

**Jani Koski**

**METALLITULOSTIMEN SUODATTIMIEN JA MATERIAALIN  
JÄLKIKÄSITTELY**

**Vesityskärryn 3D-suunnittelu sekä jälkikäsitteilyprosessin kuvaus**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Toukokuu 2020**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Toukokuu 2020	<b>Tekijä/tekijät</b> Jani Koski
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> METALLITULOSTIMEN SUODATTIMIEN JA MATERIAALIN JÄLKIKÄSITTELY Vesityskärryn 3D-suunnittelu ja jälkikäsitteilyprosessin kuvaus		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 24 + 10
<b>Työelämäohjaaja</b> Jari Tirkkonen Pekka Takanen		
<p>Opinnäytetyö toteutettiin Nivalan teollisuuskylässä sijaitsevalle ELME Studiolle. Työn aiheena oli metallitulostimen suodattimien vaihdon yhteyteen rakennettavan liikuteltavan valuma-altaan 3D-suunnittelu. Liikuteltavan valuma-altaan avulla pyrittiin helpottamaan suodattimien vaihtoa ja tekemään prosessista mahdollisesti alkuperäistä tilannetta siistimpi. Työn tavoitteena oli suunnitella valuma-allas ja tehdä siitä valmiit piirustukset, joiden pohjalta asiakas voisi valmistaa tuotteen omaan käyttöönsä. Suunnittelussa huomioitiin yrityksen käyttötarpeet valuma-altaalle, sekä käytettävissä olevat tilat otettiin huomioon kärryn mittoja suunnitellessa.</p> <p>Suunnittelutyön ohessa tutustuttiin myös metallitulostuksen jälkikäsitteilyyn, josta tehtiin opinnäytetyöhön kuvaus prosessista. Jälkikäsitteilyprosessin kuvaus sisältää suodattimien jälkikäsitteilyn materiaali-vaihdon yhteydessä sekä tarkemman kuvauksen vesitysprosessista. Prosessiin liittyen mitattiin myös poistetuista suodattimista syntyvien päästöjen määrää ja laatua. Laitteet tähän löytyivät Centria-ammattikorkeakoulun Kokkolan kampuksen laboratorion.</p>		

<b>Asiasanat</b> jälkikäsitteily, metallin tulostus, suodatin, valuma-allas, vesityskärri
--

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> May 2020	<b>Author</b> Jani Koski
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> POST-PROCESSING OF METAL PRINTER FILTER AND POWDER 3D design of a watering cart and post-processing description		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela Sakari Pieskä		<b>Pages</b> 24 + 10
<b>Supervisor</b> Jari Tirkkonen Pekka Takanen		
<p>Thesis was made directly for ELME Studio, locating at Industrial Park in Nivala. Subject of this thesis was 3D designing of a movable catchment basin for filter replacement process. This watering cart would make the replacing of filters easier and it would also make the process possibly cleaner than it was before. The aim was to design a watering cart with a catchment basin and create technical drawings of it so the client could manufacture it for their usage. During designing it was important to consider the company's needs of use for the watering cart. It was also important to pay attention to the space where the cart would be used so the measures would be correct, and the cart can fit through every door.</p> <p>During the designing process attention was paid to the post-processing of metal printing. This thesis involves a description of the post-processing of filters and metal powder. There is also a more detailed description of the watering process of the filters. Emissions from the removed filters were also measured for the process description. The equipment for measuring the emissions are in Centria University of Applied Sciences' laboratory at Kokkola.</p>		

<p><b>Key words</b> catchment basin, filter, metal printing, post-processing, watering cart</p>
---

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ELME Studio</b> .....	<b>2</b>
<b>3 3D-MALLINTAMINEN</b> .....	<b>3</b>
<b>4 3D-TULOSTUS</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1 Muovin tulostaminen</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2 Metallin tulostus ja käytettävät materiaalit</b> .....	<b>6</b>
<b>4.3 SLM – Selective Laser Melting</b> .....	<b>7</b>
<b>5 JÄLKIKÄSITTELYPROSESSI</b> .....	<b>9</b>
<b>5.1 Suodattimien jälkikäsitteily ja vesitysprosessi.</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2 Suodattimen vesityksestä syntyvät päästöt</b> .....	<b>12</b>
<b>6 LIIKUTELTAVA VESITYSKÄRRY</b> .....	<b>14</b>
<b>6.1 Lähtötilanne</b> .....	<b>14</b>
<b>6.2 Suunnitteluprosessi</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3 Kärryn 3D-mallinnus</b> .....	<b>17</b>
<b>7 LOPPUTULOS</b> .....	<b>18</b>
<b>8 POHDINTA</b> .....	<b>22</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>23</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Jauhemateriaalin prosessikaavio .....	9
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Koordinaattiakselit SolidWorks-mallinnusohjelmassa .....	3
KUVA 2. ELME Studiolla käytössä oleva SLM 280 <sup>HL</sup> tulostin.....	7
KUVA 3. PSM 100 -siivilöintilaitteisto .....	8
KUVA 4. H13 suodattimet (yllä) ja H14 suodatin (alla) .....	10
KUVA 5 Täyttöventtiili .....	11
KUVA 6. Poistoventtiili .....	11
KUVA 7. Kotelosta tyhjennetty massa sekä poistettu suodatin .....	12
KUVA 8. Ensimmäinen 3D-malli vesityskärrystä .....	15
KUVA 9. Lopullinen vesityskärry 3D-mallina .....	16
KUVA 10. 3D-malli taittokehikosta ja lukitukseen käytettävistä jousitapeista .....	16
KUVA 11. 3D-malli uudesta taittokehikon lukituksesta .....	18
KUVA 12. Valmis vesityskärry .....	19
KUVA 13. Puhdistusimuri valmiina pesuun .....	20
KUVA 14. Imurin suodattimen osat levitettynä ritilöiden päälle .....	21

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on metallin tulostimen jälkikäsittelyprosessissa suodattimien vaihdossa käytettävän vesityskärryn suunnittelu ja materiaalin jälkikäsittelyprosessin kuvaus. Opinnäytetyön alussa käsittelen yleisesti 3D-mallinnusta sekä erilaisia materiaalia lisäävän tulostuksen menetelmiä. Käyn läpi jonkin verran yleisimpiä metallin tulostuksessa käytettäviä materiaaleja sekä niiden vaatimuksia. Kirjoitan myös Selective Laser Melting -menetelmästä ja SLM-Solutions -yrityksestä. Esimerkkilaitteena metallitulostimesta käytän ELME Studiollakin käytössä olevaa SLM 280 HL -tulostinta.

Käsittelen opinnäytetyössä myös jälkikäsittelyprosessia, josta teen kuvauksen pääpiirteittäin. Jälkikäsittelyprosessin kuvauksen jälkeen keskityn vielä tarkemmin suodattimien jälkikäsittelyyn ja tarkennan myös suodattimien vesitysprosessin kulkua sekä sen tarkoitusta. Centrian Kokkolan kampuksen laboratoriosta löytyi mittalaitteita, jossa pystyttiin selvittämään irrotetuista suodattimista syntyvien päästöjen määrää sekä laatua. Tämän lisätutkimuksen perusteella ELME Studio voisi kehittää mahdollisia järjestelymuutoksia poistettujen suodattimien säilöntään.

Jälkikäsittelyprosessia varten suunnittelin ELME Studion käyttöön liikuteltavan valuma-altaan. Tämän ideana oli helpottaa ja selkeyttää suodattimien vesitysprosessia. Suunnittelutyötä tehtiin tiiviissä yhteistyössä ELME Studion kanssa ja välikatselmuksia pidettiin kerran viikossa. Näiden katselmuksien avulla pysyivät kaikki selvillä työn etenemisestä, sekä sain itsekin jatkuvasti palautetta suunnittelun osalta. Suunnittelun aikana oli pidettävä koko ajan mielessä kärryn käyttötarkoitus, sillä tämä liikuteltava valuma-allas tulisi ELME Studion omaan käyttöön. Kärryn mittoja suunnitellessa oli huomioitava käytävissä olevat tilat ja mitattava, että kärry mahtuisi kaikista tarvittavista ovista ulos. Myös kärryn paino oli pyrittävä pitämään maltillisena, jotta sitä pystyisi mahdollisesti käyttämään jopa yksin tai siten, että enintään kaksi ihmistä tarvittaisiin kärryn operoimiseen.

Suunnittelutyön päätteeksi valmistin piirustukset valuma-alaalle tulevasta kärrystä. ELME Studio sai piirustukset itselleen ja vesityskärryn valmistus suoritettiin Nivalan ammattiopiston metallialan harjoittelijoiden avustuksella. Opinnäytetyön lopussa pohdin vielä työn onnistuneisuutta sekä valmiin valuma-allasjärjestelmän käytännön hyötyjä testikäytön perusteella.

## 2 ELME Studio

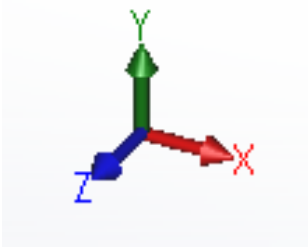
Nivalan Teollisuuskylä Oy/ELME Studio on Nivalassa toimiva elektroniikan, mekaniikan ja metallin tuotantostudio. ELME Studioon kuuluvat tutkimuslaboratorio laitteineen, Koulutuskeskus JEDUn toimintaympäristöt, Nivalan Teknologiaakeskus NITEK, Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutti, ammattikorkeakoulut sekä tiiviissä yhteistyössä toimivat alueen yritykset. (Nihak 2020.)

ELME Studion palveluihin kuuluvat yrityksille annettavat tutkimus ja kehitys, laboratoriopalvelut, koulutus sekä liiketoiminnan kehittäminen. Tutkimus- ja kehitystoiminnan hankkeiden päävastuu on Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutin FMT-tutkimusryhmällä. Tutkimusryhmän nimi tulee sanoista Future Manufacturing Technologies. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tarkoituksena on ratkaista yritysten tuotantoon sekä tuotteisiin liittyviä ongelmia. Myös uuden teknologian hyödyntämisen mahdollisuuksia pyritään selvittämään suunnittelu- ja tuotantoprosesseissa. ELME Studio toimii yhteistyössä Koulutuskeskus JEDUn kanssa pyrkien näin osaltaan varmistamaan riittävän metallialan osaajien määrän alueella. (ELME Studio 2020.)

ELME Studiolta löytyy myös laaja valikoima laadukkaita työstövälineitä, joiden avulla voidaan valmistaa esimerkiksi yrityksille protokappaleita sekä työstövälineitä. Työvälinevalmistusta varten ELMellä on käytössä 5-akselinen suurnopeustyöstökeskus TajMac ZPS MCFV 1060 Contour. Laadunvarmistuslaitteistona löytyy 3D-koordinaattimittauskone/Zeiss Carmet C6 CNC/3000/1600/2100 mm, Keyence VHX200 järjestelmämikroskooppi ja Instron servohydraulinen aineenkostustuslaitteisto +/-250kN. Tilloissa on myös Trumpf Laser HLD 4002 ja TRUDISK 3001 laserlaitteistot Motoman ja ABB robottilaitteistolla. (ELME Studio 2020.)

### 3 3D-MALLINTAMINEN

3D-mallintamisella tarkoitetaan kappaleiden kolmiulotteista suunnittelua. Mallintamisen tavoitteena on, että kappaleen osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niillä on todellisuutta vastaavat ominaisuudet. Suunnittelu tapahtuu kuvan 1 mukaisessa, x-, y- ja z-koordinaattiakseleista koostuvassa kolmiulotteisessa avaruudessa. Koordinaattiakselit sijoittuvat tietokoneen näytölle siten, että x-akseli on samansuuntainen näytön alareunan kanssa, y-akseli näytön vasemman reunan kanssa ja z-akseli osoittaa näytöstä pois päin. (Tuhola & Viitanen 2008, 19.)



KUVA 1. Koordinaattiakselit SolidWorks-mallinnusohjelmassa

3D-malli on kolmiulotteinen tuote ja se vastaa ulkonäöltään sekä ominaisuuksiltaan lopullista tuotetta. Mallia voidaan tarkastella mallinnusohjelmassa monin eri tavoin, kuten esimerkiksi läpileikkauksilla ja erilaisilla malleilla. Mallinnusohjelmissa on usein myös työkaluja erilaisia kinemaattisia tarkasteluita varten. Kaikki lisenssit eivät myönnä käyttöoikeutta näille työkaluille, vaikka ne löytyisivätkin ohjelmasta. Kinemaattiset tarkastelut ovat esimerkiksi lujuusanalyysit ja liikerata- sekä törmäystarkastelut. (Tuhola & Viitanen 2008, 20-22, 122.)

3D-mallinnuksessa käytetään yleensä kolmea eri päätyyppiä: kappale-, levy- ja pintamallinnusta. Menetelmiä ei kuitenkaan eroavaisuuksiensa vuoksi käytetä yleensä samassa kappaleessa. Kappalemallinnuksessa muokataan valmiista umpinaista muotoa, käyttämällä pursotus- ja leikkaustyökaluja. Levymallinnuksessa tai ohutlevymallinnuksessa työstöpohjana käytetään nimensä mukaisesti levyä. Pintamallinnus on pääasiassa muotoilijoiden työkalu ja se perustuu mallin muotoiluun eri pintojen avulla. Tyypillisesti pintamallinnusta käytetään valamalla valmistettaviin tuotteisiin, kuten esimerkiksi puhelimen kuoriin. (Tuhola & Viitanen 2008, 26-30.)

