

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Konetekniikan koulutus

Olli Eronen

SÄRMÄYSTYÖKALUN SUUNNITTELU JA KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2021



OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2021  
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä(t)  
Olli Eronen

Nimeke  
Särmäystyökalun suunnittelu ja kehittäminen

Toimeksiantaja  
Jalosteel Oy

#### Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella särmäyspuristimen työkalu Jalosteel Oy:lle ja jatkokehittää valmista työkalua tarvittaessa. Tarkoituksena oli saada valmistettua työkalulla mittatarkka ohutlevytuote turvallisesti ja yhdellä työvaiheella levynleikkauksen jälkeen.

Opinnäytetyössä käsitellään ohutlevytuotteisiin liittyviä käsitteitä ja suunnittelutyön tuloksia. Lisäksi esitetään yrityksen ohutlevytuotteen valmistuksen nykytilanne ja valmistuksen keskeiset ongelmat.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua särmäyspuristimen ylä- ja alatyökalu, joiden tulisi toimia käyttötarkoituksessaan ilman suuria muutoksia. Lisäksi tehtiin kattava tekninen dokumentointi, jonka avulla yritys voi arvioida toteuttamisen kannattavuutta ja valmistaa työkalun tulevaisuudessa.

Kieli  
suomi

Sivuja 75  
Liitteet 3  
Liitesivumäärä 34

Asiasanat  
Särmäys, tuotekehitys, koneensuunnittelu



THESIS  
November 2021  
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Olli Eronen

Title  
Design and development of press brake tool

Commissioned by  
Jalosteel Oy

#### Abstract

The aim of the thesis was to design a press brake tool for Jalosteel Oy and to further develop the designed tool if necessary. The purpose was to use a tool to produce a dimensionally accurate sheet metal product safely and in one step after sheet metal cutting.

The thesis focuses on the concepts related to sheet metal products and the results of the design process. In addition, the current situation of the company's sheet metal product manufacturing and the main problems in the manufacture are presented.

As result of the thesis, upper and lower tools of the press brake were designed, which should work in their intended purpose without major changes. In addition, comprehensive technical documentation was made to enable the company to assess the profitability of implementation and manufacture the tool in the future.

Language  
Finnish

Pages 75  
Appendices 3  
Pages of Appendices 34

Keywords  
bending, product development, machine design

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Keskeiset käsitteet .....	6
2.1	Taivuttaminen .....	6
2.2	Taivutusvoima.....	7
2.3	Särmäyspuristin .....	7
2.4	Särmäysmenetelmät.....	8
2.5	Syväveto.....	10
2.6	Oikaistu pituus .....	11
2.7	Takaisinjousto.....	12
2.8	Veneilmiö.....	12
3	Suunnittelun lähtökohdat .....	13
3.1	Valmistettava tuote .....	13
3.2	Yrityksen särmäyspuristimet.....	14
3.3	Tuotannon mekanisointi.....	15
4	Tuotannon nykytilanne.....	15
4.1	Käytössä oleva valmistusmenetelmä .....	15
4.2	Valmistuksen ongelmat.....	17
5	Särmäystyökalun suunnittelu .....	18
5.1	Vaatimusluettelo ja QFD-kaavio .....	18
5.2	Suunnittelussa käytettävät ohjelmat ja menetelmät .....	19
5.3	Ideointi ja ratkaisujen valinta.....	20
5.4	Käyttöturvallisuus.....	23
5.5	Työkalun toimintaperiaate ja rakenne .....	23
5.5.1	Kääntömekanismi .....	24
5.5.2	Vasteet .....	25
5.6	Työkalun valmistusmateriaalit.....	26
5.7	Tekninen dokumentointi.....	26
5.7.1	Piirustukset .....	26
5.7.2	Käyttöohje.....	27
6	Laskelmat ja analyysit.....	27
6.1	Särmäysvoima .....	27
6.2	Oikaistu pituus .....	28
6.3	Takaisinjoustokulma .....	29
6.4	Alatyökalun mekanismin tarkastelu.....	30
6.5	Lujuuslaskenta.....	30
6.6	Ylätyökalun FEM-analyysit.....	31
6.6.1	Von Mises -vertailujännitys .....	33
6.6.2	Nurjahdusvoima.....	34
6.6.3	Kestoikä .....	34
6.7	Alatyökalun FEM-analyysi.....	35
7	Työkalujen valmistus.....	38
7.1	Prototyypitys .....	38
7.2	Työkalujen valmistaja ja projektin toteutus .....	40
8	Pohdinta.....	40
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1 Valmistus- ja kokoonpanopiirustukset

Liite 2 Laskelmat

Liite 3 Käyttöohje

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Jalosteel Oy:lle särmäyspuristimen työkalu, jolla voitaisiin valmistaa mittatarkka ohutlevytuote turvallisesti ja yhdellä työvaiheella levynleikkauksen jälkeen.

Yrityksen käyttämä valmistusmenetelmä koostuu monesta erillisestä työvaiheesta, eikä käytössä oleva särmäyspuristin täytä nykyisiä turvallisuusmääräyksiä. Hyvin toimiva työkalu nopeuttaa merkittävästi tuotteen valmistusta ja parantaa osaltaan työturvallisuutta.

Jalosteel on vuonna 1992 perustettu yritys, joka keskittyy toiminnassaan LV-tuotteisiin ja ohutlevytuotteiden sekä kokoonpanojen sopimustoimitukseen (Jalosteel Oy 2021). Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Joensuussa ja Lieksassa.

## 2 Keskeiset käsitteet

Tässä kappaleessa määritellään opinnäytetyön keskeiset käsitteet. Tärkeimmiksi käsitteiksi suunnittelutyön kannalta muodostuivat oikaistu pituus, takaisinjousto, syväveto ja taivutusvoima.

### 2.1 Taivuttaminen

Taivutusta käytetään yleisesti ohutlevytuotteiden valmistuksessa. Yleisin ja monipuolisin käytössä oleva taivutusmenetelmä on särmäys.

Taivutustapahtuma voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen:

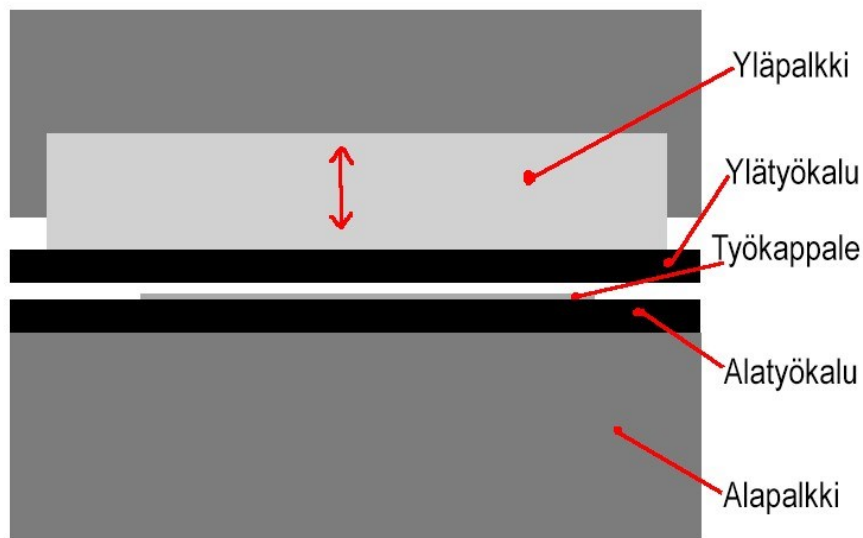
1. Alkuvaihe eli niin sanottu elastinen taivutus. Materiaalin myötörajaa ei ylitetä ja taivutettava levy palautuu suoraksi, jos taivutusvoima poistetaan.
2. Taivutuksen eteneminen eli niin sanottu elastisplastinen taivutus. Materiaalin myötöraja ylittyy levyn pinnalla ja kuormitusta lisättäessä myös levyn sisäkerroksissa. Levy muovautuu plastisesti ulkopinnoilta keskustaa kohden. Elastiseksi jääneet osiot pyrkivät palauttamaan levyn takaisin suoraksi, jos taivutusvoima poistetaan.
3. Täysin plastinen taivutus. Levy taivutetaan levyn paksuutta vastaavalle säteelle, jolloin levyn elastiset osiot pienenevät edelleen ja muodonmuutos pysyy lähes täysin plastisena taivutusvoiman poistamisen jälkeen. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2010, 239.)

## **2.2 Taivutusvoima**

Taivutusvoiman tarvetta voidaan arvioida laskukaavojen ja taulukoiden perusteella. Laskukaavoissa käytetään materiaalin paksuutta ja murtolujuutta, taivutettavaa pituutta sekä V-aukon leveyttä. (Matilainen ym. 2010, 252.)

## **2.3 Särmäyspuristin**

Särmäyspuristin (kuva 1) on kone, jolla suoritetaan särmäystä eli taivutusta puristamalla työkappaletta ylä- ja alatyökalojen välissä. Särmäyspuristimien työlevyydet vaihtelevat 1–10 metrin välillä, mutta yleisenä työlevytenä voidaan pitää 1–4 metriä. Särmäyspuristimen puristusvoima vaihtelee 100–25 000 kN:n välillä ja toiminta voi olla mekaanista, pneumaattista tai hydraulista. Nykyaikaisissa koneissa on numeerinen ohjaus vasteille ja puristusliikkeelle, mikä mahdollistaa särmäyksen toistettavuuden. Etu- ja takavasteilla voidaan paikoittaa särmättävä kappale ennen särmäysliikettä. (Matilainen ym. 2010, 240.)



Kuva 1. Särmäyspuristin (Matilainen ym. 2010, 240).

## 2.4 Särmäysmenetelmät

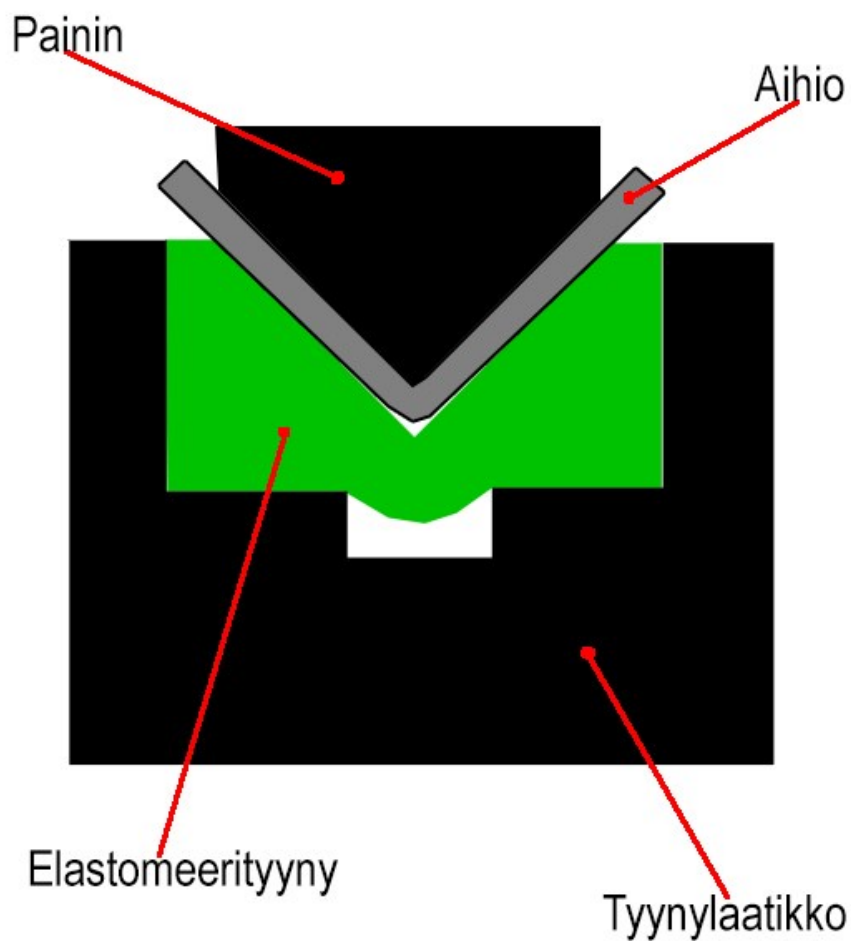
Särmäys toteutetaan yleensä vapaataivutuksena (kuva 2) tai pohjaaniskutaivutuksena (kuva 3). Vapaataivutuksessa levyaihiota taivutetaan ylätyökalun ja alatyökalun aukon kulmien välillä kolmipistetäivutuksena ja särmäysliike keskeytetään ennen levyn osumista alatyökalun pohjaan. Pohjaaniskutaivutuksessa levyaihiota taivutetaan kiinni ylä- ja alatyökaluun, jolloin levy muotoutuu työkalujen mukaiseksi ja takaisinjousto voidaan saada hyvin pieneksi. Särmäys voidaan myös suorittaa käyttämällä elastista vastinta (kuva 4), jolloin taivutettava materiaali muotoutuu ylätyökalun mukaiseksi ja kappaleen pinta pysyy naarmuttomana. (Matilainen ym. 2010, 240–242.)



Kuva 2. Vapaataivutus (Matilainen ym. 2010, 241).



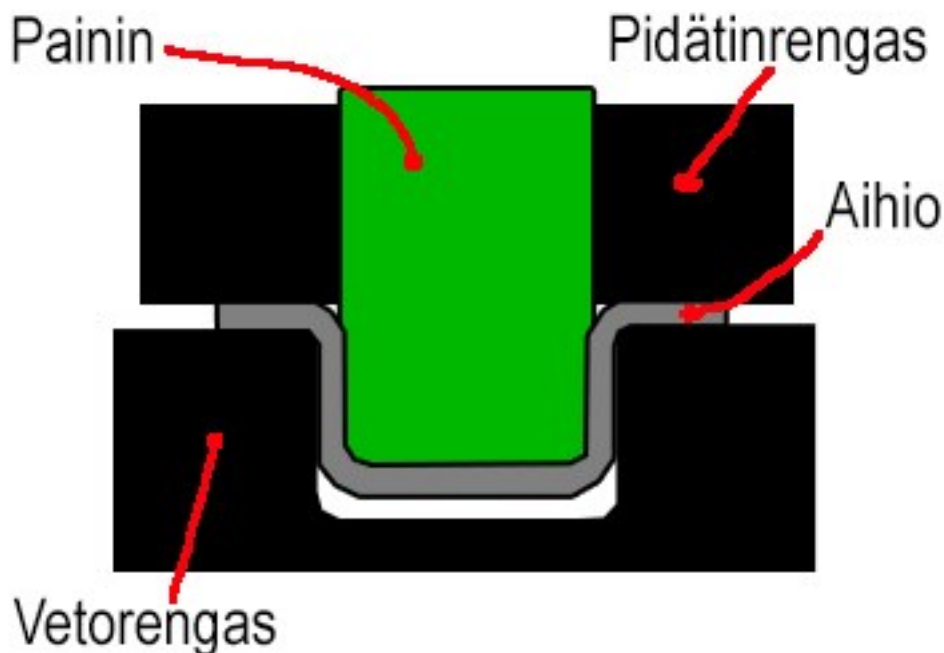
Kuva 3. Pohjaaniskutaivutus (Matilainen ym. 2010, 241).



Kuva 4. Elastinen vastin (Matilainen ym. 2010, 242).

## 2.5 Syvävedo

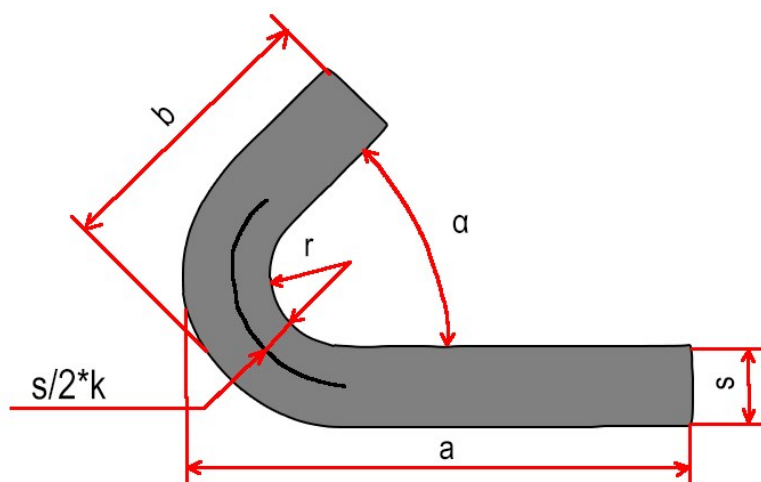
Syvävedossa (kuva 5) levyaihiota muovataan haluttuun muotoon painamalla levyaihiota painimella vetorenkkaan läpi. Materiaalipaksuus ei muutu merkittävästi syvävedon aikana. (Matilainen ym. 2010, 220.)



Kuva 5. Syväveto (Matilainen ym. 2010, 220).

## 2.6 Oikaistu pituus

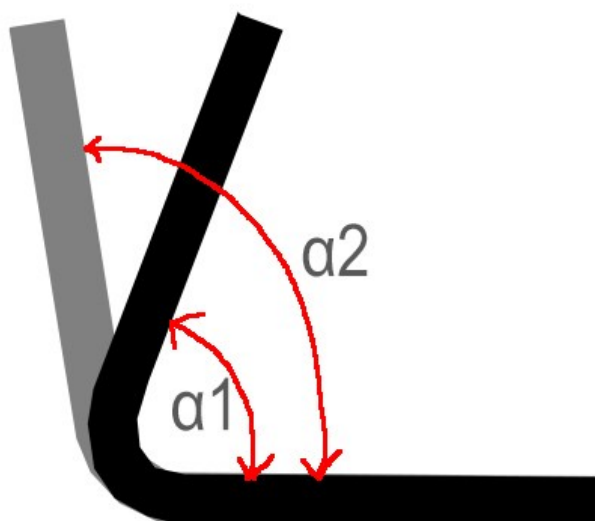
Oikaistu pituus (kuva 6) tarkoittaa särmättävän levyaihion pituutta ennen särmäystä. Oikaistu pituus on lyhyempi kuin särmättävän kappaleen laippojen yhteenlaskettu pituus, koska materiaalissa aiheutuu venymää. Arvio sopivasta oikaistusta pituudesta saadaan laskukaavoilla tai tietokoneohjelmilla. (Matilainen ym. 2010, 250–251.)



Kuva 6. Oikaistun pituuden parametrit (Matilainen ym. 2010, 250).

## 2.7 Takaisinjousto

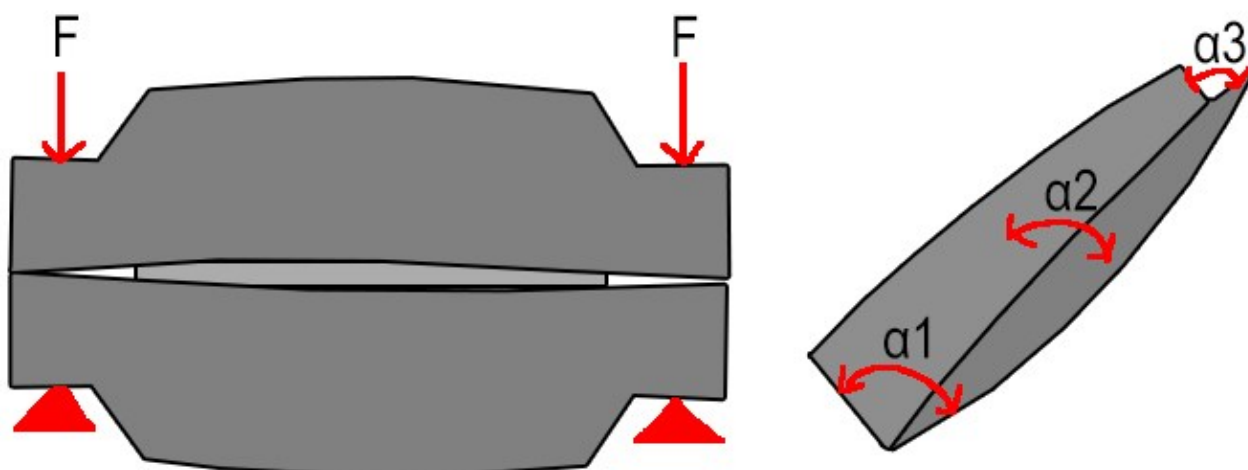
Taivutettavassa kappaleessa ei saavuteta sisäistä voimatasapainoa elastisten ja plastisten vyöhykkeiden välillä. Levyn keskelle jääneet elastiset muodonmuutokset pyrkivät palauttamaan materiaalia takaisin alkuperäiseen muotoon. Takaisinjouston (kuva 7) takia tehdään yleensä ylitaivutus tai pohjaaniskutaivutus, jolloin kappale palautuu haluttuun kulmaan taivutuksen jälkeen. (Matilainen ym. 2010, 245, 247.)



Kuva 7. Takaisinjousto (Matilainen ym. 2010, 247).

