

## K-piikin teroituskone

Juha Vartiainen

Tekniikan alan opinnäytetyö  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Koneinsinööri (AMK)

KEMI 2014

## ALKUSANAT

Haluaisin kiittää kaikkia, jotka ovat auttaneet minua koulutuksen aikana, ja jotka ovat osallistuneet opinnäytetyöhön.

Kiitos Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun opettajille ja erityisesti Ari Pikkaraiselle, joka omalla mielenkiintoisella opetustyyllillään sai minut kiinnostumaan jokaisesta opettamastaan aineesta. Ohjatessaan opinnäytetyötäni erityisen tarkasti hän teki senkin inspiroivasti. Kiitos.

Mectalent Oy:stä kiitän erityisesti Markku Huttusta, joka sysäsi minut tälle tielle, ja Pasi Niemelää, joka ohjasi kun en tiennyt mihin suuntaan jatkaa.

Lisäksi haluan erityisesti kiittää vaimoani, joka tuellaan sai kaiken tämän mahdolliseksi, ja kahta tämän koko oppimisprosessin aikana syntynyttä lastani. Kiitos.

## TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikan ala

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Vartiainen Juha
Opinnäytetyön nimi:	K-piikin teroituskone
Sivuja (joista liitesivuja):	38 (4)
Päiväys:	23.4.2014
Opinnäytetyön ohjaaja:	Ins. (YAMK) Pikkarainen Ari
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella ja valmistaa laite, jolla voidaan teroittaa monta K-piikkiä kerrallaan. Laitteella on tarkkuusvaatimuksena yhtä hyvä tarkkuus, kuin se olisi tehty käsin.</p> <p>Krischnerin piikki, jonka on keksinyt vuonna 1909 Martin Kirschner, on tehty avustavaksi työkaluksi sairaaloihin. Kirurgit korjaavat sen avulla murtumia ihmiskehossa. K-piikin valmistuksessa on työvaihe, jossa teroitetaan toinen pää kolmikulmaiseen muotoon käsin. Ongelma tässä työvaiheessa on sen hitaus, joka johtuu teroituksen mitta- ja muototarkkuudesta. K-piikki teroitetaan lineaarisella liikkeellä nauhahiomakoneella. Olisiko mahdollista monistaa tämä liike suunnittelemalla jigi ja mekaniikka, jolla voisi yhtäaikaaisesti teroittaa useita K-piikkejä? Se olisi nopeampi ja helpompi tapa työntekijöille.</p> <p>K-piikki on eräänlainen sivutuote. Sitä voisi verrata esimerkiksi poraan konepaja-alalla. Sairaalinstrumenttien valmistajien täytyy valmistaa myös K-piikkejä sivutuotteena. Tästä syystä K-piikin valmistaminen tulisi olla halpaa ja nopeaa. K-piikin valmistamisessa on neljä päätyövaihetta, ja toisen pään hiominen on työntekijöiden kannalta haitallisin vaihe.</p> <p>Aineisto tästä aiheesta on hieman suppea, johtuen salassapidosta ja osittain salailusta. Opinnäytetyötä varten on haastateltu kirurgian erikoislääkäri Olli Karhia, joka on ollut K-piikkien kanssa tekemisissä vuodesta 1996, valmistuspuolella. Toinen haastateltava oli Timo Pikkarainen, joka on valmistanut K-piikkejä vuodesta 1997. Teoreettinen aineisto, jota tässä opinnäytetyössä käytetään, on suurelta osin näistä haastatteluista ja osittain lääketieteellisistä julkaisuista.</p>	
Asiasanat: K-piikki, Kirschner, nauhahiomakone, sairaalinstrumentti	

**ABSTRACT**

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Education

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Juha Vartiainen
Thesis title:	K-wire grinding machine
Pages (of which appendixes):	38 (4)
Date:	23.4.2014
Thesis instructor:	Ari Pikkarainen (M.Eng)
<p>This thesis is about design a machine that makes a single product one working phase possible to run faster and easier to workers with the same accuracy than making it by hand.</p> <p>Kirschner wire, invented in 1909 by Martin Kirschner, is an assistance tool to surgeons that repair the fractures of a human body. This K-Wire has a working phase that sharpens the other end by grinding it in tripartite shape. The problem of this phase is its slowness and that comes from a result of an accuracy of the K-Wire. K-Wires are sharpened with a belt grinding machine, and is there a chance to design a jig and a mechanism that can sharpen multiple K-Wires at the same time so this phase can be faster and easier to workers?</p> <p>K-Wire is kind of a side product. You can compare it to drill in machine industry. If you are a manufacturer of medical instruments, you have to produce also K-Wires of a side product. So that's why K-Wire production should be cheap and fast. There are four working phases and the grinding the other end is the most harmful phase for workers.</p> <p>The material of this subject is a bit narrow of its concealment and secrecy, but the thesis were interviewed for the surgery specialist, Olli Karhi, who has been working with these K-Wires since 1996 on manufacturing side. The other interviewee was Timo Pikkarainen, who has made K-wires since 1997. Theoretical material in this thesis is as a rule of these interviews and part is from medical publication.</p>	
<p>Keywords: K-wire, Kirschner, belt grinding machine, medical instrument</p>	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
1 JOHDANTO .....	7
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY .....	8
2.1.1 Tuotanto .....	8
2.1.2 Kokoonpano .....	9
2.1.3 Suunnittelu .....	9
3 K-PIIKKI .....	10
3.1 Käyttötarkoitus .....	10
3.2 Käyttökohteet .....	11
3.3 K-piikki tuotteena .....	12
3.4 Historia .....	13
3.5 Valmistusvaiheet .....	13
3.6 Materiaalit .....	15
4 SUUNNITTELU .....	16
4.1 Lähtökohta .....	16
4.2 Ongelma .....	16
4.3 Haasteet .....	17
4.4 Ideointi .....	18
4.4.1 Brainstorming .....	18
4.4.2 Käytännön seuranta .....	19
4.4.3 Nivellevy ja pohjalevy .....	19
4.4.4 K-piikkien teline .....	20
4.4.5 Päätöksiä .....	23
4.5 Laskelmat .....	24
4.6 Mallintaminen .....	24
5 VALMISTUS .....	26
5.1 Ohjelmointi .....	26
5.2 Koneistus .....	28
5.3 Mittaus .....	30
5.4 Kokoonpano .....	31
5.5 Testaus .....	31
6 POHDINTA .....	32

LÄHTEET.....	33
LIITELUETTELO .....	34

## 1 JOHDANTO

Olen ollut töissä Mectalent Oy:ssä lokakuusta 2007 saakka, ja käynyt opintojani siinä ohella vuodesta 2010 lähtien. Kun tuli opinnäytetyön aihevalinnan aika, sain työnjohtajalta useita mielenkiintoisia vaihtoehtoja. Valitsin tehtäväkseni suunnitella laitteen, millä K-piikkejä voisi teroittaa useampia samalla kertaa, siten että mittatarkkuus ei kärsisi verrattuna käsinhiottuun K-piikkiin. Käyn myöhemmin opinnäytetyössäni tarkemmin läpi K-piikin tuotteena, kuten myös sen miten se tällä hetkellä valmistetaan. Kerron kuitenkin lyhyesti jo tässä vaiheessa ongelmat ja tavoitteet.

K-piikin teroitusvaihe on hidas ja työntekijöitä rasittava työvaihe. Teroitussarjat voivat olla jopa 3500 kpl kerralla, tällaiseen määrään menee käsin teroittaessa aikaa noin kaksi ja puoli viikkoa, jos ei satu ongelmia tai tule muita viivästyksiä. Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella laite, jolla K-piikkien teroitustyö voidaan tehdä nopeammin ja vähemmän rasittavasti.

Opinnäytetyössä on tarkoitus käydä koko teroituskoneen suunnitteluprosessi läpi. Teroituskoneen suunnittelua varten haastateltavana oli Timo Pikkarainen, joka on tehnyt K-piikkejä vuodesta 1997 lähtien. Taustatietoja sekä lääketieteellistä näkökulmaa haastattelullaan antoi Olli Karhi, kirurgian erikoislääkäri ja hallituksen puheenjohtaja, sekä Coronaria Instrumentsin perustaja. Vaikka K-piikit ovat maailmanlaajuinen instrumentti, siitä on niukasti tietoa saatavilla. Siksi suuri osa viittauksista työssäni pohjautuu juuri näihin haastatteluihin.

## 2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimiva yritys on Mectalent Oy. Sen edeltäjä, Oulun Hienomekaniikka Oy, perustettiin vuonna 1982. Oulun Hienomekaniikka toimi teollisuuden ja puolustusteollisuuden komponenttien, moduulien ja kokonaisten tuoteperheiden toimittajana. Vuonna 1996 perustettiin Coronaria Instruments, joka toimitti kirurgisia instrumentteja ja implantteja ympäri maailmaa. Nämä kaksi eri alojen toimijaa fuusioitui vuonna 2008, ja tästä syntyi Mectalent Oy. Mectalent on osa suomalaista COR Group -kasvukonsernia. Mectalent käsittää nykyään konepajan ja instrumenttivalmistuksen lisäksi kokoonpanoyksikön ja suunnittelupuolen. (Mectalent Oy 2013, hakupäivä 4.4.2014.)