Yksinkertaistettuna 3D-mallinnuksen työvaiheisiin kuuluvat lähtötietojen kartoittaminen, mallinnusohjelman esivalmistelu sekä tietenkin 3D-mallinnus. Lähtötietona voi olla joko valmis kappale tai luonnos, jota suunnittelija lähtee työstämään. Esivalmistelut sisältävät asiakastietojen syöttämisen järjestelmään, mallinnusohjelmaan syötetään mahdolliset asiakkaan piirustusohjelmat sekä tarvittavat määrittelyt. Mallinnusprosessi alkaa suunnittelijan luomalla sketsillä, josta luodaan osamalli. Erikseen luotuja osamalleja voi olla yhdessä kappaleessa useampia, tällöin puhutaan kokoonpanosta. Lopuksi kokoonpanosta ja osamalleista luodaan 2D-piirustukset tuotetietoineen ja osaluetteloineen. (Tuhola & Viitanen 2008, 19-20.)



## 4 3D-TULOSTUS

3D-tulostuksella tarkoitetaan materiaalia lisäävää tulostusta. Tulostus tapahtuu siten, että materiaalia lisätään kerroksittain, kunnes kappale on valmis. Tulostusmateriaaleina voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia muoveja, metalleja ja keramiikkaa. (Chekurov, Eklund, Kujanpää, Pekkarinen, Syrjälä, Vihinen 2017, 21-23.) Yleisimmin käytettäviä materiaaleja ovat kuitenkin erilaiset muovit sekä metallit. 3D-tulostus voidaan tehdä joko CAD-ohjelmalla mallinnetusta kappaleesta, tai laserskannatusta kappaleesta. Kummassakin tapauksessa malli on muutettava tulostimelle sopivaan tiedostomuotoon. Seuraavaksi malli siirretään toisen ohjelman kautta tulostimelle, tässä vaiheessa mallin määritellään mallin tulostusasento ja voidaan tarkistaa tukirakenteiden paikat. Kappaleen asennolla on myös vaikutusta tulostusaikaan, sillä korkeat kappaleet ovat usein hitaampia tulostettavia kuin matalat ja pinta-alaltaan isommat kappaleet.

Suomessakin materiaalia lisäävää valmistusta on ollut käytössä jo 1980-luvulta saakka. Kuitenkin alan nopea kehitys viime vuosina ja halpojen 3D-tulostimien lisääntyminen markkinoilla on herättänyt kiinnostusta alaan uudella tavalla. Aikaisemmin 3D-tulostusta käytettiin lähinnä prototyyppien valmistukseen, mutta nykyään laitteita löytyy yhä enemmän myös tuotannon parista. (Chekurov ym. 2017, 7-8.)

### 4.1 Muovin tulostaminen

Yleisimmin muovia tulostettaessa käytetään materiaalin pursotus- tai suihkutuksen menetelmää. Pursotusmenetelmässä materiaali, kuten esimerkiksi tulostuslanka, sulatetaan suuttimen läpi ja levitetään x-y-tasossa kerroksittain. Yleensä pursotusmenetelmää käytetään prototyyppikappaleisiin, mutta sillä on myös mahdollista tehdä kappaleita teollisuuskäyttöön kovista muoveista. Suihkutusmenetelmässä nestemäinen materiaali suihkutetaan tulostusalustalle ja kovetetaan UV-valolla. Menetelmällä on mahdollista tehdä erittäin tarkkoja kappaleita ja sillä voidaan myös sekoittaa kovuudeltaan eroavia materiaaleja samaan kappaleeseen. (Chekurov ym. 2017, 7-8.)

Jauhepetisulatus on yleisempi menetelmä metallia tulostettaessa. Muovikappaleissa jauhepetisulatuksen etuna muihin menetelmiin on se, ettei tukirakenteita tarvita lainkaan. Tämä mahdollistaa sen, että kappaleista voidaan tehdä monimutkaisempia kuin tavallisesti. Metallikappaleissa tukirakenteet kuitenkin

tarvitaan, sillä jauhe ei ole tarpeeksi tukevaa metallille. Menetelmää käytetään sekä prototyyppien tekemiseen että valmiiden tuotteiden valmistukseen. Käyttökohteita voivat olla esimerkiksi lääketieteessä käytettävät implantit, sekä lentokone- ja avaruusteollisuuden osat. (Chekurov ym. 2017, 9.) Kerron tarkemmin jauhepetisulatuksesta seuraavassa luvussa, joka käsittelee tarkemmin metallin tulostusta.

## 4.2 Metallin tulostus ja käytettävät materiaalit

Metallin tulostuksessa käytetään materiaalina erittäin hienojakoista jauhetta. Menetelmässä hienojakoisen jauhemateriaali levitetään tulostusalustalle, minkä jälkeen lasersäde skannaa ja sulattaa kappaleen poikkileikkauksen muodon. Tulostusalusta laskee jauhekerroksen paksuuden verran, joka on metalleilla yleensä 0,02 – 0,05 mm. Tätä työkiertoa toistetaan siihen saakka, kunnes kappale on valmis. Kappaleeseen tulostetaan myös yleensä tukimateriaalit, sillä jauhe itsessään ei toimi tukevana materiaalina. (Chekurov ym. 2017, 9.) Tuotantoajon valmistuttua poistetaan ylimääräinen jauhe tulostusalustan päältä imurilla. Jauhe voidaan käyttää uudelleen siivilöinnin jälkeen, näin hukkamateriaalin määrä jää mahdollisimman vähäiseksi. Luvussa 4.3 esittelen myös ELMELLä käytössä olevan SLM 280<sup>HL</sup> -tulostimen.

Yleensä tulostimessa on irrotettava tulostusalusta kappaleiden irrotuksen helpottamiseksi. Kappaleiden irrotus alustasta vaatii mekaanista työstöä. Kappaleen irrotukseen käytetään usein joko lankasahaa tai vannesahaa. Lankasahan selkeinä etuina ovat turvallisempi käytettävyys sekä tarkempi leikkausjälki. Lankasahan hankinta- ja käyttökustannukset ovat kuitenkin kalliimmat kuin vannesahalla, minkä vuoksi vannesaha on näistä vaihtoehdoista yleisempi. Pienestä tulostusalustasta kappaleet voi poistaa myös kiekkojyrsimellä tai käsityökaluilla. Kappaleeseen jääneet tukimateriaalit poistetaan kappaleen geometrian sallimalla tavalla esimerkiksi pihdeillä tai taltalla ja vasaralla. Myös hiomakoneiden käyttö voi soveltua esimerkiksi kaareviin pintoihin. Tulostusalusta täytyy myös puhdistaa ennen seuraavaa tulostusta, jotta jauheenlevitys onnistuu tasaisesti. Puhdistaminen tapahtuu koneistamalla tai pyörötasohiomakoneella hiomalla. Lopuksi suoruus mitataan mikrometrillä. (Surma-Aho 2017, 22-25.)

Metallin tulostuksessa käytettäviä materiaaleja on useita ja käytännössä kaikkia eri metalleja myydään tulostusmateriaaliksi. ELME Studiolla yleisimmin käytössä ovat kuitenkin alumiini, ruostumaton teräs, titaani sekä haponkestävä teräs. Tulostusmateriaalit ovat erittäin hienojakoista jauhetta ja ne on säilytettävä kuivassa tilassa. (ELME Studio 2020.)

### 4.3 SLM – Selective Laser Melting

Selective Laser Meltingillä (SLM) tarkoitetaan materiaalin sulatusta laserilla. Menetelmän perusteena on perinteinen jauhepetimenetelmä ja metallin tulostuksessa käytettävä tekniikka (PBF, Power Bed Fusion) onkin tällä hetkellä yleisin menetelmä teollisuudessa. Tulostus tapahtuu suljetussa kammiossa, joka on täytetty suojakaasulla hapettumisen ja jauheen reagoinnin estämiseksi. Kaasuna käytetään joko argonia tai typpeä, riippuen käytettävästä tulostusmateriaalista. Yleensä alumiinin kanssa käytetään argonia ja teräksillä typpeä. (Materflow 2020.)

SLM-Solutions on vuonna 2006 perustettu saksalainen yritys, joka valmistaa lasersulatustekniikkaa käyttäviä tulostimia. Yritys on erikoistunut erityisesti metallin tulostukseen. (SLM-Solutions 2020.) ELME Studiolla on käytössään kuvassa 2 näkyvä SLM-Solutionsin valmistama SLM 280<sup>HL</sup> -tulostin. Tulostinalusta on kooltaan 280 x 280 x 365 mm ja valmistaja ilmoittaa tulostimen olevan suunniteltu keskikokoisille ja isoille kappaleille. Tulostin käyttää kokoluokkansa tehokkainta laseria ja se voidaan myös varustaa tarvittaessa kahdella 400W tai 700W laserilla. ELME Studiolla olevassa tulostimessa on käytössä yksi 700W laseri (ELME Studio 2020). Tulostin on suljettu ja sisällä kiertää suojakaasu. Suojakaasu estää materiaalia reagoimasta ja mahdollistaa myös laserille optimaalisen tarkkuuden. Laitteen tulostusnopeus voi olla jopa 113 cm<sup>3</sup> tunnissa ja tulostuskerroksen paksuus on oletuksena 20 µm -90 µm. (SLM-Solutions 2020.)



KUVA 2. ELME Studiolla käytössä oleva SLM 280<sup>HL</sup> tulostin

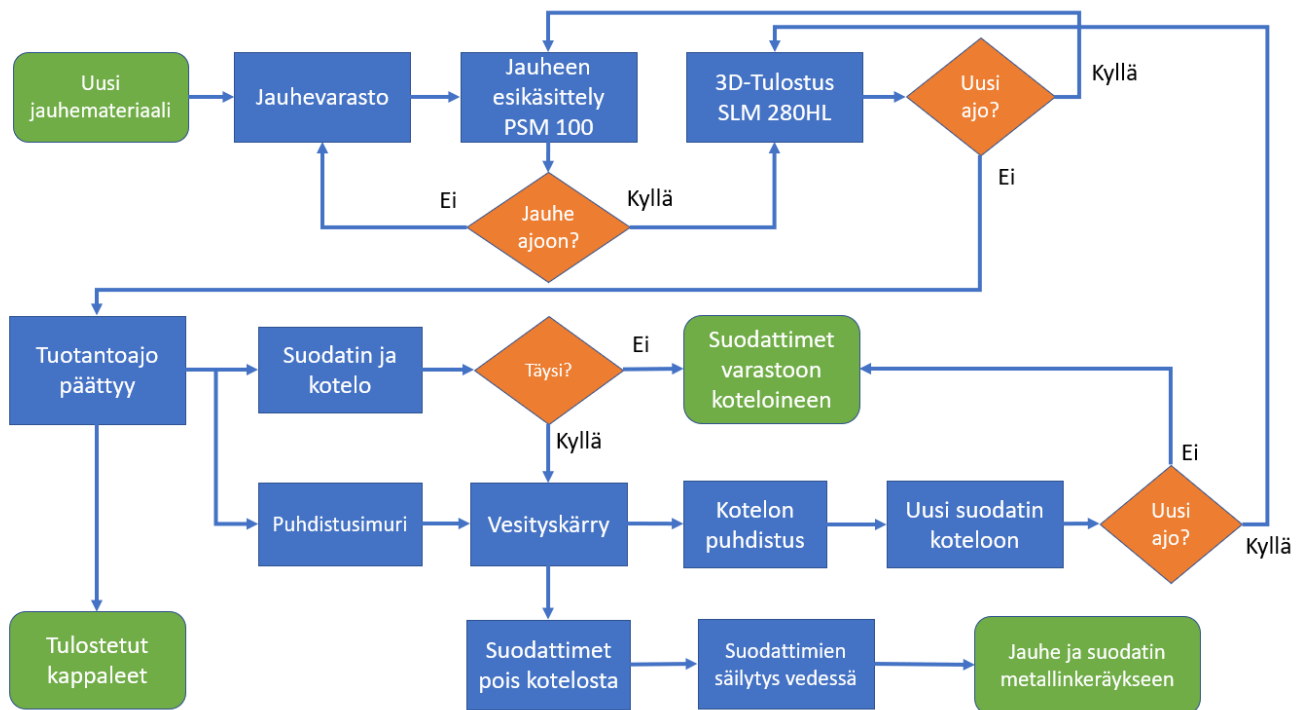
Tulostimen lisäksi ELMellä on käytössään myös PSM 100 -siivilöintilaitteisto jauheen esikäsitteilyä varten (KUVA 3). Uusi jauhe sekä tulostimen ylivuotoastioista kerätty jauhe menevät laitteiston läpi ennen kuin ne voidaan laittaa tulostimeen. Siivilöintilaitteisto erittelee jauheesta ylisuuret paakkuuntumat ja hiukkaset omiin säiliöihinsä. ELMEn tiloissa PSM 100 -laitteisto on erillään tulostimesta, mutta laitteisto on myös mahdollista kytkeä tulostimen rinnalle, jolloin se toimii myös tulostuksen aikana automaattisesti. (SLM-Solutions 2020.)



