyslevyssä kiinni. Tätä vaihtoehtoa ei siksi kehitetty tätä pidemmälle.

Toisessa vaihtoehdossa (kuvio 4) kiristyslevy oli kiinteästi kiinni tukikopassa ja toinen kiristyslevy liikkui tukikopan seinää pitkin ruuvien avulla. Akseli oli tuettu tukikoppaan kahdesta kohtaa laakereilla ja koppa oli avattavissa mahdollisia huoltotöitä varten. Tämä vaihtoehto oli mahdollista rakentaa, mutta tilaajan mielestä teline oli liian järeä ja raskas oletettujen asiakastoiveiden näkökulmasta. Siksi tämäkin vaihtoehto hylättiin.



Kuvio 4. Toinen suunnitelma oli laittaa akseli tukikopan sisälle, jotta akselille olisi saatu kaksi laakeria.

Kolmas vaihtoehto (kuvio 5) oli kahden ensimmäisen version yhdistelmä. Akselin tukeminen toteutetaan hitsaamalla akselia isompi putkiprofiili kiristyslevyyn, josta muodostuu tukikotelo. Kiristyslevyyn kiinnitetään yksi laakeri ja toinen laakeri tuen sisälle. Kiristyslevyt kiinnitetään tolppaan liimapuristimella tilaajan pyynnöstä. Liimapuristin on nopea ja helppokäyttöinen kiinnityksessä. Tätä vaihtoehtoa pidettiin parhaana ulkonäkönsä ja toimivuutensa kannalta.



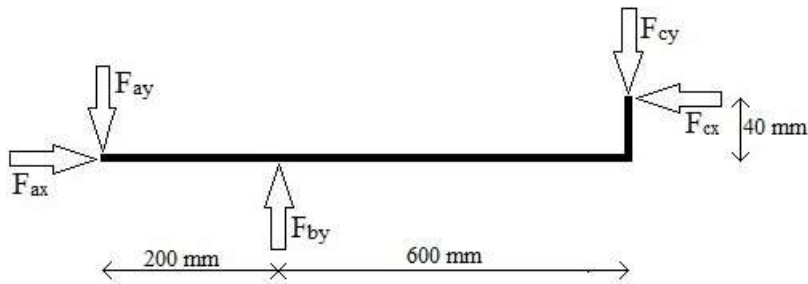
Kuvio 5. Kolmannessa suunnitelmassa akseli sijoitettiin tukiakselin sisälle, jolloin tukiakselin sisälle saatiin kaksi laakeria.

3.2 Suunnittelu

Toisessa portissa tarkasteltiin saatuja luonnoksia ja päätettiin jatkaa kolmannen vaihtoehdon suunnittelua. Tilaaja määräsi reunaehtoina tuotteelle alle 10 kilogramman painon, akselin halkaisija tulisi olla 8-10 senttimetriä ja valmistuspiirustukset pitäisi olla kuukaudessa valmiit. Siirryttiin toiseen vaiheeseen, missä tarkastettiin projektin aikataulu, päätettiin laskujärjestys ja arvioitiin tuotteen kustannuksia. Laskujärjestykseksi päätettiin: tukivoimat, akselin mitoitus, laakerit ja viimeiseksi kiinnitys. Koska mitään projektiin suuresti vaikuttavaa ei tullut ilmi toisessa vaiheessa, sovittiin kolmannen portin läpäisystä puhelimesta ja siirryttiin kolmanteen vaiheeseen.

3.2.1 Tukivoimat

Kolmannessa vaiheessa aloitettiin telineen voimien laskeminen piirtämällä akselista vapaakappalekuva (kuvio 6) ja merkkäämällä siihen voimat.



Kuvio 6. Vapaakappalekuva akselista. F_{ax} , F_{ay} , ja F_{by} ovat laakerivoimia. F_{cy} ja F_{cx} ihmisen aiheuttamia rasitusvoimia.

Vapaakappalekuvassa tiedetään voima F_{cx} , joka on ihmisen työntövoima 275 N (SFS-EN 1005-3 + A1, 2009, 14). F_{cy} on rasitusvoima, joka muodostuu kun 100kg painava ihminen istuu telineen pätyyn. Näin saatiin laskettua F_{cy} rasitusvoima Newtonin II lain (1) mukaan

$$F_{cy} = m * g \quad (1)$$

jossa m = massa
 g = gravitaatiovoima

$$F_{cy} = 100 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N}$$

Laakerien aiheuttamat tukivoimat saatiin laskemalla ensin tukivoima F_{by} , A pisteen kohdalla momenttiehdon (2) avulla.

$$M = F * l = 0 \quad (2)$$

jossa M = momentti
 F = rasitusvoima
 l = momenttivarsi momenttipisteen suhteen

$$M_a = 981 \text{ N} * 800 \text{ mm} - 275 \text{ N} * 40 \text{ mm} - F_{by} * 200 \text{ mm} = 0 \Rightarrow F_{by} = 3869 \text{ N}$$

Tasapainoehdon avulla laskettiin tukivoimat F_{ay} ja F_{ax} :

$$\downarrow F_{ay} - 3869 \text{ N} + 981 \text{ N} = 0 \Rightarrow F_{ay} = 2888 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{ax} - 275 \text{ N} = 0 \Rightarrow F_{ax} = 275 \text{ N}$$

3.2.2 Akseli

Kun tiedettiin akselille vaikuttavat voimat, voitiin laskea akselin halkaisija. Tilaaja toivoi akselista onttoa, jotta se ei painaisi liikaa. Materiaaliksi valittiin S235 rakenneteräs, koska se on yleisin materiaali teräsputkelle. Elastinen taivutusvastus W_{el} laskettiin taivutusjännityksen kaavasta (3):

$$\sigma_t = \frac{M}{W_{el}} \quad (\text{Valtanen, 2010, 461}) \quad (3)$$

jossa σ_t = materiaalille sallittu taivutusjännitys
 W_{el} = elastinen taivutusvastus
 M = momentti kriittisessä pisteessä

Taivutusjännitys materiaalille S235 on 170 - 220 N/mm² (liite 1), joten valittiin heikoin arvo 170 N/mm². Momentti laskettiin momenttiehdolla (2):

$$M = -2888 \text{ N} * 200 \text{ mm} - 275 \text{ N} * 40 \text{ mm} + 981 \text{ N} * 600 \text{ mm} + 275 \text{ N} * 40 \text{ mm} \\ = 11000 \text{ Nmm}$$

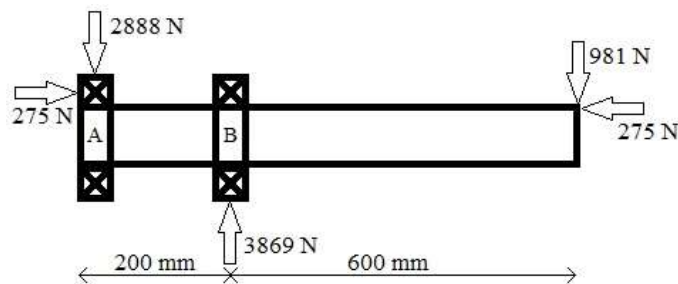
Sijoittamalla arvot taivutusjännityksen kaavaan (3), saatiin elastinen taivutusvastus

$$170 \text{ N/mm}^2 = \frac{11000 \text{ Nmm}}{W_{el}} \rightarrow W_{el} = 64,706 \text{ mm}^3 \approx 0,065 \text{ cm}^3$$

Tekniikan taulukkokirjan sivulta 802 löytyvästä taulukosta (liite 2) löydettiin, että kaikista pienin saatavilla oleva putki voisi toimia akselina. Samalla huomattiin, että putkia valmistetaan lähinnä tuumamitoissa. Tilaaja oli toivonut, että akselin halkaisija

olisi 80 mm, joten sovittiin, että valitaan lähimpänä toivottua mittaava standardiakseli, jotta kustannukset pysyvät mahdollisimman alhaisina. Valittiin akseliksi halkaisijaltaan $D = 76,1$ mm oleva putki, jonka seinämäpaksuus $T = 2$ mm ja elastinen taivutusvastus $W_{el} = 8,4$ cm³.

3.2.3 Laakerit



Kuvio 7. Vapaakappalekuva helpottaa ymmärtämään, mihin voimat kohdistuvat ja helpottaa laskemista.

Laakerilaskut aloitettiin piirtämällä vapaakappalekuva (kuvio 7) ja valitsemalla nimellinen kestoikä käyttötunteina L_{10h} taulukosta (liite 4) käyttötarkoituksen perusteella. Koska tämä teline on fysioterapeuttiseen tarkoitukseen, sitä verrattiin lääketieteelliseen laitteeseen. Pyörimisnopeus n arvioitiin vaikeimmassa tapauksessa olevan 100 rpm, vaikka todellisuudessa laitetta käytetään paljon hitaammin. Näiden arvojen perusteella laskettiin vierintäväsyminen seuraavalla kaavalla (4):

$$L_{10} = 60 * n * \frac{L_{10h}}{10^6} \quad (\text{Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Seppänen \& Suosara, 1999, 129–130}) \quad (4)$$

jossa L_{10} = nimelliskestoikä miljoonina kierroksina
 n = pyörimisnopeus
 L_{10h} = nimellinen kestoikä käyttötunteina

$$L_{10} = 60 * 100\text{rpm} * \frac{3000 \text{ h}}{10^6} = 18$$

Väsymisvoimaluku C laskettiin (liitteen 3 mukaisesti) kaavalla (5):

$$C \geq L_{10}^{\frac{1}{p}} * P \quad (5)$$

jossa P = tehollisvoima
 p = eksponentti

Eksponentti p on taulukon (liite 4) mukaan kuulalaakereille 3 ja tehollisvoima P :n arvo riippuu laskettavasta laakerista. Vapaalaakerissa tehollisvoima vastaa vaikuttavaa voimaa:

$$P = F_{by}$$

ja ohjaavassa laakerissa P :n kaava (6) on:

$$P = X * F_t + Y * F_a \quad (6)$$

jossa X = säteiskerroin
 F_t = akseliin kohtisuoraan vaikuttava voima
 Y = aksiaalikerroin
 F_a = aksiaalisuunnassa vaikuttava voima

(Blom ym. 1999, 125–126)

$$C \geq 18^{\frac{1}{3}} * P \Rightarrow C \geq 2,62 * P$$

3.2.3.1 Vapaa laakeri

Päätettiin, että B on vapaalaakeri, koska siihen ei kohdistu x-akselin suuntaisia voimia. Laakerilaskut alkavat usein vapaalaakerin laskennalla, joten aloitettiin laskemisen siitä. Väsymisvoima laskettiin ensin sijoittamalla aiemmin mainittuun väsymisvoimaluvun kaavaan (5) tehollisvoima P , joka vapaassa laakerissa on sama kuin vaikuttava voima.

$$P = F_{by} = 3,87 \text{ kN}$$

$$C_B \geq 2,62 * 3,87 \text{ kN} = 10,14 \text{ kN}$$

Seuraavaksi laskettiin vierintämyötö kaavalla (7):

$$C_0 \geq s_0 * P_0 \tag{7}$$

jossa $C_0 =$ vierintämyötö
 $s_0 =$ varmuusluku
 $P_0 =$ vaikuttava voima

Varmuusluku s_0 vierintämyötön suhteen valitaan arvojen 1,0 ja 1,5 välillä (liite 5) ja P_0 on suurin laakeriin vaikuttava voima.

$$s_0 = 1,3$$

$$P_0 = F_{by} = 3,87 \text{ kN}$$

$$C_0 \geq 1,3 * 3,87 \text{ kN} = 5,03 \text{ kN}$$

Seuraavaksi etsittiin laakerinvalmistajan tarjoamasta taulukosta akseliin sopiva laakeri arvojen C_0 ja C avulla. Tässä tapauksessa valittiin laakeriksi NSK:n XLJ3 avoin urakuulalaakeri, jonka sisähalkaisija on 76,1 mm, ulkohalkaisija 114,3 mm, syvyys 19,1 mm, $C = 41,1 \text{ kN}$ ja $C_0 = 33,5 \text{ kN}$ (liite 6).