Mectalent on laitteiden valmistuksessa ja tarkkuusmekaniikassa huippuasiantuntija. Yritys kehittää uusia teknologioita niin lääketieteen kuin puolustusteollisuuden aloilla. Mectalent panostaa menetelmäkehitykseen, laitevalmistukseen, tarkkuus-, turvallisuus- ja valvontamekaniikkaan sekä kirurgisiin laitteisiin ja implantteihin. (Mectalent Oy 2013, hakupäivä 4.4.2014.)

### 2.1.1 Tuotanto

Konepajassa on eri yksiköitä, jotka kaikki valmistavat omaan soluunsa parhaiten soveltuvia tuotteita konekantaan ja ammattitaitoon nähden. Esimerkiksi manuaalikoneistamossa valmistetaan yksittäisiä kappaleita tai muutaman kappaleen sarjoja, pitkäSORVAUSAUTOMAATEILLA taas satojen kappaleiden sarjoista aina kymmenien tuhansien kappaleiden tuotantomääriin. Pienet työstökeskukset ovat hyvin soveltuvia tekemään proto-osia asiakkaiden pikaisiin projekteihin ja jämerämmät työstökeskukset valmistavat proto-osista tuotantoon asti yltäneet tuotteet. Lisäksi lankasahaus- ja kipinätyöstökeskukset voivat valmistaa sellaiset osat, joita muilla koneilla ei saa tehtyä.

Instrumenttien valmistukseen kuului Coronaria Instrumentsin aikaan manuaalikonepaja, laserhitsaus ja näiden lisäksi erilaisia peittaus-, hapotus- ja hiontatyökaluja tai -keskuksia. Nyt kaikki tieto-taito ja ammatillinen pätevyys on yhden yrityksen takana.



### 2.1.2 Kokoonpano

Kokoonpanossa kasataan komponenteista valmiita tuotteita. Tuotteiden koko vaihtelee pienistä hammaskirurgien instrumenteista aina noin kahden kuution kokoisiin tutkakaappeihin. Kokoonpanoon kuuluu tämän lisäksi pakkaamo ja lähettäjä, joiden tehtävänä on varmistaa tuotteen ehjänä säilyminen asiakkaalle saakka. Suuriin toimituksiin käytetään Oululaisen Laatuvanerin mittatilaustyönä valmistamia kuljetuslaatikoita.

Kokoonpanon yhteydessä toimii myös kappaleiden mittauspiste ja mittahuone. Mittahuoneen erillinen ilmastointi takaa, että yritys voi tarjota asiakkailleen 3D-mittalaitteen mahdollistaman 0,00004 mm tarkkan mittapöytäkirjan tuotteista. Myös 3D-tulostus on mahdollista, jos asiakas haluaa käsin kosketeltavan mallin tilaamastaan tuotteesta, mutta ei malta odottaa valmista tuotetta.

### 2.1.3 Suunnittelu

Suunnittelupuoli erotellaan nykyään omaksi osastokseen, koska se on laajentanut toimintaansa kahdella uudella työntekijällä viimeisen vuoden 2013 aikana. Tällä hetkellä työntekijöitä on kolme. Suunnitteluprosessin päämäärä on sujuva valmistusprosessi, koska lopputuotteen hinnasta on mahdollista säästää noin 80 prosenttia ottamalla kustannustehokkuus ja aikataulujen tarkkuus huomioon jo suunnittelussa.

Kun suunnittelu ja valmistus tapahtuvat samojen seinien sisällä, on asiointi mutkattomampaa ja joustavaa. Suunnittelija tietää valmistusmenetelmät ja erikoisosaamisen, ja pystyy hyödyntämään sitä nopeuttaakseen prosessia ja parantaakseen laatua. Asiakas otetaan mukaan palaveriin tai vaihtoehtoisesti tehdään asiakaskäyntejä, jos suunniteltava kohde sitä vaatii. Asiakkaan on myös mahdollista saada pikamallit tai prototyypit mukaansa jo ensimmäisillä suunnittelupalavereilla. Siten hän pääsee testaamaan uutta innovaatiotaan ja esittelemään sitä omille asiakkailleen jo heti työn alkuvaiheessa.

### 3 K-PIIKKI

#### 3.1 Käyttötarkoitus

K-piikki, K-wire (kuva 1 ja 2) on alun perin kehitelty sitä varten, että saataisiin luihin syntyneet vauriot, murtumat, korjattua mahdollisimman pienellä ulkoisella haitalla. Ennen K-piikkiä luiden murtumat korjattiin siirtämällä ensin ihokudos ja lihas syrjään murtuman tieltä, ja liittämällä sitten luut yhteen erilaisilla luunauloilla. K-piikille riittää pieni reikä ihokudokseen, josta se ohjataan pitämään murtumakohta kasassa. (Karhi 18.12.2013, haastattelu.)



**Kuva 1. K-piikkejä**

Eri tarkoitusta varten on olemassa erilaisia K-piikkejä. Yhdellä tehdään kierre luuruuvia varten ja toisella pelkkä reikä implanttia varten. Joitakin K-piikkejä valmistetaan siten, jälkeen paikalleen. Piikkien vahvuuksia ja pituuksia on Mectalentin valikoimissa 34:tä erilaista kahdella eri teroituskulmalla: 13,5° ja 20°. Lisäksi teroituksena voi saada R50-säteellä olevaa teroitusta. Sädeteroitus on joidenkin asiakkaiden mielestä parempi tarkkuutensa ja leikkautuvuutensa ansiosta. Kaikkien tarkoitus on kuitenkin vahvistaa vaurioitunutta luurakennetta siihen saakka, kunnes tämä on luutunut entiselleen. Jos murtumakohta on hauras, voidaan joissain tapauksissa K-piikki jättää myös implantiksi ihon alle tukemaan luuston rakennetta. Tällöin valmistusmateriaali tulee olla implantin vaatimukset täyttävä. (Karhi; Pikkarainen 18.12.2013, haastattelu.)



**Kuva 2. Kuvassa oikealta päin lukien: 2mm R50 teroitus, 2mm 13,5° teroitus, 1,6mm 13,5° teroitus kierre 1,25 $\phi$ /0,35 nousu, 3,2mm 13,5° teroitus**

### 3.2 Käyttökohteet

Kirurgit käyttävät K-piikkiä luumurtumien korjaukseen murtuman ollessa esimerkiksi sellaisessa paikassa, jota ei saada muuten kunnolla tuettua. Ilman K-piikkiä luutumisen olisi hitaampaa ja mahdollisesti myös virheellistä. Vakuutusyhtiöiden tilaston mukaan ihmisille sattuu eniten polven ja/tai säären murtumia. Seuraavaksi yleisimmät murtumakohdat ovat kyynärvarsi, reisiluu ja ranne (Potilasvakuutuskeskus 2009–2012, 4.4.2014). Kaikkiin näihin edellä mainittuihin tapauksiin voidaan käyttää K-piikkiä tukemaan luutumista oikeaan asentoon.

Murtumien korjauksissa käytetään K-piikkejä ristikkäin sitoen luun palasia tiukemmin kiinni (kuva 3). Joissain murtumatapauksissa luu on pirstoutunut useaan eri kappaleeseen, ja tällaiset tapaukset ovat hyvä korjata K-piikeillä. Näissä tapauksissa K-piikeillä kerätään palaset yhteen. Luutumisen jälkeen on todennäköisempää, että luun sirpaleita ei jää hiertämään lihaskudosta tai jäniteitä rikki. K-piikkejä voidaan käyttää iästä riippumatta. Yleensä luutuminen tapahtuu muutaman viikon tai muutaman kuukauden aikana. Sen jälkeen piikit otetaan pois, ellei niitä ole tarkoitus jättää tukemaan rikkoutunutta kohtaa. Esimerkiksi jos sormi on murtunut, piikki porataan sormen päästä niin pitkälle, kuin tarvitsee. Päähän laitetaan korkki. Kolmen viikon päästä piikin voi ottaa pois ja sormi on kunnossa. (Karhi 18.12.2013, haastattelu.)



**Kuva 3. Esimerkki ristikkäin poratuista K-piikeistä**

### 3.3 K-piikki tuotteena

Kirurgit ympäri maailmaa käyttävät K-piikkiä, ja valmistajia on noin 10 000. Haastattelussa Olli Karhi vertasi sitä konepajateollisuudessa esimerkiksi poraan. Tämän esimerkin avulla voi ymmärtää, kuinka laajalle tuote on levinnyt ja kuinka sairaalateollisuus sitä käyttää. Porat ovat usein konepajoissa kertakäyttöisiä työkaluja, jotka yhden työn jälkeen laitetaan pöytälaatikkoon. Samoin K-piikit ovat leikkaussaleissa käytön jälkeen pöytälaatikoissa. Jos piikeissä olisi valmistajan merkinnät, niin kirurgit osaisivat tilata lisää mielestään hyviltä toimittajilta. Tämä toisi myös tunnettuutta muissa sairaalainstrumenteissa, joita Mectalent valmistaa.

Hinnaltaan tuote on kilpailtu jo loppuun ja K-piikin valmistus maksaa vain kymmenesosan vähemmän kuin mitä sen asiakashinta on. Ainoa syy minkä takia sitä kannattaa valmistaa ja myydä, on se, että asiakkaat ostavat K-piikin takia muita instrumentteja. Toisin sanoen, asiakkaat ostavat instrumentteja ja laitteistoja, jos saavat myös samasta paikasta ostettua K-piikkejä. Asiakkaat maksavat K-piikistä noin 2,5€ - 4€ kpl riippuen piikin mallista. Vuosittain niitä valmistetaan 8000 – 12000 kpl. (Karhi; Pikkarainen 18.12.2013, haastattelu.)