KUVA 3. PSM 100-siivilöintilaitteisto

## 5 JÄLKIKÄSITTELYPROSESSI

Jälkikäsitteilyprosessi sisältää tulostimen tyhjennyksen ja puhdistamisen sekä suodattimien vaihdon ja vesityksen. Tulostin puhdistetaan valmistajan toimittamalla erikoisimurilla. Tulostimen puhdistus on hidas prosessi ja kestääkin vähintään kokonaisen työpäivän verran. Tulostin on puhdistettava läpikotaisin ja on erittäin tärkeää, että puhdistus on tehty huolellisesti. Jos tulostimen sisälle jää jauhetta, voi se vaikuttaa tulostetun kappaleen kestävyuteen, aiheuttaa reagointia uuden materiaalin kanssa tai pahimmassa tapauksessa jopa rikkoa tulostimen. Eri teräksiä on mahdollista käyttää sekaisin, mutta esimerkiksi terästä ja alumiinia ei saa päästää sekoittumaan keskenään. (ELME Studio 2020.)



KUVIO 1. Jauhemateriaalin prosessikaavio

Prosessikaavio alkaa jauhemateriaalin saapumisesta. Materiaali viedään varastoon odottamaan käyttöönottoa. Jauheet siivilöidään PSM 100 -laitteistolla, jonka jälkeen ne viedään joko takaisin varastoon, tai tulostimelle ajoon. Ajon jälkeen osa jauheesta voidaan käyttää uudelleen siivilöinnin jälkeen. Jos uutta ajoa ei tapahdu, päätetään tuotantoajo. Tuotantoajon päätyttyä jauhemateriaali päättyy kolmeen olotilaan: tulostettuihin kappaleisiin, takaisin tulostukseen menevään jauheeseen ja metallinkeräykseen menevään jauheeseen (suodattimissa ja imurissa oleva jauhe). Jos suodattimet eivät ole täynnä, viedään

ne varastoon odottamaan seuraavaa ajoa. Täydet suodattimet vieään vesityskärryn luokse vesitystä varten. Suodattimet vesitetään kotelossaan ennen avausta. Puhdistusimurin jauheet, poistettu suodatin ja siitä tullut jätemateriaali menevät suoraan vesitysprosessin kautta säilytykseen ELMEn käytäntöjen mukaisesti. Suodattimia ja jätemateriaalia säilytetään veteen upotettuna kuuden kuukauden ajan, jonka jälkeen ne voidaan viedä metallinkierrätykseen.

Vesityksen jälkeen suodatinkotelot pestään ja kuivataan erittäin huolellisesti. Uudet suodattimet asennetaan koteloihin ja kotelot vieään varastoon tai takaisin tulostimeen, jos tulostus jatkuu vielä samalla materiaalilla. Jokaiselle käytössä olevalle materiaalille on olemassa omat suodatinkotelot.

### 5.1 Suodattimien jälkikäsitteily ja vesitysprosessi.

Suodattimien jälkikäsitteily tapahtuu materiaalinvaihdon yhteydessä. Tulostimessa on kolme suodatinta, kaksi H13-suodatinta ja yksi H14-suodatin, joka näkyy kuvassa 4 alimmaisena. Jokaisessa suodattimessa on kaksi sulkuventtiiliä. Irrotettujen suodattimien päät ja tulostimen putket suljetaan sulkutulpalla kuljetuksen ja vesityksen ajaksi. Suodatin laitetaan pyöritettävään koteloon vesittämisprosessissa. Suodattimen kyljessä olevaan venttiiliin liitetään tulovesiletku ja suodattimen päässä olevaan venttiiliin poistoletku.



KUVA 4. H13 suodattimet (yllä) ja H14 suodatin (alla)

Suodattimen vesitysprosessi on tärkeä vaihe suodattimien poistossa, sekä myös keskeinen prosessi opin-  
näytetyössäni. Vesitysprosessi tapahtuu siksi, että suodatinkotelo on tässä vaiheessa vielä täynnä tulos-  
tuksen aikana käytettyä suojakaasua ja metallijauhetta. Vesityksellä ehkäistään jauheen reagoiminen ha-  
pen kanssa koteloa avatessa. Vesityksen alussa suodatinkotelo täytetään vedellä (KUVA 5), jolloin ko-  
telon sisällä oleva suojakaasu poistuu kuvassa 6 näkyvän poistoventtiilin kautta. Vettä lisätään niin  
kauan, kunnes poistoventtiilistä alkaa valumaan vettä kaasun sijasta. Tässä vaiheessa vedentulo katkais-  
taan ja letku poistetaan suodatinkotelosta. Suodatinta pyöritetään tämän jälkeen ympäri muutaman mi-  
nuttin ajan, jotta vesi pääsee varmasti joka puolelle suodattimen sisällä.



KUVA 5. Täyttöventtiili



KUVA 6. Poistoventtiili

Kun vesitettyä suodatinta on pyöritelty tarpeeksi, poistetaan suodatinkotelon kansi ja sisällä oleva ylimääräinen massa valutetaan alla olevaan vesisäiliöön, jonne myös suodatin upotetaan kokonaan (KUVA 7). Tyhjä kotelo pestään huolellisesti jäljelle jääneestä aineesta. Lopuksi suodatin siirretään kannelliseen vesiastiaan, jossa sitä säilytetään siihen saakka, kunnes ollaan varmoja, että suodatin ei reagoi enää hapen kanssa. Suodatinkotelo ja kansi puhdistetaan huolellisesti isopropanolilla. Kun kotelo ja kansi ovat kuivuneet kunnolla, voidaan uusi suodatin asettaa koteloon ja lopuksi takaisin tulostimeen. (SLM 280<sup>HL</sup> Käyttö ja huolto 2015, 133-142.)



KUVA 7. Kotelosta tyhjennetty massa sekä poistettu suodatin

## 5.2 Suodattimen vesityksestä syntyvät päästöt

ELME Studio halusi selvittää mahdollisia suodattimen vesityksestä syntyviä päästöjä, jotta niiden kanssa osattaisiin toimia oikein esimerkiksi tarvittavan ilmanvaihdon ja säilyttämisen osalta. Nykytilanteessa materiaali säilötään veteen upotettuina noin kuuden kuukauden ajan ennen kierrätystä, jotta mahdollinen reagointi ehtii tapahtua. Tähän ratkaisuun on päädytty yhteistyössä alueen metallinkierrätysyritysten kanssa. (ELME Studio 2020.) Käännyin tässä Centrian Kokkolan kampuksen puoleen, jonka kemian laboratoriosta löytyy alan osaajia sekä tarvittavia mittalaitteistoa. Päädyimme testaamaan vesityksestä syntyviä päästöjä siten, että vein hieman alumiinijauhetta ja haponkestävää teräsjauhetta laboratorioon tutkittavaksi. Vertailun vuoksi lisäsimme näytteisiin kuivaa jauhetta sekä vesitettyä jättemateriaalia. Toivoimme, että tällä tavoin ELME saisi selvitettyä tulostusprosessin ja vesitysprosessin jälkeen syntyvien mahdollisten päästöjen laatua. Mittauksen tulokset eivät ehtineet opinnäytetyöhön, joten ne ohjattiin suoraan ELME Studiolle myöhempää käyttöä varten.



SLM-Solutionsilla on olemassa jonkin verran ohjeistusta esimerkiksi materiaalin säilytyksestä sekä käyttöturvallisuudesta. Materiaali suositellaan varastoitavan viileässä ja hyvin ilmastoidussa tilassa tiiviisti suljettuna. Materiaaleja ei saa varastoida yhdessä hapettimien, happojen ja emäksien kanssa. Tulipalossa alumiinijauheesta voi vapautua alumiinioksidia, piioksidia, magnesiumoksidia sekä myrkyllisiä, syttyviä kaasuja veden kanssa. (SLM-Solutions 2017.)

Työterveyslaitoksen suorittaman tutkimuksen pohjalta on laadittu myös 3D-tulostukseen liittyviä turvallisuusoppaita, kuten Malliratkaisu: 3D-tulostuksen kemikaaliturvallisuus työpaikoilla ja Tietokortti: Ohjeet turvalliseen 3D-tulostukseen. Malliratkaisu on tarkoitettu erityisesti työpaikoille työntekijälle ja työnantajalle, kun taas tietokortti on suunnattu terveydenhuoltoa varten. Työterveyslaitos suosittelee tulostustiloissa tehokasta ilmanvaihtoa pitkäaikaisen tulostuksen aiheuttamien päästöjen vaikutusten ehkäisemiseksi. Jauhemateriaalien käsittelyssä on minimoitava pölyn syntyminen. Jauhemateriaalit ovat haitallisia ihmiselle ja hienojakoinen jauhe voi myös aiheuttaa syttymisvaaran. (Työterveyslaitos 2017.)

## 6 LIIKUTELTAVA VESITYSKÄRRY

Opinnäytetyöni pääaiheena oli liikuteltavan vesityskärryn suunnittelu. Kärryn ajatuksena oli suodattimien vesitysprosessin helpottaminen ja selkeyttäminen nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Kärry myös auttaisi pitämään vesitysprosessissa tarvittavat työkalut paremmin järjestyksessä niiden ollessa kärryn yhteydessä helposti saatavilla. Valmistajan ohjeiden mukaan kärryä ei tarvittaisi lainkaan, vaan suodatinkotelon teline kiinnitetään suoraan seinään kiinni ja vesitys tapahtuisi paikoillaan. Vesitysprosessi haluttiin kuitenkin pitää liikuteltavissa sen vuoksi, että suodattimiin kertynyt metallijauhe on hyvin aktiivista reagoimaan hapen kanssa. Alumiini ja titaani ovat juuri tällaisia hapen kanssa reagoivia materiaaleja (Surma-Aho 2017, 17). Jos voimakasta reagointia alkaa tapahtua, olisi suodatin saatava mahdollisimman nopeasti pois sisätiloista. Reagointi ilmenee savuna ja mahdollisesti voimakkaana kipinöintinä aiheuttaen näin esimerkiksi tulipalovaaran.

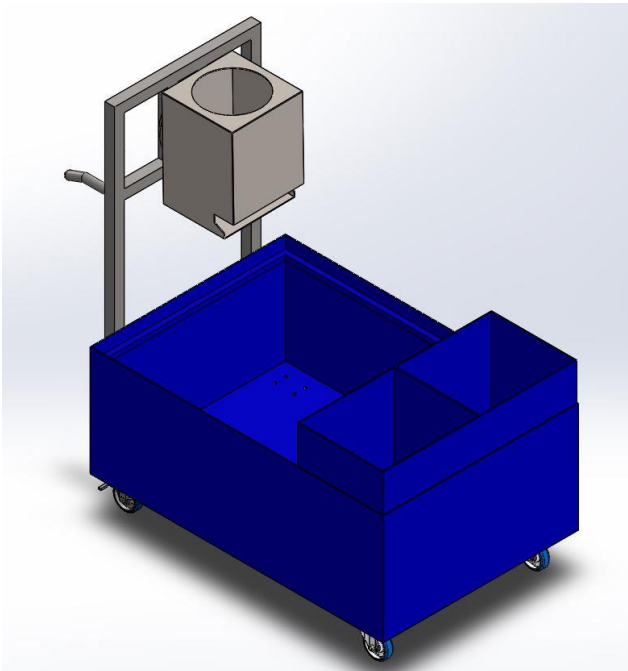
### 6.1 Lähtötilanne

Lähtötilanteessa suodattimen vesitys tapahtui kenties hieman ”tee-se-itse” -menetelmin. Valmistajan ohjeiden mukaan suodatinkotelo kiinnitettäisiin seinään. ELMEn tapauksessa prosessi kuitenkin haluttiin pitää liikuteltavana, joten suodatinkotelo oli kiinnitetty pinoamisvaunun piikkeihin puristinpihtien ja rautaisen sovittimen avulla kuvassa 6 näkyvällä tavalla. Suodattimen alle asetettiin saavi johon vesi sekä ylimääräiset massat kotelon sisältä valuiivat. Vesi haettiin letkulla lähimmästä vesihanasta. Työvaihe oli melko sotkuinen, joten kärryllä toivottiin parannettavan tätäkin osa-aluetta. Lähtötilanteessa myös kaikki työvaiheeseen tarvittavat työkalut ja osat olivat aina hieman levällään joka puolella hallia, joten kärryllä tavoiteltiin myös hieman helpotusta siihenkin.

### 6.2 Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessin aikana pidimme katselmuksia ELME Studiolla suurin piirtein kerran viikossa. Ensimmäisen palaverin aikana suunnittelu lähti käyntiin jonkinlaisen aivoriihen avulla, eli käytännössä heittelimme ilmoille ideoita ja lähdimme yhdessä hakemaan kärryn muotoa luonnosten avulla. Ensimmäisen katselmuksen jälkeen ryhdyin mallintamaan silloisen suunnitelman mukaista kärryä, jonka malli on nähtävissä kuvassa 8. Alkuperäisessä versiossa vesityskärry koostui metallisesta altaasta, johon oli

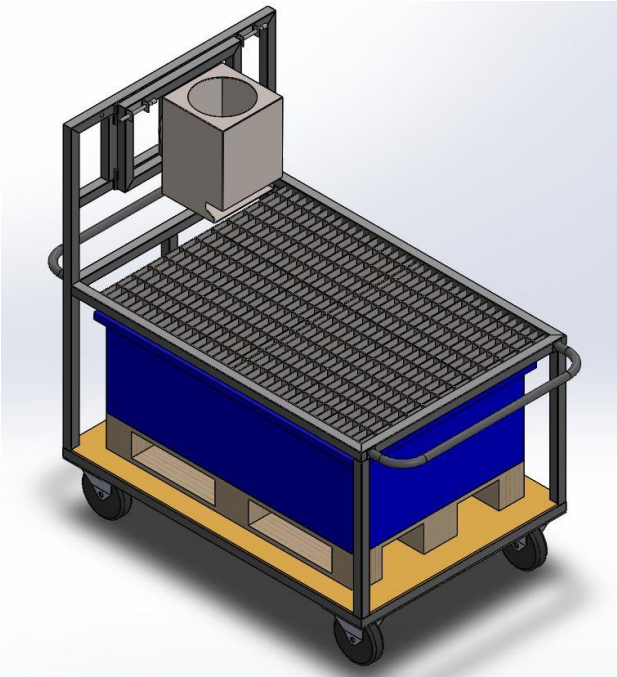
asennettu vain renkaat ja tukipylväät suodatinkotelolle. Kärryn päässä olevat kaksi pienempää säiliötä oli tarkoitettu kotelosta poistetuille suodattimille, jotta ne saataisiin omaan säilytysastiaansa nopeasti.



