

SIMULAATTOREIDEN SÄILYTYSVAUNUN SUUNNITTELU

Lähdesmäki Seppo

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Tekniikka ja liikenne
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Seppo Lähdesmäki	Vuosi	2020
Ohjaaja	DI Ari Pikkarainen		
Toimeksiantaja	Lapin AMK terveyden- ja hyvinvoinnin koulutus sekä konetekniikan koulutus.		
Työn nimi	Simulaattoreiden säilytysvaunun suunnittelu		
Sivu- ja liitesivumäärä	43 + 26		

Opinnäytetyön toimeksiantajina toimivat Lapin AMK terveyden- ja hyvinvoinnin koulutus sekä konetekniikan koulutus. Tarkoituksena oli suunnitella korkeussäädettävä säilytysvaunu terveystieteen koulutuksessa käytettäville potilassimulaattoreille. Terveyden alan koulutuksen henkilöstö osallistui säilytysvaunun määrittelyyn, ja he olivat tietoisina suunnittelun etenemisestä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia toimiva suunnitelma, joka mahdollistaa säilytysvaunun osien valmistamisen ja hankinnan sekä kokoonpanon rakentamisen. Suunniteltavan säilytysvaunun oli parannettava potilassimulaattoreiden säilytysolosuhteita ja helpotettava niiden liikuttelua. Työssä selvitettiin toimeksiantajan osittain vanhentuneen kalustomateriaalin kierrätysmahdollisuus ja tutustuttiin potilassimulaattorin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunnitelma, joka toteutti toimeksiantajan tuotteelle asettamat vaatimukset ja suunnittelun lähtökohdat. Suunnitelmassa noudatettiin ohjeita ja standardeja. Suunnittelu tulokseksi saatiin tarvittavat 3D -mallit ja -kokoonpanot, 2D -työpiirustukset ja osto-osien dokumentaatio.

Avainsanat

nostolaite, laitesuunnittelu, potilassimulaattori

Technology, Communication
and Transport
Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Seppo Lähdesmäki	Year	2020
Supervisor	Ari Pikkarainen, M.Sc. (Tech.)		
Commissioned by	Lapland UAS of Health and Wellbeing and Mechanical Engineering		
Subject of thesis	Design of the storage trolley for the patient simulator		
Number of pages	43 + 26		

The thesis was made for Lapland University of Applied Sciences for the Units of Health and Wellbeing and Mechanical Engineering. The purpose of the thesis was to design a storage trolley with height control for the patient simulators used in health care education. Health care education professionals were involved in defining the requirements for the storage trolley and were aware of the design progress.

The goal of the thesis was to draw up a plan which makes it possible to manufacture the trolley parts, their purchase and assembly for the trolley. The design goal for the trolley was to improve the storage of the patient simulators and to ease moving them to different locations. It was also investigated whether it is possible to recycle and use the old equipment and the features of the patient simulator were studied.

The thesis outcome was a plan which fulfilled the client's requirements and design goals. The outcome of the design process was all the required documentation such as 3D models and constructions, 2D working documents and documents required for the parts purchase. Standards and guidelines were followed in the design process.

Keywords lifting device, product design, patient simulator

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Työn tavoite.....	5
1.2 Työn rajaukset.....	5
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY.....	6
2.1 Lapin ammattikorkeakoulu.....	6
2.2 Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut.....	8
2.3 Tulevaisuuden terveystalvelut	8
3 POTILASSIMULAATTORI OPETUSVÄLINEENÄ.....	10
3.1 Potilassimulaattori	10
3.2 Simulaattorisairaala	11
4 TUOTEKEHITYS	13
4.1 Erilaisia prosessimalleja	13
4.1.1 Ulrich-Eppinger-malli	14
4.1.2 Seitsemän toimintavaiheen peräkkäismalli.....	15
4.1.3 Neljän toimintavaiheen peräkkäismalli.....	18
4.3 Tuotesuunnittelu	23
4.4 Turvallisuus ja ergonomia.....	25
5 TUOTEKEHITYKSEN TYÖVAIHEET	27
5.1 Tuotekehityksen käynnistys.....	27
5.2 Luonnostelu.....	28
5.3 Kehittäminen.....	32
5.4 Viimeistely	34
6 SUUNNITTELU.....	36
6.1 Suunnittelun vaiheet.....	36
6.2 Suunnittelun tuotokset.....	37
6.4 Suunnittelun yhteenveto	41
7 POHDINTA	42
LÄHTEET.....	43
LIITTEET	45

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena on suunnitella korkeussäädettävä säilytysvaunu terveysalan koulutuksessa käytettäville potilassimulaattoreille. Teemaltaan työn aihe sopii hyvin konetekniikan insinööri (AMK) opinnäytetyön aiheeksi. Suunnittelutyö tehdään yhteistyönä terveydenalan koulutuksen henkilöstön kanssa. Terveydenalan koulutuksen henkilöstö pidetään tietoisina suunnittelun etenemisestä ja osallistuu säilytysvaunun määrittelyyn suunnittelun edetessä. Opinnäytetyöllä on parhaimmillaan Lapin AMK:n terveyden, hyvinvoinnin ja tekniikan alojen koulutusten välistä yhteistyötä edistäviä vaikutuksia.

1.1 Työn tavoite

Suunniteltava säilytysvaunu parantaa potilassimulaattoreiden säilytysolosuhteita ja helpottaa niiden liikuttelua sekä täyttää toimeksiantajan tuotteelle asettamat rajoitteet ja suunnittelun lähtökohdat. Suunnittelu tuottaa vaunun 3D -mallit ja -kokoonpanot sekä 2D -työpiirustukset ja osto-osien dokumentaation. Vaunun osien valmistamisen ja hankinnan sekä tuotekokoonpanon rakentamisen tulee olla mahdollista suunnitteluvaiheessa syntyvän dokumentaation avulla. Suunnittelussa noudatetaan ohjeita ja standardeja. Työssä selvitetään toimeksiantajan osittain vanhentuneen kalustomateriaalin kierrätysmahdollisuus ja tutustutaan potilassimulaattorin ominaisuuksiin.

1.2 Työn rajaukset

Työ sisältää määritetyn laitteen suunnittelun tuotoksineen, jotka mahdollistavat osien valmistamisen ja tuotekokoonpanon rakentamisen. Työ ei sisällä laitteen rakentamista, osien valmistamista tai hankintaa eikä tarjouspyyntöjen laadintaa. Myöskään kaupallistamiseen tähtäävää tuotedokumentaatiota työ ei sisällä. Työn ydin on suunnitella toteuttamiskelpoinen ja tarpeet täyttävä konstruktio.

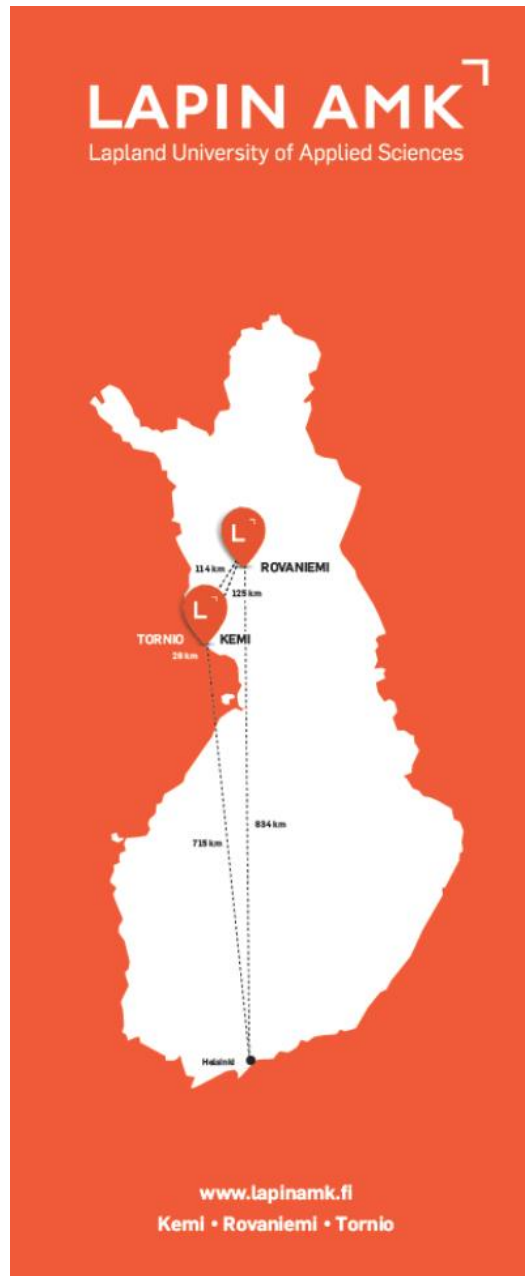
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Suomen korkeakoulujärjestelmä muodostuu 13 yliopistosta ja 22 ammattikorkeakoulusta, jotka kuuluvat opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnon alalle. Korkeakoulut ovat itsenäisiä toimijoita ja vastaavat itse koulutuksen ja tutkimuksen sisällöstä sekä toimintansa kehittämisestä. Korkeakoulujen toimintaa ohjaa ja rahoittaa opetus- ja kulttuuriministeriö, joka on osa valtioneuvostoa. Korkeakoulupolitiikan tarkoitus on kehittää korkeakouluja kansainvälisesti kilpailukykyisenä kokonaisuutena. Korkeakoulupolitiikan tavoitteena on nykyistä tehokkaampi, laadukkaampi ja kansainvälisempi korkeakoululaitos. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019.)

Ammattikorkeakoulut ovat yleensä alueellisia ja monialaisia korkeakouluja. Niiden toiminnassa korostuu yhteys työelämään ja alueellisten tarpeiden huomiointi ja alueellinen kehittäminen. Ammattikorkeakoulut antavat opetusta ammatillisiin asiantuntijatehtäviin. Opetuksen tulee olla työelämän ja sen kehityksen vaatimukseen ja tutkimustoimintaan perustuvaa. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019.)

2.1 Lapin ammattikorkeakoulu

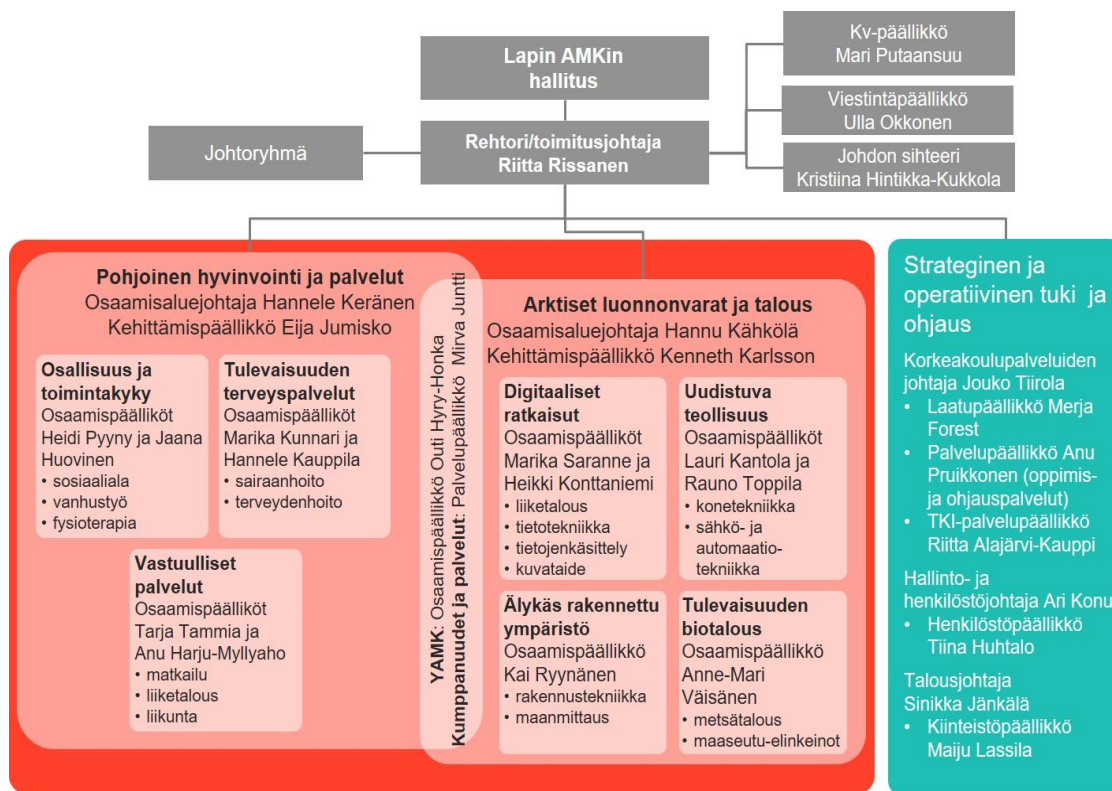
Lapin AMK on monialainen, Euroopan unionin pohjoisin ammattikorkeakoulu, joka aloitti toimintansa vuoden 2014 alussa Kemi-Tornion ja Rovaniemen ammattikorkeakoulujen yhdistyessä. Uusi ammattikorkeakoulu toimii osakeyhtiönä, jossa osakkaina ovat Rovaniemen, Kemin ja Tornion kaupungit, Rovaniemen koulutuskuntayhtymä, koulutuskuntayhtymä Lappia sekä Lapin yliopisto. Ammattikorkeakoulu toimii kahdella kampuksella: Kemi-Torniossa ja Rovaniemellä, joissa on tiloja yhteensä noin 56 000 neliometriä ja opiskelijoita 5400 (Kuvio 1). Henkilöstöä on noin 480 ja lisäksi erilaiset tutkimus- ja kehittämishankkeet työllistävät yli sadan henkilötyövuoden verran. Lapin ammattikorkeakoulun liikevaihto (2018) oli noin 42 milj. euroa. Sijaintinsa ansiosta Lapin ammattikorkeakoulun vahvuuksia ovat arktinen olosuhdeosaaminen ja strategiset painopistealueet, turvallisuusosaaminen, etäisyyksien hallinta, arktinen yhteistyö ja rajaosaaminen, luonnonvarojen älykkään käytön edistäminen sekä palveluliiketoiminta ja yrittäjyys. (Lapin AMK 2020a.)



Kuvio 1. Lapin AMK:n toimipisteet (Lapin AMK 2020b)

2.2 Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut

Lapin ammattikorkeakoulua johdetaan kahtena osaamisalueena, Arktiset luonnonvarat ja talous sekä Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut, joissa kummassakin osaamisalueessa toimii lukuisia koulutus- ja tutkimusaloja. Pohjoinen hyvinvointi ja palvelut osaamisalue koostuu kolmesta osaamisryhmästä. Vastuulliset palvelut osaamisryhmä sisältää matkailun, liikunnan ja liiketalouden koulutuksen. Osallisuus ja toimintakyky sisältää sosiaali-alan, vanhustyön ja fysioterapian koulutuksen. Tulevaisuuden terveyspalvelut sisältävät sairaan- ja terveydenhoidon koulutuksen (Kuvio 2). (Lapin AMK 2020b.)



Kuvio 2. Lapin AMK:n organisaatiorakenne (Lapin AMK 2020a)

2.3 Tulevaisuuden terveyspalvelut

Tulevaisuuden terveyspalvelut tarjoavat sairaan- ja terveydenhoidon koulutusta. Sairaanhoitajakoulutus johtaa sairaanhoitaja (AMK) -tutkintoon ja on kestoltaan

vähintään kolme vuotta sisältäen opetusta vähintään 4600 tuntia (180 op) ja syventäviä hoitotyön opintoja 30 op. Tutkinnon suorittaneet toimivat hoitotyön tehtävissä muun muassa perusterveydenhuollossa, erikoissairaanhoidossa, avohoitopalveluissa ja terveydenalan yrityksissä. Koulutuksessa saadaan myös valmiuksia alan yrittäjyyteen ja liiketoimintaosaamiseen. (Lapin AMK 2020c.)

Terveydenhoitajakoulutuksessa opiskellaan sairaanhoitajaksi (AMK) ja terveydenhoitajaksi (AMK). Koulutus sisältää opetusta kokonaisuudessaan 240 op verran. Tutkinnon suorittaminen antaa pätevyyden terveydenhoitajatyön, terveyden edistämisen ja kansanterveystyön asiantuntijatehtäviin. (Lapin AMK 2020c.)

3 POTILASSIMULAATTORI OPETUSVÄLINEENÄ

Simulaattorikoulutuksen ensisijainen tavoite on opiskelijoiden osaamisen lisääminen. Oppiessamme omaksumme uutta osaamista, taitoja ja tietoja. Simulaattorin avulla oppiminen on tekemällä oppimista. Oppiminen perustuu tekemisen kautta syntyviin omiin kokemuksiin ja toimintaan. Jos jostain asiasta syntyy oma-kohtainen kokemus tekemisen kautta, on osaaminen eri tasolla verrattuna tilanteeseen, jossa olisimme vain nähneet tai lukeneet asian. Tekemisen kautta syntynyt oppiminen myös säilyy pidempään muistissa. Jos simulaatiossa on useita osallistujia, on oppiminen myös yhteistoiminnallista. Oppiminen tapahtuu yhteisenä kokemuksena yhteistyössä muiden kanssa. (Salakari 2010, 80.)

Työelämän muutoksien myötä on yksittäisen asiantuntijan työtehtävien oikeasta ja riskittömästä suorittamisesta kasvanut. Työtehtävien vaativuutta on kasvattanut erilaisten koneiden, laitteiden ja robottien käytön vaatimukset, kuten ohjelmoinnit erilaisilla ohjelmointiohjelmistolla. Varsinkin korkean riskin aloilla ja tapauksissa voidaan simulaattoreilla hyödyntää todellisuuden jäljittelyä. Käytännön tötaitoja ja tehtäviin liittyvää päätöksentekoa voidaan simulaation avulla opetella turvallisesti. Simulaatio-osaaminen liittyy vahvasti turvallisuusosaamiseen, mikä näkyy asiakas- ja potilasturvallisuudessa. (Kangastie & Linna 2016, 56.)

Simulaattori on simulaatiota varten rakennettu nykyisin yleensä tietokoneohjattu laite. Aiemmin simulaattoreita on käytetty lähinnä lentäjien ja sotilaiden koulutuksessa. Nykyään simulaattoreita käytetään useimmiten tilanteissa, joissa reaali-maailmassa toimiminen on joko kallista, hankalaa, turvatonta, vaikeasti muunneltavaa, tai tilanteissa, joissa havainnollistaminen ja prosessien tarkka toistettavuus on tärkeää. (Räsänen 2020.)

3.1 Potilassimulaattori

Potilassimulaattori on ulkomuodoltaan ihmistä muistuttava laite, joka simuloi ihmisen toimintoja. Potilassimulaattorin avulla päästään harjoittelemaan aidon tuntuisia potilastilanteita, joita voidaan toistaa rajattomasti. Korkeasta hankintahinnasta huolimatta potilassimulaattori on hyvin suosittu ja toimivaksi todettu terveyden alan opetusväline. (Järvelä 2019) Simulaattoreiden painot vaihtelevat muu-

tamasta kilosta liki neljäänkymmeneen kiloon. Simulaattoreilla voidaan myös simuloida jotain osaa ihmisen kehosta tai ihmistä erilaisissa potilastilanteissa. Potilassimulaattoreiden hinnat vaihtelevat perusmallien muutamasta tuhannesta useisiin kymmeniin tuhansiin ja tekniset ominaisuudet sen mukaan. Yleisesti niillä voidaan tarkkailla neurologisia ja fysiologisia oireita. Simulaattoreissa on myös monipuoliset liitännämahdollisuudet erilaisten mittalaitteiden ja monitorien käytölle. (Laerdal 2019.)

Erilaisia hoitotaitoja voidaan kehittää muun muassa seuraavilla potilassimulaattoreiden toiminnoilla. Hengityksen hoitotaitoja voidaan harjoitella erilaisilla hengitystiekomplikaatioiden tai hengityskomplikaatioiden hoitoharjoitteluilla. Samoin sydämen ja verenkierron häiriötilanteita voidaan harjoitella monin eri tavoin ja tilantein. Elvytysharjoituksissa potilassimulaattorin painelut luovat tunnustelemalla havaittavan sykkeen ja verenpaineen sekä realistisen painelun syvyyden ja vastuksen. Potilassimulaattori antaa myös reaaliaikaisen palautteen elvytyksen laadusta. (Laerdal 2019.)

Muita potilastilannetta autenttisoivia ominaisuuksia ovat potilassimulaattorin silmäluomien ja pupillien ohjaus sekä erilaiset kouristuskohtaukset ja lihassupistukset. Verenvuotoa voidaan simuloida useista eri kohdista ja potilassimulaattori reagoi automaattisesti verenhukkaan ja hoitotoimenpiteisiin. Potilassimulaattori voi myös simuloida erilaisten eritteiden kuten veren, liman, hien, selkäydinnesteen tai virtsan tuottoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi virtsarakon katetroinnissa. Simulaattorin äänimaailmaan kuuluu potilaan esiäänitetyt tai ohjaajan langattomasti simuloimat äänet sekä erilaiset suolistoäänet. Äänien tarkoitus on tehostaa autenttisuutta ja tuoda eri variaatioita hoitotilanteeseen. Ohjaaja voi myös kommunikoida simulaattorin välityksellä hoitotoimenpiteitä suorittavan opiskelijan kanssa. Potilassimulaattorin farmakologisia ominaisuuksia ovat lääkkeen ja annostuksen tunnistava automaattinen lääkkeentunnistusjärjestelmä sekä automaattiset tai ohjelmoitavat fysiologiset vasteet. (Laerdal 2019.)