### 3.4 Historia

Martin Kirschner (kuva 4) oli saksalainen kirurgi, joka vuonna 1909 esitteli maailmalle Kirschner Wire:n, K-piikin. Hän työskenteli silloin julkisin varoin tuetussa Greifswaldin yliopistollisessa sairaalassa Erwin Payr -nimisen kirurgin alaisena.



**Kuva 4. Martin Kirschner (28.10.1879 – 30.8.1942)**

K-piikkiä on sittemmin kehitelty Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen – koulukunnan (AO-koulukunnan) toimesta Saksassa ja Sveitsissä. AO-koulukunnan perusti vuonna 1958 ryhmä sveitsiläisiä yleislääkäreitä ja ortopedejä. Se on voittoa tavoittelematon säätiö, jonka tavoitteena on edistää potilaiden sisäisten vaurioiden hoitoa. (Willenegger Hans 1998, hakupäivä 8.4.2014.)

### 3.5 Valmistusvaiheet

Työntekijän haastattelussa ilmeni, että materiaali tulee tehtaaseen 2000mm pitkinä ja valmiiksi eri paksuisina lankoina, joista ensimmäiseksi katkotaan  $\pm 1$  mm toleranssilla aihiot (kuva 6). Aihiolangan paksuus valitaan sen mukaan, minkä mallista ja paksuista K-piikkiä on tilattu. Tämän jälkeen aihiot pestään varastorasvasta puhtaaksi, mikä tehostaa jäljempänä tulevaa kiillotusvaihetta. Pesun jälkeen pyöristetään toinen pää jokaisesta piikistä, etteivät kirurgien kumihanskat repeydy K-piikkien käsittelyssä kesken steriilin leikkaustoimenpiteen.

Seuraava työvaihe on kiillotus rummussa (kuva 5), vähintään kaksitoista tuntia. Yleensä tämä tehdään siten, että kiillotusrumpu jätetään päälle päivän päätteeksi, ja sammutetaan aamulla töihin tullessa. Kiillotusrumpu värisee tietyllä taajuudella, ja siellä olevat pienet kivet hiertävät kappaleita hiljalleen kiiltäviksi samalla poistaen esimerkiksi koneistuksesta jääneitä teräviä särmiä kappaleista.



**Kuva 5. Kiillotusrumpu**

Kiillotuksen jälkeen piikit oiotaan käsin. 200mm lyhempiä piikkejä ei oiota. Niiden kierous on häviävän pientä, eikä se haittaa lopputuotteessa. Oikominen tapahtuu akkuporakoneella. Piikkiä pyöritellään ja samalla väännetään puuvillahanskalla piikistä jännitykset pois. Viimeisenä työvaiheena oleva teroitus antaa piikille oikean pituuden sekä kolmikulmaisen terävän pään. Teroituksen ansiosta piikki voidaan porata luuhun ja sen porauskohta voidaan määrittää tarkasti. K-piikkien kiillotus tehdään kitkan vähentämiseksi luun sisällä, ettei piikki leikkaudu kiinni poratessa. Toisen pään pyöristyksen ansiosta piikkiä voi ohjata peukalolla poratessa. Teroituksen jälkeen piikit peitataan, joka on ruostumattoman teräksen pintakäsittelyssä käytettävä työmenetelmä. Peittausaine koostuu pääasiallisesti typpi-, ja fluorivetyhapoista. Peittauksen jälkeen K-piikit voidaan merkata joko laserilla tai värikoodilla. On myös K-piikkejä, joita ei merkata ollenkaan. Merkkaukseen on jokaiseen piikkimalliin erillinen ohje. Viimeinen pesu on ultraäänipesu, jonka jälkeen piikit tarkastetaan ja pakataan asiakkaalle lähteväksi. (Pikkarainen 18.12.2013, haastattelu.) (Liite 1.)



**Kuva 6. Työntekijä Mikko Hamara tekee asetusta katkaisulaitteelle**

### 3.6 Materiaalit

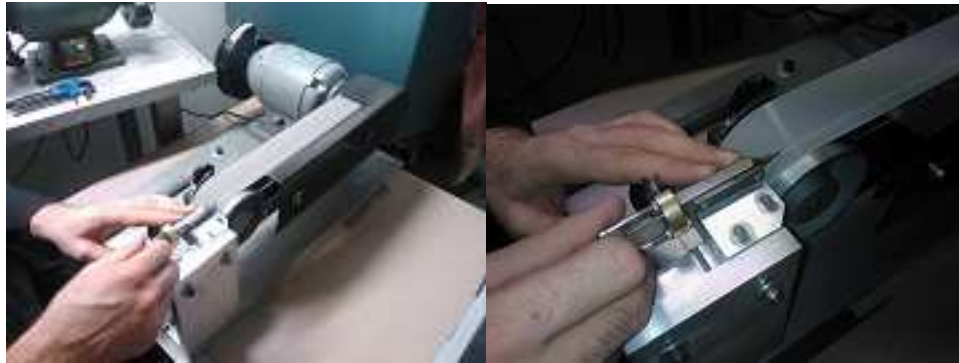
K-piikin valmistuksessa materiaalivalinta määräytyy kahden pääpiirteen mukaan, materiaalin tulee olla jousimainen, mutta ei pehmeä. Lisäksi materiaalin tulee olla sellaista, jota ihmiskeho ei ala hylkiä. Ihmiskehon hylkimisreaktio on käytännössä sitä, että alue tulehtuu ja alkaa märkiä. Suurin osa K-piikeistä valmistetaan ruostumattomasta teräksestä, joko 1.4318 (AISI 301) tai 1.4310 (AISI 302).

Jos K-piikki jätetään luun sisään, eli sitä käytetään implanttina, silloin on käytettävä haponkestävää terästä. Ihmiskehon hylkimisreaktion kannalta AISI 316 on todettu lähes yhtä hyväksi metalliksi kuin titaani. Joskus on käytetty muistimetalliksi luokiteltua mitinol-terästä. Siitä tehdyn maailmanlaajuisen patentin myötä tämän teräksen käyttö on kuitenkin jouduttu lopettamaan. (Karhi 18.12.2013, haastattelu.)

## 4 SUUNNITTELU

### 4.1 Lähtökohta

K-piikkien teroitus hoidetaan Mectalent Oy:ssä käsin (kuva 7), koska aikaisemmin suunnitelluilla koneilla ei ole pystytty säästämään aikaa eikä pääsemään edes lähelle käden tarkkuutta. Kaikki kappaleet ovat siis yksittäin tehtyjä, uniikkeja. Jokainen asiakkaalle lähtevä K-piikki on käynyt samojen työntekijöiden tarkastuksen läpi. He ovat tehneet tätä jo vuosia ja heillä on tähän harjaantunut katse.



**Kuva 7. K-piikkien R50 teroitusta käsin, työntekijä Timo Pikkarainen**

### 4.2 Ongelma.

Taloudellisesti tarkasteltuna K-piikit ovat bulkkituotteita. Lisäksi niiden kate on kilpailtu kauan sitten loppuun ja niiden valmistukseen käytetään aivan liikaa kalliita resursseja niin työntekijä- kuin konekannasta. Jokaisen K-piikin teroitukseen menee yritykseltä kustannuksina 2,71€ ja kappalehinta asiakkaalle on 3€, myyntikate on siis 10 % (hinnat ovat keskihintoja). Tällainen myyntikate on liian pieni yrityksen toiminnan kannalta. Yrityksellä on halua ja motivaatiota kannustaa suunnittelemaan tähän K-piikkien tekoa nopeuttavaa tuotantoa, joka laskisi tuotannon kuluja.

Teroituskoneen tarve on kuitenkin lähtöisin alun perin työntekijöiltä, jotka pohtivat noin 2000 kpl:een sarjan aikana sitä, että miksi ei tätä työvaihetta ole voitu koneellistaa. K-piikkien teroitustarve on vuosittain noin 8000–12000 kpl ja teroitussarjat vaihtelevat 100–3500 kpl eräkokoihin.

Työvaiheena teroitus on työntekijälle haastavin vaihe niin fyysisesti kuin henkisesti. Fyysisesti ongelma on se, että piikkien teroitus on pientä ja tarkkuutta vaativaa



edestakaista useasti toistuvaa liikettä. Henkiset haasteet ovat lähinnä sitä, että jokaiselle piikille on jo tähän mennessä tehty monta eri työvaihetta. Teroitushionnan olisi hyvä onnistua, sillä muuten aikaisemmin tehty työ menee hukkaan. Toinen henkinen haaste on työn yksitoikkoisuus ja pitkäkestoisuus.

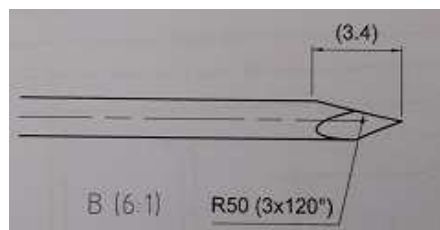
Asiakas saattaa tilata piikkejä suuria määriä kerrallaan, jolloin teroitusta on sen rasittavuutensa vuoksi tekemässä useita työntekijöitä. Jos tämän vaiheen saisi koneellistettua, sillä olisi useita hyviä vaikutuksia kokonaisuutta ajatellen.

Pääasiallinen syy teroituskoneen suunnitteluun on siis työntekijöiden hyvinvointi. Toissijaisena syynä tulevat tuotannolliset ja taloudelliset syyt. Hyötyjen laajuus selviää vasta opinnäytetyön loppuvaiheessa, kun hionta- ja asetusajoista saadaan tulokset.