3.2.3.2 Ohjaava laakeri

Ohjaavan laakerin A laskenta aloitettiin esivalitsemalla laakeri. Laakeriksi esivalittiin saman kuin vapaalaakeri eli NSK:n XLJ3, jonka $C = 41,1 \text{ kN}$ ja $C_0 = 33,5 \text{ kN}$. Laakeri pitää esivalita, jotta laakerikohtainen laskentakerroin saadaan laskettua kaavalla (8)

$$\frac{F_a}{C_0} \text{ (liite 7)} \quad (8)$$

jossa $F_a =$ aksiaalivoima F_{ax}
 $C_0 =$ vierintämyötö esivalitusta laakerista

$$\frac{0,28 \text{ kN}}{33,5 \text{ kN}} \approx 0,008$$

Laakerikohtaista laskentakerronta verrattiin taulukkoon (liite 7), mistä saatiin rajasuhtarvo e , joka tässä tapauksessa on 0,22. Säteis- ja aksiaalikerroimien saamista varten aksiaalivoima F_a jaettiin kohtisuoralla voimalla F_t . Saatua arvoa verrataan rajasuhtarvoon (9).

$$\frac{F_a}{F_t} \quad (9)$$

jossa $F_a =$ aksiaalivoima F_{ax}
 $F_t =$ kohtisuoravoima F_{ay}

$$\frac{0,28 \text{ kN}}{2,89 \text{ kN}} \approx 0,097 < e$$

Koska rajasuhtarvo on suurempi, aksiaalikerroin $X = 1$ ja säteiskerroin $Y = 0$ (liite 7). Tämän jälkeen voitiin laskea tehollisvoima P_a kaavalla (6):

$$P_a = X * F_t + Y * F_a$$

jossa $X =$ säteiskerroin
 $F_t =$ akseliin kohtisuoraan vaikuttava voima F_{ay}
 $Y =$ aksiaalikerroin
 $F_a =$ aksiaalisuunnassa vaikuttava voima F_{ax}

$$P_a = 1 * 2,89 \text{ kN} + 0 * 0,28 \text{ kN} = 2,89 \text{ kN}$$

Seuraavaksi pystyttiin laskemaan väsymisvoima ohjaavalle laakerille, sijoittamalla tehollisvoima aiemmin mainittuun kaavaan (5):

$$C \geq 2,62 * P \Rightarrow C_A \geq 7,57 \text{ kN}$$

Ohjaavan laakerin maksimivoima laskettiin kaavalla (10):

$$P_0 = X_0 * F_r + Y_0 * F_t \quad (10)$$

jossa $X_0 =$ säteiskerroin

$F_r =$ akseliin kohtisuoraan vaikuttava voima F_{ay}

$Y_0 =$ aksiaalikerroin

$F_t =$ aksiaalisuunnassa vaikuttava voima F_{ax}

Säteis- ja aksiaalikerroimet saatiin vertaamalla aksiaalivoiman F_a ja kohtisuoran voiman F_t suhdetta 0,097 arvoon 0,8. Tässä tapauksessa

$$\frac{F_a}{F_t} \leq 0,8 \Rightarrow X_0 = 1 \text{ ja } Y_0 = 0 \text{ (liite 8) joten}$$

$$P_0 = 1 * 2,89 \text{ kN} + 0 * 0,28 \text{ kN} = 2,89 \text{ kN}$$

Varmuusluku s_0 pysyy samana kuin vapaalaakerissa, joten voitiin laskea vierintämyötö samalla kaavalla (7) kuin vapaalaakerissa eli

$$C_0 \geq s_0 * P_0$$

$$C_{0A} = 3,76 \text{ kN}$$

Saatuja väsymisvoiman ja vierintämyötön arvoja verrattiin esivalitun laakerin arvoihin.

$$C_A = 7,57 < C = 41,1 \text{ kN}$$

$$C_{0A} = 3,76 \text{ kN} < C_0 = 33,5 \text{ kN}$$

Sekä tarkistettiin, että laakeri kestää voimat aksiaalisuunnassa.

$$F_a = 0,28 \text{ kN} < 0,5 * C_0 = 16,75 \text{ kN (liite 8)}.$$

Koska laakeriin kohdistuvat voimat olivat pienemmät kuin sallitut voimat, laakerivalintaa ei tarvinnut muuttaa.

3.2.4 Kiinnitys

Valittiin akselin tueksi putki, jonka halkaisija on 139,7 mm, seinämäpaksuus on 3 mm ja pituus 200 mm. Tämä on pienin standardiputki, johon laakerit mahtuvat sisälle. Putki kiinnitetään hitsaamalla kiristyslevyyn, johon myös kiinnitetään ohjaavalaakeri A. Hitsauksen a-mitta laskettiin yksinkertaistetulla hitsikaavalla (11)

$$a \geq \frac{F_{ed}}{F_{vwd} * l} \quad (11)$$

jossa F_{ed} = rasittava maksimivoima F_{by}

F_{vwd} = hitsauksen sallittu jännitys, joka löytyy taulukosta (liite 10).

l = hitsin pituus, eli tässä tapauksessa piiri

Rakenneteräkselle S235 hitsauksen sallittu jännitys on 120 N/mm^2 (liite 10)

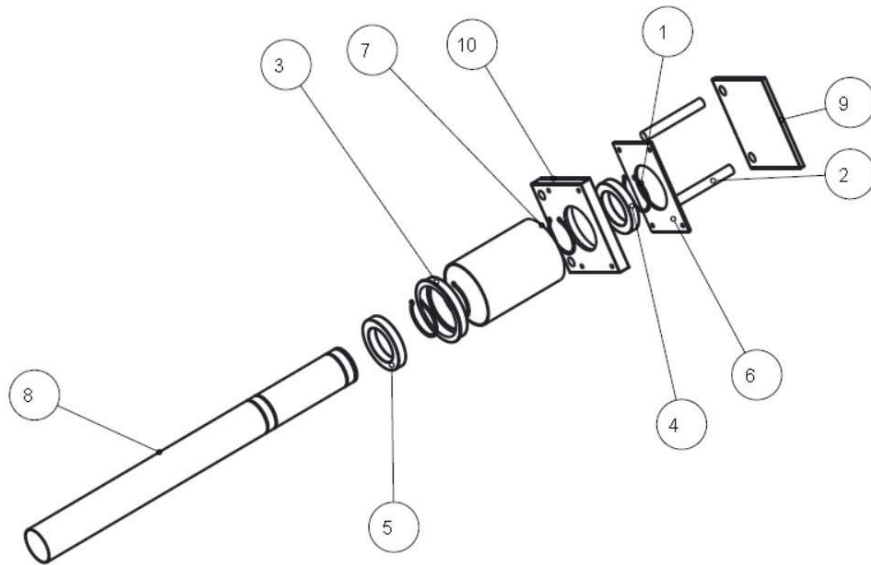
$$a \geq \frac{3869 \text{ N}}{208 \text{ N/mm}^2 * 2\pi * 69,85 \text{ mm}} \approx 0,04 \text{ mm}.$$

Koska a-mitta ei saa olla alle 3 mm (liite 9), korotettiin mitta siihen. Jotta ohjaava laakeri saatiin kiinnitettyä kiristyslevyn sisälle, piti kiristyslevyn olla vähintään 25 mm paksu. Kiristyslevyyn päätettiin lisätä kumilaatat kiristyspintoihin, jotta teline pysyisi tukevammin kiinni tolpassa. Tilaaja halusi, että kiristyslevyjen kiristämisessä tolppaa vasten käytettäisiin liimapuristimia, jotta telineen saisi nopeasti ja helposti kiinni.

3.2.5 Tulokset

Laskujen jälkeen siirryttiin mallintamaan telinettä. Telineen mallinnukseen käytettiin PTC Creo Parametric-mallinnusohjelmaa. Mallinuksista valmistui valmistuspiirustukset (liitteet 11 - 17), kokoonpanopiirustukset (liitteet 18 - 22) ja räjäytyskuva (liite 23).

Alla (kuvio 8) näkyy telineen räjäytyskuva tarvittavista osista sekä osien järjestys. Kuvion tarkoitus on helpottaa ymmärtämään käytettyjä nimikkeitä.



10	Kiristinlevy 1
9	Kiristinlevy 2
8	Akseli
7	Tuki
6	Laakerinkansi
5	Laakeri
4	Laakeri
3	Sovite
2	Tappi
1	Lukkorengas

Kuvio 8. Osaluettelo ja räjäytyskuva havainnollistaa telineen rakentamiseen tarvittavia osia ja niiden järjestystä.

4 Pohdinta

Tilaaajan vaatimukset täyttyivät pääosin ja hän ryhtyi valmistamaan tuotetta piirustusten pohjalta. Telineen suunnittelussa pyrittiin käyttämään standardimittoja, jotta prototyypistä saataisiin mahdollisimman edullinen. Standardimitat osoittautuivat kuitenkin ongelmallisiksi, koska ne lisäsivät osien määrää ja samalla kustannuksia sekä tuotteen valmistukseen kuluvaan aikaan. Stage-Gate-tuotekehitysmallin käyttäminen helpotti suunnitteluprosessia, vaikka projektissa toimikin vain kaksi henkilöä. Stage-Gate-malli toimisi paremmin isommassa projektikokoonpanossa, koska näkökulmia ja toteutusideoita muodostuisi enemmän. Kahden henkilön kokoonpanossa ongelmien havaitseminen ja ratkaisujen löytäminen on haastavaa. Esimerkiksi teollisen muotoilijan puuttuminen ryhmästä sai aikaan sen, että tuote näyttää edelleen varsin kömpelöltä. Tuotekehitysprosessia voisi jatkaa parantamalla tuotteen ulkonäköä ja miettimällä uudenlaisia materiaaleja, jotta telineen valmistuskustannuksia ja painoa saataisiin laskettua. Myös kiinnityksessä olisi kehitysmahdollisuuksia, jotta kiristimet olisivat nopeammin toimivat.

