



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# LÄMPÖLAITOKSEN KORJAUS

Heinäveden Aluelämpö Oy:n hakkeenkuljetusketjun kor-  
jaus- ja parannustyö

TEKIJÄ/T: Petri Mäkelä

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala   |                             |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma<br>Konetekniikan tutkinto-ohjelma   |                             |
| Työn tekijä(t)<br>Petri Mäkelä   |                             |
| Työn nimi<br>Heinäveden Aluelämpö Oy:n hakkeenkuljetusketjun korjaus ja parannustyö  |                             |
| Päiväys<br>11.5.2017   | Sivumäärä/Liitteet<br>91/91 |
| Ohjaaja(t)<br>lehtori Pertti Kupiainen, lehtori Tatu Westerholm  |                             |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)<br>Heinäveden Aluelämpö Oy   |                             |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin osana Heinäveden Aluelämpö Oy:n Haketien laitoksen laitteiston peruskorjaus projektia. Projekti sai alkunsa tammikuussa 2016, jolloin Haketien laitoksen hakkeensiirtojärjestelmän alkupäässä käyttösylinteri irtosi alustastaan. Käyttösylinteriä oli jo aiemmin koetettu tukea eri menetelmin mutta tarkoitus oli suunnitella kestävä kiinnitys sylinterille. Myöhemmin toukokuussa alkoi koko hakesiilon remontointi ja uutena ratkaisuna etsittiin konehuoneen ja hakesiilon väliin tankopurkaimien läpivienteihin tiivistys joka kestää eikä vuoda puuhaketta konehuoneeseen.</p> <p>Uudemman Arimax- kattilan hakkeensyöttökoneistossa oli ongelmia. Kahdella hydraulisynterillä toimiva järjestelmä jumiutui aika-ajoin syöttölevyn mennessä vinoon. Liikeradan suorassa pysymiselle haettiin toimiva ratkaisu.</p> <p>Vanhemman Ekopoint- kattilan tuhkatilan helmat olivat ruostuneet eikä paikkaaminen enää ollut järkevää.</p> <p>Työ suoritettiin käyden paikan päällä tutustuen ongelmiin. Muutoin työ oli suunnittelua, jossa työkaluna käytettiin Solidworks- ohjelmaa. Työssä sovellettiin paljon lujuusopin teoriaa. Työssä sovellettiin myös FEM-laskentaa. Työssä pyrittiin yksinkertaisiin ja helposti valmistettaviin ratkaisuihin. Lisäksi valmiita standardioisia pyrittiin käyttämään niin paljon kuin mahdollista. Silti rakenteista tuli haastavia valmistusteknisesti. Kattilan helman korjausprosessissa päädyttiin materiaalin vaihtoon vakiona käytetystä mustasta rakenneteräksestä AISI 316L teräkseen. Tämä asetti hitsausmetallurgisesti uuden kysymyksen eripariliitoksen suhteen.</p> <p>Koska kyseessä on tärkeä infrastruktuuria palveleva kokonaisuus, suunnittelussa paneuduttiin enemmän varmoihin ratkaisuihin kuin materiaalin säästöön tai rakenteiden keveyden optimointiin. Todettiin että laitoksen suunnitellut yritys ei ollut perehtynyt lujuusteknillisiin näkökohtiin koska vastaavanlaisiin suurten voimien laitteistoihin tehdään vankka teräsrunko eikä asenneta käyttölaitteita betonirauδοitukseen, koska betonirauδοituksella on tarkoituksena vahvistaa valua itseään eikä kantaa ylimääräisiä voimia. Nyt tankopurkaimien käyttösylinteriä kiinnityksien kesto on karkeastikin arvioiden 65 – 70 vuotta joka kattaa moninkertaisesti laitoksen suunnitellun loppuelinkaaren.</p> |                             |
| Avainsanat<br>Lämpölaitos, hakelämmitys, lujuusoppi, väsymistarkastelu, FEM- analyysi  |                             |
| Julkinen   |                             |

|   |           |                  |       |
|---|-----------|------------------|-------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport   |           |                  |       |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Mechanical Engineering  |           |                  |       |
| Author(s)<br>Petri Mäkelä   |           |                  |       |
| Title of Thesis<br>Repair and improvement work on the haulage chain of Heinävesi Aluelämpö Oy   |           |                  |       |
| Date  | 11.5.2017 | Pages/Appendices | 91/91 |
| Supervisor(s)<br>Mr Pertti Kupiainen, Lecturer and Mr Tatu Westerholm, Lecturer   |           |                  |       |
| Client Organisation /Partners<br>Savonia University of Applied Sciences   |           |                  |       |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to do part of the renovation of equipment. The work was commissioned by Heinäveden aluelämpö Oy and it was done in the Haketie plant. Earlier a machine had got loose of the base and therefore the aim was to plan a long lasting and strong engine suspension.</p> <p>The work was done exploring the problems on the spot. SolidWorks program was used as a design tool. A lot of theory of strength calculation was applied as well as FEM calculation. The aim was to find easily implementable solutions. In addition, existing standard parts were used as much as possible. Still, the manufacturing technique of the structures turned out challenging. In the boiler heal repair process it was decided to replace the standard material with the structural steel AISI 316L which lead to another problem with metal.</p> <p>Since the design was focused on secure solutions more than saving material or optimizing structural lightness. It was found out that the company that had designed the plant was not familiar with the strength-technical aspects since similar heavy-duty installations are made with a solid steel frame and no concrete-reinforcing actuators are installed since the concrete reinforcement is intended to reinforce casting and not to carry extra loads. Now, the life span of the cylinder drive cylinders is roughly estimated between 65 and 70 years, exceeding the life- cycle planned for the plant.</p> |           |                  |       |
| Keywords<br>heating plant, wool chip heating, strength of materials, fatigue assessment, FEM- analysis  |           |                  |       |
| Public  |           |                  |       |

## ESIPUHE

Haluan kiittää tämän työn onnistumisesta hyvää ystävääni Aarne Havukaista, hänen isäänsä, eläkkeellä olevaa Heinäveden aluelämpö Oy:n toimitusjohtajaa Juhani Havukaista, laitospäällikö Markku Kerosta, laitospäällikö Antti Havukaista sekä toimitusjohtajaa Markku Venäläistä.

Työn onnistuminen vaati paljon pohjaosaamista. Kiitän siitä Savonia ammattikorkeakoulun koneosaston henkilökuntaa. Lehtori Pertti Kupiaisen osuus tässä työssä on suuri, samoin myös lehtori Tatu Westerholmin, joka opetti lujjuusopin perusteet ja jatkokurssin.

Vesannolla 3.5.2017

## SISÄLTÖ

|   |    |
|---|----|
| ESIPUHE.....  | 4  |
| 1 JOHDANTO .....  | 8  |
| 2 HEINÄVEDEN ALUELÄMPÖ OY .....   | 9  |
| 3 LUJUUSOPPIA .....   | 10 |
| 3.1 Jäykän palkin taivutus .....  | 10 |
| 3.2 Jäyhyysmomentin kaavan johtaminen suorakaiteiselle profiilille .....  | 13 |
| 3.3 Kaksituentaisten palkin taipuman kaavat .....                         | 13 |
| 4 TANKOPURKAIMEN KÄYTTÖSYLINTERIN KIINNITYS .....                         | 17 |
| 4.1 Lähtötilanne .....  | 17 |
| 4.2 Korjaus .....   | 18 |
| 4.3 Sopivan I- palkin valinta .....                                       | 18 |
| 4.4 Tukirakenteen etupienan a- mitta. ....                                | 19 |
| 4.5 Tukirakenne .....   | 21 |
| 4.6 Sylinterinkorvakkeiden hitsin mitoitus .....                          | 22 |
| 4.7 I300 palkin hitsin mitoitus .....                                     | 22 |
| 4.8 I300 palkin hitsin tarkastelu väsymisen kannalta SFS-EN 1993-1-9..... | 23 |
| 4.9 Valu .....  | 25 |
| 4.10 Sylinterin kiinnityksen kokonaisrakenne .....                        | 26 |
| 4.11 Yhteenveto.....  | 26 |
| 5 TANKOPURKAIMIEN LÄPIVIENNIT KONEHUONEESEEN.....                         | 27 |
| 5.1 Läpivientien sisärunko .....  | 28 |
| 5.2 Läpivientien laakerointi.....   | 28 |
| 5.3 Läpivientien ankkurointi.....   | 29 |
| 6 TANKOPURKAIN .....  | 31 |
| 7 HAKESIILO .....   | 32 |
| 8 ARIMAX- KATTILAN HAKESYÖTIN.....  | 33 |
| 8.1 Syöttimen kulkemisen varmistaminen suoraan .....                      | 33 |
| 8.2 Akselin lujuustarkastelu .....  | 35 |
| 9 EKOPOINT KATTILAN TUHKAKAUKALON HELMAT .....                            | 37 |
| 9.1 Eripariliitoksien hitsaaminen.....                                    | 37 |
| 9.2 Helman mallinnus ja toteutus .....                                    | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 9.3 Nuohousluukut .....  | 39 |
| 10 KRIITTISTEN KOHTEIDEN FEM-TARKASTELU .....                                    | 40 |
| 10.1 Tankopurkaimen käyttösylinterin kiinnitys.....                              | 40 |
| 10.2 Tankopurkaimen kolan kiinnitys ja kesto .....                               | 43 |
| 11 YHTEENVETO.....   | 44 |
| LÄHTEET .....  | 45 |
| LIITE 1: VALOKUVIA TÖIDEN EDISTYMISESTÄ .....                                    | 47 |
| LIITE 2: OSATILAUSLISTAT.....  | 49 |
| LIITE 3: HYDRAULISYLINTERIN TYÖPIIRRUSTUKSET JA ESIMERKKEJÄ OSAPIIRRUSTUKSISTA.. | 52 |
| LIITE 4: TANKOPURKAIMIEN LÄPIVIENTIEN PIIRRUSTUKSIA .....                        | 56 |
| LIITE 5: TANKOPURKAIMIEN PIIRRUSTUKSIA .....                                     | 69 |
| LIITE 6: SIILO.....  | 77 |
| LIITE 7: ARIMAX- KATTILAN HAKESYÖTTIMEN TYÖPIIRRUSTUKSIA .....                   | 78 |
| LIITE 8: EKOPOINT- KATTILAN HELMANKORJAUS PIIRRUSTUKSIA .....                    | 86 |

## MÄÄRITTEET

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| $\Delta$                           | muutos tarkasteluvälillä   |
| $\Delta\sigma_c$ ja $\Delta\tau_c$ | väsymislujuuden referenssiarvo, joka vastaa arvoa $NC = 2$ miljoonaa jännitysjaksoa                        |
| $\Delta\sigma_E$ ja $\Delta\tau_E$ | arvoa $n_{max}$ vastaava ekvivalentti vakioamplitudinen jännitysvaihteluväli                               |
| $\gamma_{Mf}$                      | väsymislujuuksien $\Delta\sigma_c$ ja $\Delta\tau_c$ osavarmuusluku  |
| $\gamma_{Ff}$                      | ekvivalenttien vakioamplitudisten jännitysvaihteluvälien $\Delta\sigma_E$ ja $\Delta\tau_E$ osavarmuusluku |
| $\gamma_{M2}$                      | poikkileikkauskestävyyden osavarmuusluku   |
| $\sigma$                           | normaalijännitys   |
| $\sigma_{wf}$                      | hitsin jännitys  |
| $\beta_w$                          | korrelaatiokerroin (SFS-EN 1993-1-8, 47)   |
| $\varepsilon$                      | venymä   |
| $\rho$                             | taipumaviivan säde   |
| $\tau$                             | leikkausjännitys   |
| $A$                                | jännityksen alainen pinta-ala  |
| $E$                                | kimmomoduuli   |
| $F_{Ed}$                           | hitsiin kohdistuva voima   |
| $I_j$                              | pinnan neliömomentti j akselin suhteen   |
| $L_w$                              | hitsin pituus  |
| $M$                                | momentti   |
| $N$                                | normaalivoima  |
| $N_{Rd}$                           | jännityssyklien lukumäärä ennen rikkoa   |
| $S_i$                              | staattinen momentti i akselin suhteen  |
| $a$                                | hitsin a-mitta   |
| $d\phi$                            | taipumaviivan differentiaalikulma  |
| $f_m$                              | palkin taipuma   |
| $f_u$                              | heikoimman liitettävän osan vetomurtolujuuden nimellisarvo   |
| $k_m$                              | muotovirheen vaikutus, 1 jos FAT arvo käytössä   |
| $k_s$                              | koon vaikutukset huomioon ottava väsymislujuuden pienennystekijä   |
| $t$                                | ainevahvuus  |

## 1 JOHDANTO

Heinäveden Aluelämpö Oy:n vanhempi laitos on rakennettu 1982. Tammikuussa 2016 tankopurkaimien konehuoneessa irtosi 2/4 paikan sylinterin kiinnitys kokonaan perusteista ja muut kolme sylinterien kiinnitystä heiluivat silminnähden tankopurkaimien työkierron aikana. Ratkaistavaksi tuli miten kiinnityksen saisi lujasti kiinni mahdollisimman lyhyellä seisokki ajalla. Siinä ohessa selvisi, että laitos tarvitsee muidenkin paikkojen korjausta.

Konehuoneen etuseinästä toisen sylinterin kiinnitys tuli tehtäväksi tammi- ja helmikuun aikana pikaisesti ja toukokuussa aloitettiin hakesiilon korjaus, johon mallinnettiin uudet tankopurkaimet. Aiempi järjestelmä oli myös ongelmallinen tankopurkaimien läpivienneistä konehuoneessa. Ne oli tiivistetty kulutusmuoveilla, jotka päästivät läpi haketta konehuoneeseen. Tästä syystä konehuoneessa piti tehdä usean tunnin siivoustyö kerran viikossa. Tavoitteena on siis saada tiivis ja kestävä konstruktio tankopurkaimien läpivienteihin.

Vanhassa laitoksessa on kaksi kiinteän polttoaineen kattilaa jossa uudemmassa, Arimaxin toteuttamassa hakesyöttimen toimintaongelmia esiintyi väliajoin johtuen ns. piironginlaatikko ilmiöstä.

Vanhemman kattilan tuhkakaukalon alahelmat olivat ruostuneet. Siihen suunnitellaan korjaustoimenpiteet. Mietinnän mietittäväksi tulee myös materiaalin vaihto kohteessa.

Tässä työssä sovelletaan lujuusopin sääntöjä. Työssä tullaan käyttämään paljon sekä standardien mukaisia pikalaskukaavoja, että Solidworks- ohjelmiston FEM- laskenta moduulia. Konstruktiot mitoitetaan vielä laskennan antamia arvoja suuremmiksi koska kyseessä on lämpölaitos, jonka varavoi- malähteen käyttö on moninkertainen kuluiltaan verrattuna hakkeen käyttöön.



## 2 HEINÄVEDEN ALUELÄMPÖ OY

Lämpöyhtiö aloitti toimintansa vuonna 1983. Yhtiön omistaa Heinäveden kunta. Alussa käytössä oli kaksi raskasöljypakettia, Kenttätien lämpökeskus 1,2 MW Kenttätiellä ja Ahjotien lämpökeskus 2 MW Ahjotiellä. Verkostoa oli rakennettu noin 2 km.

Vuonna 1985 valmistui hakekattilalaitos 2 MW haketielle. Sen jälkeen noin 70- 80 % energiasta tuotettiin hakkeella ja verkostoa rakennettiin edelleen.

Vuonna 1989 rakennettiin Haketien lämpökeskukselle 2,5 MW:n raskasöljykattila ja Kenttätien paketti siirrettiin Haketielle. Samoihin aikoihin varsinainen runkojohtoverkosto ja jakelujohtoja oli rakennettu.

Vuonna 2003 rakennettiin Haketielle uusi 3MW:n hakekattilalaitos. Silloin haketehoa oli käytössä 5 MW ja öljytehoa 4,5 MW.

Kaukolämpöverkosto jakaantuu kahteen osaan, keskustan alue 5 MW ja teollisuusalue 3 MW. Alueiden välissä on noin kilometrin mittainen Dn 100 siirtojohto jonka varrella on muutamia kuluttajia. Tämä aiheutti kattilatehojen sijoittamiselle omia vaatimuksiaan.

Peräahoa palveli Ahjotien 2 MW:n raskasöljykeskus ja Mustikkatielle siirretty 1,2MW:n raskasöljypakettikattila.

Vuonna 2008 2 MW:n kattilaan uusittiin konvektio -osa ja sen ikää saatiin jatkettua toistaiseksi.

Vuonna 2014 rakennettiin Peräahoon Karpalotielle uusi hakekattilalaitos, jossa on 3 MW:n hakekattila ja 3MW: kevytöljykattila. Samaan aikaan 1,2 MW:n raskasöljypaketti romutettiin.

Siinä vaiheessa keskustan alueella oli haketehoa 5 MW ja tehontarve on noin 5 MW ja teollisuusalueella oli haketehoa 3MW ja tehontarvetta noin 3 MW.

Laitoksella olevat hakekattilat:

- 2 MW: n hakekattila on Ekopointin mekaaninen viistoarina laatikkokattila 1985.
- 3 MW:n hakekattila on Nakkilan konepajan kattilapaketti, jossa on Aritermin mekaaninen viistoarina laatikkokattila 2003.
- 3 MW:n hakekattila on Vaasankuljetuskanavat Oy:n lämpökeskus, jossa on Danstokerin tuliputkikattila, jonka alla on viistoarinalla varustettu alapesä sekä 3 MW: kevytöljykattila. Tämä valmistui vuonna 2015.

Verkoston maksimiteho on noin 8 MW, vuosikulutus noin 19 000 MWh. Hakkeen osuus on noin 96 %

Kuluttajia on noin 120 kpl josta omakotitaloja noin 20 kpl

verkostoa on noin 12 km ja elementtikoot Dn 25- 125

Energian hintatietoja v. 2017:

- Kevyt öljy n. 65 e/MWh
- Kierrätyspuuhake 11-15 e/MWh
- Metsähake 17-21 e/ MWh
- Muut hakkeet 15- 18 e/MWh

(Juhani Havukainen, elk. oleva Aluelämpö Oy:n toimitusjohtaja).

### 3 LUJUUSOPPIA

Tässä työssä tärkein osio oli hyvän suunnittelutyön lisäksi lujuusopin soveltaminen. Koska kyse on vajaan 1000 kN voimista, on tarkka perehtyminen kriittisiin jännityksiin välttämätöntä. Tärkeimpiä lähdeteoksia on Esko Valtasen Tekniikan taulukkokirja, jossa kaikki koneenrakennuksen peruskaavat ovat suhteellisen kattavasti esitetty.

Seuraavissa luvuissa esitellään osa työssä käytetyistä lujuusopin kaavoista, siitä miten ne on johdettu ja sievennetty lopulliseen muotoonsa.

#### 3.1 Jäykän palkin taivutus

Lujuusopin peruskaava tunnetaan nimellä Hooken laki.

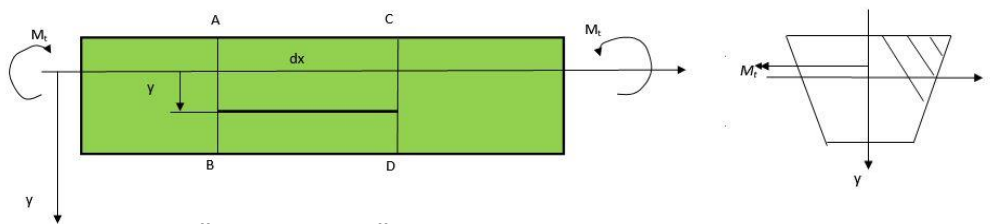
$$\sigma = \frac{N}{A} = E\varepsilon \quad (1)$$

jossa

- $E$  on kimmomoduuli
- $\varepsilon$  on venymä
- $N$  on normaalivoima ja
- $A$  on jännityksen alainen pinta-ala.

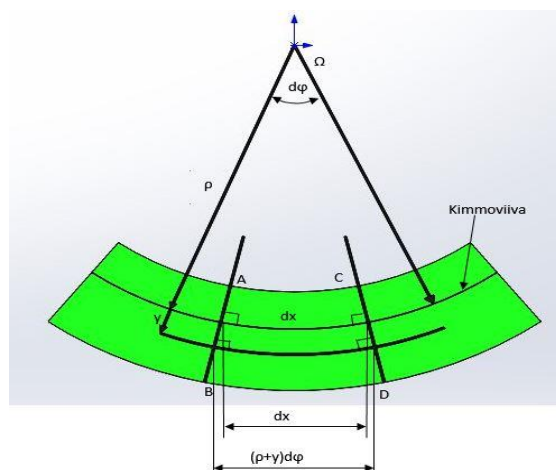
Tutkitaan nyt puhtaan taivutuksen aiheuttamaa jännitystä mielivaltaisen kappaleen poikkileikkaukseen.

Taivutettaessa palkkia tai pitkää kappaletta kappaleella on poikkileikkauksessa neutraalilinja, jonka differentiaalissa ei jännityksiä eikä venymiä esiinny, vaan ainoastaan taipuma neutraalilinjan kupe- ralla puolella on venymää ja vetojännitystä ja koveralla puolella puristusta ja puristusjännitystä.



Kuva 1. Palkin taivutusmalli

Piirretään kappaleen mielivaltaiseen kohtaan viivelementti, jonka venymää tai kuroumaa, tässä tapauksessa venymää, tutkitaan. Neutraalilinjan alapuolella olevalla taipumaviivalla on käytännössä taipumasäteen origo likipitään sama kuin neutraalilinjan taipumasäteelläkin. Samoin siis differentiaalisen otoksen taipumakulmat ovat samat (kuva 2).



Kuva 2. Taipuman venymä

Vapaakappalekuvasta saadaan yhtälö

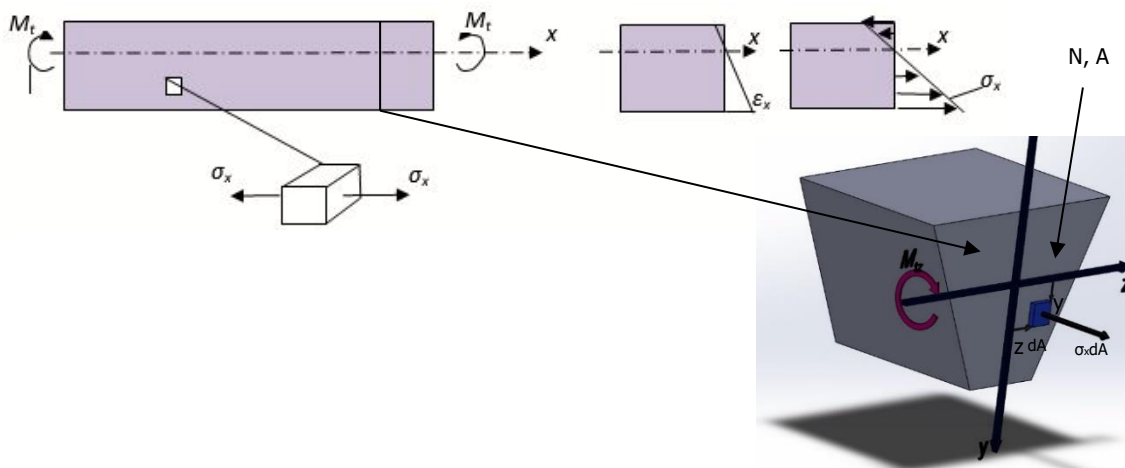
$$\varepsilon_x = \frac{(\rho+y)d\varphi-dx}{dx} = \frac{(\rho+y)d\varphi-\rho d\varphi}{\rho d\varphi}$$

$$\varepsilon_x = \frac{y}{\rho} \quad (2)$$

Hooken lain mukaan jännityksen ja venymän yhteys on

$$\sigma_x = E\varepsilon_x = E\frac{y}{\rho} \quad (3)$$

Puhtaassa taivutuksessa on palkin pisteissä aksiaalinen jännitystila pääjännityksen  $\sigma_x$  ollessa x- akselin suuntainen. Normaalijännitys jakaantuu kuvan mukaisesti.



Kuva 3. Poikkileikkauksen jännitystila (Petri Mäkelä)

Piirretään seuraavaksi poikkileikkaukseen pintaelementti  $dA$ , johon kohdentuu jännitys  $\sigma_x dA$ . Se kirjoitetaan integraaliyhtälön muotoon poikkileikkauksen pinta-alan yli.

$$N = \iint \sigma_x dA = \iint \frac{Ey}{\rho} dA \quad (4)$$

Koska näissä tapauksissa voidaan olettaa materiaalin olevan yhdenmukaista kaikkialla kappaleessa, on kimmokerroin  $E$  vakio ympäri poikkileikkausta.

$$N = \frac{E}{\rho} \iint y dA = \frac{E}{\rho} S_z \quad (5)$$

Tässä  $S_z$  on poikkipinnan staattinen momentti z-akselin suhteen.

Koska puhtaassa taivutuksessa poikkileikkauksen normaalivoima  $N=0$ , on myös yhtälössä oltava  $S_z=0$ . Siksi z- akselin on kuljettava poikkileikkauksen pintakeskiön kautta.

Poikkileikkauksen taivutusmomentti y- akselin suhteen on

$$M_{ty} = \iint z \sigma_x dA = \iint z \frac{Ey}{\rho} dA = \frac{E}{\rho} \iint yz dA = \frac{E}{\rho} I_{yz} \quad (6)$$

Tästä päästään poikkipinnan tulomomenttiin  $yz$ -koordinaatiston suhteen

$$I_{yz} = \iint yz dA \quad (7)$$

Edelleen, koska tarkastelun kohteena on puhdas suora taivutus, on

$$M_{ty} = 0 \Leftrightarrow I_{yz} = 0 \quad (8)$$

Tämä ehto toteutuu, jos *ainakin toinen akseli* ( $y$ - tai  $z$ - akseli) on symmetria-akseli.

Palkin poikkileikkauksen pintaelementtiin  $dA$  kohdistuvan voiman  $\sigma_x dA$  momentti  $z$ - akselin suhteen on:

$$M_{tz} = \iint y \sigma_x dA = \iint y \frac{E y}{\rho} dA$$

$$M_{tz} = \frac{E}{\rho} \iint y^2 dA = \frac{E}{\rho} I_z \quad (9)$$

Poikkileikkauksen suuretta  $I_z$  kutsutaan matemaattisesti pinnan toiseksi momentiksi eli neliömomentiksi tai lujuusopin kirjoissa jäyhyysmomentiksi.

$$I_z = \iint y^2 dA \quad (10)$$

Koska kyseessä on puhdas suora taivutus, niin  $M_{tz} \equiv M_t$ . Kirjoitetaan aiemmista yhtälöistä

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_t}{E I_z} \quad (11)$$

jossa tulo  $E I_z$  on poikkileikkauksen taivutusjäykkyys ja  $1/\rho$  on kimmoviivan kaarevuus. Koska

$$\sigma_x = \frac{E y}{\rho} \Rightarrow M_t = \frac{\sigma_x I_z}{y} \quad (12)$$

Tästä seuraa tulos

$$\sigma_x = \frac{M_t}{I_z} y \quad (13)$$

□

(Salmi 2010, 171– 177.)

### 3.2 Jäyhyysmomentin kaavan johtaminen suorakaiteiselle profiilille

Testataan jäyhyysmomentin yleinen kaava suorakaiteen muotoisella poikkileikkauksella koska se on suhteellisen helppo laskea ja vertailuarvo löytyy helposti kirjallisuudesta.

Lasketaan kaavalla 7 suorakaiteen poikkileikkauksen mukaan. Koska koordinaatisto on kappaleen tasapainopisteessä, ovat integraalirajat  $-b/2.. b/2$  ja  $-h/2.. h/2$

$$I_z = \iint_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} y^2 dy dx = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} by^2 dy$$

$$I_z = \frac{1}{3}b \left[ \frac{1}{2}h \right]^3 - \frac{1}{3}b \left[ -\frac{1}{2}h \right]^3 = \frac{1}{24}bh^3 - \left( -\frac{1}{24}bh^3 \right) = \frac{1}{12}bh^3$$

(Finney, 2001, 975)

Kun haetaan suorakaiteelle arvo Valtasen Koneenrakentajan taulukkikirjasta, löydämme samanlaisen kaavan eli kirjallisuudessa ja laskennassamme päädytään samaan lopputulokseen.

$$I_z (\text{suorakaide}) = \frac{1}{12} bh^3$$

□

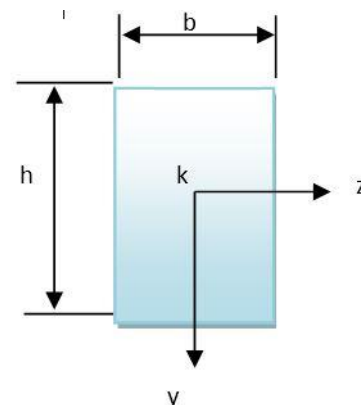
### 3.3 Kaksituentaisten palkin taipuman kaavat

Tutkitaan vielä, miten kaksituentaisten palkin puhtaan taivutuksen kaavat on saatu. Esimerkkinä on tasaisesti kuormitettu kaksituentaisten palkki. Palkissa kohdan  $x$  poikkileikkauksessa olevaa pisteen siirtymää  $y$ - akselin suunnassa sanotaan taipumaksi

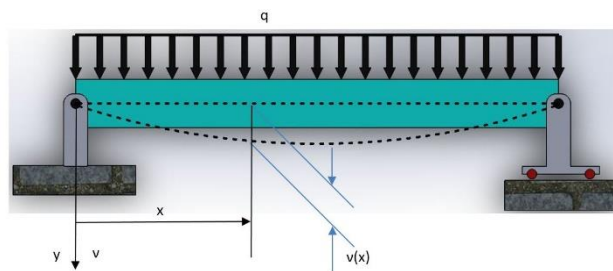
$$v = v(x)$$

$$\frac{1}{\rho(x)} = \frac{M_t(x)}{EI(x)}$$

(14)



Kuva 4. Jäyhyysmomentin määrittäminen (Petri Mäkelä)



Kuva 5. Taipuma (Petri Mäkelä)

Taipumaviivan käyrälle on olemassa lauseke

$$\kappa(x) = \frac{v''(x)}{[1+(v'(x))^2]^{3/2}}, \quad \frac{1}{\rho} = |\kappa| \quad (15)$$

ja sen derivaatoista on käytetty merkintöjä

$$v' \equiv \frac{dv}{dx} \text{ ja } v'' \equiv \frac{d^2v}{dx^2} \quad (16)$$

Koska palkin taipumat ovat sallituissa rajoissa hyvinkin pieniä ( $|v'| \ll 1$ ), voidaan käsittelyä yksinkertaistaa

$$\kappa(x) \approx v''(x) \quad \frac{1}{\rho} = |\kappa| \quad (17)$$

$$v''(x) \approx \frac{|M_t(x)|}{EI(x)} \quad (18)$$

Koska kaarevuus ja taivutusmomentti ovat aina vastakkaisuuntaiset, kirjoitetaan kaava ilman itseisarvomerkkejä

$$v''(x) \approx -\frac{M_t(x)}{EI(x)} \quad (19)$$

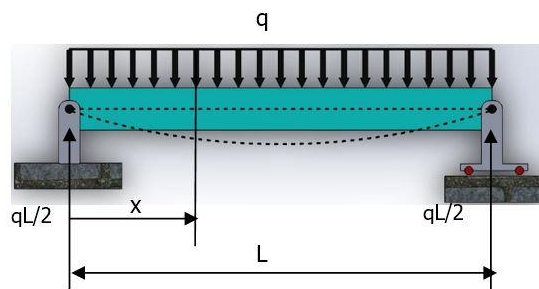
tämä kirjoitetaan muotoon

$$EIv'' = -M_t \quad (20)$$

(Salmi 2010, 207–208.)

Esimerkkinä kaksituentainen palkki tasaisella kuormituksella

Määritetään kuvan kaksituentaisten palkin kimmoviivan yhtälö. Palkin päälle hahmotellusta vapaakappalekuvasta saadaan palkin momentin lausekkeeksi



Kuva 6. Kaksituentainen palkki jatkuvalla kuormituksella (Petri Mäkelä)

$$M_t(x) = \frac{1}{2}qLx - \frac{1}{2}qxx = \frac{1}{2}qLx - \frac{1}{2}qx^2$$

missä  $\frac{1}{2}qLx$  on vasemman tukivoiman aiheuttama momentti pisteessä  $x$ .  $\frac{1}{2}qx \cdot x$  on tasaisen kuorman aiheuttama momentti pisteessä  $x$ .

Kirjoitetaan lauseke muotoon

$$EIv'' = -M_t(x) = -\frac{1}{2}qLx + \frac{1}{2}q$$

Integroidaan lauseke ensimmäisen kerran, jolloin saadaan palkin "kääntymä" kohdassa x

$$EIv' = \int -\frac{1}{2}qLx + \frac{1}{2}qx^2 dx = -\frac{1}{4}qLx^2 + \frac{1}{6}qx^3 + C_1$$

Integroidaan lauseke toisen kerran, jolloin saadaan taipuman arvo kohdassa x

$$\begin{aligned} EIv &= \int -\frac{1}{4}qLx^2 + \frac{1}{6}qx^3 + C_1 dx \\ &= -\frac{1}{12}qLx^3 + \frac{1}{24}qx^4 + C_1x + C_2 \end{aligned}$$

Palkissa pätee reunaehdot:

$v(0) = 0$  eli alkupäässä siirtymä on 0, koska se on palkin päällä

$$v(0) = -\frac{1}{12}qL0^3 + \frac{1}{24}q0^4 + C_10 + C_2 = 0 \Rightarrow C_2 = 0$$

saatiin siis integrointivakiolle  $C_2$  arvoksi 0

$v(L) = 0$  eli loppupäässä siirtymä on 0, koska se on palkin päällä

$$v(L) = -\frac{1}{12}qLL^3 + \frac{1}{24}qL^4 + C_1L + 0 = 0$$

$$v(L) = -\frac{1}{24}qL^4 + C_1L = 0 \Rightarrow C_1 = \frac{1}{24}qL^3$$

Saatiin siis ratkaistua integrointivakio  $C_1$ .

Kirjoitetaan sekä taipuman että kääntymän lausekkeet.

Taipuma

$$v(x) = \frac{q}{24EI} (x^4 - 2Lx^3 + L^3x)$$

$$v(x) = \frac{qx}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$$

$$\begin{aligned} v_{\max}\left(\frac{L}{2}\right) &= \frac{qL}{48EI} \left( L^3 - 2L\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^3 \right) \\ &= \frac{qL}{48EI} \left( L^3 - \frac{1}{2}L^3 + \frac{1}{8}L^3 \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{qL^4}{48EI} - \frac{qL^4}{96EI} + \frac{qL^4}{384} = \frac{8qL^4}{386EI} - \frac{4qL^4}{386EI} + \frac{qL^4}{384} = \frac{5qL^4}{386EI}$$

$$v_{max} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} \quad (21)$$

Kääntymä

$$v'(x) = \frac{q}{24EI} (4x^3 - 6Lx^3 + L^3) \quad (22)$$

jossa

$$v'_{max}: \begin{cases} v'(0) = (4(0)^3 - 6L(0)^3 + L^3) = \frac{qL^3}{24EI} \\ v'(L) = \frac{q}{24EI} (4L^3 - 6L^3 + L^3) = \frac{|-qL^3|}{24EI} \end{cases} \quad (23)$$

□



## 4 TANKOPURKAIMEN KÄYTTÖSYLINTERIN KIINNITYS

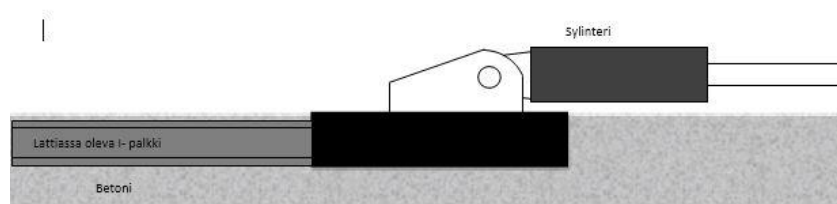
Selvitetään, millaisia menetelmiä lattiasta irronneen sylinterin kiinnittämisensä on tehty ja miksi. Sylinteri on irronnut kiinnityksestään koska sen kiinnitys on nojannut liikaa pistekuormamaisesti betonilattiaan. Betonin harjateräkset eivät ole oikea tapa tukea koneikkoja yleensäkin vaan ne on tarkoitettu betonirakenteiden omaan lujuuteen turvaamaan betonille taivutuslujuutta siinäkin tapauksessa, että betoniin tulisi halkeama. Näin ollen kiinnitys on aiemmin suunniteltu täysin väärin.

### 4.1 Lähtötilanne

Sylinteri on pikkuhiljaa väsyttänyt teräsrakenteet ja liikkeen laajetessa murtanut betonin ja noussut asemastaan pois. Ohessa kuva 7 tapahtuneesta.



Kuva 7. Sylinterin kiinnityksen pettäminen (Aarne Havukainen)



Kuva 8. Alkuperäinen rakenne (Petri Mäkelä)

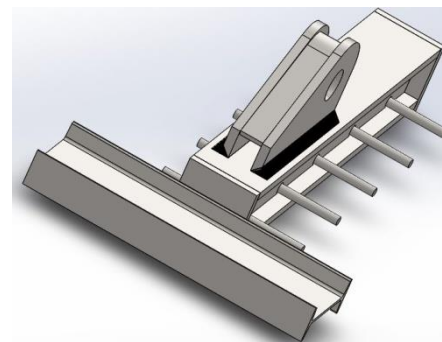
Lattiassa kulkee sylinterin kiinnitykseen alimittainen I-palkki (mittoja ei kerrottu) johon sylinterin korvake oli hitsattu kiinni (kuva 8). Tällainen rakenne ei kestä suuria voimia tuottavaa hydraulisynteriä vaan edestakainen liike väsyttää sekä betonin että hitsausliitoksen.