KUVA 8. Ensimmäinen 3D-malli vesityskärrystä

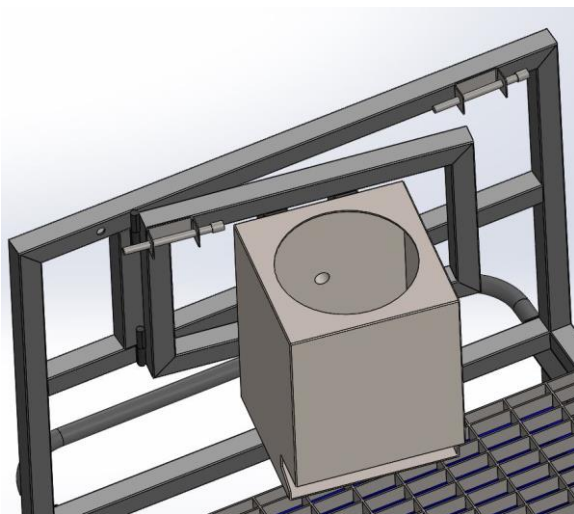
Ensimmäinen versio kärrystä muutti muotoaan lähemmäs kuvassa 9 näkyvää lopullista versiota heti ensimmäisessä katselmuksessa. Muotoa oli mietitty yhdessä, mutta 3D-mallin avulla konkretisoituna havaitsimme selkeitä puutteita ja ongelmia kuvan 8 kaltaisessa muotoilussa. Tällainen kiinteä valuma-allas olisi täytynyt tehdä paksusta pellistä ja se olisi vaikea pitää puhtana materiaalien vaihtuessa. Samalla saimme myös idean suodattimen vaihtoa helpottavaan taittokehikkoon, jolla suodatinkotelo saataisiin käännettyä lähemmäs kärryn reunaa sekä vähennettyä fyysistä kuormitusta suodattimia vaihtaessa.

Muutimme ideaa siten, että kärry koostuisi RHS-putkista valmistetusta kehkosta, jonka sisään valuma-allas sitten voitaisiin asettaa. Löysimme sopivasti AJ-Tuotteilta 400 litran valuma-altaan, joka oli suunniteltu asetettavaksi eurolavan päälle, näin valuma-allas on helppo vaihtaa tarvittaessa. Kehikon päälle päätimme asentaa poistettavan kaksiosaisen ritilän. Irrotettavien ritilöiden etuna on ensisijaisesti se, etteivät ne ole tiellä vesityksen aikana. Ritilöiden avulla kärryä voidaan hyödyntää myös tulostimen tyhjennysimurin puhdistuksessa. Imurin osat voidaan levittää ritilän päälle ja näin niiden puhdistus helpottuisi huomattavasti.



KUVA 9. Lopullinen vesityskärry 3D-mallina

Kärryyn suunniteltiin myös aikaisemmin mainittu erillinen käännettävä kehikko (KUVA 10), jonka avulla helpotettaisiin suodattimen kiinnitystä telineeseen ja työ säilyisi myös huomattavasti ergonomisempaan. Kehikkoon täytyi myös keksiä lukitusmekanismit, jolla se lukittaisiin sekä auki- että kiinni- asentoon. Useiden enemmän tai vähemmän hyvien ideoiden jälkeen päädyin IKH:n valikoimasta löytyneisiin jousitappeihin, joista tein kuvassa 10 näkyvät 3D-mallit kokoonpanoa varten. Jousitapit kiinnitettiin käännettävään kehikkoon sekä kärryn kehikkoon. Tällä tavoin toivoimme, että käännettävä kehikko voidaan lukita helposti molemmin päin, eikä se pääse liikkumaan vesitysprosessin aikana.



KUVA 10. 3D-malli taittokehikosta ja lukitukseen käytettävistä jousitapeista

Suunnittelutyön edetessä kärryn ulkonäkö tulikin lopulta elämään melkoisesti, mutta olimme kaikki tyytyväisiä lopulliseen muotoon. Suunnittelussa oli myös otettava huomioon erilaisia asioita, kuten kärryn koko ja paino. Leveydelle määritettiin alusta saakka suurin mahdollinen koko, jolloin kärry vielä mahtuisi ovista läpi. Paino pyrittiin pitämään kärryn muodon avulla mahdollisimman hyvin hallussa, mutta sitä kertyi lopulta kuitenkin yli 200 kilogrammaa. Valuma-altaan ollessa täynnä kärry painaakin jo sen verran paljon, että sitä voi olla hyvin hankala liikutella enää yksin.

### 6.3 Kärryn 3D-mallinnus

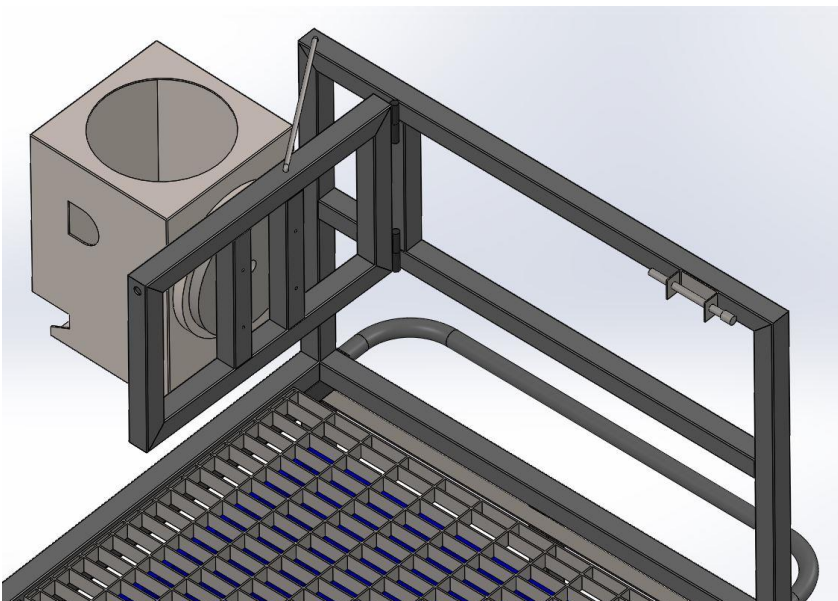
Vesityskärryn 3D-mallin valmistin SolidWorks-ohjelmalla. Mallinnus oli hyvä keino tuoda suunnitelmat visuaaliseen muotoon ja mallia oli myös helppo päivittää sitä mukaan, kun syntyi uusia ideoita kärryn muodosta tai ominaisuuksista. Mallinnuksen aloitin heti ensimmäisen ELMellä käydyin suunnittelupäivän jälkeen.

Hitsauspiirustusten teon aloitin joulukuussa 2019, kun kärryn lopullinen muoto oli saatu selville. Piirustusten teossa olikin hieman opeteltavaa, sillä hitsauspiirustukset olivat itselleni melko tuntemattomia vielä tässä vaiheessa. Kuitenkin Centrialta saatujen ohjeiden avulla sain piirustukset valmistettua oikealla tavalla. Piirustuksia tuli useita sivuja, sillä jokaiselle kokoonpanolle täytyi tehdä omat hitsauspiirrokset ja jokaiselle erilliselle osalle oli tehtävä kuvat, joissa näkyivät myös osaluettelo sekä katkaisumitat (liitteet 1/1 ja 2/1). Hitsausmerkintöjen tekemiseen sain hyvät neuvot Centria-ammattikorkeakoulun TKI-asiantuntija Pekka Haapalalta. Hitsausmerkinnät tehtiin yksinkertaistettuna, eli kuvan alle merkittiin yleisesti kappaleessa käytettävät hitsausseamat (LIITE 2/1). Näin piirustus pysyi selkeänä eikä jokaista saumaa tarvinnut alkaa merkitsemään erikseen. Saumat koostuivat perinteisistä jiiirihitseistä ja V-hitseistä. Hyväksytin piirustukset vielä ELMellä, minkä jälkeen tein niihin vielä tarvittavat viimeiset muutokset. ELME Studio sai lopulliset piirustukset itselleen, minkä jälkeen kärryn valmistus voitiin aloittaa.

## 7 LOPPUTULOS

Kärryn valmistus suoritettiin Nivalan ammattiopiston metallialan harjoittelijoiden toimesta maaliskuun 2020 aikana. Vesityskärryyn jouduttiin valmistuksen jälkeen tekemään vielä pieniä korjauksia. Renkaiden kiinnityskohtina käytettäviä lattarautoja pienennettiin alkuperäisistä, koko kärryn levyisistä rengasraudoista. Uusien tukirautojen alle lisättiin myös ylimääräiset RHS-putkipalkit tukimateriaaliksi. Kärryn päälle tulevat ritilät paljastuivat hieman erilaisiksi kuin olimme kuvitelleet, joten jouduimme lisäämään myös niille enemmän tukirautoja. Kärryn molempiin päihin lisättiin lattareaudat tukemaan ritilöitä ja kärryn keskelle lisättiin kaksi kulmarautaa, näin ritilät saatiin tuettua jokaiselta sivulta.

Alkuperäinen taittokehikon lukitus ei toiminutkaan täysin käytännössä ja siihenkin jouduttiin tekemään muutoksia. Kärryn valmistuessa kävi nopeasti ilmi, että alun perin taittokehikkoa auki pitävää jousitappia (KUVA 10 vasemmalla puolella) on mahdotonta käyttää silloin, kun suodatin on paikoillaan, sillä vapaata tilaa jousitappin avaamiseksi ei jäänyt tarpeeksi. Tämä aiheutti paluun takaisin suunnittelupöydän ääreen uuden ratkaisun keksimiseksi. Päädyimme lopulta mahdollisimman yksinkertaiseen ratkaisuun, joka mielestämme olisi toimivin. Taittokehikkoon asetettaisiin putkipalkista tehty haka, jonka avulla kehikon saisi lukittua haluttuun kulmaan. Tämä mahdollistaa kulman säätämisen tarpeen vaatiessa juuri oikeanlaiseksi poraamalla lisää reikiä kärryn kehikkoon. Alla olevassa kuvassa 11 on havainnollistava 3D-malli, jossa taittokehikko lukittuna salvan avulla auki-asentoon.



KUVA 11. 3D-malli uudesta taittokehikon lukituksesta

Kärryn lopullinen koko yllätti hieman jokaisen, sillä piirustuksista ja 3D-mallista ei saa täysin oikeaa hahmotelmaa kärryn koosta. Suodatinkotelo pääsi pyörimään taittokehityksessä juuri kuten oli suunniteltukin. Saranoiden kautta kääntyvä taittokehikko myös helpottaa merkittävästi suodattimen laittoa vesityskärryyn. Melko suuresta koosta huolimatta kärry vaikutti hyvin liikkuvulta. Euroalavan saa helposti pois joko kärryn sivuilta tai päädyn kautta, tarpeen vaatiessa. Vesityskärry vaikutti erittäin jämäkältä ja alkuperäistä taittokehikon lukitusmekanismia lukuun ottamatta kaikki toimi kuten pitikin.



KUVA 12. Valmis vesityskärry

Valmis vesityskärry ELMEn tiloissa näkyy yllä olevassa kuvassa 12. Kärryn väriksi harkittiin alussa sinistä ELMEn väriteemaa mukaillen. Lopulta päädyimme kuitenkin harmaaseen maaliin, sillä ajattelimme näin kärryn pysyvän pidempään siistin näköisenä, kun suodattimista valuva jäteaine ei erotu kehikosta niin helposti. Kehikon väriksi valikoitui hieman vaaleampi harmaa kuin kuvassa 9 näkyvässä 3D-mallissa.