Prototyypin valmistuskustannukset nousivat niin korkeiksi, että jos kustannuksia ei saada leikattua ennen massatuotannon aloitusta, tuote tulee hyödyttämään lähinnä fysioterapian ammattilaisia ja kuntosaleja. Tämä johtaisi siihen, että markkinat supistuisivat ja tuotteen merkitys vähenisi. Toisaalta teline tuo faskiarullan myös liikuntarajoitteisten ihmisten ulottuville, joka lisää tuotteen merkittävyyttä hoitolaitoksissa.

Tehdessäni projektia opin tuotekehitysprosessista paljon, esimerkiksi sen, että projektissa olisi hyvä olla useamman alan osaajia, jotta erilaisia näkemyksiä ja ideoita tulisi esiin. Laskiessani telinettä huomasin, kuinka tärkeää olisi käydä ajoittain läpi aikaisemmin opetettuja oppeja. Huomasin, kuinka hankala oli lähteä liikkeelle laakerilaskuissa, kun laakereiden laskemisen harjoittelusta oli kulunut jo useampi vuosi. Opinnäytetyössä oppi myös hyvin itsenäistä työskentelyä, kun ei pystynyt kysymään apua toisilta opiskelijoilta ja tiedonkeruu piti myös tehdä itse.

Lähteet

- A Primer on the Stage-Gate Process. Arizona state university. 2016. Saatavissa:
http://129.219.40.44/adsr/VirtualMentor/documents/Primer_Stage%20Gate.pdf. Hakupäivä: 20.1.2016
- Blom S., Lahtinen P., Nuutio E., Pekkola K., Pyy S., Rautiainen H., Sampo A.,
 Seppänen P. & Suosara E. 1999. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Oy
 Edita Ab
- Cagan J. & Vogel C. 2003. Kehitä kärkituote. Helsinki: Talentum media Oy
- Cooper Robert G. 2008. Perspective: The Stage-Gate Idea-to Launch Process- Update,
 What's New and NexGen Systems, Stage-Gate International, Saatavissa:
http://www.stage-gate.net/downloads/wp/wp_30.pdf. Hakupäivä: 20.1.2016
- Rissanen T. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. Jyväskylä:
 Kustannusyhtiö Pohjantähti
- Salonen P. 1995. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: WSOY
- SFS-EN 1005-3 + A1. 2009. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 3:
 Koneenkäytön suositellut voimaraajat. Helsinki: Suomen
 standardisoimisliitto
- Trraceparts. Single row deep groove ball bearings. 2016. Saatavissa:
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(qiu31uoew2kkzqrieveuwi4d\)\)/content.aspx?fwsid=GLOBALV3&class=NSK&ClsID=/F_NSK/NSK.010/NSK.010.010/&language=fi&tp=2&st=0](http://www.tracepartsonline.net/(S(qiu31uoew2kkzqrieveuwi4d))/content.aspx?fwsid=GLOBALV3&class=NSK&ClsID=/F_NSK/NSK.010/NSK.010.010/&language=fi&tp=2&st=0) Hakupäivä: 3.3.2016
- Valtanen E. 2010. Tekniikan taulukkokirja. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy
- Välimaa V., Kankkunen M., Lagerroos O. & Lehtinen M. 1994. Tuotekehitys
 Asiakstarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy
- What is a foam roller, why and how do I use it?. Strongher. 2016. Saatavissa:
<http://www.strongher.cc/news/what-is-a-foam-roller>. Hakupäivä: 6.4.2016

Liitteet

Liite 1	Rautametallien lujuusominaisuuksia (Valtanen, 2010, 502)
Liite 2	Pyöreiden rakenneputkien kokovalikoima (Valtanen, 2010, 802-803)
Liite 3	Väsytysvoimaluvun laskeminen (Blom ym. 1999, 125)
Liite 4	Laakerin nimelliskestävyyden ohjeet (Salonen P. 1995, 451)
Liite 5	Varmuuskerroin s_0 (Blom ym. 1999, 131)
Liite 6	Laakerin tiedot (Traceparts, 2016)
Liite 7	Laskentakertoimia (Blom ym. 1999, 136)
Liite 8	Vierintämyötö (Blom ym. 1999, 134)
Liite 9	Pienahitsin a-mitta (Blom ym. 1999, 18)
Liite 10	Terästen sallittuja jännitysarvoja (Blom ym. 1999, 19)
Liite 11	Akseli
Liite 12	Kiristyslevy 1
Liite 13	Kiristyslevy 2
Liite 14	Laakerinkansi
Liite 15	Sovite
Liite 16	Tappi
Liite 17	Tuki
Liite 18	Kokoonpano 1
Liite 19	Kokoonpano 2
Liite 20	Kokoonpano 3
Liite 21	Kokoonpano 4
Liite 22	Kokoonpano 5
Liite 23	Kokoonpano 6 räjäytyskuva

18. Taulukoita

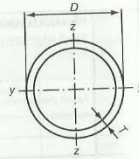
18.1 Rautametallien lujuusominaisuuksia

Aine	Tila	σ_m N/mm ²	σ_M N/mm ²	σ_{TW} N/mm ²	τ_w N/mm ²	δ_{10} %
S 235	Norm.	220 ... 240	370 ... 450	170 ... 220	100 ... 140	23
S 275	"	270 ... 290	440 ... 520	190	110	20
S 355	"	280 ... 300	500 ... 620	230 ... 280	120 ... 170	18
Fe 70	"	350 ... 370	700 ... 850	340	190	10
C 25	P...K	280 ... 350	470 ... 550	320 ... 370	120 ... 170	23 ... 19
C 45	P...K	390 ... 470	650 ... 750	300 ... 400	170 ... 290	18 ... 14
C 60	P...K	450 ... 550	750 ... 900	340 ... 410	190 ... 260	15 ... 10
GRS 15			150	70		
GRS 25			250	100		
GRP 38		250	380	200		17
GRP 50		350	500	240		7
GRT 35		190	350	160		12
GRT 50		300	500			5
GS 38	Hehku- tettu	240	380	180	110	20 ... 27
GS 52		280	520	230	140	10 ... 25
Pii-jousiteräs		taiv.1250		500	250	7
Tinapronssi 107	10-kova	290	440			60
	35-kova	600	640			20
	65-kova	780	820	>150		6

6. Pyöreiden rakenneputkien kokovalikoima

Nimellismitat ja poikkileikkaussuuret

Arvot laskettu ja tarkastettu Lappenrannan teknillisessä yliopistossa ja ne ovat linjassa SFS-EN 10219-2 kanssa



Ulkohalkaisija	Seinäman paksaus	Pituisuus	Poikkileikkauksen pinta-ala	Jäyhyyshmomentti	Jäyhys säde	Elastinen taivutusvastus	Plastinen taivutusvastus	Vääntöjäyhyys	Vääntövastus	Ulkopinta-ala pit. yks. kohti	Nimellispaino/tonni
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _x	C _t	A _s	L ₁₀₀₀
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
21,3	2,0	0,95	1,21	0,571	0,686	0,536	0,748	1,14	1,07	0,067	1050
21,3	2,5	1,16	1,48	0,664	0,671	0,623	0,889	1,33	1,25	0,067	863
21,3	3,0	1,35	1,72	0,741	0,656	0,696	1,01	1,48	1,39	0,067	739
26,9	2,0	1,23	1,56	1,22	0,883	0,907	1,24	2,44	1,81	0,085	814
26,9	2,5	1,50	1,92	1,44	0,867	1,07	1,49	2,88	2,14	0,085	665
26,9	3,0	1,77	2,25	1,63	0,852	1,21	1,72	3,27	2,43	0,085	566
33,7	2,0	1,56	1,99	2,51	1,12	1,49	2,01	5,02	2,98	0,106	640
33,7	2,5	1,92	2,45	3,00	1,11	1,78	2,44	6,00	3,56	0,106	520
33,7	3,0	2,27	2,89	3,44	1,09	2,04	2,84	6,88	4,08	0,106	440
42,4	2,0	1,99	2,54	5,19	1,43	2,45	3,27	10,4	4,90	0,133	502
42,4	2,5	2,46	3,13	6,26	1,41	2,95	3,99	12,5	5,91	0,133	407
42,4	3,0	2,91	3,71	7,25	1,40	3,42	4,67	14,5	6,84	0,133	343
42,4	4,0	3,79	4,83	8,99	1,38	4,24	5,92	18,0	8,48	0,133	264
48,3	2,0	2,28	2,91	7,81	1,64	3,23	4,29	15,6	6,47	0,152	438
48,3	2,5	2,82	3,60	9,46	1,62	3,92	5,25	18,9	7,85	0,152	354
48,3	3,0	3,35	4,27	11,0	1,61	4,55	6,17	22,0	9,11	0,152	298
48,3	4,0	4,37	5,57	13,8	1,57	5,70	7,87	27,5	11,4	0,152	229
48,3	5,0	5,34	6,80	16,2	1,54	6,69	9,42	32,3	13,4	0,152	187
60,3	2,0	2,88	3,66	15,6	2,06	5,17	6,60	31,2	10,3	0,189	348
60,3	2,5	3,56	4,54	19,0	2,05	6,30	8,36	38,0	12,5	0,189	281
60,3	3,0	4,24	5,40	22,2	2,03	7,37	9,86	44,4	14,7	0,189	236
60,3	4,0	5,55	7,07	28,2	2,00	9,34	12,7	56,3	18,7	0,189	180
60,3	5,0	6,82	8,69	33,5	1,96	11,1	15,3	67,0	22,2	0,189	147
76,1	2,0	3,65	4,66	32,0	2,62	8,40	11,0	64,0	16,8	0,239	274
76,1	2,5	4,54	5,78	39,2	2,60	10,3	13,5	78,4	20,6	0,239	220
76,1	3,0	5,41	6,89	46,1	2,59	12,1	16,0	92,2	24,2	0,239	185