## 2.8 Veneilmiö

Veneilmiöllä (kuva 8) tarkoitetaan taivutetun kappaleen keskellä esiintyvää pulistumaa, joka aiheutuu särmäyspuristimen joustoista särmättäessä pitkää kappaletta. Veneilmiötä voidaan ehkäistä niin sanotulla bombeerauksella (kuva 8), jossa taivutetaan särmäyspuristimen työkaluja ennen särmäysliikettä. (Matilainen ym. 2010, 244.)



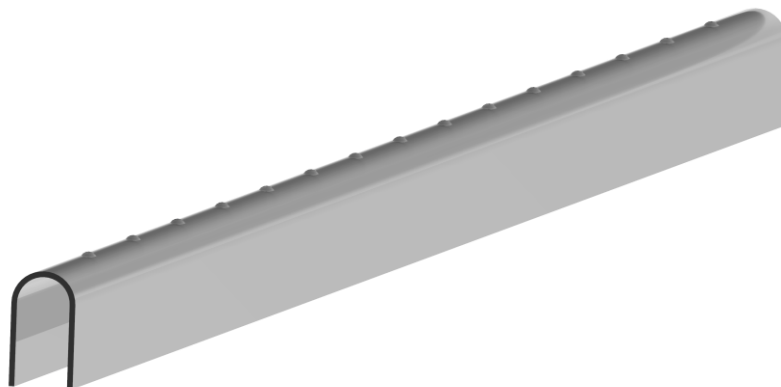
Kuva 8. Bombeeraus ja veneilmiö, bombeeraus vasemmalla ja veneilmiö oikealla (Matilainen ym. 2010, 244).

### 3 Suunnittelun lähtökohdat

#### 3.1 Valmistettava tuote

Yrityksen valmistama tuote on kourumainen u-säle (kuva 9), jonka pinnassa on pallomainen muotoilu. Säleitä käytetään yrityksen valmistamissa lattiakaivoissa ja lattia-altaissa (kuva 10). Materiaalina käytetään ruostumatonta ja haponkestävää teräsohutlevyä lajeissa 1.4301 ja 1.4404. Säleen pituudet vaihtelevat 100–800 mm:n välillä 100 mm:n välein. Säleen valmistuspiirustus on esitetty liitteessä 1.

Suunnitellulla työkalulla pyrittiin siihen, että särmättävän tuotteen taivutuskulmissa saavutettaisiin  $\pm 2$  asteen tarkkuus standardin SFS 5998 mukaisesti. Levyaihion pituusmittojen tarkkuus riippuu levynleikkauksen tarkkuudesta ja jota ei määritelty tarkemmin. Tuotteen ulkonäölle ja pallojen mitoille ei asetettu vaatimuksia.



Kuva 9. Kourumainen säle mallinnettuna.



Kuva 10. Lattia-altaan ritilä (Kuva: Olli Eronen).

### 3.2 Yrityksen särmäyspuristimet

Yrityksellä on käytössään kolme särmäyspuristinta Lieksan toimipisteessä. Särmäyspuristimien puristusvoimat ovat 90, 110 ja 150 tonnia.

Suunnittelutyön tavoitteena oli kehittää työkalu ensisijaisesti yhdelle särmäyspuristimelle. Suunnittelussa käytettäväksi särmäyspuristimeksi valittiin Baykal APHS 2606x90, jossa puristusvoima on 90 tonnia.

### **3.3 Tuotannon mekanointi**

Yritys esitti toiveen mahdollisuudesta mekanoimaa kappaleiden särmäys. Mekanoimintaa pyrittiin huomioimaan suunnittelutyössä, mutta suunnittelutyö keskittyi ensisijaisesti käsikäyttöiseen ratkaisuun ja mekanoimintaa suunniteltiin mahdollisuuksien mukaan valmiille työkalulle.

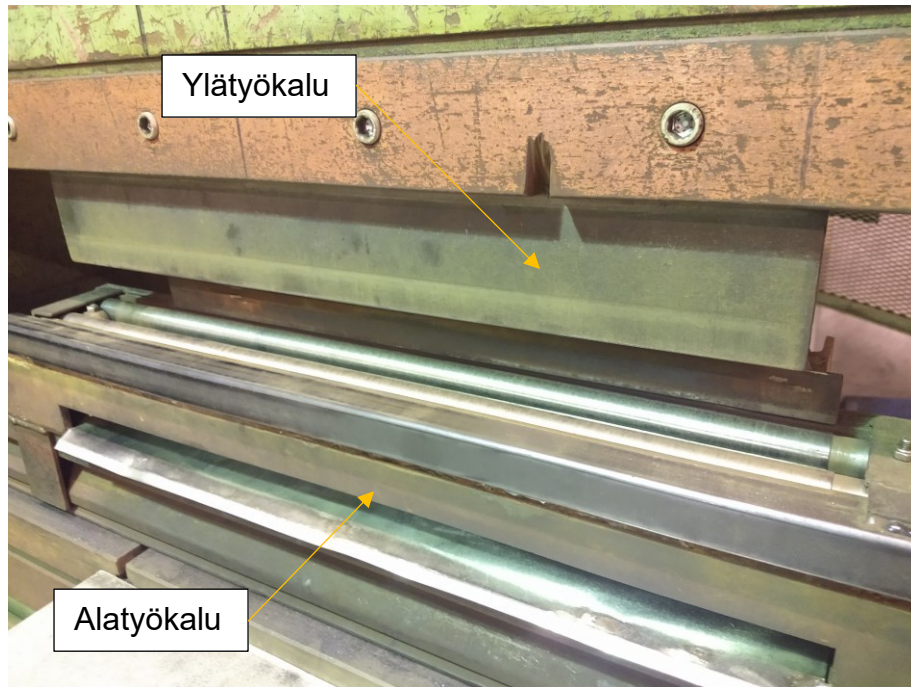
## **4 Tuotannon nykytilanne**

### **4.1 Käytössä oleva valmistusmenetelmä**

Säleitä valmistetaan Jalosteel Oy:n Joensuun toimipisteessä. Valmistuksessa on kolme erillistä vaihetta levynleikkauksen jälkeen. Särmäyksessä käytetään omavalmisteisia ylä- ja alatyökaluja.

Valmistuksen vaiheet:

1. Säleen särmääminen omavalmisteisella työkalulla (kuva 11). Levyaihio painetaan särmäyspuristimen ylätyökalulla alatyökalussa olevien rullien läpi. Rullat muovaavat levyaihion kourumaiseksi.
2. Pallomaisten muotojen tekeminen säleen pintaan muotoilutyökalulla (kuva 12). Säleen pintaan painetaan pallomaiset muodot käyttämällä särmäyspuristimessa omavalmisteisia ylä- ja alatyökaluja.
3. Säleen lisätaivutus haluttuun taivutuskulmaan painamalla sälettä sivuilta. Kuvassa 13 on säle ennen lisätaivutusta. Kuvasta voidaan havaita merkittävä mittaepätarkkuus säleen taivutuskulmassa.



Kuva 11. Särmästyökalu (Kuva: Olli Eronen).



Kuva 12. Muotoilutyökalu (Kuva: Olli Eronen).



Kuva 13. Säle ennen lisätaivutusta (Kuva: Olli Eronen).

#### 4.2 Valmistuksen ongelmat

Valmistuksen monivaiheisuus lisää säleiden valmistukseen kuluvaan aikaan. Lisäksi yrityksen käytössä oleva särmäyspuristin ei täytä nykyisiä turvallisuusmääräyksiä. Särmäyspuristimen työliikettä ei voida keskeyttää mahdollisessa vaaratilanteessa, joten käyttäjän kehonosat voivat puristua ylä- ja alatyökalujen väliin.

## 5 Särmäystyökalun suunnittelu

### 5.1 Vaatimusluettelo ja QFD-kaavio

Suunniteltavan työkalun vaadittuja ja haluttuja ominaisuuksia määriteltiin vaatimusluettelon (taulukko 1) ja QFD-kaavion avulla.

Vaatimusluettelossa määriteltiin vaatimuksien tasoksi kiinteä vaatimus, vähimmäisvaatimus ja toivomus. Vaatimuksien tärkeyttä määriteltiin asteikolla 1–5, jossa numero 1 vastaa tärkeintä vaatimusta ja numero 5 vähiten tärkeää vaatimusta.

QFD-kaaviossa määriteltiin vaadittujen ominaisuuksien ja toteutusmenetelmien välistä yhteyttä. Kaavion tuloksena saatiin arvio tärkeimmistä suunnittelutyössä huomioitavista seikoista.

Vaatimuk- sen taso	Vaatimukset	Tärkeys
	<b>Geometria</b>	
K	Työkalu mahtuu särmäyspuristimeen ja särmäyksen liikevarat on huomioitu.	1
	<b>Liikkeet</b>	
V	Alatyökalun osat ja ylätyökalu liikkuvia.	5
	<b>Voimat</b>	
K	Työkalu kestää särmäyksessä käytettävän voiman ja jatkuvasta käytöstä aiheutuvaa väsyttävää kuormitusta.	1
	<b>Käyttövoima</b>	
K	Liikkeet tapahtuvat särmäyspuristimen voimalla.	1
	<b>Materiaali</b>	
T	Teräs.	3

Vaatimuk- sen taso	Vaatimukset	Tärkeys
	<b>Turvallisuus</b>	
K	Työkalun käyttäminen on turvallista.	1
	<b>Valmistus</b>	
T	Koneistus, levynleikkaus, hitsaus.	3
	<b>Tarkastettavat asiat</b>	
V	Työkalun toiminta tarkastetaan kokoonpanon jälkeen ja säännöllisesti käyttövaiheessa sekä työkalujen vaihdon jälkeen.	2
	<b>Kuljetus ja siirto</b>	
V	Kuljetettavissa henkilö- tai pakettiautolla.	3
	<b>Käyttö</b>	
K	Käyttö ja säätäminen yksinkertaista ja nopeaa.	1
	<b>Kunnossapito</b>	
V	Huolto ja korjaus helppoa.	2
	<b>Toimitusaika</b>	
K	Vuoden 2021 aikana.	1
V=Vähimmäisvaatimus, K=Kiinteä vaatimus, T=Toive		

Taulukko 1. Vaatimusluettelo.

## 5.2 Suunnittelussa käytettävät ohjelmat ja menetelmät

Työkalun suunnittelussa käytettiin pääosin CAD-suunnittelua. Mallinnukset ja piirustukset tehtiin Creo Parametric -ohjelmalla monipuolisten ominaisuuksien ja aiemman käyttökokemuksen takia. Yleisessä laskennassa käytettiin Creo Parametricin yhteydessä olevaa Mathcad Prime -ohjelmaa.

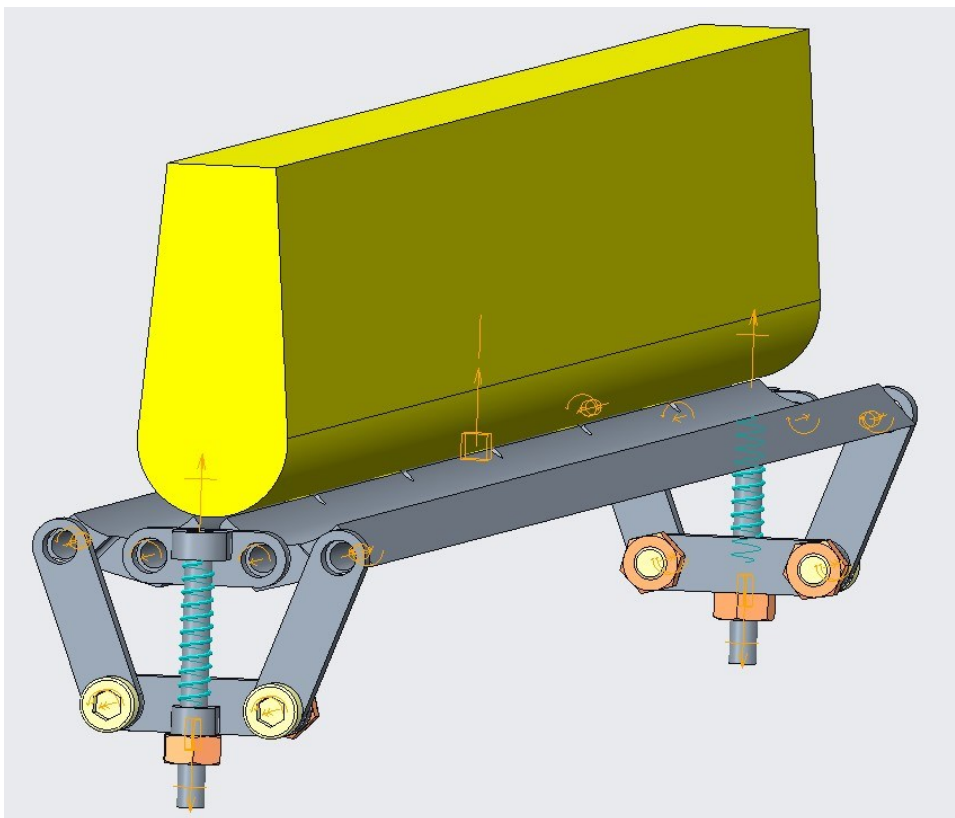
Suunnittelussa käytettäväksi mallinnusmenetelmäksi valittiin Top Down. Top Down mallinnuksessa kokoonpanossa käytettävät osat paikoittuvat ja muovautuvat kokoonpanoa ohjaavien osien mukaisesti. Menetelmän etuna on se, että mitat muuttuvat liittyvien osien välillä, jolloin muutokset ovat nopeita ja

mitoitusvirheitä voidaan välttää. (Vertex Systems Oy, 2021.) Mallinnuksessa pyrittiin myös hyödyntämään parametrejä, jotka ohjaavat osien mitoitusta käyttämällä olemassa olevia mittoja ja mittoihin perustuvia laskukaavoja.

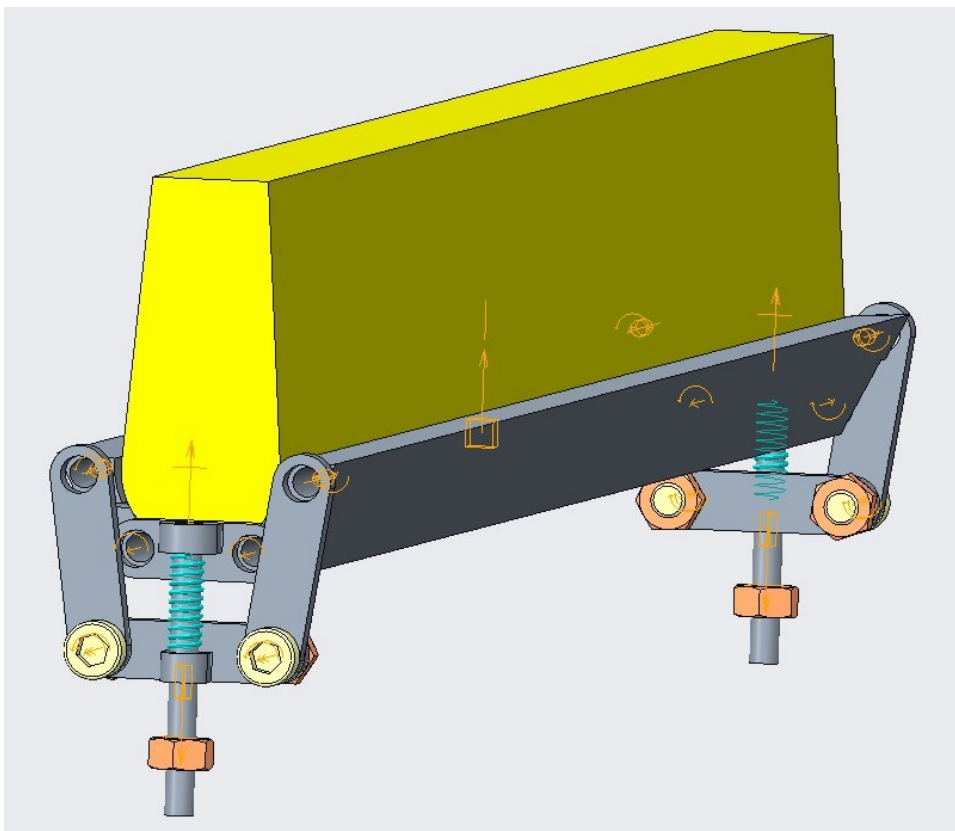
### **5.3 Ideointi ja ratkaisujen valinta**

Tavoitteena oli ideoida työkalu, jolla voidaan taivuttaa levyaihio yli nimellisestä taivutuskulmasta. Taivutuksen jälkeen levy palautuisi riittävän tarkasti haluttuun muotoon. Ideointia toteutettiin tekemällä hahmottelua paperille. Hahmottelujen pohjalta tehtiin erilaisia kokoonpanoja sekä mallinnuksia. Hahmottelussa otettiin mallia markkinoilla olevista työkaluista mutta pyrittiin kehittämään oma ratkaisu työkalun rakenteeseen.

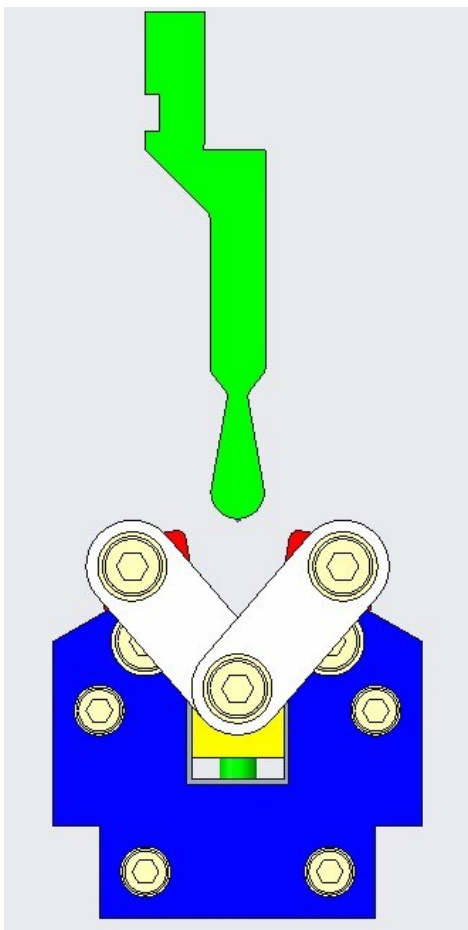
Kuvissa 14 ja 15 on esitetty hahmotelma ensimmäisestä versiosta V1 ja kuvissa 16 ja 17 on esitetty toinen versio V2. Edellä mainittujen versioiden lisäksi ideointiin muita versioita ja osaratkaisuja, mutta niiden suunnittelutyötä ei jatkettu. Jatkosuunnitteluun valittiin olemassa olevien ratkaisuiden pohjalta suunniteltu versio V2.



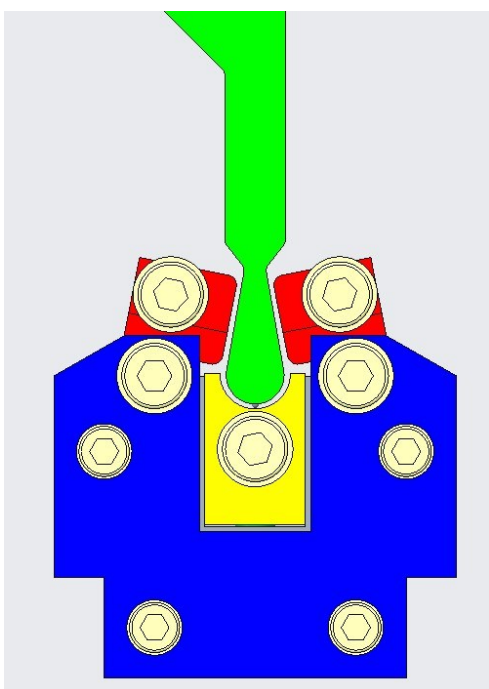
Kuva 14. Särmästyökalu V1 avautuneena.



Kuva 15. Särmästyökalu V1 sulkeutuneena.



Kuva 16. Särmästyökalu V2 avautuneena.



Kuva 17. Särmästyökalu V2 sulkeutuneena.