## 4.2 Korjaus

Ratkaisua haettiin siitä, että lattian pinnan suuntaiset työntö- ja vetovoimat on jaettava niin laajalle alueelle, ettei betonin pintapaineen kesto pääse ylittymään. Lattiaa ei voi purkaa koska muiden sylintereiden on saatava toimia lämpölaitoksen käytettävyyden takia. Konehuone on muutenkin rakennuksen alla, joten mittaviin purkutöihin ei voi alkaa. Siksi oli rajoitettava lattian

piikkaamista niin pienelle alalle, että uusi tukirakenne mahtuu

siihen ja päästään vähäisellä betonivalutyöllä. Laskennassa käytettiin vertaustilanteena heikointa mahdollista betonivalua varmuuden saamiseksi. Toteutus on tehty K30 tason betonilla. Perusratkaisu näyttää kuvan 9 mukaiselta.



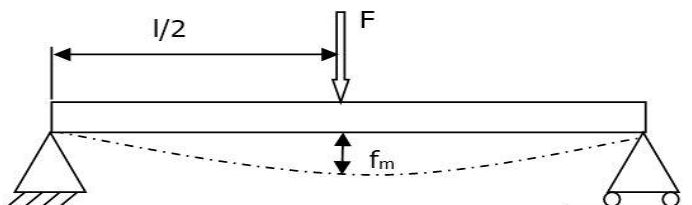
Kuva 9. Suunniteltu konstruktio

## 4.3 Sopivan I- palkin valinta

I-palkin on katettava niin suuri pinta-ala, että betoniin kohdistuva jännitys on alle 10 MPa. Lisäksi palkin on oltava niin jäykkä, ettei se juuri myödy, vaikka se olisi vain päistään tuettu. Näin siksi että voidaan käyttää koko pinta-alaa "tasavertaisena" pintapaineen välittäjänä betonia kohden.

I300 palkki valittiin 1000 mm mitalla seuraavien faktojen takia. Se a) on riittävän jäykkä ja b) sen pinta-ala 1000 mm pituudella on riittävä alentamaan betoniin kohdistuvan pintapaineen riittävän alhaiseksi.

Myöto keskeltä lasketaan seuraavalla kaavalla kuvan 10 tapauksessa.



Kuva 10. I300- palkin taipuma (Petri Mäkelä)

$$f_m = \frac{Fl^3}{48 \cdot EI} \quad (24)$$

(Valtanen 2010, 407)

$$I_{I300} = 98,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$E = 211 \text{ GPa} = 211\,000 \text{ MPa}$$

$$F = 785,4 \text{ kN}$$

$$f_m = \frac{Fl^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

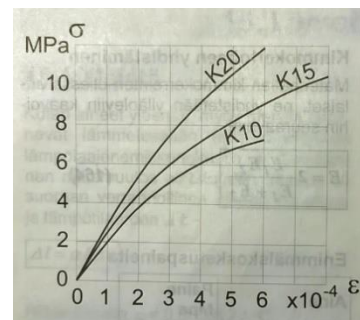
$$f_m = \frac{785400 \text{ N} \cdot (1000 \text{ mm})^3}{48 \cdot 211000 \text{ N/mm}^2 \cdot 98,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 0,8 \text{ mm}$$

Koska palkki taipuu maksimaalisella kuormalla päittäistuennalla vain 0,8 mm, voidaan sitä pitää täysin jäykkänä betonia vasten.

Lasketaan betonille tuleva normaalijännitys.

$$\sigma_{bet} = \frac{F_{max}}{A_{I300}} = \frac{785,4 \cdot 10^3 N}{125 mm \cdot 1000 mm} = 6,3 MPa$$

K10 tason valu kestää.  $6.3 MPa < 10 MPa$ . Koska on käytetty betonilaatua K30, valu kestää suuremmatkin jännitykset. Konstruktion vaikean korjattavuuden takia varmuutta haluttiin maksimoida.

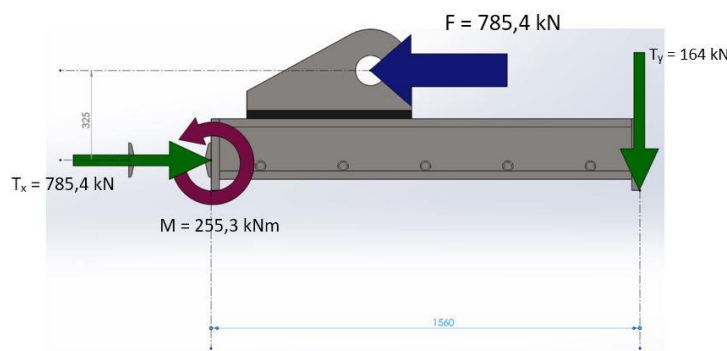


Kuva 11. Betonin jännitykset suhteessa venymään (Valtanen 2010, 498)

Valitaan siis I300 palkki rakenteeseen. Se mahtuu vielä hyvin päätyyn kokonsa suhteen, pituutta siis 1000 mm. Alussa mietittiin 1500mm pituutta mutta halusimme jättää ehjää vanhaa valua konehuoneen takaosaan betonin lujuutta silmällä pitäen.

#### 4.4 Tukirakenteen etupienan a- mitta.

Koska sylinterin kiinnitys on tukipisteen yläpuolella n. 325 mm, on otettava huomioon kotelopalkin etupuolelle tuleva noste  $F_y$ . Lasketaan ensin teoreettiset maksimivoimat.



Kuva 12. Tukirakenteen voimakuvio (Petri Mäkelä)

Sylinterin suurin voima lasketaan ohessa esitellyllä tavalla. Tiedetään että maksimipaine on 160 bar = 16 MPa, sylinterin halkaisija taas on 250 mm.

$$F_{sylinteri} = \frac{\pi \cdot (250 mm)^2}{4} \cdot 16 N/mm^2 = 785,4 kN$$

Männänvarren halkaisija on 140 mm. Toiseen suuntaan sylinteri antaa voiman

$$F_{\text{synteri}} = \frac{\pi \cdot ((250\text{mm})^2 - (140\text{mm})^2)}{4} \cdot 16 \text{ N/mm}^2 = 540 \text{ kN}$$

Eteen aiheutuu momentti:

$$M = 785,4 \text{ kN} \cdot 0,325 \text{ m} = 255,3 \text{ kN}$$

Tästä seuraa etupäähän taas voima  $F_y$

$$M - xF_y = 0 \Leftrightarrow F_y = \frac{M}{x}$$

$$F_y = \frac{255,3 \text{ kNm}}{1,560 \text{ m}} = 164 \text{ kN}$$

Taulukko 1. Korrelaatiokerroin (SFS-EN 1993-1-8, 47)

| Standardi ja teräslaji                           |                                |   | Korrelaatiokerroin $\beta_w$<br>SFS-EN 1993-1-8: 2005 [2] |
|--|--------------------------------|---|---|
| SFS-EN 10025-1...5 [25]-[30]<br>S 235<br>S 235 W | SFS-EN 10210-1 [38]<br>S 235 H | SFS-EN 10219-1 [39]<br>S 235 H          | 0,8   |
| S 275<br>S 275 N/NL<br>S 275 M/ML                | S 275 H<br>S 275 NH/NLH        | S 275 H<br>S 275 NH/NLH<br>S 275 MH/MLH | 0,85  |
| S 355<br>S 355 N/NL<br>S 355 M/ML<br>S 355 W     | S 355 H<br>S 355 NH/NLH        | S 355 H<br>S 355 NH/NLH<br>S 355 MH/MLH | 0,9   |
| S 420 N/NL<br>S 420 M/ML                         |                                | S 420 MH/MLH                            | 1,0   |
| S 460 N/NL<br>S 460 M/ML<br>S 460 Q/QL/QL1       | S 460 NH/NLH                   | S 460 NH/NLH<br>S 460 MH/MLH            | 1,0   |

Eurocoden mukaan lasketaan otsapienahitsin a-mitaksi

$$a \geq \frac{F_{Ed} \beta_w \gamma_{M2} \sqrt{3}}{L_w f_u} \quad (25)$$

missä

$F_{Ed}$  hitsiin kohdistuva voima (138 kN)

$\beta_w$  kyseeseen tuleva korrelaatiokerroin taulukosta, (taulukko 1.) (0,9)

$\gamma_{M2}$  1,25 poikkileikkauskestävyyden osavarmuusluku vetomurtuman suhteen, kiinnittimen ja hitsien kestävyyden osavarmuusluku

$f_u$  heikoimman liitettävän osan vetomurtolujuuden nimellisarvo (360 MPa)

$L_w$  hitsin pituus (200 mm) edessä olevan I-palkin leveys.

(Teräsrakenneyhdistys ry 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, 107)

$$a \geq \frac{164 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{200 \text{ mm} \cdot 360 \text{ N/mm}^2} = 4,5 \text{ mm}$$

Tutkitaan vielä a-mitta lämmöntuonnin kannalta. Jos a- mitta on tätä pienempi, on liitettävistä osista paksumpi esilämmitettävä

$$a \geq \sqrt{t(\text{mm})} - 0,5 \text{ mm}$$

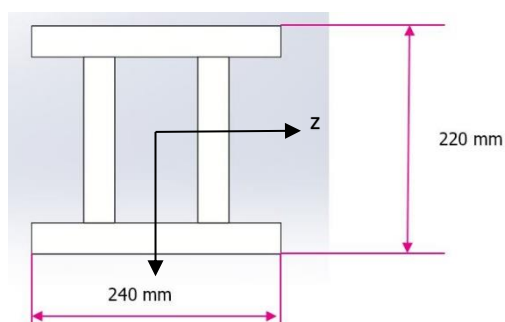
$$a \geq \sqrt{30 \text{ mm}} - 0,5 \text{ mm} = 5,0 \text{ mm}$$

(Niemi 1993, 206)

Voimaliitos on minimissään a-mitaltaan 5mm. Edessä olevan I-palkin laipan paksuus on n. 30 mm. Liitos tehtiin V-railolla, joka mitta on vähintään 30 mm. Lisäksi valmistuksessa hitsattiin kiinnittimen otsalevy vielä I- palkin uumalevyyn, joten kiinnitys on monin verroin varmistettu.

#### 4.5 Tukirakenne

Uusi tukirakenne on 30 mm teräslevyistä hitsattu kotelo jonka profiili on kuvassa. Koska rakenne on symmetrinen, voidaan profiilin jäyhyysmomentti laskea samoin kuin se lasketaan puhtaalle neliökotelollekin. (Salmi 2010, 412.)



Kuva 13. Tukipalkin profiili (Petri Mäkelä)

$$I_z = \frac{1}{12} (bH^3 - (b - 2t)h^3), \text{ missä}$$

|   |                         |
|---|-------------------------|
| H | 220 mm                  |
| b | 240 mm                  |
| h | 220 mm - 2*30mm = 160mm |
| t | 30 mm                   |

$$I_z = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad (26)$$

$$I_z = \frac{1}{12} ((240\text{mm})(220\text{mm})^3 - (240 - 2 * 30)\text{mm} * (160\text{mm})^3)$$

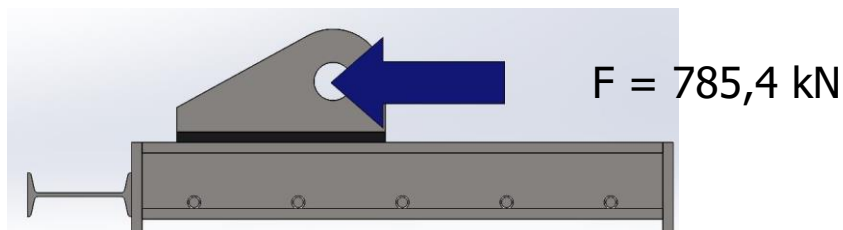
$$I_z = 151,52 \cdot 10^6 \text{mm}^4$$

Jäyhyysmomentti on niin suuri, ettei palkkiin tarvitse laskennallisesti mitenkään puuttua. Koska sylinteriä on vain 4 niin kaikki palkkien levyosat olivat 30 mm ainevahvuudella. Tällöin kokoamisvaiheessa hitsataan saman vahvuisia osia keskenään eikä sylinterin korvake repeä 30 mm vahvuisesta peruslevystä. Konstruktioksi harkittiin sopivan korkuista I- palkkia mutta siihen olisi pitänyt hitsata jäykisteitä ja vahvistuksia. Siksi palkki päätettiin tehdä itse ja mitoittaa se riittävän vahvoista levyosista.

Kotelopalkissa on 5 lävistystä 36 mm betonirautoja varten. Näihin rautoihin hitsataan kiinni alkupe-  
räinen katkottu raudoitus. Betoniraudoitus on syytä pitää jatkuvana korjauksen jälkeenkin.

## 4.6 Sylinterinkorvakkeiden hitsin mitoitus

Seuraavaksi lasketaan korvakkeiden kesto kuvan 14 tilanteessa



Kuva 14. Sylinterin korvakkeiden maksimivoima.

Hitsin mitta on 600mm, ja korvakkeen ainevahvuus on 30mm. Varataan 100mm hitsille toleranssia asennusolosuhteen takia ja lasketaan siis tehollinen mitta 500mm hitsin pituudelle.

Voima jakaantuu kahdelle korvakkeelle, joten laskemme voimasta hitsille  $F / 2 \times 1,25$

$$F_{Ed} = \frac{785,4 \text{ kN}}{2} \cdot 1,25 = 491 \text{ kN}$$

Lasketaan a- mitta kaavan 25 avulla.

$$a \geq \frac{491 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{500 \text{ mm} \cdot 360 \text{ N/mm}^2} = 5,32 \text{ mm}$$

Mitaksi riittää 6 mm mutta koska haluamme maksimoida varmuuden Käytämme 15mm a-mittaa jolloin emme tarvitse enää edes väsymistarkastelua.

## 4.7 I300 palkin hitsin mitoitus

Lasketaan vielä vetotilanteessa teoreettisesti pelkästään I300 palkkiin vaadittava hitsin a- mitta. Kotelopalkin päässä on 30mm vahva päätylappu, jonka päälle tulee I- palkin kiinnitys. Kaikki 4 hitsiä voidaan käsitellä otsapienahitsin pikalaskukaavalla 25.

$$L_w \quad 240+240 \text{ (I300 puoli)} + 240+240 \text{ (etureuna)} = 960 \text{ mm}$$

$$F_{veto} \quad 33694 \text{ mm}^2 \times 16 \text{ N/mm}^2 = 539104 \text{ N}$$

$$F_{Ed} \quad 539104 \text{ N}$$

$$a \geq \frac{539,1 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{960 \text{ mm} \cdot 360 \text{ N/mm}^2} = 3,04 \text{ mm}$$

Suunnittelussa on käytetty a-mittana 5mm, joten tämä kestää staattisesti tarkasteltuna.

## 4.8 I300 palkin hitsin tarkastelu väsymisen kannalta SFS-EN 1993-1-9

Staattinen mitoitus tehtiin teoreettisten maksimikuormien suhteen, joka sinänsä oli helppoa koska käyttölaitteen maksimipaine oli tiedossa ja pystyimme laskemaan sylinterien maksimivoiman. Väsymisessä pitäisi tietää rasitusamplitudit. Pystymme tekemään arvion sen perusteella, että hydraulikon painemittaria tutkimalla saadaan suuntaa-antavia arvoja.

$$p_{työ} = 6,5 - 7,5 \text{ MPa}$$

$$p_{paluu} = 4,5 - 5 \text{ MPa}$$

Työkierto sylinterillä on keskimäärin talvella 2 x tunnissa ja kesällä 0,25 x tunnissa.

Käytetään rasituslaskennassa suurempia painearvoja.

Jännityksen kohteeksi tulevan hitsin ala

$$\sigma_w = \frac{F}{a \cdot l} \quad (27)$$

$$F_{työ} = 7,5 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (250 \text{ mm})^2}{4} = 368 \text{ kN} \text{ puristusta}$$

$$F_{työ} = 7,5 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot ((250 \text{ mm})^2 - (140 \text{ mm})^2)}{4} = 168 \text{ kN} \text{ vetoa}$$

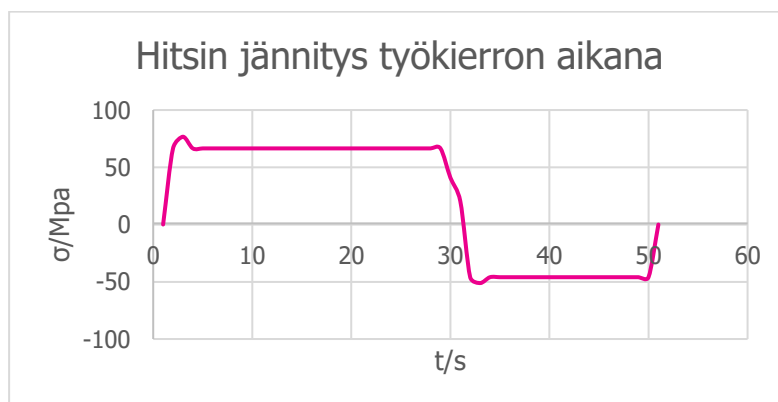
$$l = 960 \text{ mm}$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{w(työ)} = \frac{368 \cdot 10^3 \text{ N}}{5 \text{ mm} \cdot 960 \text{ mm}} = 77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w(paluu)} = \frac{-168 \cdot 10^3 \text{ N}}{5 \text{ mm} \cdot 960 \text{ mm}} = -35 \text{ MPa}$$

Hitseissä on vain normaalijännitystä. Leikkausjännitystä ei esiinny.



Kuvio 1. Tankopurkaimen yhden työkierron rasitukset I- 300 palkin hitsissä (Petri Mäkelä)

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad \text{Jännitysvaihtelu}$$

$$\Delta\sigma = 77 \text{ MPa} - (-35 \text{ MPa}) = 112 \text{ MPa}$$

Lasketaan hitsausjännitysten komponentit, normaalijännitys ja leikkausjännitys.

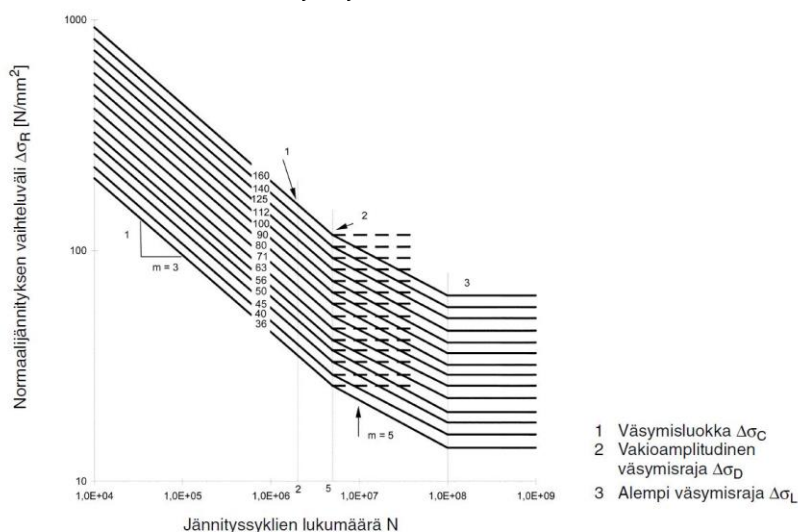
$$\sigma_{wf} = \sqrt{\sigma_{\perp f}^2 + \sigma_{\parallel f}^2} \quad (28)$$

$$\sigma_{wf} = \sqrt{(77 \text{ MPa})^2 + (0 \text{ MPa})^2} = 77 \text{ MPa}$$

Oetaan Hot spot menetelmä. Tässä FAT arvo ( $\Delta\sigma_C$ ) on 90 MPa.

Arvot voisi katsoa myös Whöler- käyrästä mutta koska laskentateho on nykyisin hyvä tietotekniikan takia, voimme soveltaa suoraa kaavaa

$$N_{Rd} = \left( \frac{k_s \cdot \Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf} \cdot \gamma_{FF} \cdot k_m \cdot \Delta\sigma_E} \right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \quad (29)$$



Kuvio 2. Whöler -käyrä (SFS-EN 1993-1-9, 15)

Muut laskuissa tarvittavat arvot

- $k_s$  1, käytetään maksimiarvoa
- $\gamma_{Mf}$  1,15 Materiaalin osavarmuusluku, varma kestoikä 1,15 (taulukkoarvo)
- $\gamma_{FF}$  Kuormituksen osavarmuusluku, valitaan epävarmuuden takia 1,2
- $k_m$  1, muotovirheen vaikutus, 1 koska FAT arvoon on se jo sisälletty
- $\Delta\sigma_E$  112 MPa jännitysheilahdus

$$N_{Rd} = \left( \frac{1 \cdot 90 \text{ MPa}}{1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 112 \text{ MPa}} \right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 = 678000 \text{ kertaa}$$



Kokonaisia työkertoja siis hitsauksen pitäisi kestää 678000 kertaa. Jos lasketaan talvikuukausien käyttöä ja kesäkuukausien käyttöä niin 2 kertaa tunnissa 6 kuukauden ajan ja 0,25 kertaa tunnissa 6 kuukauden ajan. Vuositasolle laskettuna kertoja olisi

$$N_{vuosi} = 2 \cdot 24 \cdot \frac{365}{2} + 0,25 \cdot 24 \cdot \frac{365}{2}$$

$$= 9855 \text{ käyttökertaa/vuosi}$$

$$Käyttöikä = \frac{N_{Rd}}{N_{vuosi}} = \frac{678000}{9855} = 68 \text{ vuotta}$$

Laitoksen loppuajaksi on budjetoitu 5 – 10 vuotta, joten sen ajan voi hyvinkin olla huoleti. 68 vuotta on hyvä odotusarvo.

#### 4.9 Valu

Tukirakennetta varten on vanhaa pintavalua poistettu niin paljon, että tukirakenne on varmasti sijoittunut esteettä haluttuun asentoon. Koska vanhan ja uuden betonin väliin jää rajapinta, on vanhaan alla olevaan betoniin porattu 5 + 5 reikää ja sijoitettu pystyyn 36 mm vahvat betoniraudat estämään valupintojen välistä liukumista. Jos lasketaan 10 harjateräkselle systeemin maksimivoima

$$A_{Harjat.} = \frac{\pi \cdot (36mm)^2}{4}$$

$$= 1017,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{\Sigma} = 10 \cdot 1017,9 \text{ mm}^2$$

$$= 10179 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{785,4 \cdot 10^3 \text{ N}}{10179 \text{ mm}^2} = 77,2 \text{ N/mm}^2$$



Kuva 15. Betonin leikkautuminen

Yhteen harjateräkseen siis kohdistuu 77,2 MPa leikkausvoima ottamatta huomioon muita tuentoja.

$\tau_{sallittu} = 95 \text{ MPa}$ , joten teoriassa rakenteen pitäisi kestää myös maksimirasituksella.

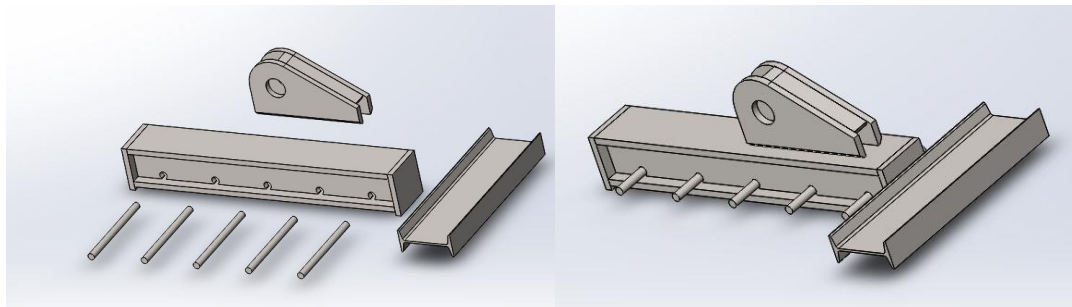
Tarkastellaan vielä betoniteräksen aiheuttama reunapuristusjännitys. Harjaterästä kohden voimaa on siis 78,6 kN ja harjateräksen syvyys on kerrosta kohden 250 mm.

$$\sigma_{betoni} = \frac{78,6 \cdot 10^3 \text{ N}}{36 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}} = 8,74 \text{ MPa}$$

8,74 MPa tulee siis betoniraudan aiheuttamaa reunapuristusta betonille. Se on n. 30 % nimellisestä lujuudesta, joten tarkempi tarkastelu voidaan ohittaa. Tältä osin voidaan todeta lattiarakenteiden ja sylinterinkorvakepalkin rajapintojen olevan kunnossa. Tässä tarkastelussa ei otettu huomioon konstruktion todellista kuormankantajaa joka on I300 palkki.

#### 4.10 Sylinterin kiinnityksen kokonaisrakenne

Palkki koostuu siis esihitsatusta kotelorakenteesta, poikittain olevasta I300-palkista, joka vastaanottaa sylinterin työntö- ja vetovoimat, läpimenevistä betonirauodoista, Ø36 mm ja sylinterin korvakeista jotka nekin valmistettiin uudelleen.



Kuva 16. Sylinterin kiinnitys (Petri Mäkelä)

#### 4.11 Yhteenveto

Kotelopalkille ei tarvita erikseen väsymistarkasteluita eikä jäyhyysmomenttiinsa nähden nurjahdustarkastelua, koska se sijaitsee betonivalun sisällä ja on muutenkin hyvin vahva rakenteeltaan. Staattisesti rakenne on täysin kestävä. Lisäksi betonille tuleva maksimipintapaine on minimoitu niin hyvin, että lujuusopillisesti kiinnitys on pitävä. Myös toteutus on tehty tarkasti ohjeita noudattaen.

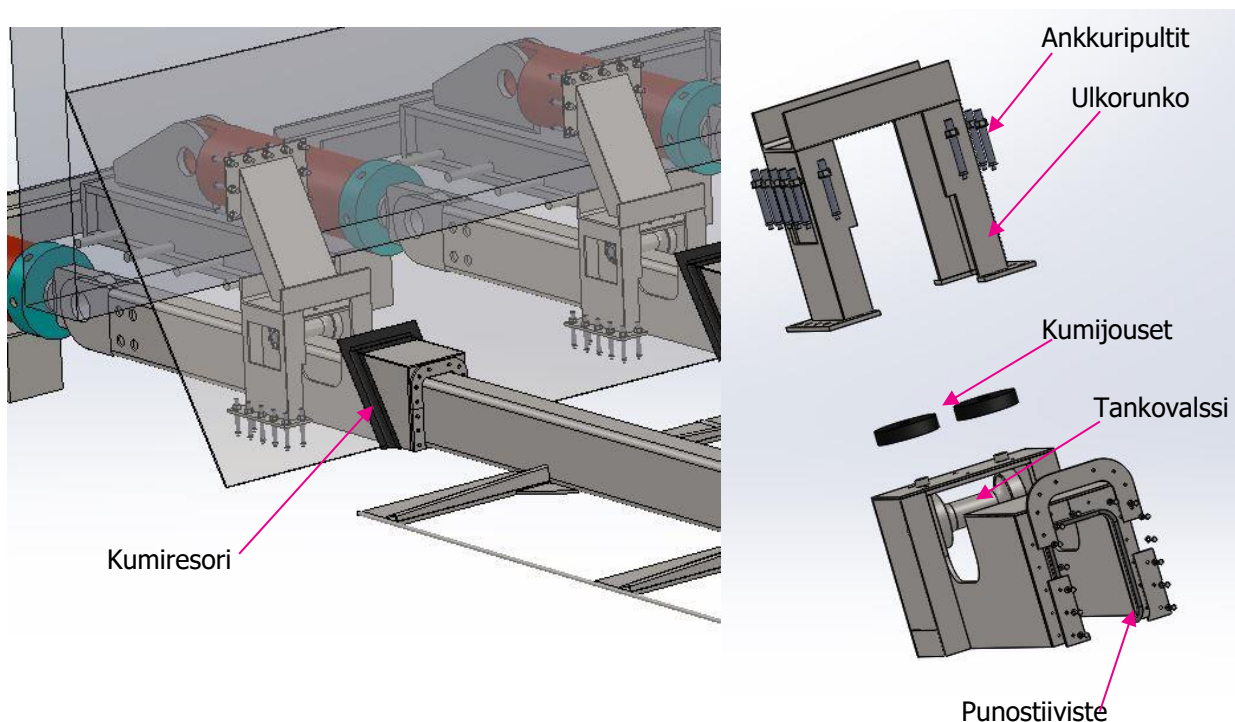


Kuva17. Sylinterin kiinnityksen asetettu paikalleen (Aarne Havukainen 2016-04-03)

## 5 TANKOPURKAIMIEN LÄPIVIENNIT KONEHUONEESEEN

Tankopurkaimet liikkuvat edestakaisin 600 mm mittaisella iskulla. Aina paluuliikkeen aikana konehuoneeseen tuli väliseinän aukotuksen kautta hienoa haketta. Läpiviennit oli tiivistetty leveillä kulutusmuovipaloilla, jotka kuluivat nopeasti niin väljiksi, ettei hieno puuhile pysynyt siilon puolella. (Laitosmies Markku Keronen, 2016)

Uusi tiiviimpi ratkaisu vaati paljon ideointia koska lineaariliikkeisiä suuria profiileita ei ole helppo tiivistää. Lopullisen konstruktio oli lopulta riittävän yksinkertainen ja edullinen toteuttaa. Ratkaisu on täysin ilman ennakkotapauksia kehitetty.



Kuva 18. Tankopurkaimen tiivistys konehuoneeseen (Petri Mäkelä)

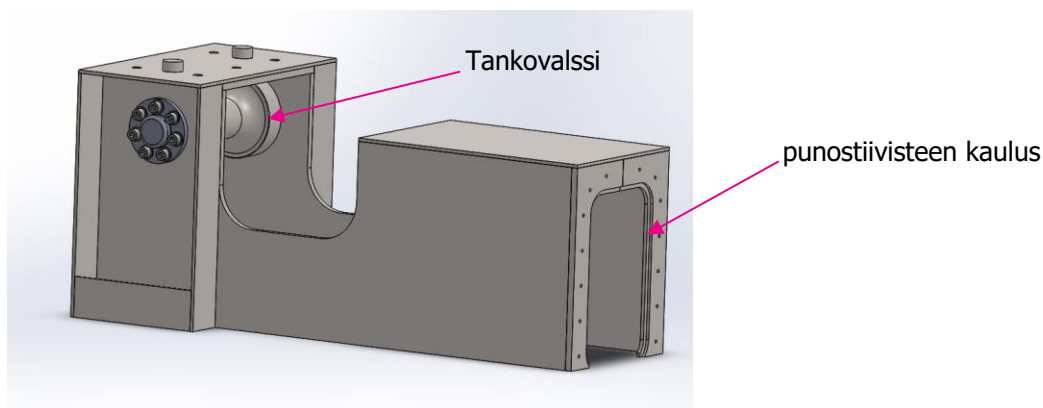
Ratkaisu on ns. uiva tiivistys. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tanko taipuu ja nousee tai kääntyy sivulle, tiivistysaukko antaa periksi tangon aiheuttaman liikkeen. Tankopurkain menee kauluksen läpi, jossa on tiivisteenä punostiiviste. Kaulus on sisärungossa kiinni, jonka toisessa päässä on kartiorulla-laakeroitu valssirulla yläpuolella joka taas pitää tankoa keskitetysti painettuna siilon lattiaa kohti. Kaulus taas on puristettu kiinni lattiaan erillisellä ulkorungolla ja välissä on styreenibutadienikumiset joustavat kumijouset. Kumilla halutaan suojata laakereita ja etupäässä olevaa punostiivistekaulusta. Tankojen väliin saattaa mennä haketta jolloin järjestelmä saattaisi mennä joko kokonaan jumiin tai vertikaalisuuntaiset voimat rikkoisivat laakeroinnin.

Ensimmäinen versio laakeroinnista olisi vaatinut sivuttaiset tukirullat ja päälle yhdet tukirullat. Nyt kokonaisuus toteutettiin yhdellä päällisellä rullalla, joka tukee tankoa myös sivuttaissuunnassa. Siilon takaseinässä on vinolevy jonka aukkojen läpi tankojen kaulukset menevät, ja nämä aukot on tiivistetty kumiresoreilla.

## 5.1 Lämpivientien sisärunko

Sisärunko on 5 mm:n ja 10 mm:n rakenneteräslevyosista hitsattu rakenne. Siihen kiinnitetään M10-ruuveilla ylävalssin laakeritapit ja toiseen päähän urajyrityillä laipoilla punostiiviste. Rakenteen suunnittelussa oli otettava huomioon laakerien helppo vaihdettavuus kesällä, kun siilo on hakkeesta tyhjennetty. Samoin punostiivisteen kauluksen toinen puoli voitiin hitsata vasta asennuspaikalla kiinni. Tankopurkaimen runko on neliöpalkkia 250x150x10, jossa on kulmapyöristyksiä takia kauluksen alapuolellakin oltava pyöristykset lattiatasoon asti. Tämä olisi estänyt valmiiksi hitsatun sisärungon asettamisen tankopurkaimen päälle. Tilanahtauden takia tankopurkaimet oli asennettava ensimmäisenä paikalleen.

Sisärungolle ei tehty erikseen lujustarkastelua. Valssien yläpuolelle tulevat kumijouset ottavat kuormituksia vastaan. Konstruktion heikoin osa on laakeri, jonka staattinen maksimikuorma on 63 kN. Tällainen rasitus tulee laakerille, jos tanko nousee n. 2,6 mm. Käytännössä näin ei pääse tapahtumaan.

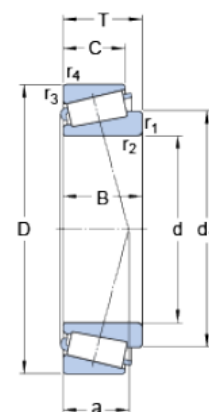


Kuva 19. Tankopurkaimen läpiviennin sisärunko

Punostiiviste on tavallinen neliöprofiilinen 12 X 12 mm hiilipohjainen grafiittipunostiiviste. (Aesseal mechanical seals & support systems). Tässä punostiiviste ei joudu lämpötilan osalta rasitukselle vaan ainoastaan edestakaiseen hankaavaan rasitukseen. Punostiiviste ei kierrä kokonaan tankoa koska tangon alapinta on suoraan kosketuksessa siilon pohjaa vasten. Tiivistys on kuitenkin täysin riittävä estämään puunpurun tulo konehuoneen puolelle. Asia on jo käytännössä todettu talven 2017 aikana.

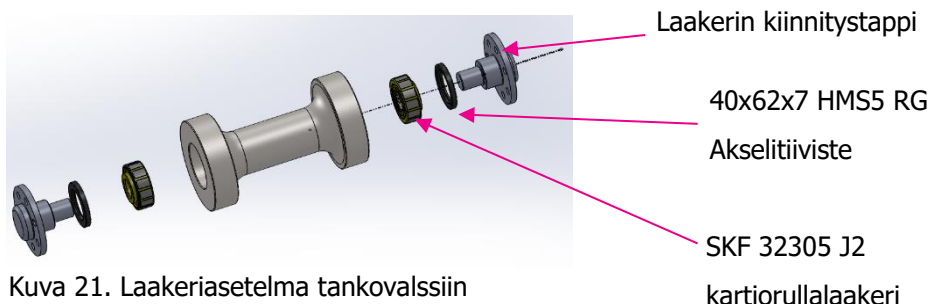
## 5.2 Lämpivientien laakerointi

Koska tankopurkaimelle suunniteltiin vain yksi yläpuolella oleva keskittävä ja tangon siilonpohjalla pakottava valssi, vaatii se laakereilta sekä horisontaalisten- että vertikaalisuuntaisten voimien kestoja. Kartiorullalaakerit, kuva 20, ovat tässä tapauksessa oikea valinta. Koska rakenteessa on kumijousitus, ei laakereiden tarvitse olla kovin massiiviset. Tangon ja siilonpohjan väliin voi kiilautua haketta jolloin laakerit voisivat joutua staattisesti suureen rasitukseen. Tanko saa nousta 2,6 mm ilman että laakerien staattinen kuorma nousee yli sallitun (Laskettu luvun lopussa). Käytännössä näin



Kuva 20. Laakeri (SKF)

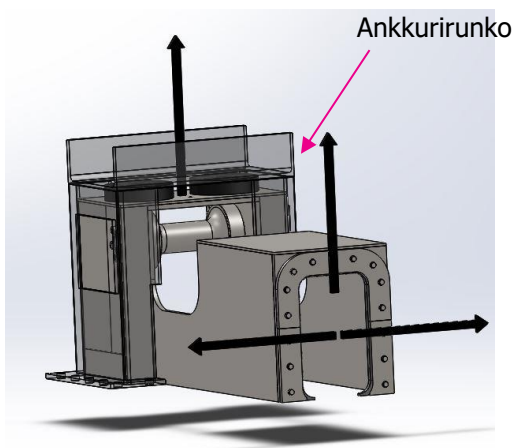
ei edes pääse tapahtumaan. Kartiorullalaakerit ovat SKF 32305 J2 tyyppiä (kuva 20). (SKF). Valssin koneistuksessa käytetään K6 sovitetta jolloin laakerin saa helposti pakotettua valssiin. Akselitapissa taas sovitteena oli k6, joka on helppo pakotussovite.



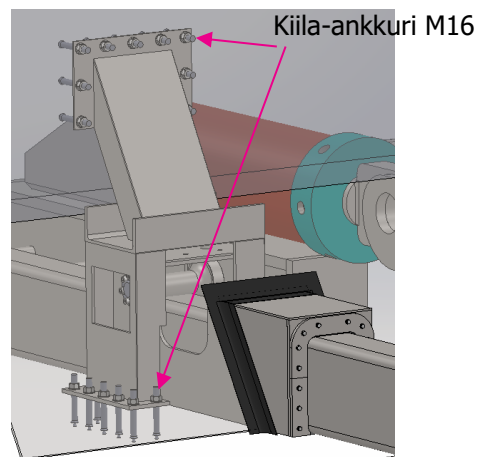
Kuva 21. Laakeriasetelma tankovalssiin

### 5.3 Lämpivientien ankkurointi

Laakerirunko on kiinni vain yläpäästään kahden kumijousen puristuksessa. Kumitallojen päällä on M16 kiila- ankkuripulteilla kiinni siilon lattiaan laitettu ankkurirunko, joka kuvassa on esitetty ”läpikäyvä” (kuva 22a). Kuvassa suuntavektorit osoittavat mihin suuntiin laakerirunko pääsee liikkumaan. Liikkeet ovat maksimissaankin vain muutaman millin luokkaa. Jousituksella pyritään pitämään rakenne ehjänä mahdollisista haitoista huolimatta. Ankkurirunko on aukotettu sivuilta, jos laakerointi on uusittava. Tämä tietysti vaatii lattiapulttauksen löystyttämisen mutta ei irrottamista. Ankkurirunko on lisäksi tuettu takaseinään vinotuilla ja tuki on samanlaisilla ankkureilla kiinni seinässä kuin on lattiasakin (kuva 22.).