Ulkohalkaisija	Seinäman paksaus	Pituisuus	Poikkileikkauksen pinta-ala	Jäyhyyshmomentti	Jäyhys säde	Elastinen taivutusvastus	Plastinen taivutusvastus	Vääntöjäyhyys	Vääntövastus	Ulkopinta-ala pit. yks. kohti	Nimellispaino/tonni
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _x	C _t	A _s	L ₁₀₀₀
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
78,1	4,0	7,11	9,06	59,1	2,55	15,5	20,6	118	31,0	0,239	141
76,1	5,0	8,77	11,2	70,9	2,52	18,6	25,3	142	37,3	0,239	114
76,1	6,0	10,4	13,2	81,8	2,49	21,5	29,6	164	43,0	0,239	96,4
76,1	6,3	10,8	13,8	84,8	2,48	22,3	30,8	170	44,6	0,239	92,2
88,9	2,0	4,29	5,46	51,6	3,07	11,6	15,1	103	23,2	0,279	233
88,9	2,5	5,33	6,79	63,4	3,06	14,3	18,7	127	28,5	0,279	188
88,9	3,0	6,36	8,10	74,8	3,04	16,8	22,1	150	33,6	0,279	157
88,9	4,0	8,38	10,7	96,3	3,00	21,7	28,9	193	43,3	0,279	119
88,9	5,0	10,3	13,2	116	2,97	26,2	35,2	233	52,4	0,279	96,7
88,9	6,0	12,3	15,6	135	2,94	30,4	41,3	270	60,7	0,279	81,5
88,9	6,3	12,8	16,3	140	2,93	31,5	43,1	280	63,1	0,279	77,9
101,6	2,0	4,91	6,26	77,6	3,52	15,3	19,8	155	30,6	0,319	204
101,6	2,5	6,11	7,78	95,6	3,50	18,8	24,6	191	37,6	0,319	164
101,6	3,0	7,29	9,29	113	3,49	22,3	29,2	226	44,5	0,319	137
101,6	4,0	9,63	12,3	146	3,45	28,8	38,1	293	57,6	0,319	104
101,6	5,0	11,9	15,2	177	3,42	34,9	46,7	355	69,9	0,319	84,0
101,6	6,0	14,1	18,0	207	3,39	40,7	54,9	413	81,4	0,319	70,7
101,6	6,3	14,8	18,9	215	3,38	42,3	57,3	430	84,7	0,319	67,5
114,3	2,5	6,89	8,8	137	3,95	24,0	31,3	275	48,0	0,359	145
114,3	3,0	8,23	10,5	163	3,94	28,4	37,2	325	56,9	0,359	121
114,3	3,0	8,23	10,5	163	3,94	28,4	37,2	325	56,9	0,359	121
114,3	4,0	10,9	13,9	211	3,90	36,9	48,7	422	73,9	0,359	91,9
114,3	5,0	13,5	17,2	257	3,87	45,0	59,8	514	89,9	0,359	74,2
114,3	6,0	16,0	20,4	300	3,83	52,5	70,4	600	105	0,359	62,4
114,3	6,3	16,8	21,4	313	3,82	54,7	73,6	625	109	0,359	59,6
114,3	8,0	21,0	28,7	379	3,77	66,4	90,6	759	133	0,359	47,7
139,7	3,0	10,1	12,9	301	4,83	43,1	56,1	602	86,2	0,439	98,9
139,7	4,0	13,4	17,1	393	4,80	56,2	73,7	786	112	0,439	74,7
139,7	5,0	16,6	21,2	481	4,77	68,8	90,8	961	138	0,439	60,2
139,7	6,0	19,8	25,2	564	4,73	80,8	107	1129	162	0,439	50,5
139,7	6,3	20,7	26,4	589	4,72	84,3	112	1177	169	0,439	48,2
139,7	8,0	26,0	33,1	720	4,66	103	139	1441	206	0,439	38,5
139,7	10,0	32,0	40,7	862	4,60	123	169	1724	247	0,439	31,3
168,3	3,0	12,2	15,6	532	5,85	63,3	82,0	1065	127	0,529	81,8

Johdelaakerin johdetta vastassa on yleensä laakeriholkkeja tai -kenkiä. Vierintäelimet kiertävät pitimettä laakerien kulku-urissa. Jos vastakkain on kaksi johdetta, on välissä laakerineulasto. Laakerointitoteutetaan mieluiten kaksijohteisestikäyttäensuoria, liikepituudeltaan sopivia ja riittävän leveällä olevia johteita. Isostaattisuutta on vaikea saavuttaa. Jäljempänä johdelaakereita ja -laakerointeja käsitellään vain niitä koskevassa kappaleessa.

4.2 Perusmitoitus

4.2.1 Vierintäväsyminen

Perusmitoitus vierintäväsymisen suhteen

Mitoituksessa lasketaan valittavalta laakerilta vaadittava väsymisvoimaluku C tai valitun laakerin nimellinen kestoikä L_{10} . Kuormitus (tehollisvoima) on P . Edellisessä tapauksessa tunnetaan L_{10} ja P , jälkimmäisessä tapauksessa C ja P :

$$\bar{C} \geq L_{10}^{1/p} \cdot P \quad \text{tai} \quad L_{10} = (C/P)^p \quad (1a, b)$$

C [N], P [N]
 L_{10} [10^6 kierrosta]
 $p = 3$ (kuulalaakeri) tai $10/3$ (rullalaakeri)

Väsymisvoimaluku C (dynaaminen kantavuusluku) ilmaisee kuormitusvoiman, jolla laakerin nimelliskestoikä on 10^6 kierrosta. Kuormitusvoima on tällöin säteislaakerille säteittäinen ja aksiaalilaakerille aksiaalinen.

Ikää rajoittava vaurio on alkava kuoppautuminen. Nimellisyys tarkoittaa kyseisen vaurion 10 %:n todennäköisyyttä kun periaatteessa samanlaisia laakereita on paljon. 10 %:n vaurio-todennäköisyys soveltuu tavanomaisiin tarkoituksiin. Nimellisesti vaurioituneita laakereita (alkanutta vähäistä kuoppautumista) voi normaalisti vielä käyttää.

Väsymiseen vaikuttavista osin satunnaisista tekijöistä johtuen kestoiän hajonta on suuri. Keskimääräinen kestoikä on noin $5 \cdot L_{10}$. Väsymisvoimaluvut C on ilmoitettu laakerikohtaisesti laakeriluetteloissa.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (5.2-1)$$

missä L_{10} on nimellinen kestoikä miljoonina kierroksina
 C on dynaaminen kantavuusluku
 P on laakerin ekvivalenttikuormitus
 p on eksponentti; kuulalaakereille $p = 3$ ja rullalaakereille $p = 10/3$.

Kun pyörimisnopeus on vakio, lasketaan nimelliskestoikä käyttötunteina kaavalla

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (5.2-2)$$

missä n on pyörimisnopeus yksikössä r/min.

Taulukossa 5.2-1 on esitetty eräiden laakerien kestoikä konetyypistä riippuen.

Taulukko 5.2-1. Laakerien nimelliskestoian L_{10h} ohjearvot eri konelajeille (2).

Konelaji	L_{10h} käyttötuntia
kotitalous- ja maatalouskoneet, kojeet, lääketieteelliset laitteet	300 ... 3 000
lyhytaikaisesti tai ajoittain käyvät koneet, sähkökyyttöiset käsityökalut, nostolaitteet, rakennuskoneet	3 000 ... 8 000
lyhytaikaisesti tai ajoittain käyvät koneet, joilta vaaditaan suuri käyttövarmuus: hissit, kappaletavaranoisturit	8 000 ... 12 000
8 h käytön koneet, joita ei aina käytetä täydellä teholla: tavalliset hammasvaihteet, kiinteät sähkömoottorit, murskaimet	10 000 ... 25 000
8 h käytön koneet, joita käytetään täydellä teholla: työstökoneet, puuntyöstökoneet, ilmanvaihtopuhaltimet, hihnakuuljettimet, kirja-painokoneet, separaattorit, lingot, kappaletavaranoisturit	20 000 ... 30 000
24 h jatkuvan käytön koneet: valssaimien vaihteet, keskikokoiset sähkökoneet, kompressorit, kaivohissit, pumput, tekstiilikoneet	40 000 ... 50 000
Vesilaitosten koneet, pyörivät uunit, kaapelinkertauskoneet, valtamerialusten käyttökoneet	60 000 ... 100 000
24 h käytön koneet, joilta vaaditaan suuri käyttövarmuus: selluloosa- ja paperikoneet, isot sähkökoneet, voimaloiden koneet, kaivosten pumput, ilmanvaihtopumput, valtamerialusten potkurien laakerit	≈ 100 000

Mikäli laskettu laakerikuormitus F täyttää dynaamisen kantavuusluvun C edellytykset eli on suunnaltaan ja suuruudeltaan vakio sekä vaikuttaa säteittäisesti säteislaakeriin ja aksiaalisesti painelaakeriin, niin $P = F$. Muissa tapauksissa on aluksi laskettava dynaaminen ekvivalenttikuormitus, mikä määritellään seuraavasti:

Normaalisti $s_0 \geq 1,0 \dots 1,5$. Jos vaatimukset käynnin tasaisuudelle ja hiljaisuudelle ovat tiukat, on $s_0 \geq 1,5 \dots 2,5$, ja jos ne ovat lievät, on $s_0 \geq 0,7 \dots 1,0$. Alueiden pienimpiä arvoja on lupa käyttää kuulalaakereille kun todellinen maksimivoima P_0 tiedetään tarkasti. Alueiden suurimpia arvoja on syytä käyttää rullalaakereille kun todellista maksimivoimaa P_0 ei tiedetä kovin tarkasti.

Kuormitus, maksimivoima

Suurin mitoitusiän aikana mahdollisesti esiintyvä kuormitus on arvioitava riittävän luotettavasti laskelmien, kokemuksen tai mittausten avulla.

Suurin kuormitus voi olla sysäyksellinen voima laakerin (ainakin useimmiten) pyöriessä tai se voi olla ajoittainen pysyväkin voima laakerin pyöriessä hitaasti (pieni kierrosnopeus). Sopiva voiteluaine pystyy tällaisissa tilanteissa ylläpitämään rajavoitelun. Peräkkäin toistuvat sysäykselliset voimat laakerin ollessa pysähdyksissä johtavat sen sijaan tahmautumiseen ja kulumisvaurioon.

Maksimivoima P_0 on suurin samanaikaisen säteis- ja aksiaalivoiman yhdistelmä:

$$\text{Vapaa laakeri: } P_0 = \max. F_r \quad (8a)$$

$$\text{Ohjaava laakeri: } P_0 = \max. (X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a) \quad (8b)$$

X_0, Y_0 = laakerin säteis- ja aksiaalikerroin

Kertoimien lukuarvot tai laskentatapa on esitetty laakerityypeittäin laakeriluetteloissa.

Ohjaavilla laakereilla on kaksi erilaista vierintätilaa, joita vastaavat kertoimien lukuarvot ovat erisuuret. Voima jota vastaava kerroin on >1 (jopa 3...4,5) on kyseiselle laakerityypille epäedullinen.

Eräillä säteislaakerityypeillä (kuten ohjaavilla lieriörullalaakereilla) on laakerikohtaisia aksiaalirajoituksia, joko $\max. F_a$ tai $\max. (F_a / F_r)$. Näitä rajoituksia ei saa ylittää epäedullisen vierintätilan (rullan kallistuminen, kuulan kosketus uran reunaan) välttämiseksi. Aksiaalilaakereilla on vastaavia säteisrajoituksia.