### 4.3 Haasteet

Mectalent Oy toimittaa 34:tä erilaista K-piikkiä, joista jokainen malli tarvitsee erilaisen kiinnityksen teroituskoneeseen. Jokaisella mallin teroitusliike tulee kuitenkin olla samankaltainen. Tähän on siis valmistettava muuntautumiskykyinen K-piikkien kiinnipitomekanismi, joka suorittaa tehtävänsä yhtä tarkasti kaikilla 34:llä eri kiinnityksellä. Lisäksi sen tulisi olla kätevä käyttää ja nopea asettaa. Piikkien teroitustyyppiä on kolmenlaista,  $20^\circ$ ,  $13,5^\circ$  ja R50 (kuva 8). Kaikkien näiden teroitusta pitää onnistua samalla kiinnityksellä nauhahiomakoneen kulmaa muuttamalla. Piikkien pituusvaihtelu tuo oman haasteensa rakenteen mekanismille, koska piikkien pituudet vaihtelevat 130mm:stä 381mm:n.

K-piikki teroitetaan kolmikulmaiseksi, eli piikkien tulee pyörähtää teroitustyön välissä  $120$  astetta, ja nämä jokaiset kantit tulee olla silmämääräisesti samanmittaisia. Tällöin teroituksen keskeisyys piikin halkaisijan suhteen on tarpeeksi tarkka.



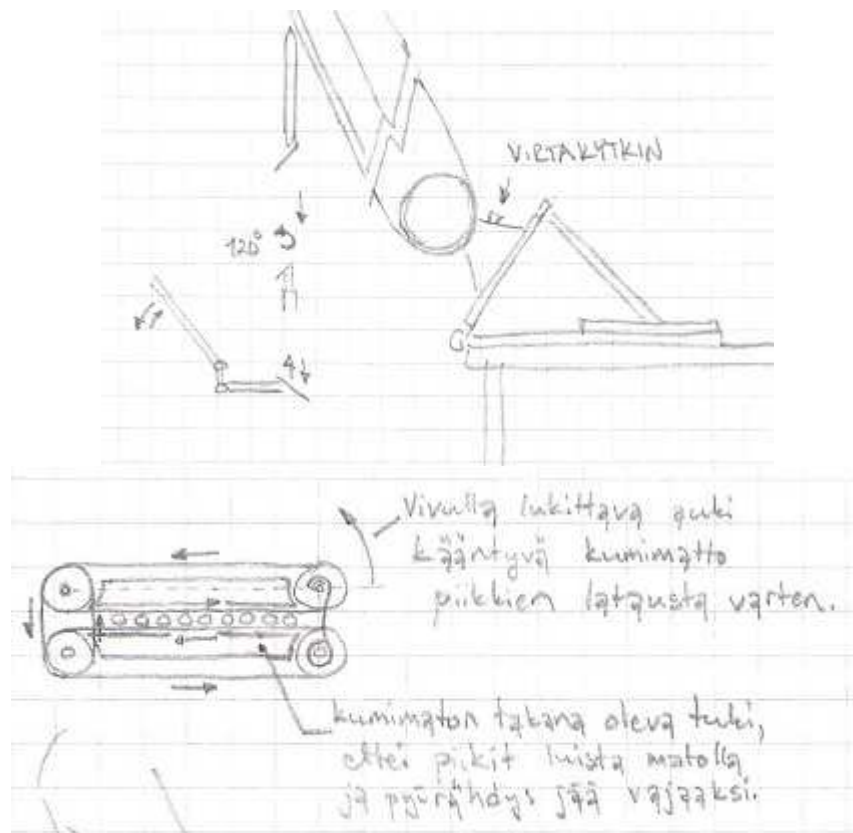
**Kuva 8. K-piikin työpiirustus, r50 teroitus**

## 4.4 Ideointi

### 4.4.1 Brainstorming

Ideoiden dokumentointi alkoi heti opinnäytetyön aiheen valinnan jälkeen, koska alkuinnostus kannattaa käyttää hyödyksi suunnitteluaiheisessa opinnäytetyössä. Päätettiin käyttää ideointitekniikkaa nimeltä brainstorming, suom. aivoriihi. Tässä menetelmässä voidaan esimerkiksi kirjoittaa ranskalaisilla viivoilla kaikki mieleen tulevat ajatukset, tässä tapauksessa hiomakoneen asennosta K-piikkien kiinnitysmetodeihin. Aivoriihessä voi käyttää myös Post it -lappuja, joita on helpompi myöhemmin lajitella omiin kategorioihin. Paperille voidaan piirtää sketsejä merkintöjen sekaan, koska tässäkin tapauksessa kuva voi selittää tuhat ajatusta. (Kettunen 2001, 94)

Aivoriihi tehdään yleensä ryhmässä, mutta tässä tapauksessa ryhmäkoko oli pieni, vain kaksi ihmistä. Ideoita kuitenkin tuli ja niistä saatiin kasattua hyvä lähtökohta suunnittelulle. Aivoriihen kaikki ideat kannattaa arkistoida sillä näkemyksiä voi tarvita myöhemmässä vaiheessa. (Pikkarainen 2012, 24)



**Kuva 9. Suunnittelun alkusketsejä**

Tuloksena tästä aivoriihestä olivat K-piikkien kiinnitysmallit;

- Kumimattojen välissä alapuolista stopparia vasten, piikit pyörähtävät kumimaton avulla (kuva 9)
- Holkki, johon laserhitsattu hammasratas, alavasteena toimii holkin pohja. Piikit pyörähtävät limittäin olevien hammasrattaiden välityksellä, joka toinen toiseen suuntaan.
- Holkki, joka on valmistettu sorvaamalla ja lankasahaamalla hammastus alalaitaan, alavaste erillinen jigissä. Kaikki piikit pyörähtävät samaan suuntaan hammastangon avulla.

Kaikissa vaihtoehdoissa K-piikkien yläpään tuenta lähellä hiomanauhaa tapahtuu teflonista valmistetulla tuella.

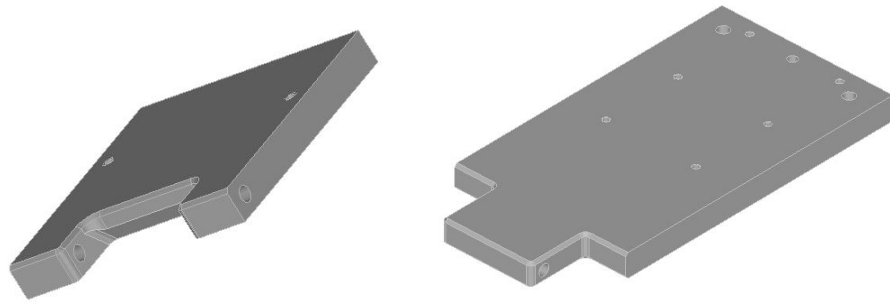
#### 4.4.2 Käytännön seuranta

Käsin hionnassa käytettävät piikkien ohjaimet ja stopparit ovat nerokkaasti suunniteltuja, koska niitä käyttämällä kaikista piikeistä tulee samanmittaisia ja teroitus tulee oikeassa kulmassa joka kerta (kuva 7). Niistä huomaa, että piikkejä on teroitettu lähes kaksikymmentä vuotta. Nämäkään ohjaimet ja stopparit eivät ole ensimmäisiä, jotka tähän käyttötarkoitukseen on suunniteltu. Niitä on hiottu ja tehty uusia, kun on oivallettu jonkun asian voivan olla paremmin.

Timo Pikkaraisen työskentelyä seuratessa K-piikin teroituksen aikana tuli ilmi tärkeä asia. Ainoastaan kaarevassa R50 teroituksessa piikki on oikeassa kulmassa hiomakoneen nauhaa vasten, eli pystyssä. Molemmissa kulmaan teroitettavissa piikeissä hiontasuunta on poikittainen, eli piikki ja hiomanauha ovat 90° kulmassa toisiinsa nähden. Tämän asentovirhe täytyy ottaa huomioon suunnittelussa siten, että kaikki teroitukset tulisivat samoin päin ja oikein, eli pystysuuntaan.

#### 4.4.3 Nivellevy ja pohjalevy

Tarkempi suunnittelu ja piirtäminen oli hyvä aloittaa juuri tuosta kohtaa, miten piikit ovat hiomanauhaan nähden teroitustilanteessa. Aluksi se oli ruutupaperille sketsin piirtoa piikkirivistä ja hiomakoneesta (kuva 9). Sitä kautta pystyttiin hahmottamaan nauhahiomakoneen optimaalinen asento, jotta samalla kiinnityksellä saisi tehtyä molemmat kulmateroitukset ja lisäksi R-teroituksen.



**Kuva 10. Vasemmalla nivellevy ja oikealla pohjalevy**

Kone asettui painonsa suhteen lähelle nivelen keskipistettä, näin eniten rasittuvan kohdan taakka on mahdollisimman pieni. Hiomakoneessa oleva hiomanauhan tuki on mahdollista asettaa eri asentoon, oikean asennon kalibroimista varten valmistettiin asetusmittatikku. Kalibrointi tapahtuu mittaamalla tikulla pöytälevyyn merkatusta kohdasta ylemmän rullan keskelle. Varmistuksen vuoksi merkataan laserilla asetusmitan pituus selvästi isoilla tikkukirjaimilla pöytälevyyn, jos mittapala menee esimerkiksi muuttaessa hukkaan.

