

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Saku Hellman

**SPIRAALIVASTUKSEN VALMISTUKSESSA MANUAALISESTI SUORITETTAVAN  
TYÖVAIHEEN OSITTAINEN AUTOMATISOINTI**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2006

Lehtori Kari Järvinen  
Laatupari Oy, toimitusjohtaja Esko Hiltunen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaatio  
Hellman, Saku

Spiraalivastuksen valmistuksessa manuaalisesti suoritettavan  
työvaiheen osittainen automatisointi  
31 sivua + 16 liitesivua  
Lehtori Kari Järvinen  
Laatupari Oy, toimitusjohtaja Esko Hiltunen  
  
Automatisointi, lämpövastus

Tutkintotyö  
Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Syyskuu 2006  
Hakusanat

## TIIVISTELMÄ

Tutkintotyöni aiheena oli spiraalivastuksen valmistuksessa manuaalisesti suoritettavan työvaiheen osittainen automatisointi. Vastusspiraalin valmistuksessa yksi vaihe on tuottanut vaikeuksia. Kun vastuslanka on kelattu sorvilla spiraaliksi, siihen pitää tehdä noin neljän senttimetrin mittainen suora osuus tietyin välein. Suoran osuuden kohdalle asetetaan kannatinpala. Spiraalin suoristus on aiemmin tehty pihdeillä käsin taivuttamalla. Tämä on hidasta, rasittaa työntekijöiden käsiä ja tuloksen laatu vaihtelee. Tämä työvaihe haluttiin ainakin osittain automatisoida. Tarkoitus oli suunnitella laite, jolla suoristus saadaan tehtyä helposti. Aluksi keksittiin erilaisia ideoita, miten laite voisi toimia. Toteutustapaan ei vielä keksimisvaiheessa puututtu. Ideoista tehtiin karkeita luonnoksia ja niistä valittiin toteutuskelpoisin, jota alettiin kehittää tarkemmin. Laitteesta suunniteltiin koeversio, jolla piti testata toimiiko idea käytännössä. Tässä vaiheessa toimintaperiaate muuttui. Uuden idean pohjalta suunniteltiin ja tehtiin koeversio toiminnan testaamiseksi. Koeversion testaus osoitti idean toimivuuden. Toteutettavan laitteen toiminnasta tehtiin luonnoksia. Työvaihe päätettiin tehdä kahdella eri laitteella, ettei laitteesta tulisi liian monimutkainen. Toteutettavista laitteista tehtiin 3D-mallit ja laitteiden osista piirustukset valmistamista varten.

TAMPERE POLYTECHNIC  
Mechanical and Production Engineering  
Machine Automation  
Hellman, Saku

Modification of the manual work phase partially automatic in  
manufactory of the spiral heat resistance

Engineering Thesis  
Thesis Supervisor  
Commissioning Company  
September 2006  
Keywords

31 pages + 16 appendices  
Kari Järvinen, lecturer  
Laatupari Oy, Esko Hiltunen, managing director  
Automation, heat resistance

## **ABSTRACT**

The subject of my engineering thesis was to modify the manual work phase partially automatic in manufactory of the spiral heat resistance. One work phase has been hard to make in manufactory of the spiral heat resistance. The heat resistance wire is reeled up to spiral with turning lathe. After that it is had to make about a four-centimeter long straight section in certain distance. It will be installed a supporting bit in this straight section. The straightening has been made by hand with tongs. It is slow to do and it is strenuous for employee's hands and the quality of the product is variable. This work phase was wanted to modify automatic, partially at least. The idea was to devise an instrument, which makes the straightening easily. First it was devised different ideas, how the instrument could work. It was not touched on the method of execution while devising ideas. It was made coarse drafts about ideas. The most practical idea to execute was begun to devise more specifically. It was devised a prototype to test the functionality of the idea. In this phase the principle of the operation of the instrument changed. According to the new idea was devised and made a prototype. The test of the prototype proved the functionality of the idea. It was made drafts about the function of the instrument. The work phase was decided to do with two different instruments. In that case the instruments do not be too complicated. It was made 3D-models about the instruments and workshop drawings about the components of the instruments.

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	5
2 LAATUPARI OY .....	6
3 KANNATINPALAN YLIMENOTAITOKSEN TEKEMINEN.....	7
4 LAITTEEN TOIMINNAN IDEOINTI .....	8
4.1 Valmiiksi venytetty vastusspiraali.....	9
4.2 Venyttämätön vastusspiraali .....	9
5 IDEOIDEN TOTEUTUSMAHDOLLISUUKSIA .....	11
5.1 Valmiiksi venytetyn vastusspiraalin toteutusmahdollisuuksia .....	11
5.2 Venyttämättömän vastusspiraalin toteutusmahdollisuuksia.....	11
6 LAITTEEN TOIMINNAN TARKEMPI KEHITTELY .....	11
6.1 Spiraalin avaus.....	12
6.2 Avatun vastuslangan taitos .....	13
7 KOEVERSION TEKEMINEN.....	13
8 KOEVERSION TESTAUS .....	17
9 LUONNOS TOTEUTETTAVAKSI LAITTEEKSI .....	20
10 TOTEUTETTAVA LAITE .....	21
11 TOTEUTETTAVA AVAUSLAITE .....	21
11.1 Avauslaitteen toiminta .....	24
11.2 Paineilman ohjaaminen sylintereille .....	27
11.3 Paineilmasynterierien, -venttiilien ja sähköisen ohjauksen toiminta .....	27
12 TOTEUTETTAVA TAITOSLAITE .....	28
13 LOPPUSANAT .....	30
LÄHTEET .....	31

## 1 JOHDANTO

Laatupari Oy:llä valmistetaan muun muassa lämpövastuselementtejä lasiteollisuudelle. Vastusspiraalin valmistuksessa yksi vaihe on tuottanut vaikeuksia. Kun vastuslanka on kelattu sorvilla spiraaliksi, siihen pitää tehdä noin neljän senttimetrin mittainen suora osuus tietyin välein. Suoran osuuden kohdalle asetetaan kannatinpala. Spiraalin oikaisu on aiemmin tehty pihdeillä käsin taivuttamalla. Tämä on hidasta, rasittaa työntekijöiden käsiä ja tuloksen laatu vaihtelee. Tämä työvaihe haluttiin ainakin osittain automatisoida. Tärkeintä oli suunnitella laite, jolla oikaisu saadaan tehtyä helposti.

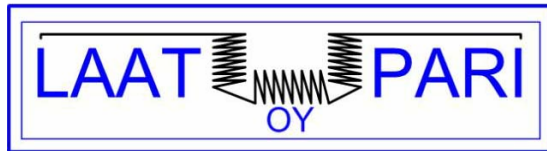
Suunniteltavaa laitetta ei käytettäisi jatkuvassa sarjatuotannossa. Siksi se ei saisi olla liian kallis toteuttaa. Toisaalta sen ei samasta syystä myöskään pidä kestää jatkuvaa kulutusta, mikä helpottaa laitteen toteutusta.

Tässä tutkintotyöni kirjallisessa osassa kerron työni etenemisvaiheista ja siitä miten päädyin lopulliseen ratkaisuun. Luonnokset, 3D-mallit, osapiirustukset ja muut piirustukset olen tehnyt AutoCAD-ohjelmalla.

## 2 LAATUPARI OY

Laatupari Oy on perustettu vuonna 1988. Yritys toimii Tampereella Ruskon teollisuusalueella. Yritys on suuntautunut lasiteollisuuden tuotteisiin. Suurimman asiakasryhmän muodostavat Pirkanmaalla toimivat lasiteollisuus yritykset. Laatuparin tärkeimmät tuotteet ovat erikokoiset spiraalivastukset, lasinkuljetuspukit, lasinnostimet ja metalliosien valmistus ja kokoonpano. /1/

Laatupari Oy antaa täysipäiväisen elannon viidelle henkilölle, sekä pienen palkanlisän kahdelle osapäiväiselle työntekijälle. Laatupari Oy:ssä suoritettiin omistajan vaihdos 30.9.2005 perustajajäsenien vetäytyessä eläkkeelle. Uutena Laatuparin isäntänä aloitti Esko Hiltunen. /1/



### 3 KANNATINPALAN YLIMENOTAITOKSEN TEKEMINEN

Vastusspiraaliin pitää tehdä määrätyin välein suora osuus, ylimenotaitos (kuva 1), jonka kohdalle asennetaan kannatinpala. Kun vastusspiraali asennetaan runkoon (kuva 2), spiraalin sisälle asennetaan eristetankoja ja tankojen väliin kannatinpaloja. Tangot pitävät kuuman vastuslangan muodossaan ja kannatinpalat kiinnittävät tangot ja spiraalin runkoon. Eristetangot ja kannatinpalat ovat herliittiä, joka on sähkö- ja lämpöeriste ja sietää nopeita lämpötilan vaihteluita /2/.

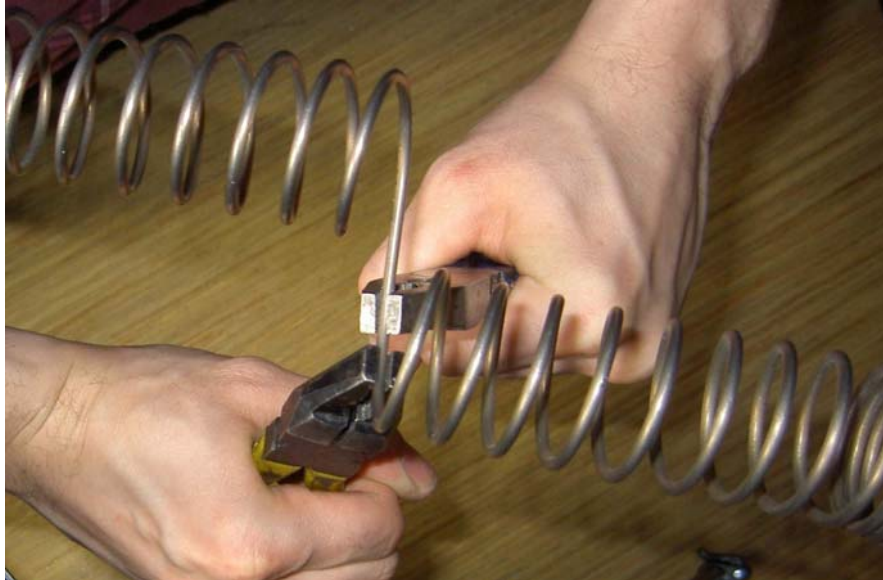


**Kuva 1** Kannatinpalan ylimenotaitos



**Kuva 2** Spiraalivastuksia runkoihin koottuna

Aiemmin ylimenotaitos on tehty pihdeillä käsin vääntämällä (kuva 3). Valmiiksi venytetystä spiraalista on avattu vastuslankaa suoraksi ja se on taivutettu spiraalin suuntaiseksi.



**Kuva 3** Taitoksen tekeminen pihdeillä avattuun vastuslankaan

#### 4 LAITTEEN TOIMINNAN IDEOINTI

Käydessäni ensimmäisen kerran Laatuparilla sain mukaani vastusspiraalia, jotta voisin miettiä erilaisia vaihtoehtoja avauksen ja taitoksen tekemiseksi. Pysin keksimään monta erilaista tapaa tehdä nämä työvaiheet, puuttumatta vielä liikaa itse laitteen toteutukseen. Varsinaisen toimivan laitteen toteutusta vaikeuttaa se, että tuotannossa on halkaisijaltaan erikokoisia spiraaleja.

Ajatuksena oli, että tarvittaessa avauksen ja taitoksen voisi tehdä kahdella erillisellä laitteella. Ensin spiraalista avattaisiin suoraa osuutta yhdellä laitteella. Toisella laitteella tehtäisiin taitos. Mieluiten avaus ja taitos kuitenkin haluttiin tehdä yhdellä laitteella, jos mahdollista.

Spiraali on sorvin jälkeen tiiviissä paketissa (kuva 4). Ennen asentamista se kuitenkin pitää venyttää jousimaiseksi. Tämä loi kaksi vaihtoehtoa. Tehtäisiinkö oikaisu ennen vai jälkeen venytyksen? Spiraaleja tehdään kuitenkin myös varaosaksi, jotka tietysti halutaan pitää kasassa kuljetusta ja varastointia ajatellen.



Uuden elementin vastusta käsin tehtäessä avaus on ollut helpompi tehdä valmiiksi venytettyyn spiraaliin.



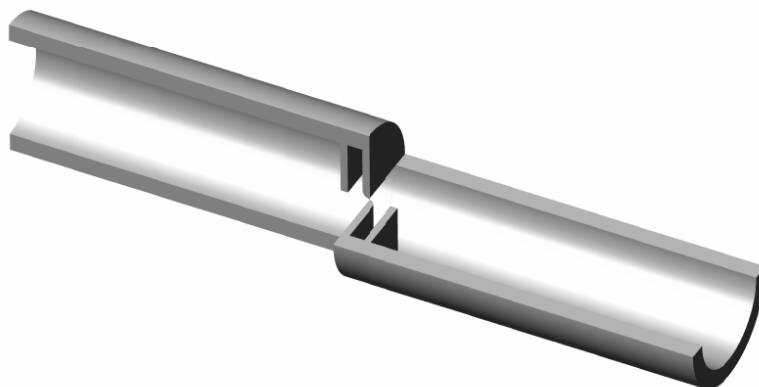
**Kuva 4** Venyttämätön vastusspiraali

#### 4.1 Valmiiksi venytetty vastusspiraali

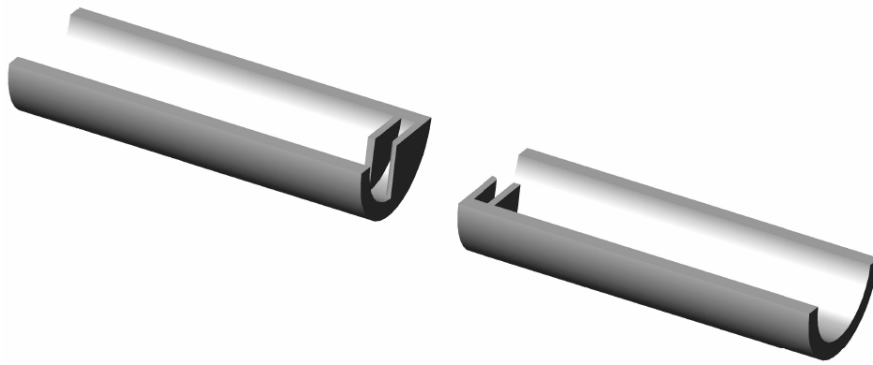
Kun spiraali on valmiiksi venytetty, voitaisiin jollakin tarttujalla tarttua suoraan itse vastuslankaan. Tässä tapauksessa avaus ja taitos kannattaisi tehdä samalla tartunnalla. Avauksen ja taitoksen tekeminen voisi tapahtua samantyyllisesti kuin pihdeillä käsin tehtäessä.

#### 4.2 Venyttämätön vastusspiraali

Spiraaliin voitaisiin tarttua joko ulko- tai sisäpuolelta. Spiraalia voitaisiin samanaikaisesti pyörittää ja venyttää (kuvat 5 ja 6). Sitä pyöritettäisiin sen verran, että sen kehältä avautuisi tarvittavan taitoksen verran vastuslankaa. Tarttujassa voisi olla sopivasti pyöristetty toppari sillä kohdalla, johon taitoksen pitäisi tulla.