Single row deep groove ball bearings (Inch) - Open

NSK

MOTION & CONTROL™

NSK

www.nsk.europa.fi
 Näytä kartta
 info-de@nsk.com



1

d (inch)	D (inch)	B (inch)	Basic bearing	Cr (N)	C0r (N)	Speed limit - Grease (rpm)
2 1/4	5	1 1/4	MJ2.1/4	85000	51500	5900
2 1/2	3 7/8	1 1/16	XLJ2.1/2	31800	25200	6700
2 1/2	5	1 5/16	LJ2.1/2	65500	42600	5700
2 1/2	5 1/2	1 1/4	MJ2.1/2	96500	60000	5300
2 3/4	4 1/8	1 1/16	XLJ2.3/4	24500	21300	3100
2 3/4	5 1/4	1 5/16	LJ2.3/4	70000	48000	5300
2 3/4	6 1/4	1 3/8	MJ2.3/4	118000	77000	4600
3	4 1/2	3/4	XLJ3	41100	33500	5800
3	5 3/4	1 1/16	LJ3	81500	57000	4800
3	7	1 9/16	MJ3	138000	96500	4000
3 1/4	4 3/4	3/4	XLJ3.1/4	30500	28300	2700

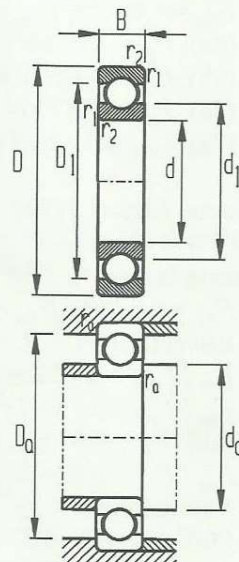
136 • VIERINTÄLAAKEROINNIT

Taulukko 4.2. Syväuraiset yksiriviset urakuulalaakerit, vakiovalikoima $d = 40$, 45 ja 50 mm. Dynaaminen kantavuusluku = väsymisvoimaluku, staattinen kantavuusluku = myötövoimaluku. /2/

Päämitat			Kantavuusluvut		Pyörimisnopeusraajat		Massa	Merkitä	Asennusmitat				
d	D	B	C dyn.	C_0 staatt.	rasva	öljy			d_1	D_1	d_a min.	D_a max.	r_a max.
mm			N		r/min		kg	mm					
40	52	7	4 940	3 450	11 000	14 000	0,034	61808	43,7	43,5	42	50	0,3
	62	12	13 800	9 300	10 000	13 000	0,12	61908	47	55,2	44	58	0,6
	68	9	13 300	9 150	9 500	12 000	0,13	16008	49,4	57	42	66	0,3
	68	155	16 800	11 600	9 500	12 000	0,19	6008	49,2	59,1	45	63	1
	80	18	30 700	19 000	8 500	10 000	0,37	6208	52,6	67,9	46,5	73,5	1
	90	23	41 000	24 000	7 500	9 000	0,63	6308	56,1	74,7	48	82	1,5
	110	27	63 700	36 500	6 700	8 000	1,25	6408	62,8	88	49	101	2
45	58	7	6 050	4 300	9 500	12 000	0,040	61809	48,7	54,5	47	56	0,3
	68	12	14 000	9 800	9 000	11 000	0,14	61909	52,3	60,8	49	64	0,6
	75	10	15 600	10 800	9 000	11 000	0,17	16009	55	65,4	49	71	0,6
	75	16	20 800	14 600	9 000	11 000	0,25	6009	54,7	65,6	50	70	1
	85	19	33 200	21 600	7 500	9 000	0,41	6209	57,6	72,9	51,5	78,5	1
	100	25	52 700	31 500	6 700	8 000	0,83	6309	62,1	83,7	53	92	1,5
	120	29	76 100	45 000	6 000	7 000	1,55	6409	68,9	96,9	54	111	2
50	65	7	6 240	4 750	9 000	11 000	0,052	61810	54,7	60,5	52	63	0,3
	72	12	14 600	10 400	8 500	10 000	0,14	61910	56,8	65,3	54	68	0,6
	80	10	16 300	11 400	8 500	10 000	0,18	16010	60	70,4	54	76	0,6
	80	16	21 600	16 000	8 500	10 000	0,26	6010	59,7	70,6	55	75	1
	90	20	35 100	23 200	7 000	8 500	0,46	6210	62,5	78,1	56,5	83,5	1
	110	27	61 800	38 000	6 300	7 500	1,05	6310	68,7	92,1	59	101	2
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	6410	75,4	106	61	119	2

F_a / C_0	Noru. laakerivälitys			Laakerivälitys C3			Laakerivälitys C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,025	0,22	0,56	2	0,31	0,46	1,75	0,4	0,44	1,42
0,04	0,24	0,56	1,8	0,33	0,46	1,62	0,42	0,44	1,36
0,07	0,27	0,56	1,6	0,36	0,46	1,46	0,44	0,44	1,27
0,13	0,31	0,56	1,4	0,41	0,46	1,3	0,48	0,44	1,16
0,25	0,37	0,56	1,2	0,46	0,46	1,14	0,53	0,44	1,05
0,5	0,44	0,56	1	0,54	0,46	1	0,56	0,44	1

Taulukon laskentakertoimet pätevät, kun $F_a / F_r > e$
 Laskentakertoimet kun $F_a / F_r \leq e$ ovat: $X = 1$, $Y = 0$.
 Laskentakertoimien arvot pätevät jos laakeri asennetaan tavanomaisin sovittein (akselitoleranssi j5...n6 halkaisijan mukaan, pesätoleranssi H7) ja laakerin lämpötilasuhteet ovat normaalit.



Perusmitoitus

Ohjaava laakeri on esivalittava laakerikohtaisten laskentakertoimien vuoksi. Vapaata laakeria ei tarvitse esivalita.

Vierintäväsyminen

Mitoitus tehdään yhtälön (1a,b) mukaisesti, $p = 3$. Yhtälössä (2b tai 3b) ohjaavan laakerin laskentakertoimet riippuvat (hetkellisestä) F_a/C_0 -suhteesta ja laakerin säteisvälyksestä. Nämä määräävät rajasuhteen e arvon (taulukko 4.2).

Jos (hetkellinen) $F_a/F_r \leq e$, on $X = 1$ ja $Y = 0$.

Jos (hetkellinen) $F_a/F_r > e$, otetaan X ja Y taulukosta F_a/C_0 -suhteen mukaiselta riviltä tai riviväliltä.

Vierintämyötö

Mitoitus tapahtuu yhtälön (7a,b) mukaisesti, s_0 valitaan.

Laskentakertoimet yhtälössä (8b):

Jos (maksimitilanteen) $F_a/F_r \leq 0,8$, on $X_0 = 1$ ja $Y_0 = 0$.

Jos (maksimitilanteen) $F_a/F_r > 0,8$, on $X_0 = 0,6$ ja $Y_0 = 0,5$.

Aksiaalivoiman rajoitus

max. $F_a = 0,25 C_0$ 8-, 9-, 0- ja 1-sarjojen laakereilla

max. $F_a = 0,5 C_0$ muiden sarjojen (2-, 3-, 4,...) laakereilla.

Suurten aksiaalivoimien yhteydessä käytetään usein C3- tai C4-välyluokkien laakereita.

Esimerkki 3

Mitoita kuvan 4.8 urakuulalaakerointi

- rasvavoitelu
- $s_0 = 1$
- $L_{10h} \geq 20000$ [h]
- normaalit laakerivälykset

Taulukossa 1.4 annetaan seostamattomien rakenneterästen ja muutamien hienoraeterästen sallitut jännitykset σ_{sal} raaka-aineiden paksuuksien mukaan jaoteltuna. Esitetyt jännitysarvot soveltuvat sekä perusaineen että pienahitsin mitoittamiseen.

Pienahitsin a -mitan valinta

Normaalin pienahitsin a -mitta on hitsin sisään piirretyn suurimman kolmion korkeus, kuva 1.5. Pienahitsin lujuuden määrittävä laskentamenetelmä on voimassa vain mitta-alueella $a = 3 \dots 15$ mm.

a -mitaltaan pienempiä kuin 3 mm hitsejä ei lasketa lujuuden mukaan kantaviksi, ja suurempia kuin 15 mm hitsejä varten täytyy lujuus todeta kokeellisesti.

Hitsin jäähtymisnopeudesta päästään myös tietynlaiseen pienahitsin a -mitan minimiarvoon kaavalla

$$a \geq \sqrt{s} \text{ mm} - 0,5 \text{ mm} \quad (4)$$

Mitoitus toteutetaan lasketuista suurimman minimiarvon mukaan. Maksimiarvo $a = 15$ mm on laskennassa mukana sen vuoksi, että jännitys suuremmilla rakennepaksuuksilla ei jakaudu enää täysin tasan hitsin eri osien kesken.

Pienahitsin pituus l

Pienahitsin laskentapituus on hitsin piirustukseen merkitty pituus. Voimaa siirtäväksi pienahitsiksi hyväksytään kuitenkin vain sellaiset hitsit, joiden minimipituus l on vähintään 50 mm ja lisäksi $l \geq 8 \cdot a$.

Jos hitsiä jatketaan kulman ympäri asetetut rajoitukset eivät ole suoralla osalla voimassa. Näillä rajoituksilla halutaan ehkäistä lyhyiden hitsien päissä syntyvien liitosvirheiden häiriövaikutuksia.

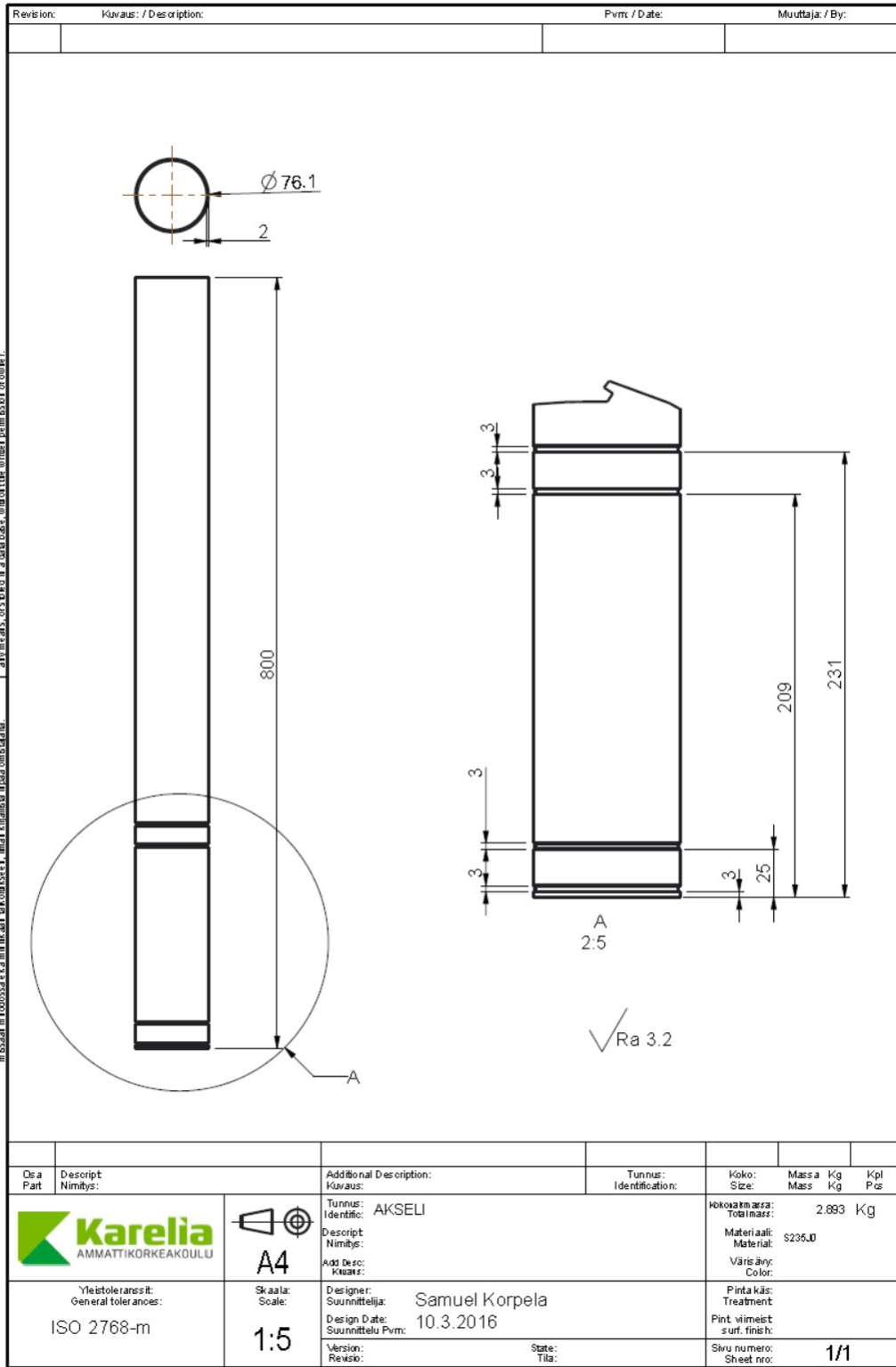
Hitsin laskennallisena enimmäispituutena saa käyttää korkeintaan arvoa