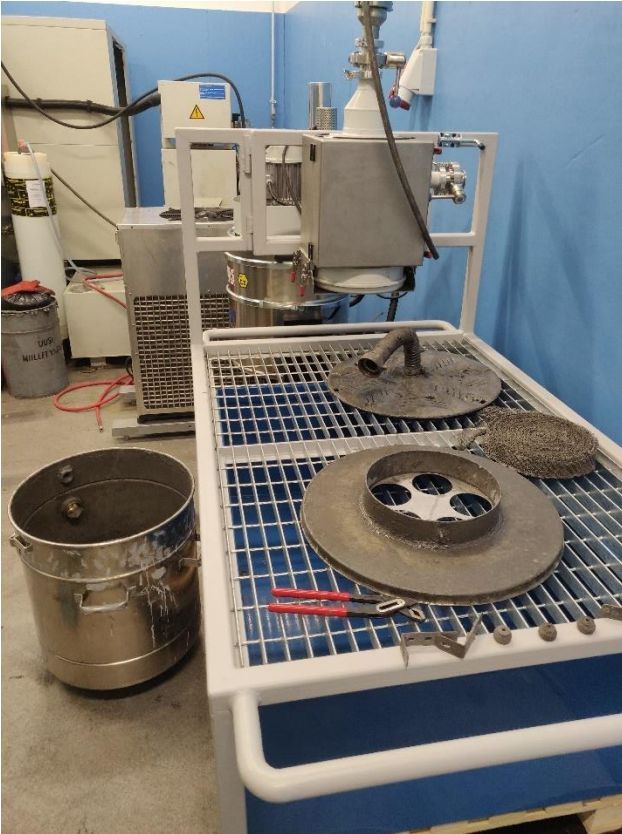
Kärryn toimivuuden testaamiseen ei ollut saatavilla täysiä suodattimia, joten kokeilu suoritettiin tulostimen puhdistukseen käytettävän imurin pesulla. Vesityskärky suunniteltiin myös tähän käyttöön suodattimien vaihdon lisäksi. Kuvassa 13 näkyy kyseessä oleva puhdistusimuri, jonka säiliö on irrotettu jo pesua varten. Imurilla kerätään tulostimesta tuotantoajojen välissä ja materiaalinvaihdon yhteydessä ylimääräiset jauheet pois. Imurin säiliössä on vettä, johon jauhe menee suoraan putkea pitkin. Näin vältetään myös jauheen reagoiminen hapen kanssa. Imurin säiliössä oleva suodatin poistettiin ja osat levitettiin valumakärryn ritilöiden päälle pesua varten (KUVA 14). Säiliöön jäi jäljelle vettä sekä metallijauhetta, jotka kaadettiin valuma-altaaseen. Osat pestiin vesityskärryn päällä erillisessä pesutilassa.



KUVA 13. Puhdistusimuri valmiina pesuun

Huomiomme kiinnittyi imurin puhdistuksen aikana renkaisiin, jotka ovat hieman erilaiset kuin olimme suunnitteluvaiheessa etsineet IKH:n valikoimasta. Nykyisiin renkaisiin päädyttiin, kun valikoimassa ei ollut ostohetkellä saatavilla aikaisemmin katsomiamme renkaita. Renkaat joudutaan kuitenkin vaihtamaan jossain välissä, sillä tämänhetkiset renkaat ovat liian pehmeää materiaalia sekä halkaisijaltaan myös liian pienet. Kärryn liikuttaminen oli hieman raskasta, kun valuma-altaassa oli vettä. Pienempien ja pehmeämpien renkaiden vuoksi kärryn liikuttaminen on hieman raskaampaa, kuin suuremmilla ja kovemmillä renkailla olisi.





KUVA 14. Imurin suodattimen osat levitettynä ritilöiden päälle

Imurin puhdistuksen perusteella vesityskärky vaikutti erittäin toimivalta käytännössä. Suuri koko on hyödyksi imurin puhdistuksessa, kun osat voidaan levittää pesua varten valuma-altaan päälle. Vesityskärkyssä on myös ollut mallina tyhjä suodatinkotelo (KUVA 14), jonka avulla testattiin taittokehikon toimivuus sekä suodattimen pyörimisen mahdollisuus. Uskomme, että kärky tulee helpottamaan myös suodattimien vesitystä huomattavasti.

## 8 POHDINTA

Aloitin opinnäytetyöni lokakuussa 2019 ja vesityskärryn suunnittelu valmistui helmikuussa 2020. Kirjoittamista aloitin jo tammikuussa 2020, kirjoitellen lisää aina suunnittelun ja mallintamisen edetessä. Opinnäytetyön eteneminen tuntui aika-ajoin hieman vaivalloiselta, josta ei voi kylläkään syyttää muita kuin itseään. Ohjaavat opettajat sekä ELMEn yhteyshenkilöt auttoivat osaavasti opinnäytetyön etenemistä. Aktiivinen yhteydenpito ELMEn kanssa edesauttoi työn valmistumista myös huomattavasti. Yhteistyö ELMEn kanssa sujui erittäin mallikkaasti, yhteydenpito oli helppoa ja sain aina tarvittaessa tietoa tulostusprosessista sekä oheislaitteistosta opinnäytetyöni kirjoittamista varten.

Opinnäytetyön aikana pääsin sekä muistelemaan oppimiani 3D-mallinnustekniikoita, että opettelemaan täysin uusiakin asioita. Sain erittäin hyödyllistä kokemusta 3D-suunnittelusta ja teknisten piirustusten teosta. Hitsauspiirustukset tuottivat aluksi jonkin verran vaikeuksia, mutta kysymällä niistäkin selvittiin ja apua löytyikin helposti. Internetistä löytyi hyvin materiaalia hitsausmerkintöihin, mutta ne olisivat vaatineet paljon syvemmän ammatillisen ymmärryksen hitsauksesta kuin mitä itselläni on. Onneksi tähänkin löytyi Centrialta asiantuntevaa apua ja pääsin jatkamaan opinnäytetyötäni. Mielestäni koko opinnäytetyöni paras hetki oli, kun pääsin katsomaan ELMellä valmista vesityskärryä. Oli hienoa päästä näkemään suunnittelemamme tuotos oikeana tuotteena paikan päällä.

Minulle oli selvää jo hyvissä ajoin ennen opinnäytetyön aloitusta, mistä lähtisin etsimään työlleni aihetta. 3D-suunnittelu on kiinnostanut minua erityisen paljon opintojen aikana ja halusinkin löytää opinnäytetyölle aiheen, joka liittyisi siihen. ELME Studio myös kiinnosti minua yrityksenä erityisesti heidän metallin tulostuslaitteistonsa vuoksi, sillä halusin päästä perehtymään sen toimintaan enemmän. Uskonkin vakaasti, että metallin 3D-tulostus on edelleen kehittyvä toimiala, johon liittyvästä osaamisesta voisi olla tulevaisuudessa vielä hyötyä.

## LÄHTEET

Chekurov, S., Eklund, P., Kujanpää, V., Pekkarinen, J., Syrjälä, K., Vihinen, J. 2017. 3D-tulostuksen suunnittelu- ja päätöksenteko-opas yrityksille. Tampere: DIMECC Oy. Saatavissa [http://www.dimecc.com/wp-content/uploads/2017/02/DIMECC\\_3D\\_tulostuksen\\_suunnittelu\\_ja\\_paatoksen\\_teko\\_opas\\_yrityksille.pdf](http://www.dimecc.com/wp-content/uploads/2017/02/DIMECC_3D_tulostuksen_suunnittelu_ja_paatoksen_teko_opas_yrityksille.pdf). Viitattu 21.4.2020.

ELME Studio. ELMEn palvelut. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.elmestudio.fi/fi/elmen-palvelut/>. Viitattu 11.3.2020

Huhtiniemi, M., Hämeri, K., Kallonen, K., Kanerva, T., Kangas, A., Kukko, K., Partanen, J., Stockmann-Juvala, H., Säämänen, A., Tuomi, J., Viitanen, A-K. 2017. Materiaalia lisäävän valmistuksen (3D-tulostus) kaasu- ja hiukkaspäästöt eri työvaiheissa. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://urn.fi/URN:ISBN 978-952-261-670-8](http://urn.fi/URN:ISBN%20978-952-261-670-8) (pdf). Viitattu: 22.4.2020.

Huhtiniemi, M., Kanerva, T., Kangas, A., Stockmann-Juvala, H., Oksanen, K., Säämänen, A., Viitanen, A-K. 2016. Tietokortti: Ohjeita turvalliseen 3D-tulostukseen. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2017/01/Ohjeita-turvalliseen-3D-tulostukseen.pdf>. Viitattu 22.4.2020.

Materflow. SLM-Selective Laser Melting. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.materflow.com/slm-selective-laser-melting/>. Viitattu 11.3.2020.

Nihak. ELME Studio. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nihak.fi/fi/studiot/elmestudio/>. Viitattu 11.3.2020.

SLM-Solutions. 2017. EY-Käyttöturvatieote. Viitattu 20.4.2020.

SLM-Solutions. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.slm-solutions.com/en/about-slm/about-slm/about-us/>. Viitattu 11.3.2020.

SLM-Solutions. Powder handling. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.slm-solutions.com/en/products/accessories-consumables/powder-handling/>. Viitattu 12.5.2020.

SLM-Solutions. SLM 280. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.slm-solutions.com/en/products/machines/slmr280/>. Viitattu 11.3.2020.

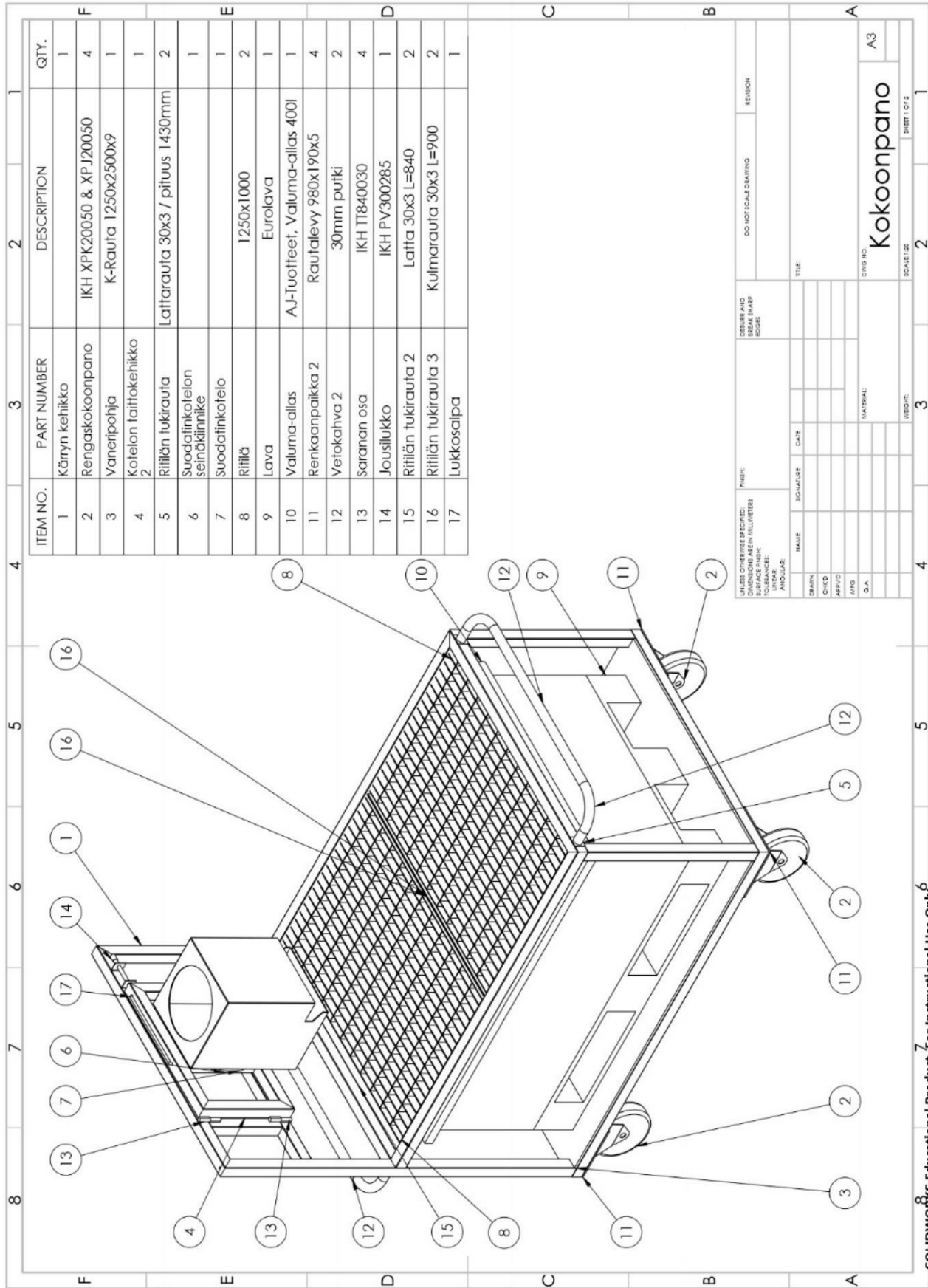
SLM-Solutions. 2015. Selective Laser Melting -laite 280<sup>HL</sup>. Käyttö ja huolto -opas. Viitattu 25.2.2020.

Surma-Aho, S. 2017. Metallitulostimen oheislaitteiston määrittely. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017122122394>. Viitattu 22.4.2020.