Nivellevyn ja pohjalevyn (kuva 10) yhdistää nivel ruostumattomasta halkaisijaltaan 6mm olevasta jousilangasta (AISI 304). Pöytälevy ja nivellevy ovat työkalualumiinia (EN AW 6082 T6). Akseli tulee kiinni yhdellä kannattomalla M5 lukitusruuvilla pöytälevyn keskeltä. Nivellevyyn tulee öljy/rasvausreiät akselin kohdalle yläpintaan. Nivellevy on samalla hiomakoneen pohjalevy, jolla säädetään hiomakoneen kulma. Tämä tapahtuu nivellevyn ja pöytälevyn välissä olevalla varrella. Varsi on mahdollista asettaa kolmeen asentoon; 13,5°, 20° ja R50. Näille asennoille tehdään lasermerkkaus kirjoittaen joko astekulma tai R50 selvästi isoilla tikkukirjaimilla pöytälevyyn asentokohdan vierelle.

#### 4.4.4 K-piikkien teline

Aluksi luonnosteltiin paperille piikkien kantaosa. Piikit tulisivat pyörähtämään kantaosan kiinnityksestä. Kiinnityksestä tuli samalla alavaste piikkien tarkkaa pituutta varten. Ensimmäisenä aivoriihen listalla oli kumimattoversio. Piikkien viereen kumimattoa pyörittämään tulisi vipuvarrella liikkuva hammastanko. Piikkien teroitus on kolmikulmainen ja jokaisen särmän tulee olla yhtä suuri. Kumimaton ongelma on se, miten saisi pitävän ja tarkan pyörähdysen aikaiseksi? Maton taakse tulee laittaa tuki, jotta kaikki piikit pyörähtävät samanaikaisesti. Kumimaton ja tuen väliin syntyy

pyörähdysliikkeestä kitkaa. Kitkan syntyminen maton ja tuen välissä tulee minimoida, jotta kumimatto luistaisi pyörähdysten aikana tuen päällä. Piikkien kiristyksestä tuleva paine edistää kitkan syntymistä. Ongelmana voi olla rasvan meneminen väärälle puolelle mattoa ja se voisi aiheuttaa piikkien luistamista. Piikkien luistaessa  $120^\circ$  kulma ei toteudu. Vaihtoehtoisesti kumimaton tukipinta voisi olla jotain liukasta kuten esimerkiksi teflonia.

Millä maton saisi pyörähtämään? Päätyrulla voisi olla alapäästään hammasratas jota sitten pyörittäisi hammastanko tai hammasratas. Ja sen jatkeena mekanismi, jota ohjataan kädellä, ja myöhemmin ehkä sähköohjattuna versiona. Molemmilla puolilla olevat kumimattojen liikkeet täytyy synkronoida toisiinsa. Tämä onnistuu yhdistämällä matot kiilahihnalla. Sillä saadaan aikaan pyörähdysliike joka on vastakkaissuuntainen molemmissa matoissa. Näin kaikki piikit pysyvät samassa kohti koko teroituksen ajan.

Piikkien sivuttainen liikkuminen ei teroituksen aikana ole kovin haitallista. Hiomanauhan leveys on 50mm, joka rajoittaa kerralla teroitettavien piikkien kapasiteettia. Maton toiseen päähän tulee mekanismi, joka pyöräyttää piikkiä  $120^\circ$  astetta. Ja toiseen päähän mekanismi, joka jatkaa pyörähdysliikkeen vastapäätä olevalle matolle. Kumimattojen toiseen päähän tulee nivel avaamista varten, että piikit on helpompi asettaa paikalleen teroituksen ajaksi. Toiseen päähän tulee vipulukko, joka toimii lukituksen ja kiristimenä.

Kumimattoversio tuli tässä vaiheessa tiensä päähän. Sen piirustuksissa havaittiin muuta mekanismeja rajoittava ja valmistamista vaikeuttava yksityiskohta. Piikin paksuuden vaihtuessa 0,8mm:stä (ohuin) 3,4mm:iin (paksuin) pyöräytysmekanismin tulee muuttua sen mukana. Ohuimman piikin pyörähtäessä  $120^\circ$  astetta, samalla kädenliikkeellä paksuin piikki pyörähtää vain 23.6 % tarvitusta määrästä.

Kumimaton etuna mainittakoon, että piikkejä mahtuu vierekkäin enemmän kuin hammasrattailla pyörähtäviä piikkejä. Kumimatolla piikkejä voi olla 12 – 25kpl kerrallaan, ja hammasratas -versiossa piikkejä mahtuu hiomanauhalle 7kpl. Siitä syystä tämä jäi vielä suunnittelupöydälle, eikä mennyt suoraan roskiin.

Ensimmäinen hammasratasversion suunnittelu alkoi tästä. Molemmat hammasrattailla toteutetut ratkaisut vaikuttivat tässä vaiheessa paremmalta ratkaisulta. Hammasrattaiden

ulkohalkaisija ei muutu, vaikka piikin halkaisijaa sen sisällä muuttaisi. Tässä versiossa ei kohdata edellisen version ongelmaa. Suunnitelmaa alettiin tehdä 3,4 millimetriä paksun K-piikin ympärille, koska siitä paksummaksi eivät piikit muutu. Piikin alapäähän piirrettiin kiristysholkki, jonka alareunaan hammastus. Tästä kokonaisuudesta tuli päähalkaisijamittana kuusi millimetriä. Jakohalkaisijaksi tuli 5.5mm jolloin piikkejä mahtui vierekkäin seitsemän kappaletta riippumatta siitä kuinka paksuja piikkejä teroitetaan.



**Kuva 11. Kiristysholkki**

Vaihtoehtoisesti piikit voisivat pyörähtää kolmannen aivoriihestä tulleen version mukaan hammasrataskiinnikkeessään hammastangon avulla. Silloin jokainen piikki pyörähtäisi samaan suuntaan. Välys on pienempi, koska se tulisi jokaiseen hammasrattaaseen ensimmäistä kertaa. Piikin pyörähdysliike on tällöin tarkempi. Piikkejä mahtuisi tässä vähemmän maton leveyteen.

Asetettaessa piikit laitetaan yksi kerrallaan holkkeihin ja varmistetaan, että ne vastaavat pohjaan kunnolla. Kiinnitysholkit painetaan lukkoon levyllä, joka lukitaan vivulla alas. Levy pysyy alhaalla koko teroituksen ajan. Holkkien ja painolevyn välinen kitka minimoidaan aluksi pelkällä rasvalla, myöhemmin siihen voi kehittää joko laakerointia tai liukulaakerointia.

Holkkien lisäksi piikkijigiin tulee teroitettavaa päätä lähellä olevat teflonista (PTFE) valmistetut tuet. Ne estävät piikkiä taipumasta poispäin hiomanauhasta. Teflonin yksi pääominaisuus on sen liukkaus. Tämä edesauttaa piikin pyörähtämistä teroitusliikkeen välissä. Teflon kestää myös hyvin kuumuutta, koska piikit kuumenevat teroituksen

aikana. Tästä syystä ei esimerkiksi muovia voi käyttää, koska se sulaisi tässä tapauksessa.

#### 4.4.5 Päätöksiä

Nämä tähän saakka paperille saadut ideat ja visiot esiteltiin ohjaustiimille. Ohjaustiimiin toimeksiantajan puolelta kuului Pasi Niemelä (työnjohtaja), Tapio Harila (toimitusjohtaja), Timo Pikkarainen (työntekijä). Yhdessä päädyttiin hammastankomalliin, jossa piikit pyörivät toisiinsa nähden samaan suuntaan. Tämän mallin on mahdollista olla tarkempi näistä kahdesta hammasratas vaihtoehdoista. Kumimattoversiota ja hammasrattaita limittäin -versiota ei kokeilla, mutta näihin palataan, jos hammastankoversio ei jostain syystä toimi.

Aluksi valmistetaan kahden millin piikeille sopivat kiristysholkit, ja niiden ympärille hammastangolla pyöräyttävä mekanismi. Mekanismin tulee toimia siten, että kun piikkejä työnnetään ylöspäin teroitusta kohti, piikit pysyvät paikallaan tiukasti. Kun taas piikkejä lasketaan alas jäähtymään, niiden tulee pyörähtää  $120^\circ$ . Hammastangon liike laskettiin hammasrattaan jakohalkaisijasta (5.5mm) kaavalla nro1. Liikkeen pituudeksi saatiin 17.28mm.

Holkkikantaa laajennetaan eri halkaisijamittoihin tulevien tilausten perusteella. Tilaukset ovat aina tiedossa vähintään kahta viikkoa ennen, joten uuden jigien valmistukselle on hyvästi aikaa. Hammasratasaihioita valmistetaan varastoon, koska lankasahaus on hitain toimenpide jigien valmistuksessa.

#### 4.5 Laskelmat

Vuoden aikana (8/2012 - 8/2013) oli toimitettu asiakkaille kaiken mallisia K-piikkejä yhteensä n. 8200 kappaletta. Teroitustapahtumasta otettiin aikaa. Kyseessä olevan mallin asetukseen meni 30 minuuttia. Joissakin malleissa asetus kestää n. 45 minuuttia, toisissa 15 minuuttia. Itse teroitukseen menee myös eri aikoja johtuen piikkien paksuudesta. Halkaisijaltaan paksummat piikit ovat hitaampia teroittaa kuin ohuemmat. Teroituksesta otettu aika oli 1 minuutti ja 6 sekuntia, piikin vahvuus 2mm. Tätä voimme käyttää keskiarvona laskelmissa.