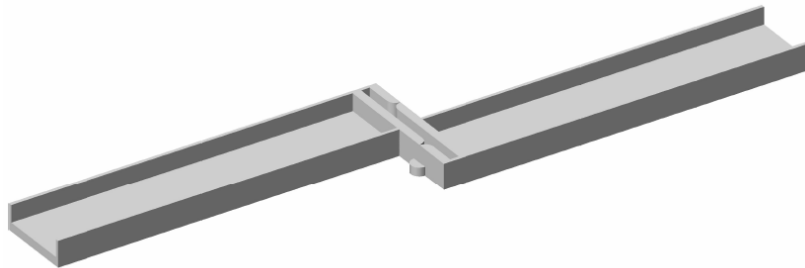


**Kuva 5** Kiinnitinholkkien puolikkaat ennen pyöritystä ja venytystä

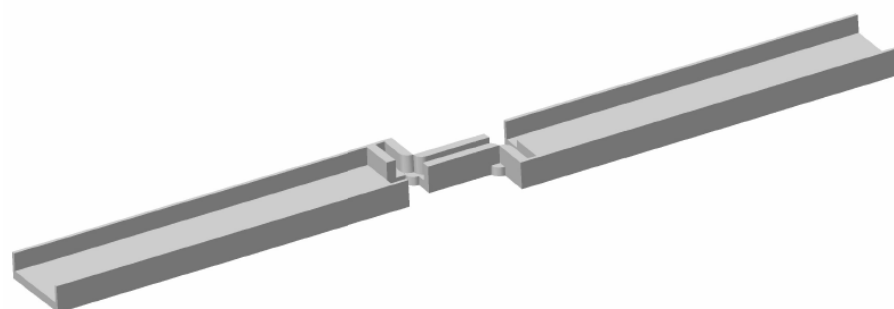


**Kuva 6** Kiinnitinholkkien puolikkaat pyöriksen ja venytyksen jälkeen

Spiraalista voitaisiin avata lankaa suoraksi ja taitos tehtäisiin sen jälkeen. Tällöin toiminnassa olisi samat vaiheet kuin käsin tehtäessä. Taitos voitaisiin tehdä kaksinivelisessä urassa (kuvat 7 ja 8). Suoraksi avattu kohta vastuslangasta asetettaisiin uraan. Ura taivutettaisiin nivelistä ja samalla vastuslankaan syntyisi taitos. Näin taitoksesta saataisiin helposti oikean mittainen ja muotoinen.



**Kuva 7** Kaksinivelinen ura ennen taitosta



**Kuva 8** Kaksinivelinen ura taitoksen jälkeen

## **5 IDEOIDEN TOTEUTUSMAHDOLLISUUKSIA**

### **5.1 Valmiiksi venytetyn vastusspiraalin toteutusmahdollisuuksia**

Valmiiksi venytettyyn spiraaliin on vaikea tarttua niin, ettei se menetä muotoaan. Vastuslankaan voidaan tarttua suoraan. Tarttujan pitäisi olla hyvin pieni ja siihen täytyisi kuitenkin saada tuotua myös puristusvoima. Sen pitäisi myös liikkua ainakin kolmeen eri suuntaan, mikä olisi vaikea toteuttaa. Voisi myös olla vaikea kohdistaa tarttuja tarkasti oikeaan kohtaan vastuslankaa.

Laitteen toiminta käyttäen valmiiksi venytettyä spiraalia ei ole erityisen yksinkertainen. Lisäksi olisi toivottavaa, että spiraalia ei tarvitsisi tässä vaiheessa vielä venyttää. Päätimme hylätä tämän toteutustavan.

### **5.2 Venyttämättömän vastusspiraalin toteutusmahdollisuuksia**

Spiraaliin on oikeastaan mahdoton tarttua sisältä, koska spiraali on niin pitkä, yli metrin mittainen. Siihen pitää siis tarttua ulkopinnasta.

Työvaihe saataisiin ehkä tehtyä nopeasti yhdellä laitteella spiraalia pyörittämällä ja samalla venyttämällä. Ongelmaksi muodostuisi se, että mikään ei ohjaisi taitosta samalla suoraksi. Suoristaja voisi siirtyä tarttujien väliin vasta niiden siirryttyä erilleen. Lisäksi avautunut vastuslanka olisi kahteen suuntaan kaarella ja siksi vaikea sen jälkeen suoristaa.

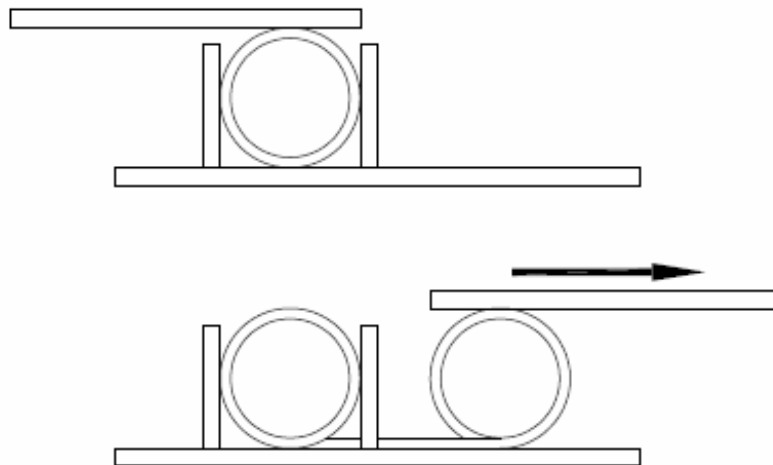
## **6 LAITTEEN TOIMINNAN TARKEMPI KEHITTELY**

Päätimme, että kehittelen tarkemmin sellaista laitetta, joka ensin avaa venyttämätöntä spiraalilankaa ja tekee sen jälkeen taitoksen.

## 6.1 Spiraalin avaus

Vastuslankaa täytyy avata spiraalista jotakin tasoa vasten, jotta se on auettuaan suorassa. Spiraali pitää kiinnittää kahdesta kohdasta ennen avaamista. Toinen kiinnityskohta on kiinteä. Toisesta kiinnityskohdasta spiraalia pyöritetään ja liikutetaan samanaikaisesti sivusuunnassa. Liikkeiden keskinäisen suhteen pitää olla oikea.

Helpoiten avaus tapahtuisi, jos spiraalia rullattaisiin kahden tason välissä auki (kuva 9). Spiraali kiinnitettäisiin yhdestä kohdasta ja kiinnityskohdan vierestä spiraalia rullattaisiin auki kahden tason välissä. Näin ei tarvitsisi miettiä kahden erillisen liikkeen, pyörimisliikkeen ja vaakasuoran liikkeen oikeaa suhdetta, koska se olisi automaattisesti oikea. Ilmeisesti kuitenkin pito tasojen ja spiraalin pinnan välillä ei riitä siten, ettei spiraali samalla painuisi kasaan.



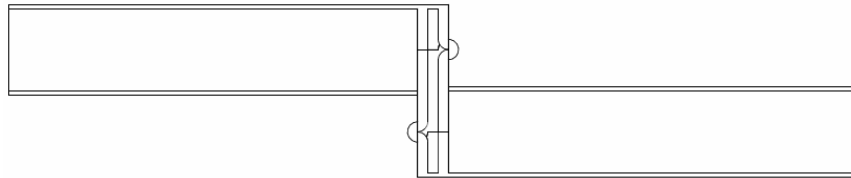
**Kuva 9** Spiraalin rullaus auki kahden tason välissä

Avaus pitää tehdä laitteella, jossa on kaksi tarttujaa, joista toinen pääsee pyörimään ympäri ja samalla liikkumaan sivusuunnassa. Pyörimis- ja sivuttaisliike voitaisiin saada helpoiten tapahtumaan oikeassa suhteessa, jos tarttujaa pyöritetään ja annetaan avautuvan spiraalin itse työntää toista tarttujaa edellään.

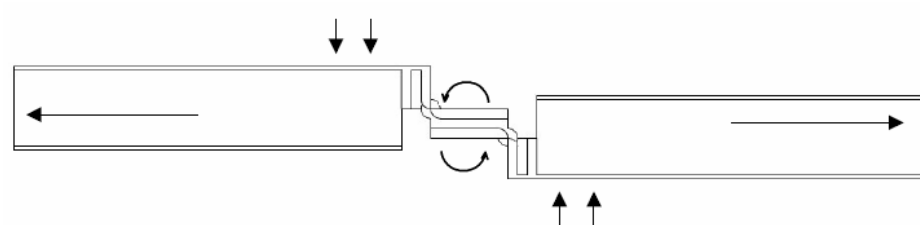
Katselin eri valmistajien www-sivuilta löytyisikö laitteeseen sopivia valmiita tarttuvia. En kuitenkaan löytänyt sopivia tarttuvia, joten ne pitää valmistaa itse.

## 6.2 Avatun vastuslangan taitos

Avattu vastuslanka asetetaan kaksiniveliseen uraan (kuva 10). Uran keskikohtaa pyöräytetään (kuva 11). Samalla spiraalia kannattavat tasot pääsevät liukumaan sivuille. Avattuun lankaan syntyy taitos. Tällä tavalla taitos on helppo saada oikean mittaiseksi. Erikokoisissa spiraaleissa käytetään onneksi samanmittaista taitosta.



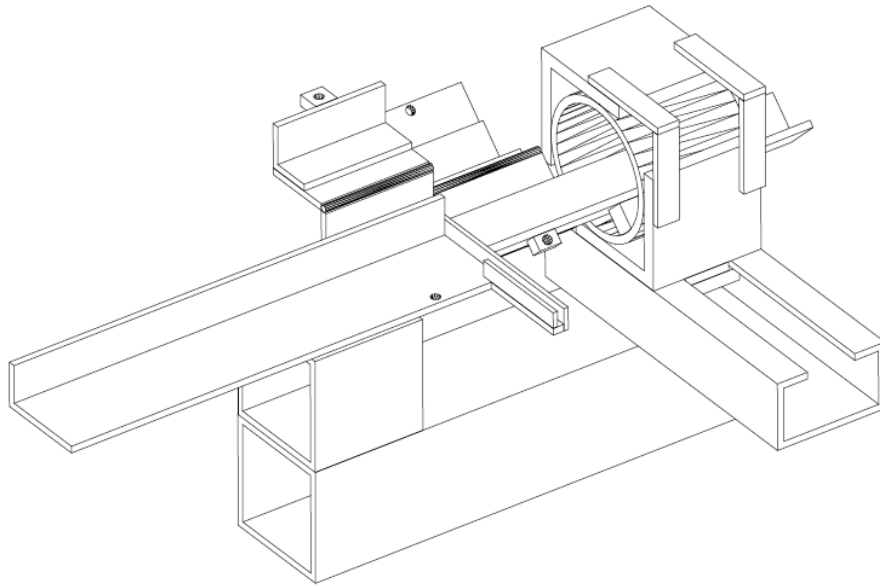
**Kuva 10** Taitoslaite ylhäältä päin katsottuna ennen taitosta



**Kuva 11** Taitoslaite ylhäältä päin katsottuna taitoksen jälkeen

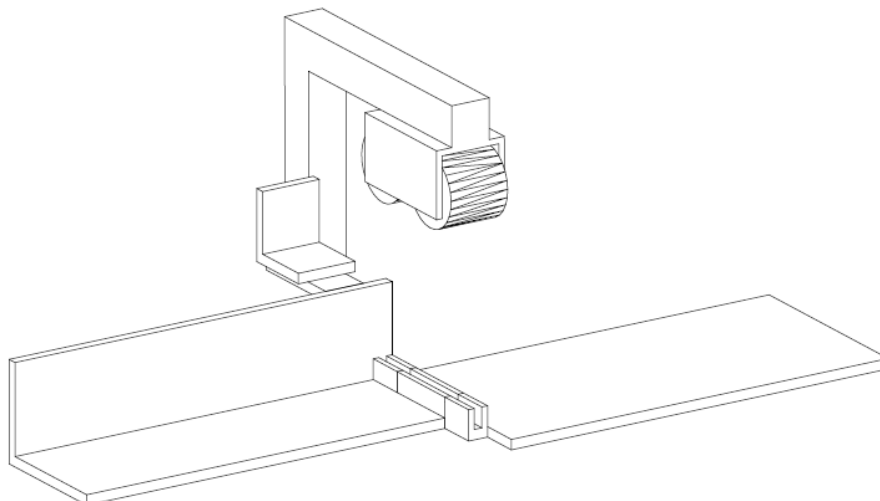
## 7 KOEVERSION TEKEMINEN

Katselin koulun työpajalta sopivia materiaaleja koeversion valmistamiseksi. Piirsin niiden materiaalien perusteella mallin spiraalin avauslaitteen koeversiosta (kuva 12). Aloimme tehdä koululla koeversiota. Testasimme ensin kiinnittimen toimintaa ja siinä samalla huomasin uuden vaihtoehdon avauksen tekemiseksi. Spiraalin voisi puristaa kahden telan väliin ja rullata tasoa vasten vastuslankaa auki. Telat parantaisivat pitoa spiraalin pintaan verrattuna siihen, että käytettäisiin vain kahta tasoa. Näin puristusvoima voisi olla pienempi ja ei näin ollen painaisi spiraalia kasaan. Telojen etuina pyöritettävään kiinnittimeen olisi se, että sama telapari kävisi suoraan erikokoisille spiraaleille. Myös liike olisi helpompi toteuttaa. Lisäksi liikkeen jälkeen spiraalin poistaminen laitteesta olisi helpompaa.

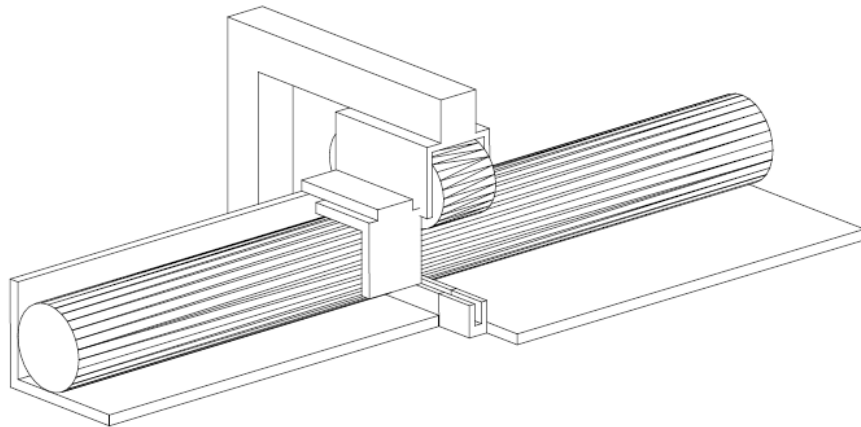


**Kuva 12** Malli avauslaitteen koeversiosta

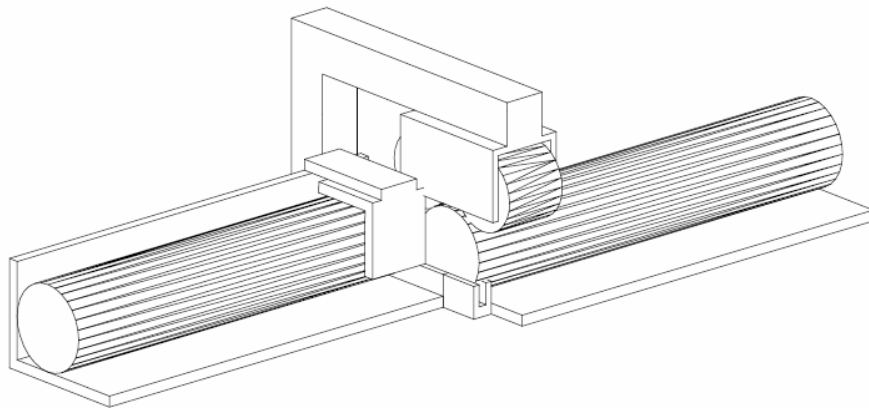
Esittelin työn teettäjälle luonnoksen (kuvat 13 - 16) telaparin toiminnasta ja päätimme, että jatkan kehittelyä sen mukaan. Laitte tekee sekä avauksen että taitoksen. Ajatuksena oli, että teloina voisi toimia laakerit tai mahdollisesti jotkut muut rullat. SKF:n laakerihinnastosta etsin sopivia laakereita /3/. Valitsin laakerityypiksi tavallisen kuulalaakerin, jonka ulkohalkaisija on 35 mm ja leveys 10 mm. Päätimme hankkia niitä kummallekin puolelle kolme rinnakkain.