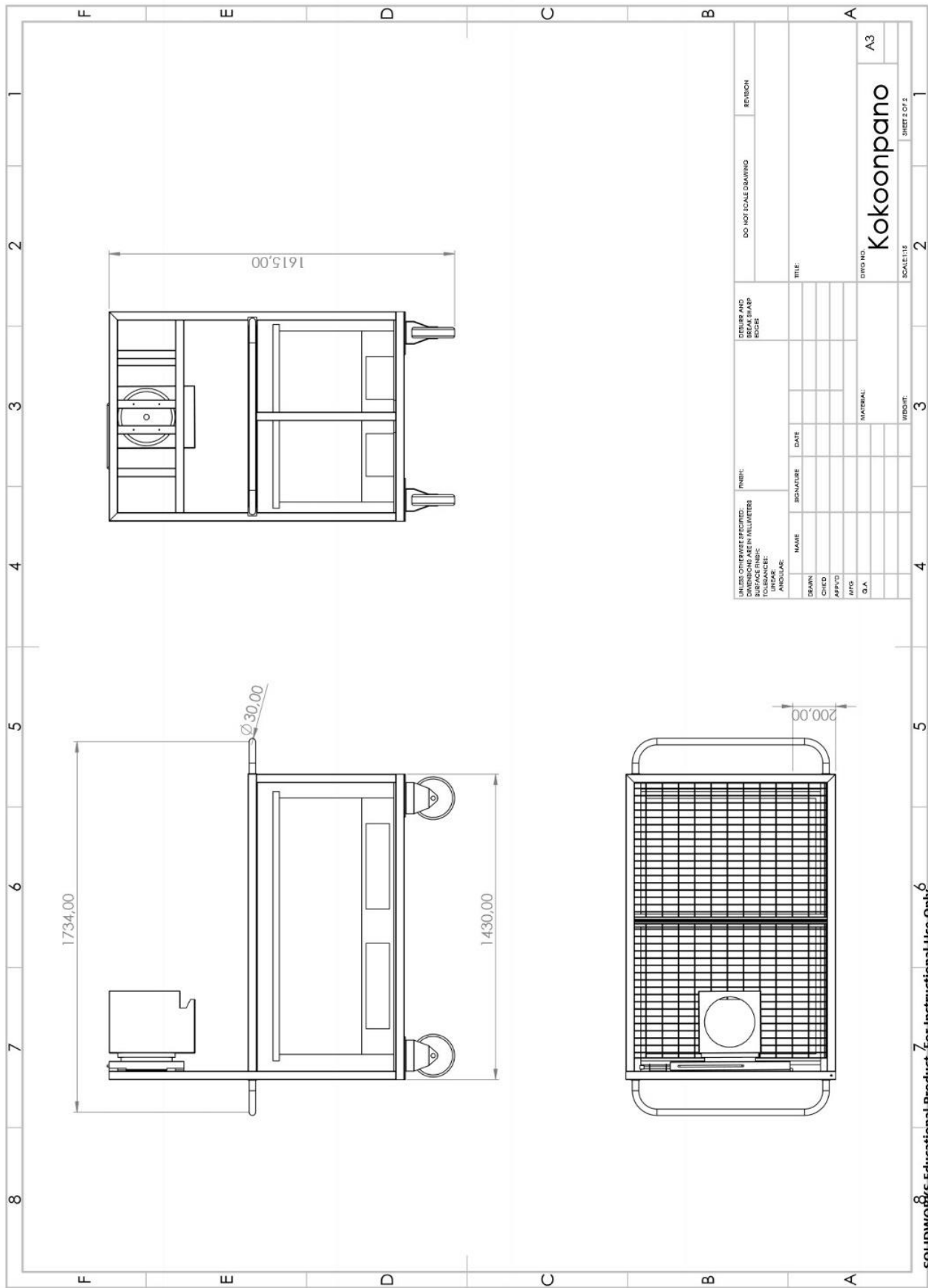
Takanen, P. 2020. Henkilökohtainen tiedonanto 22.4.2020. ELME Studio. Nivala.

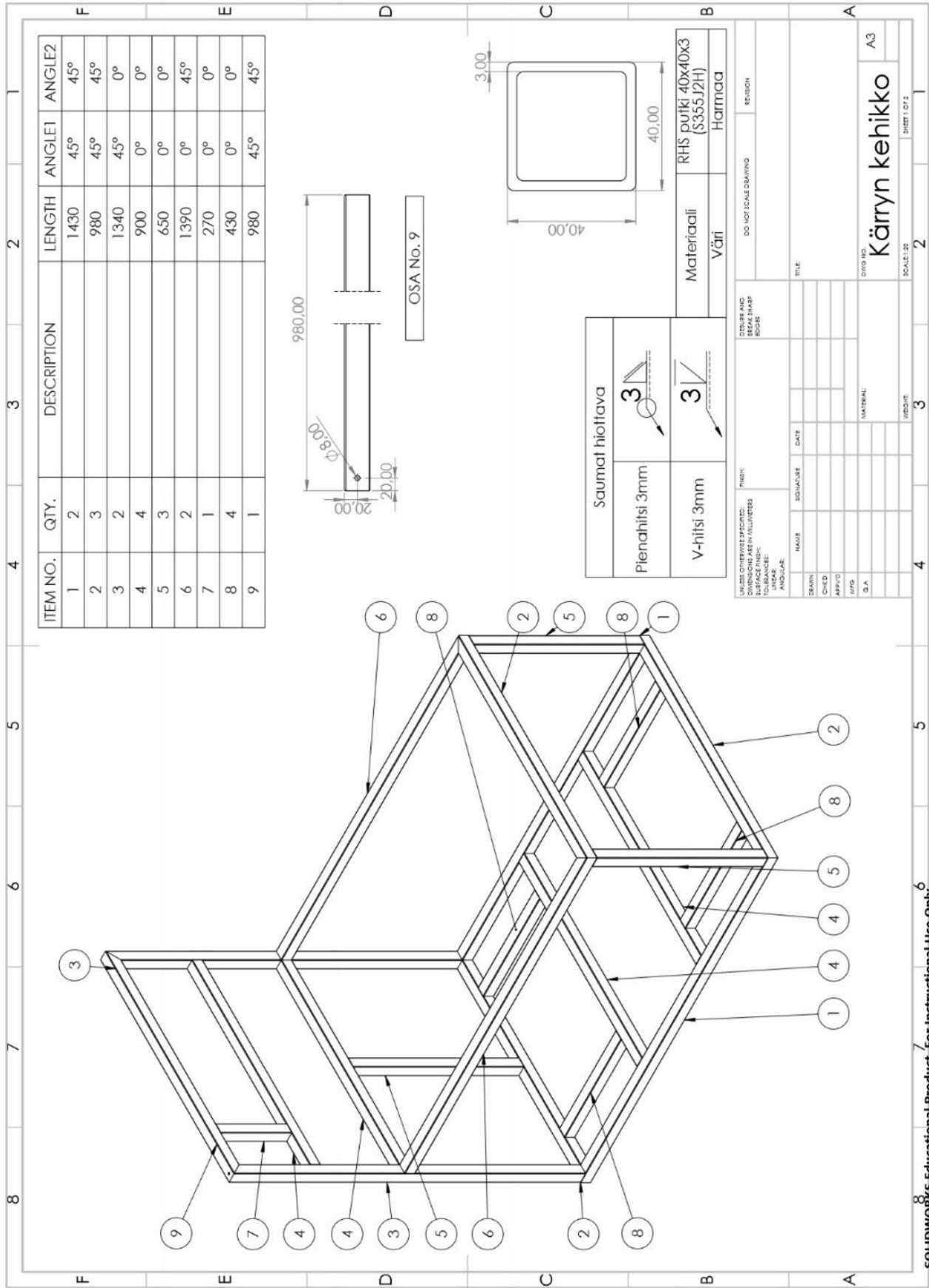
Tuhola, E., Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

Työterveyslaitos. 2016. Malliratkaisu: 3D-tulostuksen kemikaaliturvallisuus työpaikoilla. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/malliratkaisu-3d-tulostus.pdf>. Viitattu: 22.4.2020.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: FITTING ANGLES:		FINISH:	DEBURR AND BEVEL SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE		
DESIGN					
CHECKED					
APPROVED					
INSTR.					
D.A.					
MATERIAL:			DRAWING NO. <b>Kokoonpano</b> A3		
VOLUME:			SCALE: 1:30		
SHEET 1 OF 2			2		