Kuva 22a. Lämpiviennin ankkurointi.



Kuva 22b. Lämpiviennin ankkurointi.

Ankkurirunko on 14 kpl kiila- ankkurilla M16 kiinni lattiassa ja vinotuki on kiinni seinässä 9 kpl samanlaisilla kiila- ankkureilla (kuva 22b). Kiristys 120 Nm/ ankkuri. Jos lasketaan kahdelle laakerille maksimirasitus 2 x 63 kN niin ankkuri pitää huonoimmillaankin ”halkeilleessa betonissa” vetokuormalla 9,5 kN /kpl ja seinässä leikkausta voi olla 21 kN/kpl (Sormat, metalliankkurit ja kiinnikkeet).

$$Varmuus = \frac{F_{\text{ankkurin sieto}} \cdot n_{\text{ankkurien määrä}}}{\text{kokonaisvoima}} = \frac{9,5 \text{ kN} \cdot 23}{2 \cdot 63 \text{ kN}} = 1,7$$

Ankkurirungon voidaan katsoa olevan kiinni riittävän lujasti.

Kumijouset ovat halkaisijaltaan 140 mm ja niissä on keskitystappia varten 30 mm reikä.

Vahvuudeltaan ne ovat 30 mm ja aine SBR kumi. Tälle kumille ei varsinaisesti löydy kimmomoduulia mutta arvioiden se voisi olla luokkaa  $E = 50 \text{ Mpa}$ . Lasketaan puristuma kriittisellä voimalla 63 kN, minkä yksi laakeri kestää. Rakenteessa on kaksi laakeria ja kaksi kumijousta.

Sovelletaan kaavaa 1:

$$\frac{N}{A} = \varepsilon E$$

$$\varepsilon = \frac{N}{AE}$$

$$\varepsilon = \frac{63\,000\text{N}}{\frac{\pi((140\text{ mm})^2 - (30\text{ mm})^2)}{4} \cdot 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 85,79 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta L = \varepsilon L$$

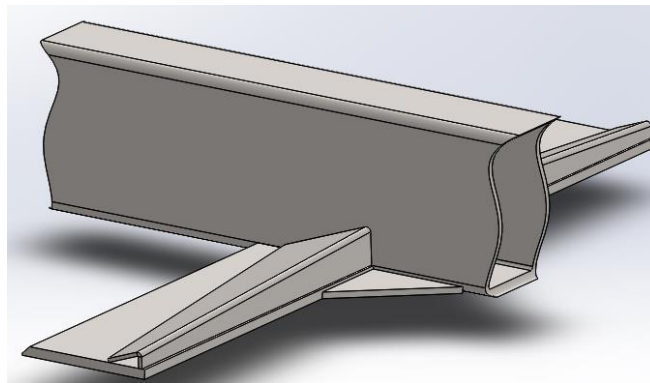
$$\Delta L = 85,79 \cdot 10^{-3} \cdot 30\text{ mm} = 2,6\text{ mm}$$

Luonnonkumeille on annettu kirjallisuudessa arvio kimmomoduulista  $< 0,05 \text{ GPa}$  ja SBR kumi taas on taulukkokirjassa muilta ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen materiaali luonnonkumin kanssa. Jousituksen voidaan katsoa olevan riittävä suojaamaan laakerointia sekä punostivistettä.



## 6 TANKOPURKAIN

Uudet tankopurkaimet tehtiin mallintamalla ne vanhojen tankopurkaimien pohjalta. Vanhoissa purkaimissa oli käytetty kolaväleinä pitkä väli, kaksi paria lyhyemmällä välillä ja taas pitkä väli. Nyt ne tilattiin tasaväleillä. (Laitosmies Markku Keronen 2016). Näissä tapauksissa on vaikeaa ottaa kantaa lujuusvaatimuksiin. Rakennusjätehakkeessa tulee monen laatuista romua mukana ja jos joku rautainen kappale kiilaa kahden tankopurkaimen väliin sopivasti, on se selvää, että rikkoontumista tapahtuu. Siksi jokakesäinen tankopurkaimien peruskorjaus on tarpeen.



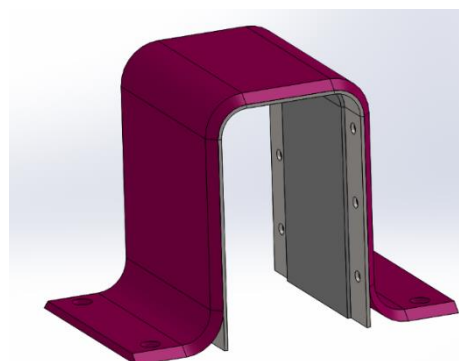
Kuva 23. Tankopurkain

Lopussa olevassa FEM- luvussa FEM- laskennassa laitettiin vaatimus, että kolan reunaan tulee 10 kN vastustava voima ja kolan tulee se kestää. Tämä tarkoittaa sitä, että väleihin kiilautuva puu halkeaa eikä riko rakennetta.

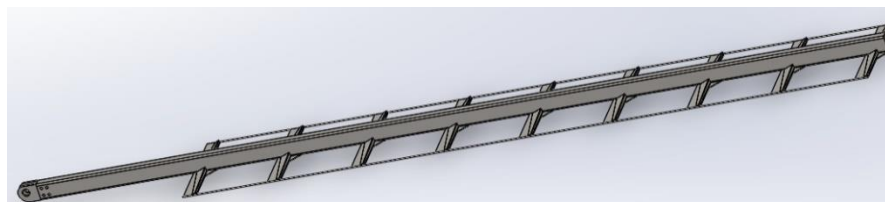
Tankopurkaimet tilattiin kahdessa osassa muutoin valmiina. Näin ne saatiin siilon pohjalle laskettua ja siellä hitsattua yhtenäisiksi. Kolien päihin hitsattiin 10 mm pyöröteräksestä yhdyslinjat estämään suurempien kappaleiden kiilautumista väleihin.

Tankopurkaimet vaativat linjassaan pitämistä. Tangon kokonaispituus sylinterin silmästä takareunaan on 12800 mm. Siksi tankolinjalla on kolme kappaletta linjassapitohenkseleitä.

Henkseli koostuu särmätystä 10 mm levyistä tehdystä rungosta, sisälle taivutetusta kulutusmuovista ja reunoille tulppahitsatuista muovin toppareista. Itse henkselit on hitsattu siilon 8 mm teräspohjaan kiinni. Henkselin runkopalat on polttoleikattu viisteille sen takia että hakkeen kulku olisi taattu ilman tarttuvia reunoja siilossa.

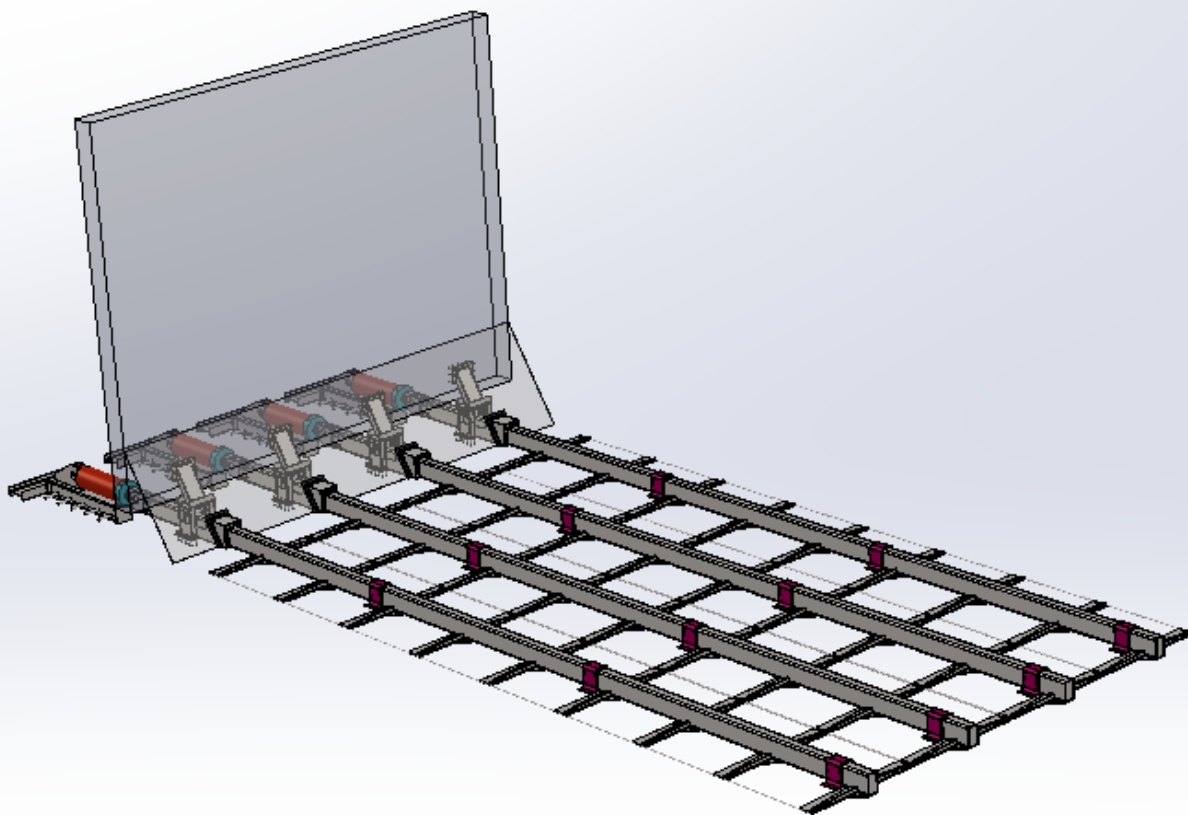


Kuva 24. Tankojen keskityshenkseli



Kuva 25. Valmis tankopurkain

## 7 HAKESIILO



Kuva 26. Hakesiilon kokonaisuus

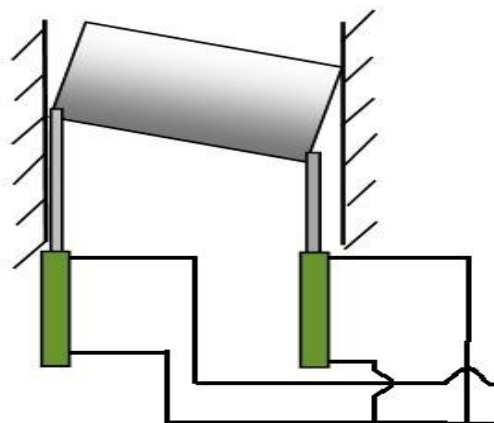
Kuvassa näkyy kokonaisuus ilman sivu- ja takaseiniä. Tankopurkaimia on neljä ja ne tekevät työkier-  
tonsa yksi kerrallaan. Kuvassa näkyy väliseinän takana olevat betonin sisään valetut sylinterikiinnit-  
timet, siilon puolella olevat läpivientirungot vinolevyn takana sekä tankopurkaimet. Hakesiilossa oli  
aikaisemmin betonilattia, ja purkaimien välissä oli I- palkit pitkittäin. Nyt siilon pohja levytettiin 8  
mm rakenneteräslevyillä. Tarkoituksena on pitää tankojen ja lattian pinta tasaisena parhaan mahdol-  
lisen toiminnan ylläpitämiseksi.



## 8 ARIMAX- KATTILAN HAKESYÖTIN

Hakesyötin on 1420 mm leveä, 720 mm pitkä ja 60 mm korkea teräksinen levy, joka syöttää kattilaan 600 mm pitkällä iskulla haketta, jonka hihnakuuljetin nostaa silosta ylös. Syöttimen toiminta on toteutettu kahdella hydraulisyylinterillä jotka ovat kiinnitetty syöttimen reunoihin. Hydraulisyylinterit ovat taas ihan normaalisti rinnankytkettyjä hydraulijärjestelmään. Tämä on hyvin yksinkertainen järjestelmä mutta siinä on yksi käytäntöä hankaloittava ominaisuus, joka korjattiin.

Syötin joutuu aika-ajoin ns. piironginlaatikkotilaan jolloin toinen reuna on toista edellä ja syötin juuttuu kiinni. Kuvassa 27 esitetään ilmiö liioitellusti. Toinen ongelma on neliötanko, joka on syöttimen tukena keskellä. Se kuluu puhki.



Kuva 27. Hakesyöttimen piironginlaatikko ilmiö (Petri Mäkelä)

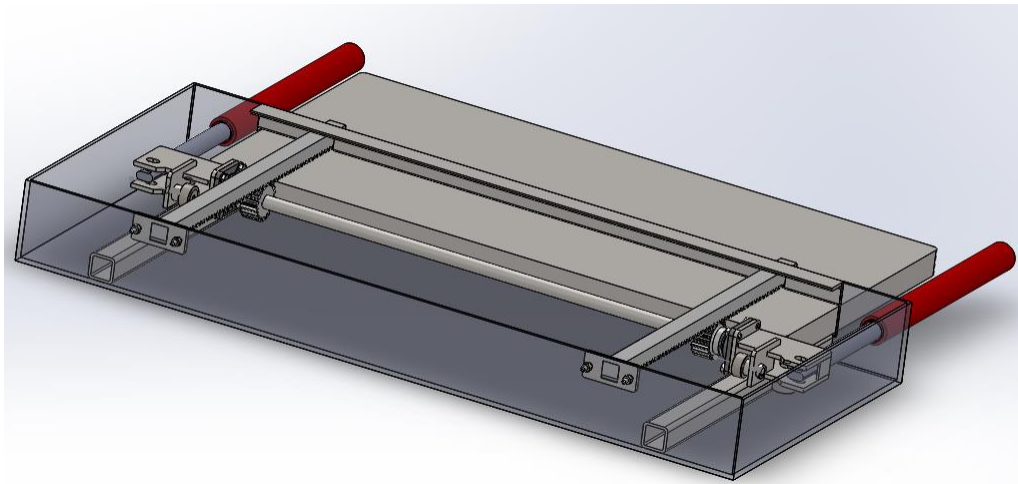
### 8.1 Syöttimen kulkemisen varmistaminen suoraan

Hydraulinen varmistus tasaiselle liikkeelle olisi vaatinut liian kalliin rakenteen, lähinnä mittasyylinterirakenteen, joten aloimme lähestyä ongelmaa eri suunnalta. Oheisessa kuvassa nähdään syöttölaatikko, jossa on sylinterit kiinni ja hakesyöttö tapahtuu sylinterin paluuliikkeellä. Syöttimen keskellä nähdään tukikisko, joka on pahasti kulunut ja osittain varmasti osasyy syöttimen huonoon toimintaan.



Kuva 28. Hakesyöttimen lähtötilanne (Petri Mäkelä)

Vastaavia tapauksia on parannettu mekaanisella ratkaisulla. Syöttimen molemmille reunoille asennetaan hammastangot ja itse syöttimeen laakeroidaan akseli, jonka päissä on hammasrattaat. Tämä ratkaisu pakottaa syöttimen kulkemaan suorassa. Ratkaisu antaisi mahdollisuuden jopa vain yhdelle käyttösylinterille, jos rakennetta kehitettäisiin kokonaan uudelleen. Lopullinen ratkaisu on kuvan 29 kaltainen.

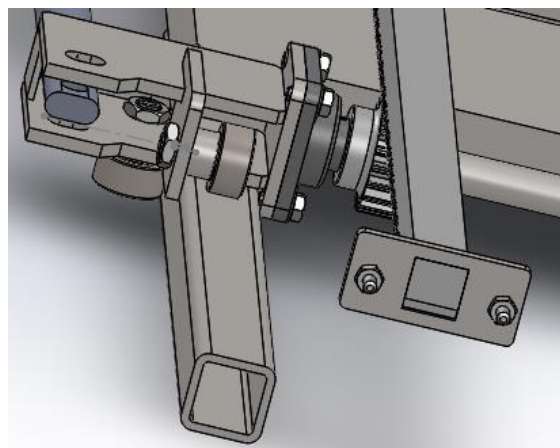


Kuva 29. Syöttimen uusi asettelu mekanismeineen. (Petri Mäkelä)

Vanha syötinlaatikko pidettiin ennallaan kansineen ja syötinlevyineen mutta kaikki muu syötinlaatikon sisällä uusittiin. Alapuolella olevat tukitangot ovat nyt molemmilla sivuilla ja niitä vasten on juoksupyörät ottamassa kuormaa vastaan ja sivuilla varmistamassa omalta osaltaan jouheaa kulkemista (kuva 29). Hammastangot tulivat rakennelman yläpuolelle. Hammastanko ja hammaspyörät ovat SKS toimituksia ja laakerit ja juoksupyörät SKF.

- Ham.ratas Mod4 Z20 214020 SKS
- Ham.tanko Mod4 C40 40x40 Mod4 SKS
- Cam followers KR 52 PPA 2 SKF
- Bearing unit FY 30 TF/VA228 2 SKF

Laakereilla on korotetun lämpötilan kesto (250°C) Järjestelmään on integroitu springler mahdollisen jäädyttämisen takia, jos järjestelmän lämpötila nousee liiaksi. Kuvassa 31 järjestelmä asennettuna paikalleen.



Kuva 30. (Petri Mäkelä)



Kuva 31. Uusi mekanismi asennettuna (Petri Mäkelä)

## 8.2 Akselin lujuustarkastelu

Tarkasteltaessa akselin maksimaalista rasitusta jossa toisen puolen sylinteri on jäljessä toisesta ja toinen sylinteri työntää koko voimalla. Silloin tilanne on seuraava

$$p = 60\text{bar} = 6 \text{ N/mm}^2$$

Momenttivarsi on hammasrattaan säde = 40mm

$$\text{Sylinterin ala} = \frac{\pi \cdot (50\text{mm})^2}{4} \approx 1964\text{mm}^2$$

$$M = p \cdot A \cdot r$$

$$M = 6 \text{ N/mm}^2 \cdot 1964\text{mm}^2 \cdot 40\text{mm} = 471360\text{Nmm}$$

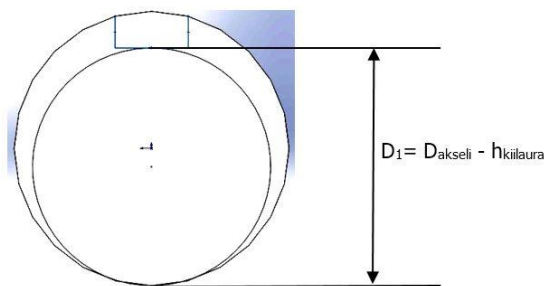
$$r_{\text{akseli}} = 15 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot M}{\pi \cdot r_{\text{akseli}}^3}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 471360\text{Nmm}}{\pi \cdot (15\text{mm})^3}$$

$$\tau = 89\text{MPa}$$

Kiilauran takia staattinen vääntöjännitys voidaan käsitellä seuraavasti



Kuva 32. Kiilauran aiheuttama vähennys kuorituspinta-alassa (Petri Mäkelä)

$$D_1 = 30\text{mm} - 4\text{mm} = 26\text{mm}, \quad r_1 = 13\text{mm}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 471360\text{Nmm}}{\pi \cdot (13\text{mm})^3} = 137 \text{ MPa}$$

Teräksen S355J0  $R_m = 490 \text{ MPa}$

$$\tau_{\text{sall}} = 0,6 \frac{R_m}{n} = 0,6 \cdot \frac{490 \text{ MPa}}{1,5} = 196 \text{ MPa}$$

Siis  $137 \text{ MPa} < 196 \text{ MPa}$ , joten teoreettisen maksimitapauksen suhteen akseli kestää.

Tutkitaan vielä väsyttävä vaikutus.

Syötin painaa n. 560 kg. Teräksen lepokitkakerroin on 0,15. oletetaan että syöttimen toisessa reu-  
nassa on 1 kN vastus joka aiheuttaa sylintereissä myös liike-eron jonka takia akseli joutuu suunta-  
synkronoinnissa lujille. Tällöin voidaan laskea työnnön aiheuttama momentti akselille

$$M_{työ} = r_{ratas} \cdot \sum F$$

$$M_{työ} = 40mm \cdot (560kg \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,15 + 1000N)$$

$$= 72962Nmm$$

$$M_{palu} = -\left(40mm \cdot (560kg \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,15)\right) = -32962Nmm$$

$$M_{vm} = \frac{M_{työ} + M_{palu}}{2} = \frac{72962 Nmm + (-32962Nmm)}{2}$$

$$= 20000Nmm$$

$$M_{va} = \frac{M_{työ} - M_{palu}}{2} = \frac{72962 Nmm - (-32962Nmm)}{2}$$

$$= 52962Nmm$$

Käytetään Söderbergin kaavaa pelkälle väännölle

$$D_{akseli} = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \cdot \left(\frac{M_{vm}}{R_e} + K_{ft} \frac{M_{va}}{\sigma_{tw}}\right)} \quad (30)$$

missä  $R_e$ ,  $\sigma_{tw}$  teräkselle S355J0 on:

|               |  |
|---------------|--|
| $R_e$         | 380 MPa  |
| $\sigma_{tw}$ | 260 MPa  |
| $n$           | 1,5 (varmuusluku)  |
| $K_{ft}$      | 2,3 (tappijyrsimellä tehdyn kiilauran lovenvaikutusluku) |

$$D_{akseli} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \left(\frac{20000Nmm}{380 N/mm^2} + 2,3 \cdot \frac{52962 Nmm}{260 N/mm^2}\right)} = 20,0 mm$$

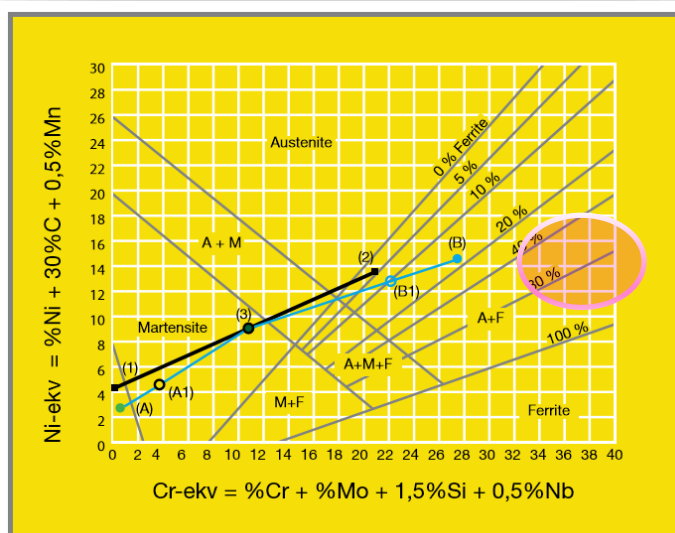
Väsymisen suhteen siis 20 mm vahvuinen akseli olisi kestänyt. Olemme valinneet 30 mm akselin. Käytännössä tällaista rasitusta ei edes pääse syntymään, joten voimme olettaa, että akseli kestää väsymättä. Suurin kuluminen tapahtuukin hammaspyörälle ja laakereille hakekattilan palotilasta tulevan lämmön takia. (Söderbergin laskentamenetelmä, KOS 2003, (A) Teoria: Airila, Ekman, Hautala jne. 2003. Koneenosien suunnittelu, 326 - 327.)

## 9 EKOPOINT KATTILAN TUHKAKAUKALON HELMAT

Vanhemman hakekattilan helmaosat olivat ruostuneet läpikotaisin eikä paikkaus enää riittänyt korjaustoimenpiteeksi. Tähän kohteeseen tehtiin rajaus, jonka perusteella mitattiin ja mallinnettiin uuden helmaosan kokonaisuus. Uuden helmaosan kokonaisuus mallinnettiin ja levyosat suunniteltiin ostettujen AISI 316L levyjen mukaan. Vanha helma oli 6 mm rakenneteräksestä tehty. Uusi helma päätettiin tehdä haponkestävästä teräksestä ja 3 mm ainevahvuudesta. Koska ostettu materiaali ei ollut tehdaskoko levyä, vaan eri kokoisia arkkeja, numeroitiin jokainen levy ja helman jokainen osa mitoitettiin saatavilla olevien levyarkkien mukaan.

### 9.1 Eripariliitoksien hitsaaminen

Usein tulee tarve liittää hitsaamalla seostamaton tai niukkaseosteista terästä austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen, esim. S355/AISI 316. Tällaisia liitoksia kutsutaan usein musta/ruostumaton-eripariliitoksiksi. Nämä liitokset on helppo tehdä hitsaamalla, kun lisäaine valitaan oikein. Lisäaineet ovat ns. yliseostettuja ruostumattomia lisäaineita, joiden hitsiaine sekoittuessaan "mustan" teräksen kanssa jää "laimistumisesta" huolimatta sitkeäksi austeniittiseksi tai austeniittis-ferriittiseksi hitsiaineksi. Lisäaineen valinnassa voidaan käyttää apuna Schaeffler-diagrammia, jonka avulla voidaan päätellä hitsiaineen mikrorakenne.



Schaeffler-kuvio:

- (1) seostamaton teräs S355
- (2) ruostumaton teräs AISI 316L
- (3) eriparihitsiaine hitsattuna ilman lisäainetta
- (A) seostamaton puikko OK 48.00
- (A1) sen eriparihitsiaine
- (B) yliseostettu puikko OK 67.70
- (B1) sen eriparihitsiaine.

Kuvio 3. Schaeffer kuvio (Esab korjaus- ja kunnossapitohitsaus)

Eripariliitosten hitsauslisäaineet.

Lisäaineet ovat erilaisia runsaasti seostettuja (ns. yliseostettuja) ruostumattomia lisäaineita.

18%Cr-8%Ni-6%Mn

- Mn-yliseostettu (AWS 307)
  - OK 67.45
  - OK Autrod/Tigrod 16.95
  - OK Tubrod 14.37
  - OK Tubrodur 14.71

23%Cr-13%Ni

- CrNi-yliseostettu (AWS 309L)
  - OK 67.60
  - OK Autrod/OK Tigrod 309LSi
  - Shield-Bright 309L, 309 X-tra

23%Cr-13%Ni-3%Mo

- Cr-Ni-yliseostettu (AWS 309MoL)
  - OK 67.70
  - OK Autrod/OK Tigrod 309MoL
  - Shield-Bright 309MoL X-tra

Ni-valtainen seos

- kuumalujan CrMo-teräksen ja ruostumattoman teräksen eripariliitos (korkeat lämpötilat)
  - OK 92.26 OK Autrod/Tigrod 19.85

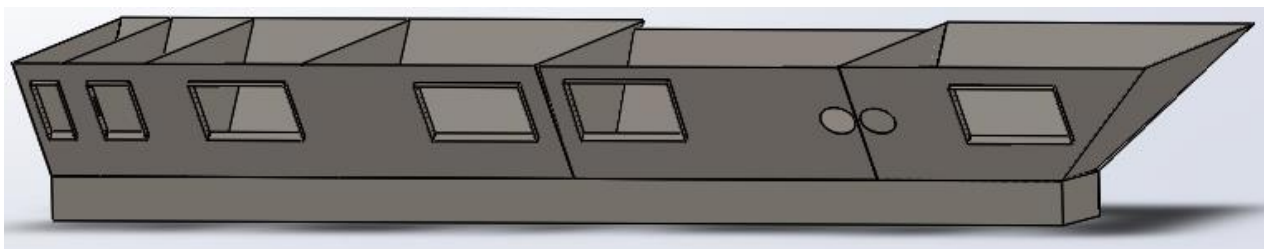
(Esab, kunnossapitohitsaus).

Asiaa käsitelty myös Suomen hitsausteknillinen yhdistys ry. 2004. Hitsauksen materiaalioppi. Oriveden kirjapaino.

Koska hitsaus tehtiin MAG hitsauksena, lisäaineeksi valittiin OK Autrod 309 LSi ja suojakaasuksi seoskaasu M12. Näin liitos on laimistunut austeniittinen kiderakenteeltaan.

## 9.2 Helman mallinnus ja toteutus

Helman mittaamiseen käytettiin yksi työpäivä. Ensin mallinnettiin kokonaisuus äärimittojen suhteen ja sisällä olevien väliseinien suhteen. Tämän jälkeen kokonaisuus jaettiin yksittäisiksi levyosiksi. Työn aikana selvisi, että levyosia ei kannata teettää valmiiksi koska sovitustöitä olisi kuitenkin tullut runsaasti. Työkuvista otettiin suuret linjat, mutta jokainen levyosa leikattiin käsiplasmalla mittaansa työn edetessä. Kuvassa 33 näkyvät aukot ovat nuohousaukkoja joita ei remontin yhteydessä tehty vaan ne leikataan auki ensimmäisen seisokin aikana ja niihin rakennetaan luukut. Pyöreät aukot ovat ilmanvaihtoputkistoja varten.

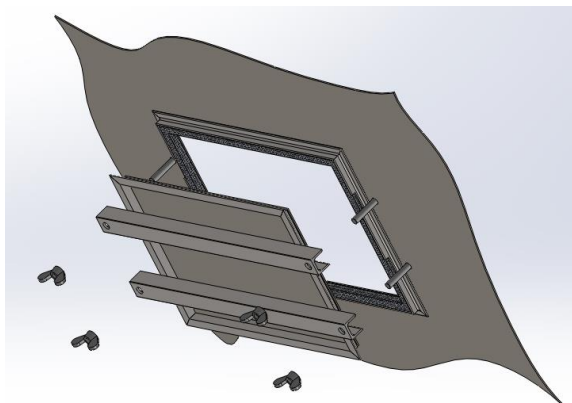


Kuva 33. Helman kokonaisuus (Petri Mäkelä)

### 9.3 Nuohousluukut

Nuohousluukuista (kuva 34) pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertaiset. Niiden on oltava tiiviitä, joten niiden jäykkyysominaisuudet on oltava riittävät. Tiivistyksestä vastaa 20 x 20 punostii-viste (hiili – grafiitti) (Aesseal) ja luukut kiinnitetään yksinkertaisesti siipimuttereilla. Jäykkyys saadaan luukulle käyttämällä kulmarautaprofiilia runkona. Peitepintana käytetään irti leikattua osaa helmasta.

Yksi vaatimus nuohousluukulle on olla helman sisäpuolella muun seinämäosan kanssa tasalla. Sisäpinoille kertyy helposti noesta jäämiä, jos tartuntapintoja tai hyllymäisiä muotoja siellä esiintyy.



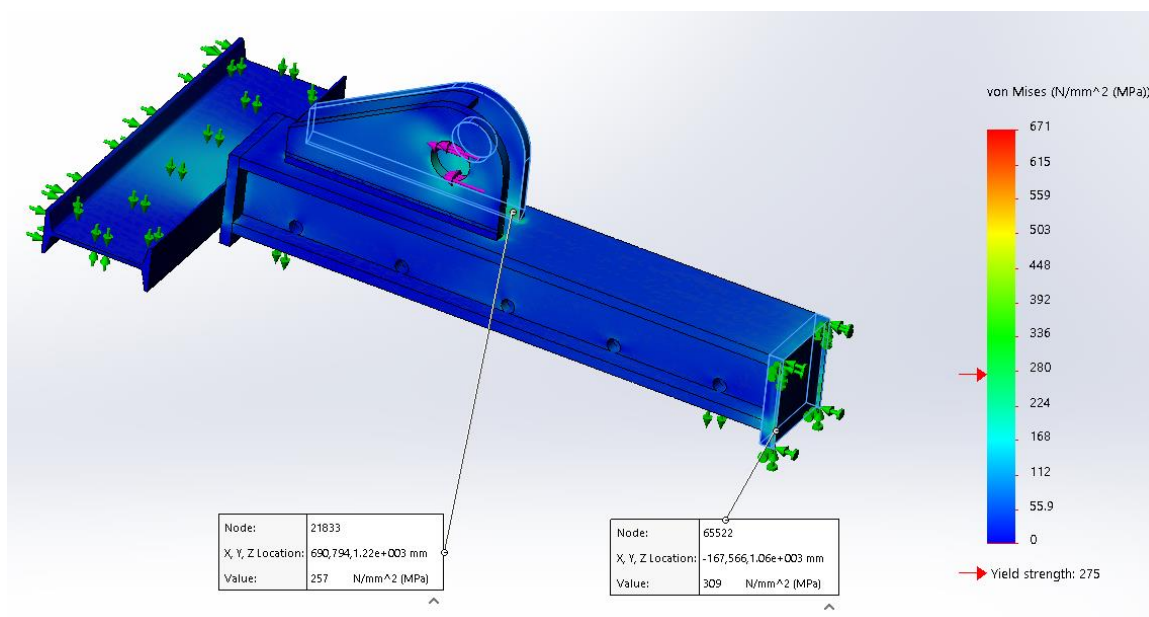
Kuva 34. Nuohousluukku.

## 10 KRIITTISTEN KOHTEIDEN FEM-TARKASTELU

Solidworks ohjelmassa on FEM- osa olemassa ja sillä tehtiin muutamalle komponentille FEM- analyysi. Sylinterin kiinnitykselle tehtiin analyysi teoreettisilla maksimivoimilla, ja tankopurkaimen kolalle laitettiin vaatimukseksi 10 kN mutta tulokset esitellään 20 kN rasituksilla koska FEM näytyi rakenteen kestävän senkin. Tankopurkaimen kolarauta repeää irti, jos joku kiinteä este sen eteen tulee. Näin ei pitäisi olla mutta koska Kuusankoski Oy:n rakennusjättehakkeessa saattaa olla mitä tahansa joukossa, voi teoriassa näinkin käydä. Puset esteet katsotaan halkeavan, jos sellaisia tulee eteen. Tässä esitetyt mallit ovat suuntaa antavia mutta riittävät tähän tarkoitukseen. Teoriapohjana on käytetty Tatu Westerlundin kurssimateriaaleja.

### 10.1 Tankopurkaimen käyttösylinterin kiinnitys

Tässä tehtiin tarkastelu sekä työliikkeelle (max. voima 754 kN) ja paluuliikkeelle (max. voima 540 kN). Sylinterin kiinnittimestä tehtiin yhtenäinen kappale (part) ja turhia yksityiskohtia karsittiin. Kuva 35.

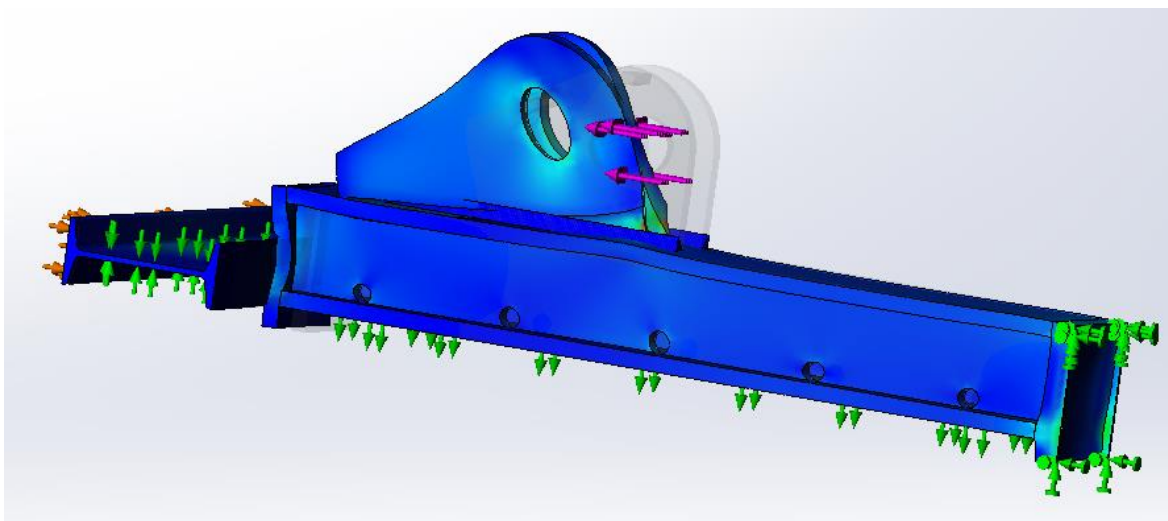


Kuva 35. Jännitykset maksimirasituksella työsuuntaan. (Solidworks simulation)

I-palkki on valun sisällä ja sille on määrätty pintojen normaalia vastaan kohtisuora tuki. Toinen puoli on hitsattu palkkiin kiinni ja siihen on määrätty kiinteä kiinnitys. Maksimaalisella kuormituksella kiinnityksen alalaidassa on jopa 309 Mpa jännitys. Sylinterin korvake jää vajaaseen 260 Mpa. Analyysissä jäädään alle ylemmän myötörajan. Reunakohdilla esiintyy jopa 671 Mpa jännityksiä mutta FEM- analyysissä reunakohdat eivät ole päteviä mittauskohtia tiettyjen matemaattisten epäjatkuvuuksien takia.