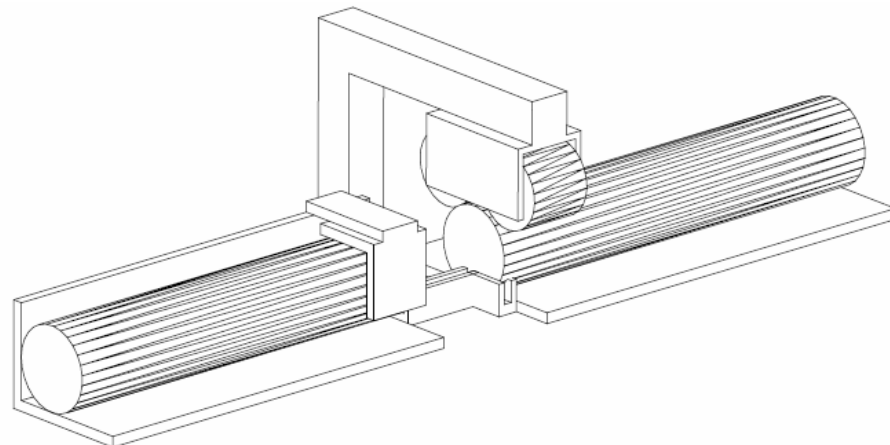
**Kuva 13** Telaparilaitteen luonnos alkuasennossa



**Kuva 14** Spiraali on kiinnitetty ja telapari laskettu sen päälle



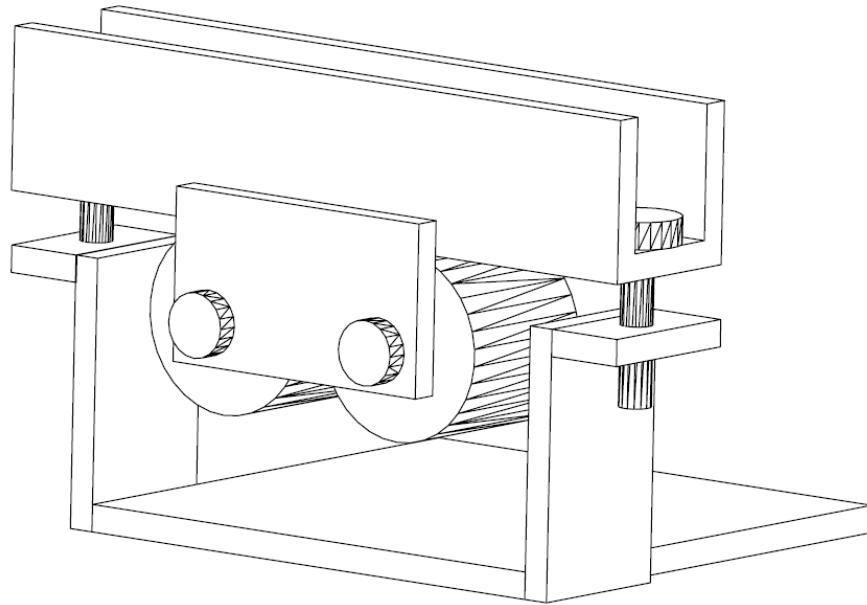
**Kuva 15** Telaparia työntämällä spiraalia on avattu suoraksi



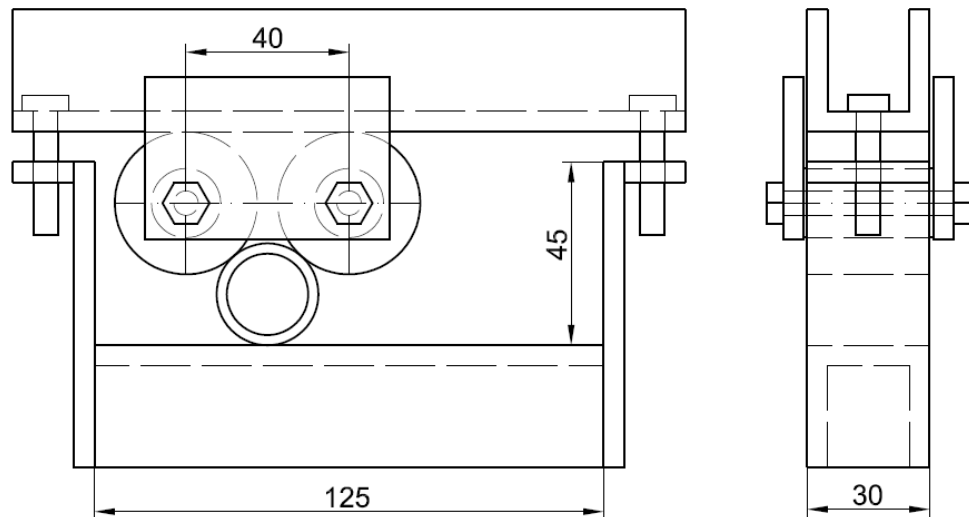
**Kuva 16** Kaksinivelinen ura on tehnyt spiraaliin taitoksen

Piirsin mallin (kuvat 17 ja 18) yksinkertaisesta koeversiosta, jolla voidaan testata telaparin toimintaa. Mitoitin vain laitteen toiminnan kannalta tärkeät kohdat. Tässä vaiheessa keksin parannuksen laitteen toimintaan. Telapari voi koskettaa

ulkopinnaltaan suoraan palkkia, joka painaa sitä spiraalia vasten. Näin samalla palkin pinta pakottaa telat pyörimään, mikä parantaa telojen toimintaa. Valmistin laboratorioinsinööri Seppo Mäkelän ja laboratoriomestari Jarmo Lehtosen avustuksella mallin mukaan koulun työpajalla koeversion. Muutoksia tuli sen mukaan mitä materiaaleja oli saatavilla.



**Kuva 17** Koeversion 3D-malli



**Kuva 18** Koeversion toiminnan kannalta tärkeät mitat

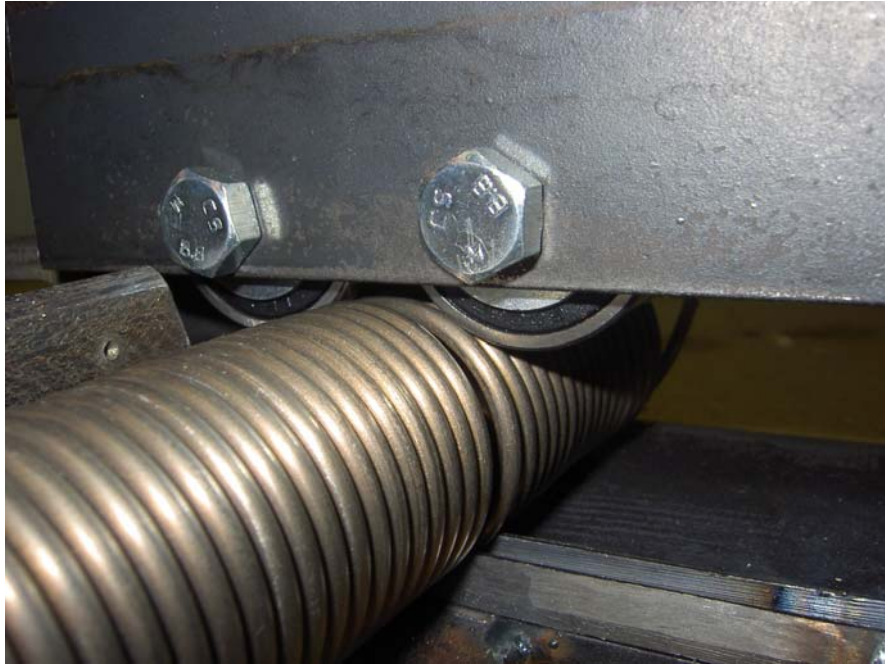


## 8 KOEVERSION TESTAUS

Ensin spiraali asetettiin pohjakappaleen päälle (kuva 19). Pohjakappaleessa on ura, johon vastuslanka aukeaa. Ura lisättiin, koska ilman sitä vastuslanka ei auennut halutulla tavalla. Spiraaliin piti uran reunoja varten venyttää pieni aukko ennen laitteeseen asettamista. Taitoksen tekemiseen käytettäisiin joka tapauksessa uraa, ja nyt urankin toimintaa voitiin kokeilla samalla. Seuraavaksi telapari laskettiin spiraalin päälle (kuva 20). Telaparin päälle laskettiin U-palkki ja se kiinnitettiin pohjakappaleeseen (kuva 21). Spiraali kiinnitettiin toisesta kohdasta suoraan pohjakappaleeseen. Telaparia liikutettiin palkkia pitkin ja spiraalista aukesi vastuslankaa pohjakappaleen uraan (kuva 22). Koeversion testaus osoitti, että avaus voidaan tehdä telaparin avulla. Kuvassa 23 on koeversiolla avattu spiraali. Kuvassa 24 on telapari. Laakerien väliin täytyi laittaa kaksi holkkia, koska käyttämämme U-palkki oli leveämpi kuin suunnitelmassa.



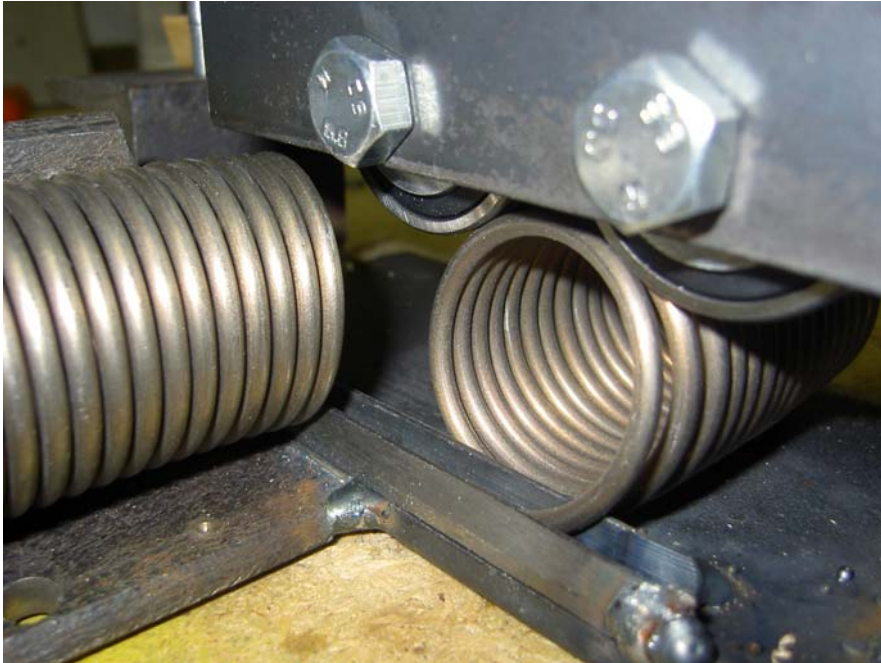
**Kuva 19** Spiraali on asetettu pohjakappaleen päälle



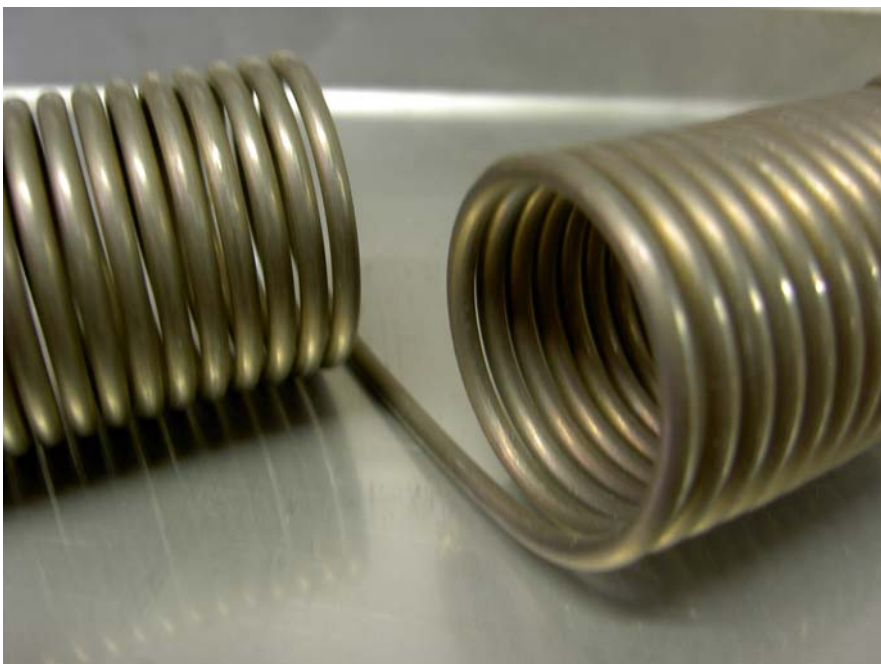
**Kuva 20** Telapari on laskettu spiraalin päälle



**Kuva 21** Spiraali ja telapari on kiinnitetty



**Kuva 22** Spiraalia on auennut pohjakappaleen uraan



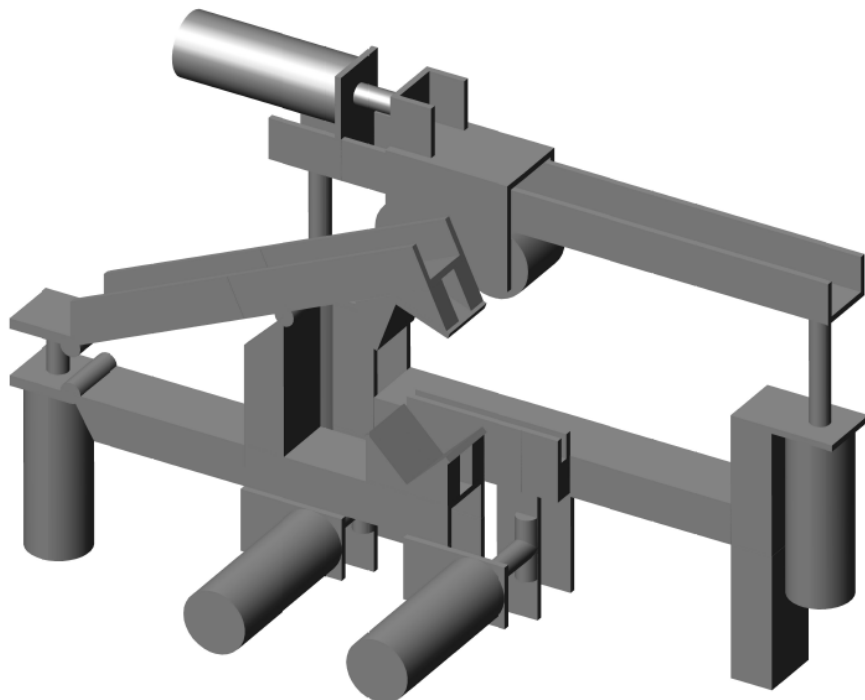
**Kuva 23** Koeversiolla avattu spiraali



**Kuva 24** Telapari alapuolelta katsottuna

## 9 LUONNOS TOTEUTETTAVAKSI LAITTEEKSI

Nyt kun telaparin toiminta oli kokeiltu, tein vielä luonnoksen laitteesta (kuva 25) ja sen toiminnasta. Suunnittelin laitteen niin, että sekä avaus että taitos tapahtuvat samassa laitteessa.