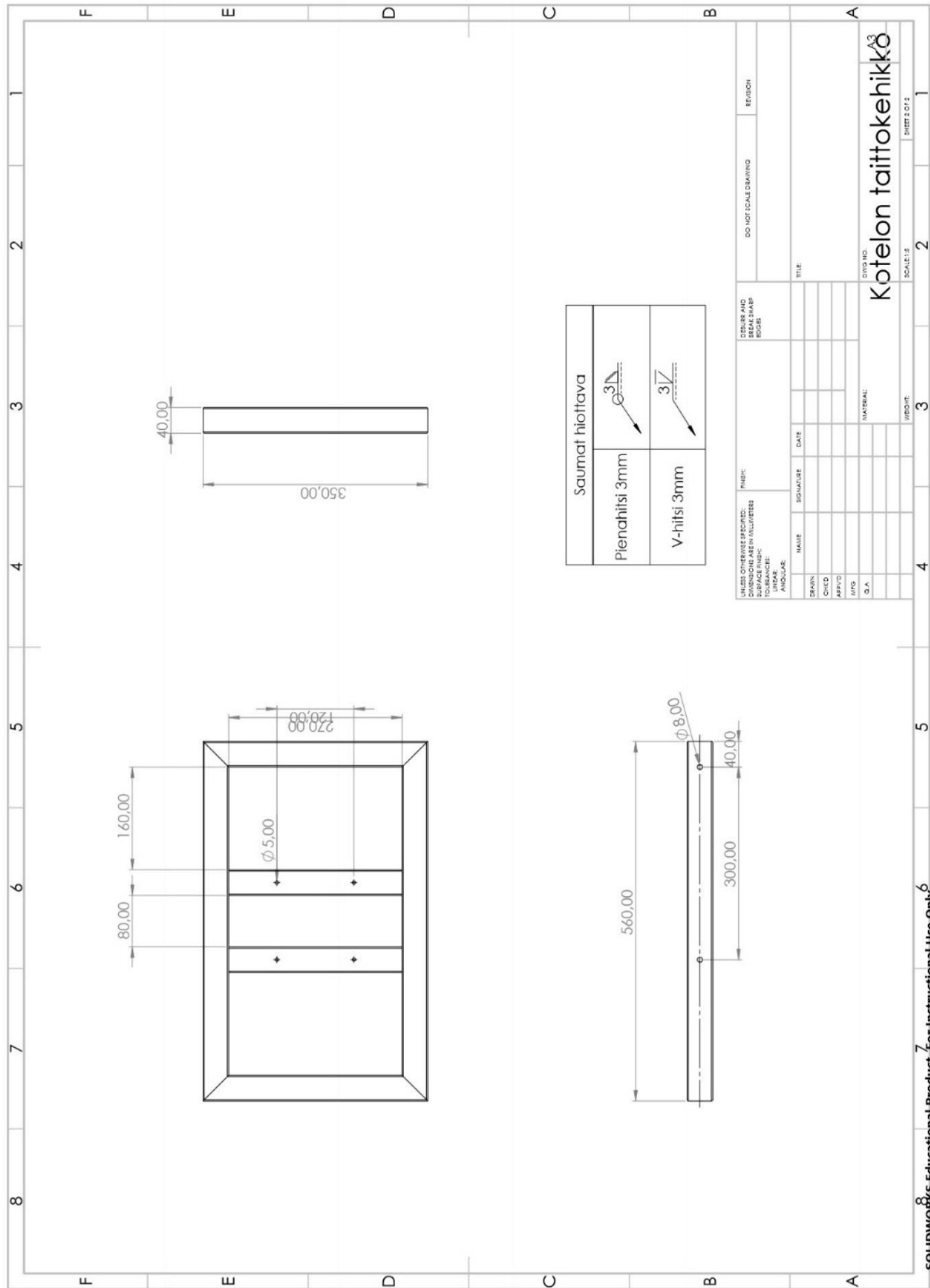


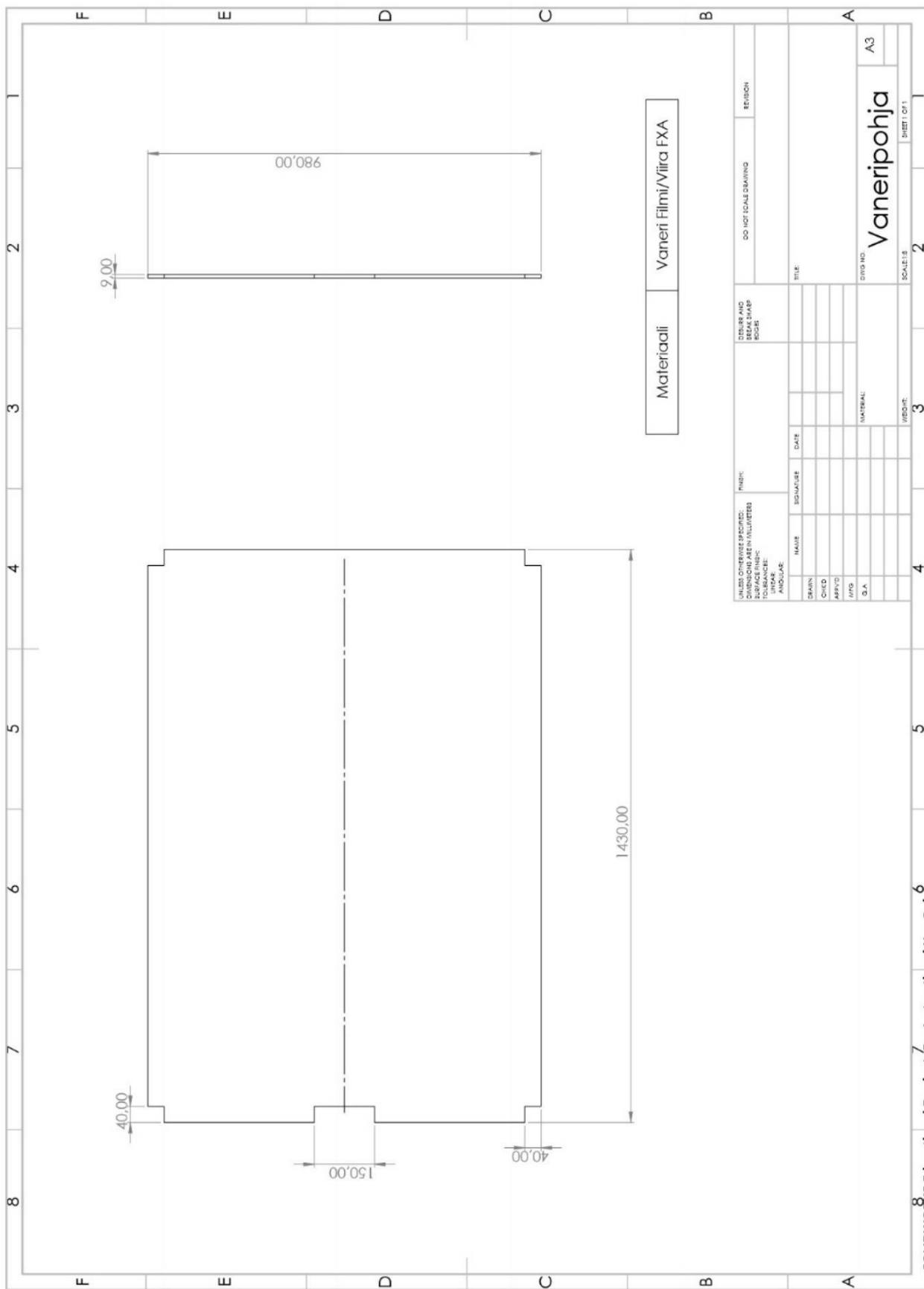








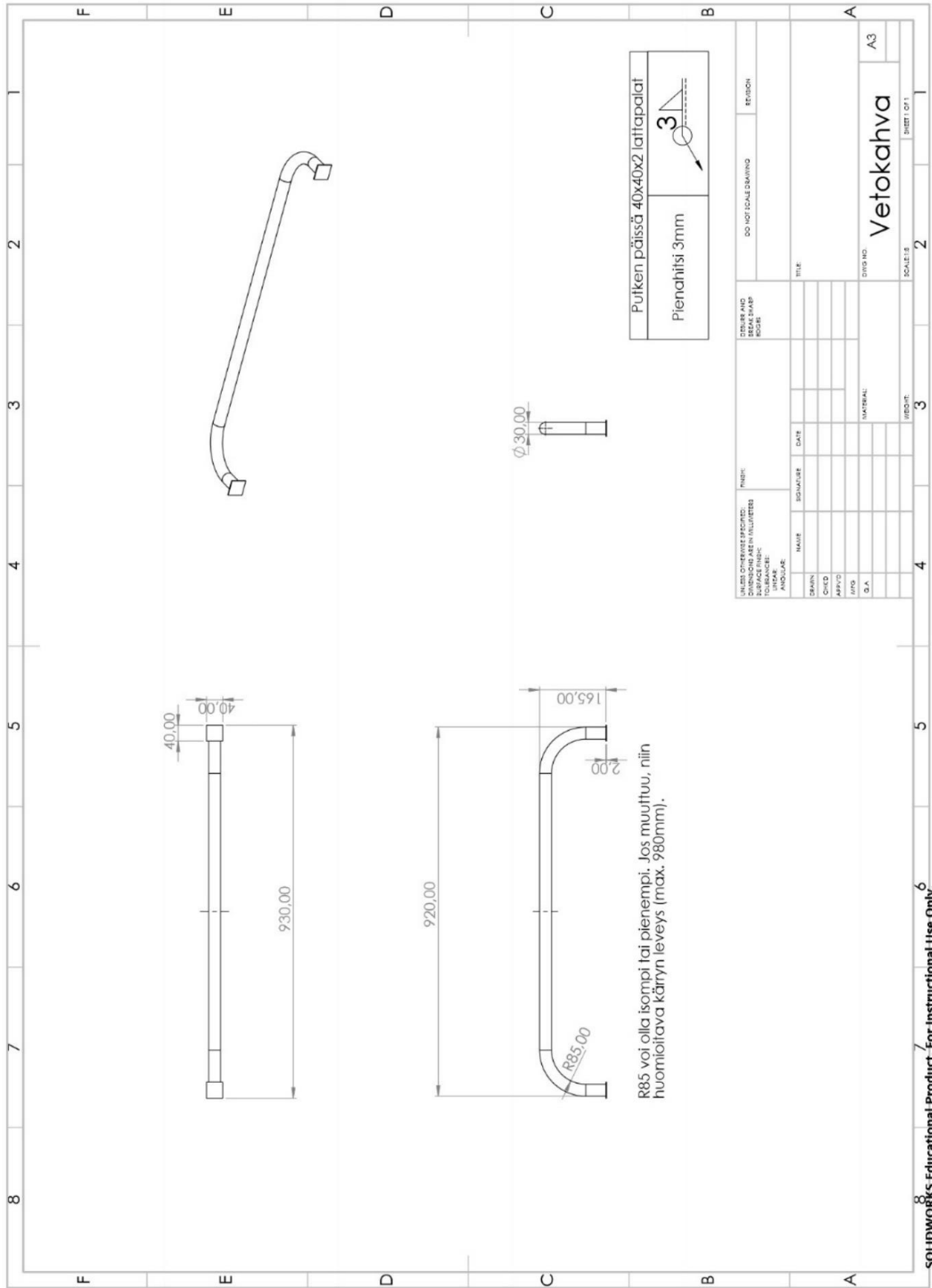




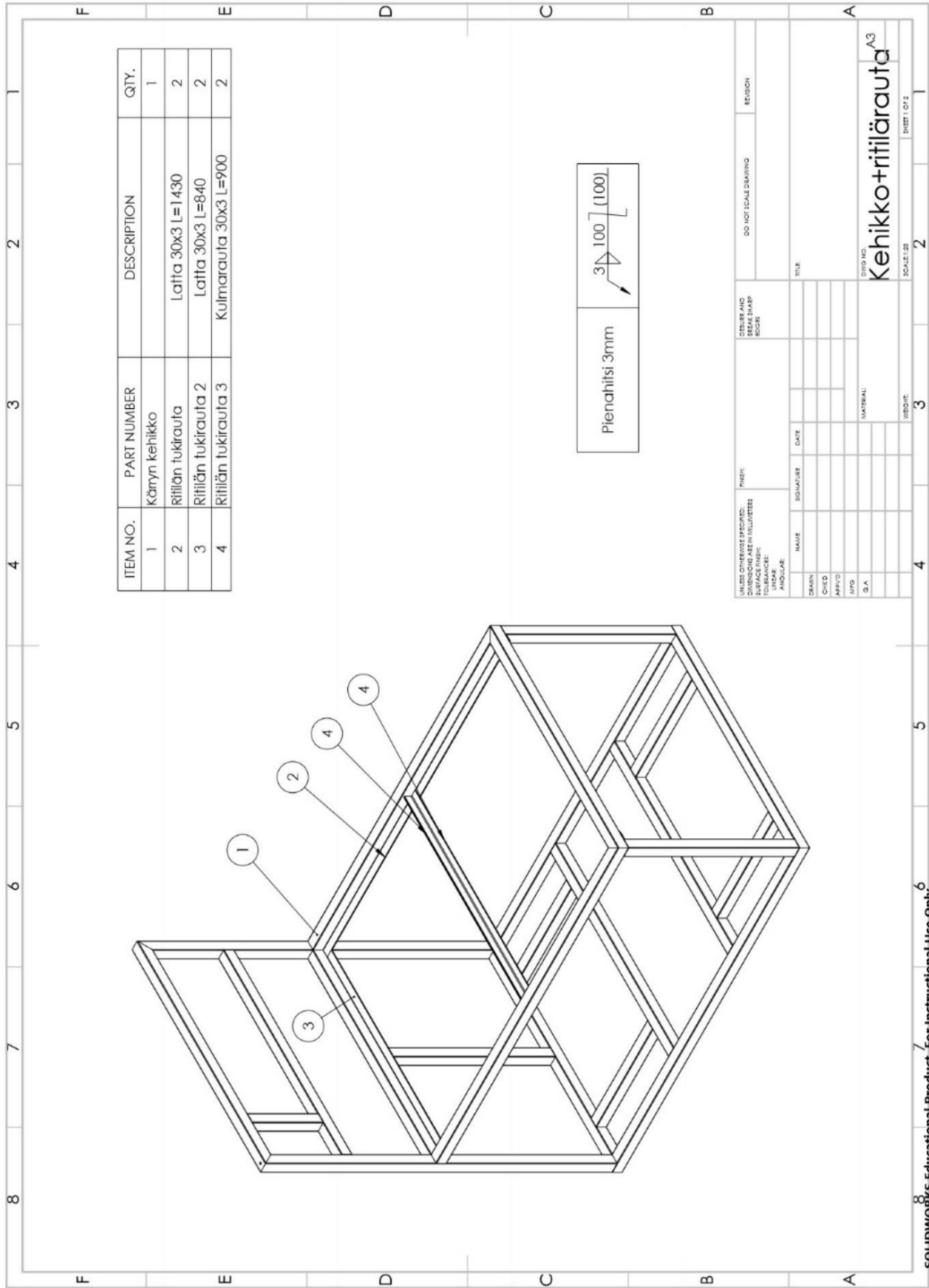
Materiaali Vaneri Filmi/Viira FXA

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH		DIMENSIONS AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH		TOLERANCES		TITLE					
DIMENSIONS		HOLE		DRAWN					
HOLE		TAP		CHECKED					
HOLE		DRILL		APPROVED					
HOLE		DATE		DATE					
HOLE		SIGNATURE		SIGNATURE					
HOLE		DATE		DATE					
HOLE		MATERIAL		MATERIAL					
HOLE		SCALE		SCALE					
HOLE		SHEET NO.		SHEET NO.					
HOLE		SHEET OF 1		SHEET OF 1					





R85 voi olla isompi tai pienempi. Jos muuttuu, niin huomiollava käyrän leveys (max. 980mm).