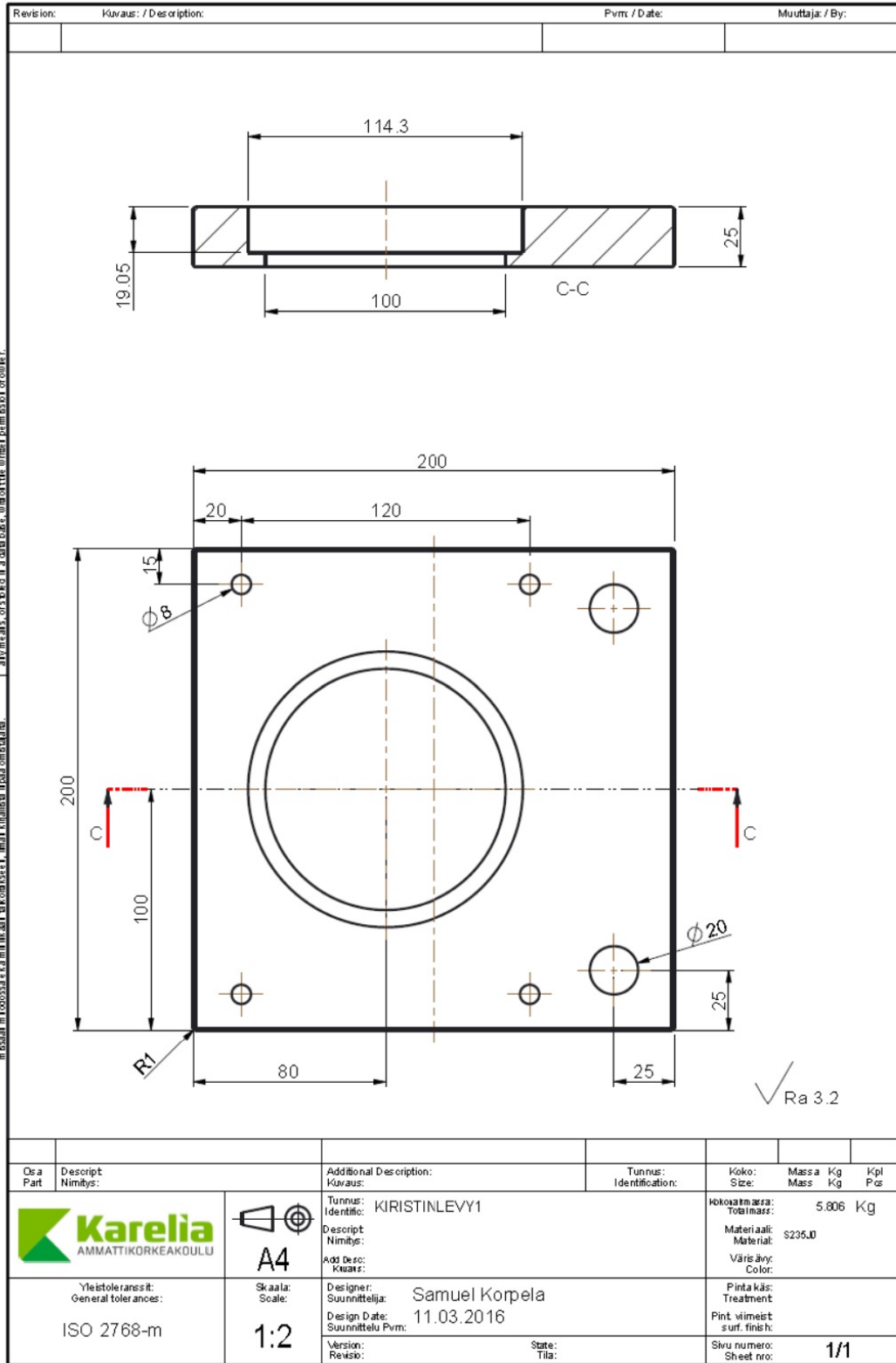
$$l \leq 100 \cdot a.$$

Tämä rajoitus liittyy erityisesti leikkauksen kuormittamiin kylkiapienahitseihin eli limisauma-voimaliitoksiin, joiden suurilla pituuksilla hitsin päiden ja keskialueen jännityserot kasvavat liian suuriksi. Rajoitus ei kuitenkaan koske esim. hitsatun I-palkin laipan ja uuman välistä sideliitosta.

Taulukko 1.4. Rakenne- ja hienoraeterästen sallittuja jännitysarvoja standardin SFS 2373 mukaan

Teräs	Paksuus mm	R_{eL} MPa	(SFS 3200)	SFS 2373
			σ_{sall} (MPa)	σ_{wsall} (MPa)
Fe 360 (S35)	≤ 16	220	147	120
	$17 \dots 40$	210	140	115
	≥ 41	200	133	110
Fe 430	≤ 16	270	180	130
	$17 \dots 40$	260	173	125
	≥ 41	250	167	120
Fe 510 S355	≤ 16	340	227	145
	$17 \dots 40$	330	220	140
	≥ 41	320	213	135
Fe 355		355	237	150
Fe 390		390	260	160



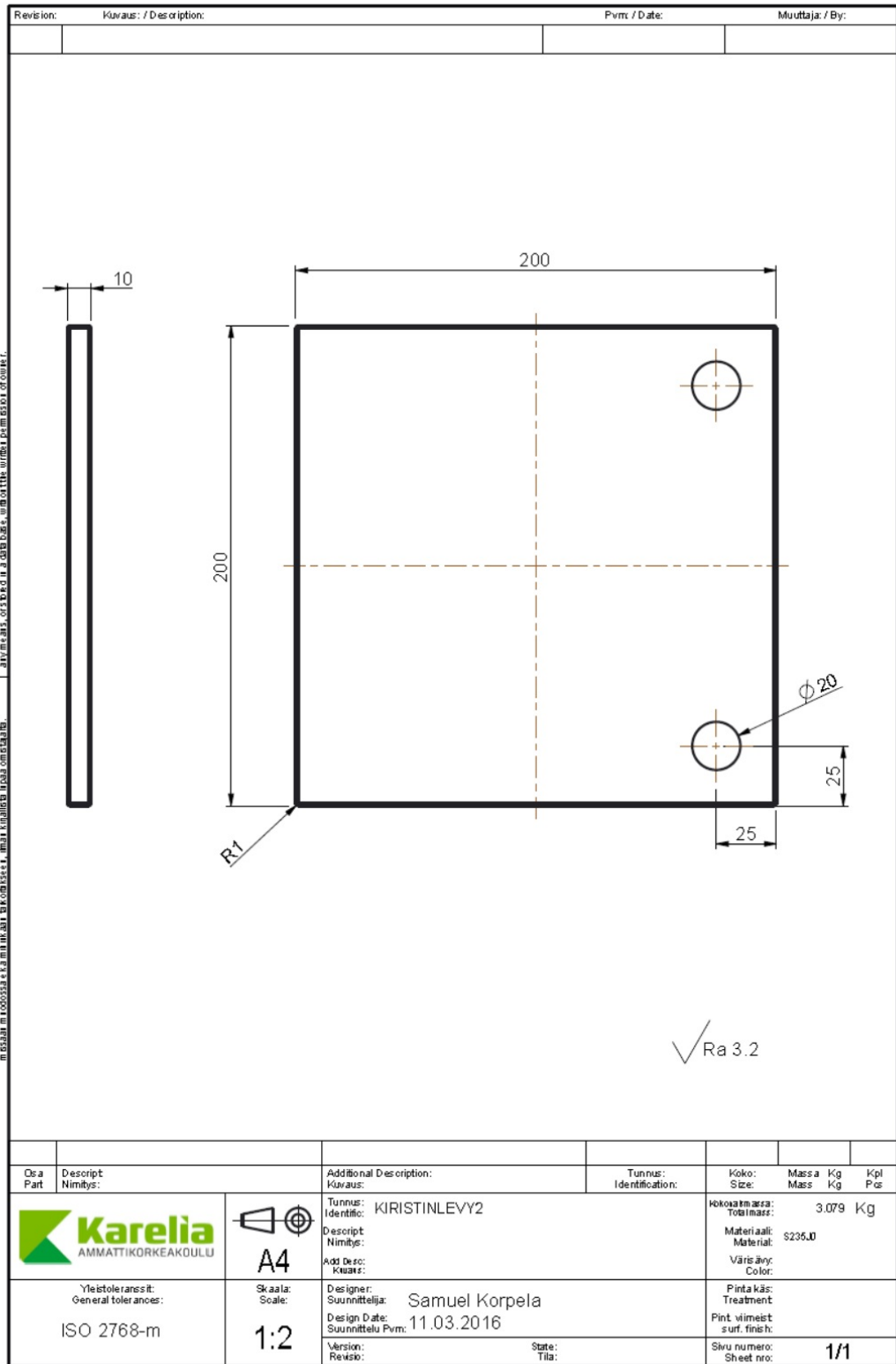


Tämä dokumentti on osa ei saa kopioida, uudelleenkäyttää tai leikata ilman kirjallista lupaa omistajalta.

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the written permission of owner.