**Kuva 25** Telaparilaitteen luonnos

## Telaparilaitteen luonnoksen toiminta

Laiteen liikkeet tapahtuvat kuuden kaksitoimisen paineilmasylinterin voimalla. Spiraali asetetaan kiinnityskohtaan niin, että avattava kohta tulee uraan. Spiraalin pitäisi nyt olla oikein kohdistettuna, että avaus tulee oikeaan kohtaan. Spiraali kiinnitetään puristimella, joka toimii yhdellä sylinterillä. Rullapari lasketaan spiraalin päälle kahden sylinterin avulla. Spiraali avataan siirtämällä rullaparia kiskossa sylinterin voimalla. Vastuslanka avautuu uraan. Laitteen vasenta puolta siirretään kahden sylinterin voimalla, jolloin avautuneeseen vastuslankaan syntyy taitos. Rullapari nostetaan ylös ja puristin avataan. Spiraali poistetaan laitteesta. Laitteen vasen puoli ja rullapari palautetaan alkuasentoon. Seuraava avattava kohta spiraalista asetetaan kiinnityskohtaan.

## 10 TOTEUTETTAVA LAITE

Kävin Laatuparilla näyttämässä koeversion toimintaa ja piirtämäni luonnosta toteutettavaksi laitteeksi. Avaus ja taitos päätettiin kuitenkin toteuttaa kahdella eri laitteella. Näin erillisten laitteiden toiminta ei ole liian monimutkainen. Tällöin voidaan myös ensin keskittyä avauslaitteen tekemiseen ja vasta myöhemmin taitoslaitteeseen.

## 11 TOTEUTETTAVA AVAUSLAITE

Suunnittelin 3D-mallin toteutettavasta avauslaitteesta (kuva 26). Osa toiminnoista voitaisiin toteuttaa käsikäyttöisenä. Paineilmasynterit- ja käsikäytön yhdistäminen on kuitenkin hankalaa jo pelkästään työturvallisuudenkin vuoksi. Tutustuin eri valmistajien, Bosch Rexrothin, Feston ja SMC:n, www-sivuilla paineilmasylinterivalikoimiin ja niiden kiinnikkeisiin /4,5,6/.

Avauslaite toimii kolmen kaksitoimisen paineilmasylinterin voimalla. Spiraalin asettaminen ja poistaminen tehdään kyllä käsin. Otin suunnittelussa huomioon paineilmasylinterit, mutta en kuitenkaan vielä suunnitellut tarkkaan niiden tehoa, kokoa ja kiinnitystä. Ne selviävät tarkemmin, kun ensin laitteen mekaanista osaa (kuva 27) päästään testaamaan. Laitteen mekaaninen osa oli mielestäni hyvä

valmistaa ennen kuin tilataan sylinterit, venttiilit ja tarvittava ohjaus. Tein siitä räjäytyskuvan osaluetteloiheen (liite 1), ja osista tein mitoitettut piirustukset (liitteet 2 - 10) valmistusta varten. Tarttujan luistiin tein vielä pienen muutoksen. Ainakin yhdessä sylinterissä tarvitaan jonkinmoista saranakiinnitystä. Yritin hieman arvioida tarvittavien sylinterien kokoa. Piirsin ne ulkohalkaisijaltaan 20 mm:n kokoisiksi. Tällöin sylinterin mäntä voisi olla halkaisijaltaan noin 16 mm. Tämänkokoiset sylinterit antavat kuuden barin paineella vähän yli 100 N:n voiman (yhtälöt 1 ja 2) /4,7/. Luultavasti tarvitaan kuitenkin vielä hieman suurempia voimia. Sylinterien sopiva iskun pituus on suunnilleen 50 – 100 mm.

Paineen pintaan vaikuttava voima:

$$F = pA \quad (1)$$

$F =$ voima	$[F] =$ N
$p =$ paine	$[p] =$ Pa
$A =$ pinta-ala	$[A] =$ m <sup>2</sup>

Paine ( $p$ ) on 6 bar = 600 000 Pa  
Männän halkaisija on 16 mm

Ympyrän pinta-ala:

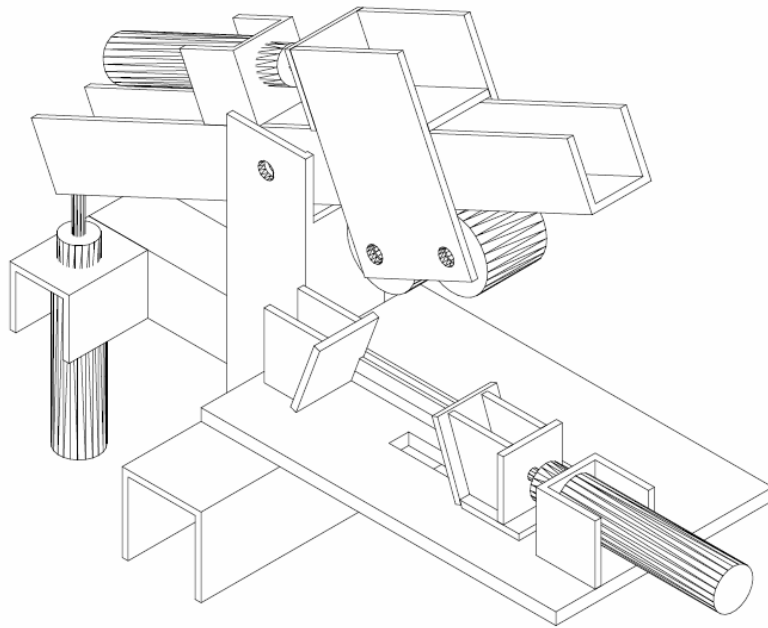
$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

Männän säde ( $r$ ) on 0,008 m  
Männän pinta-ala on:

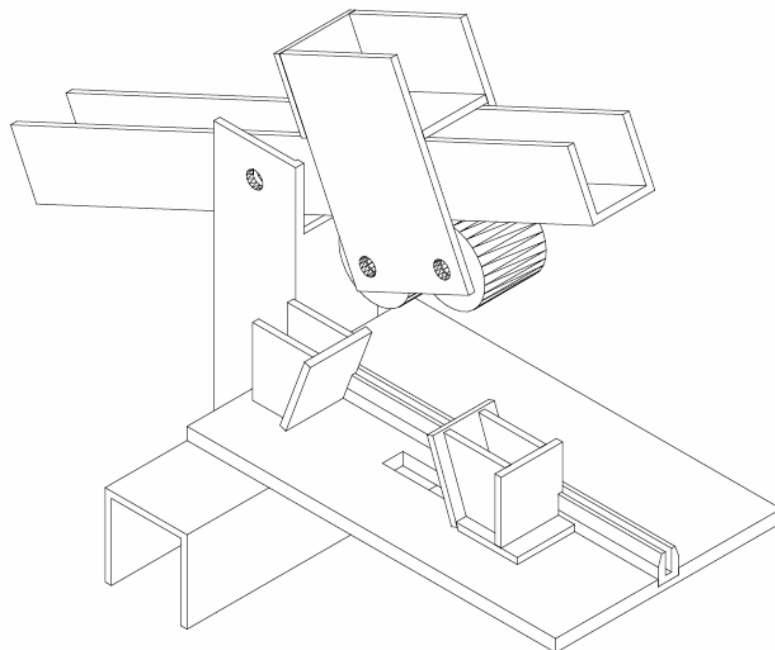
$$A = \pi \cdot (0,008 \text{ m})^2 = 0,000201 \text{ m}^2$$

Paineen sylinterin mäntään vaikuttava voima on:

$$F = 600\,000 \text{ Pa} \cdot 0,000201 \text{ m}^2 = 121 \text{ N}$$



**Kuva 26** Avauslaitteen 3D-malli



**Kuva 27** Avauslaitteen ensin toteutettava osa

Räjätyskuvassa ei ole vaihdettavaa urakappaletta, joka kiinnitetään pohjalevyssä olevaan uraan. Urakappale näkyy kuitenkin muissa avauslaitteen kuvissa. Tämä urakappale voidaan vaihtaa valmistuksessa olevalle vastuslangalle parhaiten sopivaksi. Pohjakappaleen kuvassa ei myöskään ole tarvittavia reikiä kiinnitystä varten. Ne on helpompi suunnitella ja tehdä samalla kokoonpanovaiheessa.

Telaluistin ruuveina pitää käyttää uppokantaisia ruuveja. Näin ruuvit eivät ota kiinni tarttujiin. Tarvittavaa upotusta en piirtänyt telaluistin kuvassa oleviin reikiin.

Ruuviliitoksiin en piirtänyt ruuveja. Hitsiliitoksien paikkoja en myöskään merkinnyt, mutta pyrin suunnittelemaan kappaleet niin, että ne olisi helppo hitsata kokoon. Käytin materiaalina 3 mm:n ja yhdessä kappaleessa 6 mm:n teräslevyä. Lisäksi käytin kahden kokoista U-palkkia 30 mm x 30 mm ja 40 mm x 40 mm, molemmat ainesvahvuudeltaan 3 mm. Sama ainesvahvuus helpottaa myös hitsausta. Pyrin käyttämään samoja tasamittoja sellaisissa kappaleiden mitoissa, joissa se oli mahdollista. Näin jokaista kappaletta ei mahdollisesti tarvitse yksitellen leikata levystä ja materiaali saadaan paremmin hyödynnettyä.

Luistikappaleiden liukupintojen välissä käytin puolen millimetrin välystä. Se tuntui sopivalta tähän tarkoitukseen. Näin valmistuksessa ei tarvitse pitää kovin tarkkoja toleransseja. Kappaleet pääsevät vapaasti liukumaan, mutta eivät niin väljästi, että siitä olisi haittaa laitteen toiminnalle.

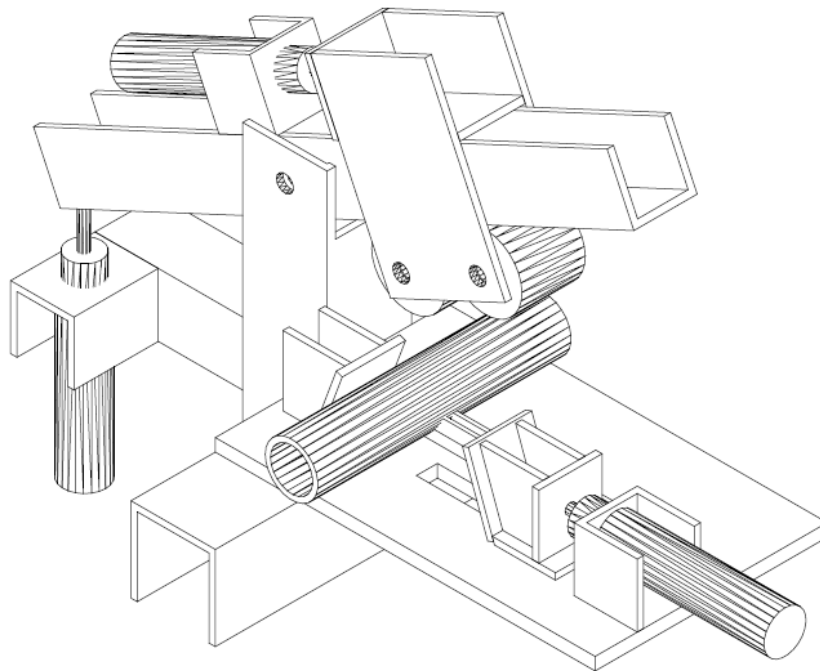
Pystypalkin ja runkopalkin ruuviliitos on säädettävä. Siten telapari saadaan laskettua oikealle korkeudelle erikokoisille spiraaleille. Pystypalkissa on ura, jossa ruuvi pääsee liikkumaan. Ruuvikiinnityksessä täytyy olla pitävä kitkapinta, ettei liitos pääse liikkumaan.

Laitteeseen pitää vielä lisätä vipupalkkiin kaksi säädettävää liikkeen rajoitinta. Toisella rajoittimella asetetaan telapari oikealle kohdalle alkuasennossa. Toinen rajoittaa telaparin liikkeen niin, että avauksen pituudeksi tulee 40 mm.

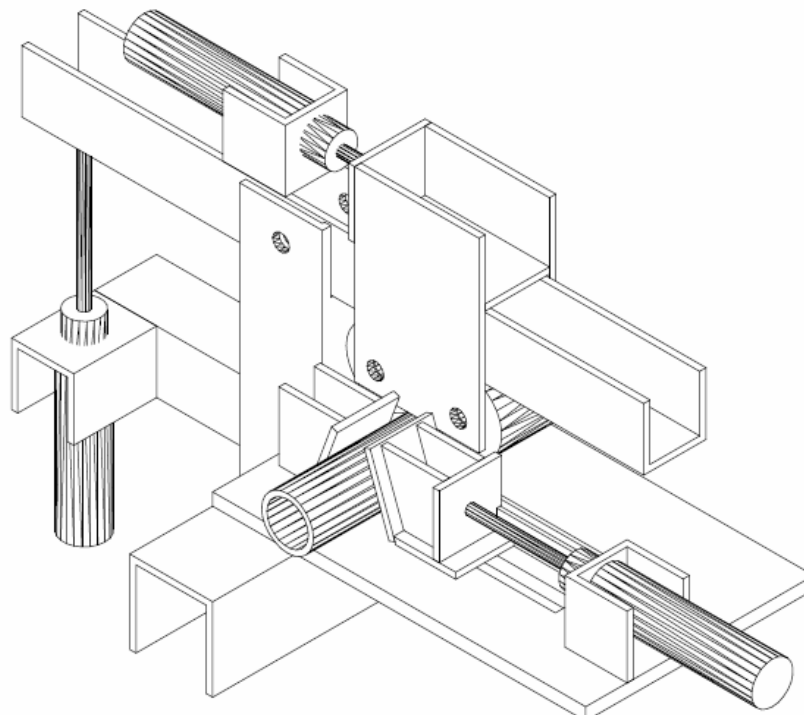
## 11.1 Avauslaitteen toiminta

Spiraali asetetaan pohjalevyn päälle (kuva 28). Spiraaliin on venytetty pieni aukko, johon urakappaleen reunat sopivat. Paineilmasyylinterillä toimiva tarttuja kiinnittää spiraalin (kuva 29). Paineilmasyylinteri työntää vipupalkkia ja se painaa samalla telaparin spiraalin päälle. Paineilmasyylinteri työntää telaparia ja samalla spiraalista aukeaa vastuslankaa suoraksi (kuva 30). Spiraalin avaus on nyt valmis (kuva 31). Paineilmasyylinterit palautuvat alkuasentoonsa, mutta kuitenkin niin, että ensin vipupalkki nostaa telaparin takaisin ylös ja vasta sitten telapari liukuu vipupalkissa alkuasentoonsa.