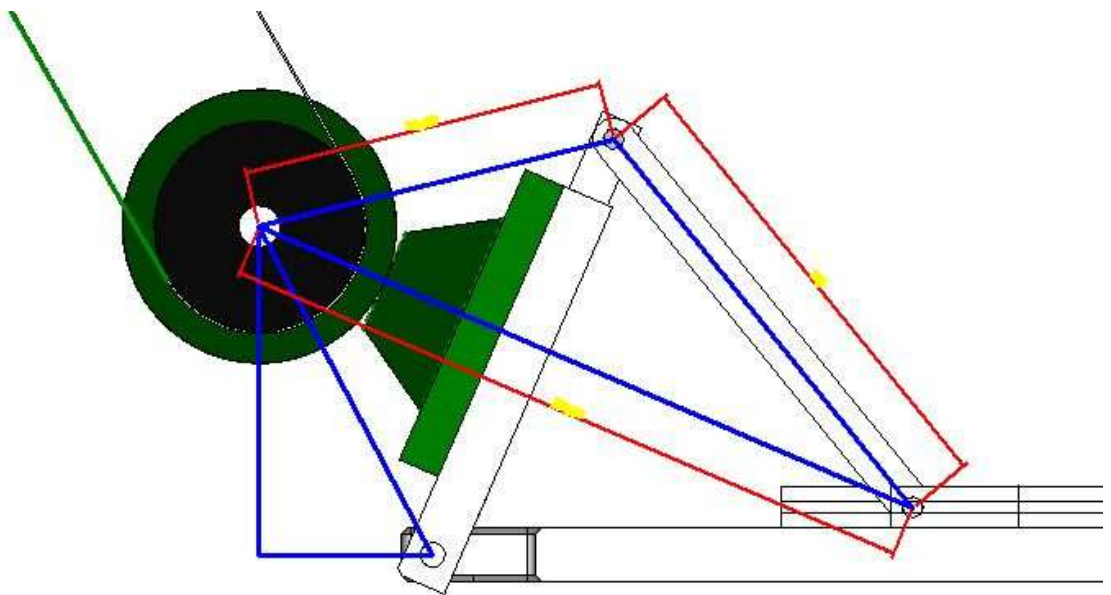
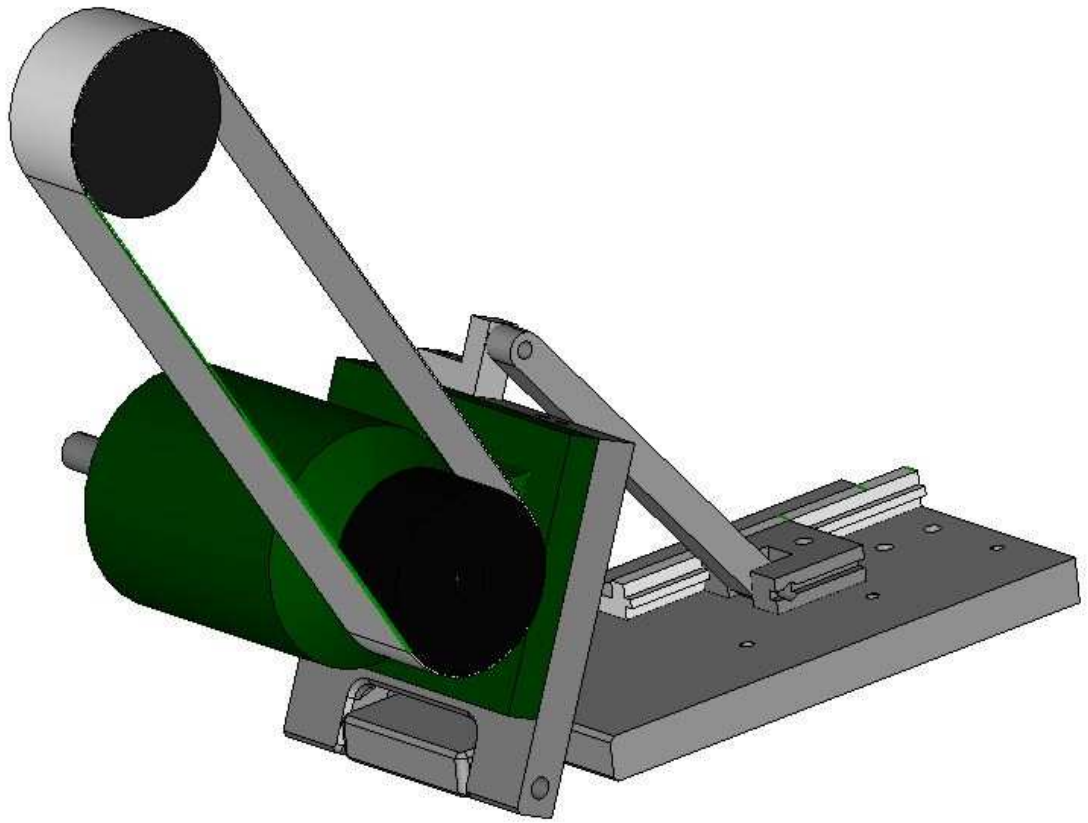
Teroituskoneen rakenteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon hiomakoneen painosta ja värinästä aiheutuvat rasitukset. Tätä varten hiomakone punnittiin ja laskettiin sen vaatimat lujuudet rakenteelle ja nivelille. Värinästä aiheutuva rasitus kuluttaa rakenteen niveliä ja akseleita eniten. Niihin kohtiin täytyy tehdä mahdollisimman tarkat liitokset. Liitokset voivat olla myös tarpeen tullen vaihdettavia. Värinän vaimentimina yleisesti käytettävät kumitassut toimisivat parhaiten. Tässä tapauksessa niitä ei voi käyttää mittatarkkuuden heikkenemisen takia.

#### 4.6 Mallintaminen

Teroituskoneen suunnittelussa käytetään piirto-ohjelmana Bentley'n Microstation V8i-ohjelmaa. Koneen osat piirretään ohjelmalla ensin 3D-malliksi (kuva 12). Työpiirustukset tulostetaan 3D-malleista, joista osat valmistetaan tuotannossa. Tämän lisäksi tehdään valmistettavista osista osaluettelo. Siitä selviää kaikkien osien kohdalta kokoonpano, materiaali ja montako kappaletta tarvitaan. Osaluettelosta on helppo seurata mitä on vielä tekemättä. Osaluetteloon merkataan myös ruuvit ja aluslaatat. Niitä ei valmisteta itse, mutta ne kirjataan luetteloon, koska ovat osa kokoonpanoa.

Kokoonpanoa varten tehdään erilliset kokoonpano-ohjeet. Ne sisältävät kokoonpanopiirustukset, tarkat ohjeet kiristysmomenteista ja käytettävistä osista. Ohjeessa kerrotaan jokainen osa ja kasauserjestys erikseen. Näiden ohjeiden perusteella kuka tahansa pystyy kasaamaan laitteen ilman erillistä opastusta.





**Kuva 12. Pelkistetty 3D-malli kokonaisuudesta**

## 5 VALMISTUS

Opinnäytetyötä varten on varattu yksi käytetty nauhahiomakone (kuva 13). Ympäri on tarkoitus valmistaa runko mekanismille ja jigi K-piikeille. Nauhahiomakoneen toisessa päässä on valmiiksi alumiininen rulla, joka on tarpeeksi kova vaste hiontatapahtumalle. Rullan halkaisija on 100mm, jolla saa tehtyä joidenkin piikkimallien teroituksessa vaaditun R50 kaaren.

Kun laite on valmistunut kokoonpanosta, se ruuvataan kokonaisuudessaan kiinni metallirunkoiseen pöytään. Pöydässä on säädettävät jalat hyvää työergonomiaa varten. Kaikki koneeseen tarvittavat osat voidaan valmistaa itse Mectalent Oy:n tuotannossa eikä ulkopuolisia alihankkijoita täten tarvita. Teroituskone kasataan kokoonpanossa ja testataan sen jälkeen työntekijöiden toimesta. Osien valmistamista varten on varattu kolme erilaista koneyksikköä, työstökeskus RoboDrill T14iA (kuva 14), lankasaha Fanuc  $\alpha$  OC (kuva 16) ja manuaalisorvi Harrison VS330TR (kuva 15). Materiaalina on käytössä 6082 T6 alumiini, PTFE teflon ja AISI 304 ruostumaton teräs. Ruuvit, mutterit, aluslevyt ja muut pientarvikkeet löytyvät Mectalentin kokoonpanosta, ja ovat käytössä kokoamista varten.



**Kuva 13. Nauhahiomakone**

### 5.1 Ohjelmointi

Konepajan tuotanto toimii siten, että asiakkaalta tulee 3D-malli kokoonpanosta ja työpiirustukset tuotannonohjaukseen. Työnjohtaja ja tuotannonohjaaja jakavat työt oikeille koneille ne valmistettaviksi. Tässäkin tapauksessa toimittaisiin samalla tavalla, jos valmistettavat osat tilattaisiin alihankkijalta. Osat voidaan valmistaa itse joten kuvat tulevat suoraan valmistavalle koneyksikölle ja koneistajalle.