3.2 Simulaattorisairaala

Koulutustilanteissa potilassimulaattoreita pyritään käyttämään mahdollisimman paljon oikeaa potilastilannetta vastaavassa ympäristössä. Tämä voidaan toteut-

taa siirtämällä simulaattori oikeisiin potilastiloihin tai luomalla potilastiloja vastaava käyttöympäristö koulutuskäyttöön. Tällaisia käyttöympäristöjä kutsutaan simulaatiostudioiksi tai simulaattorisairaaloiksi. (Järvelä 2019.) Potilassimulaattorit nähdään potilassängyissä kuvassa 1.



Kuva 1. Lapin ammattikorkeakoulun tiloissa toimiva simulaattorisairaalan vuodeosasto 2

Lapin AMK:n tiloissa (Tietokatu 1) on erityinen potilassimulaattoreilla opettamiseen tarkoitettu simulaattorisairaala. Sairaalassa on opetukseen tarkoitetut vuodeosastot, lääkehoituhuone, videoseurantaluokka ja leikkausali. Kuitenkin on olemassa tilanteita, milloin opetuksessa sängyt tarvitaan muuhun käyttöön ja simulaattorit on siirrettävä säilytykseen. Suunniteltava säilytysvaunu tulee tähän käyttötarkoitukseen. (Heikkinen 2020.)

4 TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyön kohde on tuotekehitysprojekti, jossa suunnitellaan nostimella varustettu potilassimulaattoreiden säilytys- ja kuljetusvaunu. Tuotekehityksellä tarkoitetaan joko kokonaan uuden tai olemassa olevan tuotteen kehitystä. Tuotekehityksen tavoite on yrittää täyttää tuotteelle asetetut vaatimukset niin hyvin kuin se on taloudellisesti ja teknisesti mahdollista. (Jokinen 2010, 9-10.) Tuotekehitys liittyy läheisesti yrityksen toiminta-ajatukseen ja markkinoinnin tarpeiden tyydyttämiseen. Tuotekehitys on yritykselle tarpeellista yrityksen tulevaisuuden turvaamiseksi ja korkeamman voiton tavoittamiseksi. Markkinoiden kehitys vaatii uusia tuotteita vastaamaan kysynnän vaatimuksiin. Asiakkaiden muuttuvat tarpeet johtavat nykyisten tuotteiden vanhenemiseen ja niiden taloudellisen kannattavuuden heikkenemiseen. Tuotekehityksellä pyritään tuomaan markkinoille uusia paremmin asiakkaiden tarpeita tyydyttäviä tuotteita. Tuotekehitystä ja uusia tuotteita tarvitaan myös silloin kun yritys laajentaa toimintaansa tai markkinat uudistuvat jollain merkittävällä tavalla. Olemassa olevan valmistuksen tai myynnin kapasiteetin parempi hyödyntäminen on yksi syy tuotekehitykseen. Uusia tuotteita voidaan tarvita markkinoiden muuttuneen kilpailutilanteen vuoksi. Tuotekehitystä voidaan käyttää myös uuden teknologian ja osaamisen tuomiseksi yritykseen. (Rissanen 2002, 182.) Tuotekehityksellä voidaan luoda myös uusia tarpeita keittämällä uusia tuotteita, joita asiakkaat eivät ole tienneet tarvitsevänsä (Kotler 2005, 19 -20).

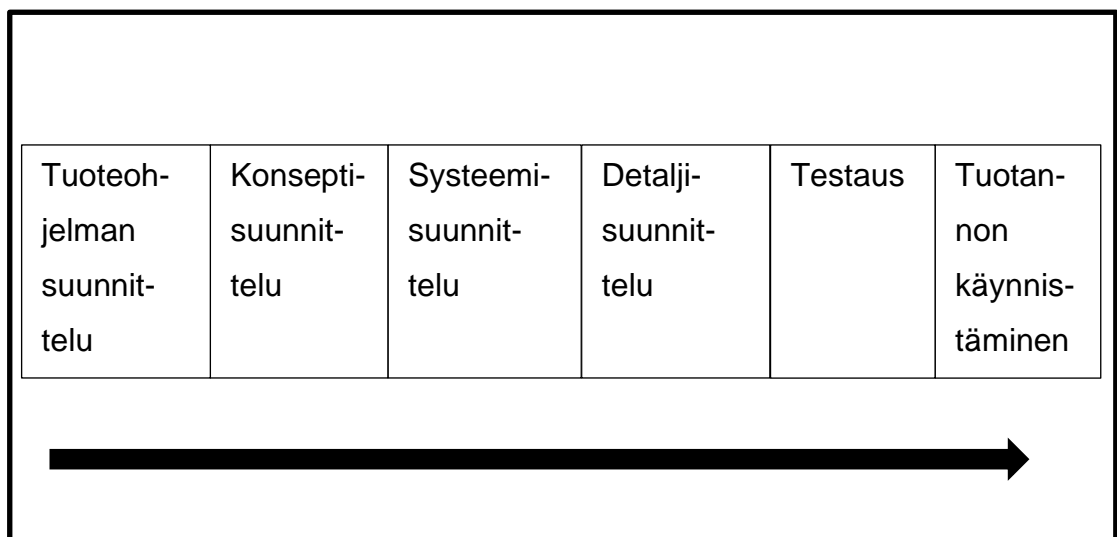
4.1 Erilaisia prosessimalleja

Nykykäsityksen mukaan tuotekehitysprosessia ei voida pitää erillisenä prosessina, koska siihen kuuluvia toimintoja sisältyy yrityksen muuhun toimintaan. Parempi onkin puhua innovaatioprosessista tai innovaatiotoiminnasta. Tuotekehitysprosessin sijasta voidaan puhua tuotekehitysprojektista, joka on osa innovaatiotoimintaa, silloin kun kyseessä on projektimainen toteutus sisältäen selkeän tavoitteen, resurssit ja aikataulun toteutukselle. Innovaatiotoiminta on osa yrityksen jokapäiväistä toimintaa, joten sille ei voida esittää mitään kaavamaista kuvausta. Tuotekehitysprojekteista on olemassa useita eri malleja, jotka sisältävät ainakin tarpeen kuvauksen, luovan työn vaiheen ja detaljisuunnittelun. Mallit voidaan jakaa spiraalimalleihin, joissa vaiheet on sijoitettu ympyrämäisesti ja niitä

kierretään tarkentaen koko prosessin ajan ja peräkkäismalleihin, joissa seuraava vaihe voi alkaa vasta kun edellinen vaihe on saatu päätökseen. Viimeisimmissä malleissa on otettu käyttöön sosiaalisen median menetelmiä. Niissä projekti etenee useiden osallistujien toimesta tavallista projektia hallitsemattomammin. (Hietikko 2015, 45.) Prosessin luonteen perusteella niistä voidaan erotella eri tyyppisiä. Kun kehitys alkaa markkinoilla tunnistetusta tarpeesta ja sen toteuttamiseen käytetään olemassa olevaa teknologiaa, puhutaan markkinavetoisesta prosessista. Olemassa olevan tuotteen kehittämistä kutsutaan paranteluprosessiksi. Teknologiatyöntöprosessiksi kutsutaan kehitystyötä, joka alkaa teknologiainnovaatiosta ja jolle etsitään markkinat. Asiakastilaukseen pohjautuva kertaluontoinen toteutus on räätälöintiprosessi. (Hietikko 2015, 45.)

4.1.1 Ulrich-Eppinger-malli

Yksi paljon käytetty malli on Ulrich-Eppinger-malli, joka jakaa prosessin kuuteen eri osaan. Se on peräkkäismalli, joka sisältää eri vaiheissa takaisinkytkennän ja soveltaa näin tietyllä tavalla spiraalimallia. Mallin kuvaus on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Ulrich-Eppinger-mallin vaiheet (Hietikko 2015)

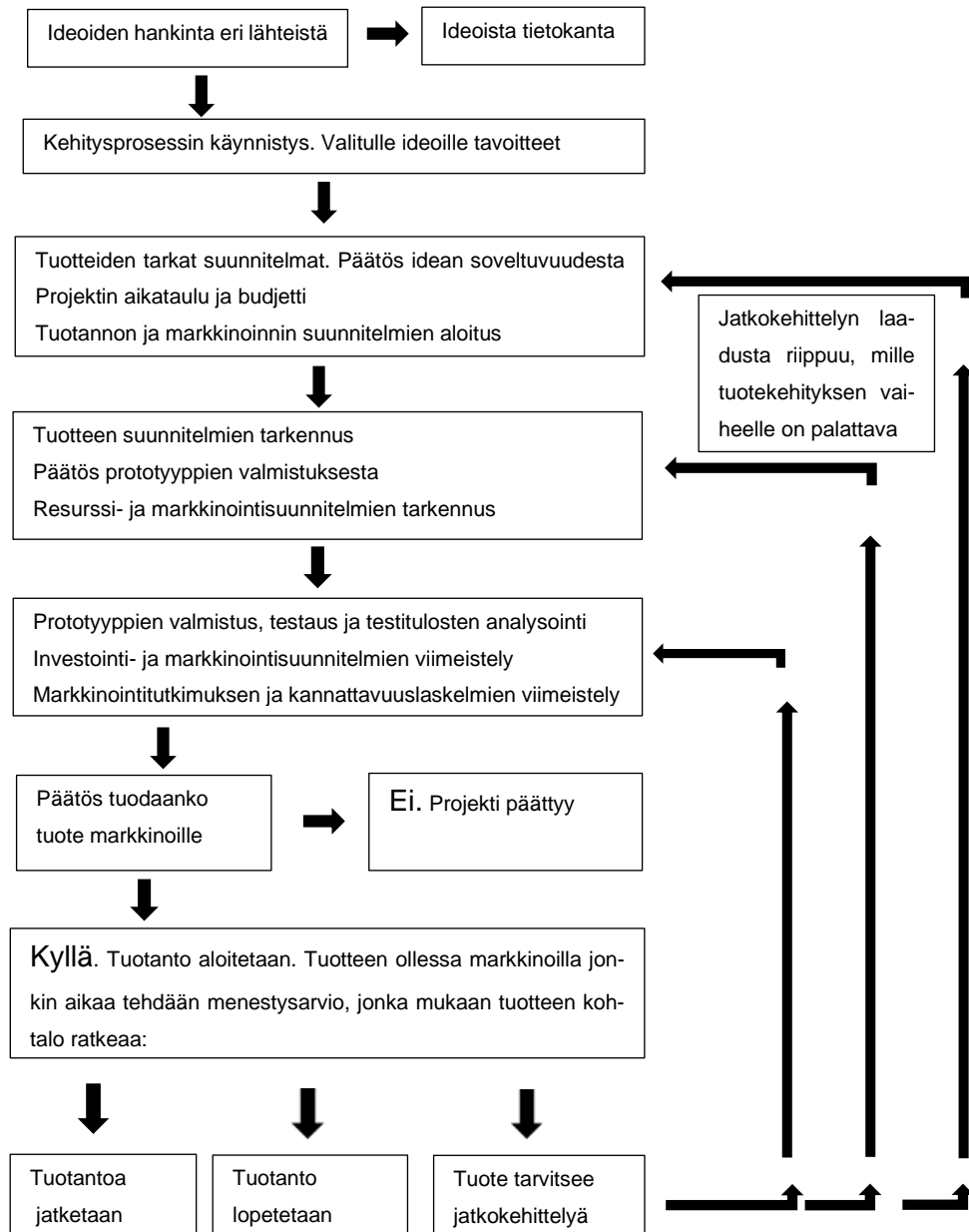
Tuoteohjelman suunnittelu on ensimmäinen vaihe ja siinä asetetaan tuotekehitysprojekti siten, että se on linjassa yrityksen tuotestrategian kanssa. Tarvittaessa tehdään esiselvitys siitä, lähdetäänkö projektia toteuttamaan. Tässä vaiheessa asetetaan myös projektin tavoitteet ja reunaehdot. (Hietikko 2015, 47.)

Konseptisuunnitteluvaiheessa selvitetään asiakastarpeet ja suoritetaan kilpailijoiden arviointi. Saatujen tulosten perusteella asetetaan tavoiteltavat, tuotteen mittavissa olevat tekniset ominaisuudet. Seuraavaksi siirrytään luovaan vaiheeseen ja pyritään tuottamaan mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia tarpeiden ratkaisemiseksi. Saadut tuotokset arvioidaan ja paras tai parhaat valitaan jatkokehitykseen. Mikäli tarpeiden koko kokonaisuutena on suuri, voidaan ratkaisu jakaa osaongelmiin, joihin haetaan erikseen ratkaisuvaihtoehtoja. (Hietikko 2015, 47 -48.)

Systemisuunnitteluvaiheessa pohditaan edellisen vaiheen tuotoksia. Erityistä huomiota kiinnitetään tuoterakenteeseen ja siihen, miten tuote on moduloitavissa ja muunneltavissa kattamaan mahdollisimman monen asiakkaan tarpeet. Systemisuunnitteluvaiheen jälkeen siirrytään detaljisuunnitteluvaiheeseen, jossa tuotteen osat ja kokoonpanot saavat lopullisen muotonsa. Detaljisuunnitteluvaiheeseen kuuluu myös osien valmistusmenetelmien ja materiaalien valinta sekä prototyypin valmistus. (Hietikko 2015, 48.) Testausvaiheessa prototyyppiä testataan ja varmistetaan, että tuote toimii halutulla tavalla ja on valmistettavissa riittävän edullisin kustannuksin. Prototyyppi ei aina ole yhtenevä lopullisen tuotteen kanssa. Se voi olla myös pienoismalli tai etenkin nykyään tietokonemalli. (Hietikko 2015, 48.) Lopuksi tuotanto käynnistetään koe- eli nollasarjalla, jolla testataan tuotantoa ja koulutetaan työntekijöitä (Hietikko 2015, 47).

4.1.2 Seitsemän toimintavaiheen peräkkäismalli

Toisessa mallissa eli seitsemän toimintavaiheen peräkkäismallissa prosessi jaetaan seitsemään osaan, kuten kuviosta 4 nähdään.



Kuvio 4. Seitsemän toimintavaiheen tuotekehitysmalli (Rissanen 2002)

Ensimmäinen vaihe sisältää ideoiden hankinnan, arvioinnin ja valinnan sekä tarpeen tunnistamisen (Rissanen 2002,187). Tarve saattaa syntyä uudesta teknologiasta, tuotteen parantamisesta tai markkinoiden palautteesta (Hietikko 2015, 45). Ideoiden hankintaan käytetään eri lähteitä kuten kilpailijoiden toimintaa ja asiakaspalautteita. Ideat tallennetaan tietokantaan mahdollista myöhempää käyttöä varten. (Rissanen 2002,187.)

Toisessa vaiheessa tuotekehitysprosessi varsinaisesti alkaa. Siinä tavoite täsmenyy ja valituille ideoille määritetään tavoitteet resurssien, tekniikan ja aikataulun osalta. Kolmannessa vaiheessa tuoteideasta tehdään tarkat suunnitelmat ja päätös tuoteidean soveltuvuudesta yrityksen tuotantoon ja myyntiin. Jos päätös on myönteinen, tehdään myös projektin aikataulu ja laaditaan sille budjetti. Tuotannon ja markkinoinnin suunnitteleminen alkaa esisuunnitteluvaiheen lopuksi. (Rissanen 2002, 187.)

Tuotesuunnittelu on neljäs vaihe. Siinä tarkennetaan tuotteen suunnitelmia ja päätetään prototyyppien valmistamisesta. Tuotteen valmistukseen ja valmistusprosessiin sekä henkilöstöresursseihin liittyviä suunnitelmia, mukaan lukien markkinointisuunnittelu, tarkennetaan. Viides vaihe sisältää prototyyppien valmistuksen, testauksen ja testitulosten analysoinnin. (Rissanen 2002, 188.) Testausvaiheen tärkein tavoite on varmistua siitä, että tuote toimii halutusti ja se on mahdollista valmistaa suunnitelluin kustannuksin (Hietikko 2015, 45). Toimintaan osallistuvat edustajat tuotannosta, hankinnasta, myynnistä ja mahdollisesta asiakkaiden muodostamasta koeryhmästä. Tähän vaiheeseen kuuluu myös investoinnin, markkinoinnin suunnitelmien ja markkinatutkimuksen sekä kannattavuuslaskelmien viimeistelyt. (Rissanen 2002, 188.)

Kuudes vaihe ratkaiseva ja kriittinen. Siinä tehdään päätös, tuodaanko tuote markkinoille. Tuotekehitykseen on käytetty resursseja, mutta se ei saa vaikuttaa päätökseen vaan päätös on tehtävä painottaen realistisia tuotto-odotuksia ja markkinatilannetta. Tämän jälkeen peräytyminen on vaikeampaa ja perääntymisen synnyttämät vahingot kasvavat. (Rissanen 2002, 188.) Viimeinen vaihe on menestysarvio. Tuotteen ollessa markkinoilla jonkin aikaa tehdään menestysarvio, jossa keskitytään myynnin ja tuotannon kokemuksiin. Markkinoilta tuleva palaute ratkaisee tuotteen kohtalon ja mahdollisen edelleen kehittämisen tarpeen. (Rissanen 2002, 187- 189.)

4.1.3 Neljän toimintavaiheen peräkkäismalli

Kolmantena varsinkin pienemmille tuotekehitysprojekteille sopiva tuotekehitysprojektin prosessimalli jaetaan neljään toimintavaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa tuotekehitys prosessi käynnistetään. Edellytys käynnistämiseen on olemassa olevan tuotteen tarve ja idea sen toteuttamismahdolliseen toteutukseen. Toteuttamismahdollisuuteen ja asiakkaan tarpeen selvittämiseen saadaan tietoa yrityksen ulkopuolelta markkina-analyyseista, asiakaspalautteista, kilpailijoiden tuotteiden analyyseista ja markkinoiden sekä teknologian kehitysennusteista. (Jokinen 2010, 14 – 21.) Asiakkaan tarpeita voidaan selvittää erilaisilla menetelmillä, joita on esitetty taulukossa 1 (Hietikko 2015, 62).

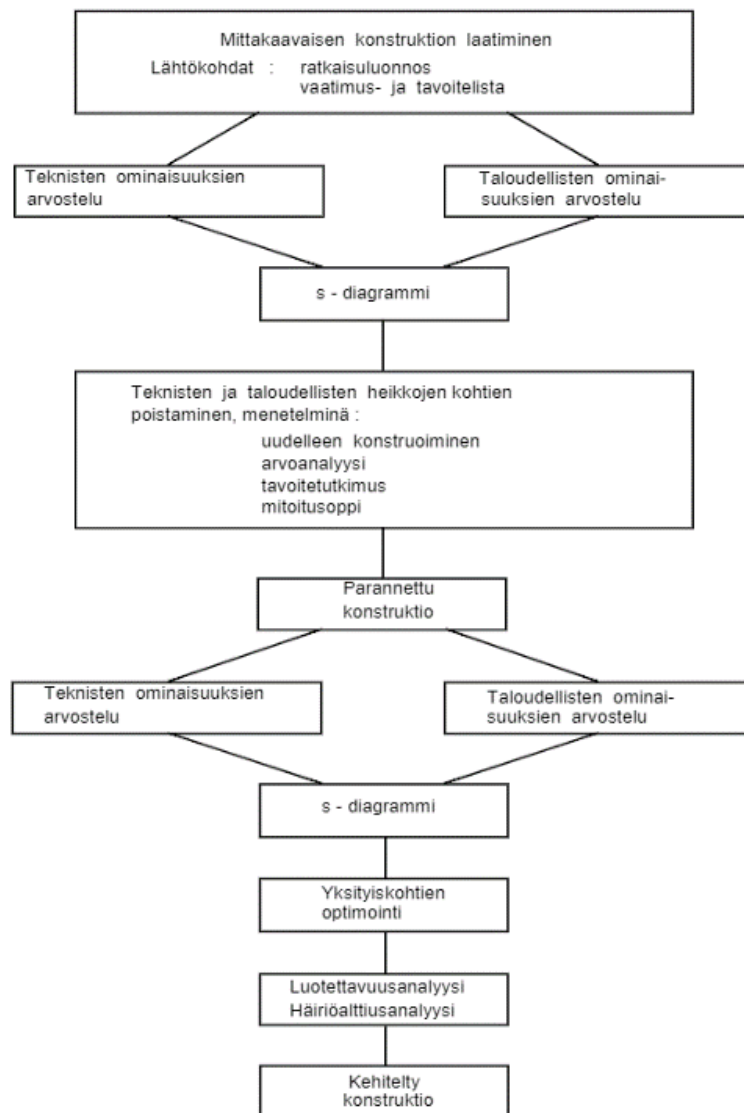
Taulukko 1. Menetelmiä asiakkaan tarpeen selvittämiseksi (Hietikko 2015)

Menetelmä	Informaation tyyppi	Edut	Haitat
Olemalla käyttäjä	Konkreettinen, henkilökohtainen tieto	Tieto syvällistä	Tieto hankalasti siirrettävissä
Tarkkailemalla käyttäjä	Tietämys prosessista	Asiakkaan kielen oppiminen	Aika ja kustannukset
Haastattelemalla käyttäjä	Suuri määrä yksityiskohtaista tietoa	Nopea tapa	Prosessiin liittyvä tieto ei tule esiin

Yrityksen sisältä tarvitaan tietoa käytettävissä olevista henkilöstöresursseista ja henkilökunnan tiedontasosta. Käytettävissä olevat tutkimus- ja valmistusresurssit ja yrityksen taloudelliset mahdollisuudet muodostavat yritysperiaatteen eli voimavarat, joilla yritys voi toimia ja mitkä ovat sen mahdollisuudet kyseiseen tuotekehitysprojektiin. Luonnollisinta on etsiä tuotealueet, jotka ovat yrityksen ominta osaamisalaa eli tuote sisältää tietyn toiminnon, toimintaperiaatteen tai ne valmistetaan tietyistä materiaaleista tietyllä valmistusmenetelmällä tietyille asiakaspiirille. Löydetyistä tuotteista laaditaan kehitysehdotus, joka sisältää tekniset- ja taloudelliset vaatimukset, tuotteen kuvauksen, kehityspanoksen ja aikataulun. Yrityksen johto tekee lopullisen tuotekehityspäätöksen. (Jokinen 2010, 14 – 21.)