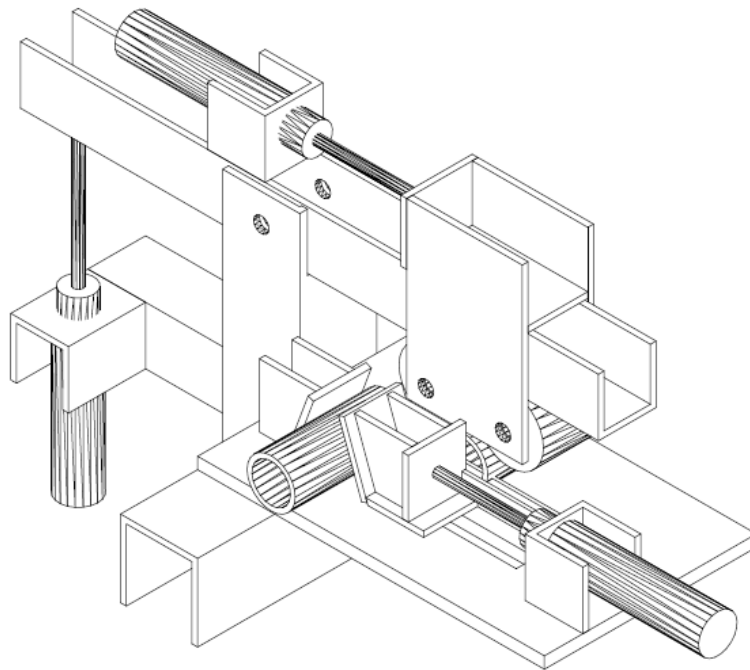




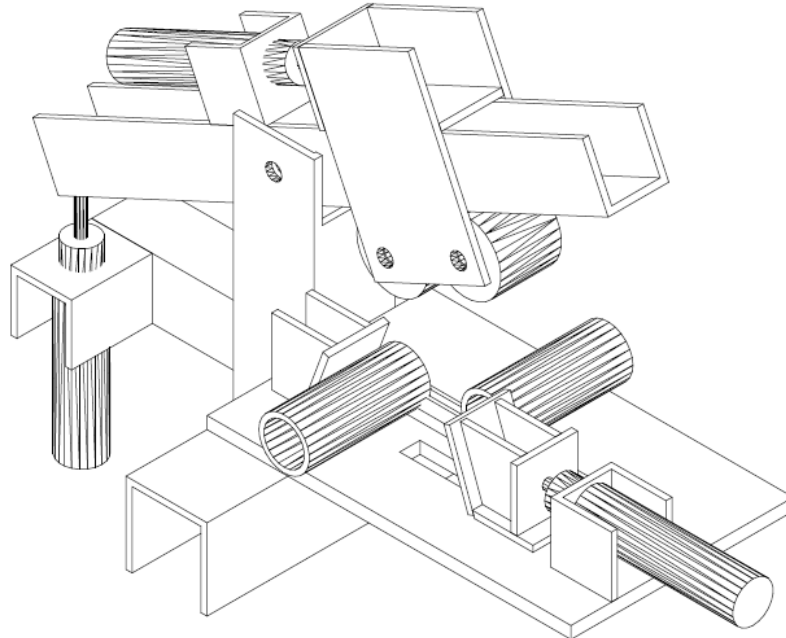
**Kuva 28** Spiraali on asetettu avauslaitteeseen



**Kuva 29** Spiraali on kiinnitetty ja telapari painettu sen päälle



**Kuva 30** Spiraalista on avattu vastuslankaa suoraksi



**Kuva 31** Spiraalin avaus on valmis

## 11.2 Paineilman ohjaaminen sylintereille

Sylintereille tulevaa paineilmaa voidaan ohjata monella tavalla. Ensinnäkin ohjauksessa käytettävät venttiilit voivat olla mekaanisia tai magneettiventtiilejä. Magneettiventtiilien sähköinen ohjaus voidaan tehdä esimerkiksi Siemens LOGO! logiikkamoduulilla, releillä tai kytkimillä suoraan.

Laite voisi tehdä yhdellä napin painalluksella koko liikesarjan alusta loppuun, jos käytettäisiin logiikkamoduulia tai releitä. Tällöin sylintereissä pitäisi olla asentotunnistimet.

Laitteen liikesarja on kuitenkin niin yksinkertainen, että se on helppo ja mielestäni järkevä toteuttaa kytkimillä suoraan. Magneettiventtiilien kelat toimivat niin pienellä virralla, että ne voidaan kytkeä suoraan kytkimien kautta, eikä välissä tarvita siis relettä /4,8/. Sylinterien varsinaiseen ohjaukseen tarvitaan vain kaksi 5/2-suuntaventtiiliä. Niitä voidaan ohjata joko kahdella magneetilla tai yhteen suuntaan magneetilla ja toiseen suuntaan jousipalautteella.

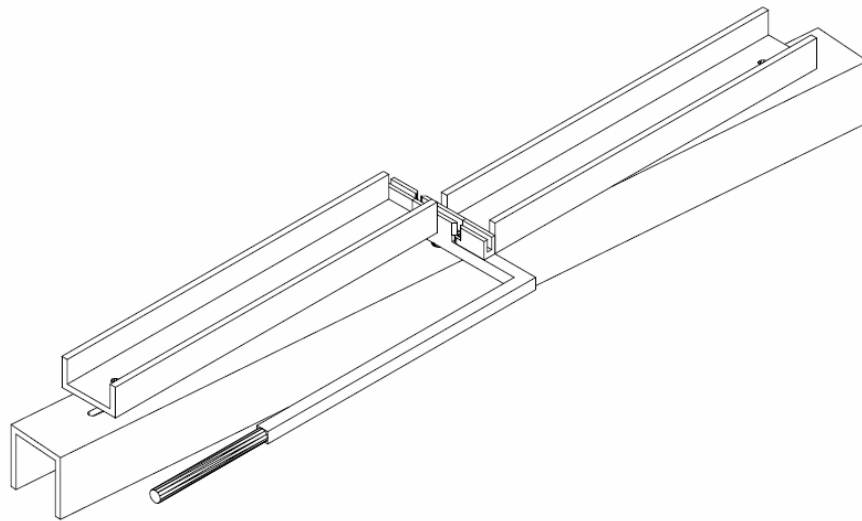
## 11.3 Paineilmasyylinterien, -venttiilien ja sähköisen ohjauksen toiminta

Liitteessä 11 on avauslaitteen pneumatiikka- ja sähkökaavio. Hätäkytkin K1 sähköistää muun järjestelmän. Samalla aukeaa jousipalautteinen 3/2-venttiili V1 paineistaen kaksi muuta venttiiliä. Kun hätäkytkin laukaistaan, häviää sylintereiltä paine ja venttiileiltä jännite. Tarttujan luistia ja vipupalkkia liikuttavia sylintereitä S1 ja S2 ohjataan yhdellä jousipalautteisella 5/2-venttiilillä V2, joka aukeaa kiertokytkimellä K2. Telaparia liikuttavaa sylinteriä S3 ohjataan jousipalautteisella 5/2-venttiilillä V3, joka aukeaa kiertokytkimellä K3.

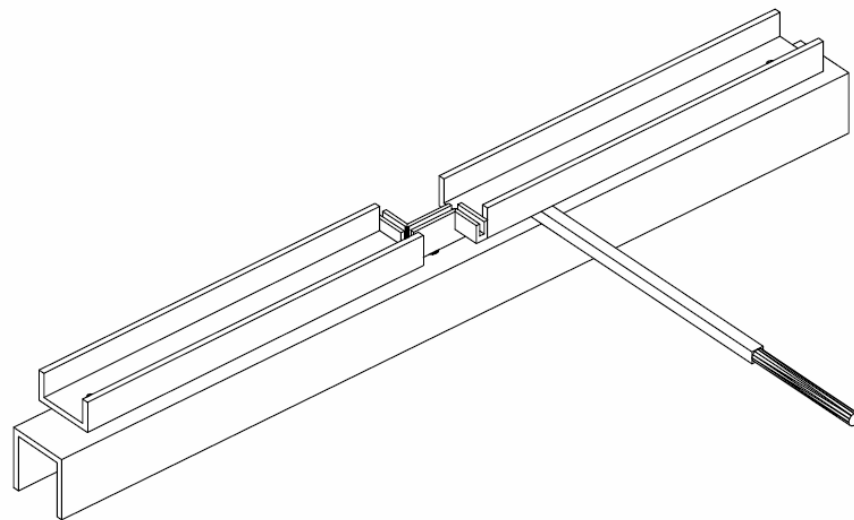
Pneumatiikkalaitteisto vaatii mahdollisesti huoltoyksikön painelähteen ja venttiilien välille. Lisäksi venttiilien ja sylinterien välillä on hyvä olla kuristimet, että sylinterien liikenopeudet voidaan säätää sopiviksi.

## 12 TOTEUTETTAVA TAITOSLAITE

Suunnittelin 3D-mallin toteutettavasta taitoslaitteesta (kuva 32). Laite toimii käsikäyttöisesti vipuvarren avulla. Avattu vastusspiraali asetetaan laitteeseen niin, että avautunut vastuslanka menee taittuvaan uraan. Laitteen vipuvartta käännetään, jolloin vastuslankaan syntyy kaksi 90-asteen kulmaa (kuva 33). Näin ylimenotaitos on tehty.



**Kuva 32** Taitoslaitteen 3D-malli



**Kuva 33** Taitoslaite loppuasennossa

Tein taitoslaitteesta räjäytyskuvan osaluetteloineen (liite 12), ja osista tein mitoitettut piirustukset (liitteet 13 - 16) valmistusta varten. En piirtänyt kiinnitysruuveja räjäytyskuvaan.

Kääntyjäura kiinnitetään runkopalkkiin ruuvilla alhaalta päin. Kääntyjäuraan tehdään M6-kierre. Ruuviliitoksen pitää päästä pyörähtämään, joten sen pitää olla hieman väljä. Ruuvi lukitaan kierteeseen lukitusliimalla sopivaan väljyyteen. Voidaan myös käyttää riittävän pitkää ruuvia ja laittaa ruuviin kaksi mutteria ja prikka. Ensin ruuvi kiristetään ja sitten mutterit kiristetään toisiaan vasten niin, että liitos on sopivan väljä. Vipuvarsi on piirretty esimerkin omaisesti ja voidaan toteuttaa varmasti paremmallakin tavalla.

Päätyurien ja kääntyjäuran välinen ruuviliitos kiinnitetään myös alhaalta päin ja lukitaan lukitusliimalla niin, että liitos jää sopivan väljäksi. Päätyuriin tehdään M4-kierre. Päätyurat kiinnitetään spiraalin kannattajiin hitsaamalla.

Spiraalin kannattajien ja runkopalkin välisen liukuvan ruuviliitoksen ruuvi on hyvä saada pysymään pystysuorassa asennossa. Näin liukupinta pysyy suorassa eikä ruuvi kiilaudu vinottain liukupintaa vasten. Ruuvi pysyy suorassa, jos se esimerkiksi laitetaan kierteellä kiinni spiraalin kannattajaan.

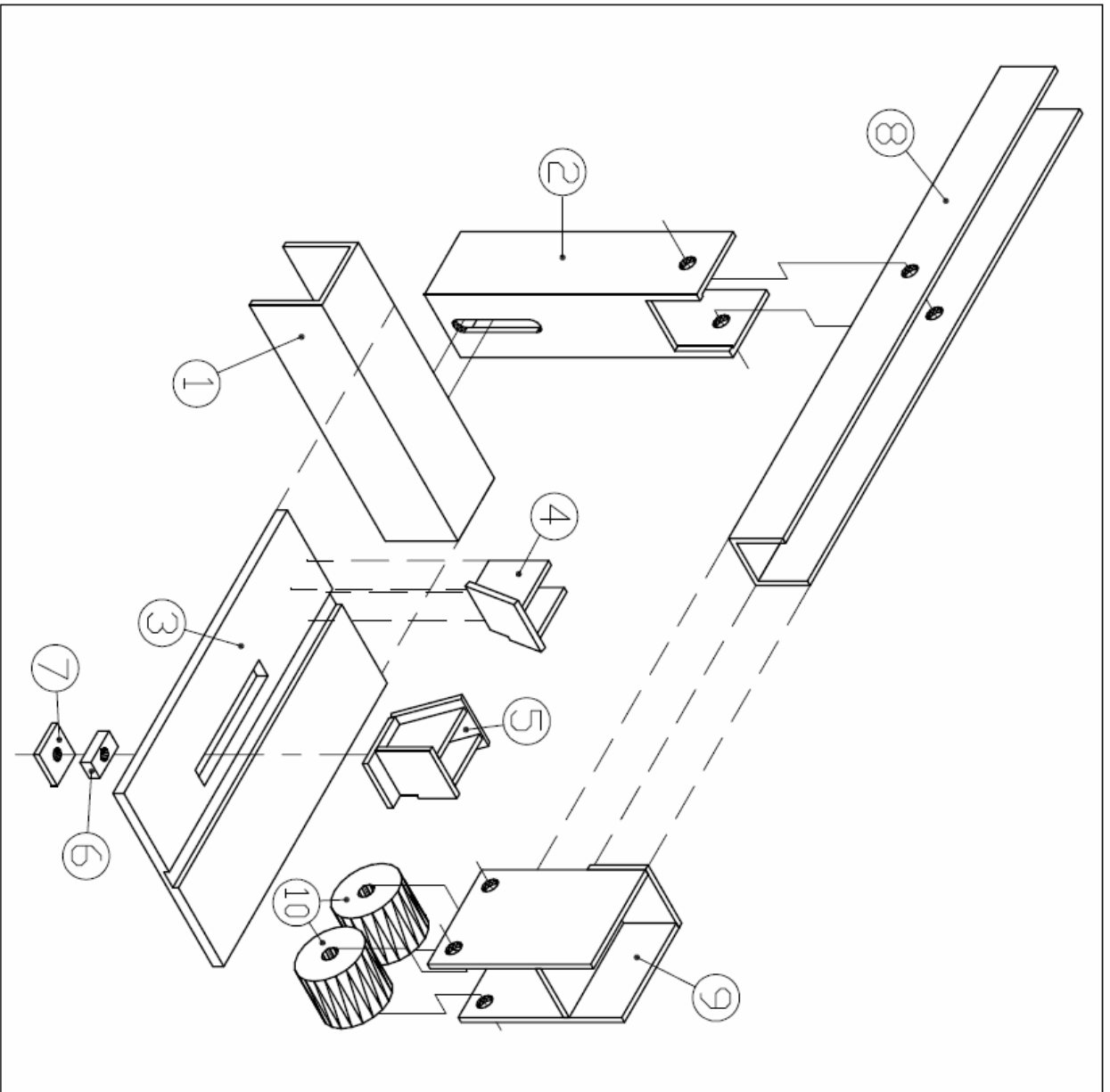
### 13 LOPPUSANAT

Tutkintotyöni tuloksena syntyi kahdesta erillisestä laitteesta suunnitelmat osa- ja kokoonpanopiirustuksineen sekä suunnitelma avauslaitteen ohjaamiseksi.

Laitteiden avulla on tarkoitus saada tehtyä hankala työvaihe helpommin, varmemmin ja nopeammin. Piirustusten ymmärtämiseksi on tärkeää lukea myös tämä tutkintotyöni kirjallinen osa. Tätä kirjoittaessani avauslaitteen valmistus on kesken ja taitoslaitteen valmistusta ei ole aloitettu. Avauslaite olisi tuotannossa tärkeämpi ja taitoslaite voidaankin ottaa avuksi myöhemmin.