Ohjelmointiohjelmia on useita. Ohjelman valinnalle voi olla yrityksellä monia eri perusteita esim. hinta, monipuolisuus ja laajennettavuus. Mectalent Oy käyttää

työstökeskuksille ohjelmoitaessa MasterCam-ohjelmaa, josta on tällä hetkellä X6-versio käytössä. MasterCamilla voi myös tarvittaessa piirtää alkeellisia 3D-malleja. Asiakas on voinut jättää 3D-mallin toimittamatta tuotannonohjaukseen. Tällöin koneistaja piirtää itse mallin, ja tekee siitä työstöradat. Tämä käytäntö toimii hyvin yksinkertaisiin kappaleisiin.

Ohjelmointi tapahtuu 3D-mallin mukaan työpiirustuksen toleransseja noudattaen. Nykypäivänä työpiirustukseen merkataan vain olennaiset mitat ja toleranssit, ja kaikki muut mitat löytyvät 3D-mallista. Työstöratojen ohjelmointi aloitetaan aina siitä, että mietitään miten kappale voidaan valmistaa. Usein kappale joudutaan kiinnittämään työstettäväksi toiseen vaiheeseen. Tämän takia täytyy miettiä, miten päin kappale voidaan koneistaa. Koneistaminen aloitetaan aina siten, että myös toisen vaiheen kiinnitys on mahdollinen varsinkin jos kappaleessa on pyöreitä tai viistoja muotoja. Osassa täytyy kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin, jotka vaikuttavat koneistuksen kulkuun:

- Ohuet seinämät, aiheuttaa värinää ja pinnan huonolaatuisuutta
- Pyöreät muodot, vaikeuttavat seuraavan vaiheen kiinnitystä
- Syvät poterot, jos ei saa jäähdystystä kunnolla, terä voi katketa
- Toleranssit, jos mahdollista, aja samalta puolelta kaikki toleroidut mitat
- Sivulta tehtävät muodot, reiät tai viisteet, mieti miten saat mitattua kappaleen nollapisteen uudestaan kun käännät kappaleen pystyyn.

Osien valmistukseen käytetään RoboDrill T14iA työstökeskusta. Nimensä mukaisesti se on alun perin tarkoitettu porauksiin, mutta sen on havaittu kestävänsä hyvin myös alumiinin tai muovin työstöä. Aihiot suunniteltuihin osiin sahataan metallisirkkelillä alumiinilevystä. Levyn koko on 1200mmx500mmx25mm tullessaan toimittajalta. Paksuus levyissä vaihtelee tarpeen mukaan 5mm:stä 25mm:n.

NC-ohjelmointi on viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana käynyt suuren muutoksen käsin ohjelmoinnista ja alkeellisista 2D Cam-ohjelmista moniulotteisiin 3D Cam-ohjelmiin. Mectalentin käyttämä MasterCam-ohjelma on tarpeen tullen laajennettavissa jopa 5-akseliseen ohjelmointiin. Käyttöliittymä ohjelmassa on helppo ja siihen on siitä syystä helppo tutustua uudenkin käyttäjän.

Ohjelmansiirtoon on mahdollista käyttää monia eri tapoja. Alkeellisin lienee tässä tapauksessa muistikortti, joka on noin luottokortin kokoinen fyysisiltä mitoiltaan ja

muistikapasiteetiltaan se sisältää 256kB. Uudemmat työstökeskukset, kuten RoboDrill T21 iEL, voidaan kytkeä kiinni tietokoneeseen ulkoisena kovalevynä. Tiedonsiirto on kaksisuuntaista, nopeaa ja tapahtuu normaalia RJ45-kaapelia käyttäen. Vanhemmat, kuten RoboDrill T14iA, käyttävät sarjakaapelia tiedonsiirtoon. Sarjakaapeli vastaa lähinnä vanhanmallista tulostinkaapelia. Tiedonsiirto on tässäkin tapauksessa kaksisuuntaista, mutta hidasta.

Yleensä näissä vanhemmissa koneissa muisti on rajallinen, joten kovin vaikeita ja pitkiä ohjelmia ei voi koneelta ajaa. Silloin työstökeskusta ohjataan suoraan tietokoneelta. Näin tehdään harvoin, koska tämä tapa sisältää riskejä. Esimerkiksi jos tiedonkulku katkeaa jostain syystä, voi työstökeskus ajaa kolarin pöytään, penkkiin tai kappaleeseen. Kolari voi aiheuttaa remontin ja silloin tuotanto pysähtyy sen koneen osalta. Tällainen riski on olemassa aina kun ohjelmoidaan uutta ohjelmaa tai työstetään proto-osia. Silloin on kyse inhimillisestä riskistä, työntekijän itse tekemästä virheestä. Tämän kaltaiset riskit voidaan minimoida työrauhalla, koulutuksella ja kokemuksella.

## 5.2 Koneistus

Alumiinin koneistus on RoboDrill (kuva 14) työstökeskuksella nopeaa. Tehot riittävät sopiviin lastunpaksuuksiin (0,05-0,2mm) kierrosten ollessa täydet 8000rpm. Pinnan tasaisuudesta ei tässä tapauksessa tarvitse huolehtia. Kokemusperäisen tiedon mukaan työstökeskuksella saadaan 0,8 Ra-arvon pintaa yrittämättä. Tämä tietenkin vain silloin, kun terät ovat ehjät ja tarkoituksen mukaiset. Työstöarvot voi alumiinissa asettaa välille 150 – 250 m/min. Lastuamismesteen on oltava oikeanvahvuista ja sitä on oltava tarpeeksi itse työstötapahtumassa. Lastuamismesteellä on pääasiallisena tarkoituksena lastunpoisto ja jäähdytys. Toissijainen tarkoitus on lastujen vienti lastukaukaloon tai lastunkuljettimelle.



**Kuva 14. RoboDrill työstökeskus**

6082 alumiinin koneistaminen on yleensä helppoa, koska materiaali ei muuta muotoaan koneistuksen jälkeen. Siitä voidaan valmistaa pitkälläkin välillä olevia mittatarkkoja osia. Esimerkiksi Mectalentin valmistama pohjalevy röntgenmittalaitteeseen, jossa kahden reiän välimatka on 325mm ja toleranssi  $+0,02 - +0,06\text{mm}$ . Tähän mittaan vaikuttaa useat seikat. Lastuamismesteen täytyy pystyä pitämään koneen lämpötila  $21^{\circ}$ :ssa. Jos työstökeskuksen lämpötila nousee esimerkiksi  $26^{\circ}$ :een ja kappale mitataan mittahuoneessa jossa on  $21^{\circ}$  Celsiusta, niin vääristymä mitassa on noin 0,2mm. Kappale on silloin hylky, eli susi.

K-piikkien kiinnitysholkit valmistetaan aluksi manuaalisorvilla, jossa tehdään reikä piikille, ja hammaspyörälle aihio. Hammastus valmistetaan lankasahalla, jolle tehdään tappijigi työstökeskuksella. Tällä tavoin saadaan tarkkuus vaaditulle tasolle, reiän ja hammastuksen keskeisyys täytyy olla 0,02 mm toleranssissa.



**Kuva 15. Harrison manuaalisorvi**

Lankasahaukseen käytetään siihen erikoistunutta ammattilaista, virheiden ja vahinkojen välttämiseksi. Vaikka RoboDrill ja RoboCut näyttävätkin samanlaisilta, on käyttö ja asetus aivan erilaista. Lankasahan toimii samalla periaatteella kuten kaikki kipinätyöstökoneet. Sahattavan materiaalin tulee johtaa sähköä. Sahaukseen käytettäviä lankoja on eri paksuisia 0,16mm lähtien. Tässä tapauksessa käytämme 0.2mm lankaa, eli minimi pyöristys sisäpuolisissa terävissä nurkissa on 0.2mm. Lanka syötetään kahden suuttimen välistä NC-ohjelmoitua rataa pitkin. Lankaan ja kappaleeseen johdetaan eri varauksella olevat jännitteet, jotka kipinätyöstön periaattein polttaa materiaalia edestään ja tehden halutun muodon kappaleeseen.

Hammasrattaat voi valmistaa joko moduulijyrsimellä, jolloin tilausmäärän tulisi olla suuri. Tällaisen prototuotteen ollessa kyseessä lankasaha on tarkoitukseen juuri sopiva. Kipinätyöstö tapahtuu aina veden alla, koska kipinäintiin liittyy paloturvallisuusriski. Lankasahat ja kipinätyöstökeskukset ovat kaikki varustettu suurella vesisäiliöllä, joka täyttyy ennen kuin kipinäinti alkaa.



**Kuva 16. Robocut lankasaha**

### 5.3 Mittaus

Valmistuneet kappaleet mitataan aina ensin silmämääräisellä tarkistuksella. Työstöstä aiheutuneet jäysteet poistetaan, ettei siirryttäessä tarkempaan mittaukseen tule niiden takia mittavirheitä. Mittaukseen käytetään työstökeskuksella erilaisia mittavälineitä, riippuen mitattavasta kohteesta. Yleensä mittauksiin riittää pelkkä työntömitta. Sisäpuoliset toleroidut mitat täytyy mitata reikämikrometrillä, koska työntömitalla voi

mitata sisäpuoliset mitat helposti virheellisesti. Joissakin tapauksissa tarvitaan mittapalasarjaa. Kierteet tarkastetaan kierretulkeilla tai kierremikrometrillä. Kappaleissa voi olla myös sellaisia sisäpuolisia mittoja toleroitu, joita ei pääse mittaamaan millään mittalaitteella suoraan. Silloin täytyy sahata kappale kahteen osaan halki oikeasta kohdasta, jotta voidaan todeta koneistuksen onnistuminen.