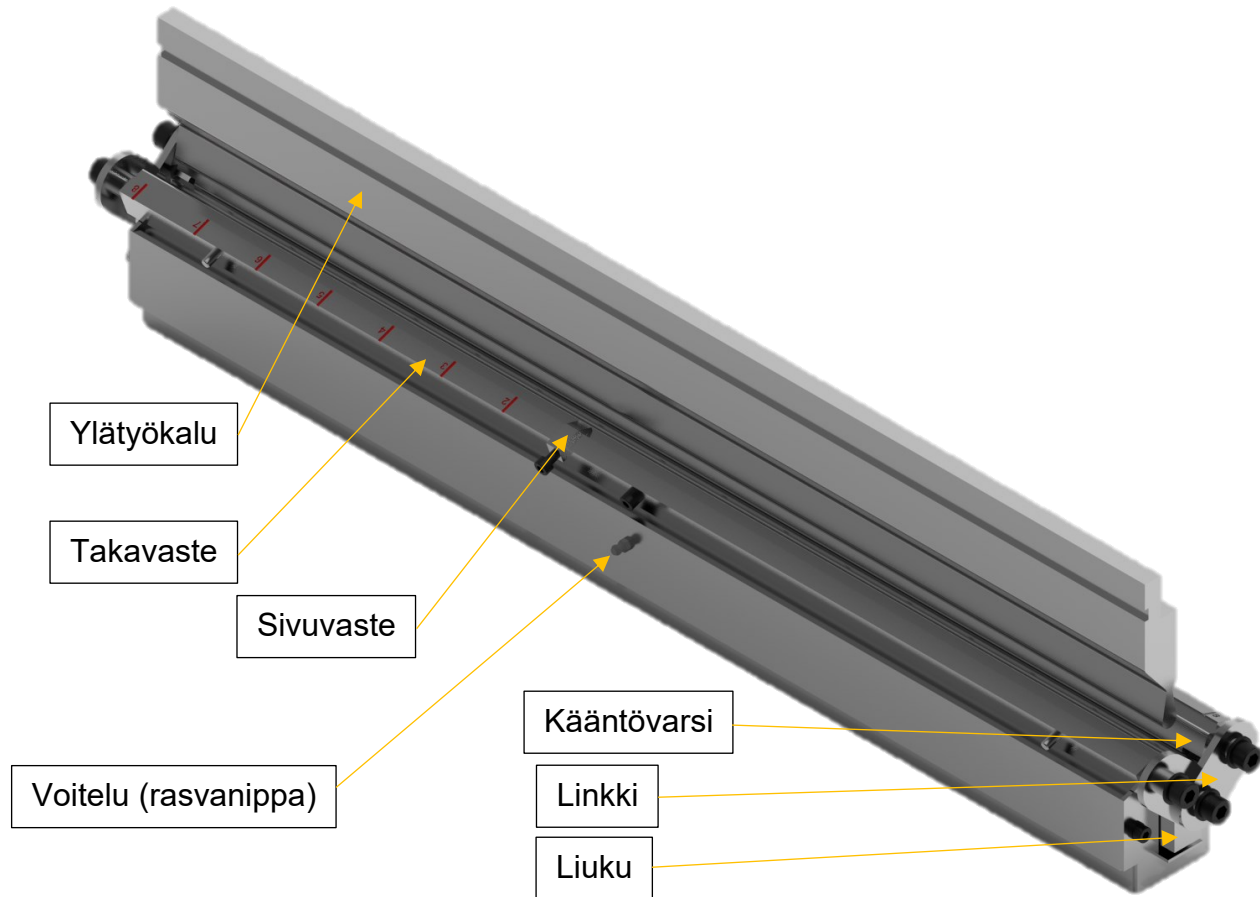
## **5.4 Käyttöturvallisuus**

Työkalun turvallisuutta arvioitiin tekemällä FMEA-kaavio mahdollisista vaaratilanteista käytön, vaihdon ja säätämisen aikana. Kaavion täyttämisen tuloksena saatiin arvio liikkuvien osien suojaustarpeesta ja käyttäjälle annettavasta käyttöohjeistuksesta.

FMEA on menetelmä, jolla määritellään tarkasteltavan prosessin riskit ja niiden todennäköisemmät aiheuttajat sekä merkitykset. Määrittelyn tarkoituksena on poistaa riskit kokonaan tai lieventää niiden vaikutusta merkittävästi. (Kankaanranta 2015).

## **5.5 Työkalun toimintaperiaate ja rakenne**

Työkalu (kuva 18) koostuu erillisistä ylä- ja alatyökaluista. Ala- ja ylätyökalujen kiinnityskohdat ja päämitat mitoitettiin särmäyspuristimessa käytettävien työkalujen mittojen ja kappaleen valmistuspiirustuksen pohjalta. Alatyökalun runkoon suunniteltiin voitelukanavat. Kanavien tarkoituksena oli kuljettaa voitelurasvaa kääntövarsien ja liu'un ohjauspinoille.



Kuva 18. Työkalun rakenne.

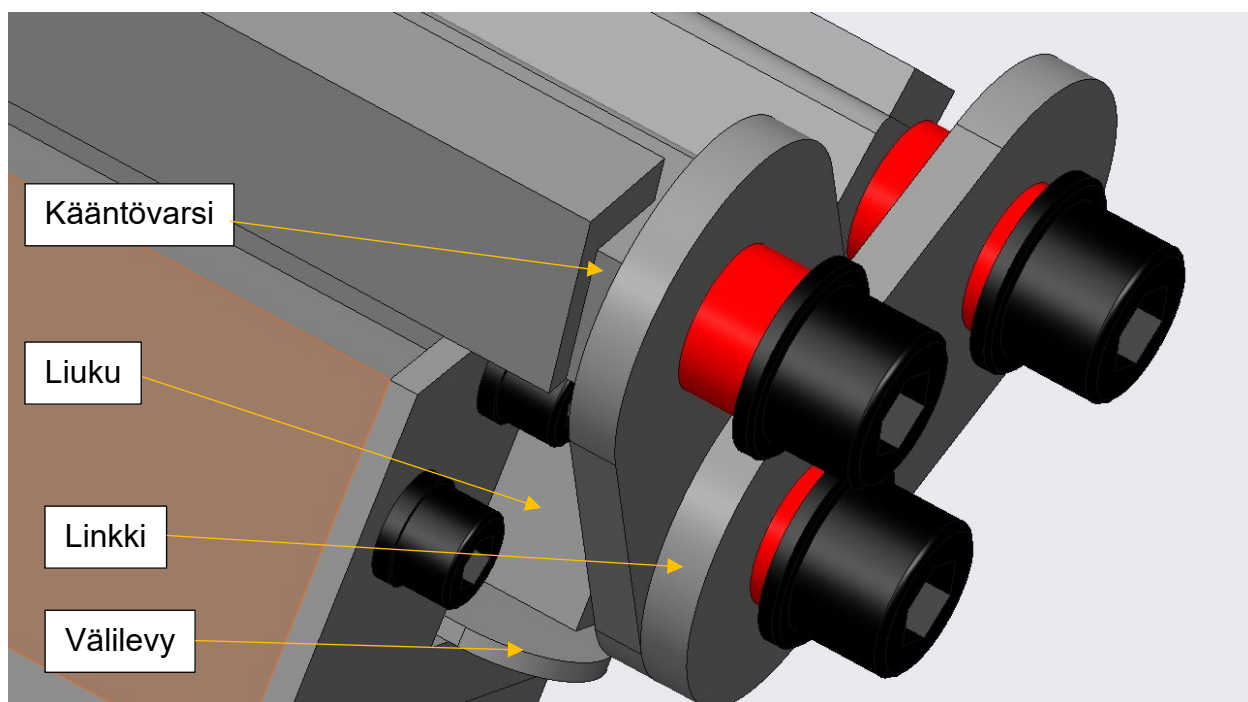
Työkalun toimintaperiaate:

1. levyaiho asetetaan kiinni vasteisiin
2. levyaihiota särmätään yli nimelliskulmasta ylä- ja alatyökalujen välissä
3. ylätyökalussa olevat pallotyökalu muovaavat kappaleen pintaan pallomaiset muodot särmäysliikkeen ääriasennossa
4. puristusjouset palauttavat mekanismin alkuasentoon särmäysliikkeen jälkeen.

### 5.5.1 Kääntömekanismi

Alatyökaluun suunniteltiin mekanismi (kuva 19), jolla saadaan ylitaivutettua levyaihiota. Mekanismi koostuu kääntövarsista, linkeistä ja liu'usta. Mekanismin

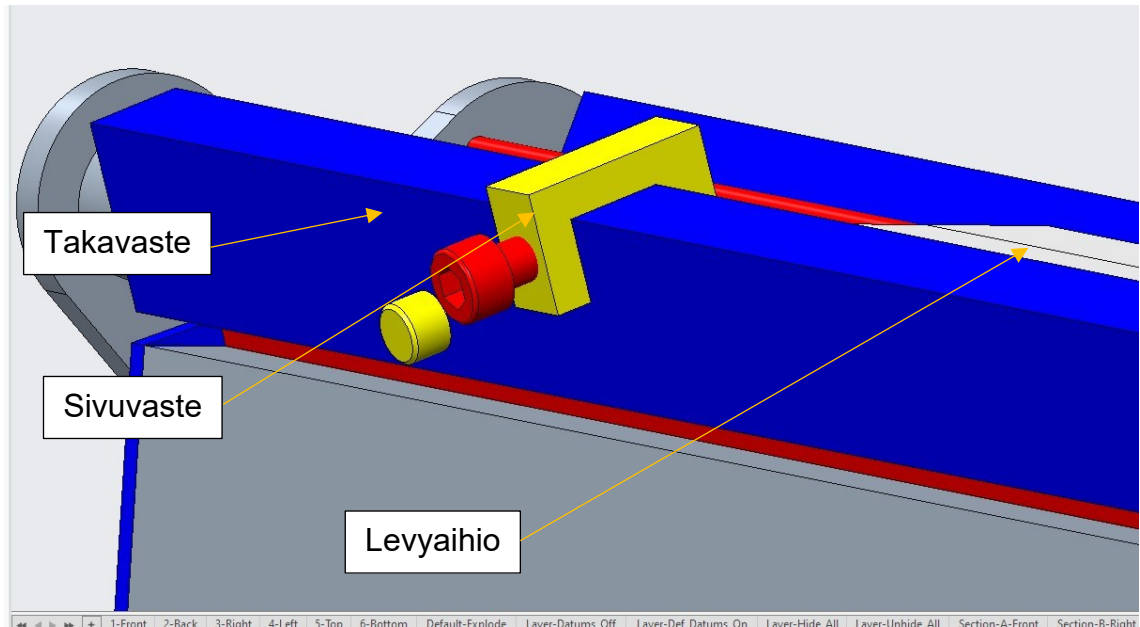
liikevaraa rajoitetaan alatyökalun rungossa olevilla pinnoilla ja liu'un sekä rungon välissä olevalla välilevyllä. Liu'un ja alatyökalun rungon välissä olevat puristusjouset palauttavat mekaniimin.



Kuva 19. Kääntömekanismi.

### 5.5.2 Vasteet

Alatyökaluun suunniteltiin säädettävät sivu- ja takavasteet (kuva 20). Vasteiden tarkoituksena oli paikoittaa levyaihio ennen särmäämistä. Takavasteeseen suunniteltiin mitta-asteikko, jonka avulla työkalun käyttäjä voi säätää sivuvasteen käytettävän levyaihion pituuteen.



Kuva 20. Vasteet ja levyaihio.

## 5.6 Työkalun valmistusmateriaalit

Työkalujen ensisijaisiksi valmistusmateriaaleiksi valittiin rakenneteräkset S235JR ja S355JR sekä työkaluteräs Toolox 44. S235JR-teräs valittiin käytettäväksi vasteissa ja muissa vähäisesti kuormitetuissa osissa, S355JR-teräs valittiin epäsuorasti kuormitettuihin osiin ja Toolox 44 -teräs suoran kuormituksen alaisiin osiin.

## 5.7 Tekninen dokumentointi

### 5.7.1 Piirustukset

Työkalun suunnitelluille osille tehtiin valmistuspiirustukset ja ylä- sekä alatyökalujen kokoonpanoista tehtiin kokoonpanopiirustukset. Työkalun oikea toiminta ja osien yhteensopivuus pyrittiin varmistamaan käyttämällä valmistuspiirustuksissa geometrisiä toleransseja ja taulukoiden mukaisia pinnankarheuksia sekä sovitteita. Valmistus- ja kokoonpanopiirustukset on esitetty liitteessä 1.

### 5.7.2 Käyttöohje

Työkaluille tehtiin lyhyt käyttöohje käyttämällä apuna FMEA-kaaviosta saatuja tuloksia, SFS-EN ISO 20607 -standardia ja Biltema-tavarataloketjun julkaisemia käyttöohjeita. Käyttöohjeessa keskityttiin työkalujen käyttöturvallisuuteen, koonpanoon, kunnossapitoon, käyttöön ja säätöön. Käyttöohjeella pyrittiin varmistamaan työkalujen oikeat käyttötavat ja turvallinen käyttö. Käyttöohje on esitetty liitteessä 3.

## 6 Laskelmat ja analyysit

### 6.1 Särmäysvoima

Tarvittavan särmäysvoiman arviointi on esitetty kuvassa 21. Särmäysvoimaa käytettiin, kun alatyökalun osia tarkasteltiin lujuusopillisesti ja arvioitiin valitun särmäyspuristimen puristusvoiman riittävyyttä.

Laskemisessa käytettiin särmättävän levyaihion pituusmittaa, suurinta materiaalin murtolujuuden nimellisarvoa, vakiokerrointa ja alatyökalulle valittua V-aukon leveyttä. Materiaalin murtolujuus on annettu SFS-EN 1993-1-4 -standardissa (taulukko 2). Vakiokertoimeksi määritettiin väliltä 1,2–1,5 suurin arvo 1,5.

Tarvittavaa särmäysvoimaa verrattiin suunnitteluun valitun särmäyspuristimen puristusvoimaan, josta havaittiin, että puristusvoima on riittävä.

Teräslaji	Kylmävalssattu nauha	
	Paksuus ≤ 6 mm	
	Myötöraja (MPa)	Murtolujuus (MPa)
1.4301	230	540
1.4404	240	530

Taulukko 2. Materiaalin myötörajan ja murtolujuuden nimellisarvot (SFS-EN 1993-1-4, 2006, 9).

#### Tarvittava taivutusvoima

$$R_m := 540 \text{ MPa}$$

$$b := 800 \text{ mm}$$

$$V := 15 \text{ mm}$$

$$s := 1.25 \text{ mm}$$

$$C := 1.5$$

$$F := C \cdot \frac{R_m \cdot b \cdot s^2}{V} = 67500 \text{ N}$$

-> Särmäyspuristin on riittävä

Missä:

$R_m$ =murtolujuus teräksellä 1.4301 (SFS-EN 1993-1-4)

$b$ =levyn pituus

$s$ =levyn paksuus

$V$ =v-aukon leveys

$C$ =vakiokerroin 1.2-1.5

$F$ =tarvittava taivutusvoima

$F_{kok}$ =Baykal Aphs 2606x90 särmäyspuristimen puristusvoima

(Matilainen ym. 2010, 252.)

$$F_{kok} := 900 \text{ kN}$$

$$F_{kok} > F = 1$$

Kuva 21. Tarvittavan särmäysvoiman arviointi.

## 6.2 Oikaistu pituus

Levyaihion oikaistun pituuden laskeminen on esitetty kuvassa 22. Oikaistua pituutta käytettiin levyaihion mallinnuksessa ja alatyökalun vasteiden mitoituksessa. Laskemisessa käytettiin standardissa SFS 5998 esitettyjä laskukaavoja.

**Oikaistu pituus (SFS 5998)**

$r := 5.75 \text{ mm}$

$s := 1.25 \text{ mm}$

$k := 0.65 + \frac{1}{2} \cdot \log\left(\frac{r}{s}\right) = 0.98$

$\beta := 0^\circ$

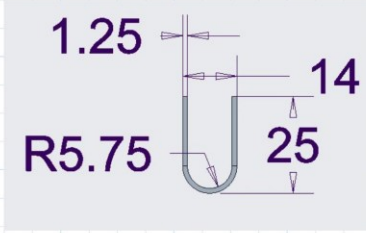
$a := 25 \text{ mm}$

$b := a$

$v := \pi \cdot \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ}\right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k\right) - 2 \cdot (r + s) = 5.99 \text{ mm}$

$\text{oikaistu\_pituus} := \text{Ceil}(a + b + v, \text{mm}) = 56 \text{ mm}$

Missä:  
 r=taivutussäde  
 s=levyn paksuus  
 k=k-kerroin  
 $\beta$ =avautumiskulma  
 a=ensimmäisen laipan pituus  
 b=toisen laipan pituus  
 v=korjaava tekijä



Kuva 22. Levyaihion oikaistu pituus.

### 6.3 Takaisinjoustopukulma

Särmäyksen jälkeistä takaisinjoustopukulmaa arvioitiin kaavalla, joka esitetään kuvassa 23, ja taulukolla 3. Takaisinjoustopukulmaa käytettiin työkalun ylitaivutuskulman mitoituksessa. Mitoitukseen valittiin kaavasta saatu arvo, jolloin voitiin varmistaa riittävä ylitaivutuskulma.

### Takaisinjouston arvio

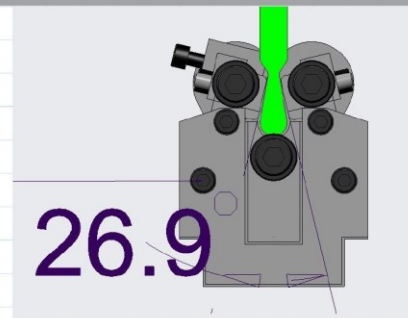
$$I_r := r = 5.75 \text{ mm}$$

$$M_t := s = 1.25 \text{ mm}$$

$$M_f := 3.5$$

$$D := \left[ \frac{I_r}{(M_t \cdot 2.1)} \right] \cdot M_f = [7.67] \quad (^\circ)$$

(Benson 2014)



Maksimikulma ilman välilevyä

Missä:

$I_r$ =taivutussäde

$M_t$ =levyn paksuus

$M_f$ =ruostumattoman teräksen materiaalikerroin

$D$ =arvio takaisinjoustopöytä

Kuva 23. Takaisinjouston arviointi.

Levynpaksuus $s$ (mm)	Taivutussäde $r_s$ (mm)	Takaisinjoustopöytä $\beta$ ( $^\circ$ )
		Kova teräs
0,8–2	$s-5s$	5

Taulukko 3. Takaisinjoustopöytä. (Matilainen ym. 2010, 248).

## 6.4 Alatyökalun mekanismin tarkastelu

Alatyökalun toimintaa ja mahdollisia muutostarpeita tarkasteltiin käyttämällä kokoonpanossa liikkuvia liitoksia ja liikuttamalla kokoonpanon osia ääriasentoihin. Työkalulle tehtiin lisäksi dynaaminen analyysi, jonka avulla voitiin todeta, että mekanismi avautuu suunnitellusti jousivoimalla särmäysliikkeen jälkeen.

## 6.5 Lujuuslaskenta

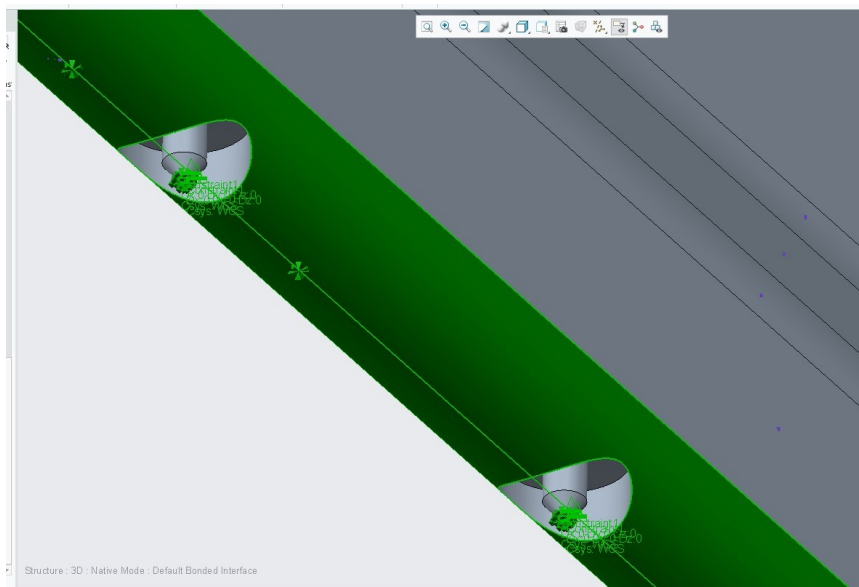
Lujuuslaskennassa keskityttiin tarkastelemaan työkaluihin kohdistuvia rasituksia ja jatkuvasta käytöstä aiheutuvaa väsyttävää kuormitusta. Lujuuslaskentaa toteutettiin tekemällä FEM-analyyskejä ja käyttämällä lujuusopissa sekä standardeissa määriteltyjä laskukaavoja. FEM-analyysien ja laskukaavojen tuloksia

vertailtiin keskenään, jolloin voitiin varmistaa tulosten luotettavuus. Lujuuslaskennan tuloksia esitetään liitteessä 1.