Luonnosteluvaiheessa etsitään kokonaistoiminnolle ja osatoiminnolle erilaisia ratkaisumahdollisuuksia. Luonnosteluiden ei tarvitse olla yksityiskohtaisia vaan toiminta-ajatusta selventäviä. Syntyneistä toimintaratkaisumahdollisuuksista valitaan soveltuvimmat. (Jokinen 2010, 21 - 22.) Luonnostelu sisältää luovan työn vaiheen, jossa yritetään generoida mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia ratkaisemaan asiakkaan tarpeet. Ratkaisua voidaan hakea myös jakamalla ratkaisu osaongelmiin, joihin etsitään erikseen ratkaisuvaihtoehtoja. Lopuksi luonnokset arvioidaan ja niistä valitaan parhaat jatkokehitykseen. (Hietikko 2015, 45 – 47.) Luonnosteluvaihe sisältää paljon työvaiheita, joita päätöksenteossa ja ongelman ratkaisemisessa käytetään. Päätöksen tekoon ja ongelman ratkaisemiseen on kehitetty useita menetelmiä, jotka eroavat toisistaan lähinnä työvaiheiden painotuksessa. Havaitut ongelmat analysoidaan hankittujen asiantietojen avulla ja niihin etsitään ratkaisuideoita, joista parhaiksi arvioidut testataan päätöksen tekoa varten. (Jokinen 2010, 21 - 22.)

Kehittelyvaihe käynnistyy lupaavimman luonnoksen valinnan jälkeen. Periaatteelliset ratkaisuluonnokset viimeistellään yksityiskohtia myöten valmiiksi. (Jokinen 2010, 89.) Kehittelyn työvaiheet on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Kehittelyn työvaiheet (Jokinen 2010)

Aluksi kerrataan ratkaisuluonnoksille asetetut tavoitteet ja vaatimukset sekä tehdään mittakaavaan laadittava konstruktio. Suunnittelun tulos arvostellaan taloudellisten ja teknisten kriteerien mukaan. Arvosteluun voidaan käyttää valmiita matemaattisia malleja, kuten ns. s-diagrammia. S-diagrammissa arvostelukriteerit jaetaan valmistuskustannuksia ja teknisiä ominaisuuksia käsitteleviin kriteereihin, jotka mallin kaavaan sijoitettuna antaa vertailukelpoiset tekniset- ja taloudelliset arvot. Arvostelu tuo esille mahdolliset tekniset ja taloudelliset heikot kohdat. (Jokinen 2010, 82,90.)

Esiin tulleiden heikkojen kohteiden poistaminen tapahtuu uusien ratkaisumahdollisuuksien ideoimisella, uudelleen suunnittelulla ja tarvittaessa lisätiedon hankkimisella. Uusien suunnitelmien avulla päädytään uuteen konstruktion, joka myös arvostellaan. Mikäli arvostelun tulos ei ole vielä tyydyttävä, voidaan etsiä edelleen uusia ratkaisumalleja. Käytännössä tämä voi myös johtaa ratkaisuluonnoksen hylkäämiseen ja uuden ratkaisuluonnoksen valintaan. Kun konstruktion kokonaisuutena hyväksyttävällä tasolla, jatketaan työtä yksityiskohtien suunnittelulla. Suunnittelussa voidaan etsiä kohteita, joiden optimoinnilla voitaisiin parantaa konstruktion arvoa. (Jokinen 2010, 90 – 91.) Kehittelyvaiheen lopuksi tarkastellaan konstruktion luotettavuutta, joka riippuu sen osien luotettavuudesta ja konstruktion rakenteesta. Rakenteesta riippuu, miten yhden osan vioittuminen vaikuttaa koko konstruktion toimintaan. Konstruktion luotettavuutta voidaan testata luotettavuusmallilla, joka esittää konstruktion ja sen osien välisen toiminnallisen riippuvuuden. (Jokinen 2010, 127.) Kehittelyvaihe päättyy kehitetyn konstruktion hyväksymiseen (Jokinen 2010, 90 – 91).

Mallin viimeinen vaihe on viimeistely, jonka työvaiheet on esitetty kuviossa 6. Siinä tuotetaan laitteen valmistukseen, käyttöön, huoltoon ja asennukseen tarvittavat dokumentit. Viimeistelyvaiheessa tehdään lopulliset päätökset valmistustavoista, -materiaaleista, pintakäsittelyistä ja osien toleransseista. Sarjavalmistukseen tulevista halvemmista laitteista voidaan tehdä prototyyppi ja nollasarja. Kalloista laitteista pienoismalleja ja kriittisimmistä osista todellista kokoa olevia koe-kappaleita. (Jokinen 2010, 96.)



Kuvio 6. Viimeistelyn työvaiheet (Jokinen 2010)

Yksityiskohteiden viimeistelyssä päätetään miten ja mitkä osat valmistetaan sekä laaditaan osien työpiirustukset. Ostettavien osien kohdalla huomioidaan markkinoilla olevat standardiosat ja omat tuotantoresurssit. Toisessa kootaan rakenne-ryhmät, joiden muodostus riippuu valmistusjärjestyksestä ja -aikataulusta. Laaditaan kokoonpanokuvat ja osaluettelot. Kolmannessa vaiheessa tuotetaan kokoonpanopiirustuksia täydentävät työselitykset sekä asennus-, kuljetus ja käyttöohjeet. Neljännessä vaiheessa tarkistetaan piirustusten ja ohjeiden oikeellisuus. Viides vaihe sisältää prototyyppien suunnittelun, valmistuksen ja testauksen. Kuudennessa vaiheessa valmistetaan nollasarja ja suoritetaan suunnitelmien tarkistus. Viimeisessä vaiheessa tehdään päätös valmistuksen aloittamisesta. (Jokinen 2010, 96 – 97.)

4.3 Tuotesuunnittelu

Tuotesuunnittelussa pyritään noudattamaan standardeja. Koneturvallisuudesta on olemassa useita standardeja: yleisiä, tarkentavia ja tiettyihin käyttösovelluksiin tarkoitettuja. Koneturvallisuusstandardien tarkoitus auttaa suunnittelijaa tekemään koneista sellaisia, että ne täyttävät työturvallisuuslain vaatimukset. (SFS-EN ISO 12100 2010.) Standardit ovat suosituksia ja niiden käyttö on vapaaehtoista ja ilmaista. Suomessa standardisointitoimintaa ohjaa Suomen Standardisointiliitto (SFS ry). (SFS-käsikirja 2002, 7-8.)

Tuotesuunnittelu on osa tuotekehitysprosessia. Tuotesuunnittelu on prosessi, jossa tieto vaatimuksista, tarpeista ja reunaehdoista muuttuu sellaisen rakenteen kuvaukseksi, joka kykenee toteuttamaan halutut toiminnot. Tuotesuunnittelun päätavoite on tuottaa sellaiset dokumentit, joiden perusteella tuotanto pystyy valmistamaan oikeat osat ja kokoonpanot. (Hietikko 2007, 12 – 13.)

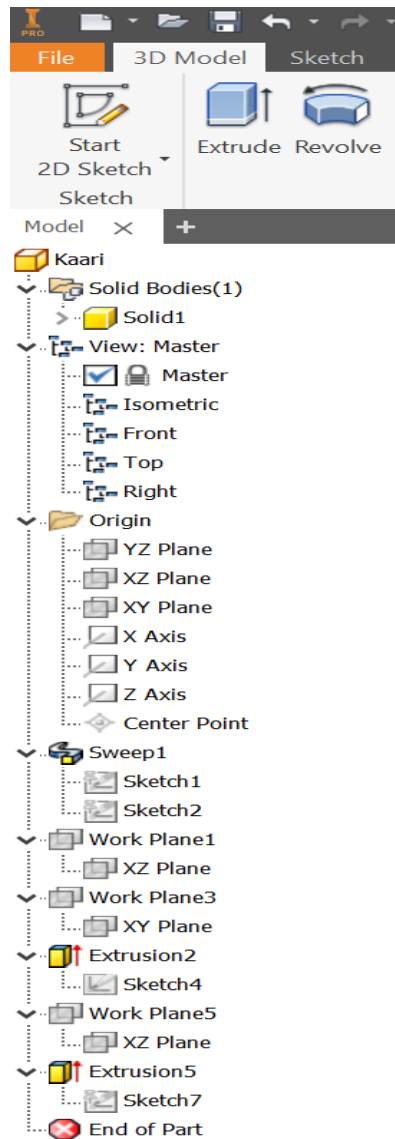
3D-mallinnus tarkoittaa kolmiulotteista tietokoneavusteista suunnittelua. Tuotoksena syntyvää mallia voidaan käyttää muun muassa tuotteen valmistuksen apuna. Mallinnuksella voidaan luoda kolmiulotteinen kappale työstökoneelle ja näin valmistaa prototyyppi tuotantoa varten. Tässä opinnäytetyössä käytetään Autodesk Inventor Professional 2018 3D-suunnitteluohjelmaa. Ohjelman perustoimintoja ovat 3D-mallintaminen ja malleista tuotettavat kokoonpano- ja työpöyrustukset. Ohjelman parametrinen mallinnusjärjestelmä mahdollistaa nopeiden ja turvallisten muutoksien tekemisen suunnitelmassa. Ohjelmalla on mahdollista suunnitella ja tarkastella tuotekokoonpanon ominaisuuksia. (Autodesk 2018.)

Parametrisellä piirremallinnusjärjestelmällä tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnitteluohjelmaa, jonka avulla suunniteltava kohde voidaan mallintaa kolmiulotteisen geometrian avulla. Kolmiulotteisten kappaleiden avulla voidaan havaita kokoonpanosta sellaiset virheet, jotka voisivat aiheuttaa fyysistä yhteensopimattomuutta. Yhdestä 3D-mallista tuotetut piirustukset ovat näkyviä kappaleen eri katsontasuunnista. Siksi mallissa tapahtuvat muutokset päivittyvät kaikkiin piirustuksiin automaattisesti. (Hietikko 2007, 23.)

Parametrisyys tarkoittaa sitä, että kohteen mittoja voidaan muuttaa mallinnuksen aikana ja geometria muuttuu vastaavasti. Tämä ominaisuus on mallinnuksessa

tärkeä, koska mitat yleensä muuttuvat ja tarkentuvat mallinnuksen aikana. Muutosten teko on myös helppoa. Pelkän mittaluvun muuttaminen riittää, jolloin siihen kytketty geometria muuttuu itse kohteen lisäksi kaikissa siihen kytketyissä kohteissa kuten piirustuksissa ja kokoonpanoissa. (Hietikko 2007, 23.)

Piirremallinnus tarkoittaa kappaleen rakentamistapaa. Aluksi tehtyyn peruspiirteeseen lisätään uusia piirteitä siten, että saadaan aikaan kohteen tarkka malli. Piirteet tulevat näkyviin itse kohteen lisäksi piirrepuuhun, josta ne voidaan poimia muutosten tekemistä varten (Kuvio 7). (Hietikko 2007, 23 – 24.)



Kuvio 7. Inventor-suunnitteluohjelman piirrepuu

Mallin piirrepuu seuraa mallin mukana ja esimerkiksi kokoonpanon piirrepuussa näkyvät kaikki siihen kuuluvat osat ja niihin kuuluvat piirteet. Pääkokoonpanossa näkyy siten koko rakennelma ja kaikkien siihen kuuluvat osien, komponenttien ja osakokoonpanojen piirteet pääkokoonpanon piirrepuussa, ja niihin päästään helposti käsiksi. (Hietikko 2007, 23 – 24.)

4.4 Turvallisuus ja ergonomia

Suunnittelutyössä on tärkeää huomioida ergonomia. Ergonomia on ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutuksen tutkimista ja kehittämistä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi. Ergonomian avulla työ, työvälineet, työympäristö ja muu toimintaympäristö sopeutetaan vastaamaan ihmisen ominaisuuksia ja tarpeita. Ergonomian avulla parannetaan ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmän häiriötöntä ja tehokasta toimintaa. (Launis & Lehtelä 2011,19.)

Koneturvallisuusstandardissa määritellään vähimmäisetäisyydet kehonosien puristusvaaran välttämiseksi. Vähimmäisetäisyyksiä määritettäessä on tunnistettava puristumisvaarat ja puristumisvaaravyöhyke, jossa keho tai sen osa altistuu puristumisvaaralle. Tämä vaara syntyy, jos kaksi liikkuvaa osaa liikkuu toisiaan kohti tai liikkuva osa liikkuu kiinteää osaa kohti. Lisäksi on huomioitava puristumisvaaravyöhykkeille pääsy, antropometriset tiedot ja tekniset ja käytännön näkökohdat. (SFS-EN ISO 13854, 5 -11. 2019.) Puristumisvaaran lisäksi on huomioitava, ettei laitteessa ole sellaisia teräviä kulmia, muotoja tai ulokkeita, jotka voisivat aiheuttaa käyttäjän, muun henkilöstön tai ympäristön vahingoittumisen. Laitetta siirrettäessä on käyttäjän nähtävä laitteen äärimuodot ja siirtoreitin ympäristö tavalla, joka mahdollistaa laitteen turvallisen kuljetuksen. (Järvelä 2019.)

Taakkojen nostaminen käsin on yleisimpiä suuren voiman käyttötilanteita. Nostaminen voi olosuhteiden takia tapahtua siten, että kuormitus monikertaistuu. (Launis & Lehtelä 2011,185.) Suunnittelijan tulisi välttää ratkaisuja, jotka laitetta käytettäessä johtavat epäedullisiin asentoihin tai pitkittyneisiin käsittelytoimintoihin, jotka johtavat kehon väsymiseen käsin tapahtuvan käsittelyn aikana. (SFS-EN1005-2, 14.2003.)

Potilassimulaattoreiden siirto säilytysvaunusta sänkyyn ja sängystä vaunuun on oltava mahdollista siten, että oikea nostoasento on mahdollinen ja pysyvä. Korkeussäädöllä muunneltavalla nostokorkeudella ja tarpeeksi avoimella säilytysvaunun rakenteella nämä pyritään mahdollistamaan. Lisäksi vaunun lukitus paikalleen estää yllättävät nostoasennon muutokset, etenkin kehon kiertymisen. Potilassimulaattori voi painaa liki 40 kg ja sen painopiste herkästi muuttuu simulaattoria siirrettäessä. Tämä seikka on pyrittävä huomioimaan suunnittelussa. (Heikkinen 2020.)

Vaikka työpaikoilla tapahtuvalle nostamiselle ei ole ehdottomia taakkarajoja, turvaututaan nykyään usein nostostandardiin, joka määrittää nostotilanteen eri tekijöistä määräytyvät taakkarajat. Nostotilanteen kuormittavuuteen vaikuttavat taakan painon lisäksi taakan muoto, nostoasento ja -tapa, nostojen toistuvuus ja nostajan voimantuottokyky. Niinpä nostosuoritukseen ei voi antaa tarkkaa taakkarajaa vaan nostosuoritusta on tarkasteltava kokonaisuutena. Kuitenkin suosituksia taakan maksimiarvoista on annettu. Työterveyslaitos on määrittänyt taakan maksimiarvot edellyttäen, että nostaja on tottunut nostotyöhön ja nostotilanne on hyvä. Siinä naisille maksimiarvo tilapäiseen nostotyöhön on 30 kg ja toistuvaan nostotyöhön 20 kg. Vastaavat arvot nostotyöhön miehille ovat tilapäiseen 55 kg ja toistuvaan 35 kg. (Launis & Lehtelä 2011,190.)

5 TUOTEKEHITYKSEN TYÖVAIHEET

Tuotekehitysprosessin käynnistäjänä oli asiakkaan tarve uudelle laitteelle. Laitetta ei ollut kaupallisesti saatavilla, joten se oli suunniteltava käyttötarkoitusten mukaiseksi. Suunniteltavan laitteen tulee parantaa potilassimulaattoreiden säilytysolosuhteita ja helpottaa niiden liikuttelua sekä parantaa työn ergonomiaa. Suunnittelun tulokseksi saadaan vaunun 3D -mallit ja -kokoonpanot sekä 2D -työpiirustukset ja osto-osien dokumentaation. Työ ei sisällä laitteen rakentamista, osien valmistamista tai hankintaa eikä tarjouspyyntöjen laadintaa. Tuotekehitysprojektissa päätettiin käyttää mallia, joka jakaa projektin neljään työvaiheeseen: käynnistys, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tuotekehitysmalli oli entuudestaan tuttu ja projektin luonteen ja kokoluokan kannalta soveltuvin.

5.1 Tuotekehityksen käynnistys

Opinnäytetyön aloituspalaverissa tutustuttiin tulevan laitteen käyttötarkoitukseen ja -ympäristöön sekä selvitettiin laitteelta toivotut ominaisuudet. Palaverissa tuli esiin mahdollisuus hyödyntää käytöstä poistuvien, osittain toiminnaltaan vanhentuneiden sairaalasänkyjen käyttöä, joko osina tai osakokonaisuuksina suunniteltavassa laitteessa. Materiaalin lähempi tarkastelu osoitti sen olevan hyväkuntoista ja soveltuvaa ainakin pienillä muutoksilla. Hydraulinen saksinostin toimi moitteettomasti ja metalliosien pinnoitteet olivat kunnossa, joten materiaalin käyttömahdollisuus päätettiin selvittää.

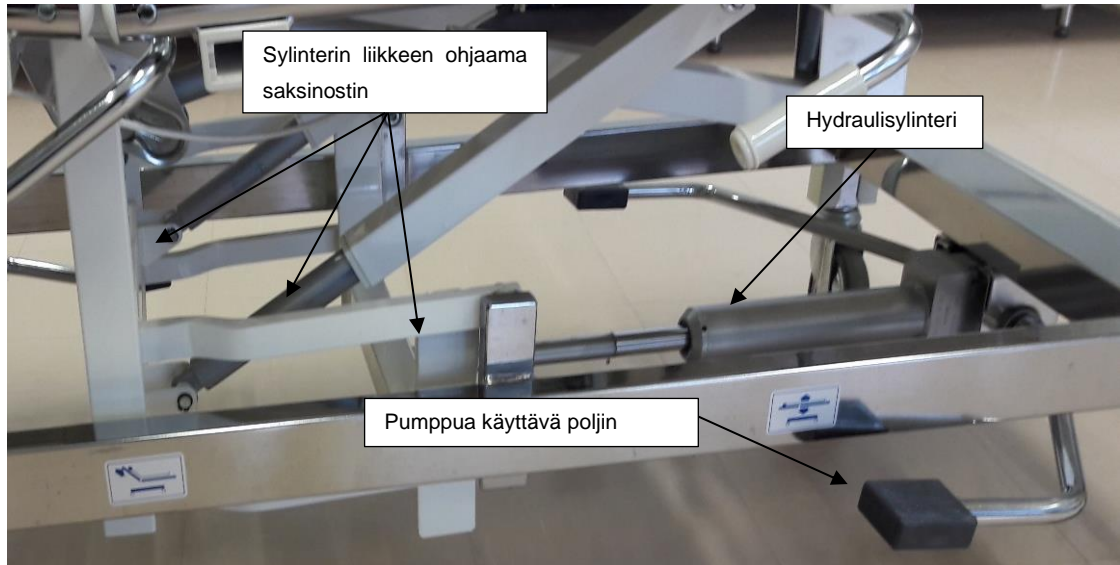
Tuotekehityksen käynnistysvaiheessa on hyvä laatia vaatimusmäärittely, jolla tarkoitetaan luetteloa vaatimuksista, ominaisuuksista ja toivomuksista, jotka halutaan toteuttaa. Se toimii perustana myöhemmin suoritettavalle arvostelulle ja päätöksenteolle. (Tuomaala 1995, 80.) Säilytysvaunua käytetään simulaattorisairaalan osastoilla ja varastotiloissa. Vaunun pitää olla helppokäyttöinen ja yhden henkilön helposti liikuteltavissa sekä ominaisuuksiltaan sairaalaympäristöön soveltuva. Potilassimulaattoreissa on paljon nivellettyjä osia, jotka simulaattoreita siirrettäessä tai nostettaessa pääsevät liikkumaan ja näin vaikeuttamaan simulaattoreiden käsittelyä. Potilassimulaattorit myös helposti rikkoontuvat väärän käsittelytavan seurauksena. Säilytysvaunun suunnittelussa onkin huomioitava, että

potilassimulaattorit voidaan siirtää vaunuun tavalla, joka ei aiheuta simulaattoreiden rikkoontumisvaaraa. Säilytysvaunuun halutaan paikat neljälle potilassimulaattorille, makaavaan asentoon, kahteen tasoon. Tasojen tulee olla korkeussäädettäviä siten, että käytettävä taso voidaan säätää potilassängyn korkeuden tasoon. Laitteen rakenteen tulee olla sivuilta ja päädyistä mahdollisimman avoin, mutta kuljetuksen aikana simulaattoreita tukeva. Säilytysvaunun tulee olla helposti liikuteltava ja tarvittaessa lukittava liikkumattomaksi. Säilytysvaunua siirrettäessä sen korkeus saa olla enintään 1200 mm ja leveys 820 mm ja tasojen välinen etäisyys korkeussuunnassa vähintään 450 mm. Vaunun materiaalien täytyy olla soveltuvia sairaalaympäristöön. (Heikkinen 2020.)