## LÄHTEET

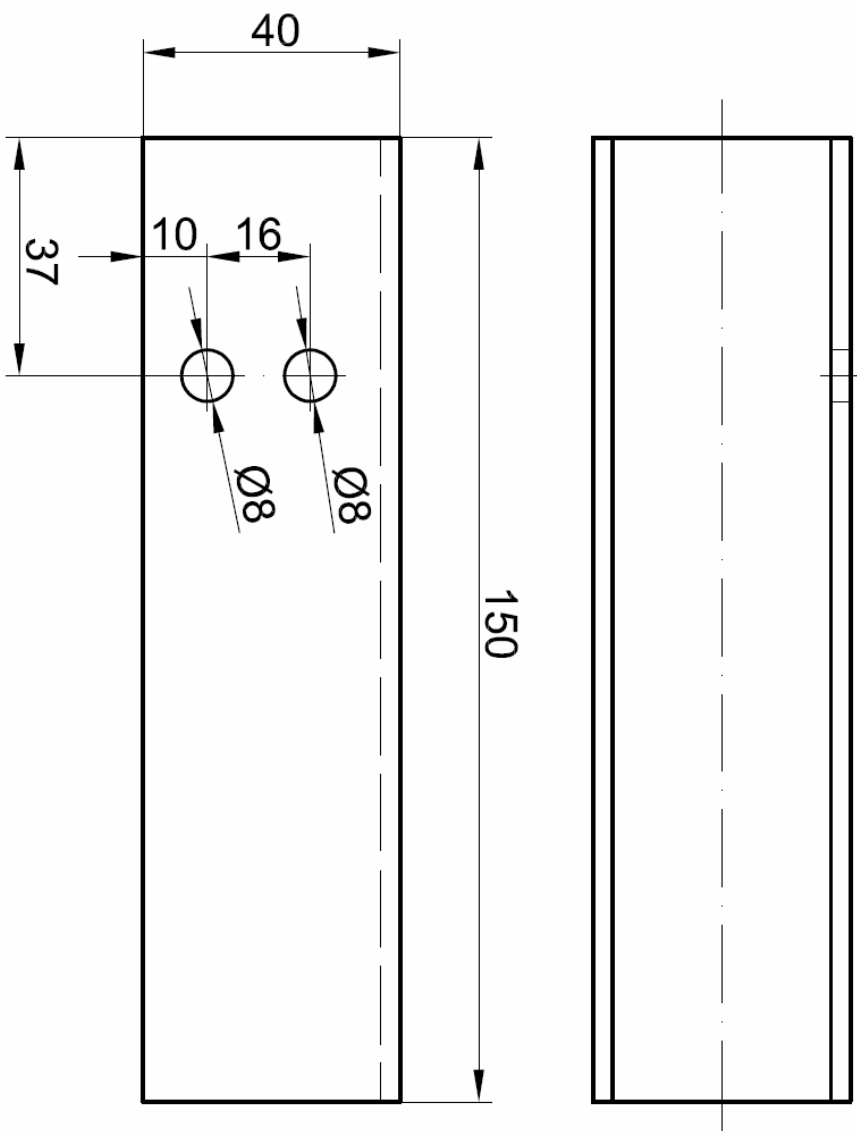
- 1 Laatu pari Oy. [www-sivu]. [viitattu 27.5.2006].  
Saatavissa: <http://www.laatu pari.fi/>
- 2 Turku Ceramics Oy. [www-sivu]. [viitattu 5.6.2006].  
Saatavissa: <http://www.turkuceramics.fi/>
- 3 SKF Group. [www-sivu]. [viitattu 4.4.2006].  
Saatavissa: <http://www.skf.com/files/267115.pdf>
- 4 Bosch Rexroth Group. Pneumatics. [www-sivu]. [viitattu 23.4.2006].  
Saatavissa: [http://www.boschrexroth.com/business\\_units/brp/en/products/index.jsp](http://www.boschrexroth.com/business_units/brp/en/products/index.jsp)
- 5 Festo Group. Product range overview [www-sivu]. [viitattu 23.4.2006]. Saatavissa: [http://www.festo.com/INetDomino/coorp\\_sites/en/8544e120a5141644c125710000357680.htm](http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites/en/8544e120a5141644c125710000357680.htm)
- 6 SMC Pneumatics Finland Oy. Tuotteet. [www-sivu]. [viitattu 23.4.2006]. Saatavissa: <http://www.databooks.com/smcfi/>
- 7 Tammertekniikka. Tekniikan kaavasto. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 2001. Sivut 18 ja 99.
- 8 Elfa Ab. Elfan luettelo. [www-sivu]. [viitattu 19.7]  
Saatavissa: <http://www.elfa.se/fi/index1.html>





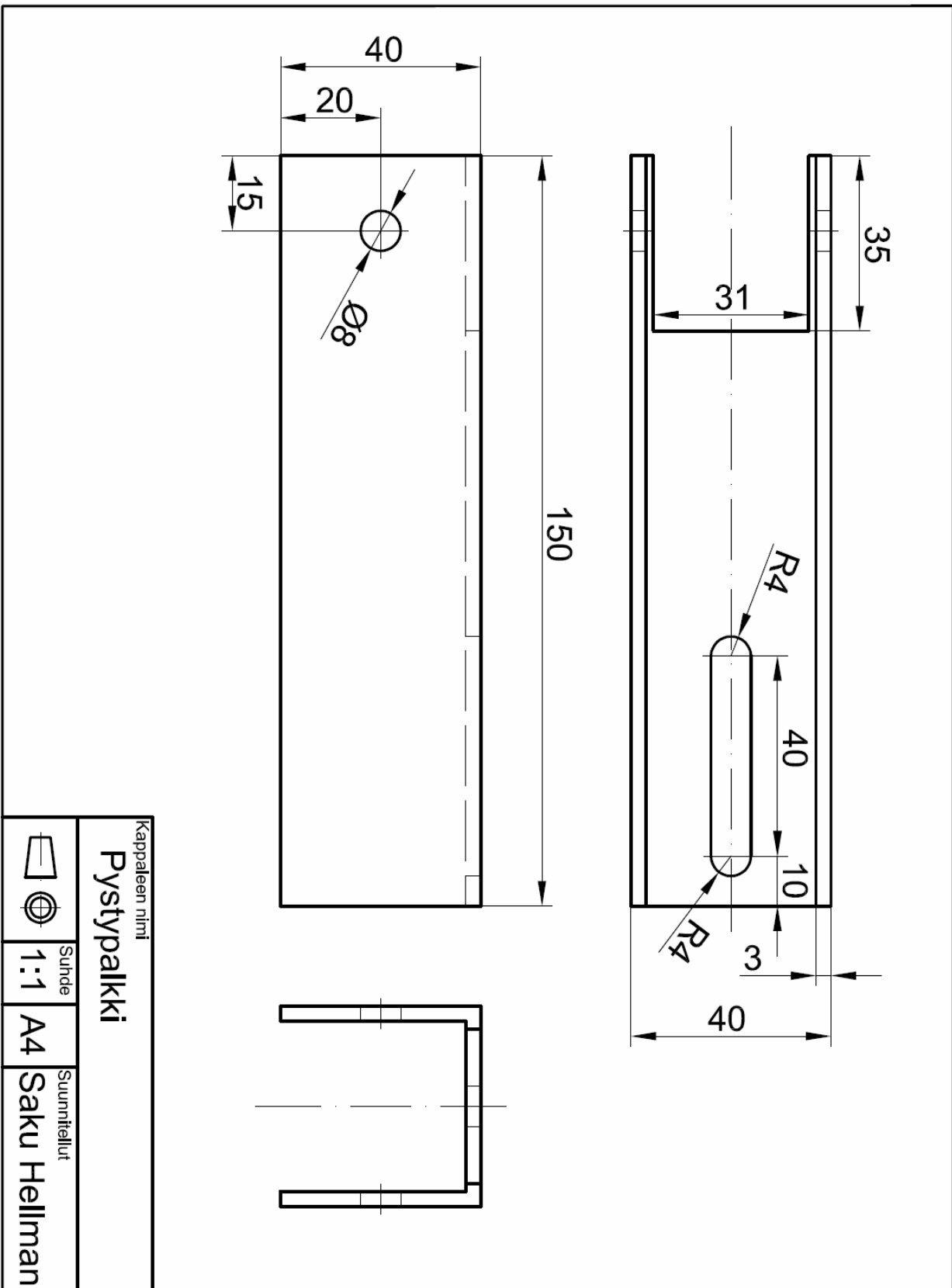
## Räjäytyskuva

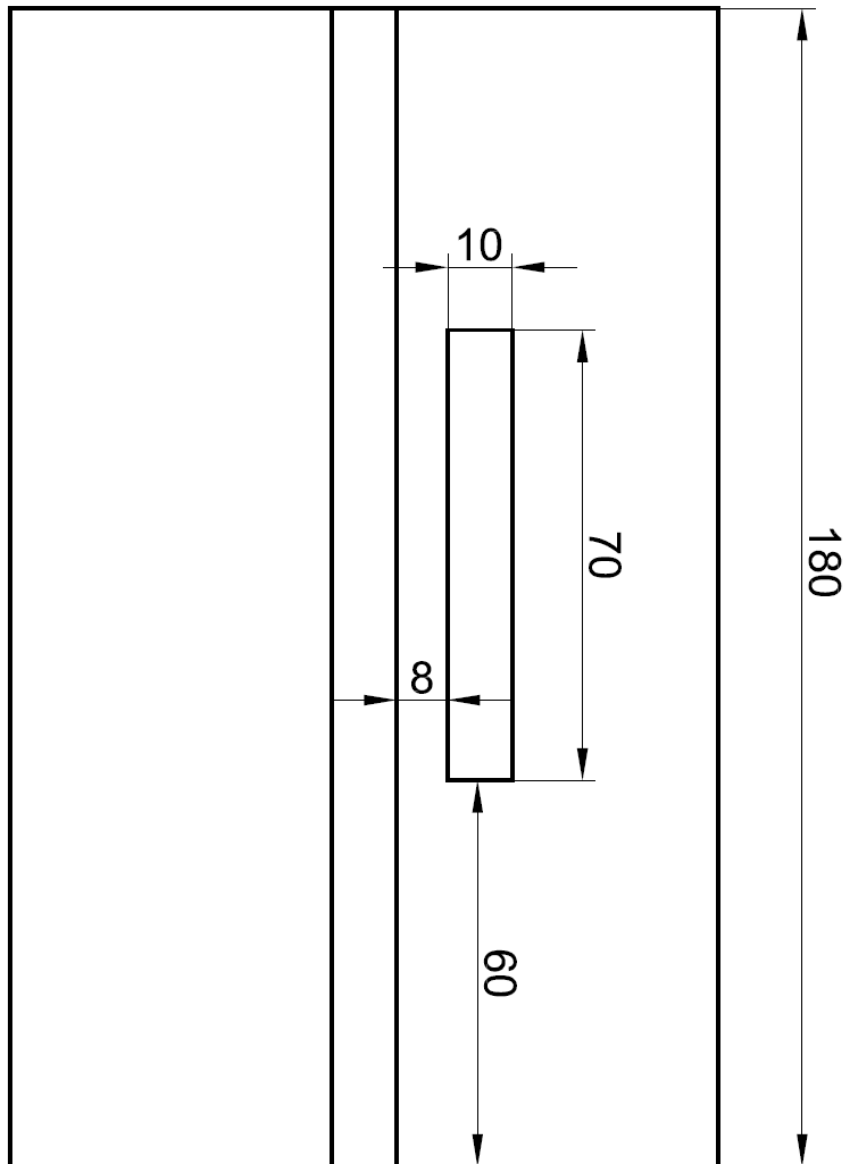
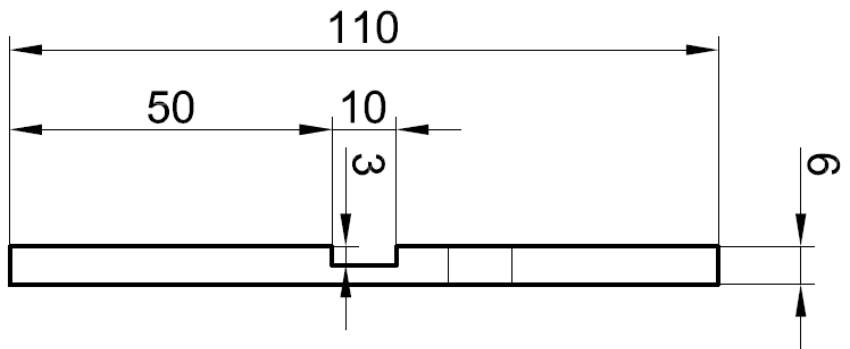
1. Runkopalkki
2. Pystypalkki
3. Pohjalevy
4. Kiinteä tarttuja
5. Tarttujan luisti
6. Tarttujan luistin ohjuri
7. Tarttujan luistin vastakappale
8. Vipupalkki
9. Telaluisti
10. Telat





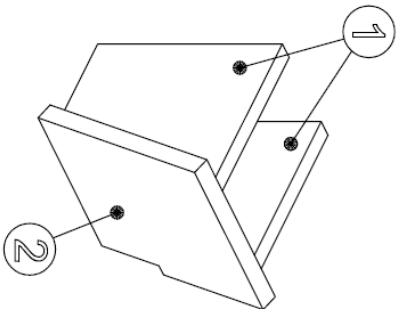
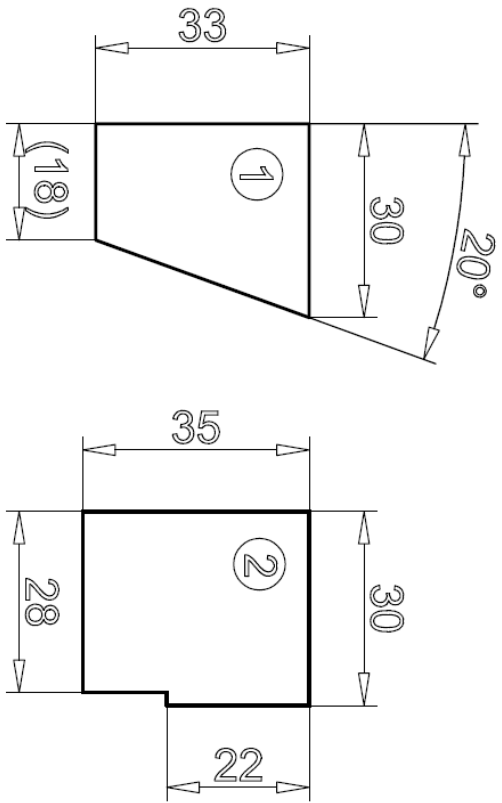


Kappaleen nimi			
<b>Runkopalkki</b>			
		Suhde	Suunnittelut
		1:1	A4 Saku Hellman



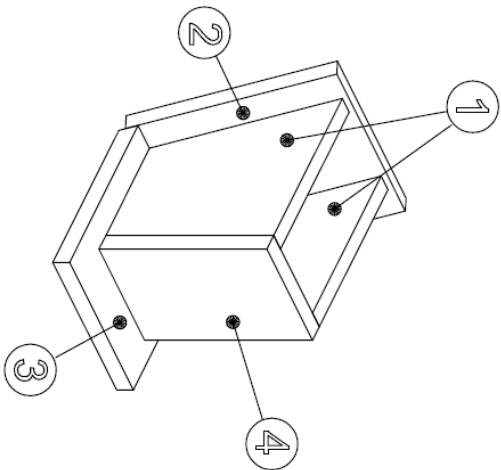
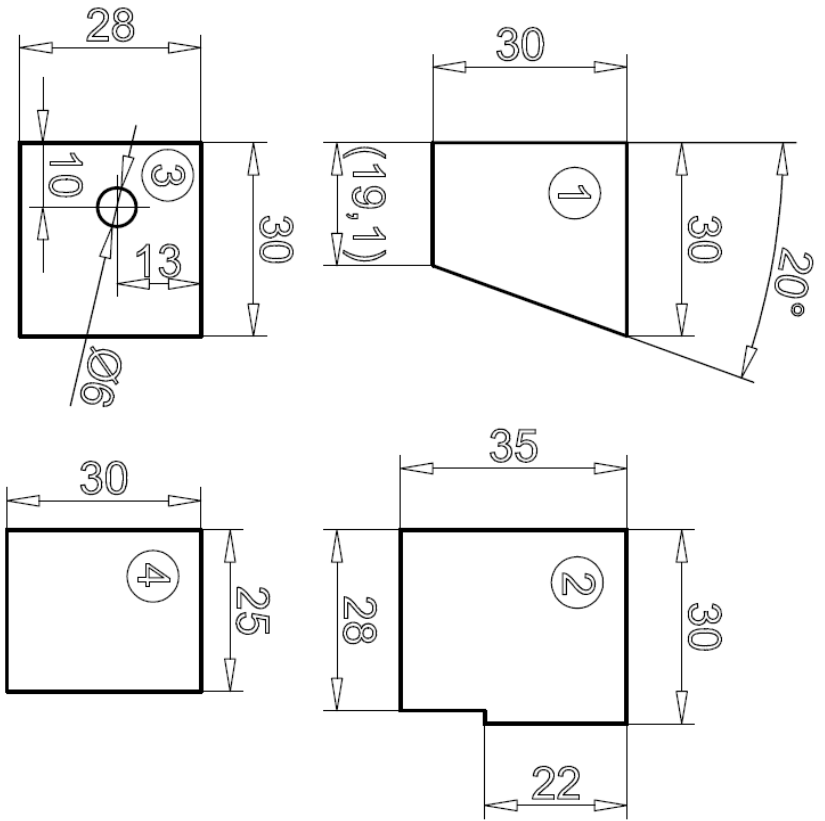


Kappaleen nimi			
<b>Pohjalevy</b>			
			
	Suhte	A4	Suunnittelut
	1:1		Saku Hellman



Lattaraudat, joista kiinteää tarttujia hitsataan kokoon.  
Materiaalin paksuus 3 mm.