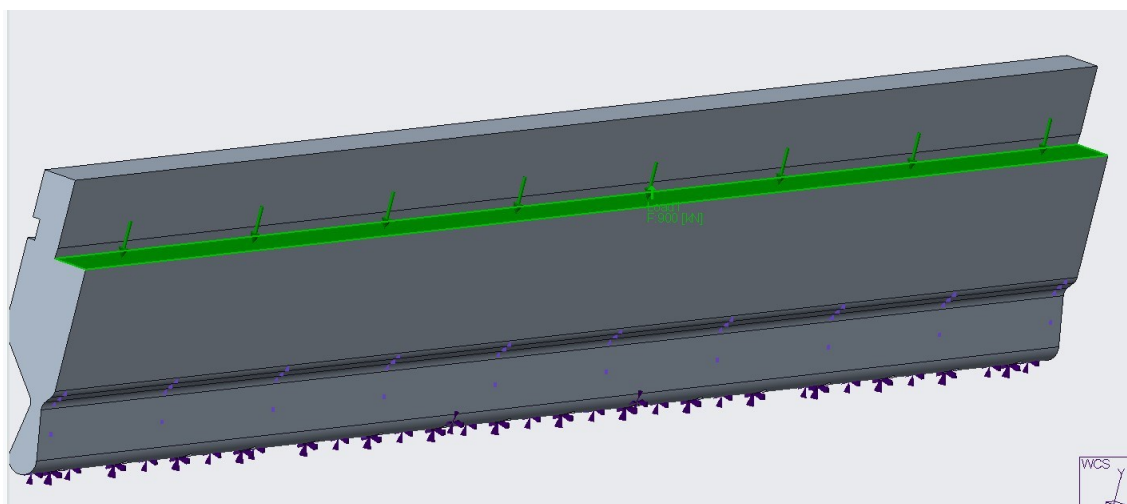
FEM, lyhenne käsitteestä Finite Element Method on lujuuslaskennassa käytettävä elementtimenetelmä. Elementtimenetelmässä tarkasteltava rakenne jaetaan riittävän yksinkertaisen geometrian omaaviin äärellisiin elementteihin. Vierekkäisten elementtien liitospisteitä kutsutaan solmuiksi. Solmujen väliset siirtymät ja jännitystilat ratkaistaan määritetyillä kuormituksilla ja tuennoilla. Laskennassa käytetään CAD-ohjelmistojen yhteydessä olevaa ohjelmistoa tai erillistä FEM-ohjelmistoa. (Lähteenmäki 2021).

## 6.6 Ylätyökalun FEM-analyysit

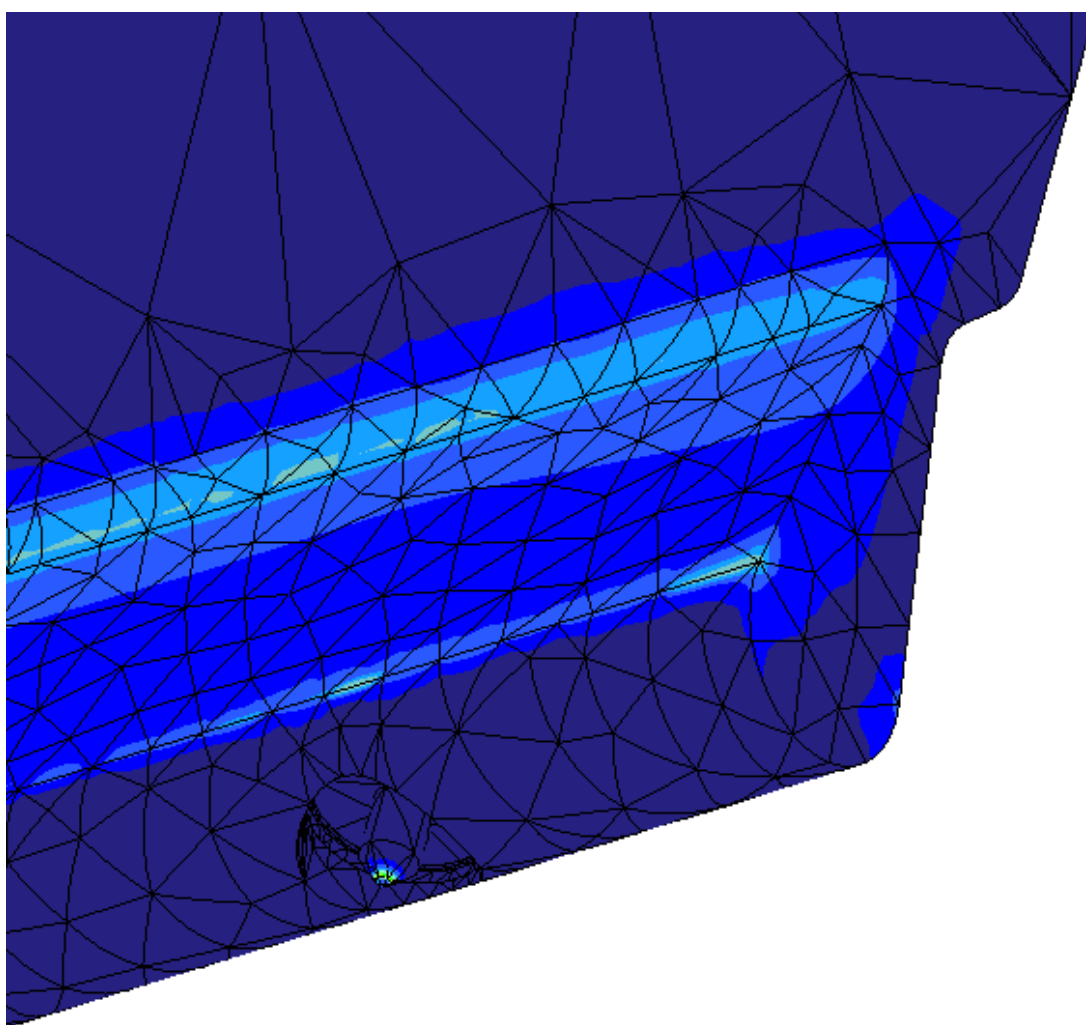
Ylätyökalun FEM-analyysien tavoitteena oli selvittää työkalun kestävyyttä ja käyttöikä. Työkalun tuenta (kuva 24) toteutettiin käyttämällä kiinteää tuentaa ylätyökalun särmäyspinnassa ja pallotyökalujen kärjissä. Kuormituksena (kuva 25) käytettiin Baykal APHS 2606x90 -särmäyspuristimen puristusvoimaa 900 kN. Materiaalina käytettiin työkaluterästä Toolox 44. Elementtien verkotusta (kuva 26) tihennettiin särmäyspinnassa.



Kuva 24. Ylätyökalun tuenta.



Kuva 25. Ylätyökalan kuormitus.



Kuva 26. Elementtien tihennys särmäspinnassa.

### 6.6.1 Von Mises -vertailujännitys

Von Mises -vertailujännityksen tuloksista (kuva 27) havaitaan, että suurimmat jännitykset keskittyvät pallotyökalujen reikiin reunoihin ja työkalun kapeimpaan kohtaan. Varmuuskertoimen määrittäminen von Mises -vertailujännityksellä on esitetty kaavassa 1. Siitä havaitaan, että varmuuskerroin on riittävä ja työkalun tulisi kestää käyttöä ilman muodonmuutoksia.

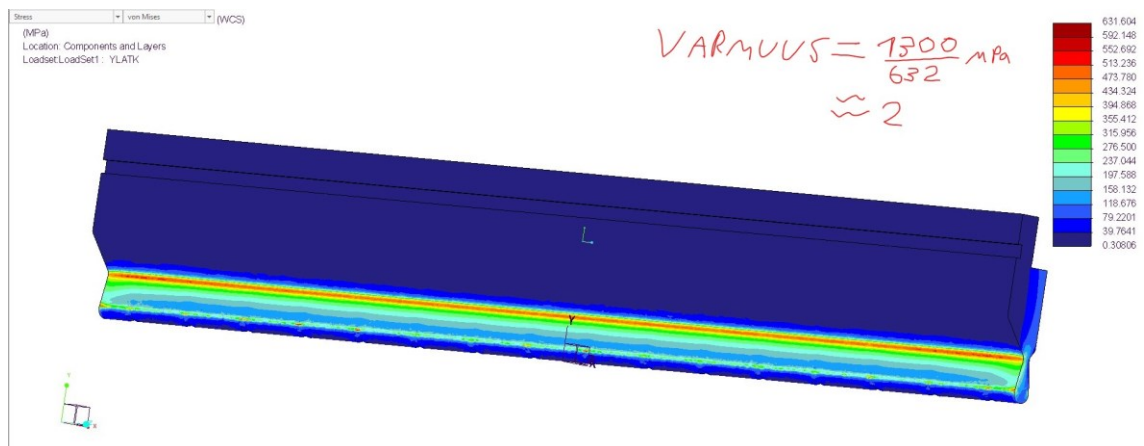
$$m = \frac{R_e}{\delta_{vm}} = \frac{1300 \text{ MPa}}{632 \text{ MPa}} \approx 2 \quad (1)$$

Missä:

$m$  = varmuuskerroin

$R_e$  = materiaalin myötöraja

$\delta_{vm}$  = suurin von Mises -vertailujännitys.



Kuva 27. Ylätyökalun vertailujännitys.

### 6.6.2 Nurjahdusvoima

Nurjahdusvoiman analyysistä saatu kerroin (kuva 28) oli riittävä ja työkalun tulisi kestää käyttöä ilman nurjahdusta. Suurin puristusvoima on määritelty kaavassa 2.

Mode:	Buckling Load Factor
1	3.370218
2	7.119850
3	18.826288
4	39.691002
5	71.145409

Kuva 28. Nurjahdusvoiman kerroin.

$$F_n = m * F_{kok} = 3,37 * 900 \text{ kN} = 3033 \text{ kN} \quad (2)$$

Missä:

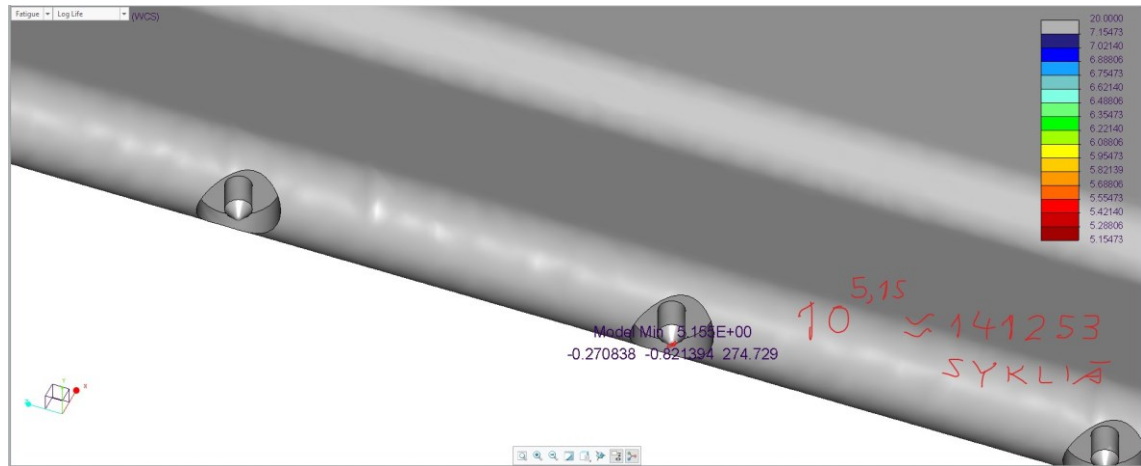
$F_n$  = nurjahdusvoima

$m$  = nurjahdusvoiman kerroin

$F_{kok}$  = särmäyspuristimen puristusvoima.

### 6.6.3 Kestoikä

Työkalun kestoikää arvioitiin sijoittamalla kestoiän analyysistä saatu tulos (kuva 29) syklimäärien arvioon (taulukko 4). Tuloksista havaittiin, että pallotyökalujen arvioitu kestoikä jää lyhyeksi ja kestoikää tulisi lisätä karkaisulla tai nitrauksella.



Kuva 29. Ylätyökalun käyttöikä.

Työvaihe	Sykli aika s	Tehollinen työ-aika h	Tehollinen työ-aika s	Syklit/d
Kappaleen vaihto	10	7	24300	1519
Särmäys	6			
Yhteensä	16		<b>Asetusaika s</b>	<b>Asetusaika min</b>
			900	15
Särm. nop. mm/s	10			
Särm. matka mm	60			
<b>Pallotyökalu</b>	<b>Kesto sykliä</b>	<b>Työpäivät/a</b>	<b>Kestoi kä d</b>	<b>Kestoi kä kk</b>
n	5,15	240	93	4,7
$10^n$	141254			

Taulukko 4. Arvio syklimäärästä.

## 6.7 Alatyökalun FEM-analyysi

Alatyökalun FEM-analyysin tavoitteena oli selvittää työkalun kestävyyttä ja mahdollisia muutostarpeita. Laskennassa käytettävien elementtien lukumäärää

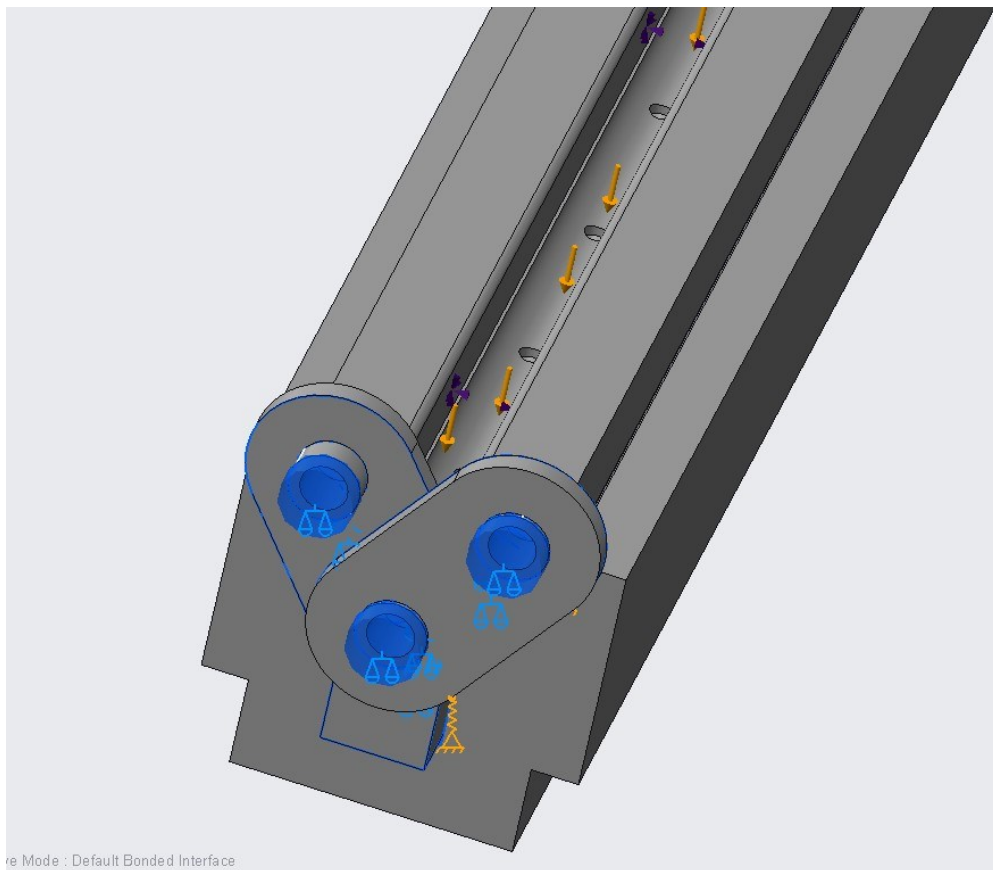
vähennettiin jättämällä kokoonpanoon ainoastaan kuormitetut osat ja poistamalla rakenteesta tarpeettomia muotoja. Analysointia pyrittiin tekemään ylätyökälun ja u-säleen kanssa, mutta laskenta-aika pidentyi tällöin merkittävästi ja saadut tulokset eivät vastanneet todellista tilannetta.

Analyysin kuormituksena käytettiin särmäysvoiman laskelmasta saatua arvoa 67500 N ja tuentana kiinteää tukea rungon alapinnassa. Osien materiaalina käytettiin työkaluterästä Toolox 44 ja rakenneterästä S355JR. Kokoonpanon osien välille määritettiin todellista rakennetta kuvaavat liitokset ja linkkimekanismeissa käytettiin laskelmallisia ruuveja. Ruuvien mitoiksi valittiin todellisten ruuvien mitat ja materiaaliksi rakenneteräs S355JR, jonka mekaaniset ominaisuudet vastaavat ruuveissa käytettävää materiaalia. Analyysin asettelu on esitetty kuvassa 30.

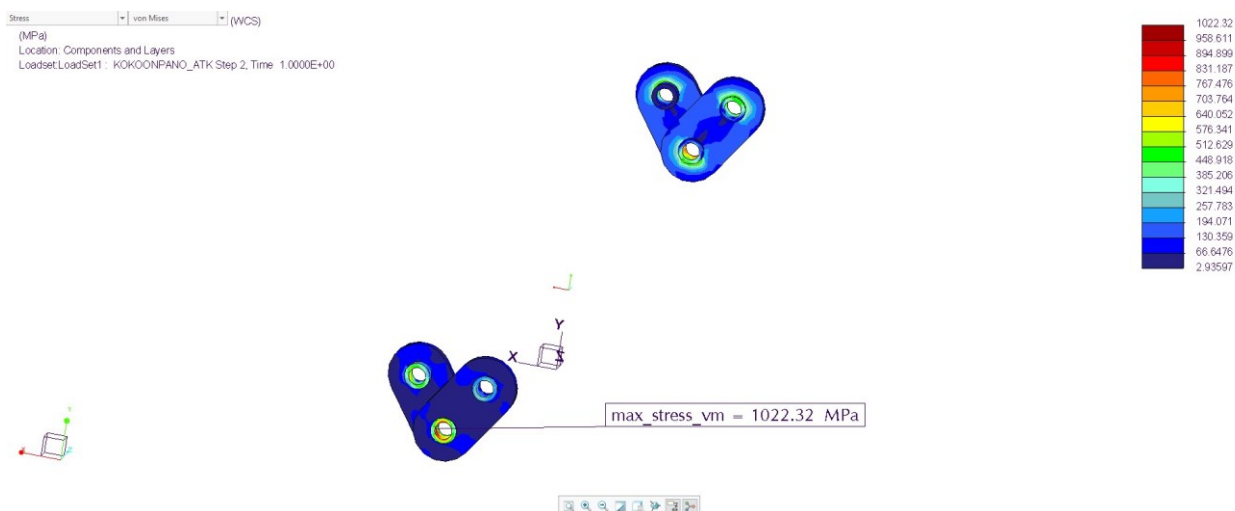
Analyysistä havaittiin, että von Mises -vertailujännitys ylittää linkkimekanismien osien materiaalin myötörajan 355 MPa (kuva 31). Osien materiaaliksi valittu rakenneteräs S355JR tulisi vaihtaa esimerkiksi työkaluteräkkeeseen Toolox 44, jota käytetään muissa kuormitetuissa osissa, tai osien mitoitus tulisi muuttaa.

Voidaan kuitenkin olettaa, että todellisuudessa särmättävä levyaihio ei aiheuta analyysissä määritettyä tukea ja että linkkimekanismit kestäisivät käyttöä ilman muutoksia. Lisäksi linkkimekanismin osien mitoitus tarkasteltiin lujuuslaskelmilla, joiden mukaan osien mitoitus olisi riittävä. Työkälun kestoikää ei voitu arvioida, koska analyysin tyypiksi tuli valita epälineaarinen analyysi osien välisten liitoksien takia.

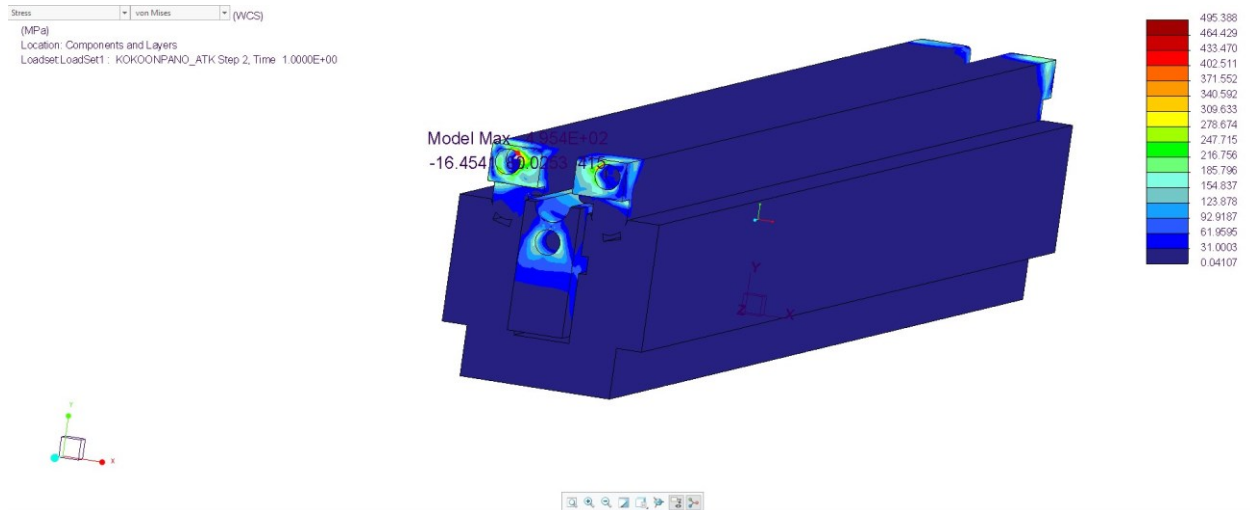
Liu'un ja kääntövarsien vertailujännitys on esitetty kuvassa 32. Analyysin mukaan suurimmat jännitykset keskittyvät ruuvireikien reunoihin. Jännitykset alittavat reilusti Toolox 44 -työkaluteräksen myötörajan 1300 MPa, joten osien tulisi kestää käyttöä.