Koska suunniteltavasta laitteesta ei ole vertailukohteita eikä käyttökokemuksia, pidettiin tärkeänä toimeksiantajan osallistumista laitteen ominaisuuksien määrittämiseen. Sovittiin tavat informoida toimeksiantajaa suunnittelun edistymisestä, tarvittavien palaverien mahdollisista ajankohdista ja suunnittelun alustavasta aikataulusta.

5.2 Luonnostelu

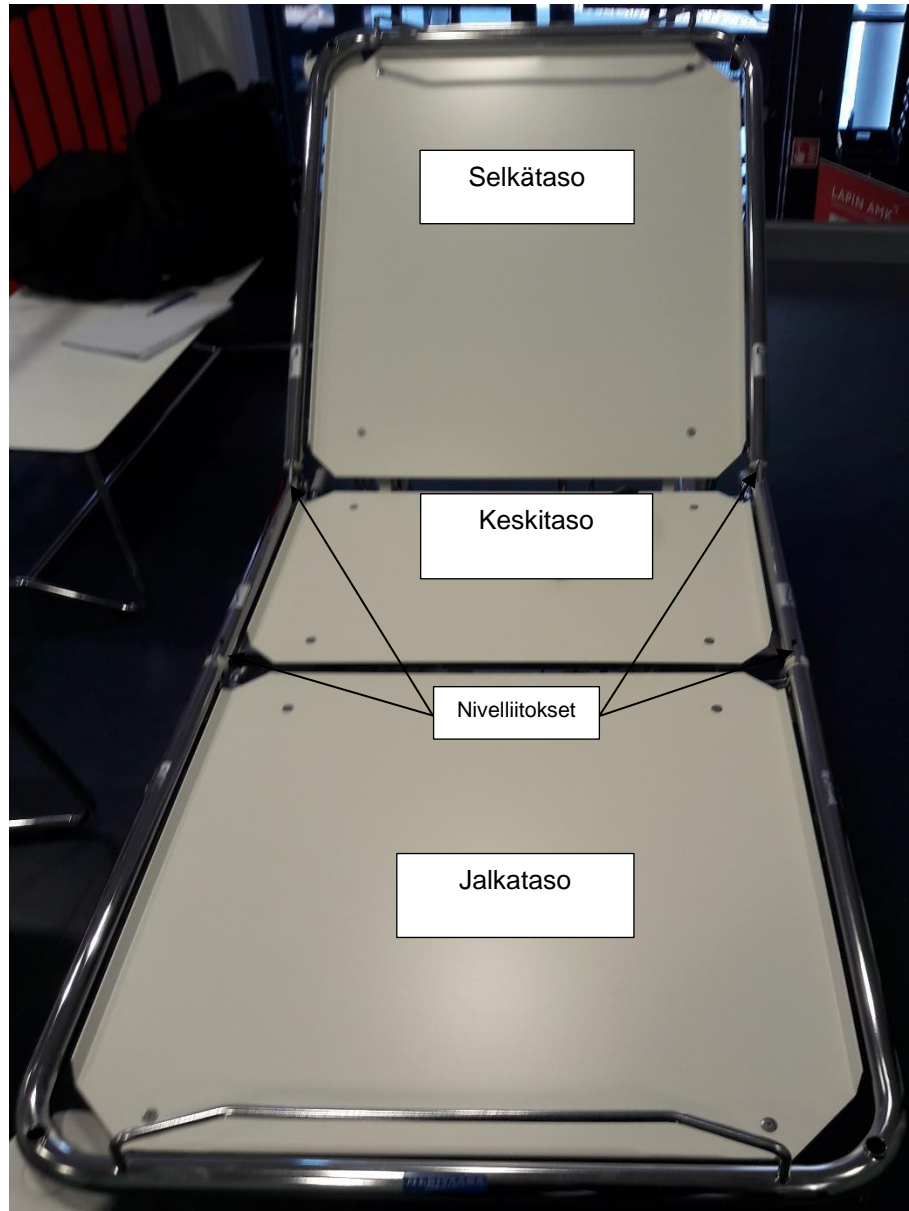
Luonnostelun ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin, miltä osin vanhojen sairaaläsänkyjen materiaalia voisi hyödyntää. Potilassänkyjen korkeutta säädetään hydraulisylinterin ohjaaman saksinostimen avulla, joka saa käyttövoimansa jalalla pumpattavan pumpun välityksellä polkimella (Kuva 2).



Kuva 2. Potilassängyn korkeuden säätömekanismi

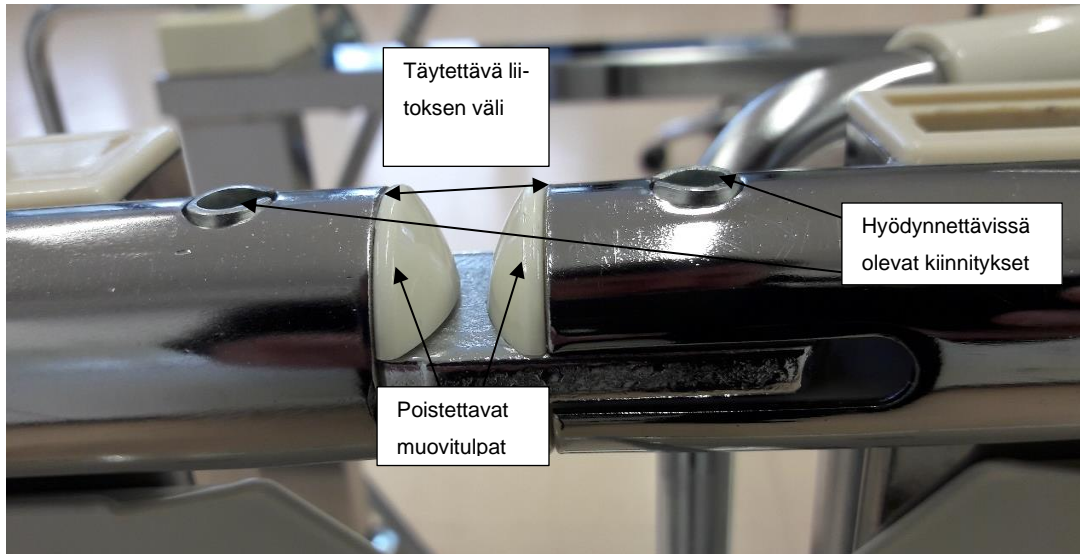
Nykyään korkeussäätö on yleensä sähkökäyttöinen. Korkeussäätöön tarvittava energia on kuitenkin suhteellisen pieni ja jalkakäyttöisellä hydraulipumpulla ergonomisesti tuotettavissa, joten vanhan korkeussäätöjärjestelmän hyödyntämistä päätettiin harkita.

Sairaalasänkyjen rakenne on suunniteltu noin 180-300 kg:n kantavuudelle, joten rakenne on periaatteessa riittävän luja. Makuutaso on kuitenkin kolmeosainen ja osat on liitetty toisiinsa nivelten välityksellä, mitä kuva 3 havainnollistaa.



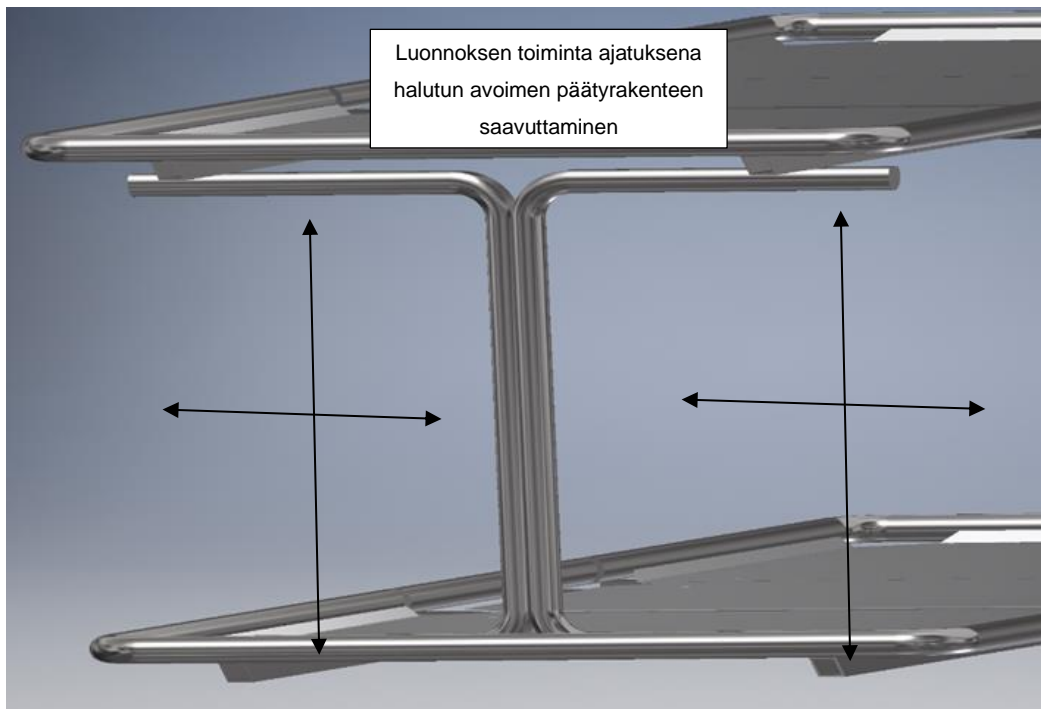
Kuva 3. Potilassängyn kolmiosainen makuutaso

Tasojen kulmaa vaakatasoon nähden voidaan säätää hydraulisesti tai mekaanisesti. Säädöt ovat uusiokäytössä tarpeettomia ja säätömekanismit voidaan poistaa. Mekanismien poiston yhteydessä on kuitenkin selvítettävä, muuttuuko rakenteen lujuusominaisuudet. Makuutasossa olevat nivelliitokset on lisäksi jäykistettävä (Kuva 4).



Kuva 4. Makuutason jäykistettävä nivelliitos

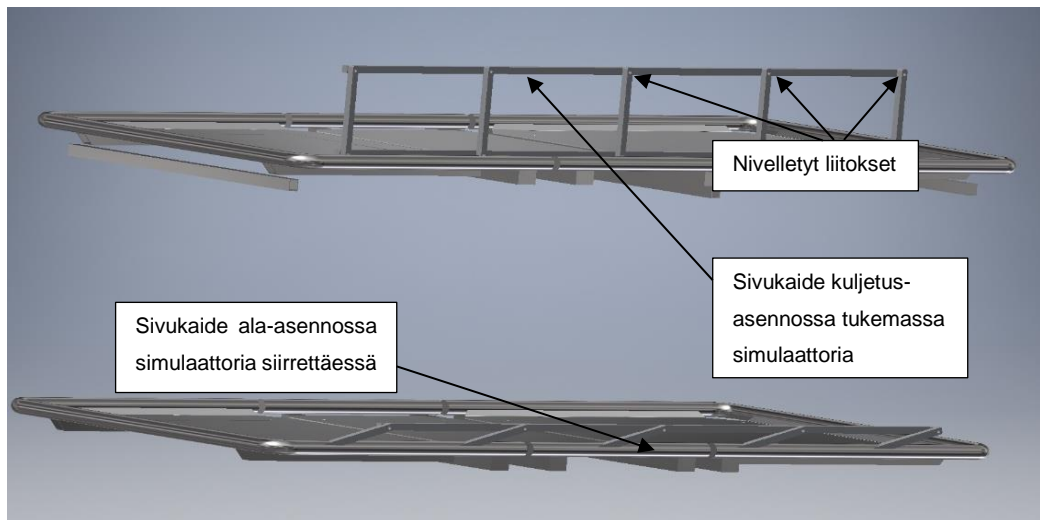
Laitteen kahden säilytystason välinen haluttu korkeussuuntainen etäisyys edellyttää niiden väliin tukirakenteen. Tukirakenne ei miltei osiltaan saa haitata potilassimulaattoreiden siirtoa säilytystasolle ja sen lujuusominaisuuksien on oltava riittävät. Kuvassa 5 on esitetty tukirakenteen luonnos.



Kuva 5. Tukirakenteen ensimmäinen luonnos

Sairaalasängyn kokonaisleveys on vaadittua suurempi. Mahdollisuuksia rakenteen kaventamiseen päätettiin selvittää. Makuutasot vaativat simulaattoreiden kuljetuksen ajaksi lisää tukea sivuille, jotta simulaattorit tai niiden osat ylitä tason

äärirajoja ja vahingoitu ahtaissa tiloissa. Siirrettäessä potilassimulaattori vau-
nusta potilassänkyyn tai päinvastoin ei sivutuki saa haitata siirtoa. Luonnostel-
luista ja toiminta-ajatuksista päätettiin tehdä suuntaa antavat kuvat toimeksianta-
jalle kommentoitavaksi ja jatkokehittelyä varten. Kuvassa 6 on esitetty sivukaite-
teen luonnos.



Kuva 6. Sivukaiteen toimintaluonnos. Kaide kuljetus- ja ala-asennossa.

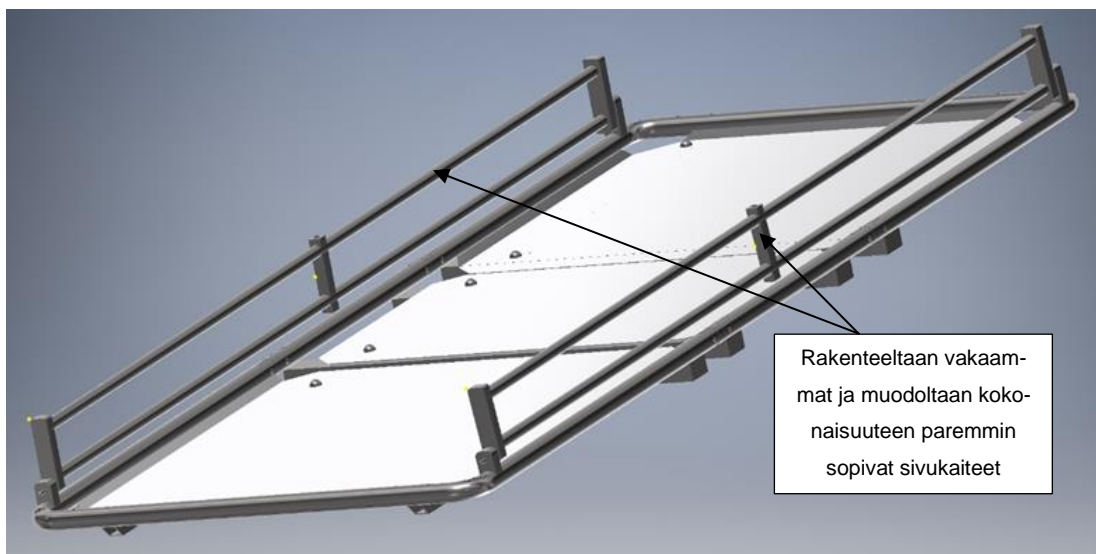
5.3 Kehittäely

Luonnoksista saadun palautteen ja potilassängyn tarkemman tutkimisen jälkeen päädyttiin seuraaviin ratkaisuihin. Säättömekanismien poistaminen ja menetettyjen lujuusominaisuuksien korvaaminen uusilla ratkaisuilla ei ole järkevää. Ainoastaan osat, jotka ovat täysin tarpeettomia uusiokäytössä ja helposti poistettavissa, voidaan tasojen kokoamisen yhteydessä poistaa. Helppokäyttöinen ja varmatoiminen korkeussäätömekanismi päätettiin hyödyntää kokonaisuudessaan. Makuutason molempia päitä voidaan säätää vaakatasoon nähden. Säättömekanismien yhteydessä on kaasujouset rajoittamassa liian nopeita säätöliikkeitä. Säättömekanismi jää tarpeettomaksi ja kaasujouset voidaan lukita tason vaakatason mukaiseen asentoon. Lukitusmekanismi päätettiin kehittää. Mekanismille on paljon tilaa ja ne voidaan vapaasti suunnitella helposti asennettaviksi. Kaasujouset on kiinnitetty säädettäviin tasoihin ja nostomekanismiin, kuten kuvassa 7 nähdään.



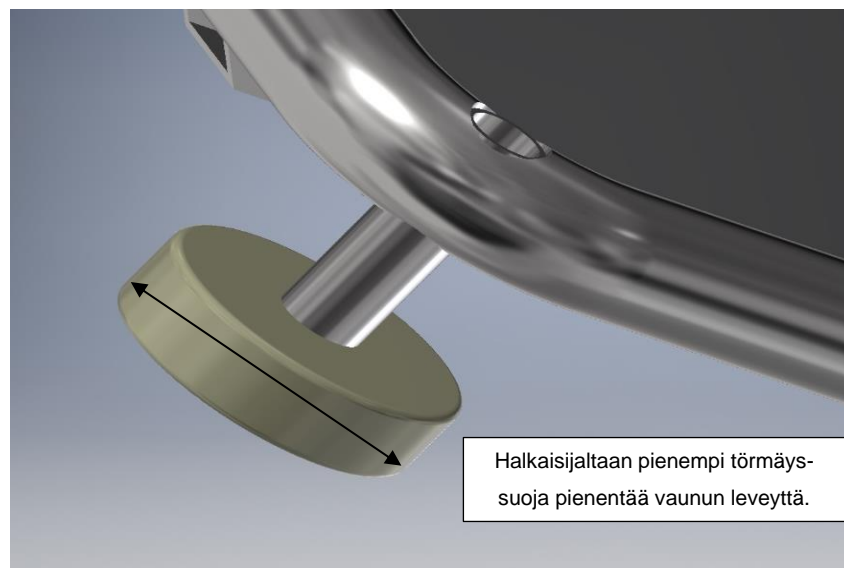
Kuva 7. Lukitusmekanismin tarvitsevat kaasujouset

Sivukaiteen rakennetta ja lukitusmekanismia päätettiin jatkokehittää. Sivukaiteen ulkomuodon tulee olla yhtenäinen tason ratkaisuihin nähden ja kaiteen käyttö ei saa aiheuttaa sormien litistymisvaaraa. Kaiteen lukkiutumisen kuljetusasentoon ja lukituksen poiston tulisi olla vaivatonta. Lisäksi kaiteen tulee olla helposti puhdistettava. Tasojen korotusrakennetta koskee sama ulkomuotoseikka ja puhdistettavuusvaatimus kuin sivutukea. Lisäksi rakenteen tulee olla mahdollisimman avoin. Sivukaiteen uusi rakenne on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Uudelleen mallinnetut sivukaiteet

Tason nivelliitoksista päätettiin poistaa muovitulpat ja metallikielekke. Ne korvataan osalla, joka täyttää putkien välin ja on kiinnitettävissä kielekkeen kiinnitysreikiin. Osan suunnittelussa on huomioitava vaimentimien lukitsemisesta saatava lisätuki liitoskohtaan. Säilytysvaunun kokonaisleveyttä päätettiin pienentää vaihtamalla törmäyssuojat uusiin, halkaisijaltaan pienempiin (Kuva 9). Potilassängyn pyörien kunto todettiin heikoksi. Ratkaisuksi kaavailtiin pyörien purkamista, puhdistusta ja voitelua tai vaihtamista uusiin vastaavanlaisiin pyöriin.