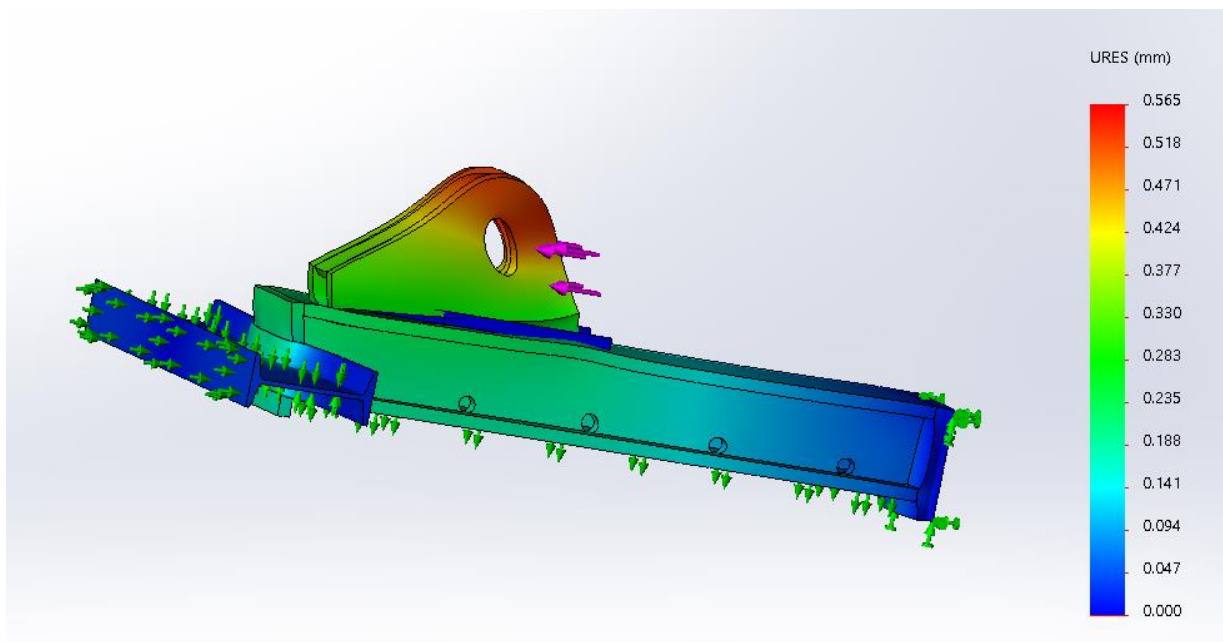


Kuvassa 36 nähdään liioitellusti, miten kiinnike taipuu jännityksien voimasta.



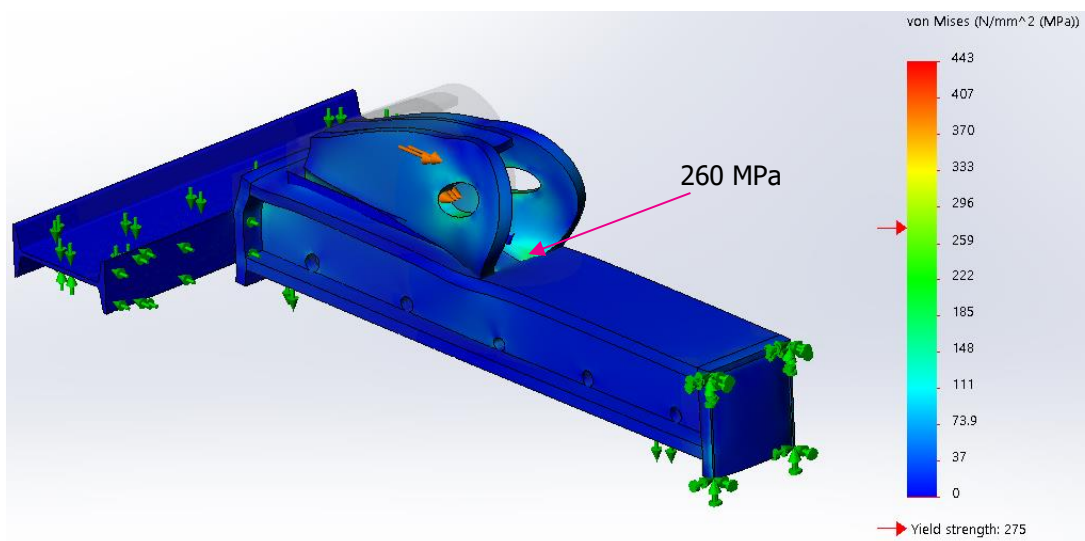
Kuva 36. Muodonmuutokset liioitellusti esitettyinä. (Solidworks simulation)

Kuvassa 37 on esitetty siirtymät maksimikuormalla. Korvakkeen yläreuna siirtyy tämän mukaan n. 0,5 mm – 0,6 mm maksimissaan.



Kuva 37. Maksimisiirtymät. (Solidworks simulation)

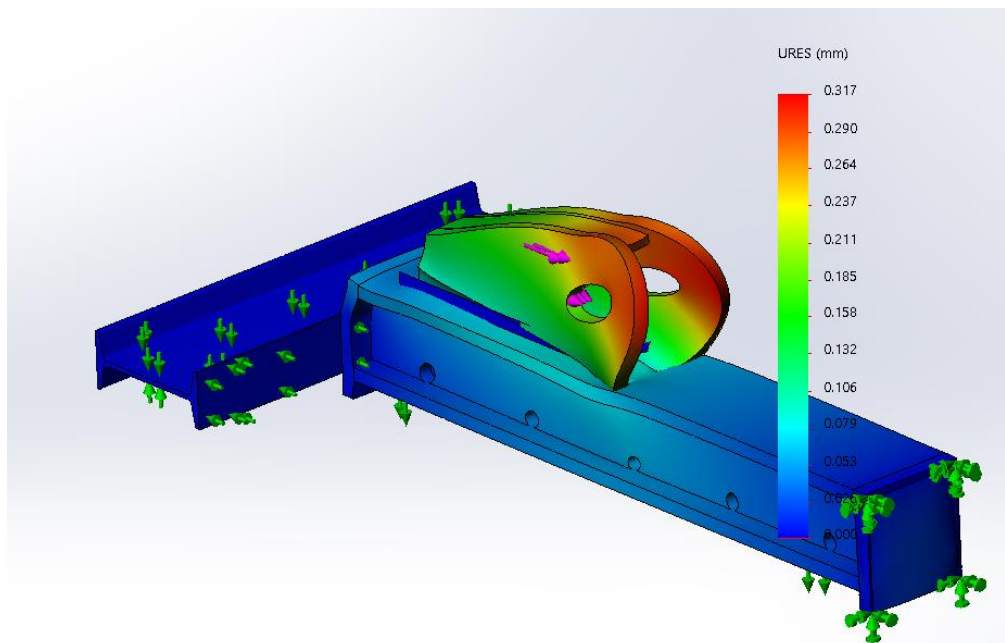
Kuvassa 38 esitellään paluuliikkeen maksimaaliset rasitukset.



Kuva 38. Maksirasitukset (Solidworks simulation)

Kriittisin alue oletustikin on korvakkeen reuna minkä tämän osoitti FEM- analyysikin. Jännityksenä 260 MPa ei kuitenkaan ole kriittinen. Korvakkeen yläreuna siirtyy 0,3 mm maksimirasituksella.

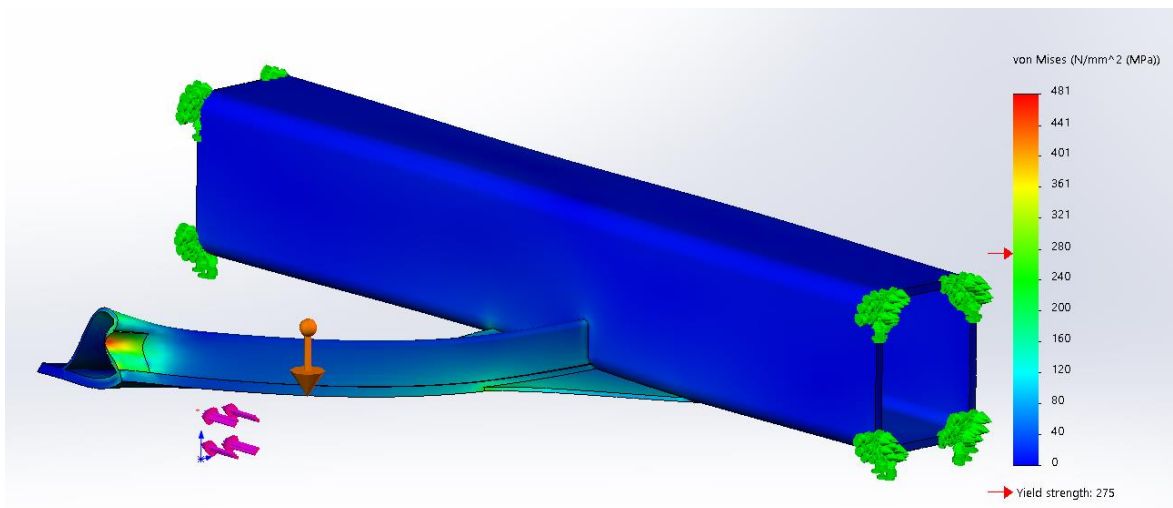
Paluuliikkeen maksimirasitusten siirtymät kuvassa 39.



Kuva 39. Maksimisiirtymät (Solidworks simulation)

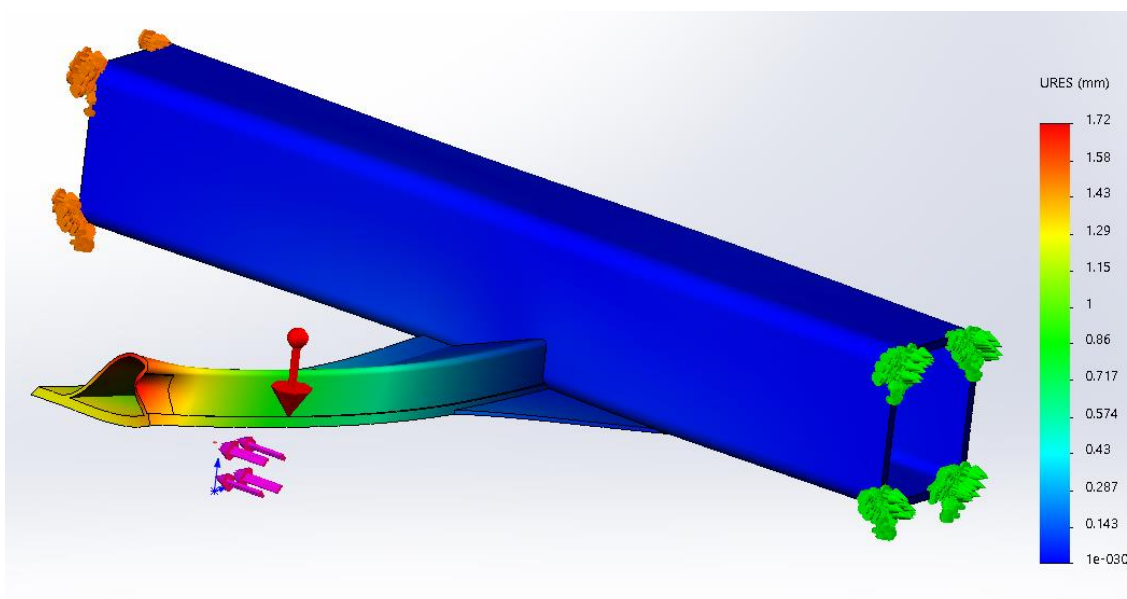
## 10.2 Tankopurkaimen kolan kiinnitys ja kesto

Myös hakekolan kohdalla mallinnettiin oma FEM- laskentaan soveltuva kappale. Mm. kolmiotukipala mallinnettiin hitsauksen mukaan. Alkuperäinen vaatimus oli, että rakenne kestää 10 kN voimat mutta FEM- analyysin mukaan 20 kN antaa myös kestävän tuloksen rakenteelle. Kuvassa 40 jännitykset.



Kuva 40. Maksimijännitykset 20 kN voiman vaikuttaessa kolan päähän. (Solidworks simulation)

Kuvassa 41 maksimisiirtymät kun 20 kN voima vaikuttaa kolan päähän. Kolan pää on taipunut jopa 1,7 mm alkutilastaan. Silti ei olla vielä plastisella alueella.



Kuva 41. Maksimisiirtymät (Solidworks simulation)

## 11 YHTEENVETO

Työssä tehdyt mittaukset ja suunnittelu tehtiin kolmessa osassa. Tammikuussa 2016 aloitettiin tankopurkaimien käyttösylinterien kiinnityksen ratkaiseminen. Irronnut sylinteri kiinnitettiin helmikuun aikana. Muut kolme sylinteriä tullaan kiinnittämään samalla tekniikalla kesällä 2017, jolloin konehuone on poissa käytöstä ja lattiaan voi piikata suuremmat aukot ankkurirungoille.

Samalla helmikuun aikana mallinnettiin uudet tankopurkaimien tangot, jotka teetettiin Varkaudessa.

Toukokuussa 2016 alettiin suunnitella tankopurkaimien uusia läpivientejä, joiden rakenne on suhteellisen vaativia. Suunnittelulle ei ollut mitään ennakkotapausta, joten kyseessä on uusi ratkaisu.

Kesällä uusittiin myös Arimax kattilan hakesyöttimen koneistoa niin että se toimii jouheasti.

Syksyllä mallinnettiin Ekopoint- kattilan helmat ja projekti päättyi marraskuun lopussa. Tämän jälkeen alkoi tämän projektin raportointi.

Viimeisimmässä yhteydenotossa Heinäveden Aluelämpö OY: öön tiedustelin laitoksen toiminnasta eikä uudistuksissa ole havaittu yrityksen mukaan minkäänlaisia toimintahäiriöitä, joten projektin voidaan katsoa onnistuneen hyvin. Myös vertailu erillisten alihankkijoiden tekemiin peruskorjaustarjouksiin verrattuna talon sisäisesti tehtyyn työhön, budjetti alittui reilusti. Taloustarkastelu ei ollut tämän opinnäytetyön tarkoitus. Allekirjoittanut toimitti työkuvat ja tilauslistat, joiden pohjalta hankintavastava teki tarjouskilpailutuksen ja lopputilaukset.

Kaikkiaan työ oli haastava ja monipuolinen. Tässä opinnäytetyössä sain soveltaa tuotekehityspanoksen koneenrakennukseen perehdytettävien kurssien oppeja. Konstruointi ja lukuuslaskenta olivat tässä työssä ensisijaiset vaatimukset. Työ oli opettava ja perehdytti tekijää syvemmälle oman vahvuusalueen saralla.

## LÄHTEET

Aesseal, seals [verkkoaineisto, tiivistetoimittajan verkkosivusto]

Saatavissa: <http://www.aesseal.com/en/product/gland-packing/trapezoid-packing/style-275-tp>

Airila, Ekman, Hautala jne. 2003. Koneenosien suunnittelu. Sanoma Pro Oy Helsinki

ESAB, hitsauslisäaineet [verkkoaineisto, valmistajan verkkosivut]

Saatavissa: <http://www.esab.fi/fi/fi/products/index.cfm?fuseaction=home.product&productCode=410996>

Esab, Korjaus- ja kunnossapitohitsaus [verkkomateriaali]

Saatavissa: [http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/korjaus\\_ja\\_kunnossapitohitsaus.pdf](http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/korjaus_ja_kunnossapitohitsaus.pdf)

Finney, Weir, Giordano 2001. Thoma's Calculus. Tenth edition. USA

Havukainen, Juhani, elk. oleva Aluelämpö Oy:n toimitusjohtaja (Haastattelu)

Niemi, Erkki 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Painatuskeskus Oy Helsinki

Salmi, Tapio 2010. Lujuusoppi. Klingendahl kirjapaino Oy Tampere

SFS-EN 1993-1-8. EUROCODE 3. TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. OSA 1-8: LIITOSTEN MITOITUS

SFS-EN 1993-1-9. EUROCODE 3: TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. OSA 1-9: VÄSYMINEN

SFS-EN 22553. HITSAUSLIITOKSET JA JUOTOKSET. MERKINNÄT PIIRUSTUKSIIN

SKF- verkkosivut [verkkoaineisto]

Saatavissa: <http://www.skf.com/fi/index.html>

[http://www.sks.fi/www/sivut/4A278A80F63BE14AC2257B7A0019F197/\\$FILE/hammaspyorat\\_tangot\\_1107642\\_06.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/4A278A80F63BE14AC2257B7A0019F197/$FILE/hammaspyorat_tangot_1107642_06.pdf)

SKS mekaniikka, Hammaspyörät ja kartiohammaspyörät [verkkoaineisto]

Saatavissa: [http://www.sks.fi/www/sivut/4A278A80F63BE14AC2257B7A0019F197/\\$FILE/hammaspyorat\\_tangot\\_1107642\\_06.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/4A278A80F63BE14AC2257B7A0019F197/$FILE/hammaspyorat_tangot_1107642_06.pdf)

Sormat, verkkosivut, metalliankkurit ja kiinnikkeet [verkkoaineisto]

Saatavissa: <http://www2.sormat.com/fi/tuotesivu.html?mgid=1&pid=1>

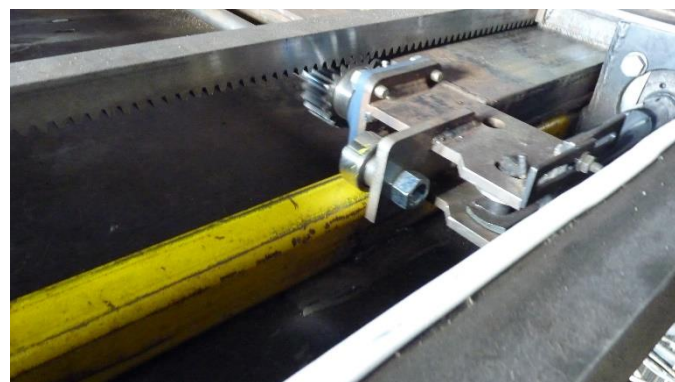
Suomen hitsausteknillinen yhdistys ry. 2004. Hitsauksen materiaalioppi. Oriveden kirjapaino

Teräsrakenneyhdistys ry 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus

Valtaven, Esko 2010. Tekniikan taulukkokirja. Genesis- Kirjat Oy Mikkeli



## LIITE 1: VALOKUVIA TÖIDEN EDISTYMISESTÄ









## LIITE 2: OSATILAUSLISTAT

## TILAUKSET

## Sylinterin kiinnitys

| Osa              | Piirno       | kpl/kokonaisuus |
|------------------|--------------|-----------------|
| Päätylappu       | 27012016-03  | 2               |
| Pystyrauta       | 27012016-02  | 2               |
| Vaakarauta       | 27012016-01  | 2               |
| Harjateräs       | D36          | n. 3000 mm      |
| I300             | I300 x 1000  | 1000 mm         |
| Sylint.korva_vas | 27012016-12v | 1               |
| Sylint.korva_oik | 27012016-12o | 1               |

## Hitsauskuvat:

- 27012016-10
- 27012016-11

## Siilon läpivientien ja laakeroinnin osaluettelot 25.7.2016

### Laakerointiyksikkö

| Osanumero       | Osanimike             | puoli | Valmistustekniikka   | yksikkö | Kpl. | yht. | yks.          | Kpl. M | kok m |
|-----------------|-----------------------|-------|----------------------|---------|------|------|---------------|--------|-------|
| lapivienti_001  | Runko_sivu            | V/O   | Vesileike/koneistus  |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 17,20  | 137,6 |
| lapivienti_002  | Runko_katto1          | ylä   | Levyleikkuri         |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 4,10   | 16,4  |
| lapivienti_003  | Runkojäykiste         | V/O   | Vesileike/laserleike |         | 4    | 4    | <u>16</u> kpl | 0,80   | 12,8  |
| lapivienti_004  | Ylätyttöpala          | ylä   | Vesileike/laserleike |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 3,70   | 14,8  |
| lapivienti_005  | Runko_katto2          | ylä   | Vesileike/laserleike |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 3,00   | 12    |
| lapivienti_006  | Alajäykiste           | V/O   | Vesileike/laserleike |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,50   | 4     |
| lapivienti_007  | Kumipidin             | Ylä   | sahaus pyörötangosta |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,10   | 0,8   |
| lapivienti_008  | Tiiv.kaulus_vas       | V     | Vesileike/laserleike |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 1,30   | 5,2   |
| lapivienti_009  | Tiiv.kaulus_oik       | O     | Vesileike/laserleike |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 1,30   | 5,2   |
| lapivienti_010  | Tankovalssi           |       | Sorvaus              |         | 1    | 4    | <u>4</u> kpl  | 8,10   | 32,4  |
| lapivienti_011  | Laakeritappi          | V/O   | Sorvaus/koneistus    |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,10   | 0,8   |
| lapivienti_012  | Kumijousi             | Ylä   | Tilaustuote          |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,40   | 3,2   |
| 32305 J2        | SKF-kartiolaakeri     | V/O   | Tilaustuote          |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,35   | 2,8   |
| 40x62x7 HMS5 RG | SKF tiiviste          | V/O   | Tilaustuote          |         | 2    | 4    | <u>8</u> kpl  | 0,05   | 0,4   |
| DIN125-A        | Aluslaatta A10        | V/O   | Tilaustuote          |         | 14   | 4    | <u>56</u> kpl | 0,00   | 0,056 |
| DIN933          | Kuusioruuvi<br>M10x20 | V/O   | Tilaustuote          |         | 14   | 4    | <u>56</u> kpl | 0,01   | 0,28  |

### Laakeroinnin

#### Ankkurointi

| Osanumero          | Osanimike           | Puoli | Valmistustekniikka     | Yksikkö | Kpl | Yht. | yks            |        |       |
|--------------------|---------------------|-------|------------------------|---------|-----|------|----------------|--------|-------|
| lapivienti_013     | Ankkurilappu        | V/O   | Vesileike/laserleike   |         | 2   | 4    | <u>8</u> kpl   | 1,90   | 15,2  |
| lapivienti_014     | oik.pystytuki       | O     | UPS240 palkki          |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 9,80   | 39,2  |
| lapivienti_015     | vas.pystytuki       | V     | UPS240 palkki          |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 9,80   | 39,2  |
| lapivienti_016     | Vaakatuki           | Ylä   | UPS240 palkki          |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 10,70  | 42,8  |
| lapivienti_017     | Seinälappu          | Ylä   | Laser/vesileike        |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 3,10   | 12,4  |
| lapivienti_018     | Vinopalkki          | Ylä   | UPS240 palkki          |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 10,70  | 42,8  |
| lapivienti_019     | Ylälaippa           | ylä   | vesileike ja koneistus |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 1,40   | 5,6   |
| lapivienti_020     | vas_laippa          | V     | vesileike ja koneistus |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 0,50   | 2     |
| lapivienti_021     | oik_laippa          | O     | vesileike ja koneistus |         | 1   | 4    | <u>4</u> kpl   | 0,50   | 2     |
| lapivienti_022     | Punostiiviste 12X12 |       | Tilaustuote            |         | 620 | 4    | <u>2480</u> mm | 0,01   |       |
| Aluslaatta DIN125  | Aluslaatta A6       |       | Tilaustuote            |         | 14  | 4    | <u>56</u> kpl  | 0,00   | 0,056 |
| Kuusioruuvi DIN961 | Ruuvi M6 sinkki     |       | Tilaustuote            |         | 14  | 4    | <u>56</u> kpl  | 0,00   | 0,112 |
| lapivienti023      | Takalevy            |       | 6200x1200x8            |         | 1   | 1    | <u>1</u>       | 442,80 | 442,8 |

25.7.2016

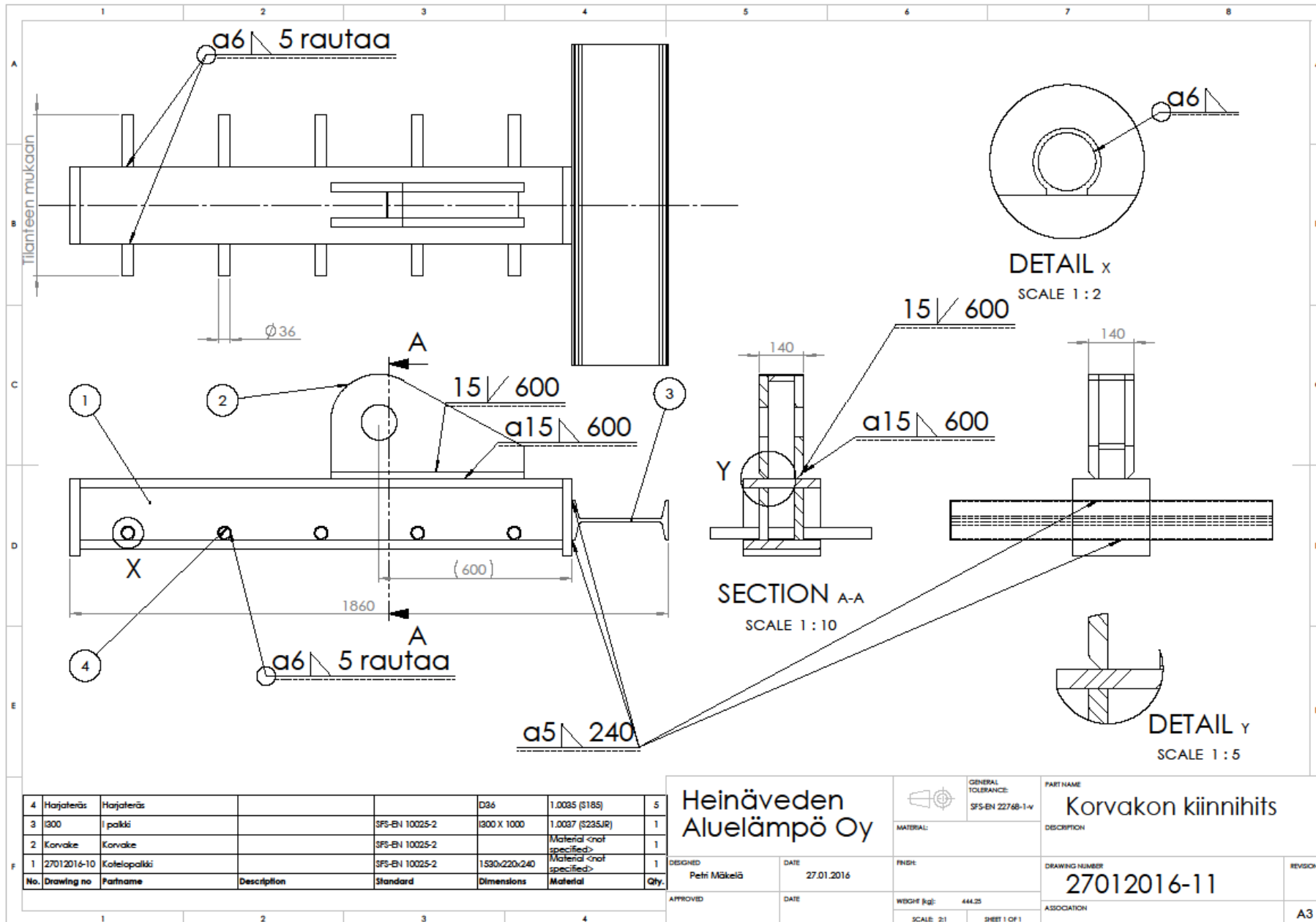


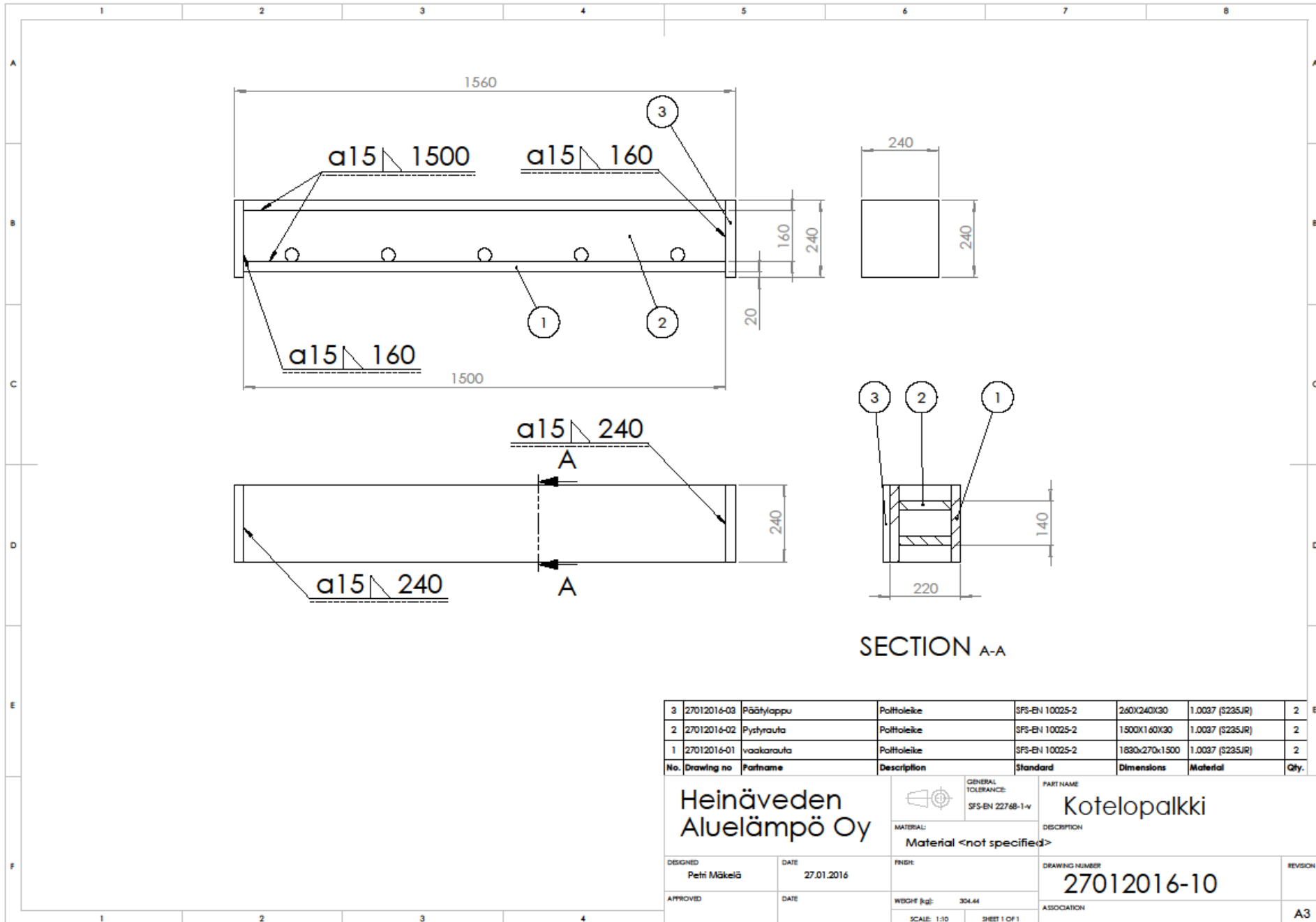
Kok: 892,9 kg

## Tilauslista Aimax syötin

| Varkaudesta:            | Piirno:        | kpl:  |
|-------------------------|----------------|-------|
| - Akseli                | Kesä2016_005   | 1     |
| - Alalappu              | Kesä2016_001   | 2     |
| - Juoksupyöräholkki     | Kesä2016_004   | 2     |
| - Laakerinalus          | Kesä2016_003   | 2     |
| - Ylälappu              | Kesä2016_002   | 2     |
| - Juoksupyörän kiinnike | Kesä2016_012   | 2     |
| <br>                    |                |       |
| SKS:                    |                |       |
| - Ham.rat Mod4          | Z20 214020     | 2     |
| - Ham.tanko Mod4        | C40 40x40 Mod4 | 2     |
| <br>                    |                |       |
| SKF:                    |                |       |
| - Cam followers         | KR 52 PPA      | 4     |
| - Bearing unit          | FY 30 TF/VA228 | 2     |
| <br>                    |                |       |
| Terästukkurilta:        |                |       |
| - Neliötanko 60x60x6,3  |                | Salko |


## LIITE 3: HYDRAULISYLINTERIN TYÖPIIRRUSTUKSET JA ESIMERKKEJÄ OSAPIIRRUSTUKSISTA

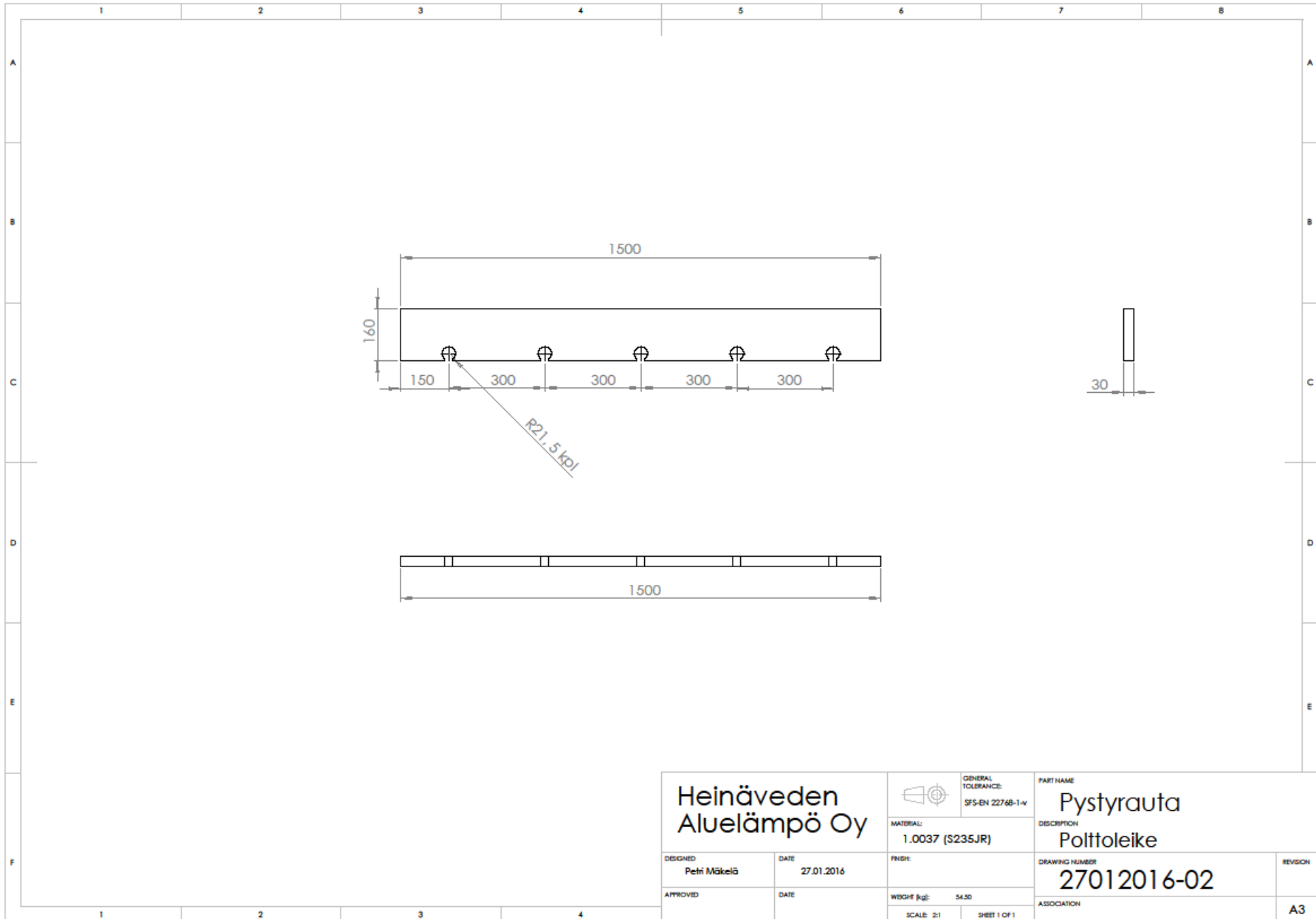


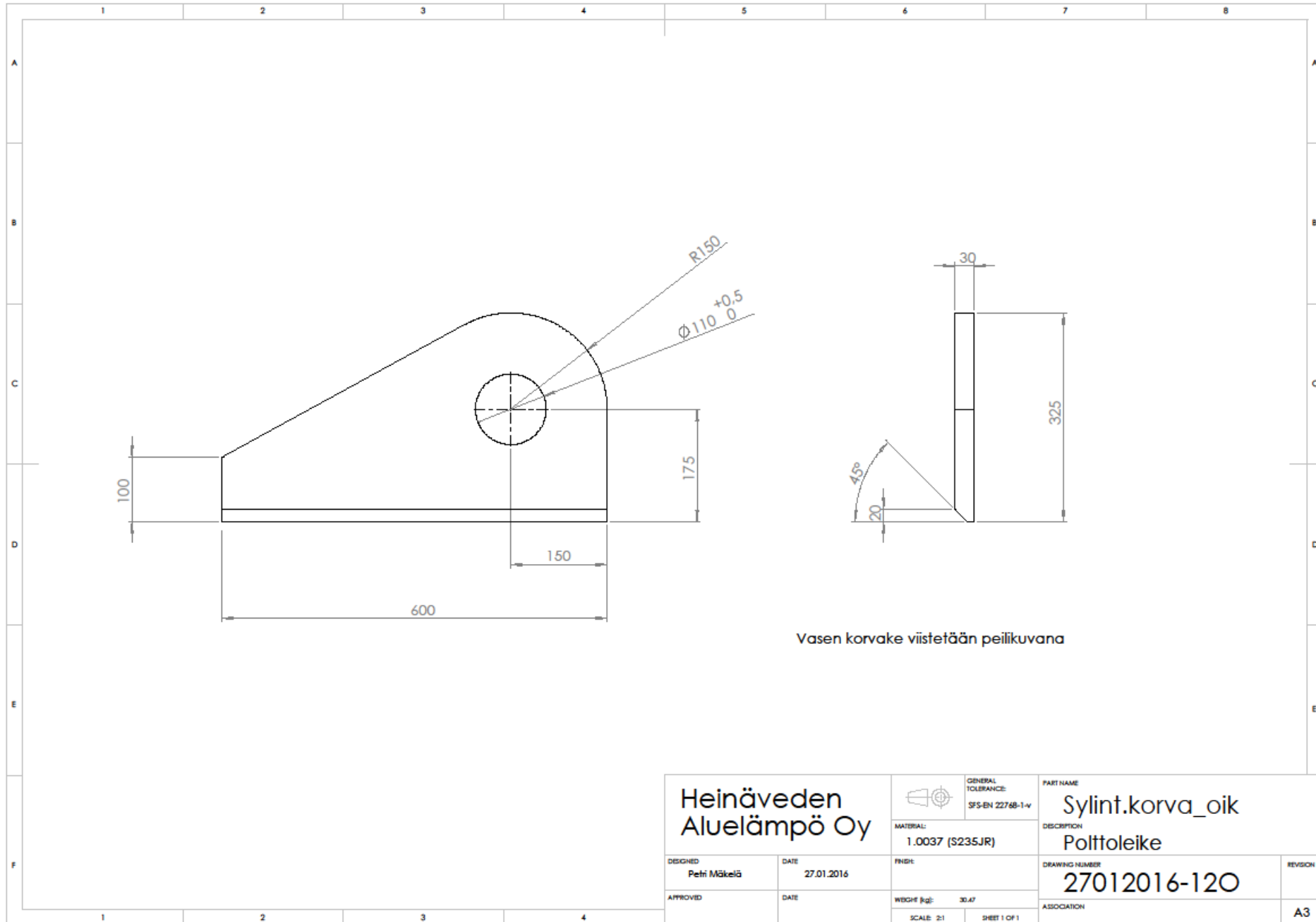


SECTION A-A

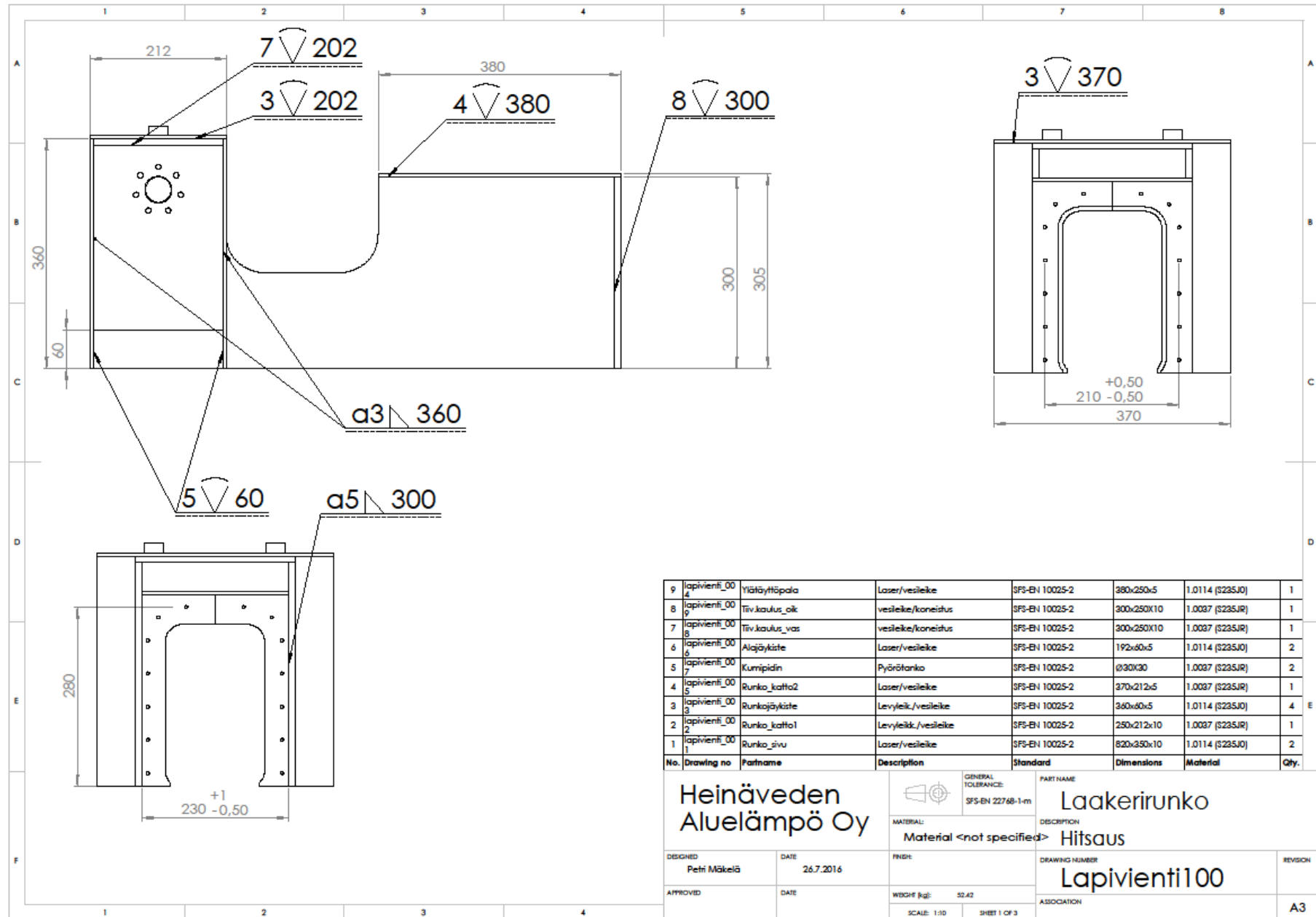
|     |             |            |             |                |               |                 |      |
|-----|-------------|------------|-------------|----------------|---------------|-----------------|------|
| 3   | 27012016-03 | Päähyppu   | Polttoleike | SFS-EN 10025-2 | 280X240X30    | 1.0037 (S235JR) | 2    |
| 2   | 27012016-02 | Pystyrauta | Polttoleike | SFS-EN 10025-2 | 1500X160X30   | 1.0037 (S235JR) | 2    |
| 1   | 27012016-01 | vaakarauta | Polttoleike | SFS-EN 10025-2 | 1830x270x1500 | 1.0037 (S235JR) | 2    |
| No. | Drawing no  | Partname   | Description | Standard       | Dimensions    | Material        | Qty. |