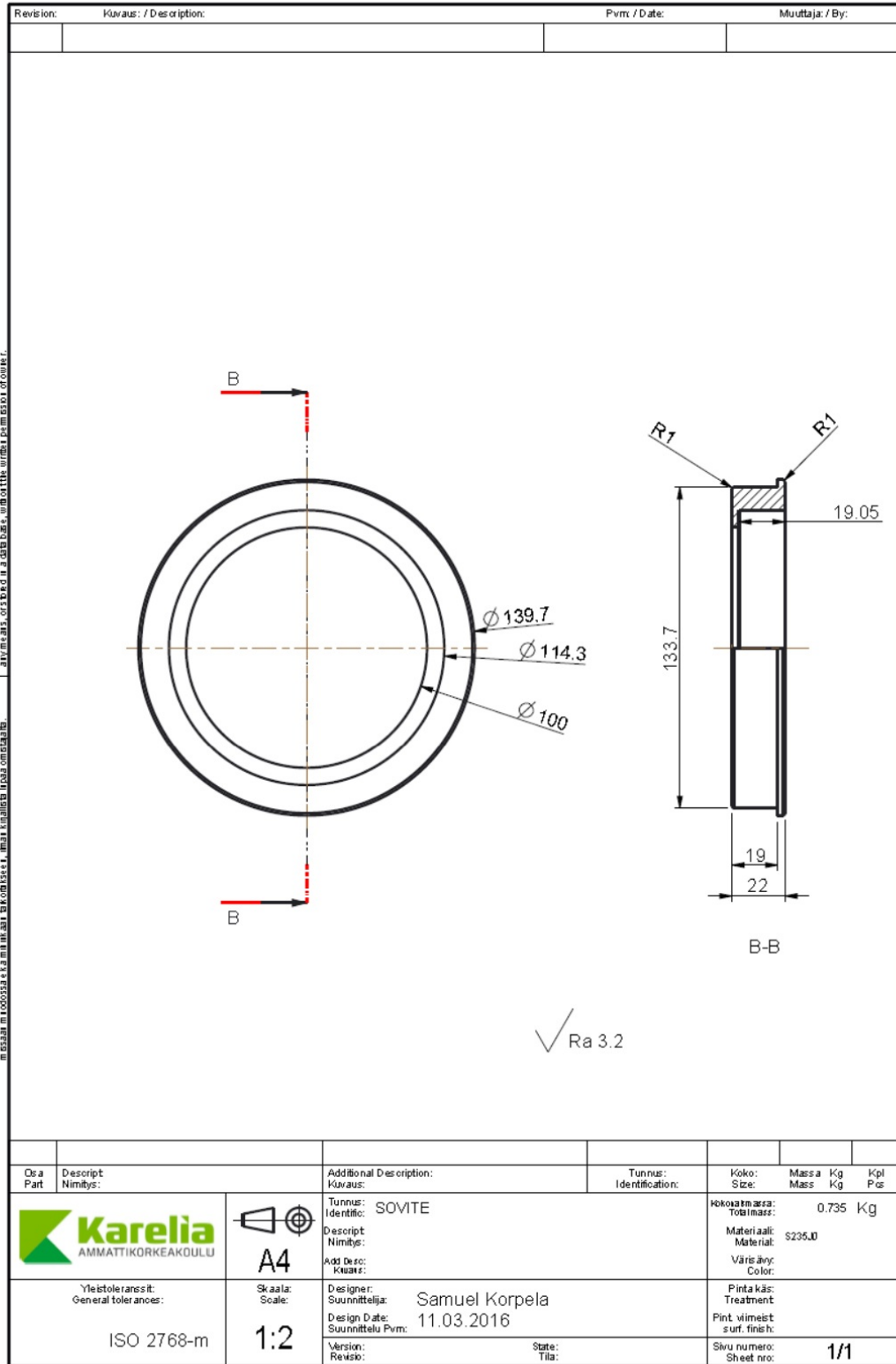
Drawing file name: KIRISTINLEVY1

Drawing file date: 11.03.2016



Drawing file name: KIRISTINLEVY2

Drawing file date: 11.03.2016



Tämä dokumentti on tekijänsä omaisuus ja sen kopiointi, uudelleenkäyttö tai jakaminen ilman kirjallista lupaa on kielletty.

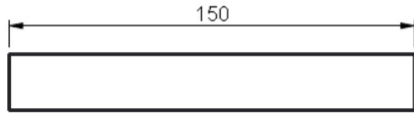
Drawing filename: SOVITE

Drawing file date: 11.03.2016


Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:
-----------	------------------------	--------------	-----------------

Tämä dokumentti on osa asiakkaan kopioita, niiden käytössä kaikki oikeudet pidätetään. Tämä dokumentti on osa asiakkaan kopioita, niiden käytössä kaikki oikeudet pidätetään.

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, or by any information storage or retrieval system, without the written permission of our office.

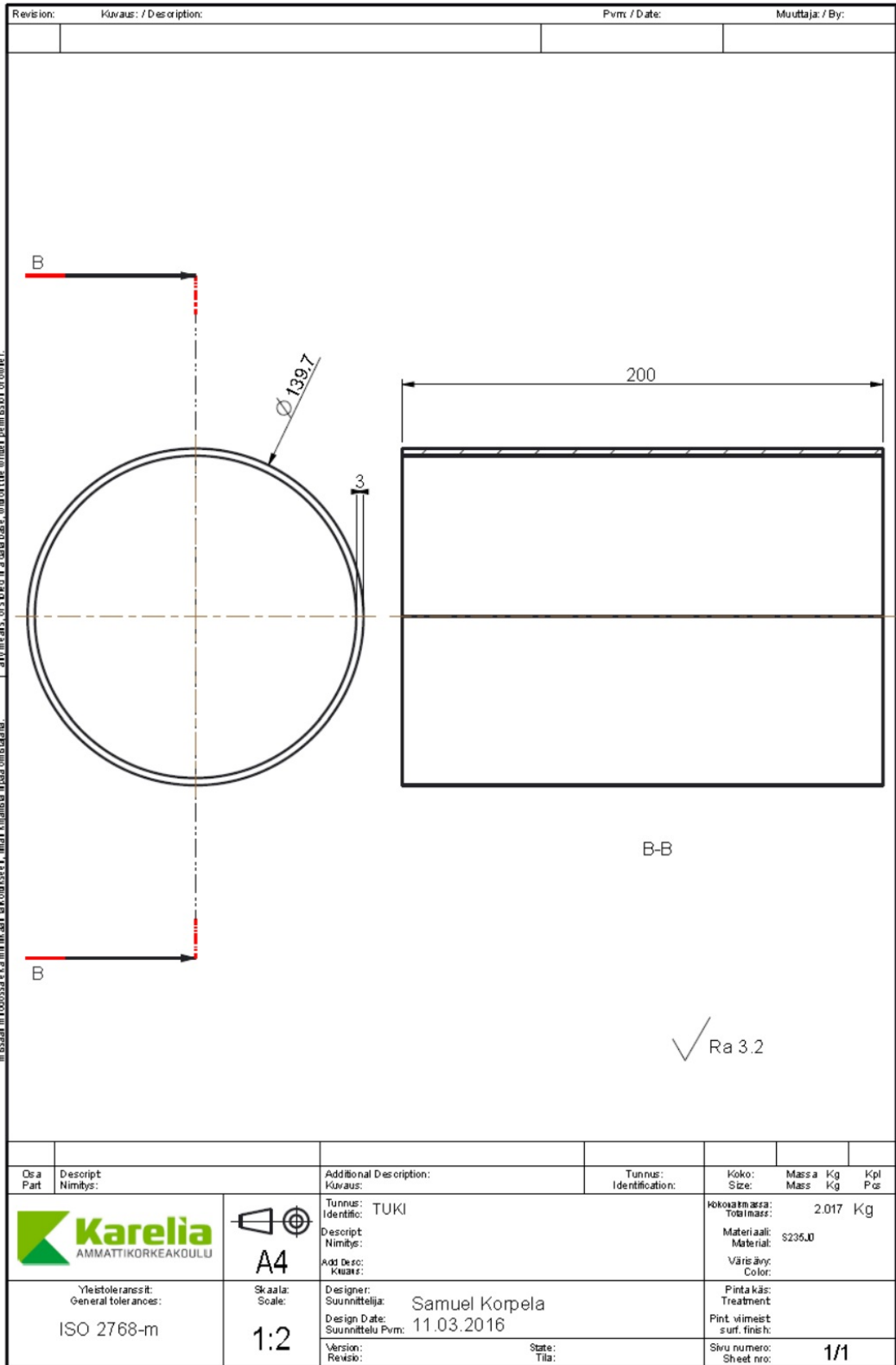


√ Ra 3.2

Osa Part	Descript Nimitys:	Additional Description: Kuvaus:	Tunnus: Identification:	Koko: Size:	Massa Kg Mass Kg	Kpl Pcs
	 Karelia AMMATTIKORKEAKOULU	Tunnus: Identific: TAPPI Descript Nimitys: Add Desc: Kuvaus:		Kokonaismassa: Total mass: 0.369 Kg Materiaali: Material: S235JD Väri ääry: Color:		
	Yleistoleranssit: General tolerances: ISO 2768-m	Skaala: Scale: A4 1:2	Designer: Suunnittelija: Samuel Korpela Design Date: Suunnittelu Pvm: 11.03.2016 Version: Revisio: State: Tila:	Pinta käs: Treatment Pint viimeist surf. finish:		Sivu numero: Sheet nro: 1/1