Kuva 30. Alatyökälun FEM-analyysin asettelu.



Kuva 31. Linkkimekanismien vertailujännitys.

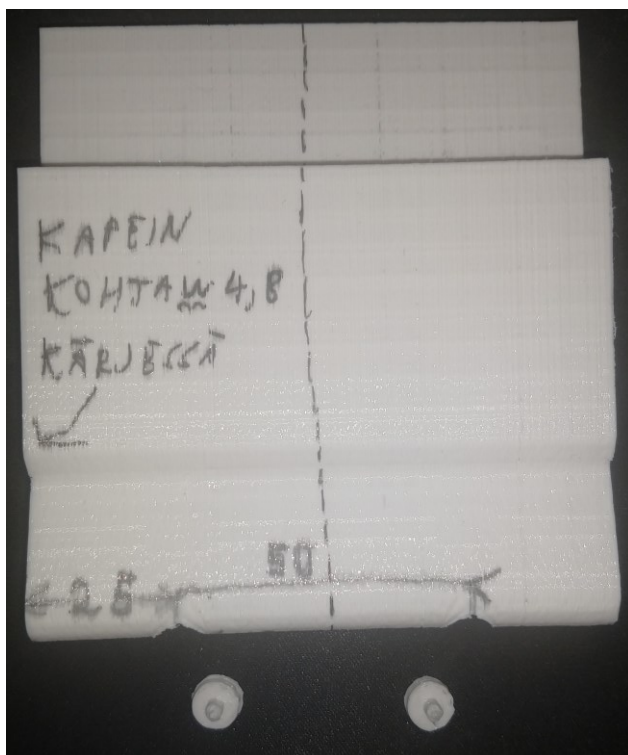


Kuva 32. Liu'un ja kääntövarsien vertailujännitys.

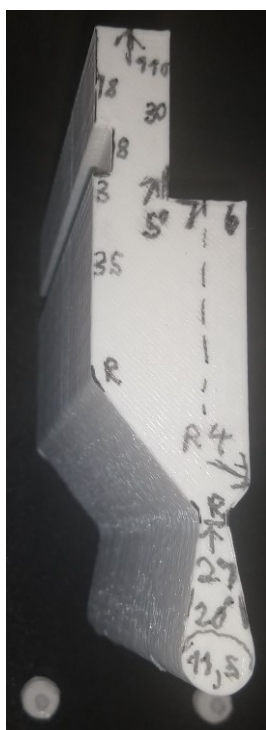
## 7 Työkalujen valmistus

### 7.1 Prototyypitys

Alkuperäisenä tavoitteena oli valmistaa työkalujen suunnitellut osat joko 3d-tulostamalla tai koneistamalla kuitulevyistä. Työkalujen prototyypit olisi kasattu valmistetuista osista ja rakennetta olisi voinut tarkastella käytännössä. Koska työkalun toteutus oli epävarmaa, ainoastaan ylätyökalun osista tehtiin 3d-tulokset (kuvat 33 ja 34).



Kuva 33. Ylätyökalu sivulta (Kuva: Olli Eronen).



Kuva 34. Ylätyökalu päädystä (Kuva: Olli Eronen).

## 7.2 Työkalujen valmistaja ja projektin toteutus

Työkalujen toteuttamisen kuluista tehtiin tarjouspyyntöjä Pohjois-Karjalassa sijaitseville koneistukseen erikoistuneille yrityksille. Lieksassa sijaitseva R. Nilsén Oy tarjoutui työkalujen valmistajaksi.

Jalosteel Oy ilmoitti, että työkalujen toteutus on epävarmaa, joten varsinainen toteutus jäi pois opinnäytetyön sisällöstä. Yritykselle lähetettiin projektikansio, joka sisälsi kaikki opinnäytetyön tulokset ja tekniset dokumentit. Projektikansion pohjalta yritys voi arvioida tulevaisuudessa toteutuksen kannattavuutta ja valmistaa työkalut.

## 8 Pohdinta

Suunnittelutyön mahdollisesti suurin haaste oli ideoida työkalu, joka eroaa käyttötarkoitukseen suunnitelluista valmiista työkaluista. Suunnittelutyö eteni ideoinnin jälkeen suhteellisen helposti.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua työkalu, joka todennäköisesti toimisi käyttötarkoituksessaan ilman suuria muutoksia. Lisäksi saatiin paljon tuloksia, joita voitaisiin hyödyntää myöhemmin.

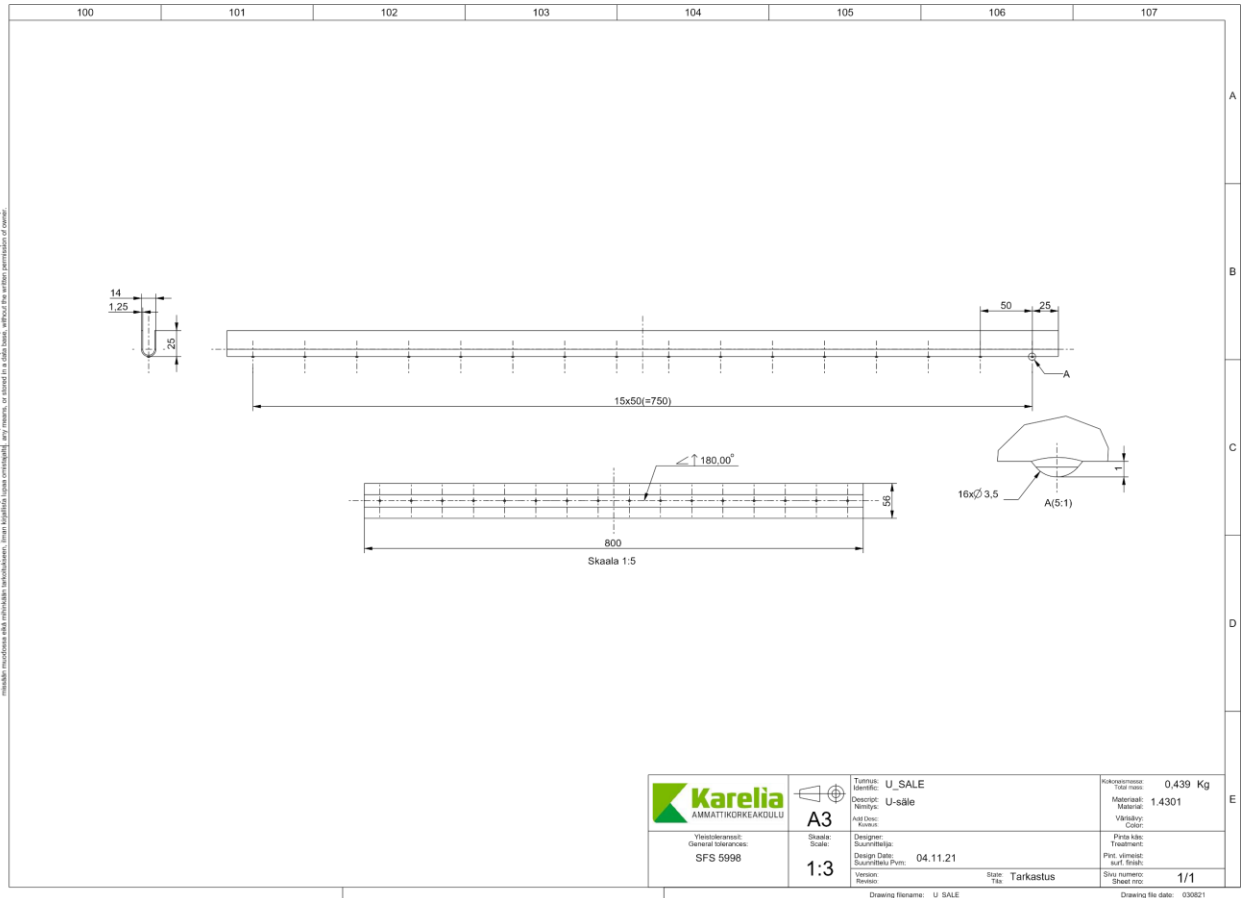
Opin paljon lisää muun muassa ohutlevytuotteista, tietotekniikan hyödyntämisestä suunnittelusta ja mallinnuksesta sekä piirustuksien tekemisestä. Haluan kiittää erityisesti Jalosteel Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja hyvästä palautteesta suunnittelutyön aikana.

## Lähteet

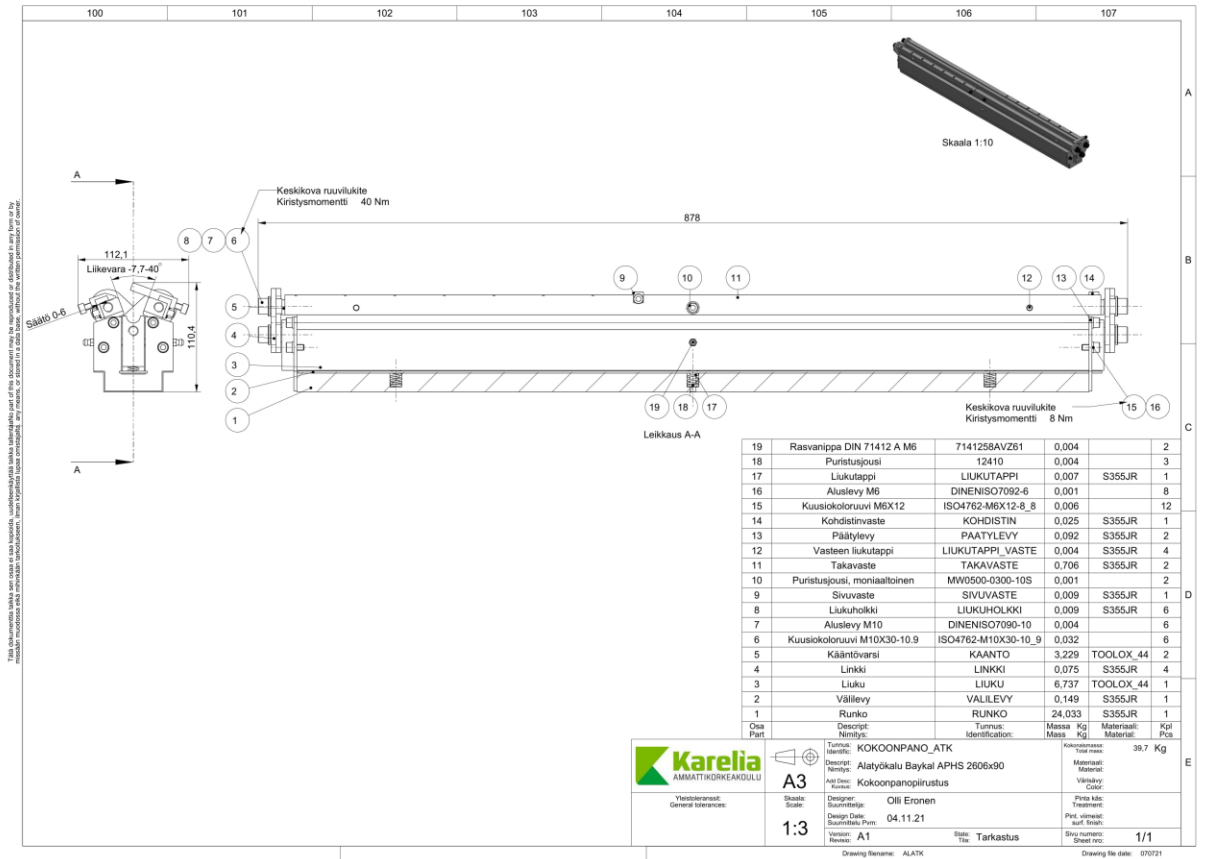
1. Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelmä, E. & Hultin, S. 2010. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
2. Vertex Systems Oy. 2021. Mitä suunnittelet?. <https://kb.ver-tex.fi/g42017fi/tutustu-tarkemmin/mitae-suunnittelet#Mit%C3%A4suunnittelet?-TopDown>. 16.11.2021.
3. Jalosteel Oy. 2021. Jalosteel Oy. <https://jalosteel.fi/>. 16.11.2021.
4. SFS-EN 1993-1-4. 2006. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–4: Yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
5. Benson, S. 2014. Bending Basics: The hows and whys of springback and springforward. <https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/bending/bending-basics-the-hows-and-whys-of-springback-and-springforward>. 16.11.2021.
6. Kankaanranta, J. 2015. Kuinka FMEA:ta sovelletaan palveluissa?. <http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/fmea-palveluissa/>. 22.11.2021.
7. Lähteenmäki, M. 2021. Elementtimenetelmän perusteet. [https://mlah-teen.fi/arkistot/elpe\\_pdf/johdanto.pdf](https://mlah-teen.fi/arkistot/elpe_pdf/johdanto.pdf). 23.11.2021.

# Valmistus- ja kokoonpanopiirustukset

## U-säleen valmistuspiirustus



# Alatyökälun kokoonpanopiirustus

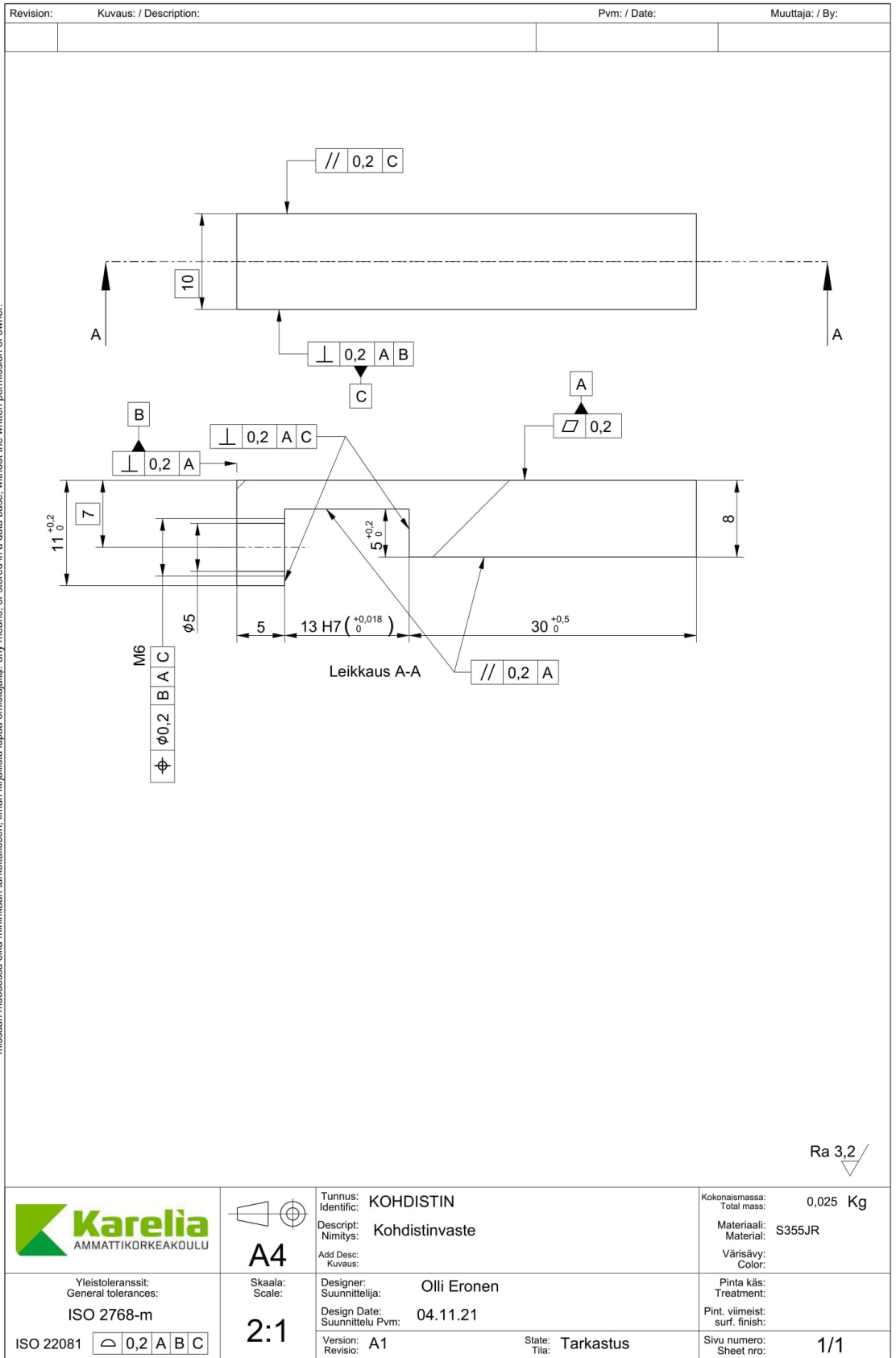






### Kohdistinvasteen valmistuspiirustus

Tätä dokumenttia leikkia esn cesa ei saa kopioida, uudelleenjättää taikka tallentaa No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, in printed or electronic form, without the written permission of owner.



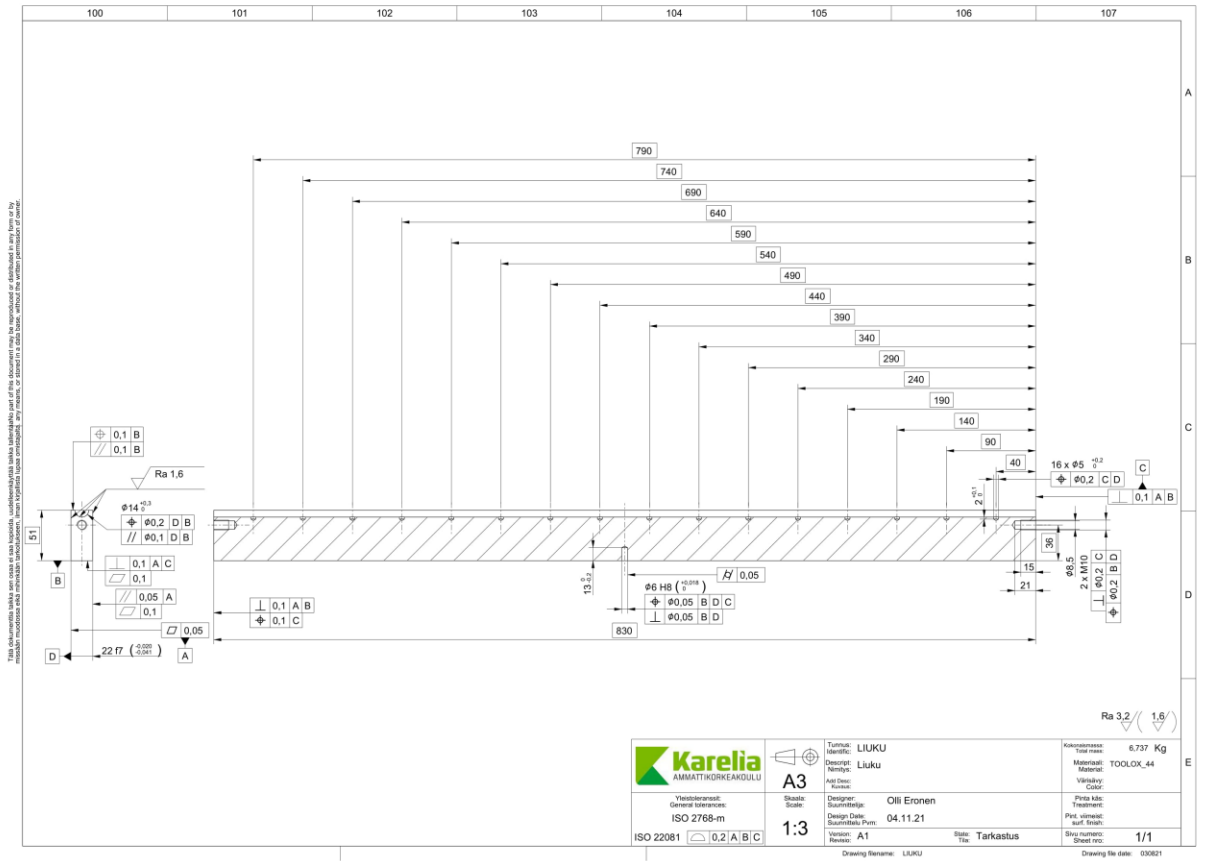
Linkin valmistuspiirustus

Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenjulkistaa tai käyttää ilman kirjallista lupaa omistajalta. Mikäli joku haluaa käyttää tätä dokumenttia ilman kirjallista lupaa omistajalta, on syytä muistaa, että kaikki oikeudet on pidetty tallessa. Tämä dokumentti on osa Karelia ammattikorkeakoulun omaa aineistoa, ja sen käyttöä ilman kirjallista lupaa omistajalta on kielletty.