|                            |  |   |              |                |
|----------------------------|--|---|--------------|----------------|
| Heinäveden<br>Aluelämpö Oy |  | <br>GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-w | PART NAME    |                |
|                            |  |   | Kotelopalkki |                |
| DESIGNED                   |  | MATERIAL:   |              | DESCRIPTION    |
| Petri Mäkelä               |  | Material <not specified>  |              |                |
| DATE                       |  | FINISH:   |              | DRAWING NUMBER |
| 27.01.2016                 |  |   |              | 27012016-10    |
| APPROVED                   |  | WEIGHT (kg):  |              | ASSOCIATION    |
|                            |  | 304.44  |              |                |
|                            |  | SCALE: 1:30   |              | A3             |
|                            |  | SHEET 1 OF 1  |              |                |

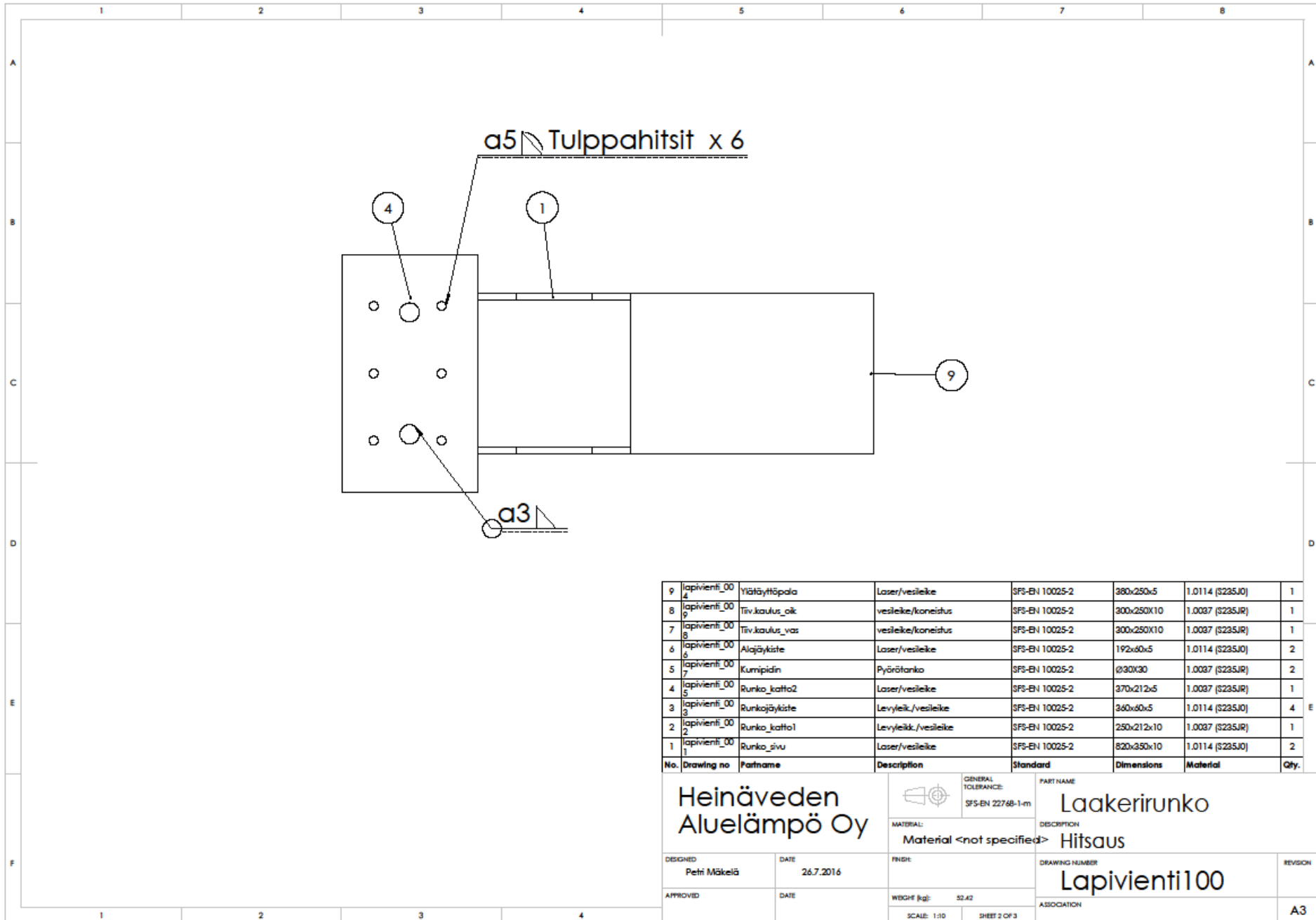


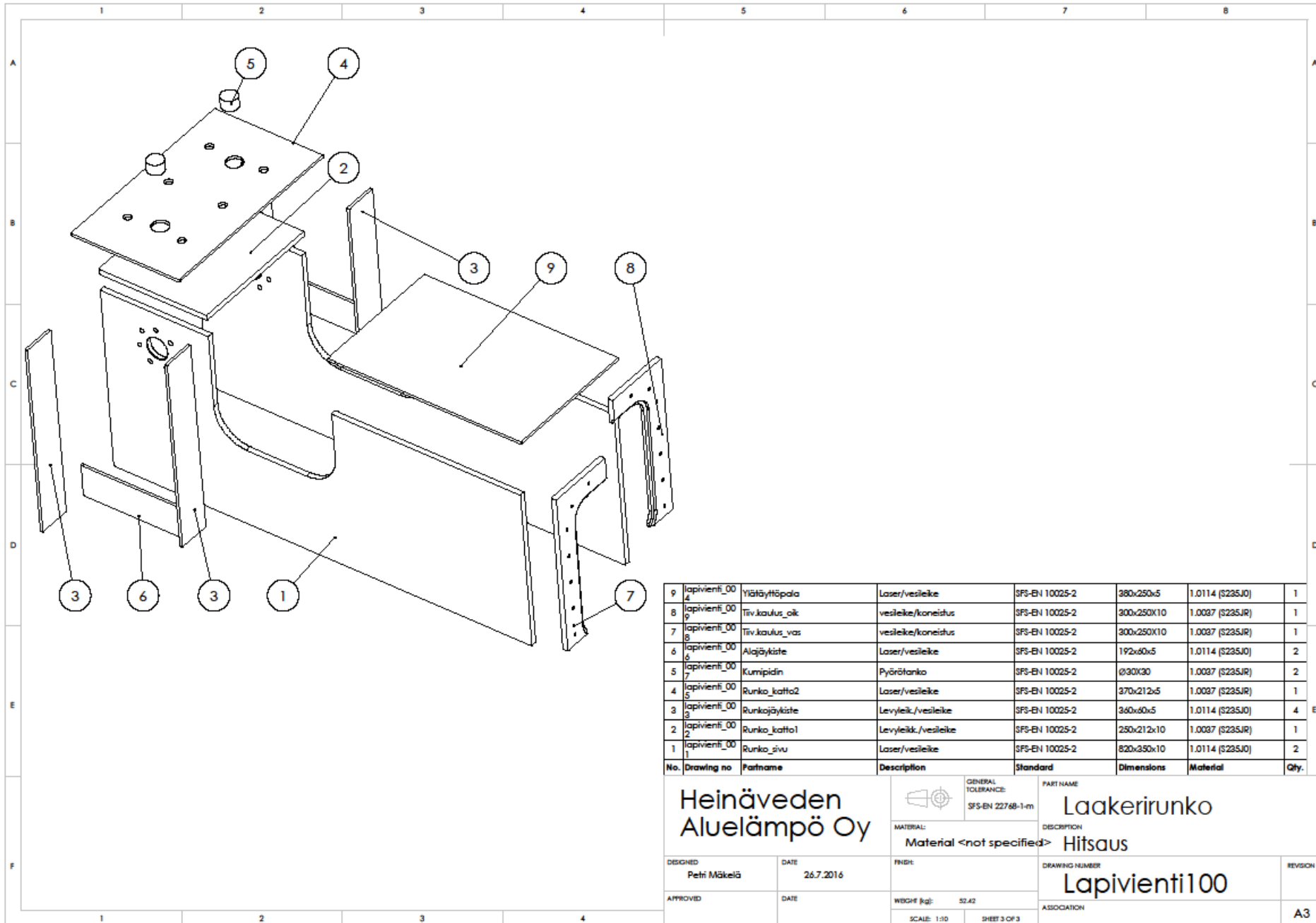


## LIITE 4: TANKOPURKAIMIEN LÄPIVIENTIEN PIIRRUSTUKSIA









| 9   | lapivienti_00_4 | Ylätyttöpala   | Laser/vesileike     | SFS-EN 10025-2 | 380x250x5  | 1.0114 (S235JO) | 1    |
|-----|-----------------|----------------|---------------------|----------------|------------|-----------------|------|
| 8   | lapivienti_00_9 | Tiv.kaulus_oi  | vesileike/koneistus | SFS-EN 10025-2 | 300x250x10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 7   | lapivienti_00_8 | Tiv.kaulus_vas | vesileike/koneistus | SFS-EN 10025-2 | 300x250x10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 6   | lapivienti_00_6 | Alajäykiste    | Laser/vesileike     | SFS-EN 10025-2 | 192x60x5   | 1.0114 (S235JO) | 2    |
| 5   | lapivienti_00_7 | Kumipidin      | Pyörötanko          | SFS-EN 10025-2 | Ø90x30     | 1.0037 (S235JR) | 2    |
| 4   | lapivienti_00_5 | Runko_katto2   | Laser/vesileike     | SFS-EN 10025-2 | 370x212x5  | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 3   | lapivienti_00_3 | Runkojäykiste  | Levyleik./vesileike | SFS-EN 10025-2 | 340x60x5   | 1.0114 (S235JO) | 4    |
| 2   | lapivienti_00_2 | Runko_katto1   | Levyleik./vesileike | SFS-EN 10025-2 | 250x212x10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 1   | lapivienti_00_1 | Runko_sivu     | Laser/vesileike     | SFS-EN 10025-2 | 820x350x10 | 1.0114 (S235JO) | 2    |
| No. | Drawing no      | Partname       | Description         | Standard       | Dimensions | Material        | Qty. |

Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL  
TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-m

PART NAME

Laakerirunko

MATERIAL:

DESCRIPTION

Material <not specified>

Hitsaus

DESIGNED

DATE

FINISH

DRAWING NUMBER

REVISION

Petri Mäkelä

26.7.2016

Lapivienti100

APPROVED

DATE

WEIGHT (kg):

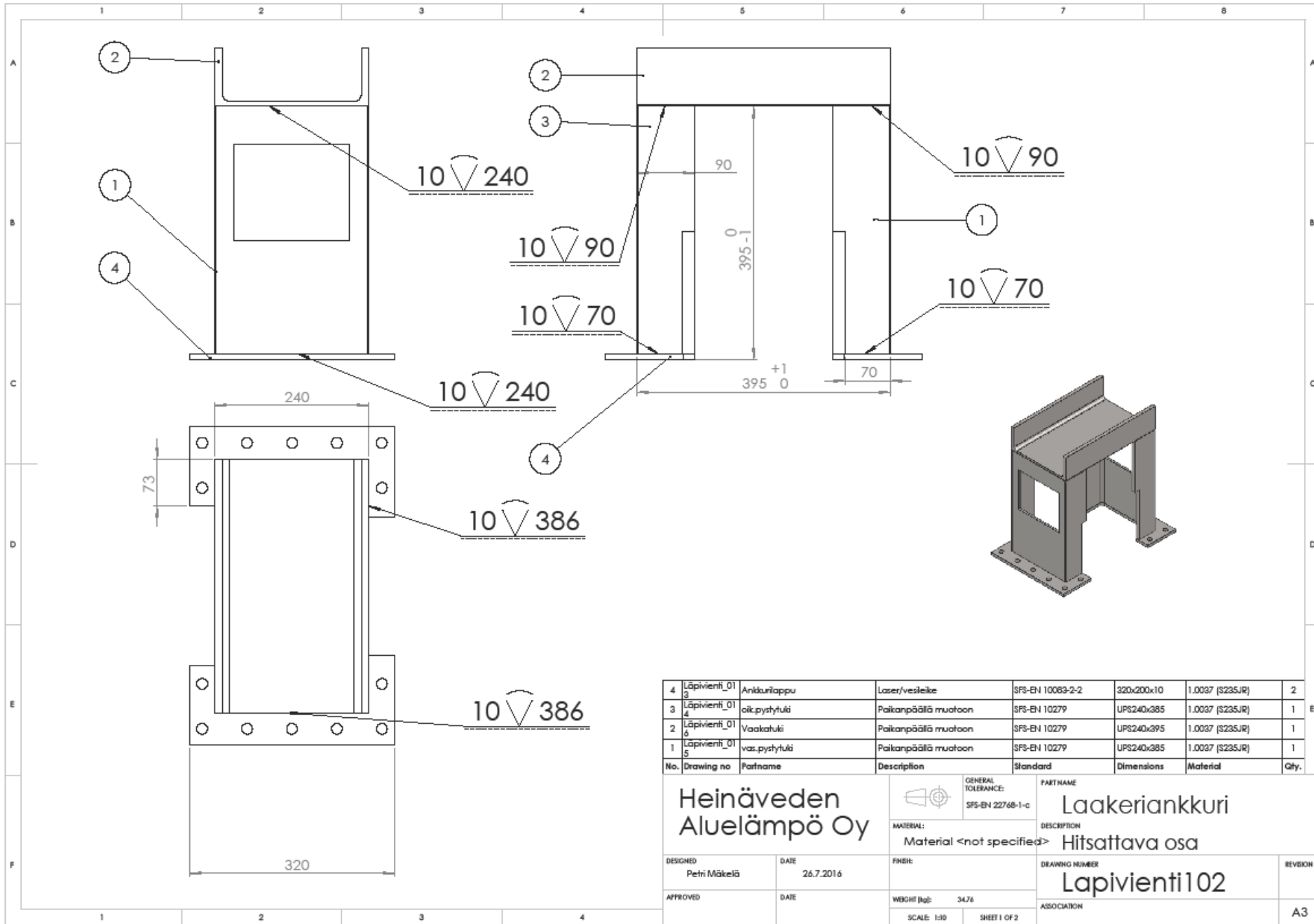
S2.A2

ASSOCIATION

A3

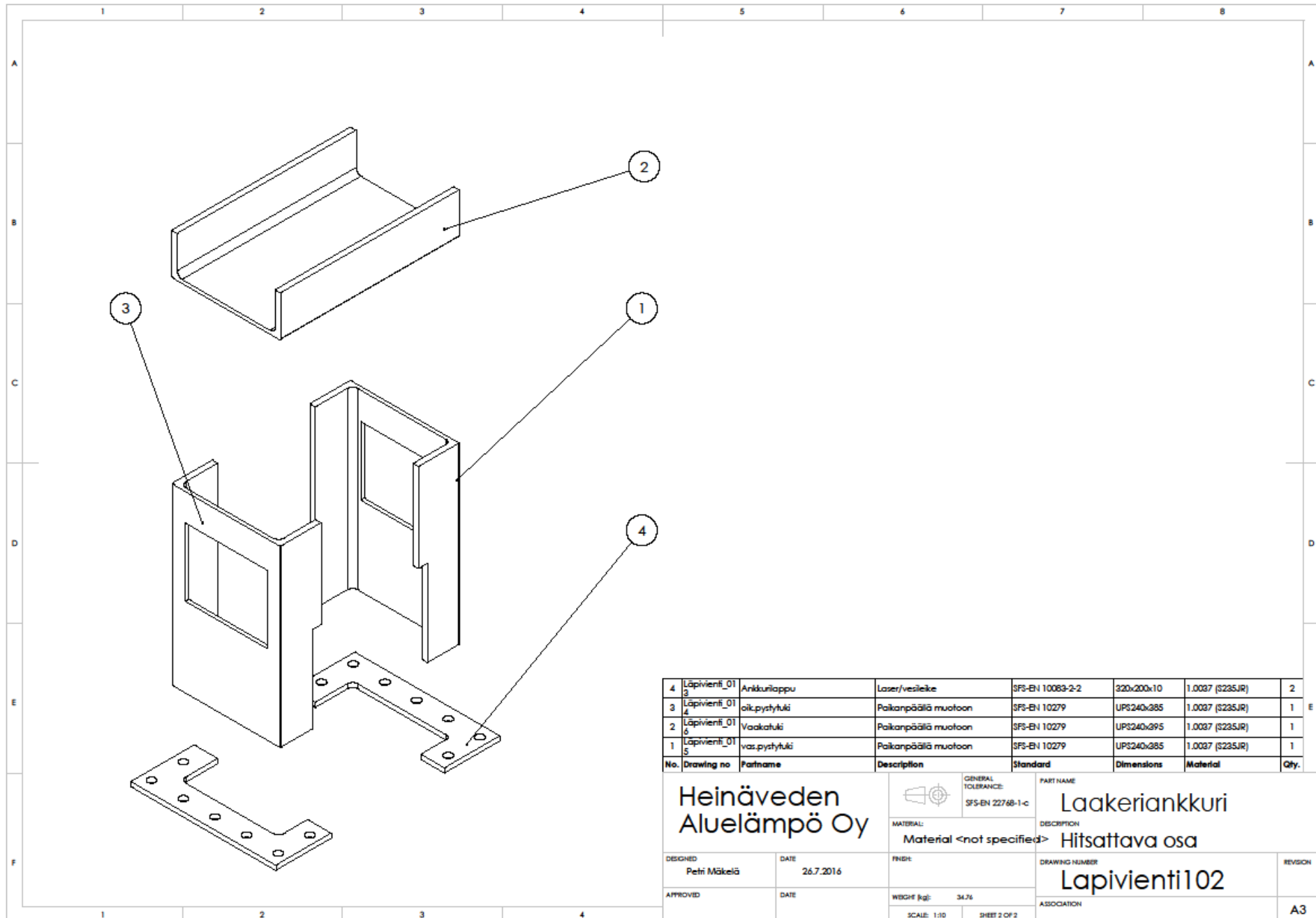
SCALE: 1:10

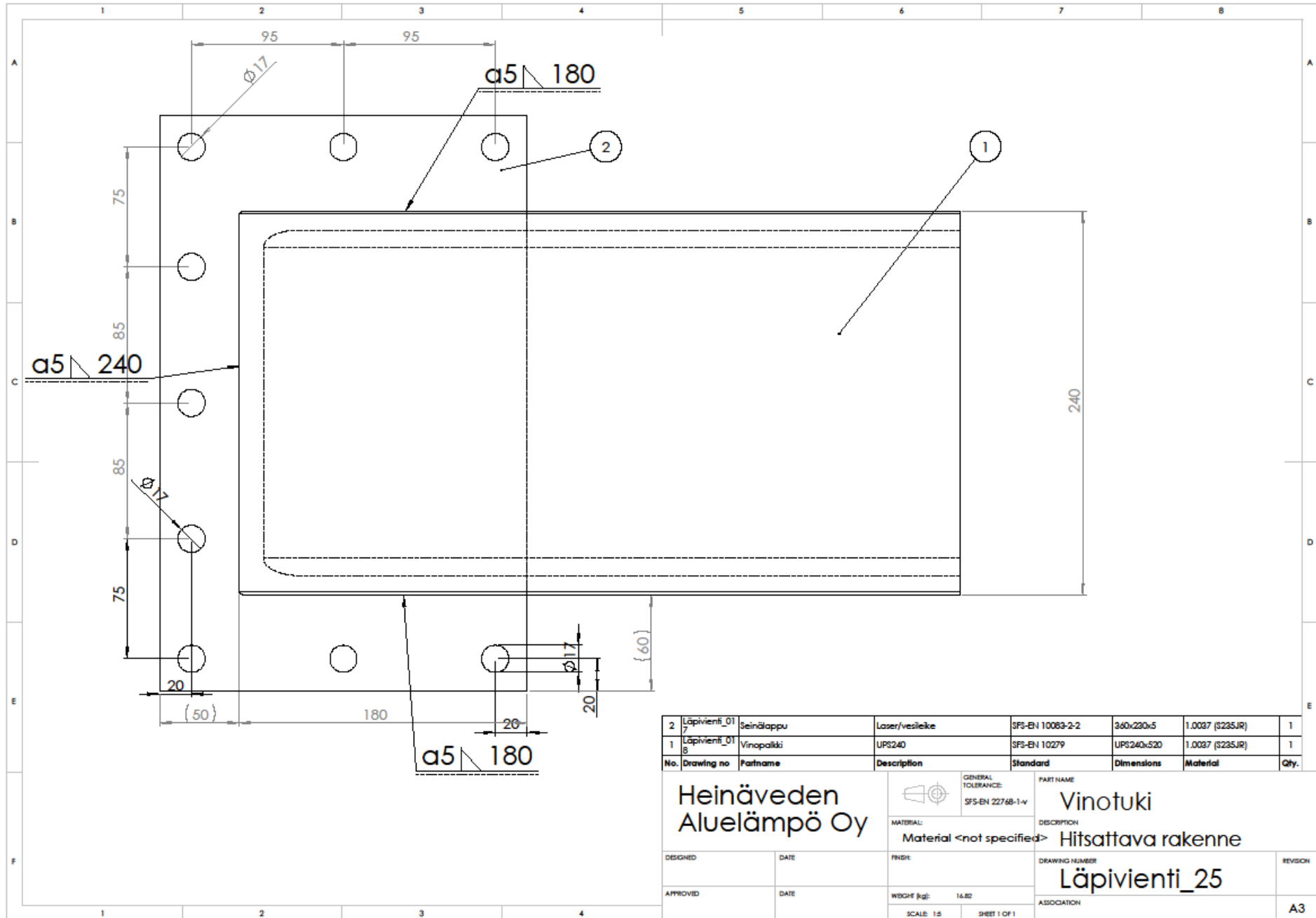
SHEET 3 OF 3



| No. | Drawing no      | Partname      | Description          | Standard         | Dimensions | Material        | Qty. |
|-----|-----------------|---------------|----------------------|------------------|------------|-----------------|------|
| 4   | Läpivienti_01_3 | Ankkuriappu   | Laser/vesileike      | SFS-EN 10083-2-2 | 320x200x10 | 1.0037 (S235JR) | 2    |
| 3   | Läpivienti_01_4 | oik.pystytuki | Paikanpäällä muotoon | SFS-EN 10279     | UPS240x385 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 2   | Läpivienti_01_6 | Vaakatuki     | Paikanpäällä muotoon | SFS-EN 10279     | UPS240x395 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 1   | Läpivienti_01_5 | vas.pystytuki | Paikanpäällä muotoon | SFS-EN 10279     | UPS240x385 | 1.0037 (S235JR) | 1    |

|                                |                   |  |                   |  |          |
|--------------------------------|-------------------|--|-------------------|--|----------|
| <b>Heinäveden Aluelämpö Oy</b> |                   | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-c |                   | PARTNAME<br><b>Laakeriankkuri</b>      |          |
|                                |                   | MATERIAL:<br>Material <not specified>  |                   | DESCRIPTION<br>Hitsattava osa          |          |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä       | DATE<br>26.7.2016 | FINISH:                                |                   | DRAWING NUMBER<br><b>Lapivienti102</b> | REVISION |
| APPROVED                       |                   | DATE                                   | WEIGHT (kg): 34,6 | ASSOCIATION                            | A3       |
|                                |                   |  | SCALE: 1:10       | SHEET 1 OF 2                           |          |

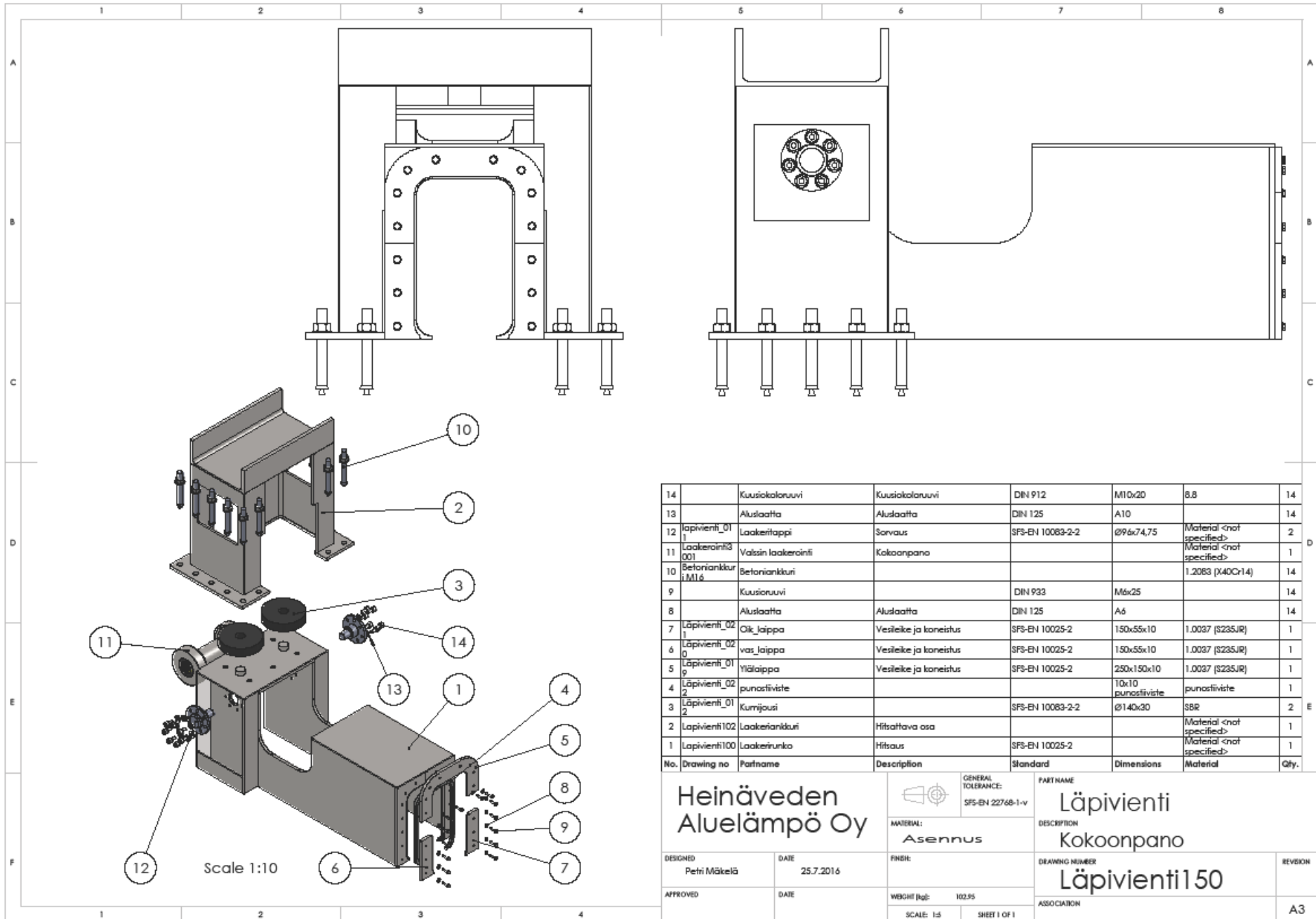




| No. | Drawing no     | Partname   | Description     | Standard         | Dimensions | Material        | Qty. |
|-----|----------------|------------|-----------------|------------------|------------|-----------------|------|
| 2   | Läpivienti_017 | Seinälappu | Laser/vesileike | SFS-EN 10083-2-2 | 360x220x5  | 1.0087 (S235JR) | 1    |
| 1   | Läpivienti_018 | Vinopalkki | UPS240          | SFS-EN 10279     | UPS240x520 | 1.0087 (S235JR) | 1    |

|  |  |   |                                   |    |                                  |
|--|--|---|-----------------------------------|----|----------------------------------|
| DESIGNED: _____ DATE: _____<br>APPROVED: _____ DATE: _____ |  | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-W<br>MATERIAL:<br>Material <not specified> | PART NAME<br><b>Vinotuki</b>      |    | REVISION<br><b>Läpivienti_25</b> |
|  |  |   | DESCRIPTION<br>Hitsattava rakenne |    |                                  |
| DRAWING NUMBER<br><b>Läpivienti_25</b>                     |  | ASSOCIATION   |                                   | A3 |                                  |



| 14  |                     | Kuusiokoloruvi     | Kuusiokoloruvi         | DIN 912          | M10x20             | 8,8                      | 14   |
|-----|---------------------|--------------------|------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|------|
| 13  |                     | Aluslaatta         | Aluslaatta             | DIN 125          | A10                |                          | 14   |
| 12  | Läpivienti_01       | Laakeritappi       | Sorvaus                | SFS-EN 10083-2-2 | Ø9x6x74,75         | Material <not specified> | 2    |
| 11  | Laakerointi3001     | Valsin laakerointi | Kokoonpano             |                  |                    | Material <not specified> | 1    |
| 10  | Betoniankkuri (M16) | Betoniankkuri      |                        |                  |                    | 1.2083 (X40Cr14)         | 14   |
| 9   |                     | Kuusiokuvi         |                        | DIN 933          | M6x25              |                          | 14   |
| 8   |                     | Aluslaatta         | Aluslaatta             | DIN 125          | A6                 |                          | 14   |
| 7   | Läpivienti_021      | Oik. Jaippa        | Vesileike ja koneistus | SFS-EN 10025-2   | 150x55x10          | 1.0037 (S235JR)          | 1    |
| 6   | Läpivienti_020      | vas. Jaippa        | Vesileike ja koneistus | SFS-EN 10025-2   | 150x55x10          | 1.0037 (S235JR)          | 1    |
| 5   | Läpivienti_019      | Yläjaippa          | Vesileike ja koneistus | SFS-EN 10025-2   | 280x150x10         | 1.0037 (S235JR)          | 1    |
| 4   | Läpivienti_022      | punastiviste       |                        |                  | 10x10 punastiviste | punastiviste             | 1    |
| 3   | Läpivienti_012      | Kumijousi          |                        | SFS-EN 10083-2-2 | Ø140x30            | SSR                      | 2    |
| 2   | Läpivienti102       | Laakeriankkuri     | Hitsattava osa         |                  |                    | Material <not specified> | 1    |
| 1   | Läpivienti100       | Laakerirunko       | Hitsaus                | SFS-EN 10025-2   |                    | Material <not specified> | 1    |
| No. | Drawing no          | Partname           | Description            | Standard         | Dimensions         | Material                 | Qty. |

Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-v

PARTNAME

Läpivienti

DESCRIPTION

Kokoonpano

DESIGNED

Petri Mäkelä

DATE

25.7.2016

FINISH

APPROVED

DATE

WEIGHT (kg): 102,95

DRAWING NUMBER

Läpivienti150

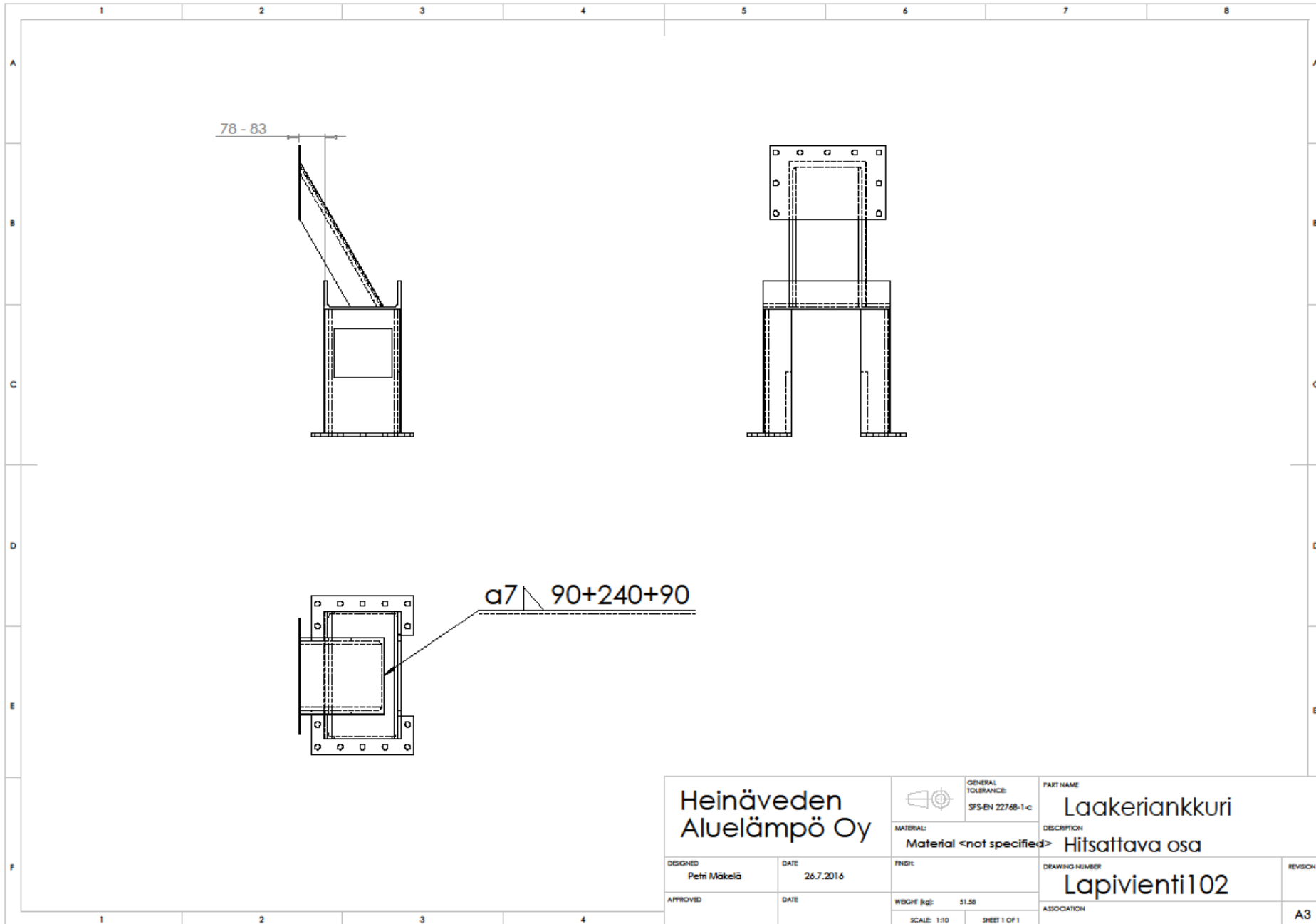
REVISION


ASSOCIATION

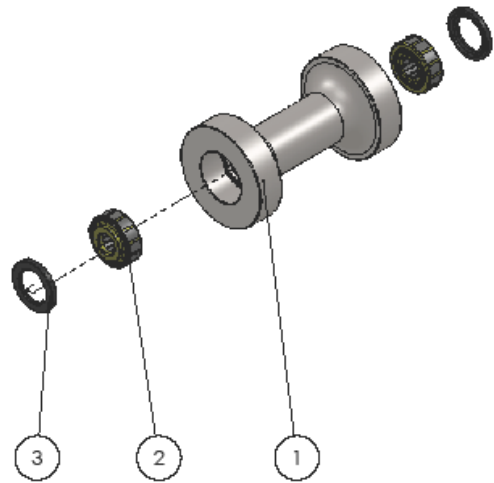
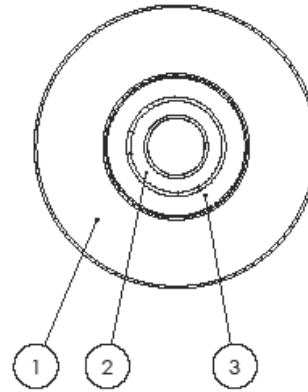
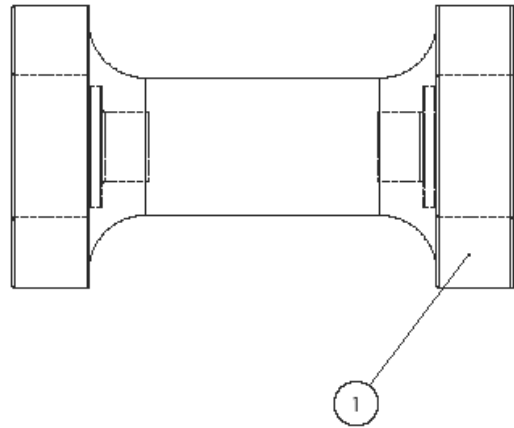
A3

SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1

Scale 1:10



|                                |                   |   |  |                                      |  |
|--------------------------------|-------------------|---|--|--------------------------------------|--|
| <b>Heinäveden Aluelämpö Oy</b> |                   |  | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-c | PART NAME<br><b>Laakeriankkuri</b>   |  |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä       | DATE<br>26.7.2016 | MATERIAL:<br>Material <not specified>   | FINISH:                                | DESCRIPTION<br><b>Hitsattava osa</b> |  |
| APPROVED                       | DATE              | WEIGHT (kg): 51.58  | SCALE: 1:10                            | SHEET 1 OF 1                         | DRAWING NUMBER<br><b>Lapivienti102</b> |
| ASSOCIATION                    |                   |   |  |                                      | REVISION<br><b>A3</b>                  |

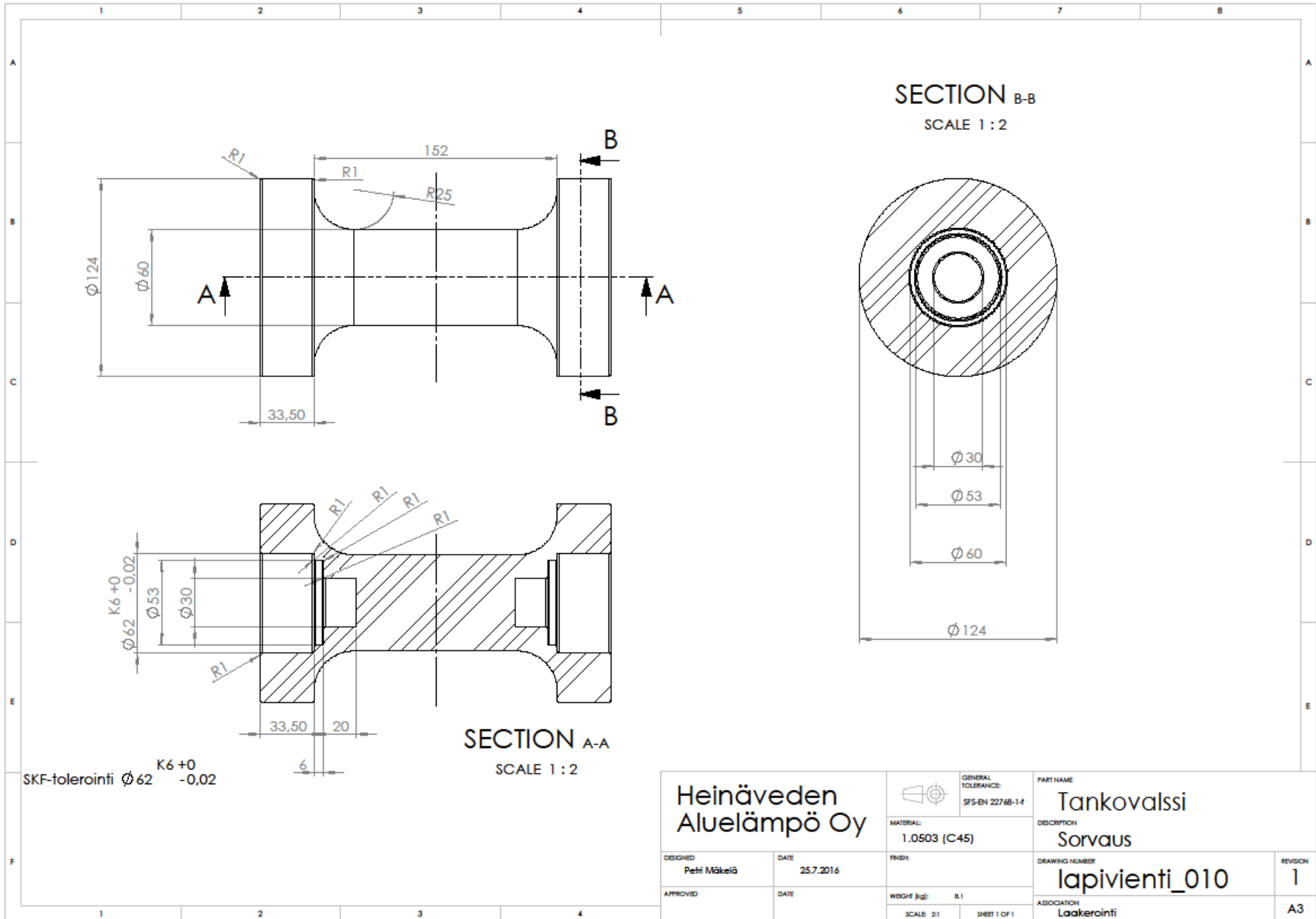


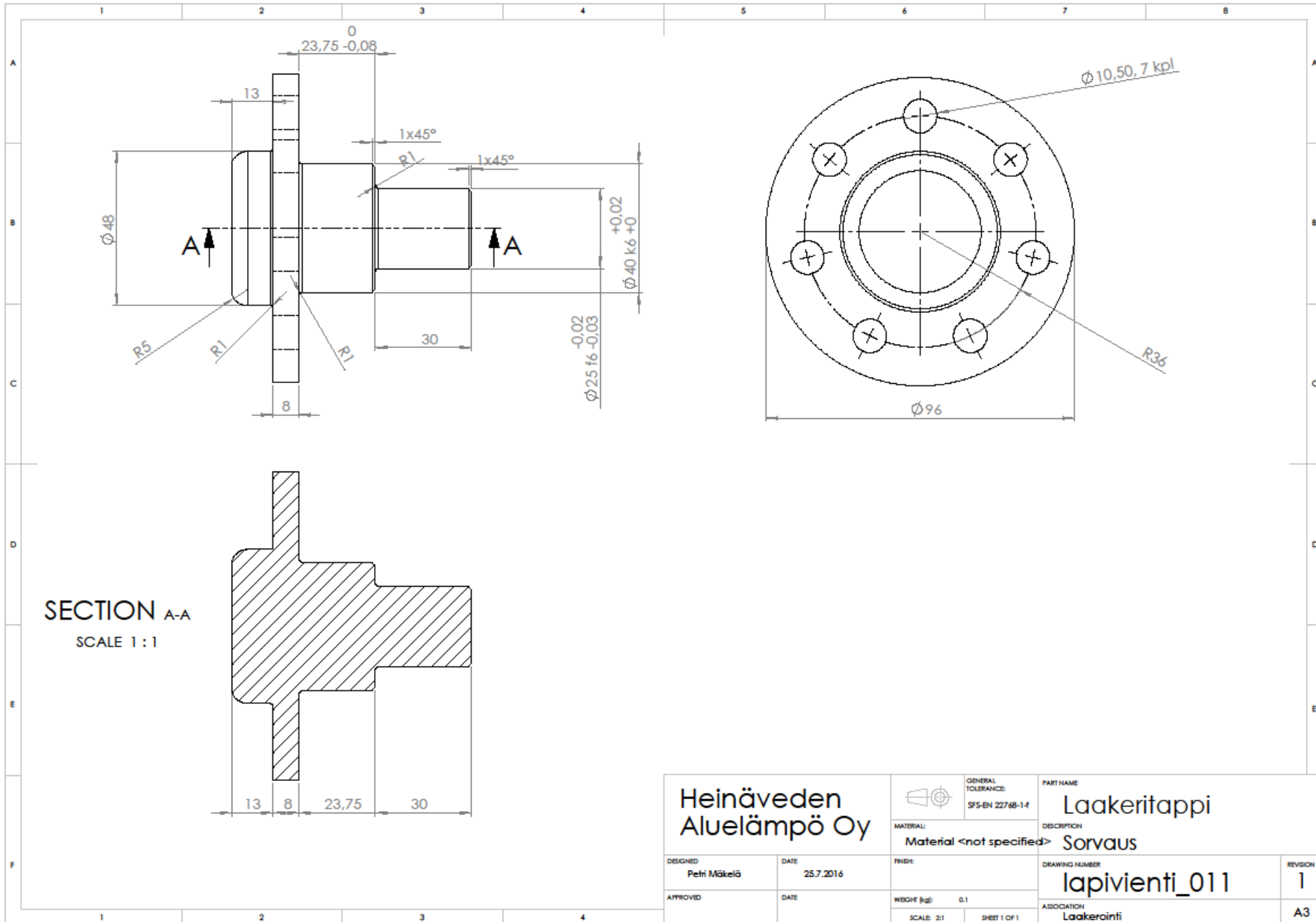
| No. | Drawing no      | Partname         | Description | Standard         | Dimensions   | Material     | Qty. |
|-----|-----------------|------------------|-------------|------------------|--------------|--------------|------|
| 3   | 40x62x7 HVB5 RG | Tiiviste         | SKF         |                  |              | Rubber       | 2    |
| 2   | 32305 J2        | SKF_karoliakaari | Tilausosa   | SFS-EN 10083-2-2 | Ø62x25x25.25 | SKF          | 2    |
| 1   | läpivierti_010  | Tankovalssi      | Sarvauus    | SFS-EN 10083-2-2 | Ø124x219     | 1.0508 (C45) | 1    |

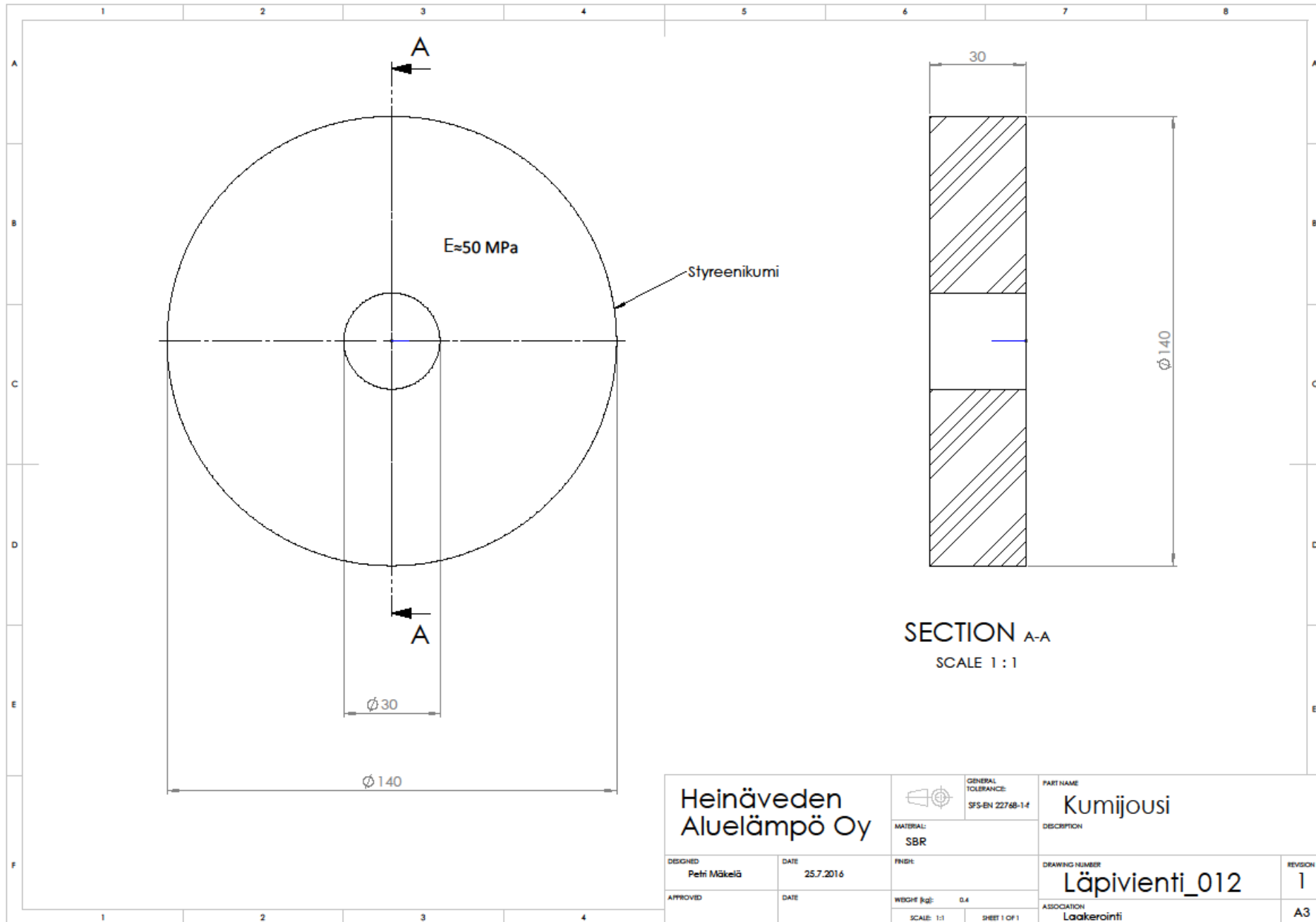
  

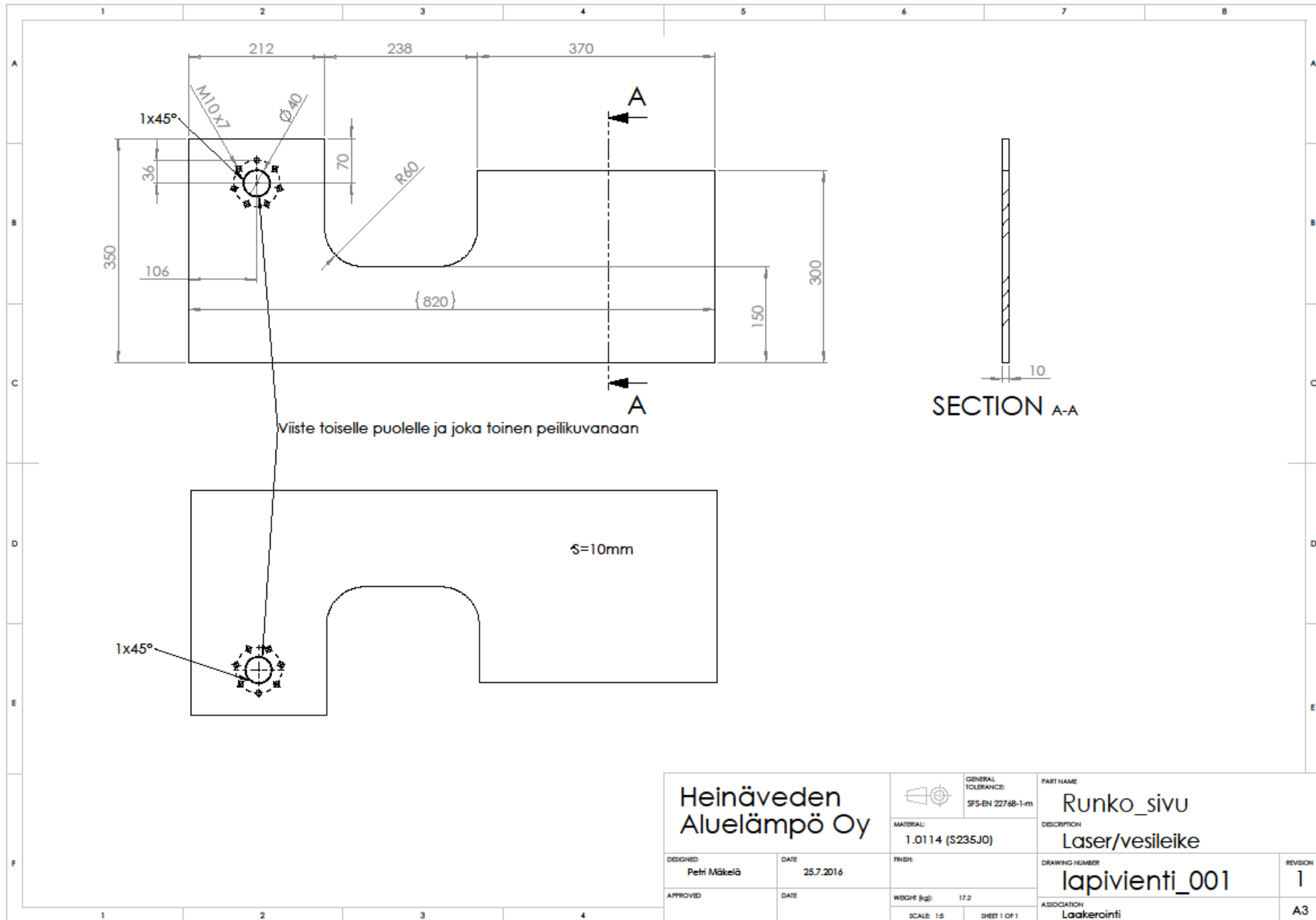
|                          |  |                   |  |  |  |                                   |                     |
|--------------------------|--|-------------------|--|--|--|-----------------------------------|---------------------|
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä |  | DATE<br>26.7.2016 |  | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-1 |  | PART NAME<br>Valsin laakerointi   |                     |
| APPROVED                 |  | DATE              |  | FINISH:                                |  | DESCRIPTION<br>Kokoonpano         |                     |
|                          |  |                   |  | WEIGHT (kg): 8.44                      |  | DRAWING NUMBER<br>Laakerointi3001 |                     |
|                          |  |                   |  | SCALE: 2:1<br>SHEET 1 OF 1             |  | ASSOCIATION<br>Läpivierti         |                     |
|                          |  |                   |  |  |  |                                   | REVISION<br>1<br>A3 |



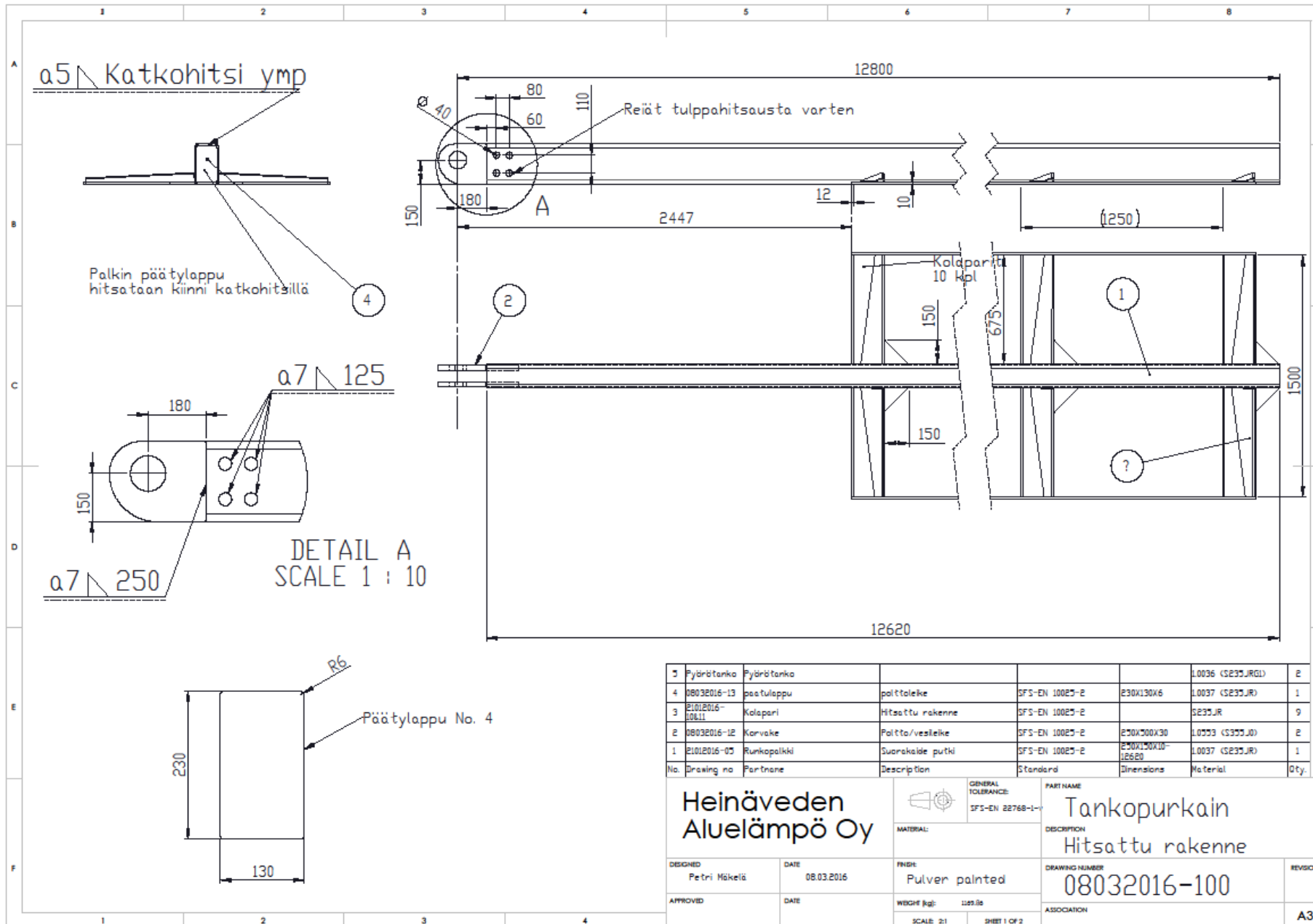


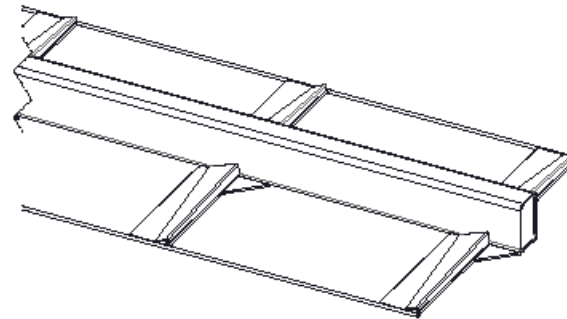
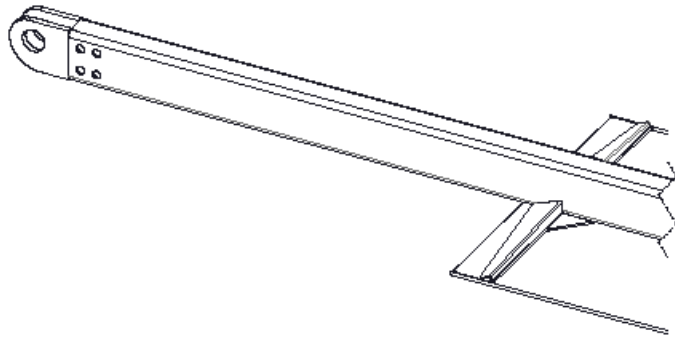





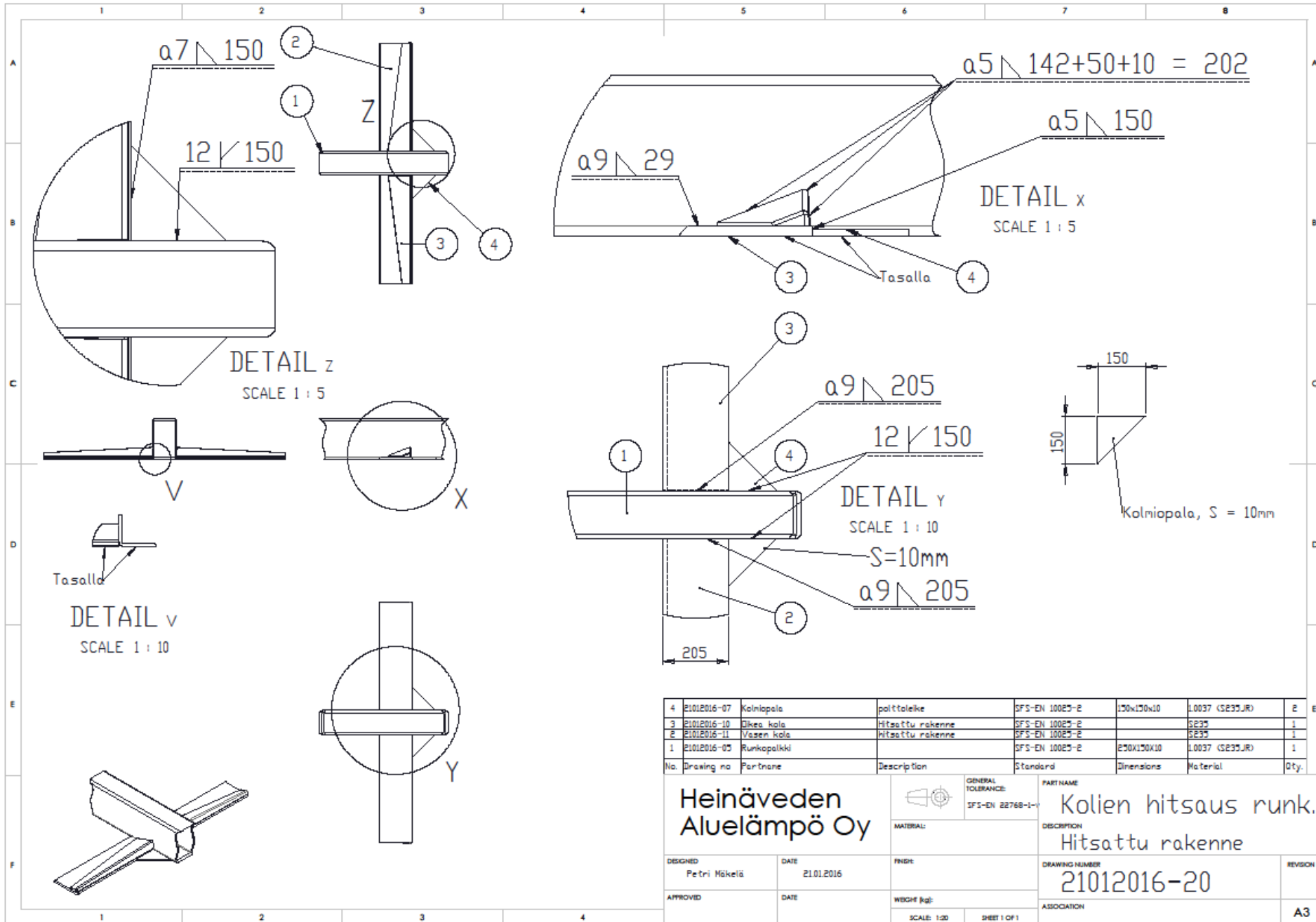


## LIITE 5: TANKOPURKAIMIEN PIIRUSTUKSIA





|                            |                    |   |  |                                 |          |
|----------------------------|--------------------|---|--|---------------------------------|----------|
| Heinäveden<br>Aluelämpö Oy |                    |  | GENERAL<br>TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1- | PART NAME<br>Tankopurkain       |          |
|                            |                    | MATERIAL:   |  | DESCRIPTION<br>Hitsattu rakenne |          |
| DESIGNER<br>Petri Hökelä   | DATE<br>08.03.2016 | FINISH<br>Pulver painted  |  | DRAWING NUMBER<br>08032016-100  | REVISION |
| APPROVER                   | DATE               | WEIGHT kgp: 1189,86   |  | ASSOCIATION                     | A3       |
|                            |                    | SCALE: 1:1  | SHEET 2 OF 2                             |                                 |          |



| 4   | E1012016-07 | Kolmiopala  | poistoteleke     | SFS-EN 10025-E | 150x150x10 | L0037 (S235JR) | 2    |
|-----|-------------|-------------|------------------|----------------|------------|----------------|------|
| 3   | E1012016-10 | Oikea kola  | Hitsattu rakenne | SFS-EN 10025-E |            | SE35           | 1    |
| 2   | E1012016-11 | Vasen kola  | Hitsattu rakenne | SFS-EN 10025-E |            | SE35           | 1    |
| 1   | E1012016-05 | Runkopalkki |                  | SFS-EN 10025-E | 250x150x10 | L0037 (S235JR) | 1    |
| No. | Drawing no  | Partname    | Description      | Standard       | Dimensions | Material       | Qty. |

**Heinäveden  
Aluelämpö Oy**



GENERAL TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1

MATERIAL:

PART NAME  
Kolien hitsaus runk.  
DESCRIPTION  
Hitsattu rakenne

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
21.01.2016

FINISH

DRAWING NUMBER  
21012016-20

REVISION

APPROVED

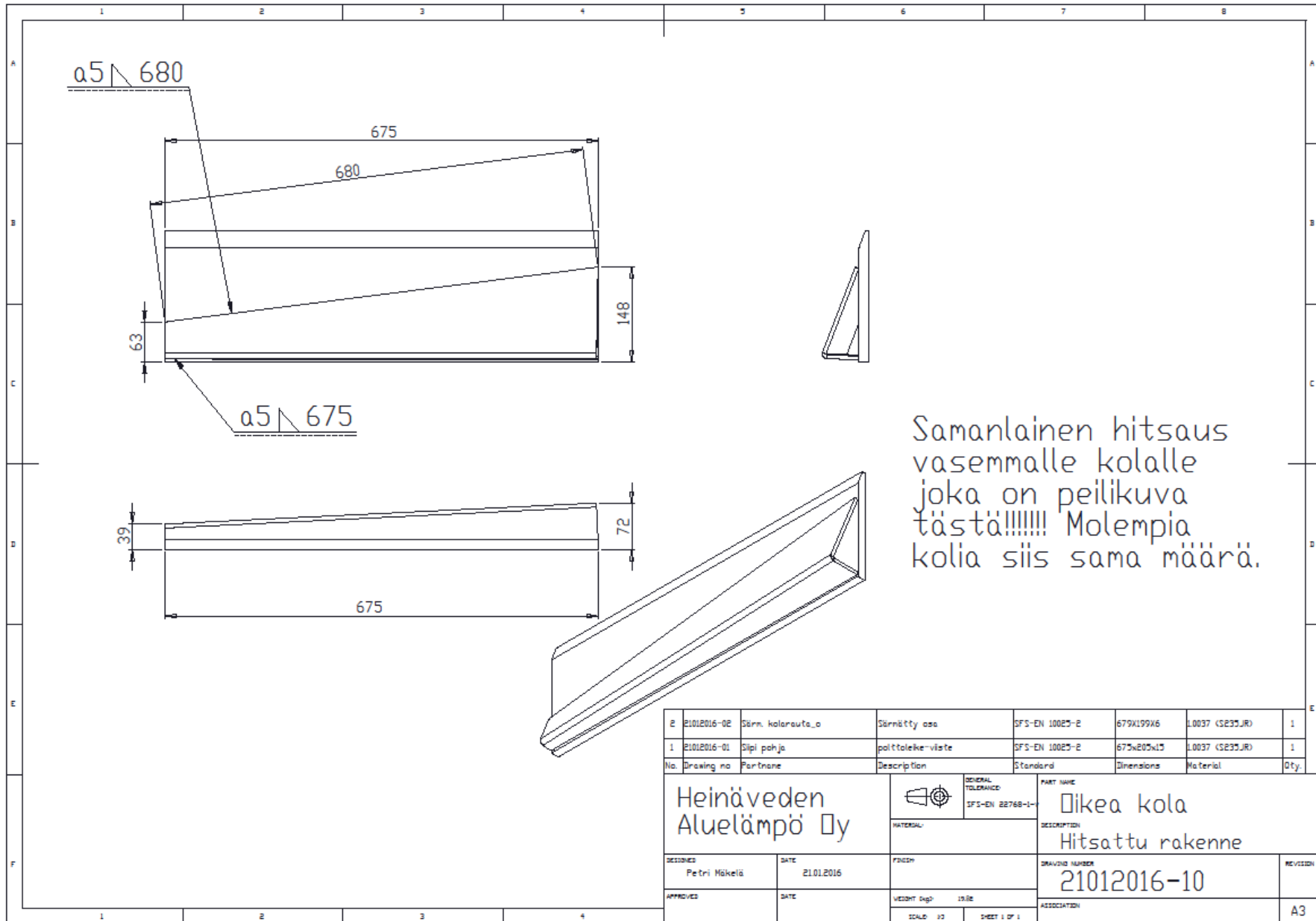
DATE

WEIGHT (kg)