Kuva 9. Halkaisijaltaan pienempi törmäyssuoja

5.4 Viimeistely

Sivukaiteeseen päätettiin suunnitella saranatyypinen kiinnitys, jolla kaide voidaan avata simulaattorin siirtoa varten. Saranan on myös rajoitettava tuen kääntymiskulmaa haluttuun arvoon. Saranat päätettiin kiinnittää välikappaleella tason reunaputkeen. Sivutuen lukitusmekanismi on toimittava siten, että nostettaessa tuki pystyasentoon se lukittuu automaattisesti. Lukituksen tulee olla poistettavissa vaivattomasti ja näin mahdollistaa tuen laskemisen sivuasentoon.

Tasojen korotusrakenteenosat päätettiin kiinnittää toisiinsa ja tasoon ruuviliitoksilla. Liitoksien tekoon suunniteltiin tarvittavat apukappaleet. Kappaleiden toinen tehtävä on nostaa rakenteen lujuutta. Makuutaso nivelliitosten jäykistämiseen tarvittavat osat ja kaasujousien lukitusosat viimeisteltiin. Lisäksi yhden vaimentimen säätökappaleeseen päätettiin laittaa lisälukitukset. Lisälukitusten asennuspaikat näkyvät kuvassa 10.



Kuva 10. Lisälukituksen paikat säätökappaleessa

Viimeistellyt osat liitettiin kokoonpanoon, jonka toiminnallisuutta ja ainevahvuuksia tutkittiin sekä lujuusominaisuuksia arvioitiin. Tallennettujen osista, osakokoonpanoista ja kokoonpanoista tehtiin työpiirustukset. Loppukokoonpanosta tehtiin edellisten lisäksi osittainen räjäytyskuva (Liite1) havainnollistamaan kokonaisuutta ja kokoonpanon valmistusta. Osien asennusta varten tehtiin kuvalliset asennusohjeet PDF-tiedostoina (Liite 2).

6 SUUNNITTELU

Käynnistysvaiheessa kerätään suunnittelussa tarvittavia komponentteja ja mallinetaan valmiina olevia kappaleita ja osakokoonpanoja, joita on tarkoitus käyttää lopullisessa kokoonpanossa. Luonnosteluvaiheessa haetaan ratkaisuja eri kappaleiden, osakokoonpanojen ja toimintamallien toteuttamiseksi. Luonnostelut ovat epätarkkoja ja suuntaa antavia malleja, joiden tarkoitus on ilmentää toiminta-ajatusta karkeasti. Luonnostelut voidaan tehdä esimerkiksi kynällä paperille tai suunnitteluohjelmalla. Tärkeintä on, että suunnitteluun osallistuvat henkilöt ymmärtävät ajatuksen.

Yksityiskohtaisempaa suunnittelua tarvitaan kehittä- ja viimeistelyvaiheissa. Suunnittelu tehdään 3D-suunnitteluohjelmalla ja lopullista tuotetta vastaavalla tarkkuudella. Mallinnettujen kappaleiden toimivuutta testataan 3D-kokoonpanoissa, joissa mahdolliset fyysiset yhteensopimattomuudet on helppo havaita. Havaitut virheet korjataan ainoastaan kappaleen tasolla, mutta se näkyy myös kokoonpanossa. Tällainen suunnitteluohjelman ominaisuus helpottaa ja nopeuttaa suunnittelua huomattavasti. Lisäksi 3D-mallit antavat suunnitelmiin konkretia.

6.1 Suunnittelun vaiheet

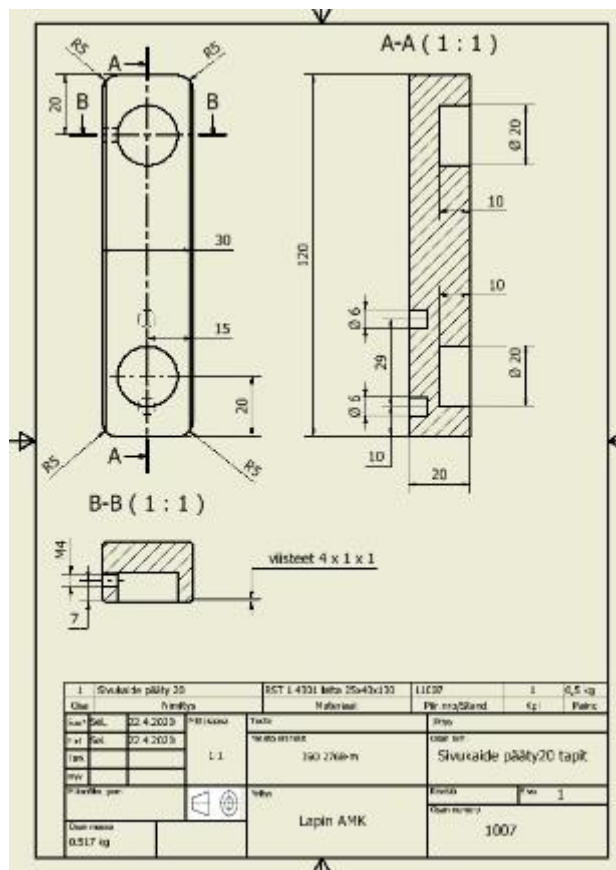
Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa mallinnettiin tarvittavat kokoonpanot, joihin suunniteltavat kappaleet tullaan liittämään. Potilassänky hyödynnetään kokonaisuutena, joten koko potilassängyn mallintaminen ei ollut tarpeellista. Muutokset sänkyyn tulevat, kaasujousien lukitusmekanismeja lukuun ottamatta, makuutasosta ylöspäin, joten sängystä mallinnettiin kyseinen taso. Tason kokoonpanomallinnusta käytettiin suunnittelun runkona.

Toimeksiantajan kommentointiin luonnoksista käytettiin sähköpostia. Selkeyden vuoksi päätettiin myös luonnokset suunnitteluohjelmalla. Luonnoksien 3D-malleista lähetettiin kuvat ja kuvia tarkentava kirjalliset selvitykset. Valittuja luonnoksia ja toimintaratkaisuja kehiteltiin ja lopuksi viimeisteltiin. Kappaleista tehtiin työpiirustukset ja osakokoonpanoista osakokoonpanopiirustukset. Loppukokoonpanosta tehtiin kokoonpanopiirustus. Kehittelyvaiheessa tarpeelliseksi havaituista

kaasujousien lukitsemiseen tarvittavista mekanismeista tehtiin työ- ja kokoonpano piirustukset ja kuvalliset asennusohjeet.

6.2 Suunnittelun tuotokset

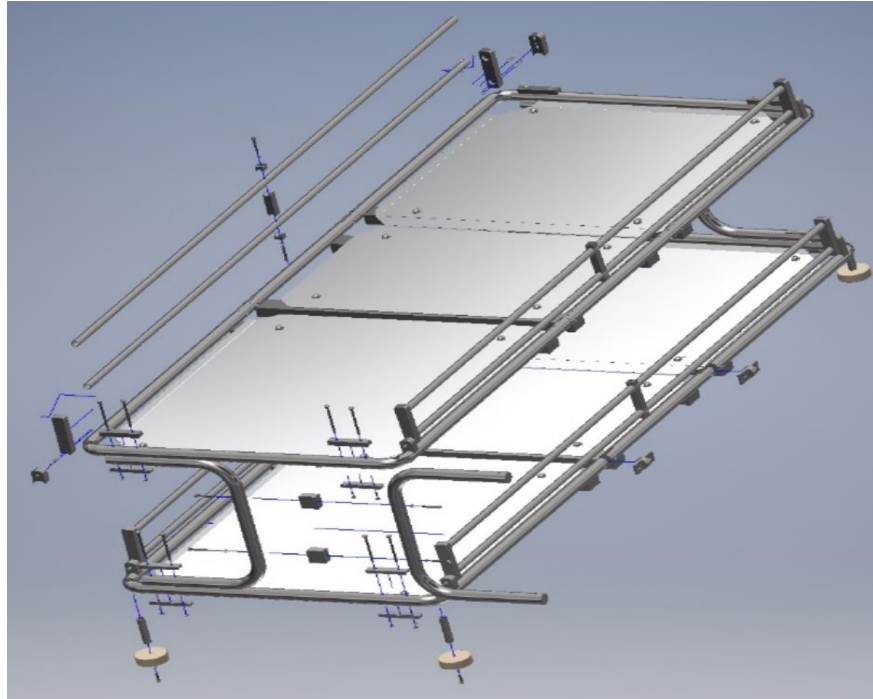
Kaikki kappaleet mallinnettiin ja mallinnusten pohjalta tehtiin työpiirustukset, jotka mahdollistavat kappaleiden valmistamisen (Liitteet 3 – 22). Kuvassa 11 on esitetty esimerkki työpiirustuksesta.



Kuva 11. Sivukaiteen päädyt työpiirustus

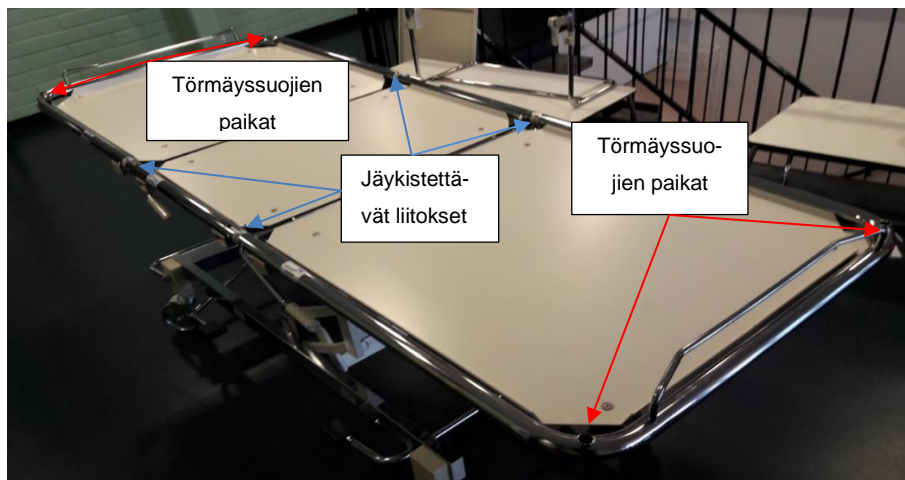
Mallinnetuista kappaleista rakennettiin osakokoonpanot, joiden pohjalta tehtiin osakokoonpanopiirustukset (Liite 23 ja 24). Osakokoonpanopiirustuksien tarkoitus on hahmottaa kokonaisuutta ja eri kappaleiden liittymistä toisiinsa. Osakokoonpanomallinnuksiin voidaan liittää myös standardisoituja osia, kuten kiinnitystarvikkeita, joista ei ole työpiirustuksia, vaan ne näkyvät osakokoonpanopiirustuksen osaluettelossa yksilöitynä.

Osakokoonpanoista saatiin rakennettua lopullinen kokoonpano, jonka rakentamista ja lisäosien asennusta varten tehtiin kuvallisia ohjeita, kuten kuvassa 12 näkyvä osittainen räjäytyskuva.



Kuva 12. Kokoonpanon osittainen räjäytyskuva

Kokoonpanon liittyminen olemassa olevaan alustaan selvennettiin viiteteksteillä varustetuilla valokuvilla (Liite 25). Kuvassa 13 on kokoonpanon alempaan tasoon merkitty jäykistettävien nivelliitosten ja uusien törmäyssuojien paikat.



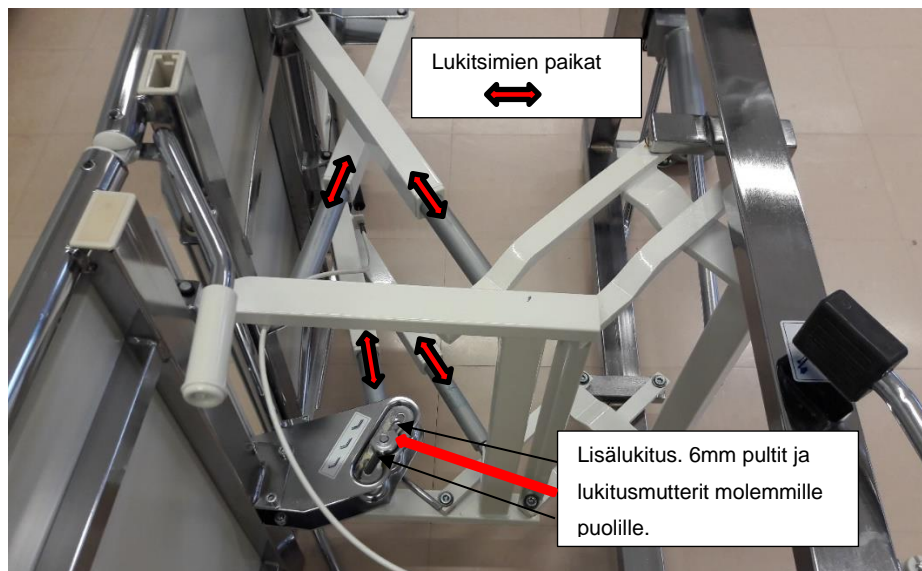
Kuva 13. Törmäyssuojien ja jäykistettävien liitosten paikat

Kokoonpanon alempi taso näkyy kuvassa 14. Kuvaan on merkitty sivukaiteiden päätyjen ja korotusrakenteen kiinnityskohdat.



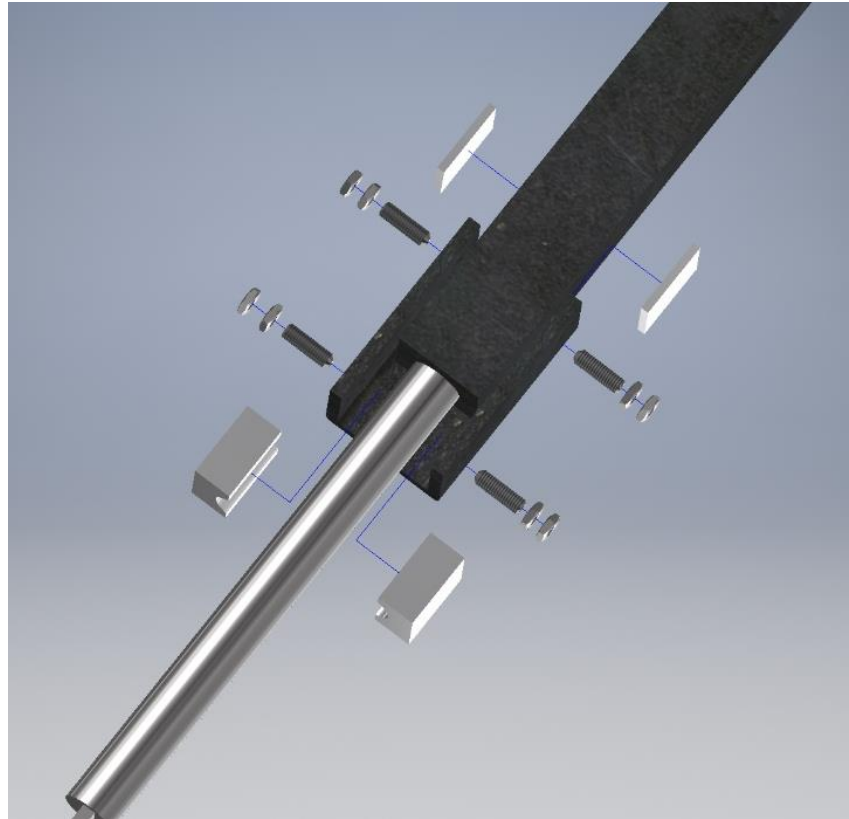
Kuva 14. Korotusrakenteen ja sivukaiteiden paikat

Makuutasen alapuolelle tulevien kaasujousien lukitsimien asentamista varten tehtiin kuvalliset ohjeet. Kuvaan merkittiin lukitsimien ja lisälukituksen paikat, kuten kuvasta 15 nähdään.



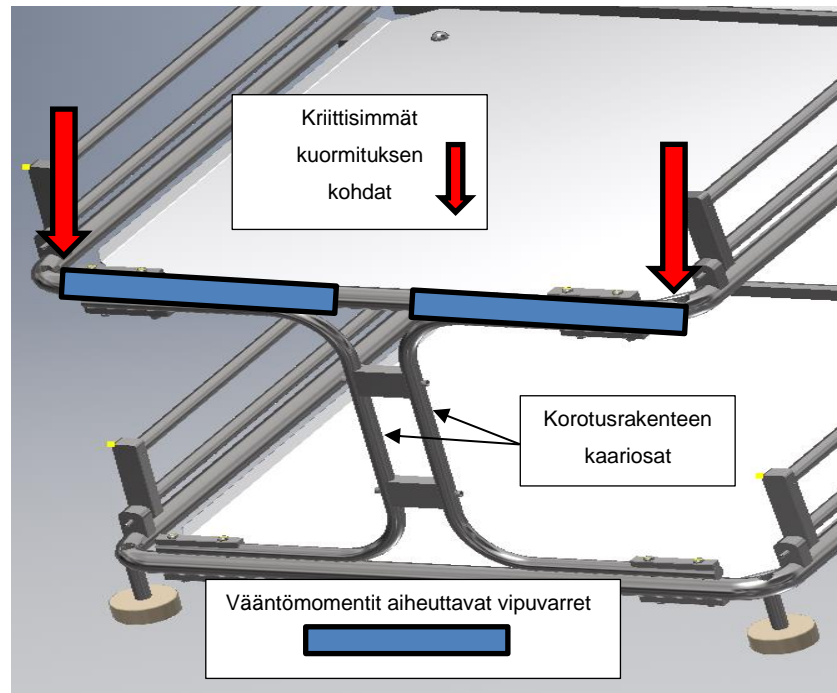
Kuva 15. Lukitsimien paikat

Lukitsimien asentamista selkeyttämään tehtiin lisäksi räjäytyskuva, joka selventää lukitsimen toiminta ajatusta ja helpottaa asennusta, kuten kuvasta 16 voi päätellä.



Kuva 16. Lukitsinmekanismin räjäytyskuva

Rakenteen osien kuormitusta selvitettiin hahmottamalla potilassimulaattoreiden aiheuttamaa kuormitusta. Kriittisimmiksi paikoiksi arvioitiin ylemmän tason jäykistettävät nivelliitokset ja korotusrakenteen kaariosat. Alemman tason jäykistetyt nivelliitokset saavat lisätukea lukituista kaasujousista, mutta ylemmän tason jäykistetyillä nivelliitoksilla tätä lisätukea ei ole. Koska ylemmän tason nivelliitoksia ei ollut mahdollisuutta purkaa ja selvittää esimerkiksi ainevahvuuksia ja käytettyjä materiaaleja, päätettiin mallintaa lisäjäykisteet, jotka voidaan asentaa tarvittaessa (Liite 26 ja 27). Korotusrakenteen kaariosat kantavat koko ylemmän tason kuormituksen ja rakenteesta johtuvat vääntömomentit, jotka on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Korotusrakenteen kaariosiin kohdistuva kuormitus

Kaariosien kuormankantokyky varmistettiin muuttamalla kaaritangon halkaisija 20 mm:stä 32 mm:iin.

6.4 Suunnittelun yhteenveto

Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa mallinnettiin tarvittavat osat ja kokoonpanot, joihin suunnitellut kappaleet tultaisiin liittämään. Suunniteltavista osista ja osakokoonpanoista tehtiin luonnoksia, joiden kuvat lähetettiin toimeksiantajan kommentoitavaksi. Valittuja luonnosratkaisuja kehiteltiin valmiiksi ja lopullisista versioista tehtiin työ- ja osakokoonpanopiirustukset. Olemassa olevaan kokoonpanoon tulevista lisäosista tehtiin työ- ja kokoonpanopiirustusten lisäksi kuvalliset asennusohjeet. Lopuksi osakokoonpanoista rakennettiin lopullinen kokoonpano, jonka liittyminen olemassa olevaan kokoonpanoon selvennettiin viiteteksteillä varustetuilla valokuvilla. Suunnittelussa onnistuttiin kierrättämään olemassa olevaa materiaalia ja lopputuloksena saatiin toimeksiantajaa tyydyttävä toteutuskelpoinen ratkaisu, joka täyttää asetetut vaatimukset.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö osoittautui mielenkiintoiseksi ja varsin haasteelliseksi. Opinnäytetyön edetessä tuli useasti tarve kerrata ja syventää opintoja. Työ sisälsi myös paljon elementtejä, jotka eivät olleet ennestään tuttuja ja vaativat lisätiedon hankintaa. Potilassimulaattoreiden ominaisuuksiin ja niillä toteutettavan opetuksen mahdollisuuksiin tutustuminen oli erittäin valaisevaa ja paljon uutta tietoa antavaa. Kierrätyksestä kokemukseni oli lähinnä kotitaloudessa ja työpaikalla syntyvän jätteen lajittelemisesta. Olikin mielenkiintoista perehtyä kokonaisen laitteen kierrätyksestä mahdollisimman suurina kokonaisuuksina. Työstä saatu kokemus muutti käsityksiäni kiertotalouden mahdollisuuksista. Syvempi perehtyminen tuotekehitykseen ja sen soveltaminen suunnitteluun osoittautui erittäin hyödylliseksi. Konkreettisesti kuinka tuotekehitysmallin noudattaminen rauhoittaa suunnittelua ja auttaa keskittämään voimavarat kulloinkin tarpeellisiin asioihin ja vain niihin.