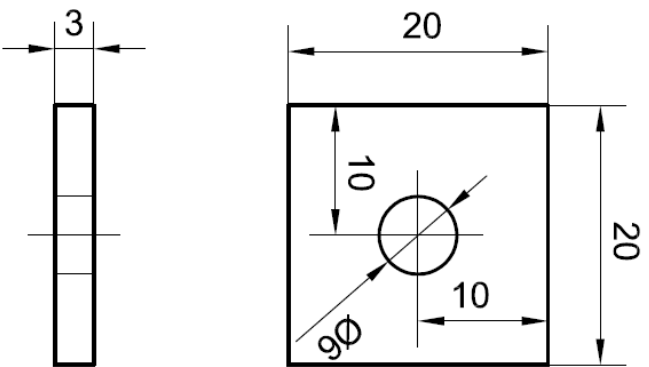
Kappaleen nimi	
Kiinteää tarttujia	
Suhte	Suunnitelut
1:1	A4 Saku Hellman



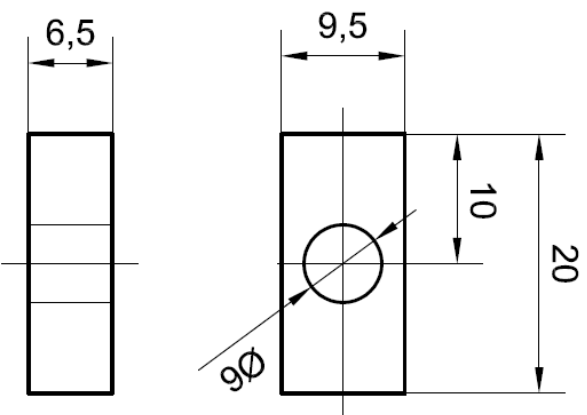
Lattaraudat, joista tarttujan  
 luisi hitsataan kokoon.  
 Materiaalin paksuus 3 mm.

Kappaleen nimi	
Tarttujan luisi	
Suhte	Suunnittelut
1:1	A4 Saku Hellman

## Vastakappale



## Ohjuri



Kappaleen nimi

Tarttujan luistin ohjuri ja vastakappale



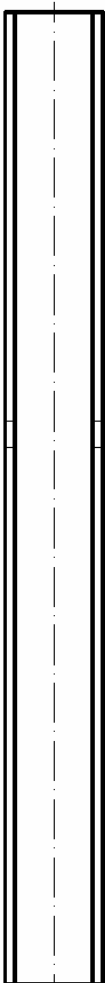
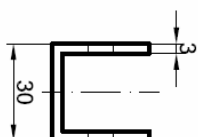
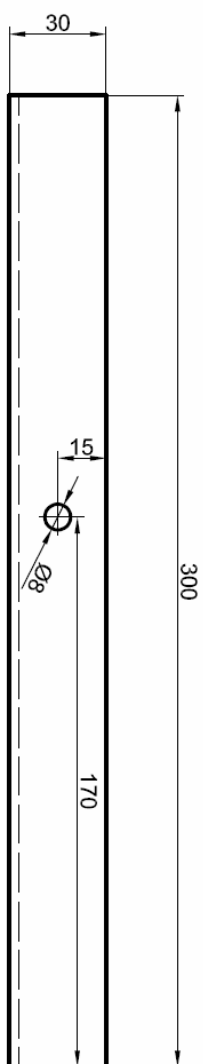
Suhde

2:1

Suunnittelut

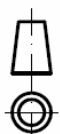
A4

Saku Hellman



Kappaleen nimi

Vipupalkki



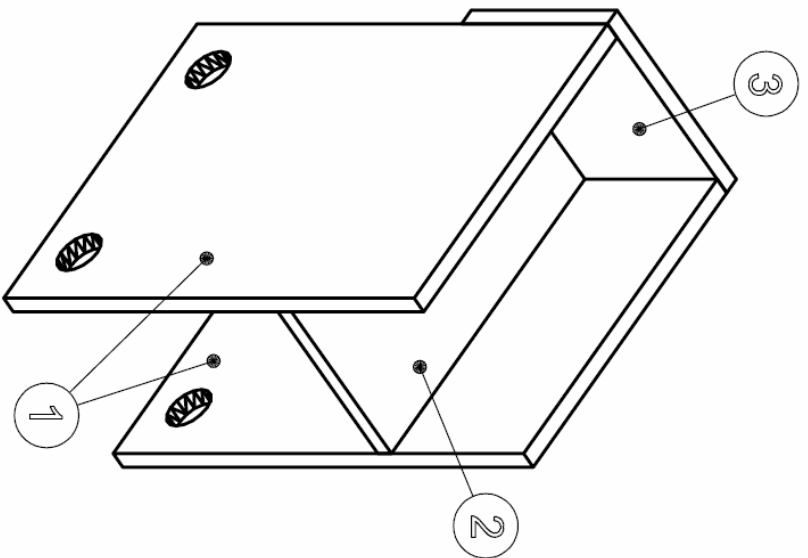
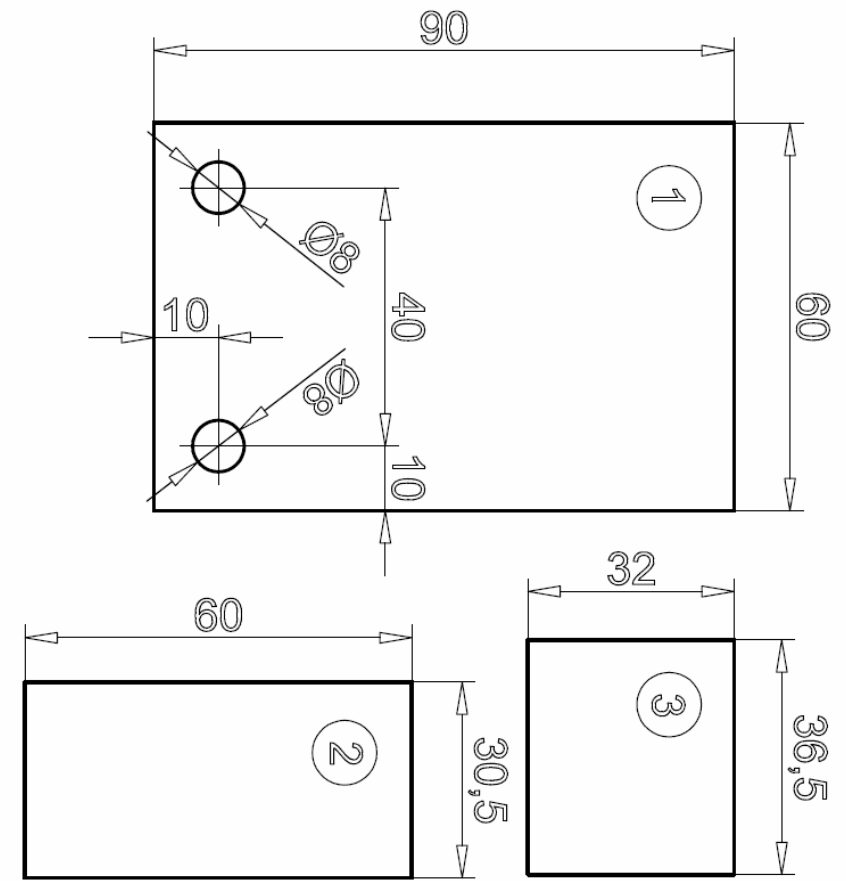
Suhte

1:2

Suunnittelut

A4

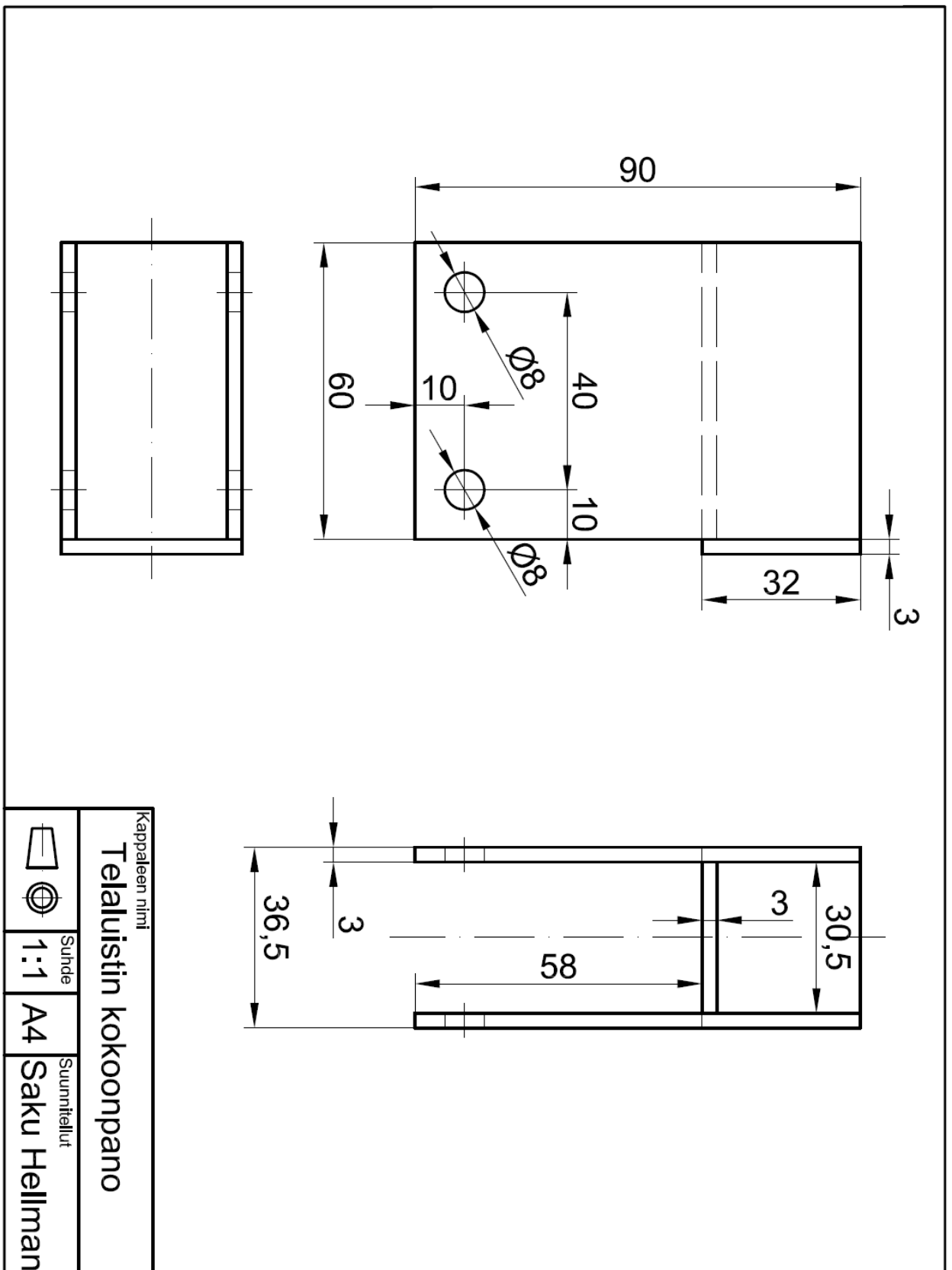
Saku Hellman

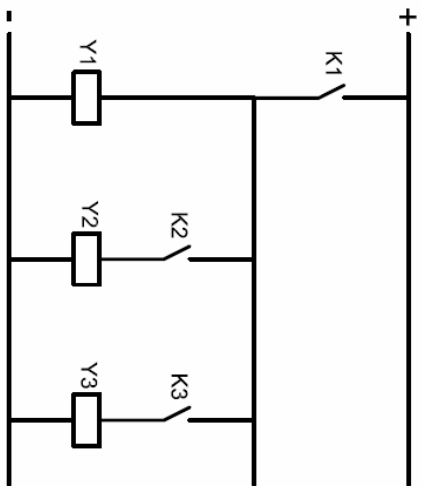
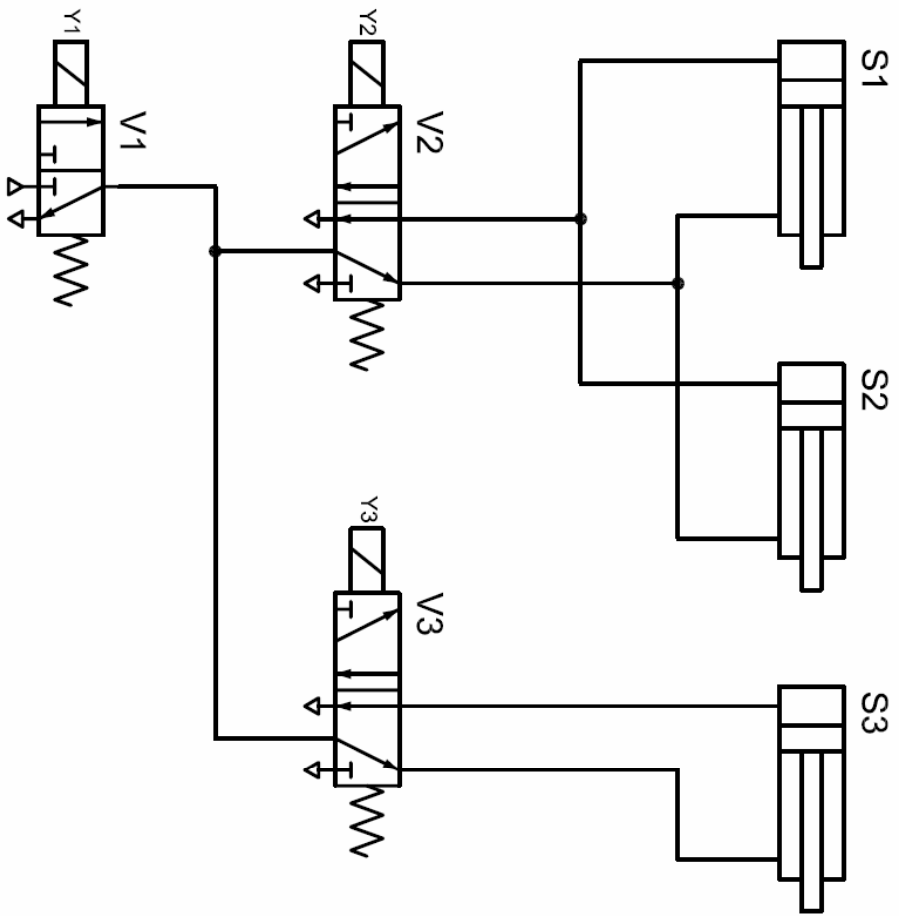


Lattaraudat, joista telaluisti hitsataan kokoon.  
Materiaalin paksuus 3 mm.