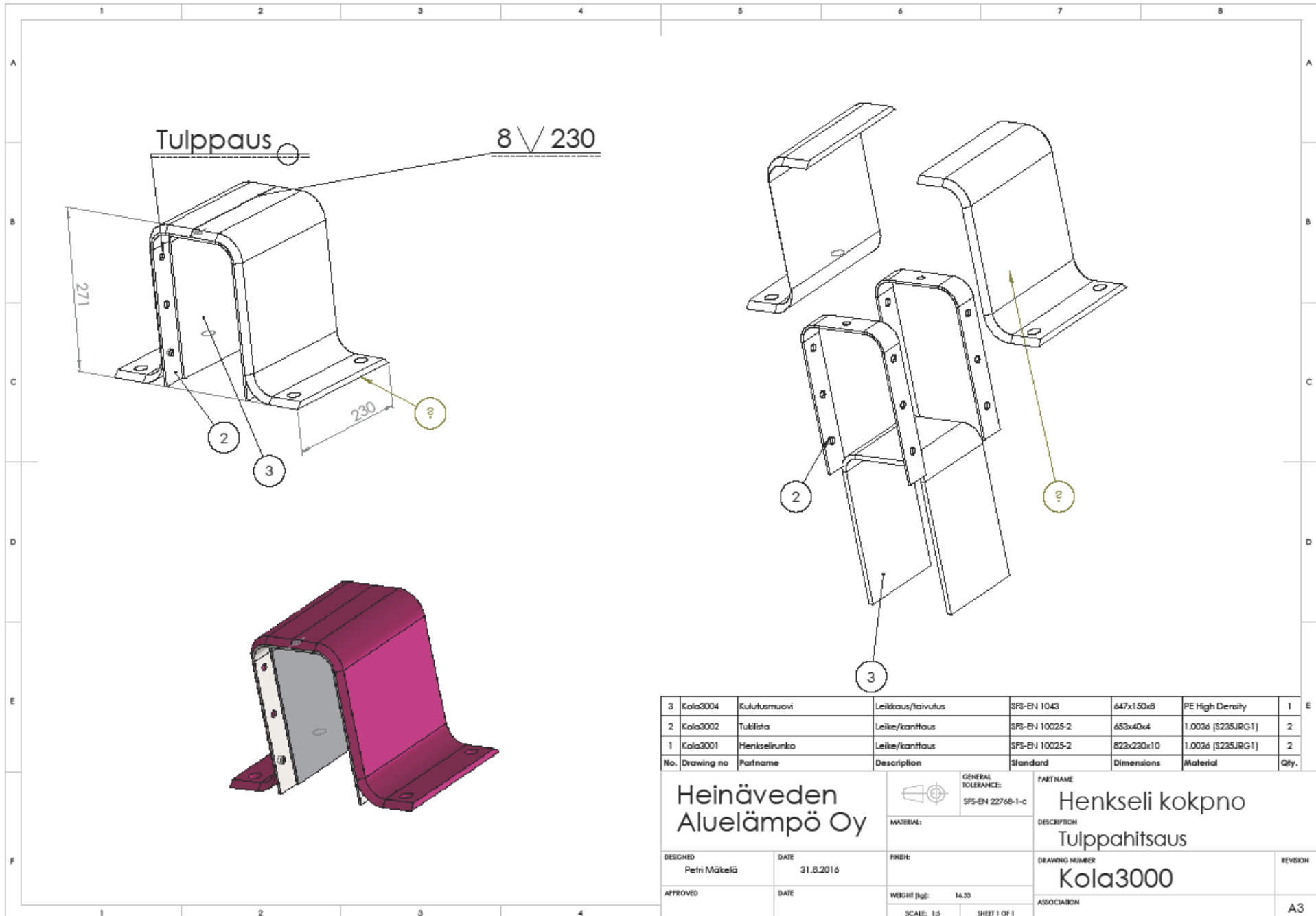
ASSOCIATION

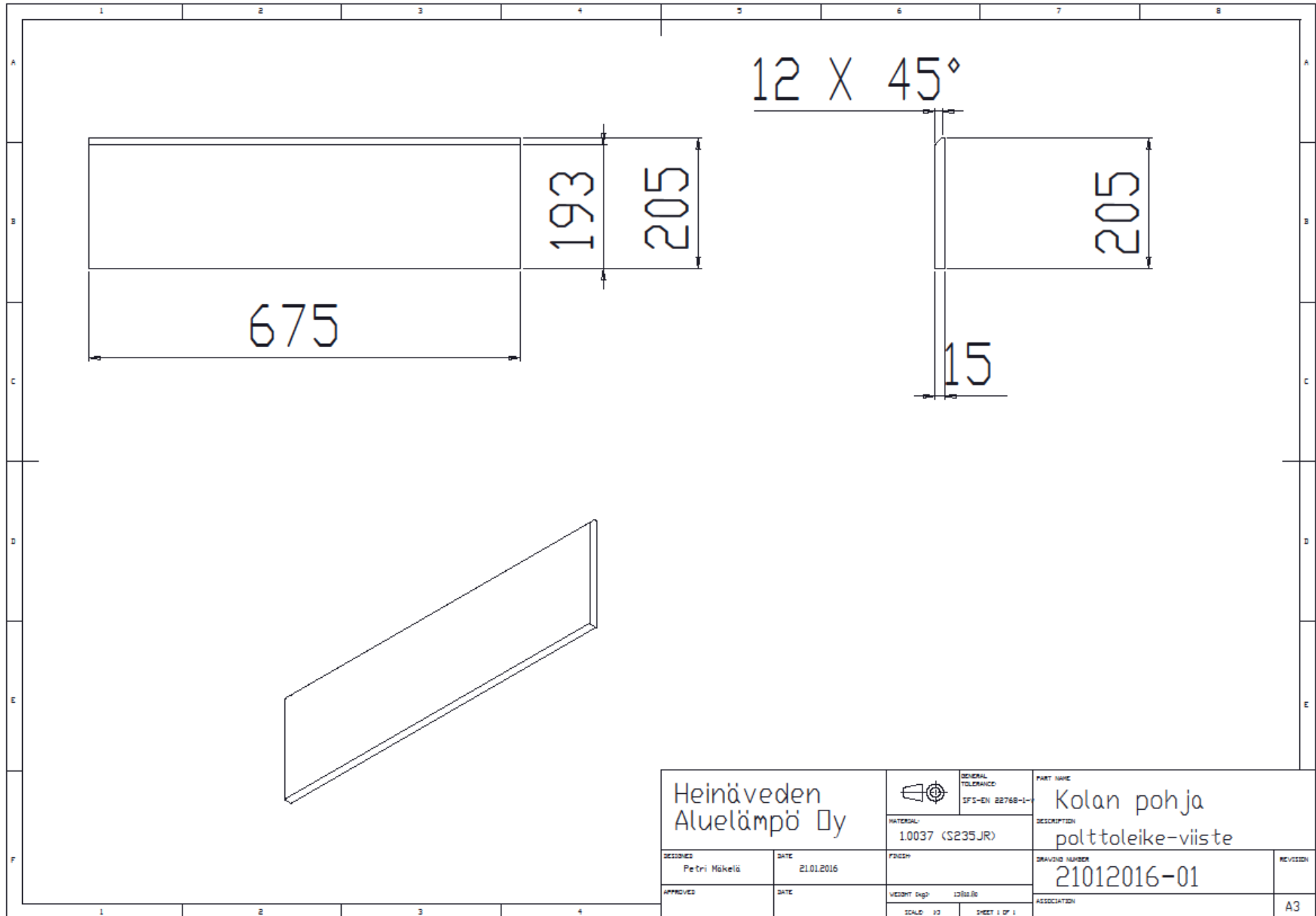
SCALE: 1:20 SHEET 1 OF 1

A3









Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL  
TOLERANCE  
SFS-EN 22768-1-

PART NAME

Kolan pohja

MATERIAL:  
10037 (S235JR)

DESCRIPTION

polttolaitte-viiste

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
21.01.2016

FINISH

DRAWING NUMBER

21012016-01

REVISION

APPROVED

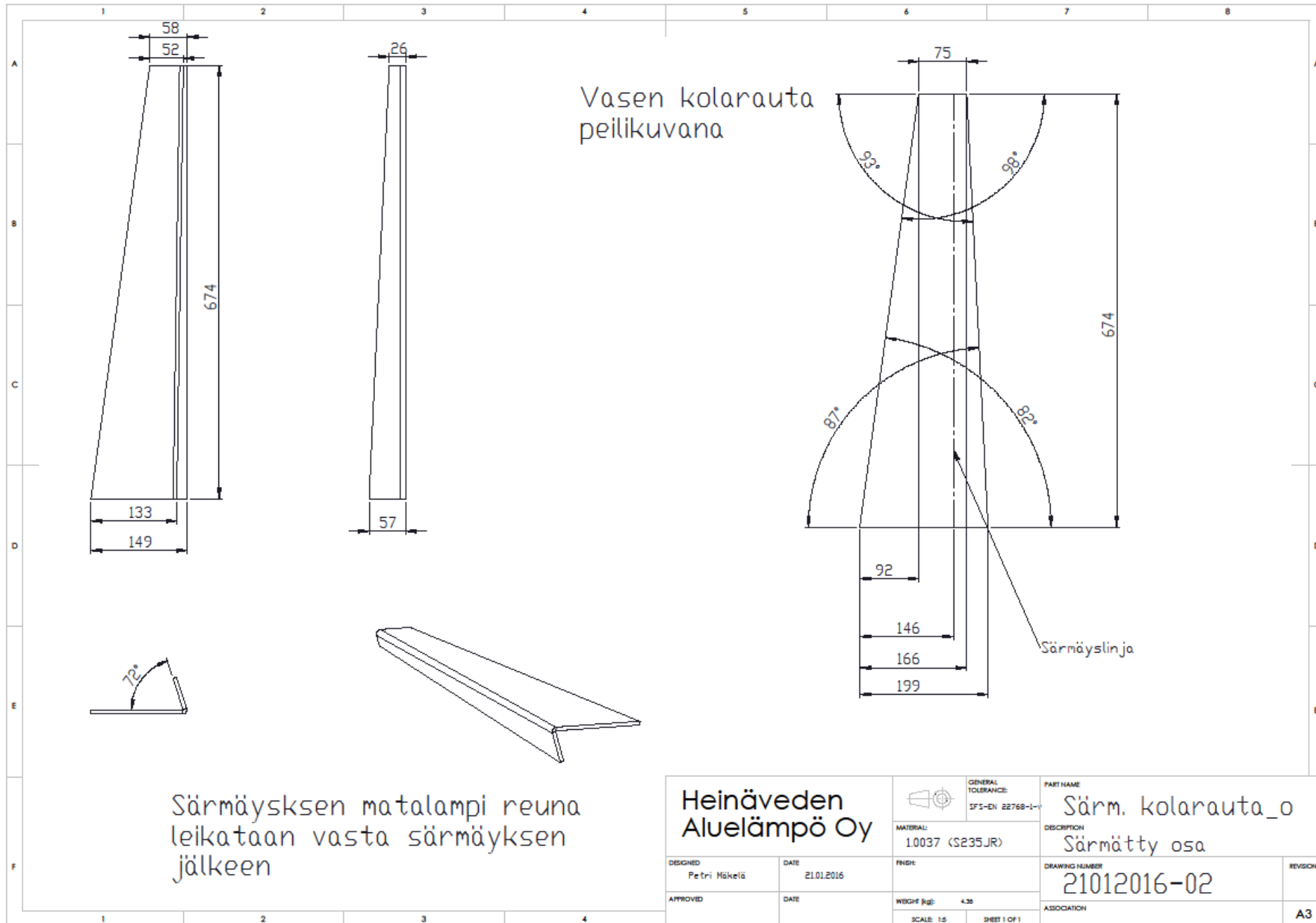
DATE

WEIGHT kgD 1200.00

ASSOCIATION

A3

SCALE 1:1 SHEET 1 OF 1



Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL  
TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1

PART NAME

Särm. kolarauta\_o

DESCRIPTION

Särmätty osa

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
21.01.2016

MATERIAL:  
10037 (S235JR)

FINISH:

DRAWING NUMBER

21012016-02

REVISION

APPROVED

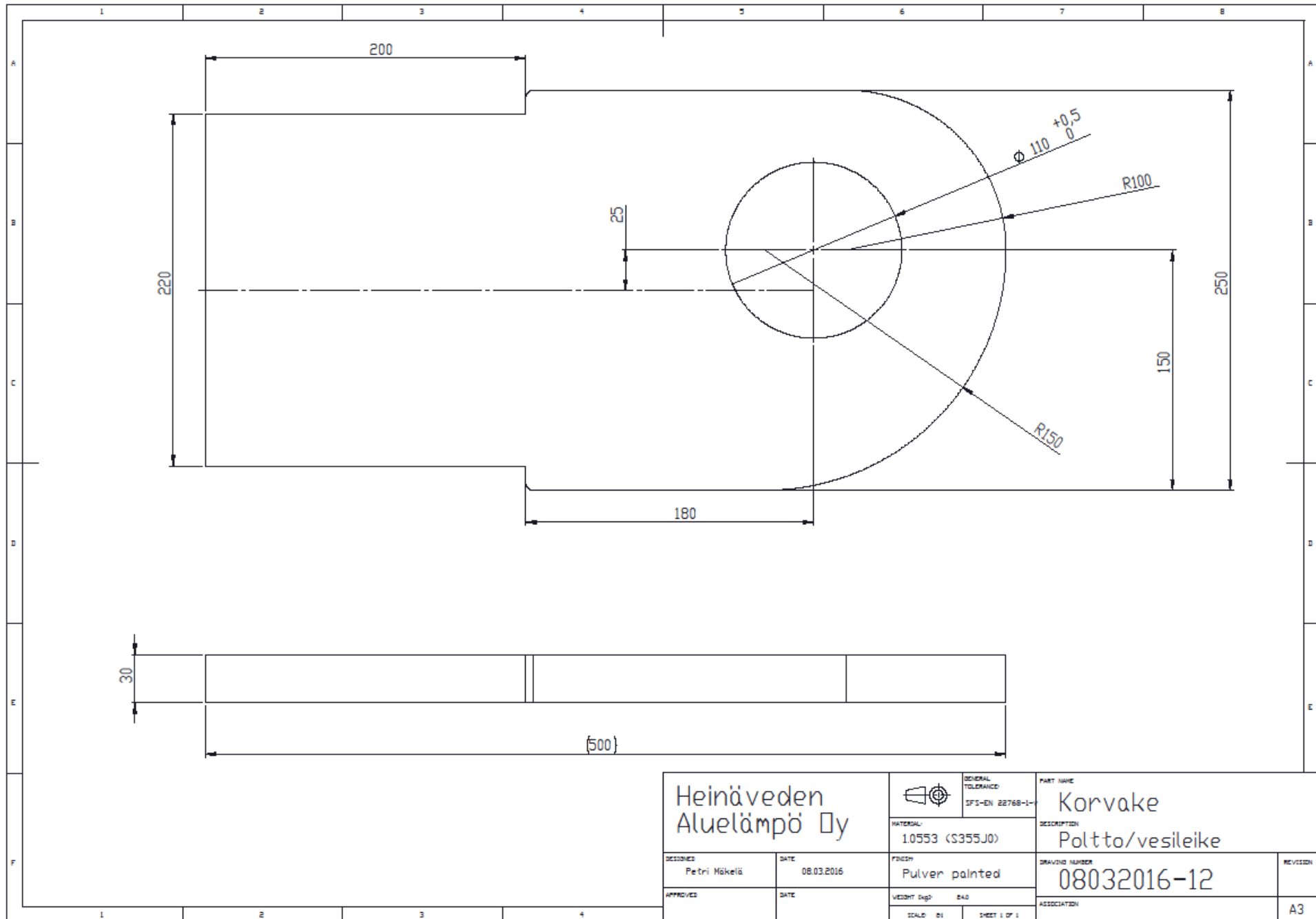
DATE

WEIGHT [kg]: 4.38

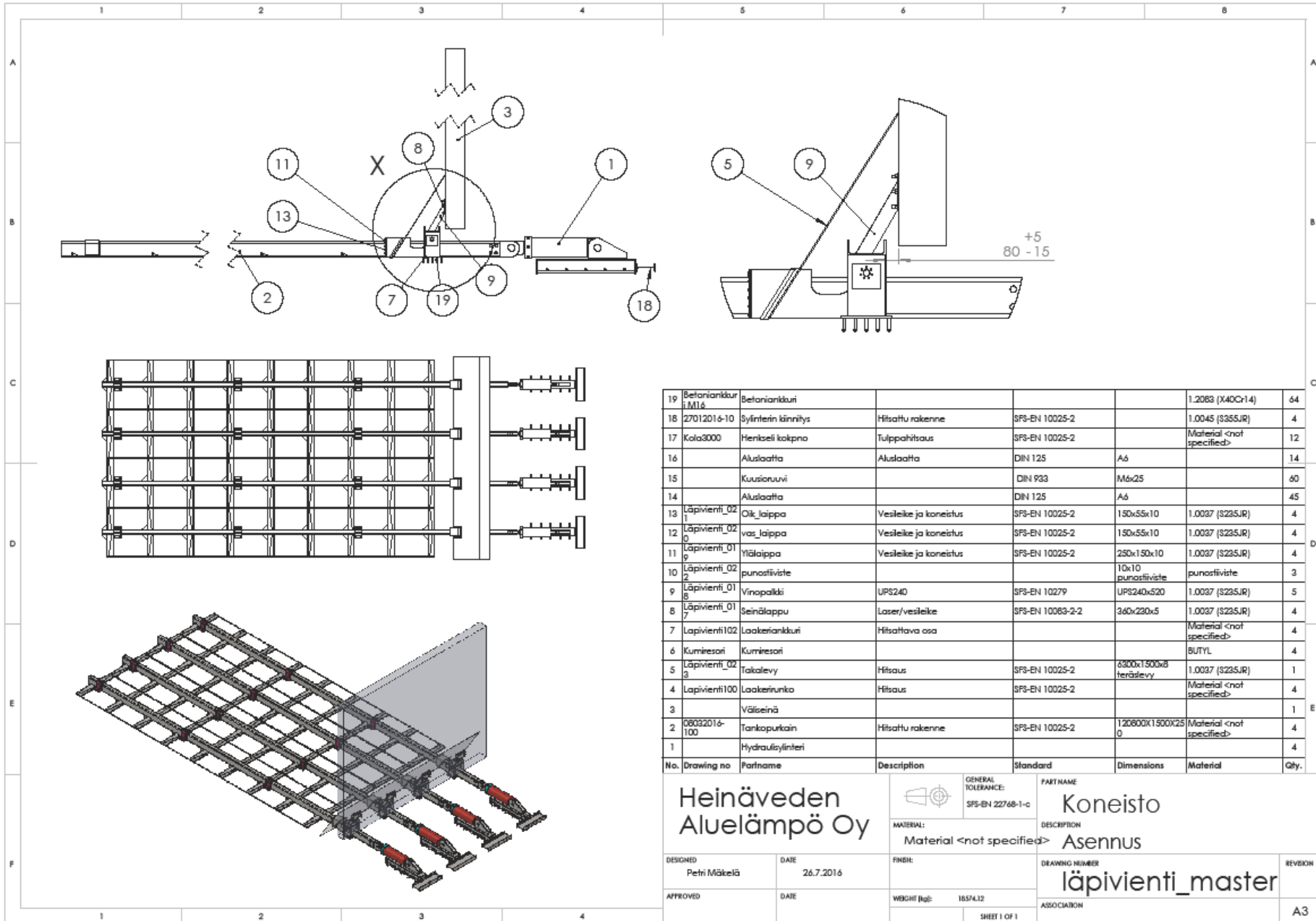
SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1

ASSOCIATION

A3



LIITE 6: SIILO



Heinäveden Aluelämpö Oy

GENERAL TOLERANCE: SFS-EN 22768-1-c

PART NAME: Koneisto

DESCRIPTION: Material <not specified> Asennus

DESIGNED: Petri Mäkelä DATE: 26.7.2016

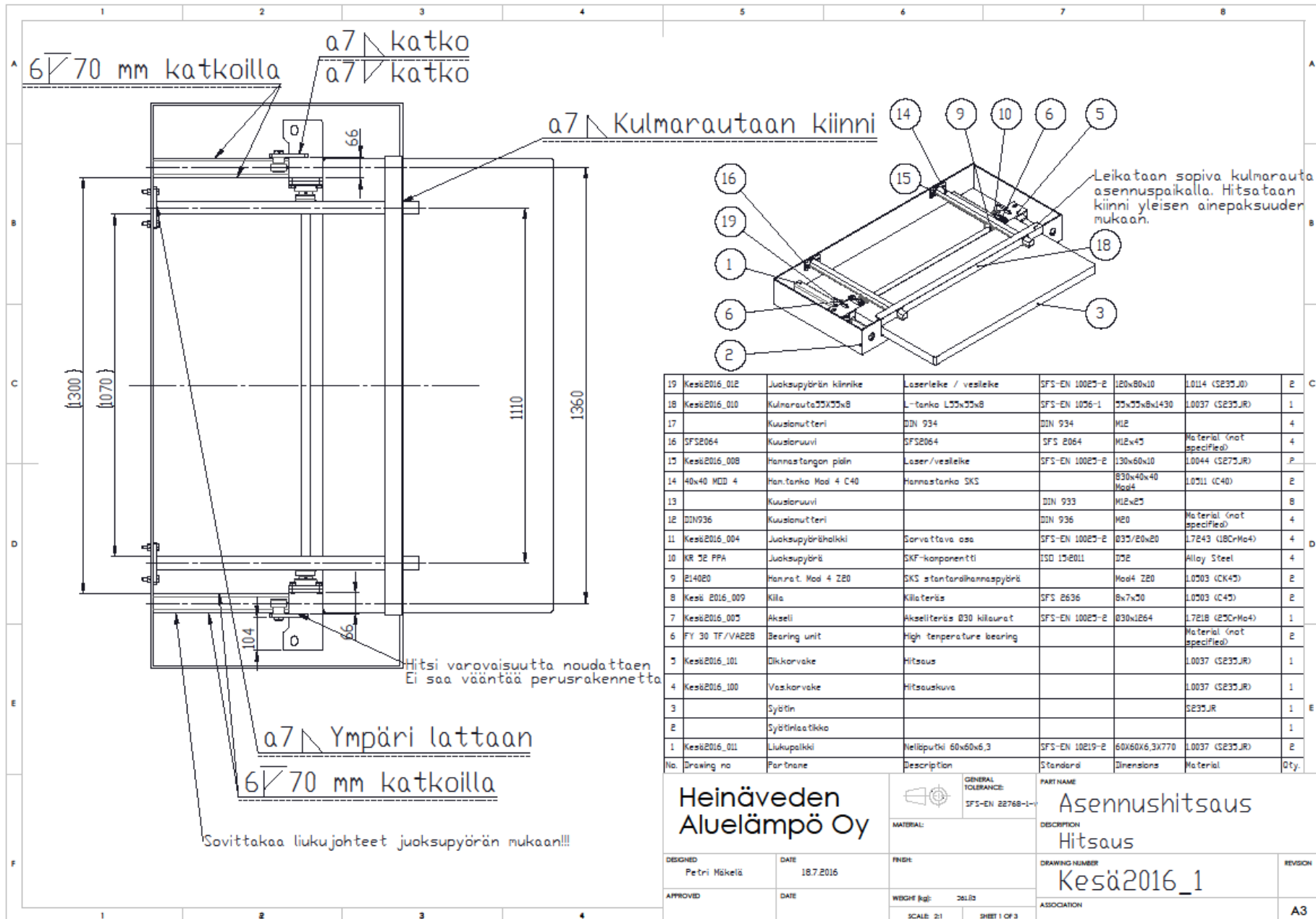
APPROVED: DATE:

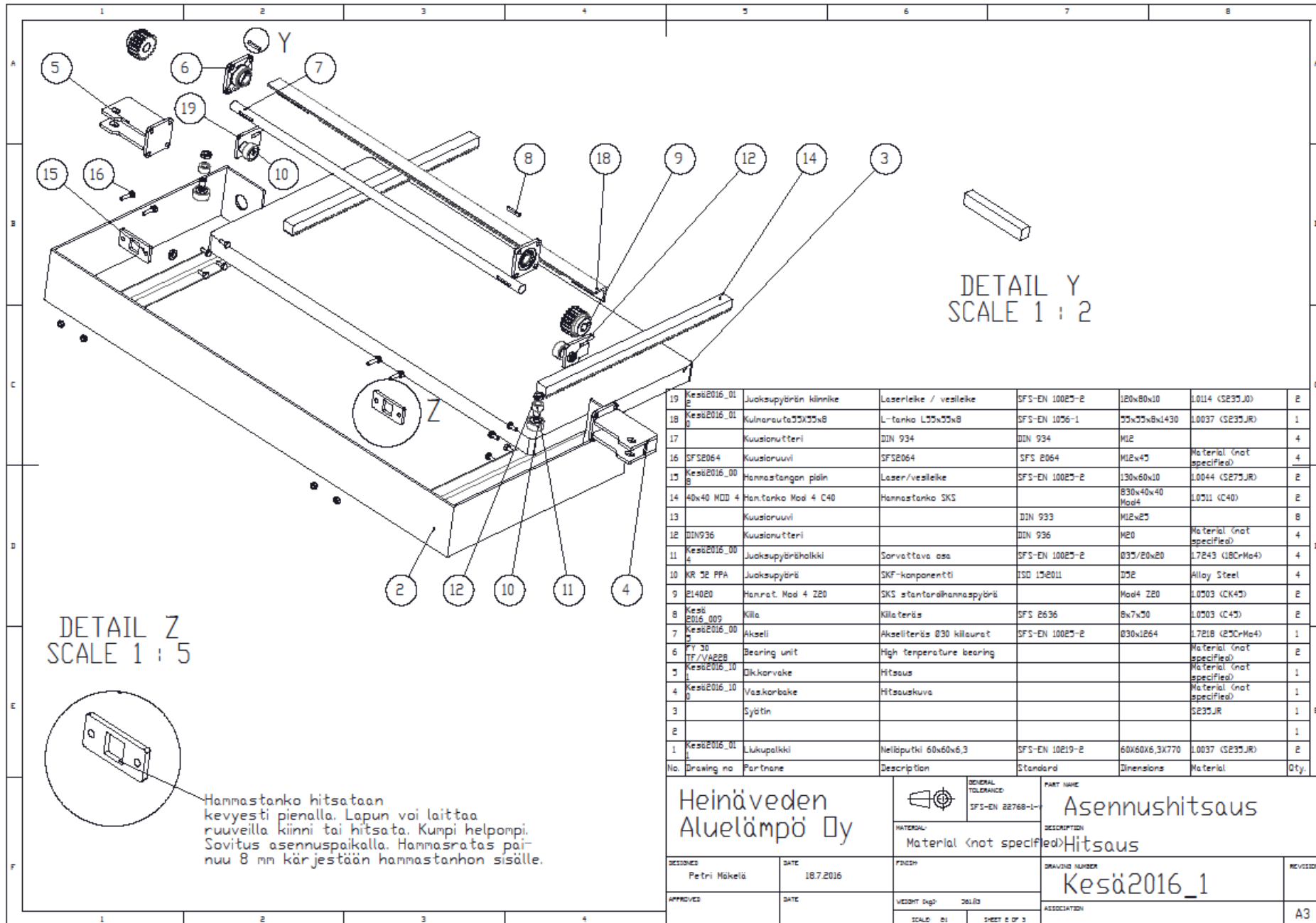
FINISH: DRAWING NUMBER: läpivienti\_master

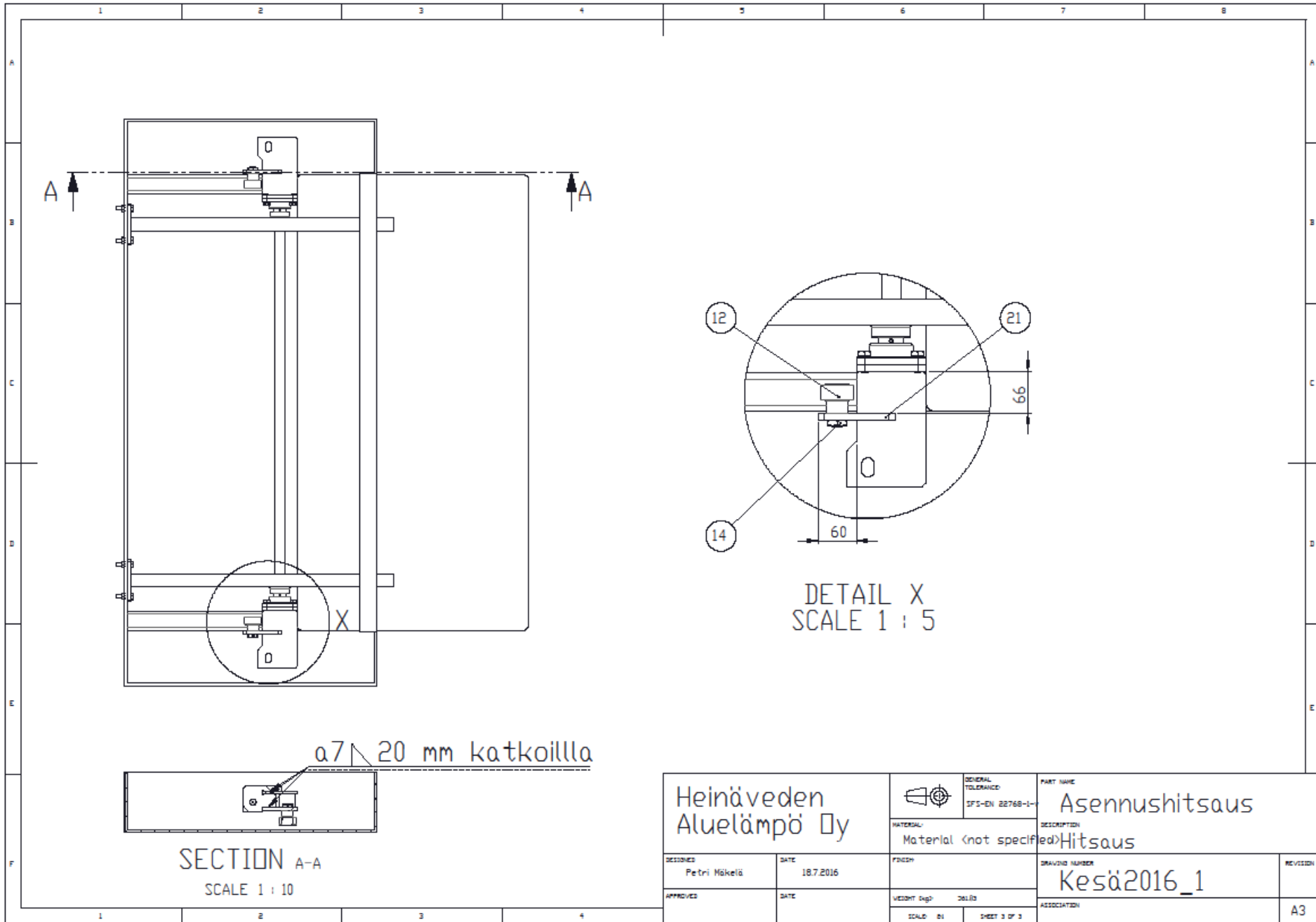
WEIGHT kg: 16574.12 ASSOCIATION: A3

SHEET 1 OF 1

## LIITE 7: ARIMAX- KATTILAN HAKESYÖTTIMEN TYÖPIIRRUSTUKSIA

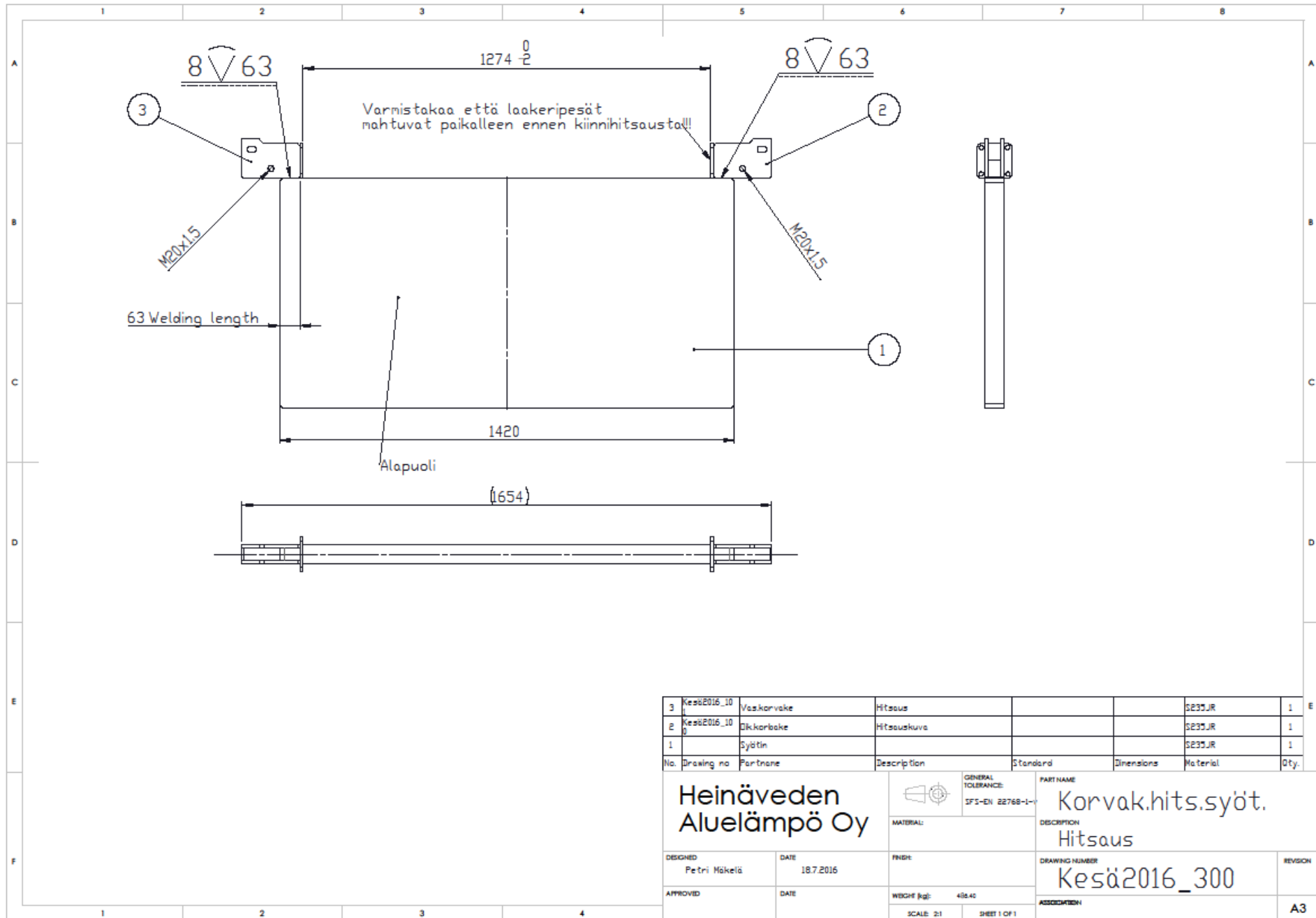


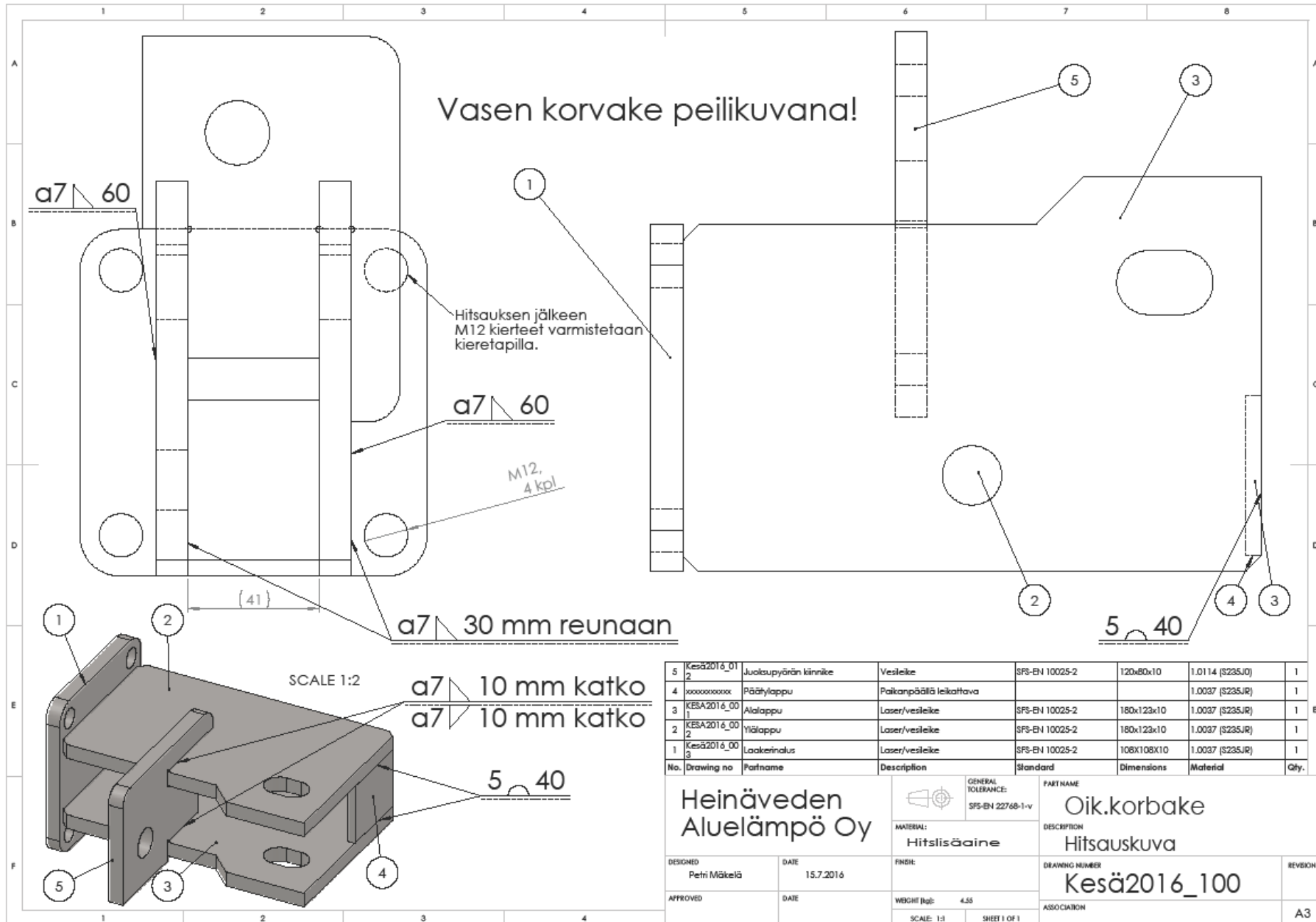




|                            |  |                                       |                               |                 |
|----------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| HEINÄVEDEN<br>ALUELÄMPÖ OY |  | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1- | PART NAME:<br>Asennushitsaus  |                 |
| SECTIONED<br>Petri Mäkelä  |  | MATERIAL:<br>Material (not specified) | DESCRIPTION:<br>Hitsaus       |                 |
| DATE:<br>18.7.2016         |  | FINISH:                               | DRAWING NUMBER:<br>Kesä2016_1 | REVISION:<br>A3 |
| APPROVED:                  |  | WEIGHT kg: 06,03                      | ASSOCIATION:                  |                 |
|                            |  | SCALE: EN                             | SHEET 3 OF 3                  |                 |

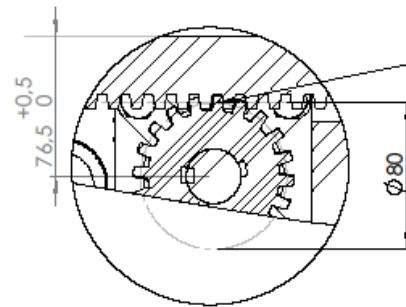
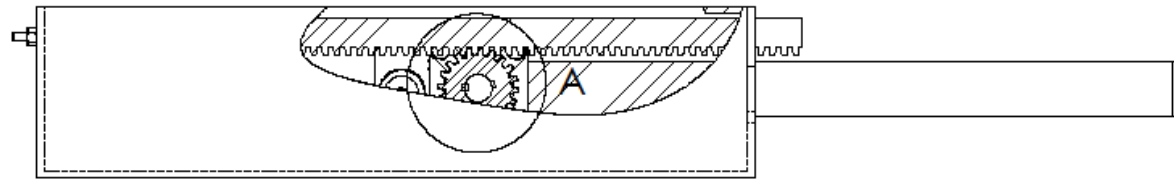







| 5   | Kesä2016_01_2 | Juoksupyörän kiinnike | Vesileike               | SFS-EN 10025-2 | 120x80x10  | 1.0114 (S235J0) | 1    |
|-----|---------------|-----------------------|-------------------------|----------------|------------|-----------------|------|
| 4   | xxxxxxxxxx    | Päähyläpappi          | Paikanpäällä leikattava |                |            | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 3   | KESA2016_00_1 | Alalappu              | Laser/vesileike         | SFS-EN 10025-2 | 180x123x10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 2   | KESA2016_00_2 | Ylälappu              | Laser/vesileike         | SFS-EN 10025-2 | 180x123x10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| 1   | Kesä2016_00_3 | Laakerinalus          | Laser/vesileike         | SFS-EN 10025-2 | 108X108X10 | 1.0037 (S235JR) | 1    |
| No. | Drawing no    | Partname              | Description             | Standard       | Dimensions | Material        | Qty. |

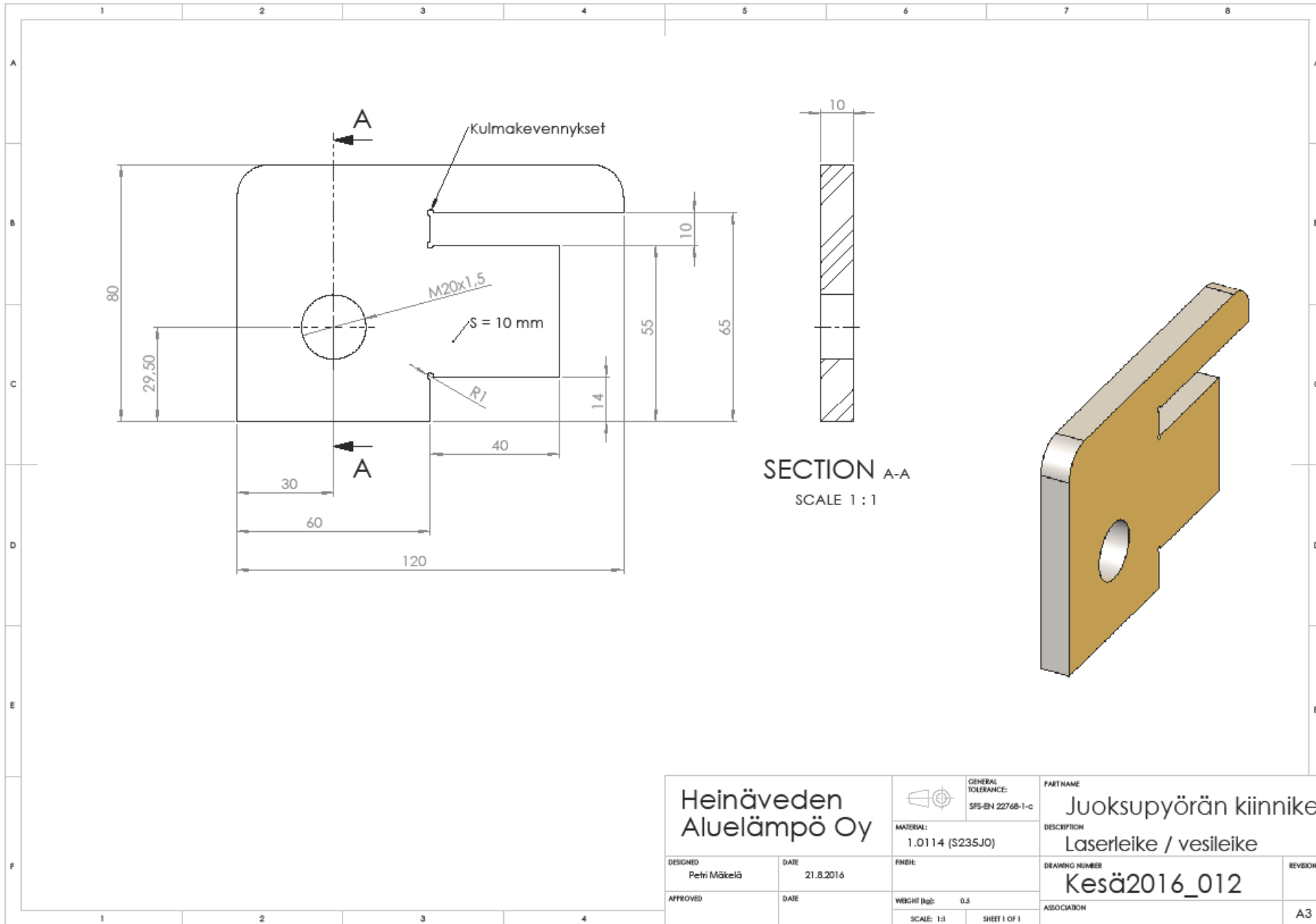
|                                |  |  |  |                                       |                       |
|--------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|-----------------------|
| <b>Heinäveden Aluelämpö Oy</b> |  | GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-v |  | PARTNAME<br><b>Oik.korbake</b>        |                       |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä       |  | DATE<br>15.7.2016                      |  | DESCRIPTION<br>Hitsauskuva            |                       |
| APPROVED                       |  | DATE                                   |  | DRAWING NUMBER<br><b>Kesä2016_100</b> |                       |
|                                |  | WEIGHT (kg): 4.55                      |  | ASSOCIATION                           |                       |
|                                |  | SCALE: 1:1                             |  | SHEET 1 OF 1                          |                       |
|                                |  |  |  |                                       | REVISION<br><b>A3</b> |



Jakoympyrä on hammastangon jakosuoran tangentti  
Siis käytännössä hammaspyörä "uppoaa" hieman alle 8 mm hammastangon sisään.