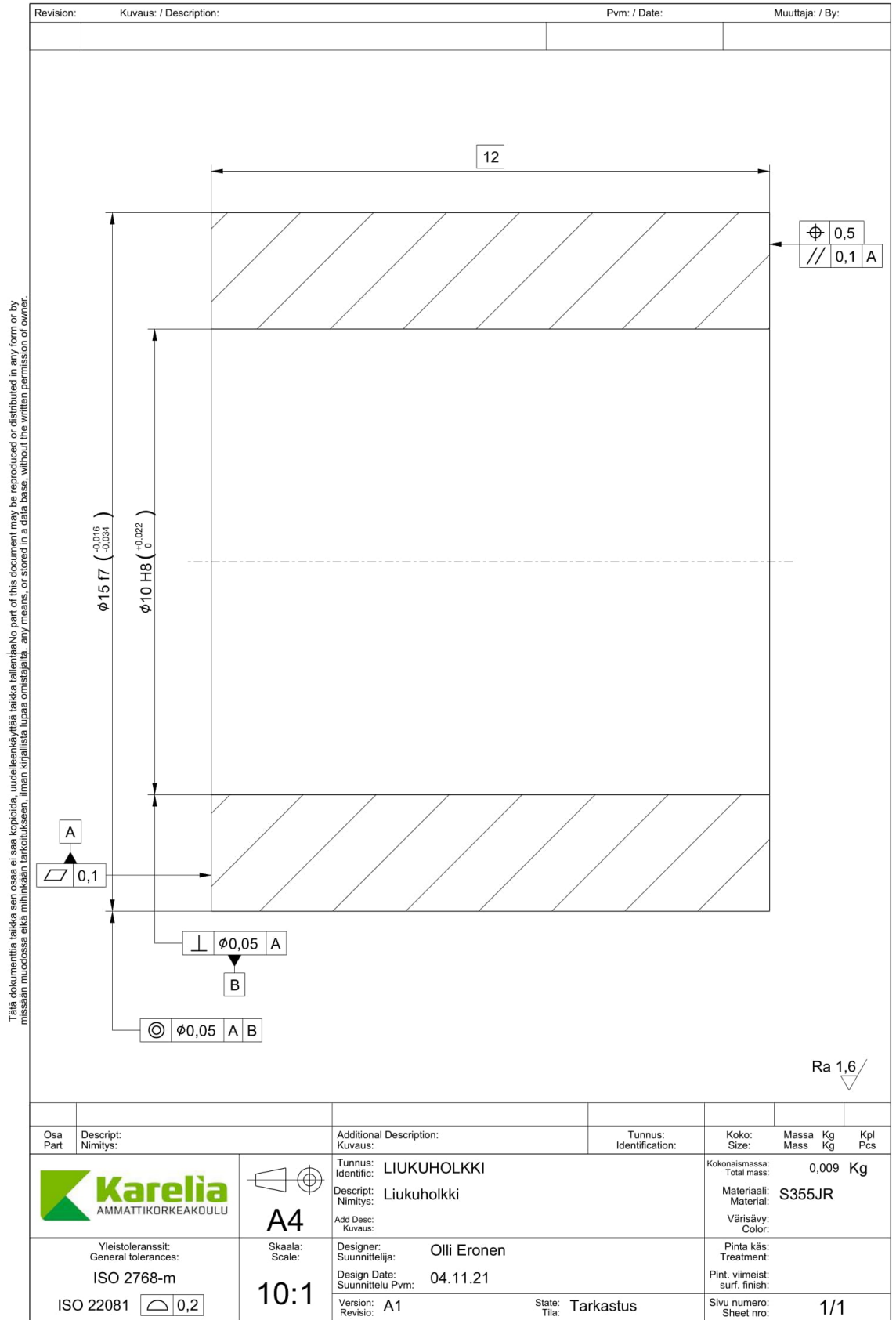
Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:												
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><math>2x\phi 15 H8 \left( \begin{smallmatrix} +0,027 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\phi</math></td> <td style="text-align: center;"><math>0,2</math></td> <td style="text-align: center;">A B C</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>\perp</math></td> <td style="text-align: center;"><math>0,2</math></td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> </tr> </table>				$2x\phi 15 H8 \left( \begin{smallmatrix} +0,027 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$				$\phi$	$0,2$	A B C		$\perp$	$0,2$	A	
$2x\phi 15 H8 \left( \begin{smallmatrix} +0,027 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$															
$\phi$	$0,2$	A B C													
$\perp$	$0,2$	A													
Yleistoleranssit: General tolerances: ISO 2768-m ISO 22081		Skaala: Scale: <b>1:1</b>													
Tunnus: Identific.: <b>LINKKI</b> Descript: Nimitys: Linkki Add Desc: Kuvaus:		Kokonaismassa: Total mass: <b>0,075 Kg</b> Materiaali: Material: <b>S355JR</b> Värisävy: Color:													
Designer: Suunnittelija: <b>Olli Eronen</b> Design Date: Suunnittelu Pvm: <b>04.11.21</b>		Pinta käs: Treatment: Pint. viimeist: surf. finish:													
Version: Revisio: <b>A1</b>		State: Tila: <b>Tarkastus</b>													
Drawing filename: <b>LINKKI</b>		Sheet numero: Sheet nro: <b>1/1</b>													
		Drawing file date: <b>290721</b>													

Ra 3,2 / ( 1,6 / )

Liu'un valmistuspiirustus



Liukuholkin valmistuspiirustus



Liikutapin valmistuspiirustus

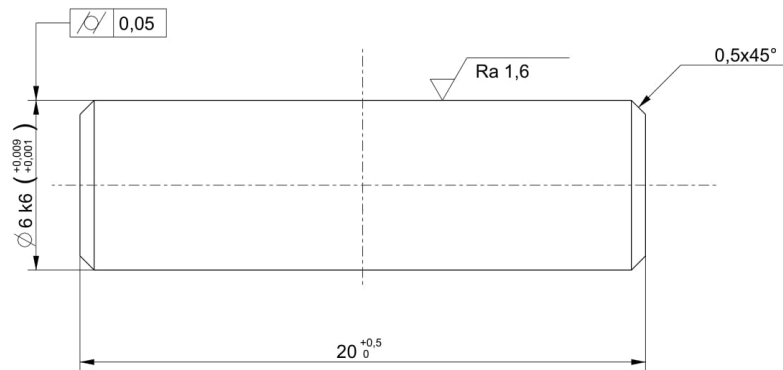
Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenjulkistaa tai muuten levittää ilman kirjallista lupaa omistajalta. Mikäli tämä dokumentti on osittain tai kokonaan katoanut, on suositeltavaa ottaa yhteyttä asiakaspalveluun. Tämä dokumentti on osa asiakkaan tilausta ja sen käyttöä on rajoitettava ilman kirjallista lupaa omistajalta. Mikäli tämä dokumentti on osittain tai kokonaan katoanut, on suositeltavaa ottaa yhteyttä asiakaspalveluun.

Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:
Ra 3,2 ( 1,6 )			
	<p><b>A4</b></p>	Tunnus: <b>LIUKUTAPPI</b> Descript: <b>Liikutappi</b> Add Desc: Kuvaus:	Kokonaismassa: <b>0,007 Kg</b> Materiaali: <b>S355JR</b> Värisävy: Color:
		Yleistoleranssit: General tolerances: <b>ISO-2768-m</b> ISO 22081	Skaala: Scale: <b>3:1</b>
		State: <b>Tarkastus</b> Tila:	Drawing file date: <b>150821</b>
Drawing filename: <b>LIUKUTAPPI</b>			

### Vasteen liukutapin valmistuspiirustus

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

Tällä dokumentilla taikka sen osaa ei saa kopioida, uudelleenkäyttää taikka tallentaa. No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, in any manner, without the written permission of owner.



$Ra 3,2 / (1,6)$

 <p><b>Karelia</b> AMMATTIKORKEAKOULU</p>	 <p><b>A4</b></p>	Tunnus: LIUKUTAPPI_VASTE Identific: LIUKUTAPPI_VASTE Descript: Vasteen liukutappi Nimitys: Vasteen liukutappi Add Desc: Kuvaus:	Kokonaismassa: 0,004 Kg Total mass: 0,004 Kg Materiaali: S355JR Material: S355JR Värisävy: Color:
		Design: Olli Eronen Suunnittelija: Olli Eronen Design Date: 04.11.21 Suunnittelu Pvm: 04.11.21 Version: A1 Revisio: A1	State: Tarkastus Title: Tarkastus
Yleistoleranssit: General tolerances: ISO-2768-m ISO 22081  0,2	Skaala: Scale: <b>5:1</b>		

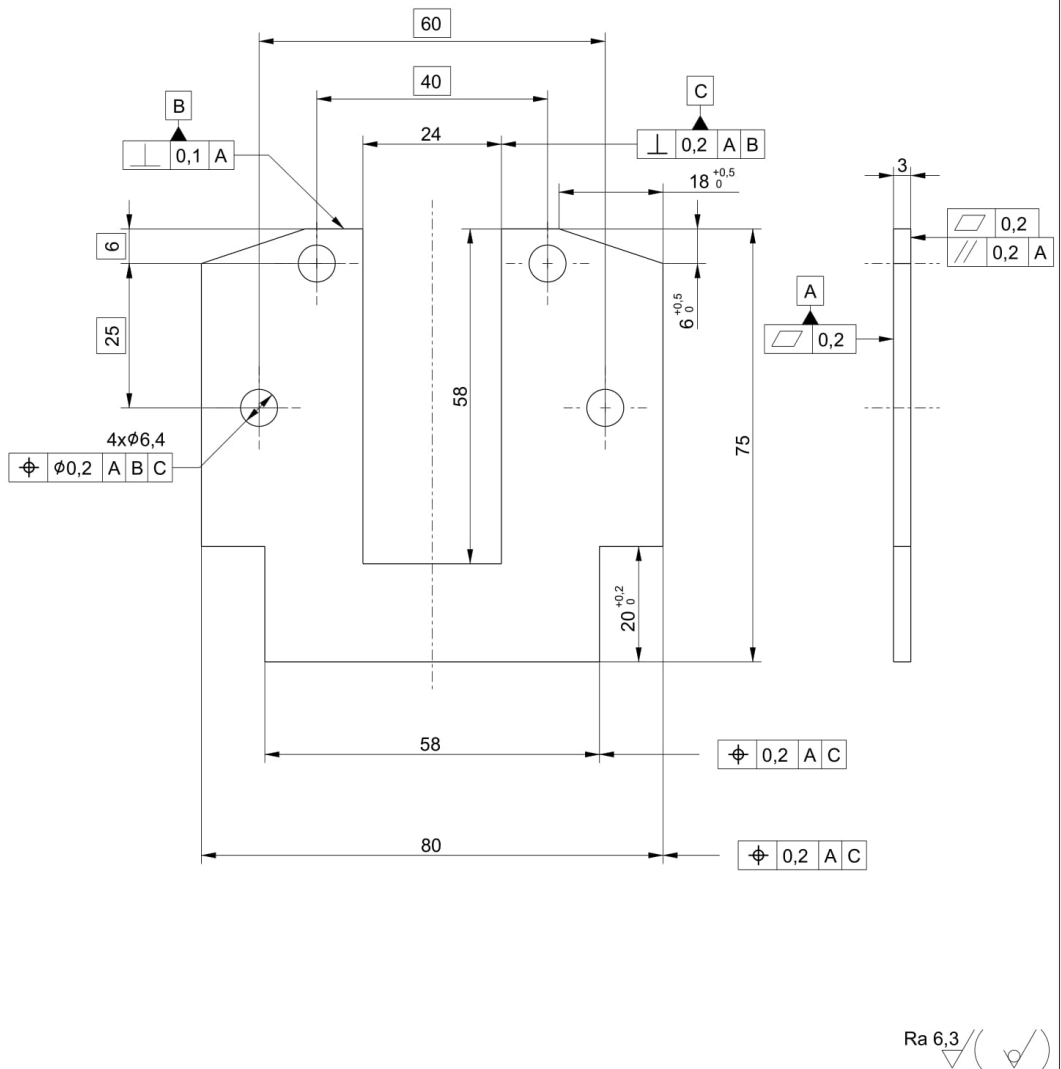
Drawing filename: LIUKUTAPPI\_VASTE

Drawing file date: 020821

# Päätylevyn valmistuspiirustus

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

Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenkäyttää, taikka tallentaa No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.



Ra 6,3 / (✓)

		Tunnus: PAATYLEVY	Kokonaismassa: 0,092 Kg
		Identifi:	Total mass:
Yleistoleranssit: General tolerances: ISO-2768-m ISO 22081  0,2 A B C	Skaala: Scale: 1:1	Descript: Päätylevy	Materiaali: S355JR
		Identifi:	Material:
Add Desc: Kuvaus:	Designer: Olli Eronen Suunnittelija: Design Date: 04.11.21 Suunnittelu Pvm:	Version: A1	Värisävy: Color:
		Revisio:	Color:
		State: Tarkastus	Pinta käs: Treatment:
		Tila:	Pint. viimeist: surf. finish:
			Sivu numero: 1/1
			Sheet nro:

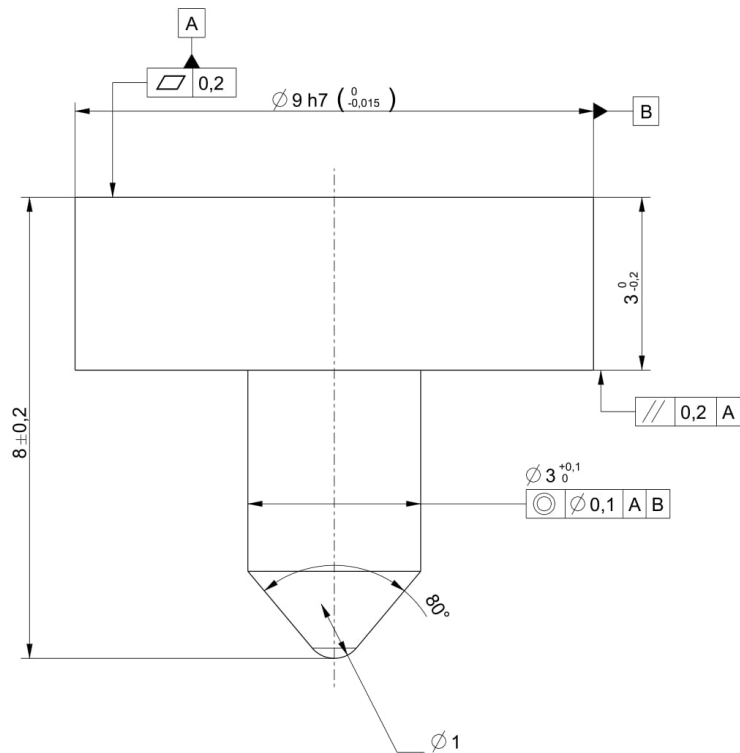
Drawing filename: PAATYLEVY

Drawing file date: 030821

# Pallon painimen valmistuspiirustus

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

Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenkäyttää tai julkistaa ilman kirjallista lupaa omistajalta, eikä missään muodossa eikä mihinkään tarkoitukseen, ilman kirjallista lupaa omistajalta, any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.



Karkaistu

Ra 3,2



A4

Tunnus: PAININ\_PALLO  
 Identifi:  
 Descript: Pallon painin  
 Nimitys:  
 Add Desc:  
 Kuvaus:

Kokonaismassa: 0,002 Kg  
 Total mass:  
 Materiaali: TOOLOX\_44  
 Material:  
 Värisävy: Color:  
 Color:

Yleistoleranssit:  
 General tolerances:

ISO-2768-m

ISO 22081

Skaala:  
 Scale:

10:1

Designer: Olli Eronen  
 Suunnittelija:  
 Design Date: 04.11.21  
 Suunnittelu Pvm:

Version: A1  
 Revisio:

State: Tarkastus  
 Tila:

Pinta käs:  
 Treatment:  
 Pint. viimeist:  
 surf. finish:

Sivu numero: 1/1  
 Sheet nro:

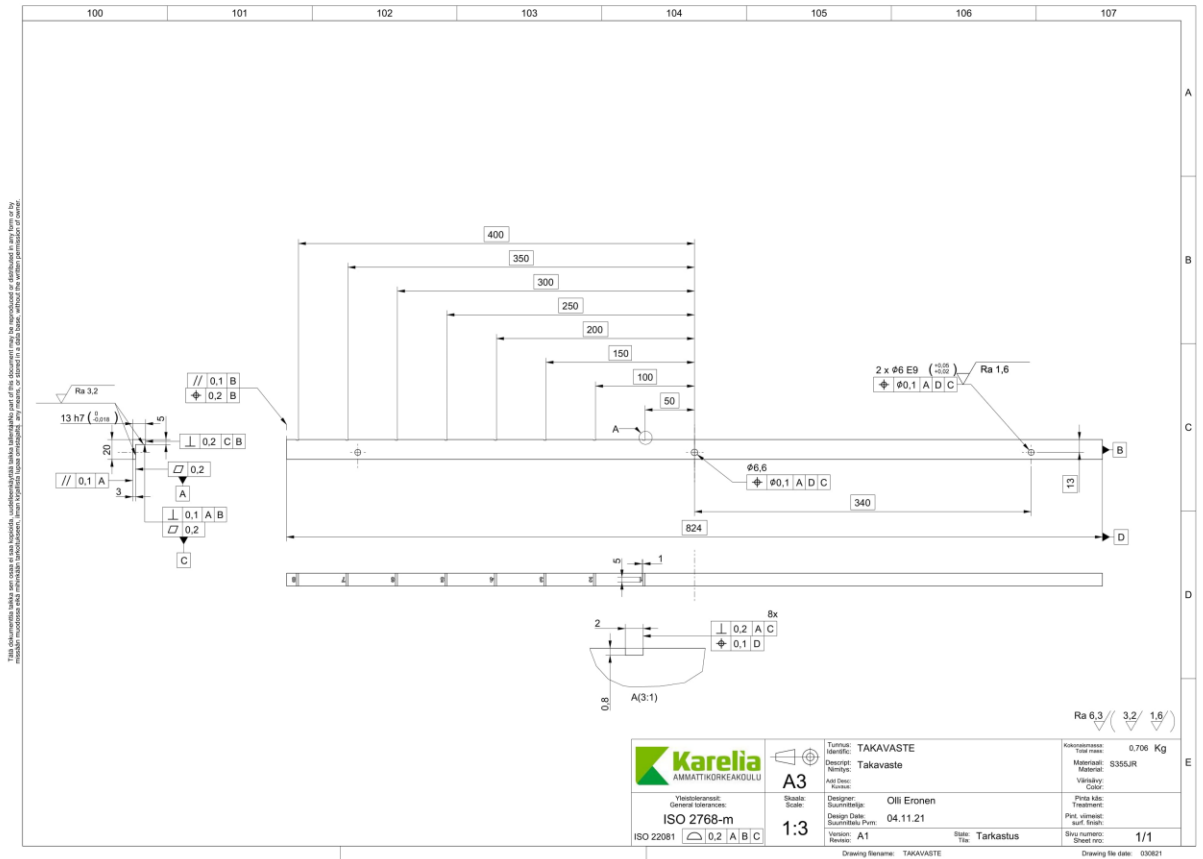
Drawing filename: PAININ\_PALLO

Drawing file date: 020821





# Takavasteen valmistuspiirustus

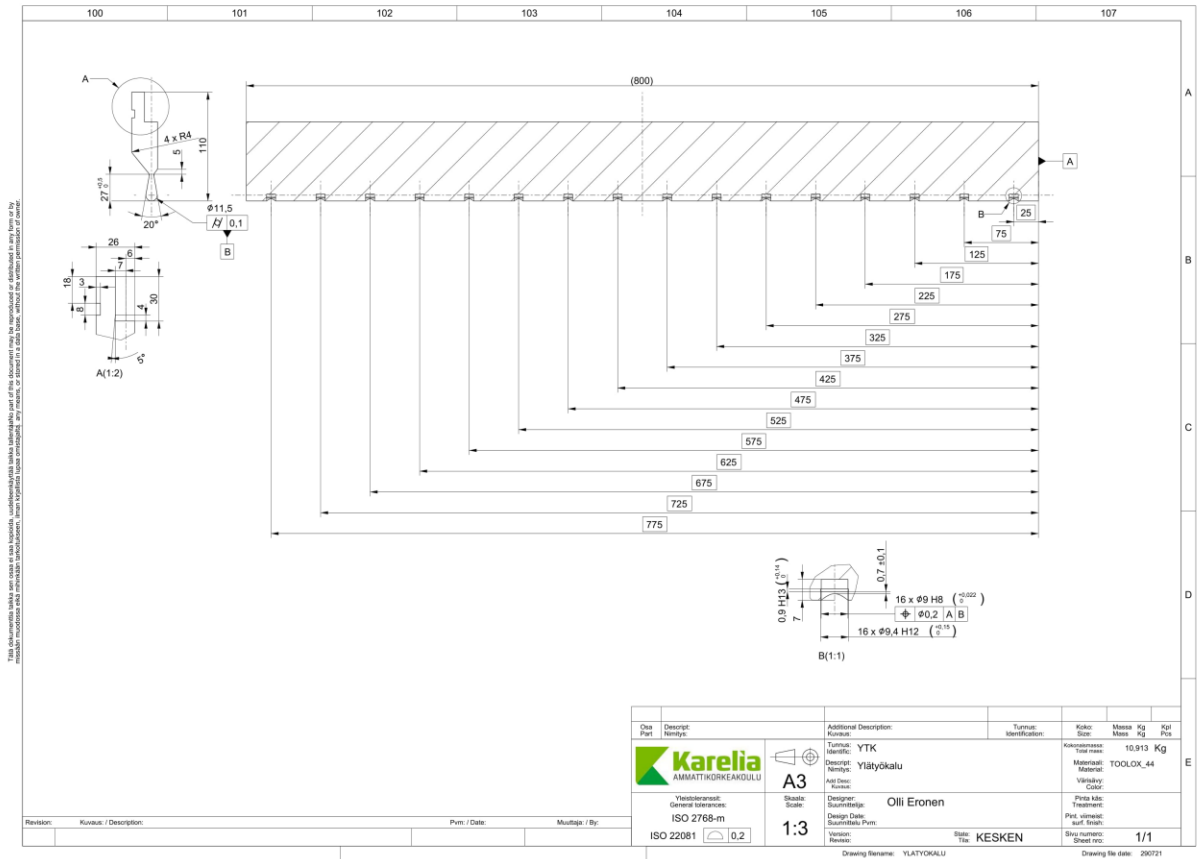


## Välilevyn valmistuspiirustus

Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:
		Tunnus: VALILEVY Identifi: Descript: Välilevy Nimitys: Add Desc: Kuvaus:	Kokonaismassa: 0,149 Kg Total mass: Materiaali: S355JR Material: Värisävy: Color:
Yleistoleranssit: General tolerances: ISO 2768-m	Skaala: Scale: 1:4	Designer: Olli Eronen Suunnittelija: Design Date: 4.11.21 Suunnittelu Pvm: Version: A1 Revisio:	Pinta käs: Treatment: Pint. viimeist: surf. finish: Sivu numero: 1/1 Sheet nro:
State: Tarkastus Tila:			
Drawing filename: VALILEVY			Drawing file date: 020821

Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenjulkistaa tai kuka tahansa No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

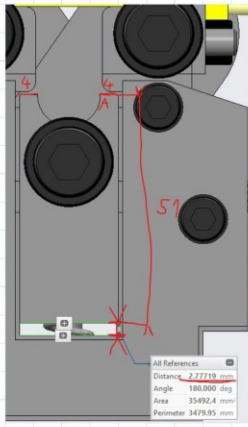
# Ylätyökalan valmistuspiirustus



## Laskelmat

### Liu'un mitoitus

Liu'un mitoitus																					
$l := 830 \text{ mm}$	SECTION MODULI and corresponding points:																				
$Re := 1300 \text{ MPa}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MODULUS</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>COORD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>about AXIS 1: 3.99482e+03 MM^3</td> <td></td> <td></td> <td>2.5334e+01 -1.1000e+01 MM</td> </tr> <tr> <td>3.99482e+03 MM^3</td> <td></td> <td></td> <td>2.5334e+01 1.1000e+01 MM</td> </tr> <tr> <td>about AXIS 2: 6.65780e+03 MM^3</td> <td></td> <td></td> <td>-2.5666e+01 -3.0000e+00 MM</td> </tr> <tr> <td>6.74493e+03 MM^3</td> <td></td> <td></td> <td>2.5334e+01 7.0000e+00 MM</td> </tr> </tbody> </table>	MODULUS	1	2	COORD	about AXIS 1: 3.99482e+03 MM^3			2.5334e+01 -1.1000e+01 MM	3.99482e+03 MM^3			2.5334e+01 1.1000e+01 MM	about AXIS 2: 6.65780e+03 MM^3			-2.5666e+01 -3.0000e+00 MM	6.74493e+03 MM^3			2.5334e+01 7.0000e+00 MM
MODULUS	1	2	COORD																		
about AXIS 1: 3.99482e+03 MM^3			2.5334e+01 -1.1000e+01 MM																		
3.99482e+03 MM^3			2.5334e+01 1.1000e+01 MM																		
about AXIS 2: 6.65780e+03 MM^3			-2.5666e+01 -3.0000e+00 MM																		
6.74493e+03 MM^3			2.5334e+01 7.0000e+00 MM																		
$Sz := 6.74711 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$																					
$a := 8 \text{ mm}$																					
$Iz := 1.7248127 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$																					
$b := 51 \text{ mm}$	AREA MOMENTS OF INERTIA with respect to PRINCIPAL AXES: (MM^4)																				
$E := 210 \text{ GPa}$	I1 I2 4.3943018e+04 1.7087748e+05																				



Missä:  
 l=li'un pituus  
 Re=toolox 44 teräksen myötöraja  
 n=varmuusluku  
 a=leveys pisteen a kohdalla  
 b=liu'un korkeus  
 Sz=staattinen momentti  
 Iz=neliömomentti  
 E=toolox 44 teräksen kimmomoduuli  
 Liu'un maksimitaipuma Ymax voi olla 0 kulmassa 2.8 mm, runko rajoittaa  
 -> Selvitetään taivutusvoima

$Y_{max} := 2.8 \text{ mm}$

Guess Values	$F_{liu} := kN$
Constraints	$\frac{5 \cdot F_{liu} \cdot l^3}{384 \cdot E \cdot Iz} = Y_{max}$
Solver	$F_{liu} := \text{find}(F_{liu}) = 13.62 \text{ kN}$

$$M_{tmax} := \frac{F_{liu} \cdot l}{8} = 1413.3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma := \frac{M_{tmax}}{Iz} \cdot \frac{b}{2} = 208.9 \text{ MPa}$$

**Liu'un mitoitus**

$$\tau := \frac{F_{liu} \cdot Sz}{Iz \cdot a} = 66.61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{vert} := \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = 238.68 \text{ MPa}$$

$$n_{vm} := \frac{Re}{\sigma_{vert}} = 5.45 \quad \text{OK}$$

Missä:

$F_{liu}$  = taivutusvoima

$Mtmax$  = suurin taivutusmomentti

$\sigma_{sall}$  = sallittu normaalijännitys

$\sigma$  = Normaalijännitys

$\tau$  = Leikkausjännitys

$\sigma_{vert}$  = von mises vertailujännitys

$n_{vm}$  = von mises varmuus

Liu'un ruuvireiän leikkaantuminen

$$lh := 21 \text{ mm} \quad eh := 10 \text{ mm} \quad leikkeet := 4$$

$$\tau := \frac{F}{leikkeet \cdot lh \cdot eh} = 80.36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sall} := \frac{0.6 \cdot Re}{1.5} = 520 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sall} > \tau = 1$$

$$n_{vm} = 5.45$$

-> Mitoitus ok

Missä:

lh = ruuvireiän pituus

eh = ruuvireiän etäisyys liu'un särmäyspinnasta

leikkeet = leikkeiden lukumäärä

$\tau_{sall}$  = sallittu leikkausjännitys

## Pallotyökalun ja ylätyökalun mitoitus

### Pallotyökalu ja ylätyökalu

$$a := 800 \text{ mm} \quad b := 4.8 \text{ mm} \quad l := 110 \text{ mm} \quad Ln := 0.7 \cdot l = 77 \text{ mm} \quad Re := 1300 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sall} := \frac{Re}{1.5} = 866.67 \text{ MPa} \quad I := \frac{a \cdot b^3}{12} = 7372.8 \text{ mm}^4 \quad \sigma := \frac{F_{kok}}{a \cdot b} = 234.4 \text{ MPa}$$

$$Fn := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Ln^2} = 2577.3 \text{ kN} \quad \sigma_n := \frac{Fn}{a \cdot b} = 671.2 \text{ MPa} \quad d := 9 \text{ mm} \quad n_{Pallo} := 16$$

$$\sigma_{pallo} := \frac{F_{kok}}{n_{Pallo} \cdot \frac{\pi \cdot (d)^2}{4}} = 884.2 \text{ MPa}$$

Missä:

Re=toolox 44 teräksen myötöraja

a=ylätyökalun pituus

b=ylätyökalun pienin leveys

l=ylätyökalun korkeus

Ln=nurjahduspituus, tuenta kiinteä+nivel

I=neliömomentti

Fn=nurjahdusvoima

$\sigma_n$ =nurjahdusjännitys

d=pallotyökalun kannan halkaisija

nPallo=pallotyökalujen määrä

$\sigma_{pallo}$ =pallotyökalun kannan jännitys

Ylätyökalun särmäyspinta

$$d := 11.5 \text{ mm}$$

$$l := 800 \text{ mm}$$

$$Av := \frac{\pi \cdot d \cdot l}{2} - n_{Pallo} \cdot \frac{\pi \cdot (d)^2}{4} = 12789.4 \text{ mm}^2$$

$$pintapaine := \frac{F_{kok}}{Av} = 70.4 \text{ MPa}$$

Missä:

d=särmäyspinnan halkaisija

l=särmäyspinnan pituus

Av=särmäyspinnan pinta-ala

pintapaine=särmäyspinnan pintapaine

$$Fn > F_{kok} = 1$$

$$\sigma_{sall} > \sigma = 1$$

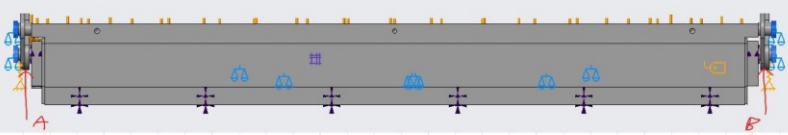
$$\sigma_{sall} > pintapaine = 1$$

$$\frac{Re}{\sigma_{pallo}} = 1.47 \quad \text{Mitoitus ok}$$

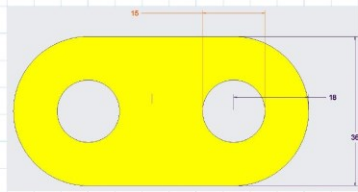
$$\sigma_{sall} > \sigma_{pallo} = 0 \quad \rightarrow \text{varmuus}$$

## Linkin mitoitus

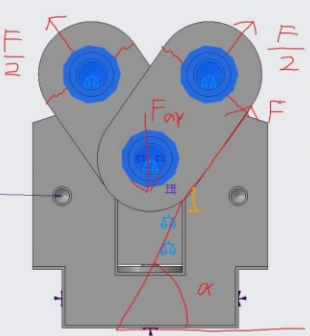
Linkin mitoitus



$\alpha := 55.1^\circ$      $F_y := F = 67500 \text{ N}$      $s := 5 \text{ mm}$      $n := 1.5$   
 $F_{ay} := \frac{F_y}{2} = 33750 \text{ N}$      $F_{by} := F_{ay} = 33750 \text{ N}$      $Re := 355 \text{ MPa}$   
 $\sigma_{sall} := \frac{Re}{n} = 236.67 \text{ MPa}$      $l := 36 \text{ mm}$      $d0 := 15 \text{ mm}$      $e1 := \frac{l}{2} = 18 \text{ mm}$



$F := \frac{F_{ay}}{\sin(\alpha)} = 41150.91 \text{ N}$   
 $Fl := \frac{F}{2} = 20575.46 \text{ N}$   
 $\sigma := \frac{Fl}{s \cdot (l - d0)} = 195.96 \text{ MPa}$



$p := \frac{Fl}{d0 \cdot s} = 274.34 \text{ MPa}$   
 $\sigma_{sall} > \sigma = 1$   
 $e1 \geq 1.2 \cdot d0 = 1$   
 $Re > p = 1$   
 Mitoitus ok

Missä:

$\alpha$  = linkin kulma, kun kääntövarsi pystyssä/v-aukko 15 mm

s = linkin paksuus

$F_{ay} = F_{by}$  = mekanismin pystyvoima

Re = S355 rakenneteräksen myötöraja

l = linkin leveys

d0 = linkin reiän halkaisija

e1 = reiän etäisyys reunasta

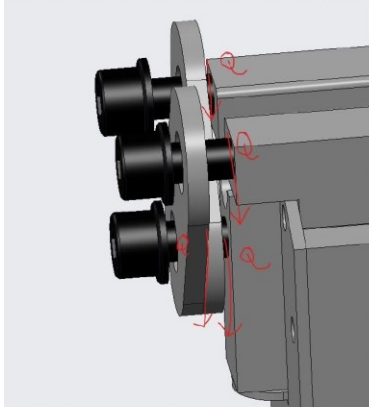
F = mekanismin pystyvoiman resultantti

Fl = yhden linkin normaalivoima

p = reiän reunapuristus

## Linkin ruuvien mitoitus

### Linkin ruuvit



$$f_{ub} := 1000 \text{ MPa}$$

$$\psi M2 := 1.25 \quad a_v := 0.5 \quad A := 58 \text{ mm}^2$$

$$F_{vrd} := \frac{a_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\psi M2} = 23200 \text{ N}$$

$$\text{leikkeet} := 2$$

### Reunapuristus holkkia vasten

$$f_u := 510 \text{ MPa} \quad e2 := e1 = 18 \text{ mm} \quad d := 10 \text{ mm} \quad t := 12 \text{ mm}$$

$$\alpha_d := \frac{e1}{3 \cdot d0} = 0.4$$

$$\alpha_b := \min\left(\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.4$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e2}{d0} - 1.7, 2.5\right) = 1.66$$

$$F_{brd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\psi M2} = 32509.44 \text{ N}$$

$$\frac{Fl}{F_{vrd}} < 1 \quad \text{Käänön ruuvit}$$

$$\frac{F_{ay}}{\text{leikkeet}} < F_{vrd} = 1 \quad \text{Liu'un ruuvi}$$

$$Fl < F_{brd} = 1$$

Mitoitus ok

Missä:

$f_{ub}$  = lujuusluokan 10.9 ruuvien murtolujuus

$\psi M2$  = osavarmuusluku

$A$  = M10 ruuvien jännityspinta-ala

$F_{vrd}$  = ruuvien leikkauskestävyys

$\text{leikkeet}$  = liu'un ruuvien leikkeet

## Linkin ruuvien kiristysmomentti

### Linkin ruuvien kiristysmomentti

$$Re := 355 \text{ MPa} \quad A := \frac{\pi \cdot (15 \text{ mm})^2 - \pi \cdot (10 \text{ mm})^2}{4} = 98.17 \text{ mm}^2$$

$$Fsall := Re \cdot A = 34852.04 \text{ N} \quad D := 10 \text{ mm} \quad \mu_k := 0.12$$

$$M_A := Fsall \cdot D \cdot \mu_k = 41.82 \text{ N} \cdot \text{m} \quad > \text{Valitaan } 40 \text{ Nm}$$

Missä:

Re=liukuholkin materiaalin myötöraja

A=liukuholkin pinta-ala

Fsall=sallittu normaalivoima

D=ruuvien nimellishalkaisija

$\mu_k$ =ruuvien kantakitkeroin

$M_A$ =kiristysmomentti

## Jousien mitoitus

### Jousien mitoitus, jousi 12410

K 12.160000 N/mm Current 20.684358 mm >> U 27.000000 mm

Jousikuorma 76.2822989083

$L := 20.7 \text{ mm}$  Puristettu pituus alussa

$L_0 := 27 \text{ mm}$  Kuormittamaton pituus

$x := L_0 - L = 6.3 \text{ mm}$  Puristusmatka

$n := 3$  Jousien määrä

$k := 12.16 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$  Jousivakio

$F := \frac{76.3 \text{ N}}{n} = 25.43 \text{ N}$  Yhden jousen kuorma

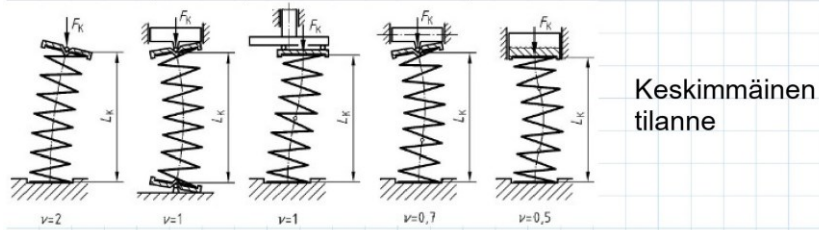
$F_j := k \cdot x = 76.61 \text{ N}$  Yhden jousen jousivoima

$F_j > F = 1$

Ok+mekanismisimulaatio ok

## Jousen nurjahdus

Jousen nurjahdus (EN 13906-1:2013)



$$v := 1 \quad De := 11.6 \text{ mm} \quad Di := 8.4 \text{ mm} \quad G := 79500 \text{ MPa} \quad d := 1.6 \text{ mm}$$

$$D := \frac{De + Di}{2} = 10 \text{ mm} \quad E := 206000 \text{ MPa}$$

$$s_K := L_0 \cdot \frac{0.5}{1 - \frac{G}{E}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{1 - \frac{G}{E}}{0.5 + \frac{G}{E}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D}{v \cdot L_0} \right)^2} \right) = 16.53 \text{ mm}$$

$$Ln := \text{ceil}(13.2) \text{ mm} = 14 \text{ mm} \quad \text{Jousen kolon syvyys}$$

$$x_{max} := L_0 - Ln = 13 \text{ mm} \quad \text{Puristuma}$$

$$s_K > x_{max} = 1 \quad n := \frac{s_K}{x_{max}} = 1.27 \quad \text{Varmuus}$$

Mitat ok

## Välilevyn pintapaine

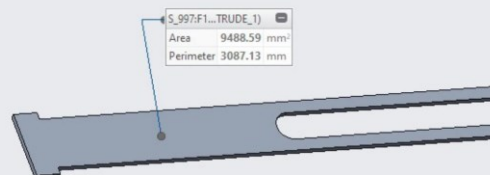
Välilevyn pintapaine

$$A_{vl} := 9400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{välilevy} := \frac{F_{kok}}{A_{vl}} = 95.74 \text{ MPa}$$

$$Re := 355 \text{ MPa}$$

$$n := \frac{Re}{\sigma_{välilevy}} = 3.71 \quad \text{OK}$$



## Käyttöohje

### SÄRMÄYSPURISTIMEN TYÖKALU

BAYKAL APHS 2606x90

KÄYTTÖOHJE



**SISÄLLYSLUETTELO**

1. TURVALLISUUSOHJEET .....	2
2. KOKOONPANO .....	2
3. KÄYTTÖ JA SÄÄTÖ.....	7
4. KUNNOSSAPITO.....	9

**1. TURVALLISUUSOHJEET**

Käyttöohje tulee lukea kokonaisuudessaan ennen työkalun käyttöä vaaratilanteiden ja työkalun vaurioitumisen ehkäisemiseksi.

- Ylä- ja alatyökalut tulee kohdistaa kohdistusvasteella ennen särmäämistä. Kohdistusvaste tulee poistaa ennen särmäämistä.
- Työkaluun tai levyaihioon ei saa koskea käytön aikana.
- Taulukossa 1 annettuja maksimiarvoja ei saa ylittää. Arvojen ylittäminen voi vahingoittaa työkalua.
- Työkalua ei saa muokata millään tavalla.
- Työkalua saa käyttää vain ohutlevyn särmäämiseen.
- Työkalua saa käyttää vain Baykal APHS 2606x90 särmäyspuristimessa.
- Työkalun käyttäjällä tulee olla perehdytys työkalun ja särmäyspuristimen käyttämiseen.
- Työkalua saa käyttää vain yksi henkilö kerrallaan.
- Tarkasta työkalun toiminta ennen käyttöä. Vaurioituneet osat tulee vaihtaa ennen käyttöä.
- Työkalun käyttäjän tulee käyttää seuraavia suojarusteita:
  - Viiltosuojakäsineet
  - Turvakengät
  - Suojalasit

Särmäysvoima	Max 900 kN
Levyaihion pituus	Max 800 mm
Levyaihion paksuus	Max 1,25 mm
Levyaihion murtolujuus	Max 540 MPa

Taulukko 1.