Mittauksen tarkoitus on todeta kappaleen mahdollisuus olla hyvä, eli työpiirustuksen mukaisessa toleranssissa. Tämän toteamuksen jälkeen kappale kuitataan valmiiksi ja lähetetään pesuun ja sitä kautta joko pakkaukseen tai kokoonpanoon. Jos asiakas vaatii, voidaan täyttää mittapöytäkirja ja joissakin tapauksissa tarvitaan 3D-mittalaitetta vaativiin mittauksiin.

#### 5.4 Kokoonpano

Nauhahiomakone tulee suunnitelmassa kiinni nivellevyyn, joka kiinnitetään pöytälevyn kautta pöytään. Osia asentaessa paikalleen tehdään muistiinpanoja samanaikaisesti. Muistiinpanoissa luetellaan osissa havaitut virheet, muutosten tarpeet ja mahdolliset uudet osat. Tämä on käytäntö kaikissa ensimmäistä kertaa kokoonpantavissa osissa. Kokoonpanon jälkeen tarkastetaan sitä varten tehdyllä mittapalalla, että hiomanauhan kulma on oikea ja kalibroidaan se.

Muistiinpanot tarkastetaan ja todetaan tarvitseeko tehdä valmistetuissa kappaleissa mainittuja muutoksia. Tarkistetaan myös lista osista, joita kokoonpanoon on mennyt. Näiden mukaan tehdään reklamaatio suunnittelijalle.

#### 5.5 Testaus

K-piikin teroituskone tulee Mectalent Oy:n tuotannossa olemaan tulevaisuudessa käytössä jatkuvasti. Koneen toimivuuden testaus on vasta alku tuotekehitykselle, joka tapahtuu tulevina vuosina.

Laitteen valmistus ja testaus siirtyy tuotannossa olevien kiireiden takia myöhempään ajankohtaan. Yrityksen johto on odottavalla kannalla hiomakoneen testauksen osalta.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli suunnitella laite, jolla saataisiin K-piikkejä teroitettua nopeammin ja yhtä tarkasti kuin nyt. Tavoitteeseen sisältyy kaksi vaihetta, suunnittelu ja todentaminen. Opinnäytetyön alkuvaiheessa tuli selväksi, että kirjallista materiaalia oli aiheesta vähän tarjolla. Käytössä oleva tieto pohjautuu suurilta osin kahteen haastatteluun. Historian osalta jouduttiin turvautumaan Internet-hakuihin, toisessa haastattelussa ilmenneen vinkin (AO-koulukunta) perusteella. Opinnäytetyön painopiste oli kuitenkin suunnittelussa, ja siinä onnistuttiin täydellisesti. Teroituskoneen valmistus, kokoonpano ja testaus jäivät puuttumaan tästä kirjallisesta opinnäytetyön osiosta. Ne tullaan toteuttamaan kun siihen löydetään sopiva aika tuotannosta.

Aivoriihessä saatiin hienoja ideoita paperille, ja niistä oli hyvä lähteä jatkamaan mallin hiomista viimeiseen muotoonsa. Nyt mallin ollessa valmistettavissa on todettu tuotannon olevan niin kiireinen, ettei tällä hetkellä laitteen osia ehditä tekemään. Laitteen piirustuksiin ja 3D-malliin kuitenkin luotetaan yrityksessä, ja laite valmistetaan testattavaksi jossakin vaiheessa. Laitteen testauksen jälkeen tuotetta tullaan kehittämään ja suunnittelemaan sitä automaattisemmaksi. K-piikin eri halkaisijamitoille luodaan jiggit sitä mukaa kuin niitä tarvitaan.

Kuten jo edellä mainitsin, laitteen toimintaa ei ehditty kiireisen aikataulun vuoksi todentaa. Mutta laitteen tuotantolupa on saatu, ja osa piirustuksista odottaa jo tuotannonohjauksessa asiakaskiireiden hellittämistä. Opinnäytetyön ohjaustiimi, Pasi Niemelä (työnjohtaja), Tapio Harila (toimitusjohtaja), Timo Pikkarainen (työntekijä), odottavat mielenkiinnolla valmiin tuotteen ensitestausta ja raportti laitteen toiminnasta järjestetään opinnäytetyön ohjaajalle jälkikäteen.



**LÄHTEET**

Karhi, Olli, Kirurgian erikoislääkäri, Mectalent Oy. Haastattelu 18.12.2013.

Kettunen, Ilkka 2001. Muodon Palapeli. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Mectalent Oy 2013. Mectalentin tarina. Hakupäivä 4.4.2014.

<<http://www.mectalent.fi/fi/yritys/mectalentin-tarina/>>

Pikkarainen, Ari, Konstruktio tekniikan perusteet -kirjatentti, Luentomateriaali,

Pikkarainen, Timo, Työntekijä, Mectalent Oy. Haastattelu 18.12.2013

Potilasvakuutuskeskus 25.2.2014, hakupäivä 4.4.2014

<<http://www.pvk.fi/templates/vinha/services/download.aspx?fid=304935&hash=46bc6b69167ed9cb836b4b7bdcffd23204f99b841e819c10a333c7744695e567>>

Willenegger, Hans, 1998, AO-koulukunta, hakupäivä 8.4.2014

<<http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-3-70-912920-6>>

**LIITELUETTELO**

- Liite 1. Tuotteen rakennekaavio
- Liite 2. Excel-tilukko, K-piikit
- Liite 3. Excel-tilukko, osaluetelo
- Liite 4. Esimerkki työpiirustuksesta

## Liite 1. Tuotteen rakennekaavio

mectalent

Työmääräin  
ERÄ nro: 21524

9.4.2013

Sivu: 1

Nimike: T002782

Määrä: 30 kpl  
60

rev.C

B-IP-2004 Arthroscopic K-wire 2,0 mm

Bioretec Ltd

HYV.

## Instrumentit kokoonpano

Aloitus 16.04.13 Lopetus 16.04.13

Kappaleaika: 5 min

1.INSTRU VALMISTUNUT MÄÄRÄ: PVM:

TEKIJÄN KUITTAUS:

KATKAISU	62 kpl	11.4.2013	
PÄÄN PYÖRISTYS	62 kpl	11.4.2013	
KIILLOTUS TAI RUMMUTUS	62 kpl	12.4.2013	(Rummutusohje MEC-1014)
OIKOMINEN	62 kpl	12.4.2013	
TEROITUS	61 kpl	16.4.2013	
PEITTAUS SHAPPO 3)	61	16.4.2013	(Peittausohje MEC-1012 - PEITTAUS)
MERKKAUS UÄ-PESU u)	50	10.12.2013	(Pesuohje MEC-1004- ultraäänij)
LOPPUTARKASTUS			(Lopputarkastusohje)

Materiaali:

Nimitys

Tarve / kpl Kok.tarve Yks.

Työmääräimeen jälkikäteen tehtävät merkinnät tai kommentit on kuitattava nimikirjaimilla ja pvm:llä tekijän toimesta!

## Liite 2. Excel-taulukko, K-piikit

kpl	PITUUS	HALKAISIJA	ASTEKULMA	r50
1	205	3.4	20	
2	200	3.4	20	
3	200	2.5	20	
4	381	1.5	13.5	
5	170	1.5	13.5	
6	209.5	1.5	20	
7	169.5	1.5	20	
8	209.5	2	20	
9	169.5	2	20	
10	169.5	2	20	
11	169.5	1.5	20	
12	205	2.5	20	
13	150	0.8	13.5	
14	300	0.8	13.5	
15	130	1.6	13.5	
16	260	1.6	13.5	
17	130	2	13.5	
18	260	2	13.5	
19	130	2.8	13.5	
20	130	3.2	13.5	
21	150	1.25	13.5	
22	150	1.6	13.5	
23	130	1.5	13.5	
24	150	1.25	13.5	
25	150	1.6	13.5	
26	300	1.6	13.5	
27	240	1.6	13.5	
28	300	1.6	13.5	
29	300	1.6		X
30	200	1.5		X
31	200	2		X
32	162	2		X
33	150	1.5		X
34	150	2		X

Liite 3. Excel-taulukko, osaluettelo

Item Number	Description	Dimension	Pcs	Material	Further Material Information	Part	Produced Self	Subcontractor	Pcs. per Product
NIMIENUMERO	NIMIKEEN KUVAUS	DIMENSIO	KPL	MATERIAALI	MAT. TARKEMPI KUVAUS	OSA?	VALMISTETAAN ITSE	ALHANKKUALTA	MAARA
100100	Pohjalävy	200x200x20	1	AL6082	AL6082	X	X		1
100101	Akseli	225x12	1	RST	RST	X	X	X	1
100102	Mutteri	M12	2	RST	Nyloc	X		X	2
100103	Aluslaatta	A12	2			X		X	2
100104	Pöytälevy		1	AL6082	AL6082	X	X		1
100105	Astekulumalevy	60x60x20	1	AL6082	AL6083	X	X		1
100200	Holikki	35X10	10	RST	RST	X	X		10
100201	Rataa/hammastanko		1			X		X	1
100202	Holkkituuli	100x50x20	1	AL6082	AL6082	X	X		1
100300	tuki-pohja	60x30x20	1	PTFE	PTFE	X	X		1
100301	tuki-karsi	60x30x20	1	PTFE	PTFE	X	X		1
100302	tuki-salpa	20x40x2	1	RST	RST	X	X		1

## Liite 4. Esimerkki työpiirustuksesta