Suunnittelussa on mielestäni tärkeää muistaa, että tuote suunnitellaan tuotteen käyttäjälle, jonka vaatimukset ja toteutettavissa olevat toiveet laitteen on täytettävä. Pelkkä tekninen toimivuus ei riitä. Säilytysvaunun kaltaista tuotetta ei löytynyt kaupallisesti saatavana ja käyttökokemuksia siten ei ole. Suunnittelussa olikin erittäin tärkeää toteuttaa käyttöhenkilöstön toiveet mahdollisimman kattavasti. Tämän työn myötä oma käsitykseni suunnittelutyön onnistumisen edellytyksistä vahvistui. Suunnittelijan ja laitetta käyttävän henkilön on löydettävä yhteinen kieli laitteen suunnittelussa riippumatta siitä kuinka tietoisia he ovat toistensa työstä. Tähän päästään hyvällä ja toista osapuolta kunnioittavalla yhteistyöllä.

Suunnittelun materiaaleissa profiileissa ja ulkomuodoissa halusin kunnioittaa mahdollisimman pitkälle alkuperäistä konstruktiota. Toteutunut suunnitelma tuottaa säilytysvaunun, joka täyttää ergonomian standardin mukaiset suositukset. Suunnitelman tuotos on myös eettinen ja etenkin materiaalien laatu huomioituna edullinen ratkaisu.

LÄHTEET

Autodesk 2018. Internet-sivut. Viitattu 27.12.2019 www.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis.

Heikkinen, K. Lapin AMK. Lehtorin haastattelu 3.2.2020.

Hietikko, E. 2007. Autodesk Inventor. Helsinki: Readme.fi

Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. Helsinki:BoD- Books on Demand

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Elektroninen julkaisu. Viitattu 24.2.2020 <https://docplayer.fi/2180983-Tapani-jokinen-tuotekehitys.html>. pdf.

Järvelä, M. 2019. Koulutetun simulaatio-ohjaajan haastattelu 19.12.2019.

Kotler, P. 2005. Markkinoinnin avaimet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Laerdal Oy 2020. Viitattu 27.1.2020 <https://www.laerdal.com/fi/products>

Lapin AMK 2020a. Lapin AMK esittely. Viitattu 03.01.2020 <https://www.lapinamk.fi/fi/Esittely/Tunnuslukuja>

Lapin AMK 2020b. Lapin AMK ladattavat tiedostot. Viitattu 20.4.2020 <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=4581b211-b380-473b-8381-fcf61c2eeef2>

Lapin AMK 2020c. Lapin AMK opinto-opas: Viitattu 19.2.2020 <https://opinto-opas-amk.peppi.lpit.csc.fi/fi/708/fi>

Launis, M. & Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Tammerprint Oy.

Linna, E. Kangastie H. 2016. Pohjoista tekoa. Viitattu 18.1.2020. Lapin ammattikorkeakoulun strategia ja profiloituminen. Lapin AMK julkaisu.

Opetus- ja kulttuuriministeriö 2020. Linjaukset ja kehittäminen. Viitattu 19.12.2019. minedu.fi/korkeakoulu-ja-tiedelinjaukset

Rissanen, T. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. Saarijärvi: Kustannusosakeyhtiö Pohjantähti, Saarijärven Offset Oy.

Salakari, H. 2010. Simulaattorikouluttajan käsikirja. Helsinki: Hakapaino Oy.

SFS-EN 1005-1 + A1. 2009. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 12100. 2010I. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13857. 2008. Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-käsikirja. 2002. Standardien tarkoitus ja käyttö. Helsinki: Kyriiri.

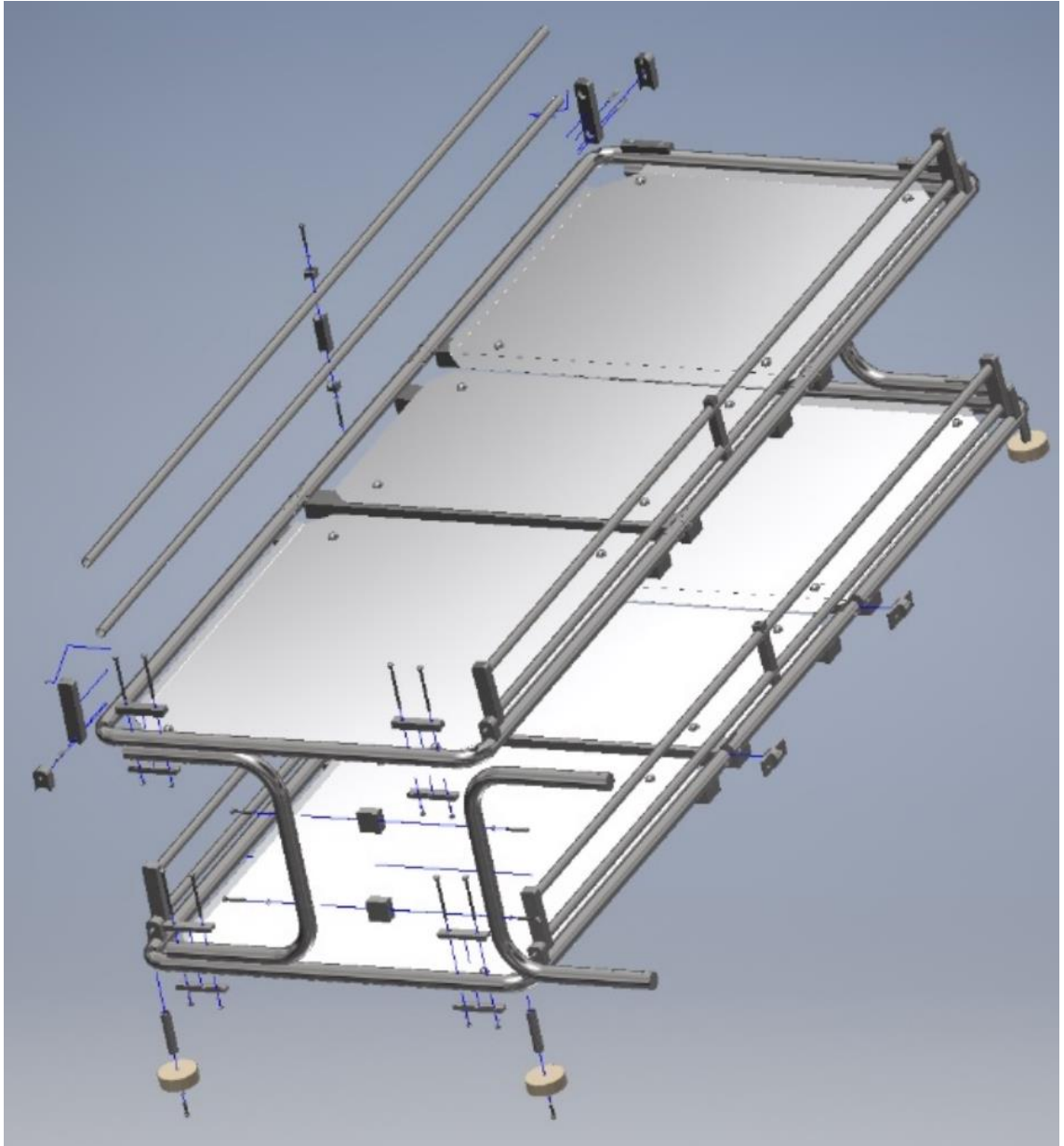
Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. 1. painos, Tampere: Tammer-tekniikka Ky.

LIITTEET

- Liite 1. Valmiin kokoonpanon osittainen räjäytyskuva PDF
- Liite2. Lukitusmekanismin asennusohje PDF
- Liite 3. Työpiirustus 11001 lukitusrunko PDF
- Liite 4. Työpiirustus 11002 lukituspala 3 mm PDF
- Liite 5. Työpiirustus 11003 lukituspala 10 mm PDF
- Liite 6. Työpiirustus 11004 sivukaide pääty 20 PDF
- Liite 7. Työpiirustus 11005 sivukaide keskiosa PDF
- Liite 8. Työpiirustus 11006 sivukaide keskiosa pääty PDF
- Liite 9. Työpiirustus 11007 sivukaide pääty 20 tapit PDF
- Liite 10 Työpiirustus 11008 sivukaide putki PDF
- Liite 11. Työpiirustus 11009 sivukaide pääty 32 matala PDF
- Liite 12. Työpiirustus 11010 sivukaide ala 32 PDF
- Liite 13. Työpiirustus 11011 sivukaide pääty 32 PDF
- Liite 14. Työpiirustus 11012 jäykiste PDF
- Liite 15. Työpiirustus 11013 kiinnike 32 Y PDF
- Liite 16. Työpiirustus 11014 kaari PDF
- Liite 17. Työpiirustus 11015 kiinnike 20 A PDF
- Liite 18. Työpiirustus 11016 kiinnike 20 Y PDF
- Liite 19. Työpiirustus 11017 kiinnike keskiosa PDF
- Liite 20. Työpiirustus 11018 suoja kiinnike PDF
- Liite 21. Työpiirustus 11019 suoja PDF

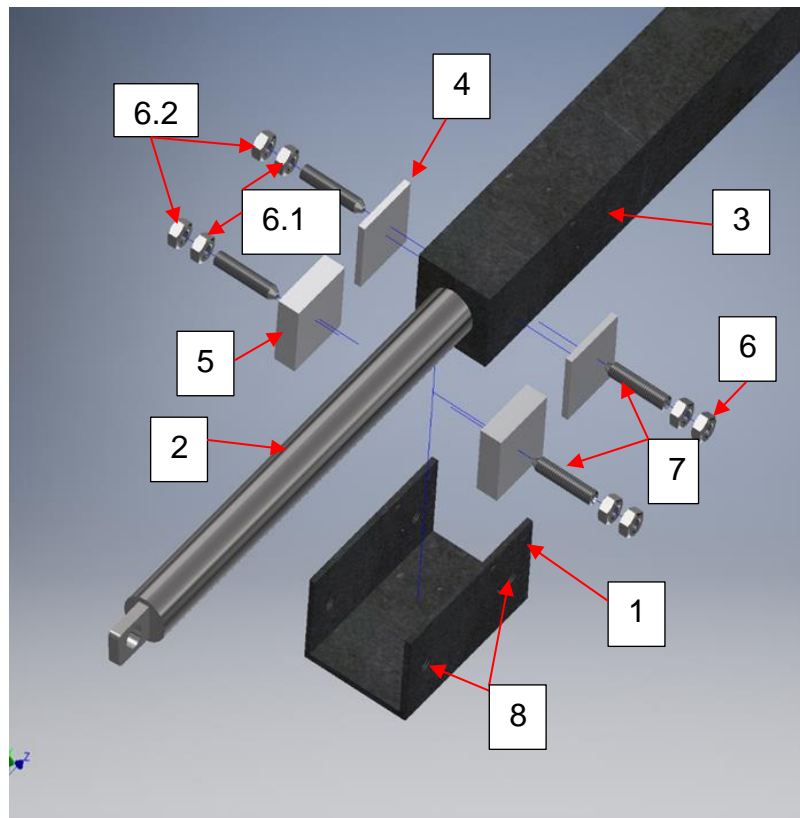
- Liite 22. Työpiirustus 11020 kiinnike 32 A
- Liite 23. Osakokoonpanopiirustus 2001 korotusrakenne PDF
- Liite 24. Osakokoonpanopiirustus 2002 sivukaide PDF
- Liite 25. Ohje kokoonpanon liittyminen olemassa olevaan kokoonpanoon PDF
- Liite 26. Työpiirustus 11021 lisätuki PDF
- Liite 27. Lisätuen asennusohje PDF

Liite 1. Valmiin kokoonpanon osittainen räjäytyskuva



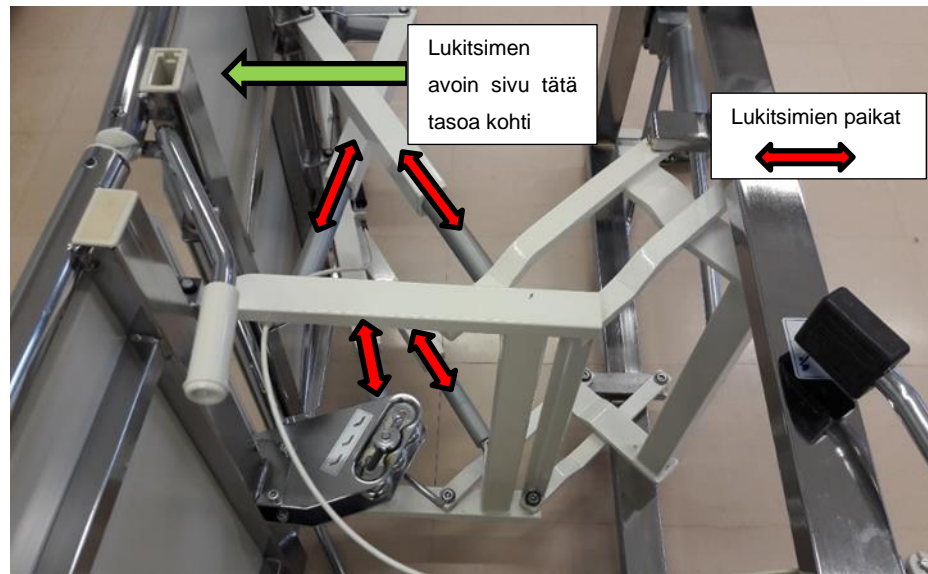
Liite 2 (1/2). Lukitsimen asennusohje

- 1) Kierrä kuusiokoloruuvit 4 kpl (kuva 1 nro 7) lukitsimen (1) kierteisiin (8) siten, että ruuvin kärki ei tule ulos sisäpuolelta.
- 2) Kierrä kuhunkin kuusiokoloruuviin 2 lukitusmutteria (6) siten, että muttereiden ja lukitsimen väliin jää tilaa.
- 3) Aseta lukitsin kaasujousen rungon (3) ja männän (2) puoliväliin siten, että avoin sivu tulee ylöspäin.
- 4) Aseta 10 mm lukituspalat (5) männän (2) ja lukitsimen väliin ja kiristä paikalleen kuusiokoloruuvilla.
- 5) Aseta 3 mm lukituspalat (4) rungon (3) ja lukitsimen väliin ja kiristä paikalleen kuusiokoloruuvilla.
- 6) Kiristä alemmat lukitusmutterit (6.1)
- 7) Kiristä ylemmät lukitusmutterit (6.2)



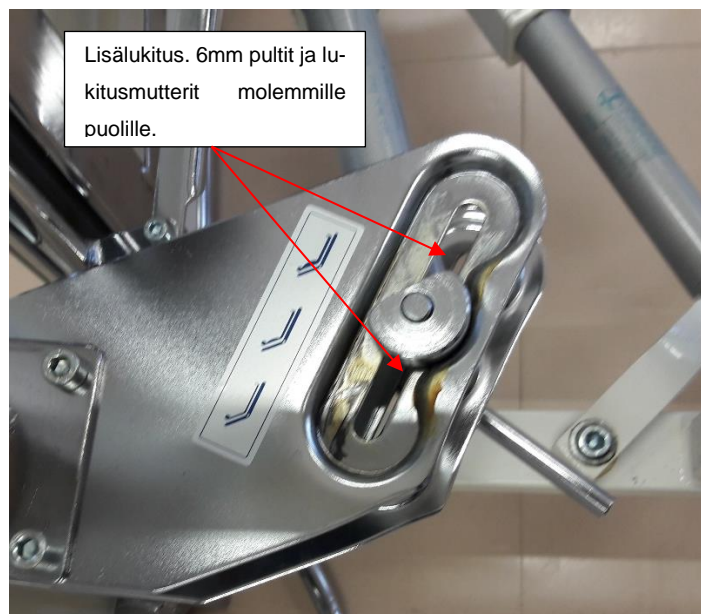
Kuva 1. Lukitsimen asennus

Liite 2 (2/2)