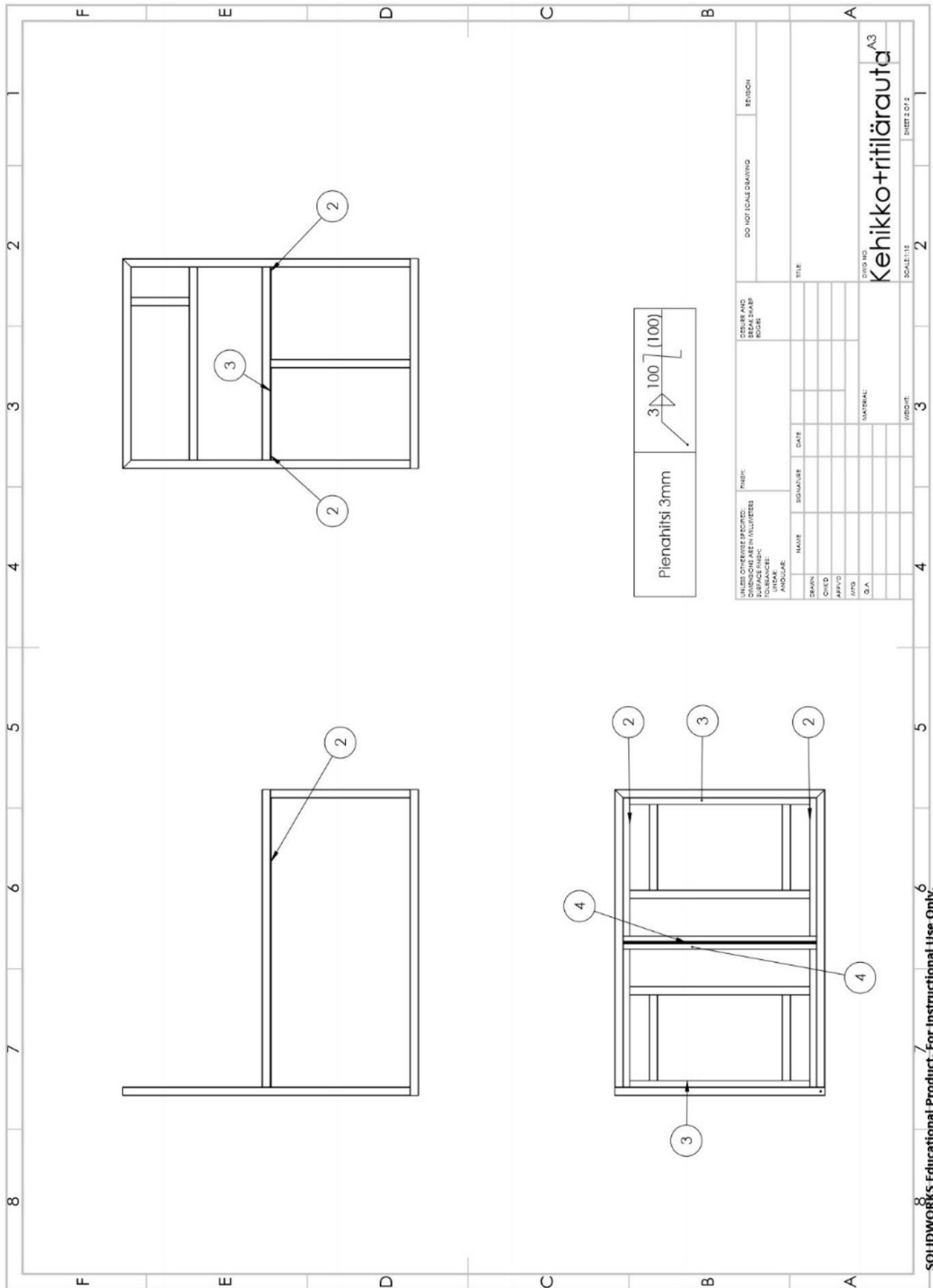


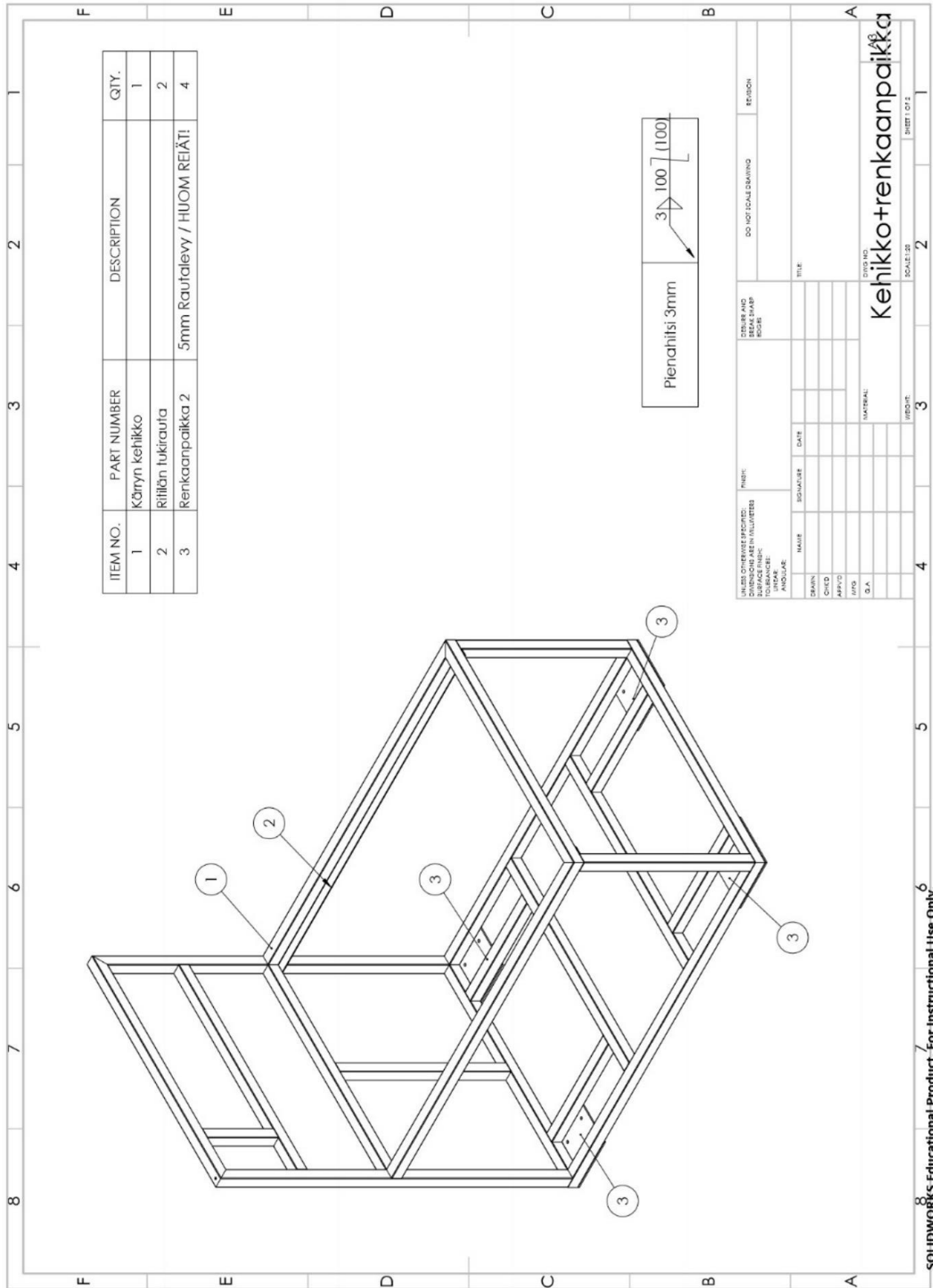
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Kärryn kehikko		1
2	Riitilän tukirauta	Latta 30x3 L=1430	2
3	Riitilän tukirauta 2	Latta 30x3 L=840	2
4	Riitilän tukirauta 3	Kulmarauta 30x3 L=900	2

Pienahiisi 3mm

3  $\bigtriangleright$  100 (100)

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE IN INCHES TOLERANCES: FINISH: FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DESIGNS AND DETAILS SHARP CORNERS			
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
DESIGN			
CHECKED			
APPROVED			
DATE			
DRAWN			
CHECKED			
APPROVED			
DATE			
DRAWING NO.	PROJECT NO.		SHEET 1 OF 2
	Kehikko+riitilärauta <sup>A3</sup>		
	SCALE: 1:20		





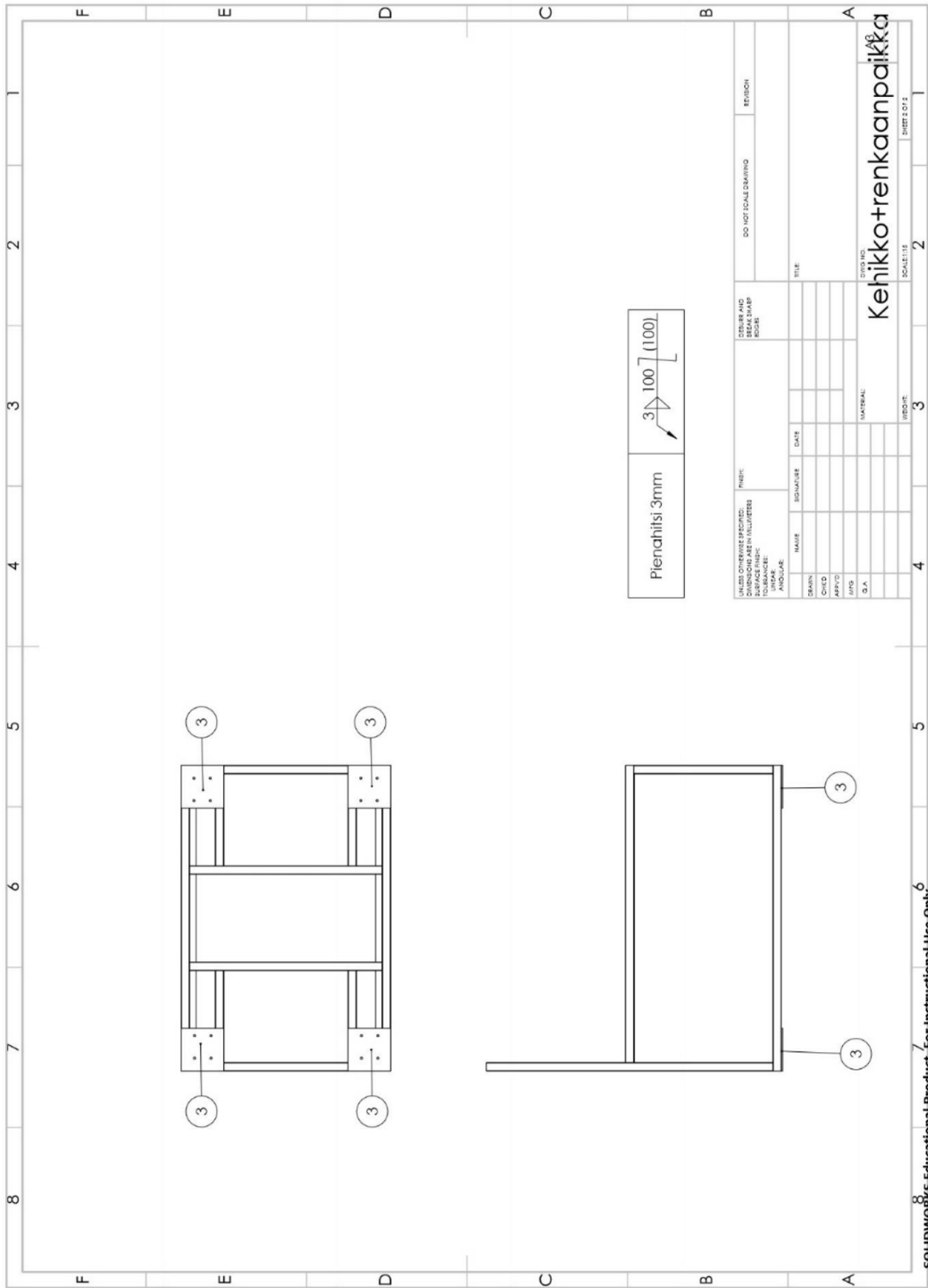
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Käyrän kehikko		1
2	Riitän tukirauta		2
3	Renkaanpaikka 2	5mm Rautalevy / HUOM REIÄT!	4

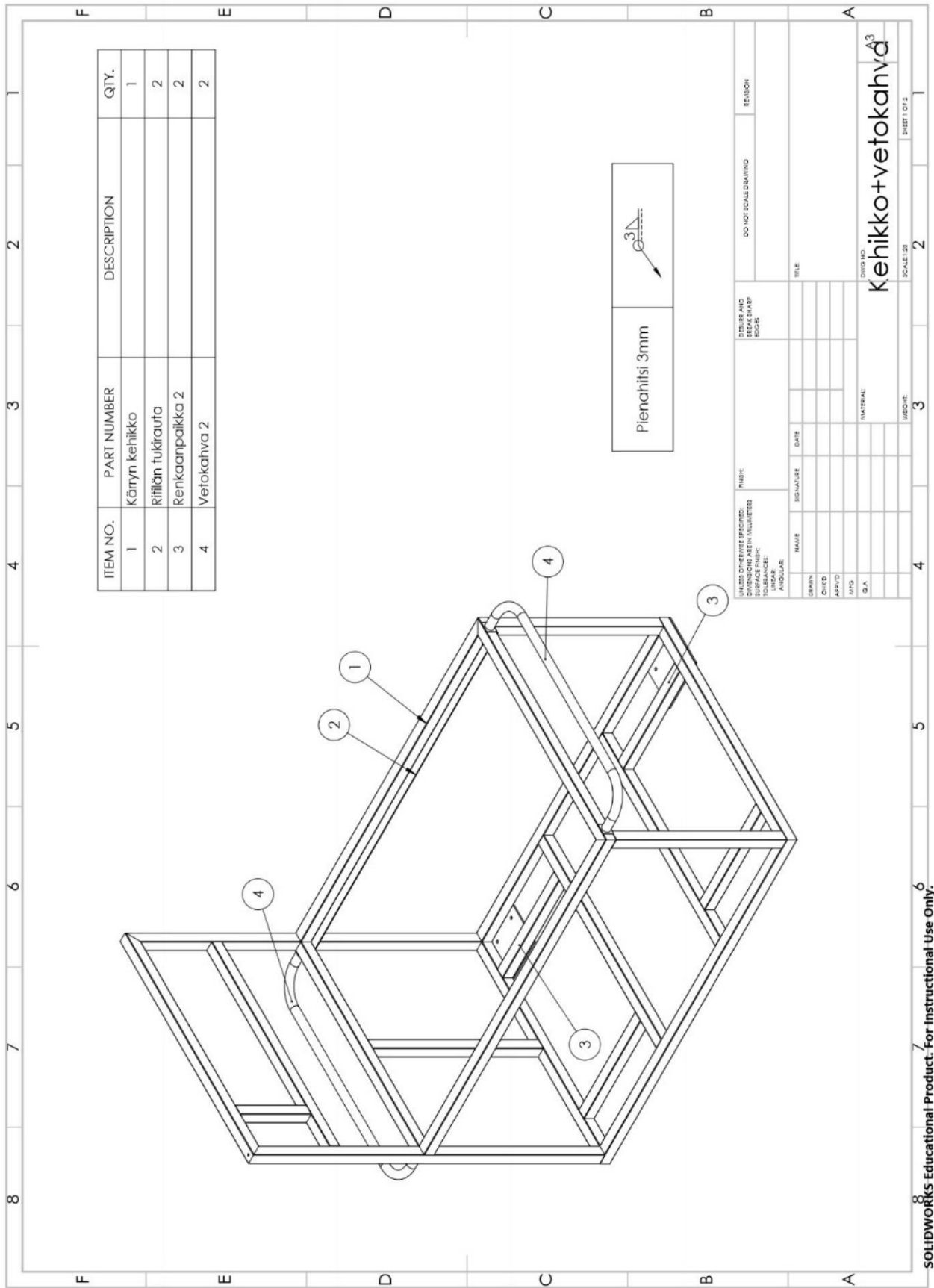
Pienahiisi 3mm

3 100 (100)

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DETAILS AND DIMENSIONS SCALE:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: FRACTIONS DECIMALS		DATE		TITLE					
DRAIN	NAME	SIGNATURE	DATE						
CHILD									
APP'VD									
DATE									
D.P.									
				MATERIAL:		DIVISION:		PROJECT:	
				KEHikko+renkaanpaikka		2		2	
				SCALE: 1:20		3		SHEET 1 OF 2	







ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Käryn kehikko		1
2	Riihilän tukirauta		2
3	Renkaampaikka 2		2
4	Vetokahva 2		2

Pienhitiä 3mm



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: FRACTIONS DECIMALS ANGLES		FINISH:	DIMENSION AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DESIGN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE		
CHECKED						
APPROVED						
DATE						
MATERIAL						
DRAWING NO. <b>Kehikko+vetokahva<sup>3</sup></b> SCALE: 1:20 SHEET 1 OF 2						