Drawing file name: TAPPI

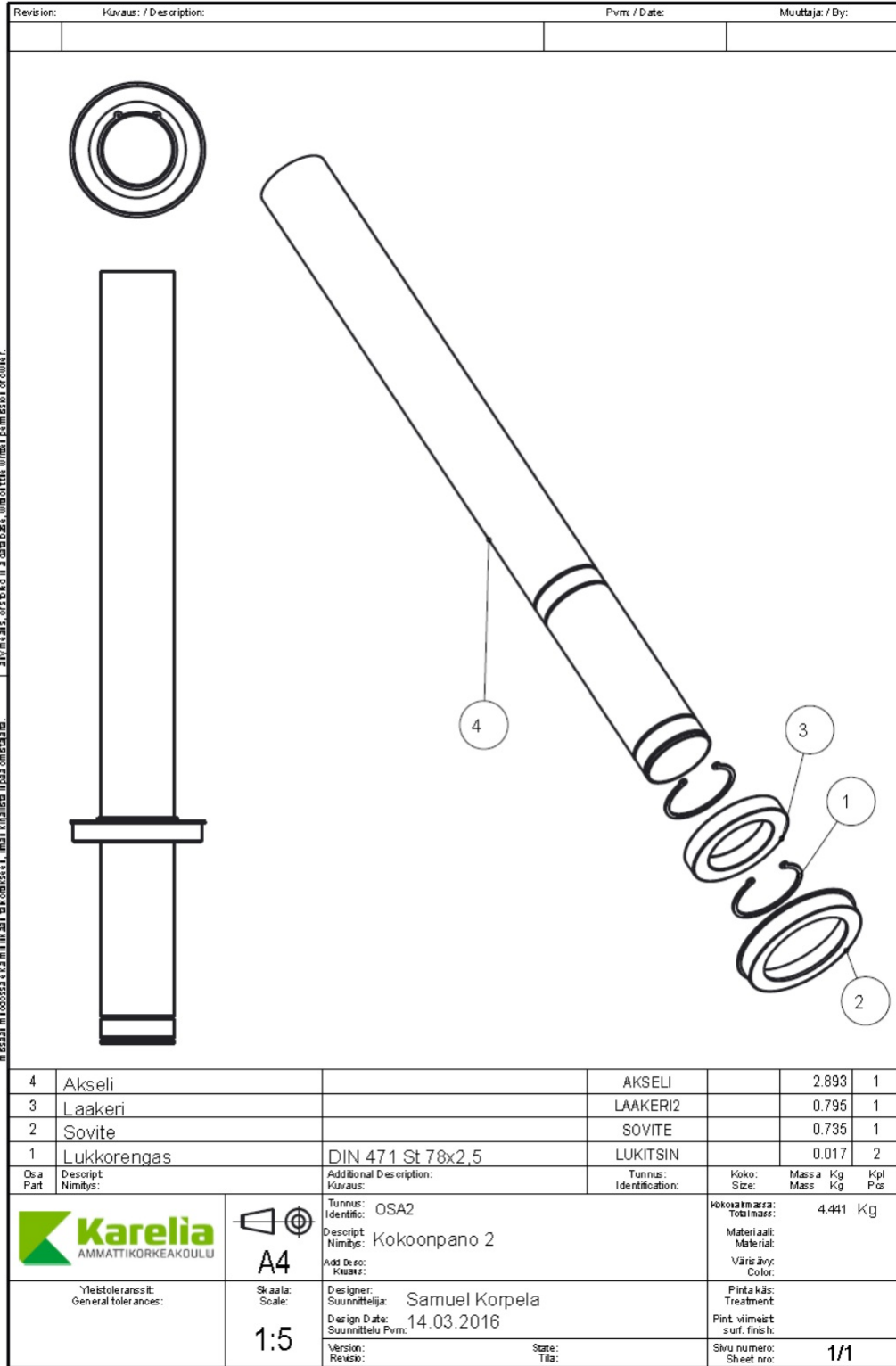
Drawing file date: 11.03.2016



Drawing file name: TUKI

Drawing file date: 11.03.2016

Tämä dokumentti on osa Kareliala ammattikorkeakoulun tuotantotietoa. Sen kopiointi ja jakaminen ilman lupaa on kiellettyä. No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without the written permission of ourer.



Drawing file name: KOKKONPAN02

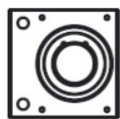
Drawing file date: 1403.2016

Tämä dokumentti on osa asiakkaan kopioita, niiden käyttöä ei ole tarkoitettu. Kaikki oikeudet pidätetään.

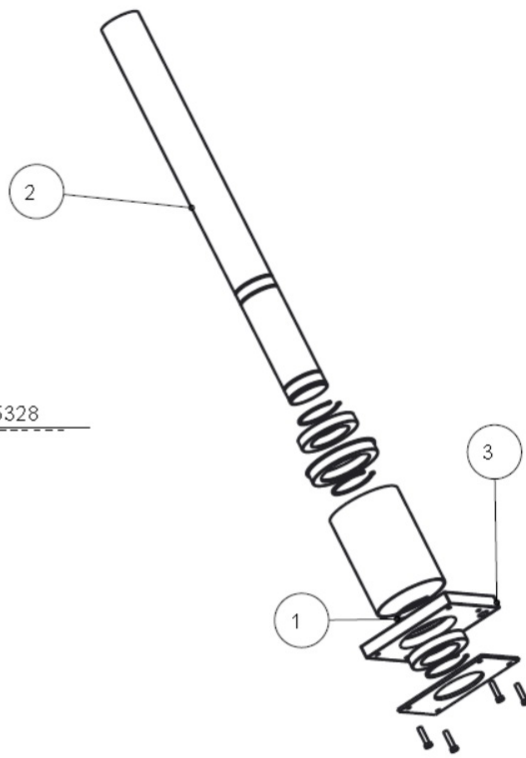
No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database, without the written permission of owner.

Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:

Tämä dokumentti on osa ei-sääkopista, joiden sisältöä ei saa kopioida, julkistaa tai käyttää muuten ilman Karelia Ammattikorkeakoulun kirjallista lupaa.





3 ||| 15328





3	Kokoonpano 1		OSA1		9.509	1
2	Kokoonpano 2		OSA2		4.458	1
1	Lukkorengas	DIN 471 St 78x2,5	LUKITSIN		0.017	2
Part	Description:	Additional Description:	Tunnus:	Koko:	Massa:	Kpl
	Nimitys:	Kuvaus:	Identification:	Size:	Mass Kg	Pos
		Tunnus:	OSA3	Kokoonpanon:	14.002	Kg
		Description:	Kokoonpano 3	Materiaali:		
Yleistoleranssit:	Skaala:	Design:	Samuel Korpela	Väri:		
General tolerances:	Scale:	Design Date:	14.03.2016	Color:		
	1:10	Version:		Pinta käs:		
		Revisio:		Tila:		
				Pint viimeist surf. finish:		
				Sivu numero:		1/1
				Sheet nro:		

Drawing file name: KDKOONPAND3

Drawing file date: 1403.2016

Revision:		Kuvaus: / Description:		Pvm: / Date:		Muuttaja: / By:	
2	Kiristinlevy		KIRISTINLEVY2		3.079	1	
1	Ohjaintappi		TAPPI		0.369	2	
Osa Part	Descript Nimitys:	Additional Description: Kuvaus:	Tunnus: Identification:	Koko: Size:	Massa Kg	Kpl Pos	
		Tunnus: OSA5 Descript: Kokoontappi Nimitys: Kokoontappi 4 Add Desc: Kuvat:		Kokoaikamäärä: 3.817 Totimassa: Kg			
Yleistoleranssit: General tolerances:	Skaala: Scale: 1:5	Designer: Suunnittelija: Samuel Korpela Design Date: Suunnittelu Pvm: 14.03.2016		Pinta käs: Treatment Pint viimeist surf. finish:			
		Version: Revisio:	Sate: Tila:	Sivu numero: Sheet nro:			1/1

Tämä dokumentti on osa asiakas kopioidun, uudelleenkäytössä olevan teknisen asiakas kopioidun, jossa on mahdollisesti muutoksia. Tämä dokumentti on osa asiakas kopioidun, jossa on mahdollisesti muutoksia.

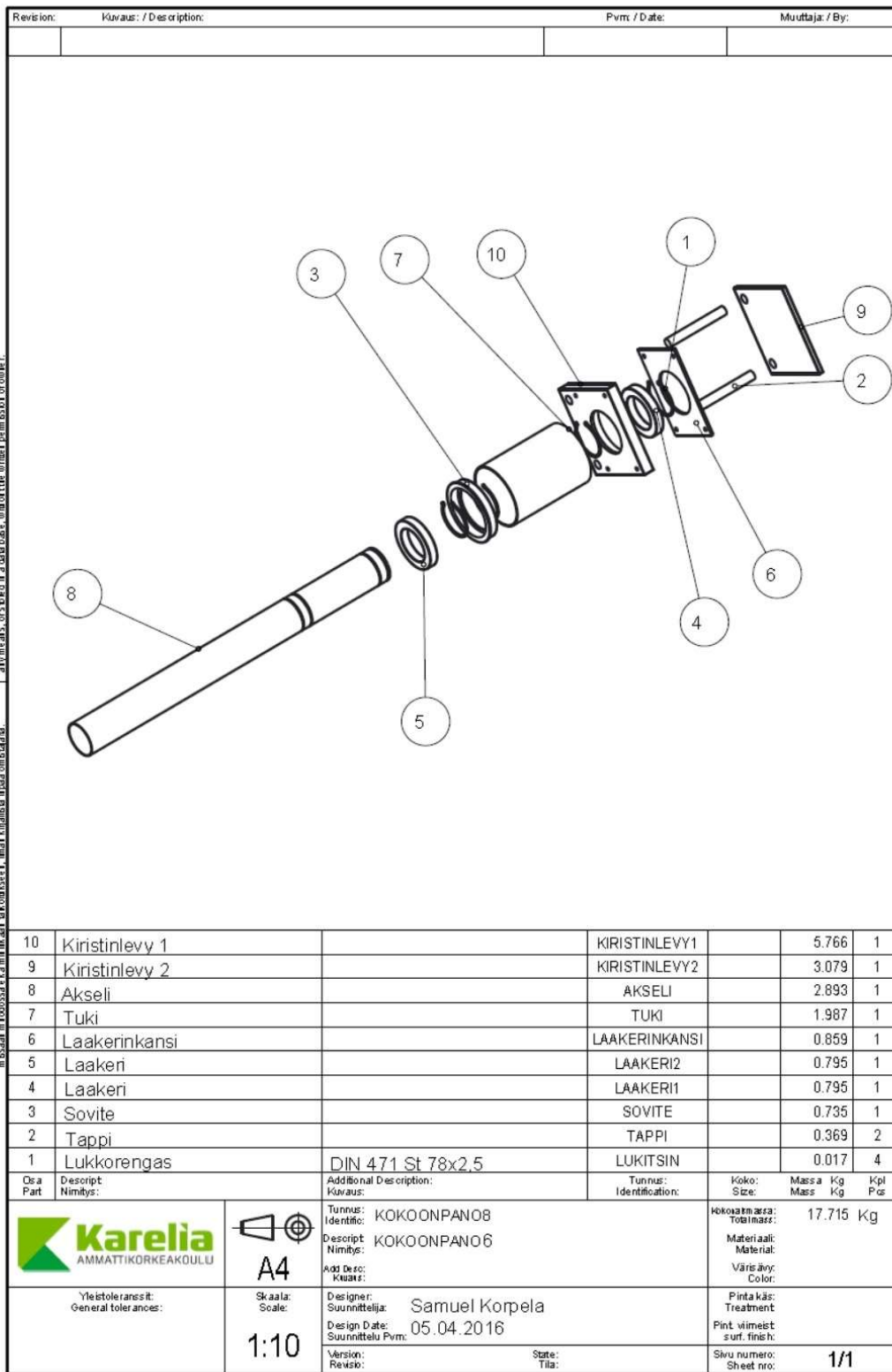
Revision:		Kuvaus: / Description:		Pvm / Date:		Muuttaja: / By:	
2	Kokoonpano 3			OSA3		14.002	1
1	Kokoonpano 4			OSA5		3.817	1
Os / Part	Descript / Nimitys:	Additional Description: / Kuvaus:		Tunnus: / Identification:	Koko: / Size:	Massa / Kg / Mass / Kg	Kpl / Pcs
		Tunnus: KOKONAISSUUS Identifi: KOKONAISSUUS Descript: Kokoonpano 5 Nimitys: Kokoonpano 5 Add Desc: Kukaan:			Kokoaamassa: / Total mass: 17.819 Kg Materiaali: / Material: Väris äny: / Color:		
Yleistoleranssit: / General tolerances:		Skaala: / Scale: 1:10	Designer: Samuel Korpela Suunnittelija: Samuel Korpela Design Date: 17.03.2016 Suunnittelu Pvm: 17.03.2016		Pinta käs: / Treatment: Pint viimeist surf. finish:		
				Version: / Revisio:	State: / Tila:	Sivu numero: / Sheet nro: 1/1	

Drawing file name: KOKOONPANO5

Drawing file date: 17.03.2016

Tämä dokumentti on osa asiakas- tai tuotteen teknistä dokumentaatiota. Sen kopiointi, jakaminen tai muuttaminen ilman lupaa on kiellettyä.

No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the copyright owner.



Tämä dokumentti ei ole osa ei saa kopioida, kopioida, jäljentää tai levittää ilman kirjallista lupaa. Kaikki oikeudet pidätetään.

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.