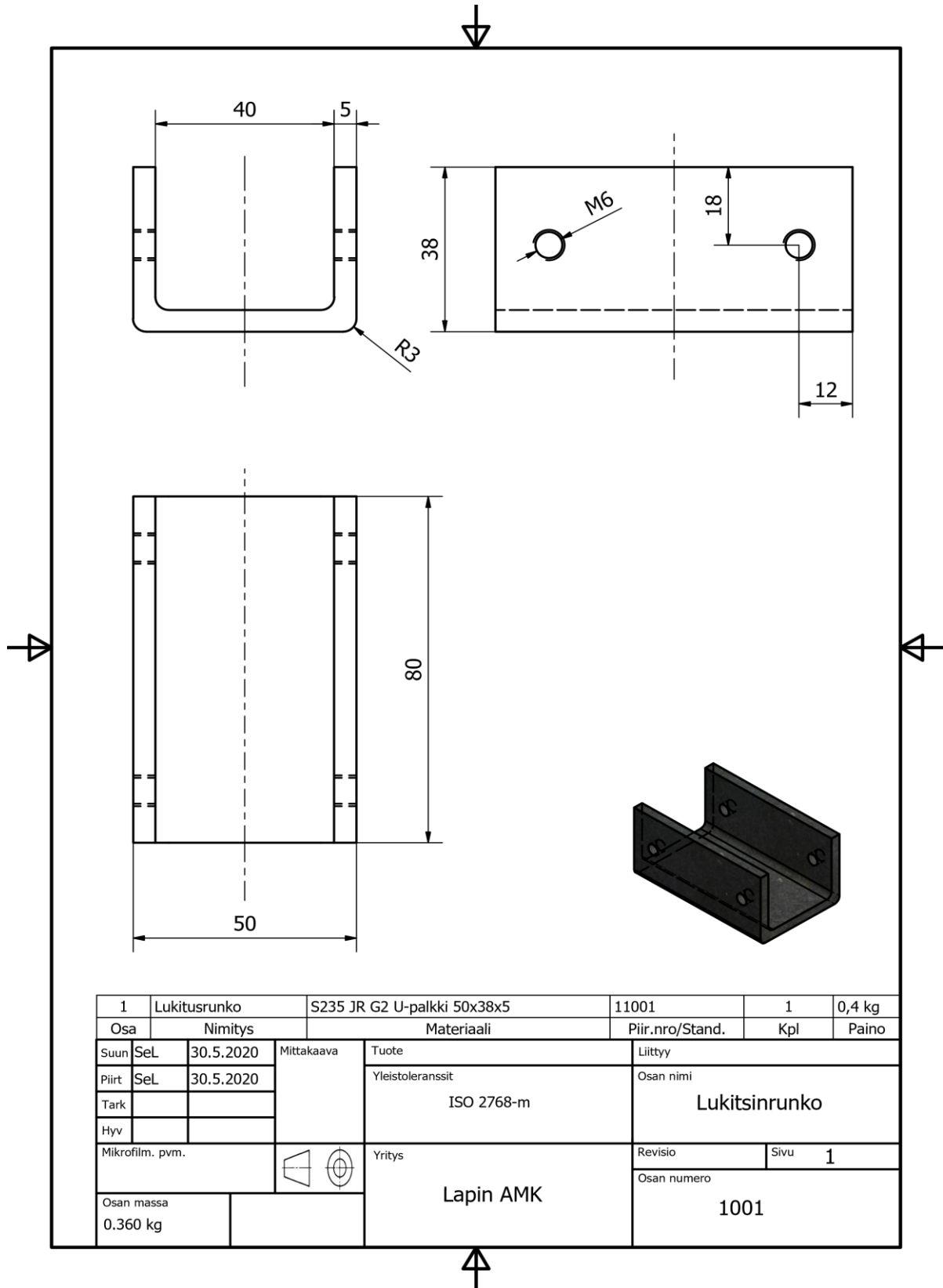
Kuva 2. Lukitsimien paikat

Lisälukituksen paikat merkitty kuvaan 3

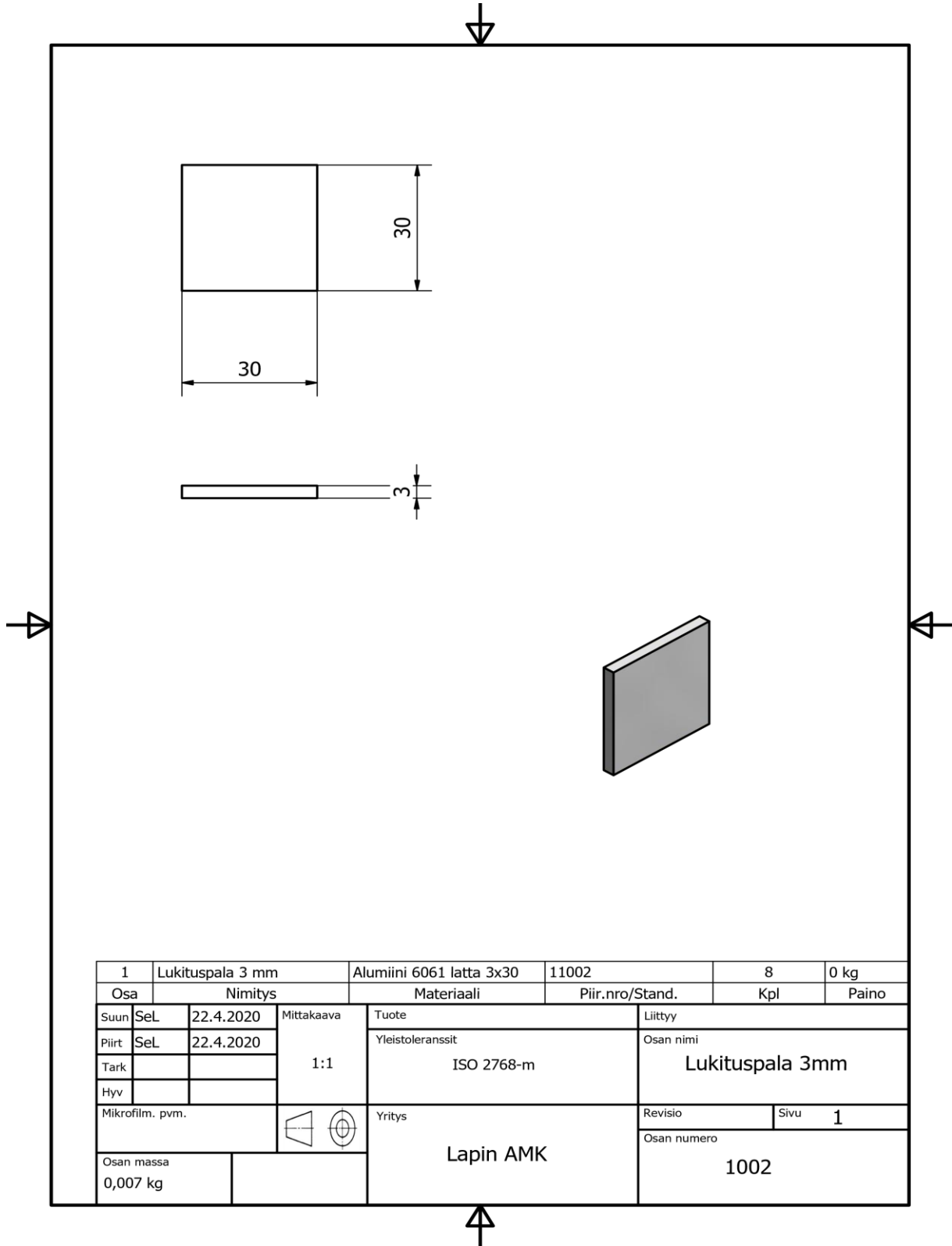


Kuva 3. Lisälukituksen paikat

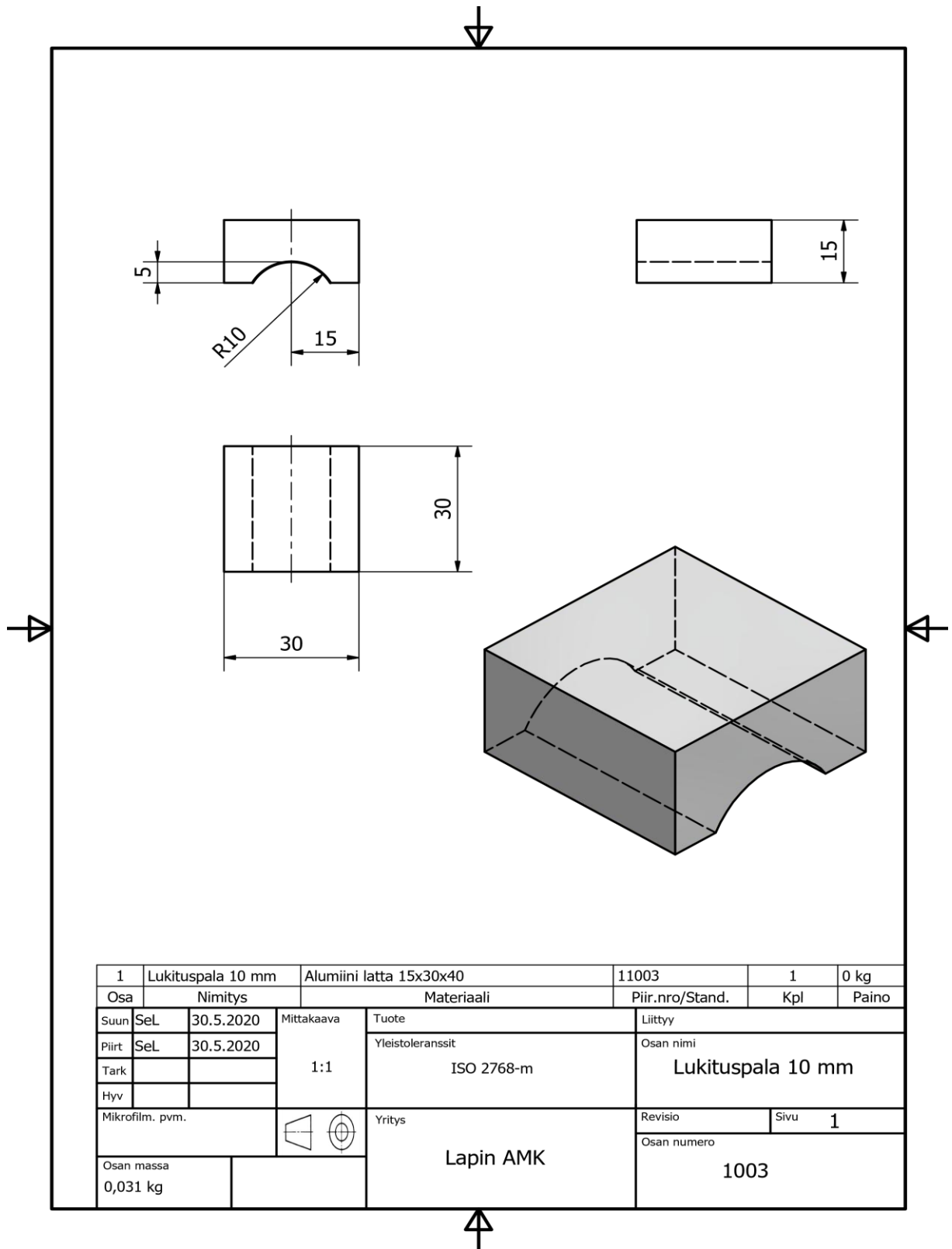
Liite 3. Työpiirustus 11001 lukitusrunko



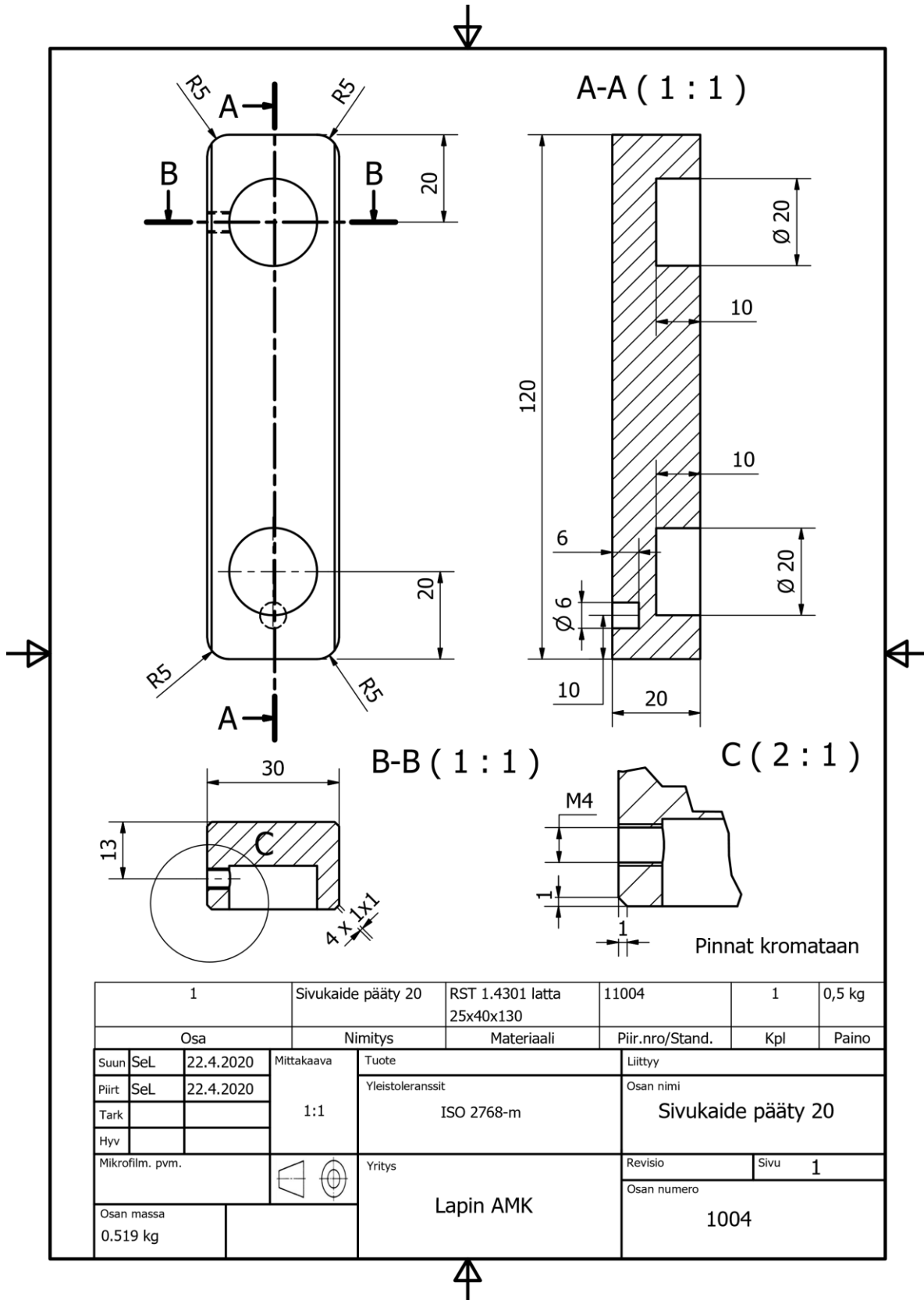
Liite 4. Työpiirustus 11002 lukituspala 3 mm



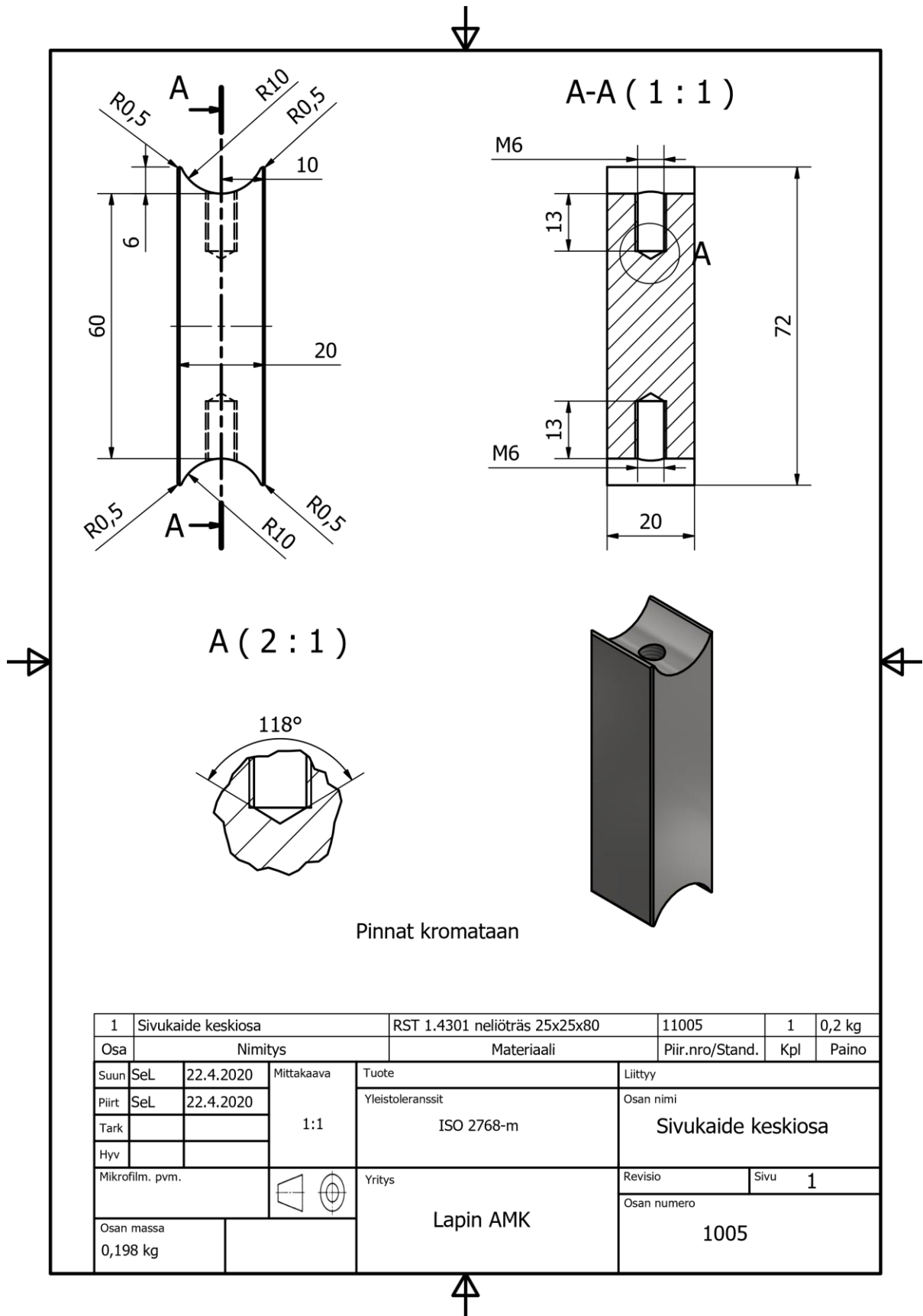
Liite 5. Työpiirustus 11003 lukituspala 10 mm



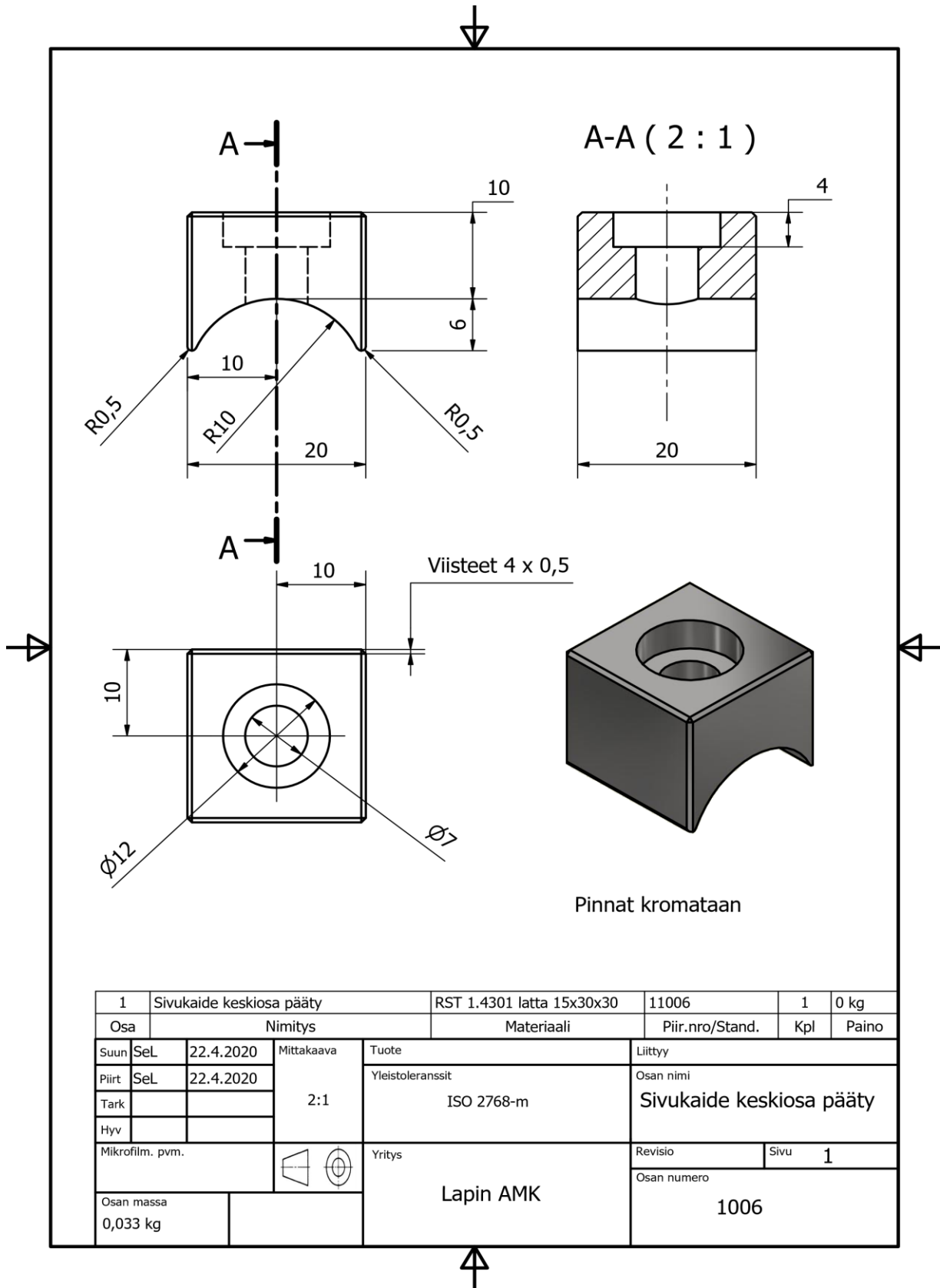
Liite 6. Työpiirustus 11004 sivukaide pääty 20



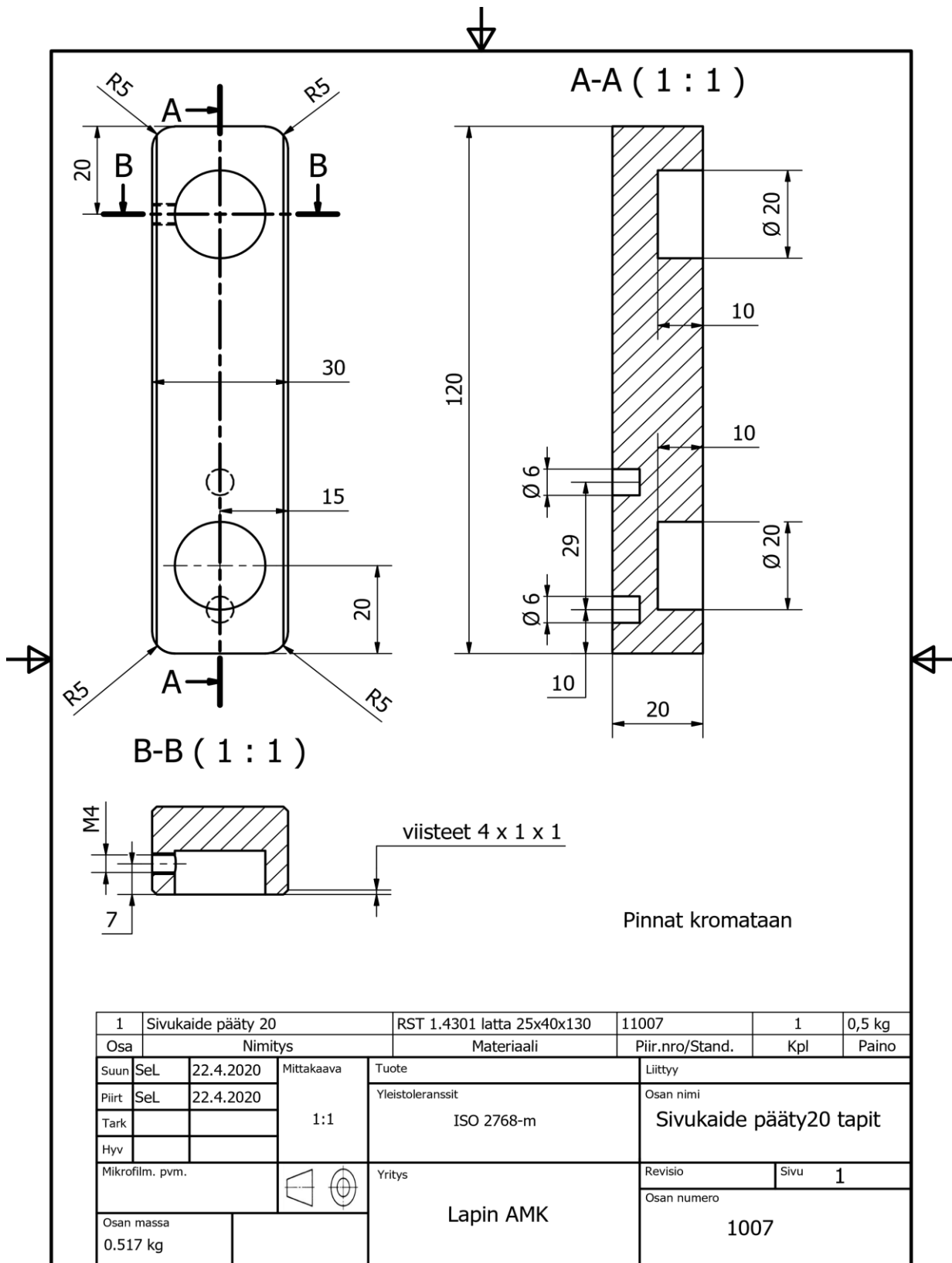
Liite 7. Työpiirustus 11005 sivukaide keskiosa