DETAIL A  
SCALE 2 : 5

|                                    |                   |   |  |           |
|------------------------------------|-------------------|---|--|-----------|
| <b>Heinäveden<br/>Aluelämpö Oy</b> |                   | <br>GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-w | PART NAME<br><b>Hammaspyörän<br/>asemointi</b> |           |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä           | DATE<br>18.7.2016 | MATERIAL:   | DRAWING NUMBER<br><b>Kesä2016_1</b>            | REVISION  |
| APPROVED                           | DATE              | WEIGHT (kg): 561.23<br>SCALE: 1:5   | ASSOCIATION                                    | <b>A3</b> |
| SHEET 1 OF 1                       |                   |   |  |           |



Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL  
TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-c

PARTNAME

Juoksupyörän kiinnike

DESCRIPTION

Laserleike / vesileike

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
21.8.2016

FINISH:

DRAWING NUMBER

Kesä2016\_012

REVISION

APPROVED

DATE

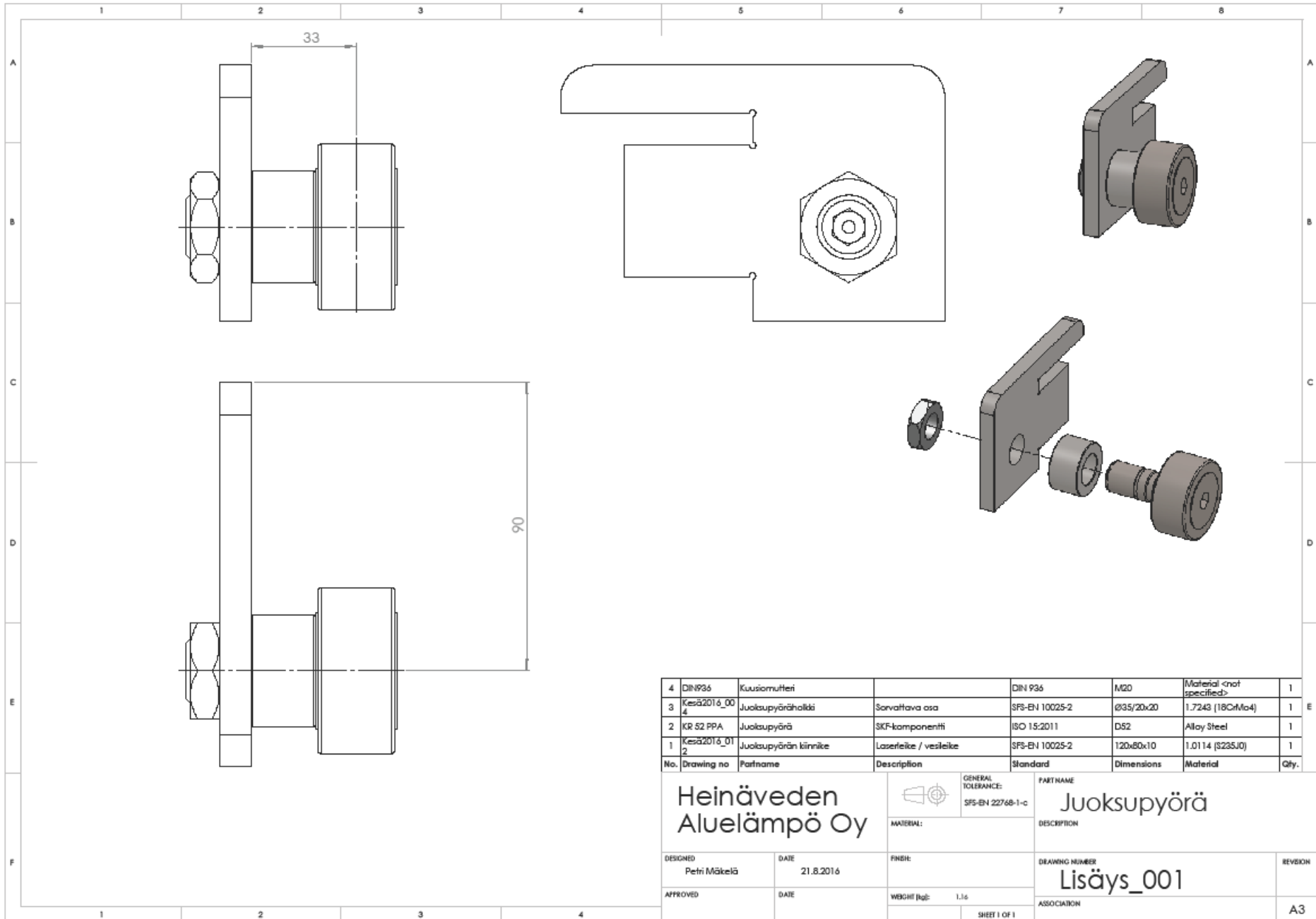
WEIGHT (kg): 0.5

ASSOCIATION


SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

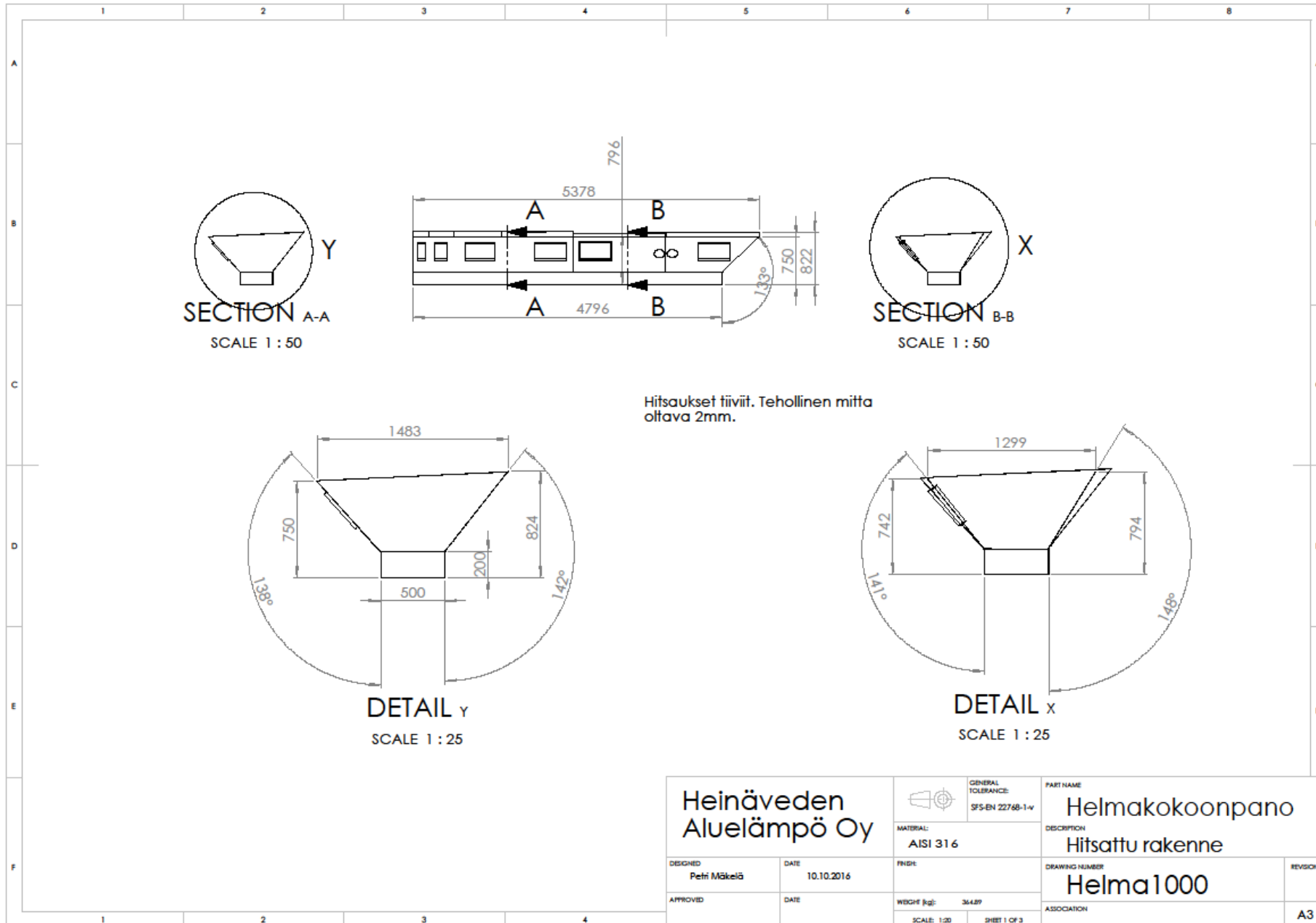
A3

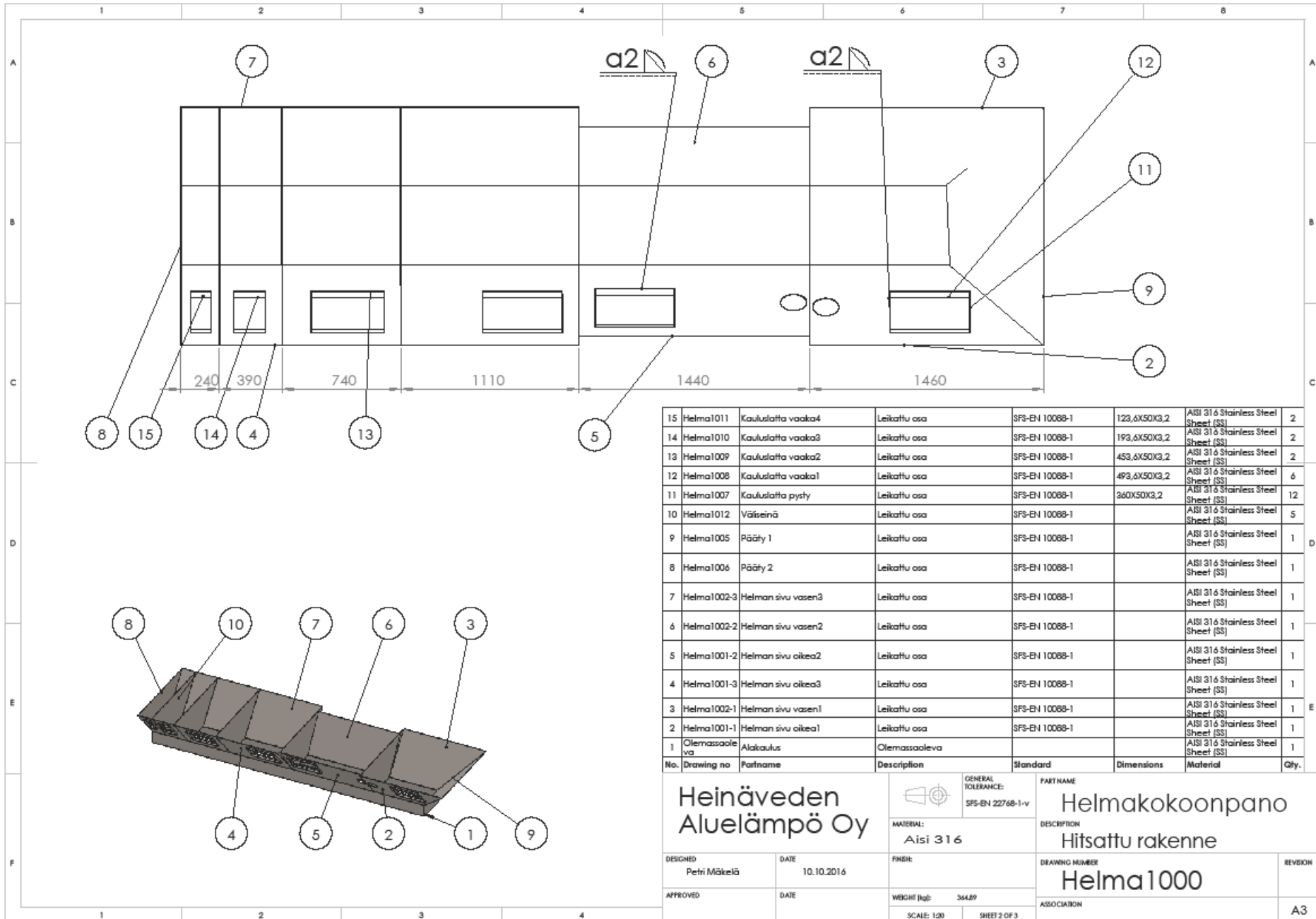


| 4   | DIN936        | Kuusiomutteri         |                        | DIN 936        | M20        | [Material <not specified>] | 1    |
|-----|---------------|-----------------------|------------------------|----------------|------------|----------------------------|------|
| 3   | Kesä2016_00_4 | Juoksupyörähalkki     | Sorvattava osa         | SFS-EN 10025-2 | Ø35/20x20  | 1.7243 (18CrMo4)           | 1    |
| 2   | KR 52 PPA     | Juoksupyörä           | SKF-komponentti        | ISO 15:2011    | D52        | Alloy Steel                | 1    |
| 1   | Kesä2016_01_2 | Juoksupyörän kiinnike | Laserleike / vesileike | SFS-EN 10025-2 | 120x60x10  | 1.0114 (S235J0)            | 1    |
| No. | Drawing no    | Partname              | Description            | Standard       | Dimensions | Material                   | Qty. |

|                                |  |   |  |
|--------------------------------|--|---|--|
| <b>Heinäveden Aluelämpö Oy</b> |  | <br>GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-c | PART NAME<br><b>Juoksupyörä</b>                              |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä       |  | DATE<br>21.8.2016   | DESCRIPTION<br>FINISH<br>DRAWING NUMBER<br><b>Lisäys_001</b> |
| APPROVED                       |  | DATE  | WEIGHT [kg]: 1,16<br>ASSOCIATION<br>SHEET 1 OF 1             |
|                                |  |   | REVISION<br>A3   |

LIITE 8: EKOPOINT- KATTILAN HELMANKORJAUS PIIRRUSTUKSIA





Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-v

PART NAME

Helmakokoonpano

MATERIAL:  
Aisi 316

DESCRIPTION

Hitsattu rakenne

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
10.10.2016

FINISH:

DRAWING NUMBER

Helma 1000

APPROVED

DATE

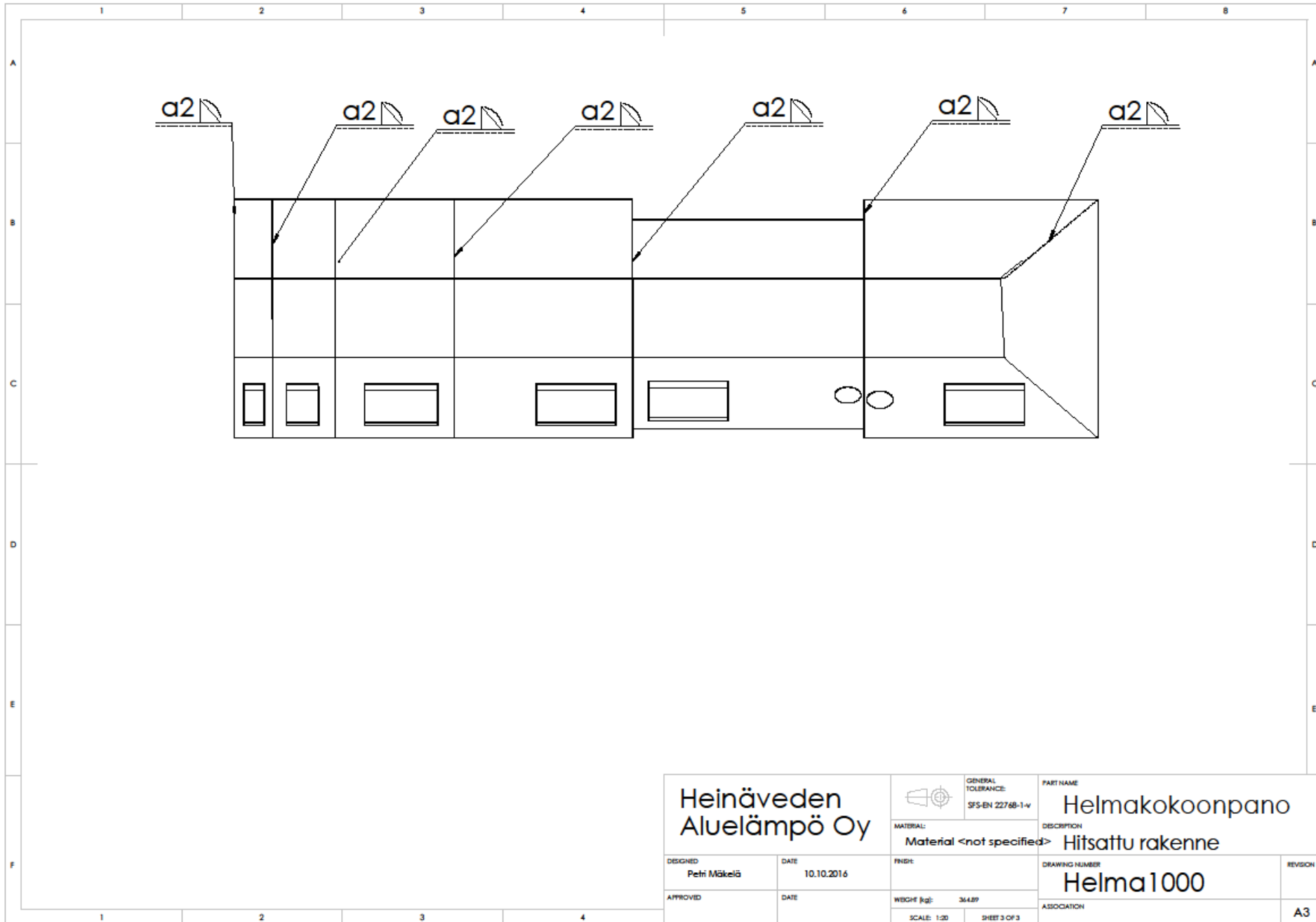
WEIGHT [kg]: 354,89

ASSOCIATION

A3

SCALE: 1:20 SHEET 2 OF 3

REVISION



Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL  
TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-v

PART NAME

Helmakoonpano

MATERIAL:

Material <not specified>

DESCRIPTION

Hitsattu rakenne

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
10.10.2016

FINISH:

DRAWING NUMBER

Helma1000

REVISION

APPROVED

DATE

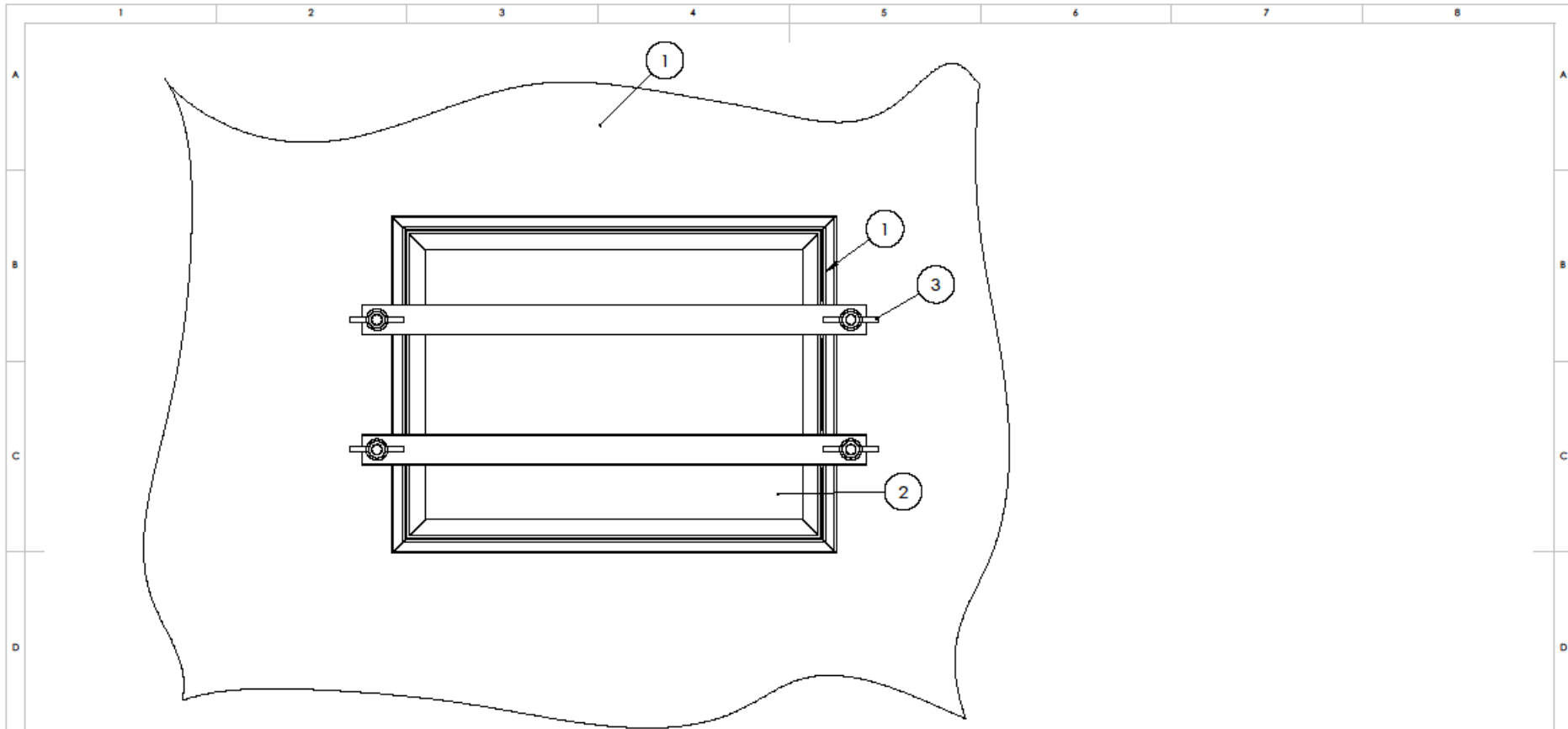
WEIGHT [kg]: 364,89

ASSOCIATION

SCALE: 1:20 SHEET 3 OF 3

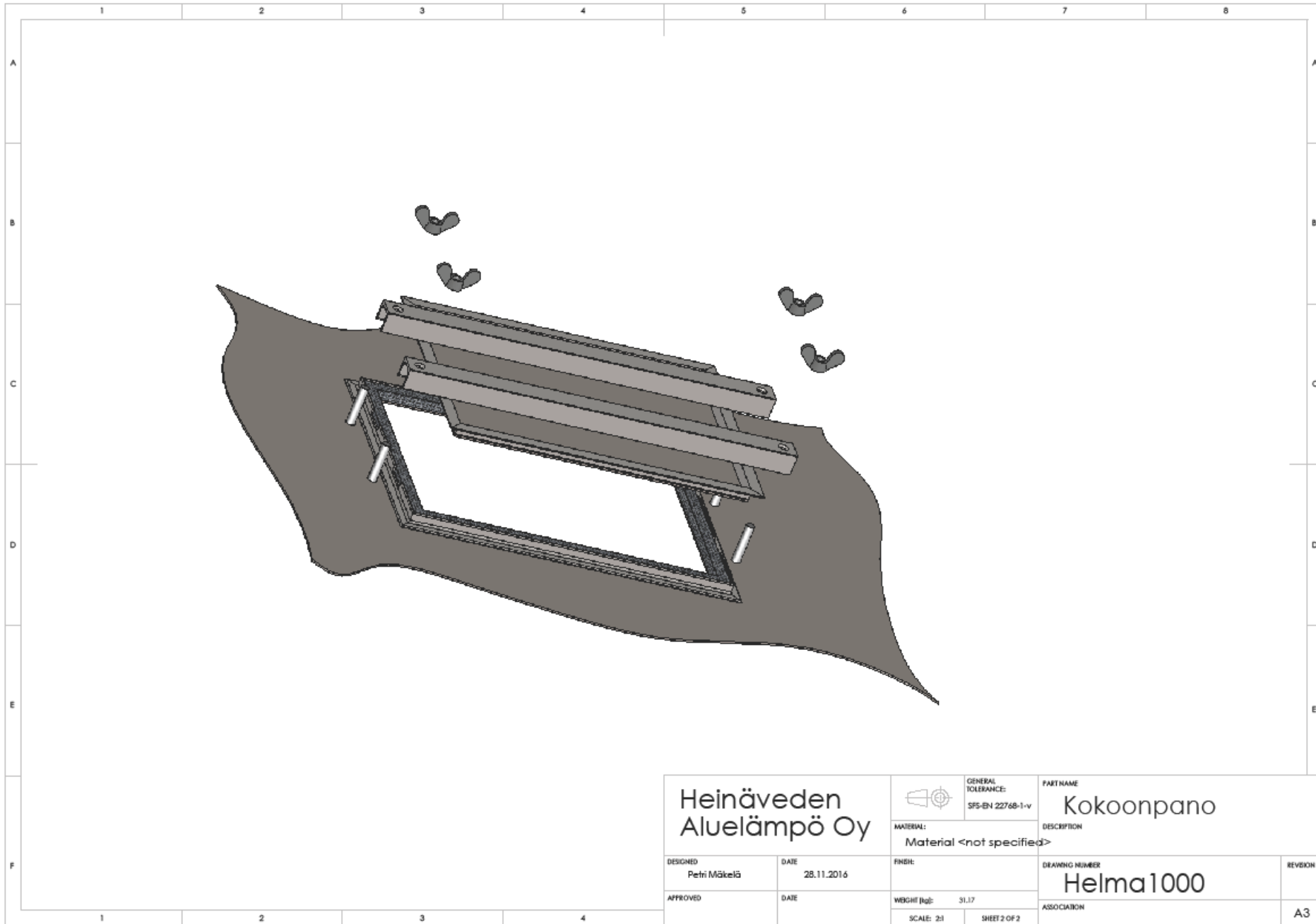
A3




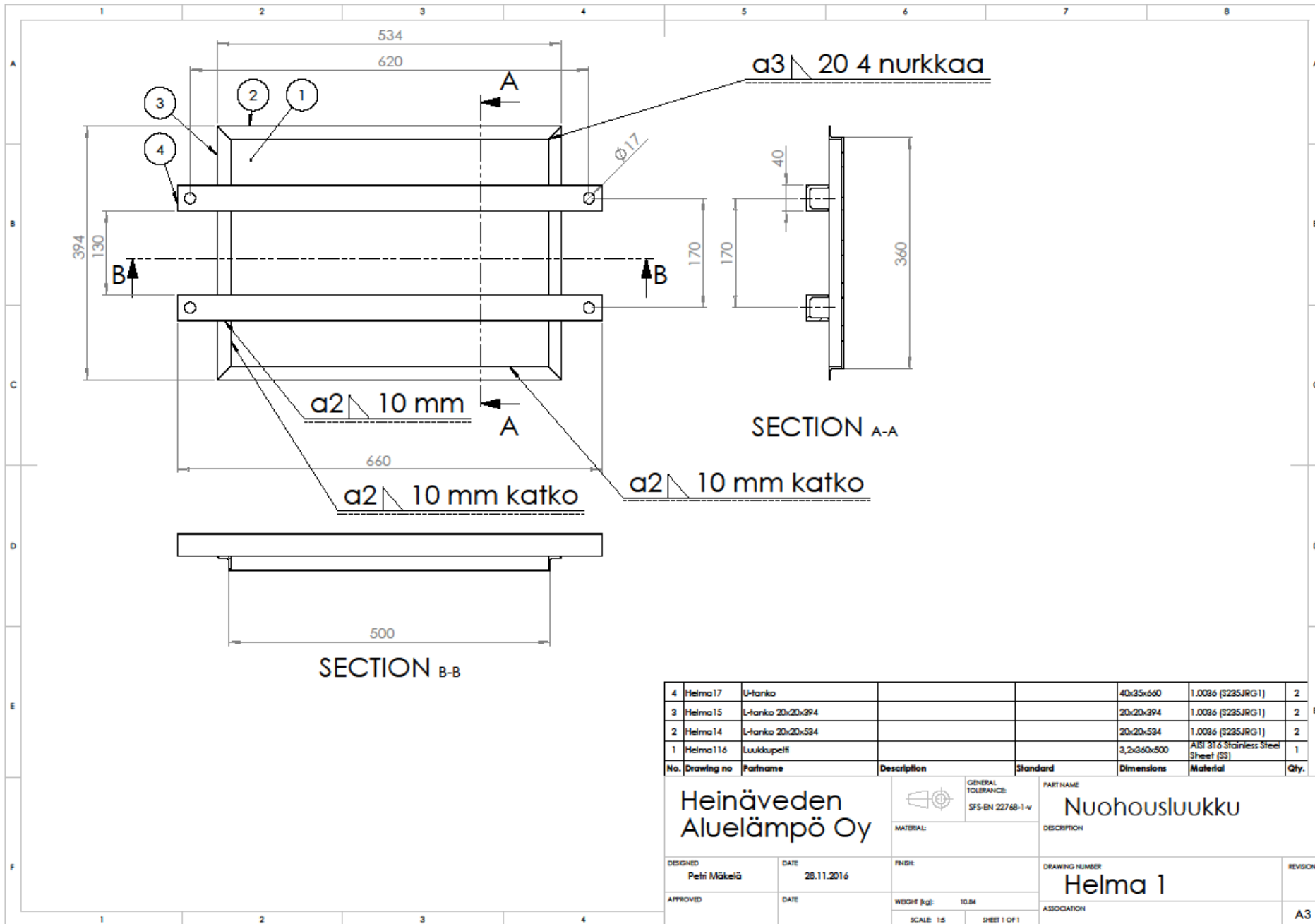


| 3   |            | Säpimutteri M16 |             | DIN 315  | M16        |                          | 5    |
|-----|------------|-----------------|-------------|----------|------------|--------------------------|------|
| 2   | Helma 1    | Nuohausluukku   |             |          |            | Material <not specified> | 1    |
| 1   | Helma10    | Vaipankaulus    |             |          |            | Material <not specified> | 1    |
| No. | Drawing no | Partname        | Description | Standard | Dimensions | Material                 | Qty. |

|                                |  |   |                                |                                  |
|--------------------------------|--|---|--------------------------------|----------------------------------|
| <b>Heinäveden Aluelämpö Oy</b> |  | <br>GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-v | PART NAME<br><b>Kokoonpano</b> |                                  |
| DESIGNED<br>Petri Mäkelä       |  | MATERIAL:<br>Material <not specified>   |                                | DESCRIPTION<br><b>Helma 1000</b> |
| DATE<br>28.11.2016             |  | FINISH<br>DRAWING NUMBER<br><b>Helma 1000</b>   |                                | REVISION                         |
| APPROVED                       |  | WEIGHT [kg]: 31.17  |                                | ASSOCIATION<br><b>A3</b>         |
|                                |  | SCALE: 2:1  |                                | SHEET 1 OF 2                     |



|                            |            |  |              |                |
|----------------------------|------------|--|--------------|----------------|
| Heinäveden<br>Aluelämpö Oy |            |  GENERAL TOLERANCE:<br>SFS-EN 22768-1-v | PART NAME    |                |
|                            |            |  | Kokoonpano   |                |
| DESIGNED                   |            | MATERIAL:  |              | DESCRIPTION    |
| Petri Mäkelä               | DATE       | Material <not specified>   |              |                |
|                            | 28.11.2016 | FINISH:  |              | DRAWING NUMBER |
| APPROVED                   | DATE       | WEIGHT (kg): 31,17   |              | Helma1000      |
|                            |            | SCALE: 2:1   | SHEET 2 OF 2 | ASSOCIATION    |
|                            |            |  |              | A3             |



| No. | Drawing no | Partname          | Description | Standard | Dimensions  | Material                            | Qty. |
|-----|------------|-------------------|-------------|----------|-------------|-------------------------------------|------|
| 4   | Helma17    | U-hanko           |             |          | 40x35x660   | 1.0084 (S235JRG1)                   | 2    |
| 3   | Helma15    | L-hanko 20x20x394 |             |          | 20x20x394   | 1.0084 (S235JRG1)                   | 2    |
| 2   | Helma14    | L-hanko 20x20x534 |             |          | 20x20x534   | 1.0084 (S235JRG1)                   | 2    |
| 1   | Helma116   | Luukkupelti       |             |          | 3,2x360x500 | AISI 316 Stainless Steel Sheet (SS) | 1    |

Heinäveden  
Aluelämpö Oy



GENERAL TOLERANCE:  
SFS-EN 22768-1-w

PART NAME  
**Nuohousluukku**

DESIGNED  
Petri Mäkelä

DATE  
28.11.2016

FNDR:

DRAWING NUMBER  
**Helma 1**

REVISION

APPROVED

DATE

WEIGHT (kg): 10,84

ASSOCIATION

A3

SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1