Kappaleen nimi		
Telaluisti		
Suhde	Suunnittelut	
1:1	A4	Saku Hellman



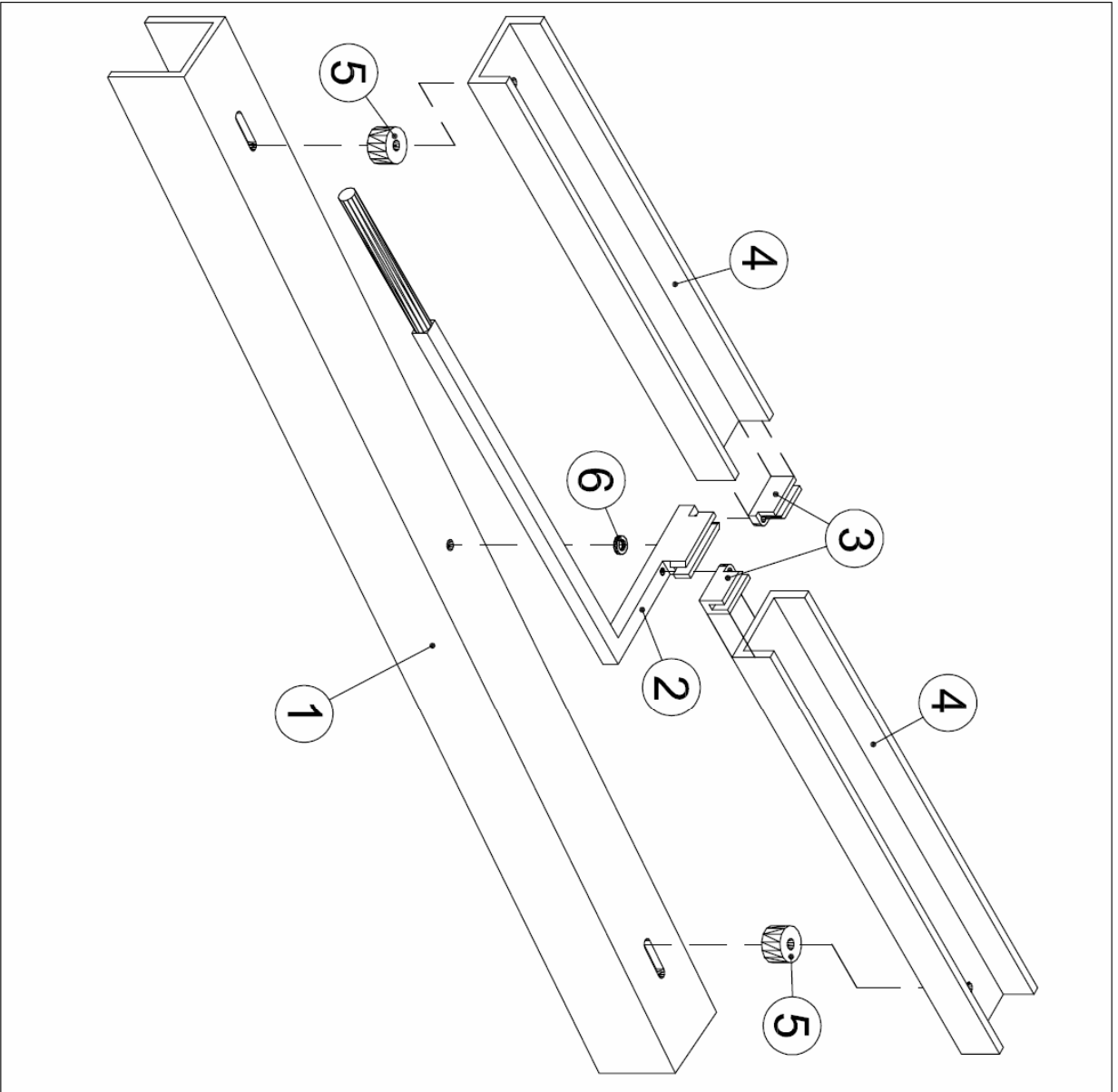




Spiraalin avauslaitteen pneumatiikkakaavio ja sähkökaavio

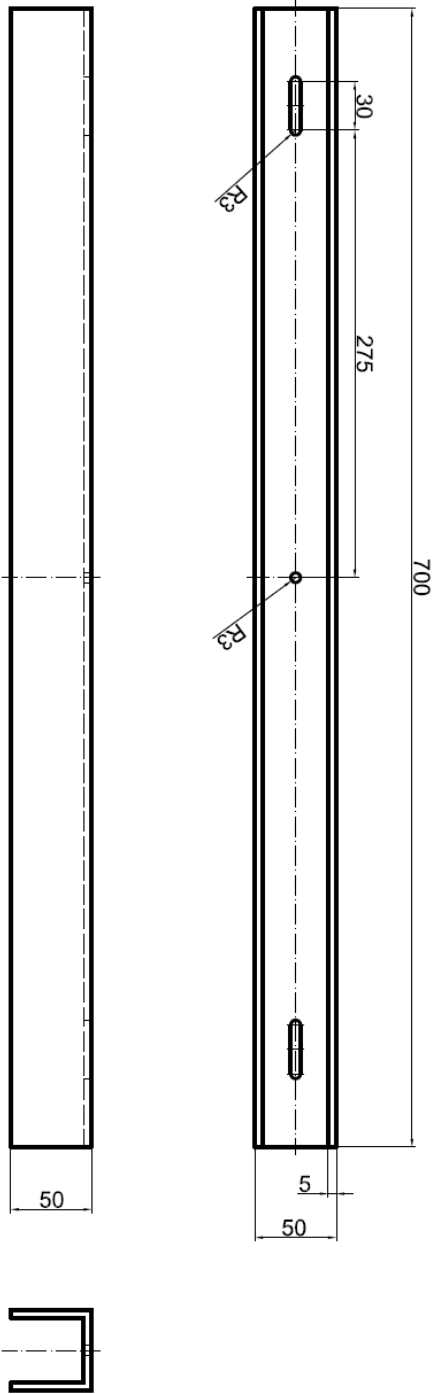
Suunnittellut

Saku Hellman



**Taitoslaitteen  
räjäytyskuva**


1. Runkopalkki
2. Kääntyjäura
3. Päätyurat
4. Spiraalin kannattajat
5. Liukuholkit
6. Kääntyjäholkki

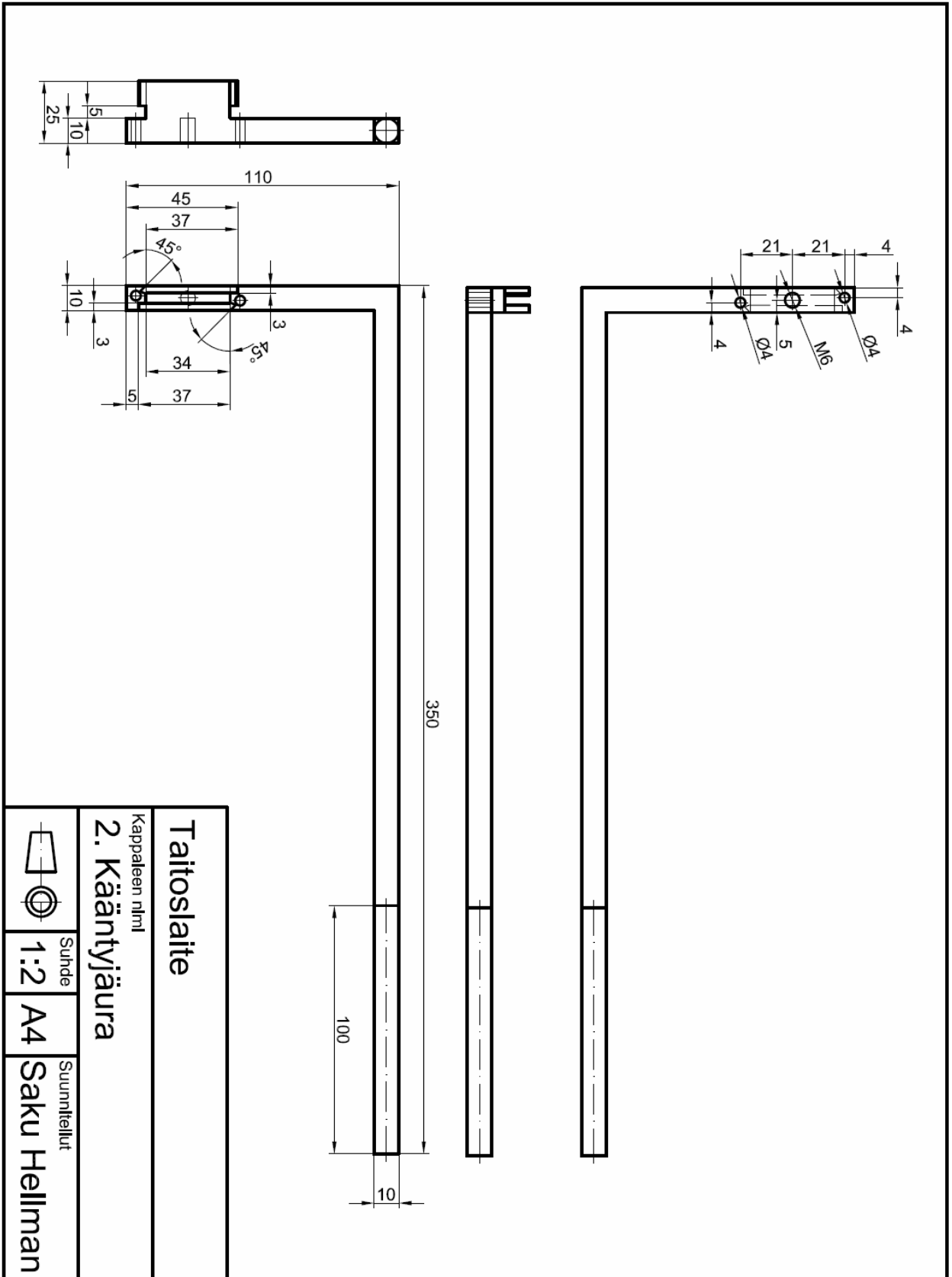


**Taitoslaitte**

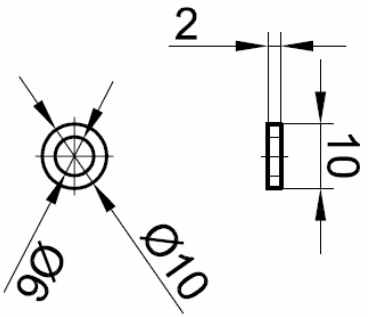
Kappaleen nimi

**1. Runkopalkki**

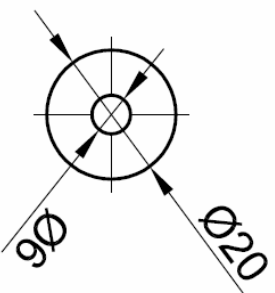
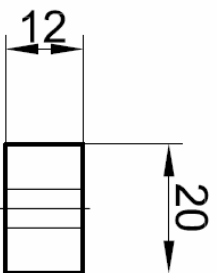
	Schde	A4	Suunnittelut
	1:4		Saku Hellman



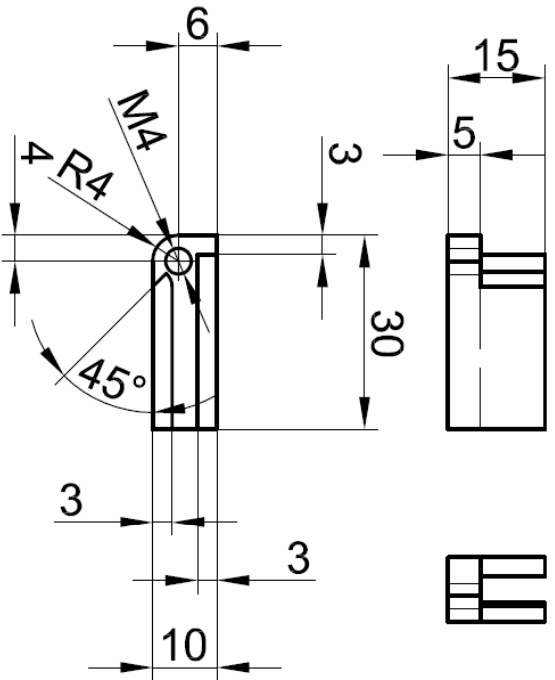
6. Kääntyjäholkki



5. Liukuholkki





3. Päättyura

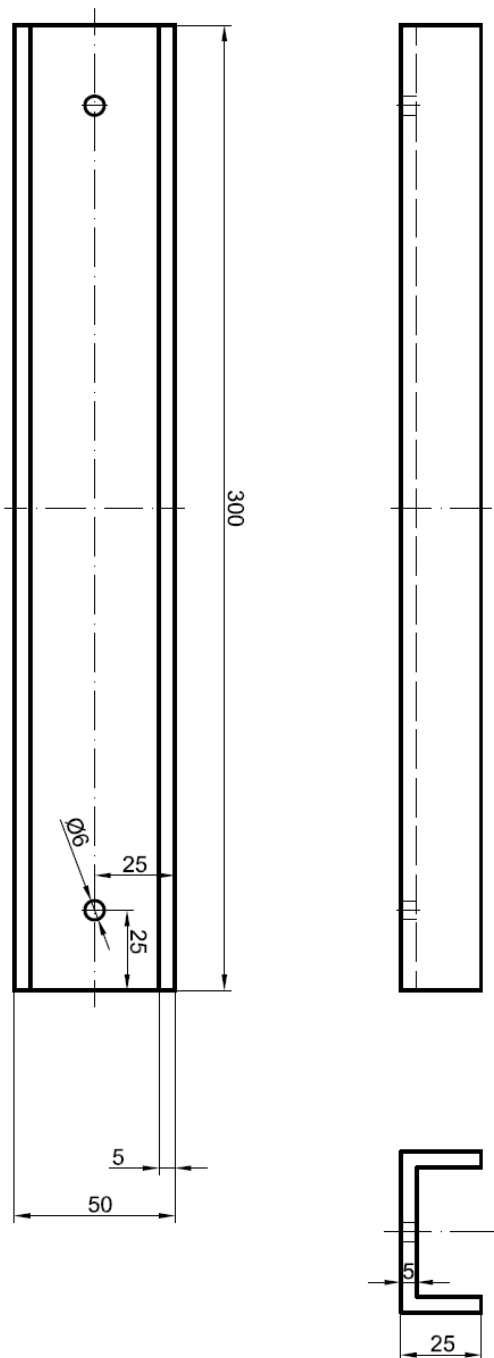


Taitoslaitte

Kappaleen nimi

3. Päättyura, 5. Liukuholkki ja 6. Kääntyjäholkki



		Suinde	1:1	A4	Suunnittelut	Saku Hellman
---	---	--------	-----	----	--------------	--------------



## Taitoslaite

Kappaleen nimi

### 4. Spiraalin kannattaja

	Suhde	A4	Suunnittelut
	1:2		Saku Hellman