**2. KOKOONPANO**

**HUOMIOI**

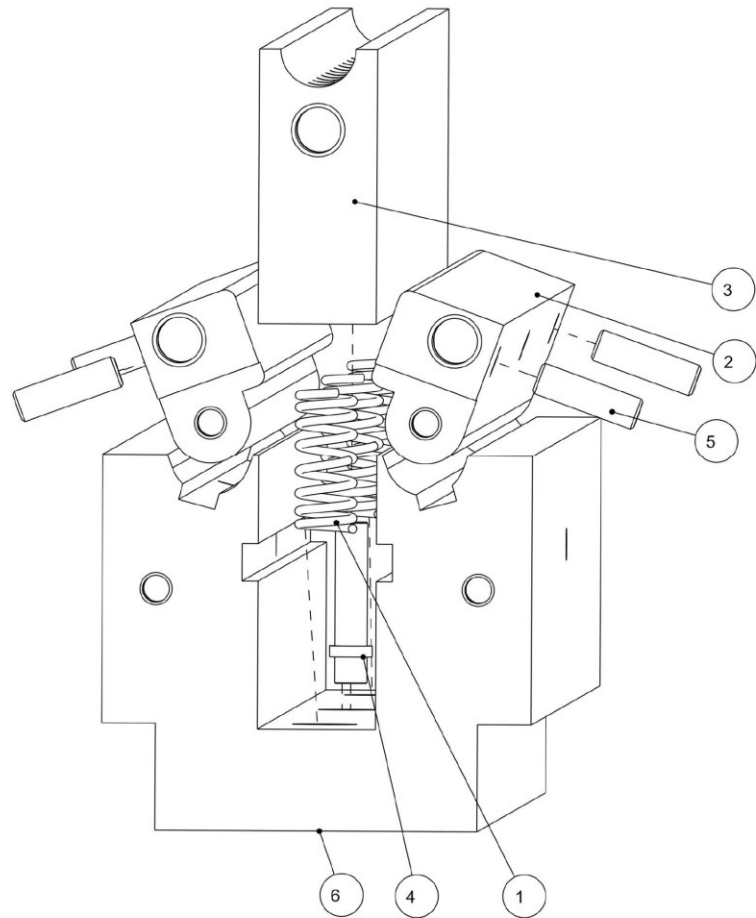
- Käytä viiltosuojakäsineitä, turvakenkiä ja suojalaseja kokoonpanon aikana.
- Tarkasta työkalujen toiminta kokoonpanon jälkeen.
- Varmista, että taulukoissa 2 ja 3 esitetyt nimikkeet ovat saatavilla.
- Varmista, että osat eivät ole vaurioituneita.

<b>Nimike</b>	<b>Tyyppi/lisätiedot</b>
Ruuvilukite	Keskikova
Voitelurasva	Vaseliini
Momenttiavain	Säätöalue 40 Nm asti
Kuusiokoloavain	Koot 5 ja 8
Lukkorengaspihdit	Sisäpuoli

Taulukko 2.

<b>Nimike</b>	<b>Lukumäärä</b>
Aluslevy M10	6
Aluslevy M6	8
Kohdistinvaste	1
Kuusiokoloruuvi M10X30-10.9	6
Kuusiokoloruuvi M6X12	12
Linkki	4
Liuku	1
Liukuholkki	6
Liukutappi	1
Puristusjousi	3
Puristusjousi, moniaaltainen	2
Päätylevy	2
Rasvanippa DIN 71412 A M6	2
Runko	1
Sivukääntö	2
Sivuvaste	1
Takavaste	2
Vasteen liukutappi	4
Välilevy	1

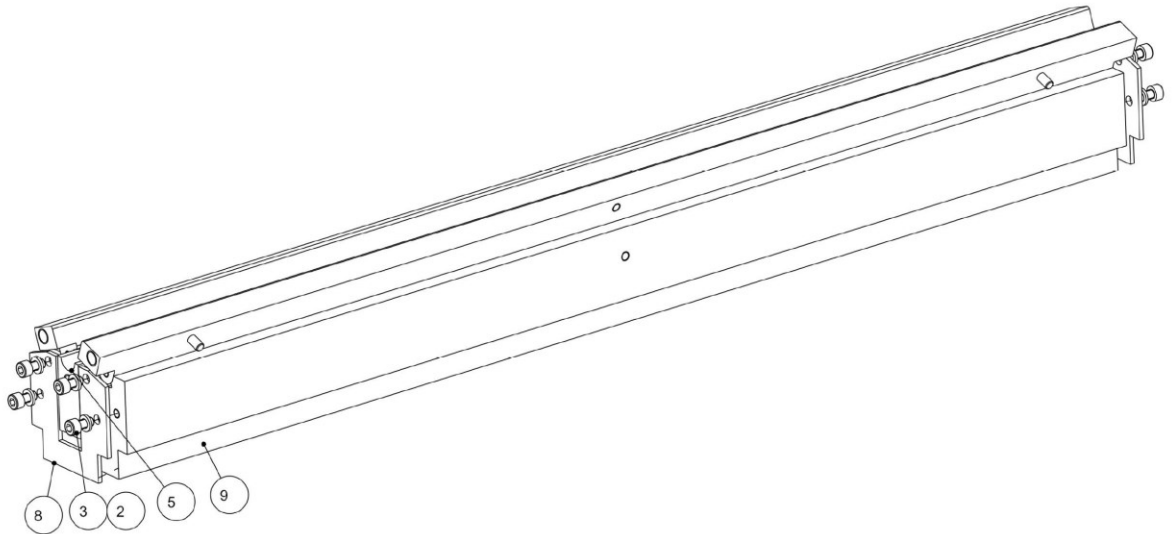
Taulukko 3.



## 2.1 ALATYÖKALUN KOKOONPANO

- Käytä ruuvien kierteissä keskikovaa ruuvilukitetta.
  - Käytä voitelurasvaa osien voitelussa.
1. Asenna liikutappi (4) runkoon (6) painamalla tai vasaroimalla kevyesti tapin suuntaisesti. Voitele liikutappi kevyesti.
  2. Aseta puristusjouset (1) rungossa olevien reikien pohjalle.
  3. Voitele liu'un (3) ohjauspinnat ja aseta liuku jousien päälle.
  4. Asenna vasteen liikutapit (5) kääntövarsiin (2) painamalla tai vasaroimalla kevyesti tapin suuntaisesti.

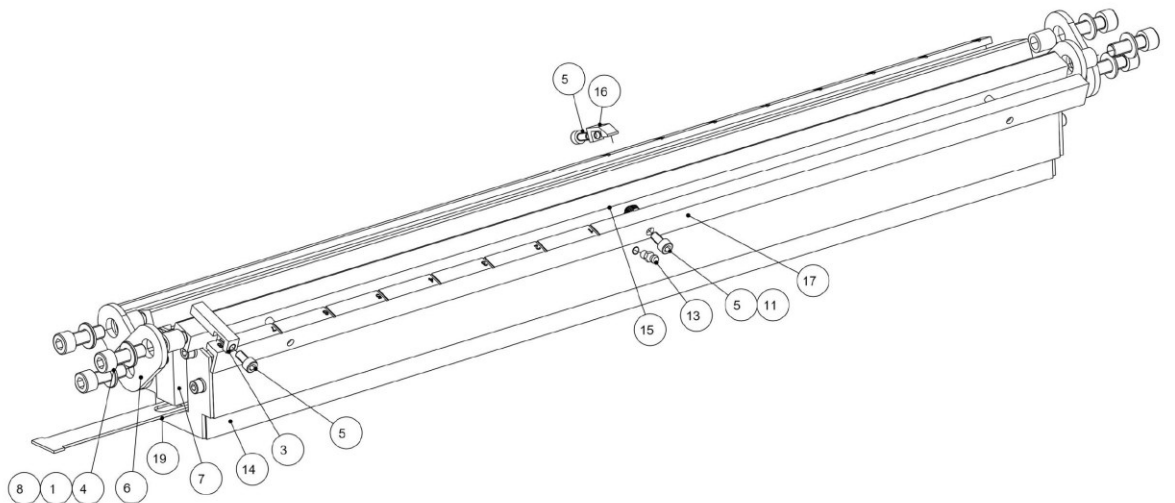
5. Voitele kääntövarsien ohjauspinnat ja aseta kääntövarret rungon ohjauspintoihin.



6. Yhdistä päätylevyt (8) runkoon ruuveilla (3) ja aluslevyillä (2). Kiristä ruuvit momenttiin 8 Nm.  
7. Kohdista liuku liukutapin ja rungon liukupintojen kanssa. Paina liuku ala-asentoon.

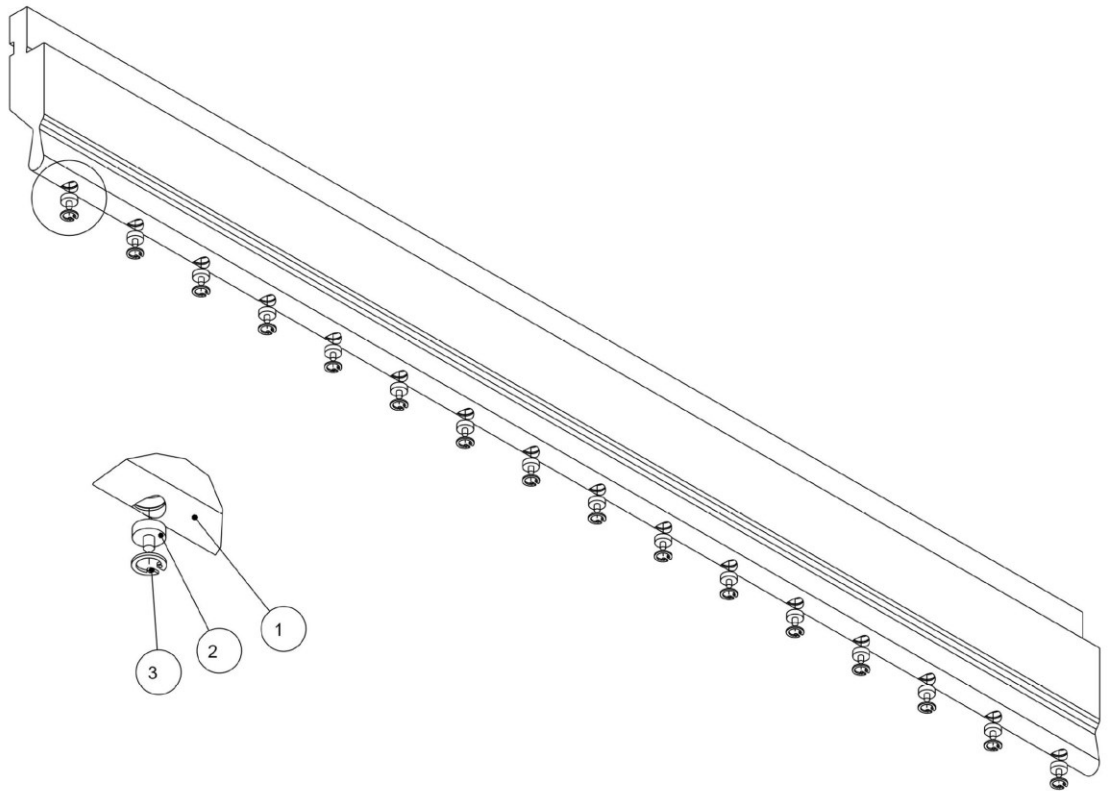
**VAROITUS**

- Varmista liu'un pysyminen ala-asennossa.



8. Yhdistä linkit (6) kääntövarsiin (15) ja liukuun (7) ruuveilla (4), aluslevyllä (1) ja liukuholkkeilla (8). Kiristä ruuvit momenttiin 40 Nm.
9. Voitele liukuholkkien ulkopinnat. Vapauta liuku hitaasti yläasentoon.
10. Yhdistä takavasteet (17) kääntövarsiin (15) ruuveilla (5) ja puristusjousilla (11), niin että puristusjouset jäävät takavasteiden ja kääntövarsien väliin. Kohdista takavaste vasteen liukutappien kanssa ja kiristä ruuvi kevyesti.
11. Yhdistä sivuvaste (16) takavasteeseen ruuvilla (5). Kiristä ruuvi kevyesti.
12. Yhdistä kohdistusvaste (3) ruuvilla (5) takavasteessa olevan kohdistusmerkin 8 kohdalle, niin että kohdistusmerkin viiva ei jää näkyviin. Kiristä ruuvi kevyesti.
13. Aseta välilevy (19) liu'un (7) ja rungon (14) väliin. Työnnä välilevy kiinni päätylevyyn.
14. Asenna rasvanipat (13) runkoon. Kiristä rasvanipat.
15. Täytä työkalu rasvalla molemman rasvanipan kautta.

## 2.2 YLÄTYÖKALUN KOKOONPANO



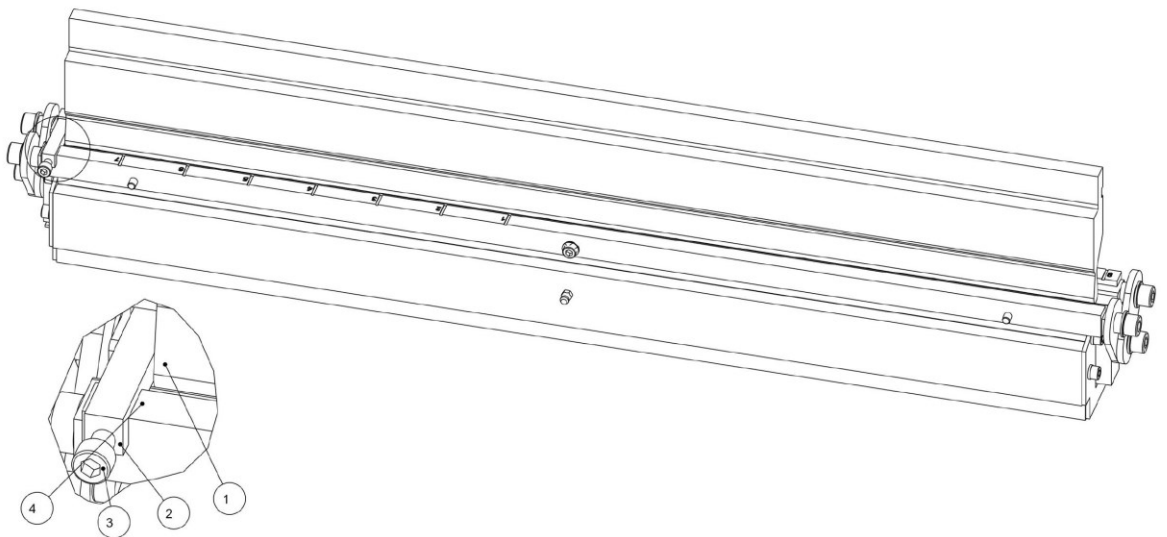
1. Aseta pallotyökalut (2) ylätökalun (1) reikiin.
2. Lukitse pallotyökalut pidätinrenkailla (3).

### HUOMIOI

- Varmista, että pidätinrenkaat ovat täysin asennusurassa.

## 3. KÄYTTÖ JA SÄÄTÖ

### 3.1 KOHDISTUS



1. Aseta ylä- ja alatyökalut särmäyspuristimeen, niin että työkaluja voi siirtää sivusuunnassa.
2. Säädä kohdistusvaste (2) niin, että takavasteessa (4) oleva kohdistusmerkki 8 on peitetty. Varmista, että kohdistusvaste on kiinni takavasteessa ja kiristä ruuvi (3).
3. Siirrä ylätökalu (1) kiinni kohdistusvasteeseen.
4. Kiristä ylä- ja alatyökalut särmäyspuristimeen. Poista kohdistusvaste.

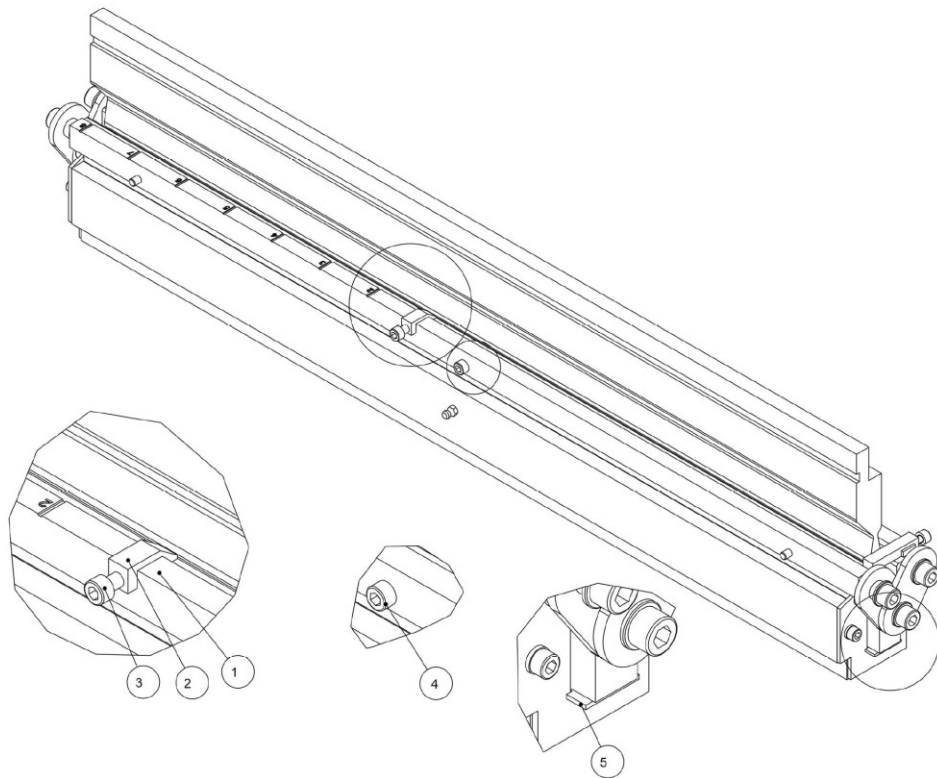
### 3.2 KÄYTTÖ

**VAROITUS**

- Ylä- ja alatyökalut tulee kohdistaa kohdistusvasteella ennen särmäämistä. Kohdistusvaste tulee poistaa ennen särmäämistä.
- Työkaluun tai levyaihioon ei saa koskea särmäämisen aikana.
- Työkalua ei saa käyttää, jos työkalussa havaitaan murtumia tai muodonmuutoksia.

**HUOMIOI**

- Varmista, että levyaihio on kiinni vasteissa ja kääntövarsissa ennen särmäämistä.
1. Aseta levyaihio kiinni takavasteisiin ja sivuvasteeseen.
  2. Särmää levyaihio ylä- ja alatyökalujen välissä.
  3. Nosta ylätyökalu yläasentoon ja poista särmätty kappale.

**3.3 SÄÄTÖ**

### 3.3.1 SIVUVASTE

1. Avaa ruuvi (3). Siirrä sivuvastetta (2) haluttuun leveyteen niin, että kohdistusmerkki on peitossa.
2. Varmista, että sivuvaste on kiinni takavasteessa (1). Kiristä ruuvi.

### 3.3.2 TAKAVASTEET

- Säädä takavasteita avaamalla ja kiristämällä ruuvia (4).

### 3.3.3 SÄRMÄYSLIIKE

- Särmäyksen taivutuskulmaa voidaan säätää vaihtamalla välilevyn (5) paksuutta.

## 4. KUNNOSSAPITO

### 4.1 YLEISET OHJEET

- Tee alatyökalulle voiteluhuolto ja kuntotarkastus korkeintaan 6 kk välein.
- Tee ylätyökalulle kuntotarkastus korkeintaan 3 kk välein.
- Tarkkaile työkalujen kuntoa käytön ja vaihdon aikana.

### HUOMIOI

- Käytä viiltosuojakäsineitä ja suojalaseja kunnossapidon aikana.
- Vaihda irrotetut ruuvit uusiin. Käytä vain saman tai korkeamman lujuusluokan ruuveja.
- Tarkasta työkalujen toiminta kunnossapidon jälkeen.

### 4.2 ALATYÖKALUN KUNNOSSAPITO

#### VAROITUS

- Liuku on jousivoiman alaisena. Liuku tulee puristaa ala-asentoon ennen työkalun purkamista.
  - Varmista, ettei liuku pääse palautumaan yläasentoon purkamisen aikana.
1. Purista liuku ala-asentoon.
  2. Irrota ruuvit.

3. Vapauta liuku hitaasti yläasentoon.
4. Pura työkalu.
5. Puhdista liukupinnat.
6. Tarkista osien kunto silmämääräisesti ja vaihda vaurioituneet tai kuluneet osat.
7. Kokoa työkalu noudattaen kokoonpano-ohjetta.
8. Tarkasta työkalun toiminta.

#### **4.3 YLÄTYÖKALUN KUNNOSSAPITO**

1. Pura työkalu
2. Tarkista osien kunto silmämääräisesti ja vaihda vaurioituneet tai kuluneet osat.
3. Kokoa työkalu noudattaen kokoonpano-ohjetta.
4. Tarkasta työkalun toiminta.