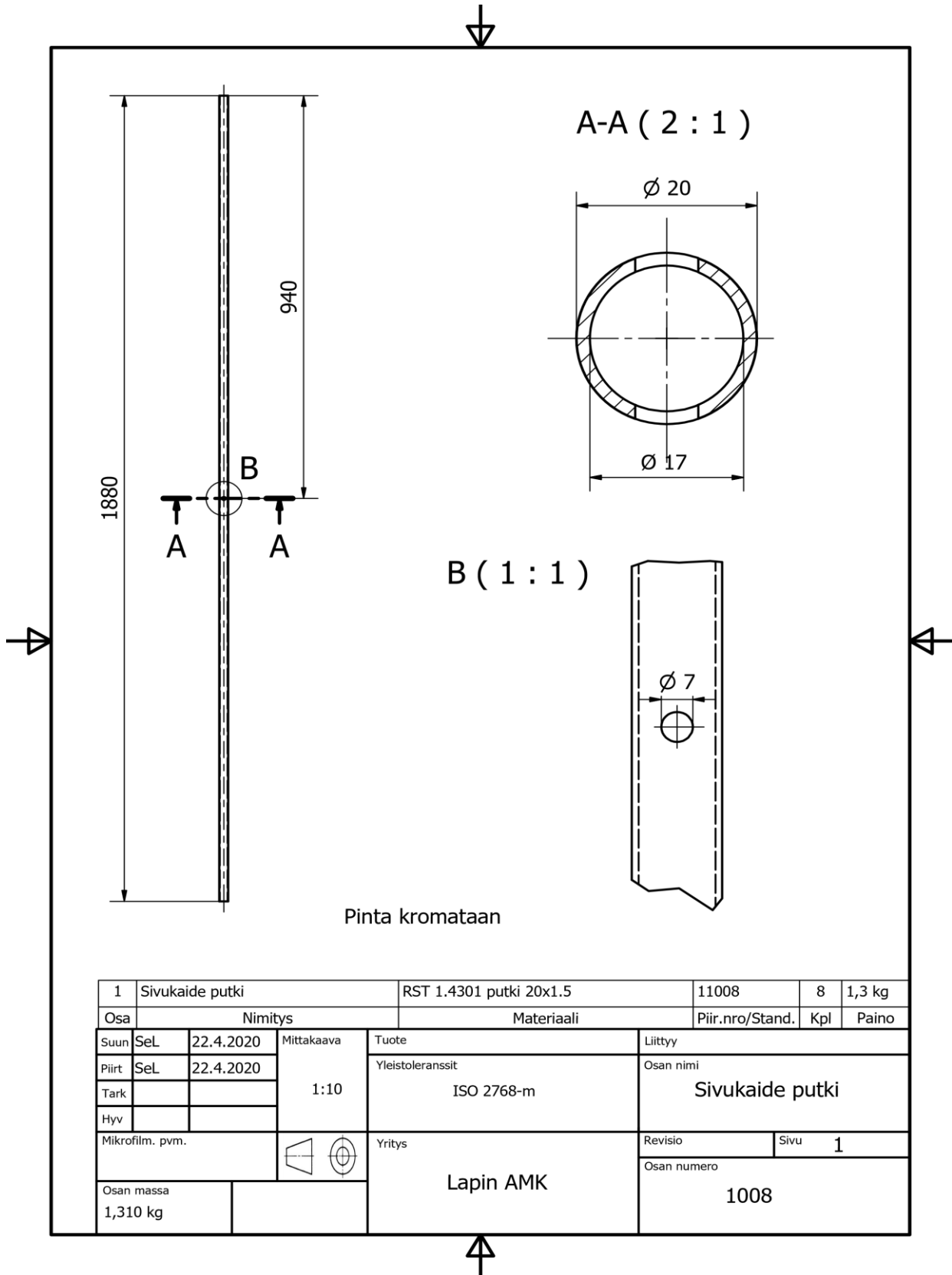
Liite 8. Työpiirustus 11006 sivukaide keskiosa pääty



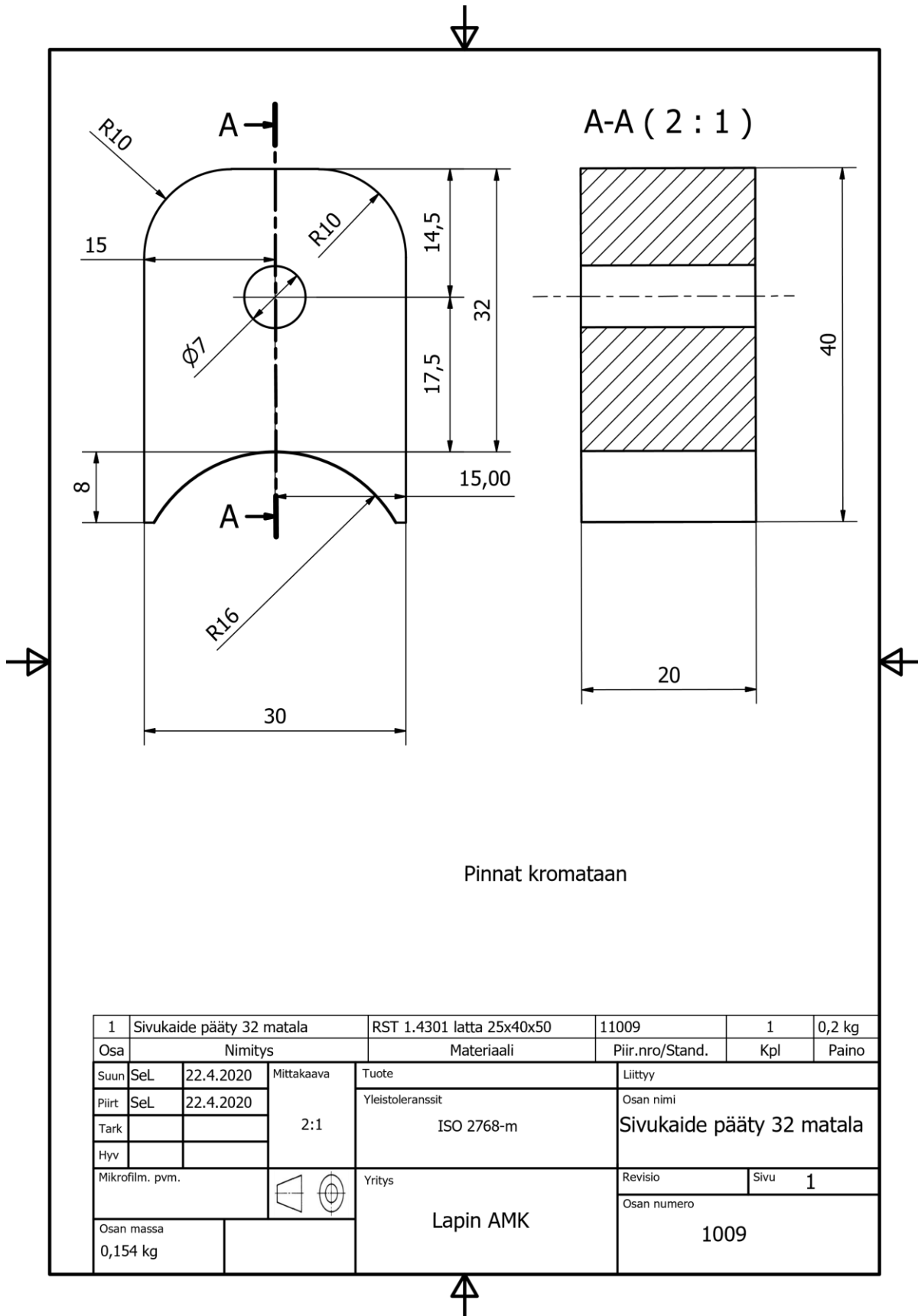
Liite 9. Työpiirustus 11007 sivukaide pääty 20 tapit



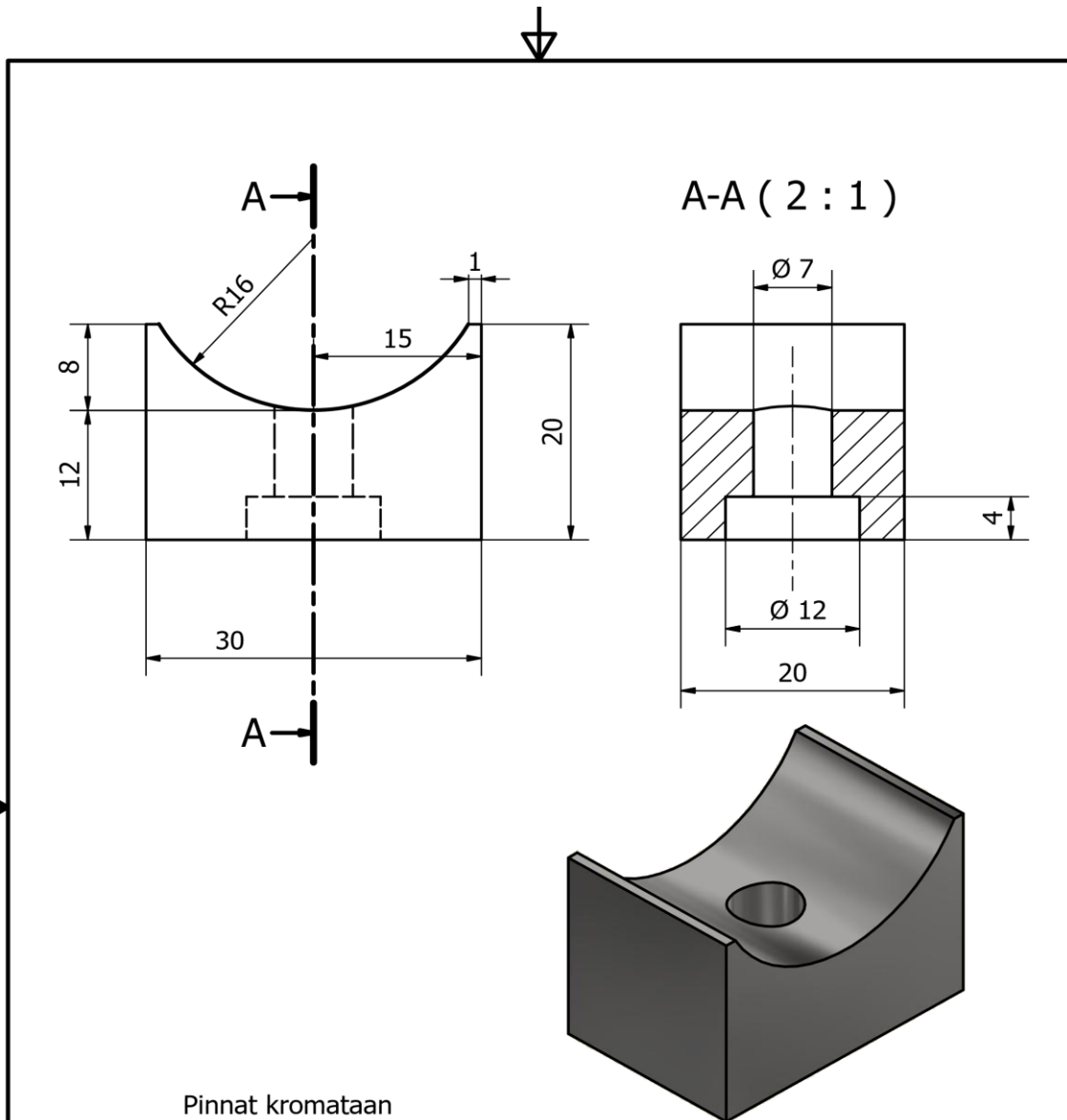
Liite 10. Työpiirustus 11008 sivukaide putki



Liite 11. Työpiirustus 11009 sivukaide pääty 32 matala

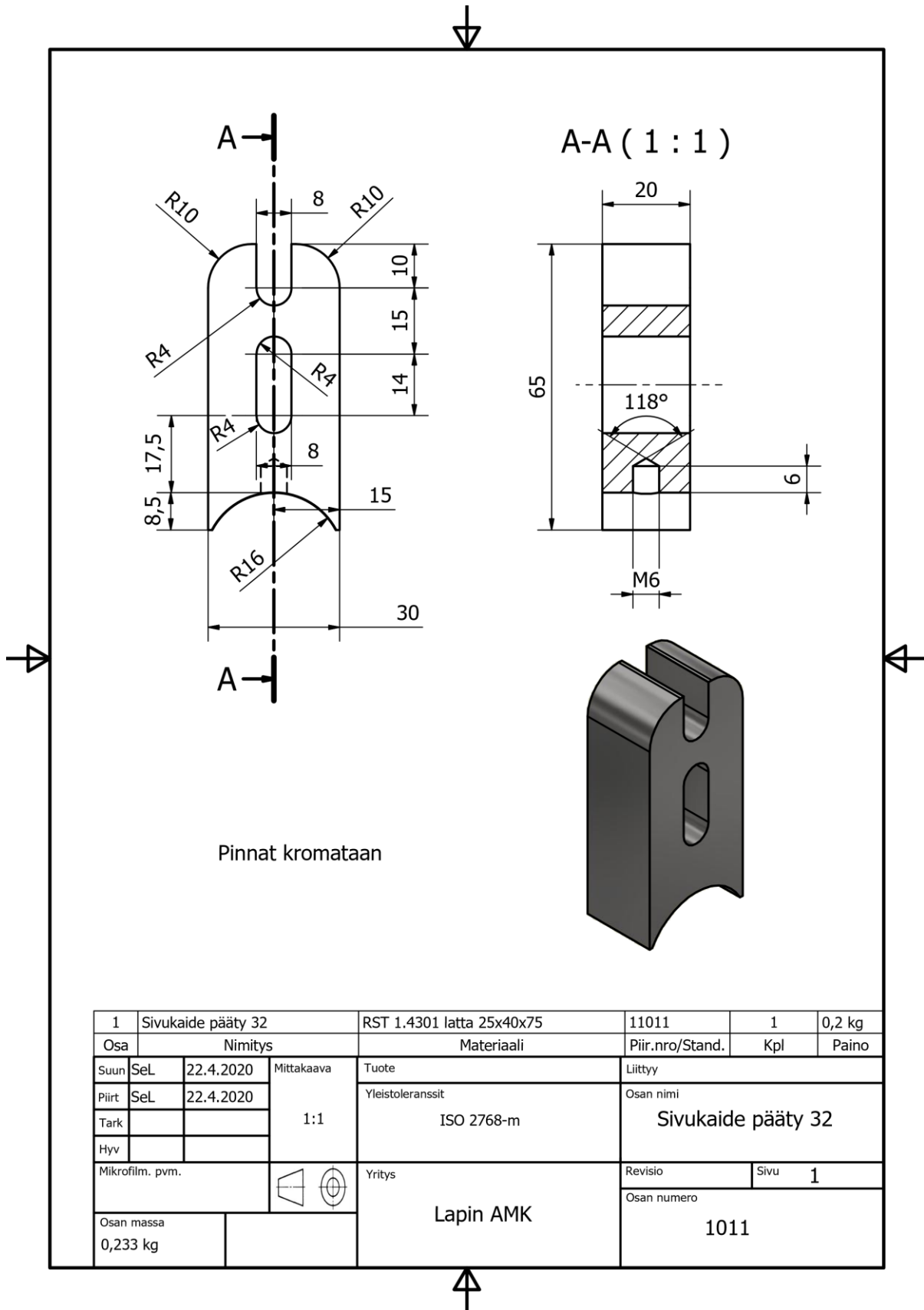


Liite 12. Työpiirustus 11010 sivukaide ala 32

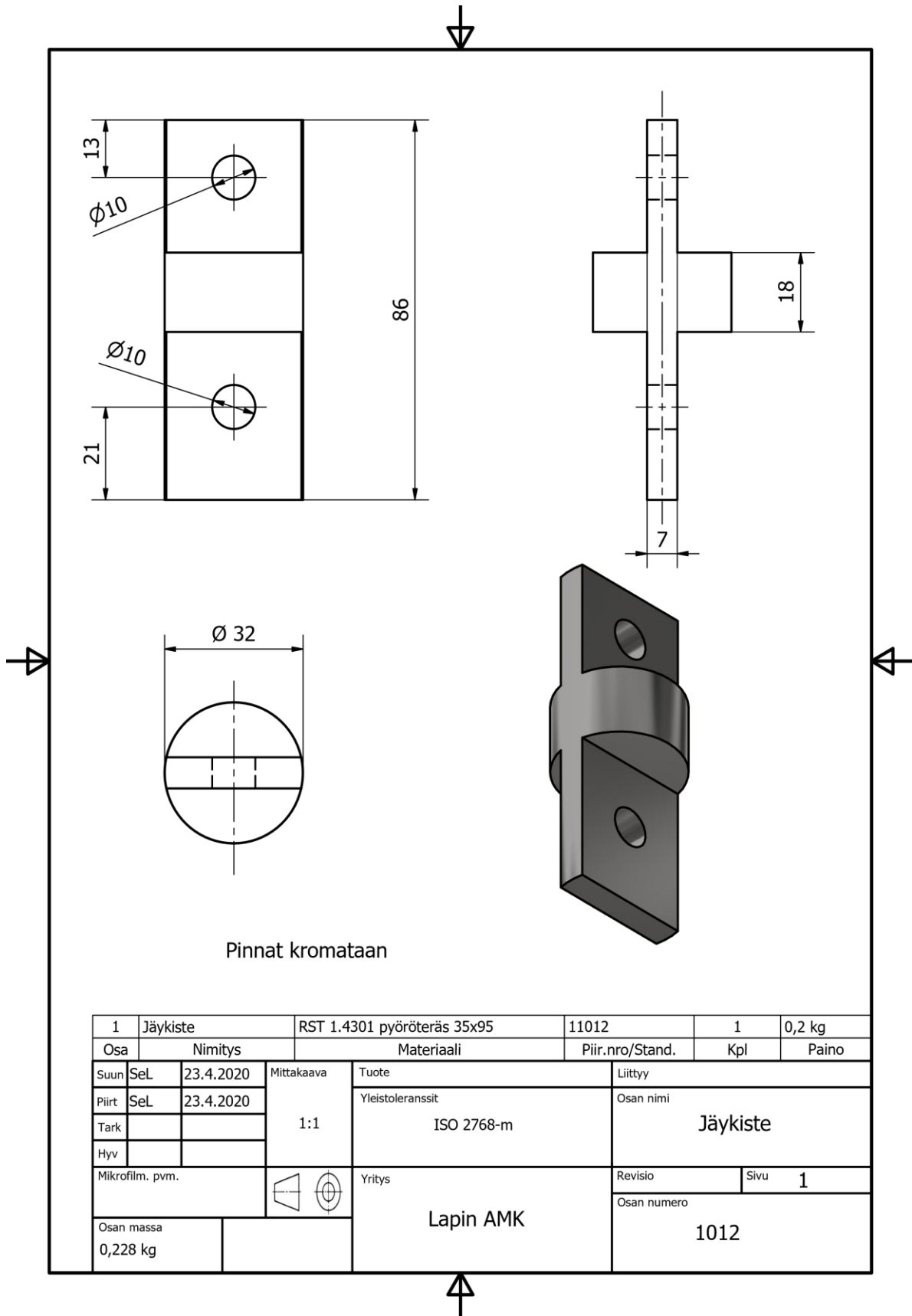


1	Sivukaide ala 32			RST 1.4301 latta 25x40x30	11010	1	0,1 kg
Osa	Nimitys			Materiaali	Piir.nro/Stand.	Kpl	Paino
Suun	SeL	22.4.2020	Mittakaava 2:1	Tuote		Liittyy	
Piirt	SeL	22.4.2020		Yleistoleranssit		Osan nimi	
Tark				ISO 2768-m		Sivukaide ala 32	
Hyv							
Mikrofilm. pvm.			Yritys	Revisio		Sivu	1
				Lapin AMK		Osan numero	
Osan massa 0,065 kg					1010		

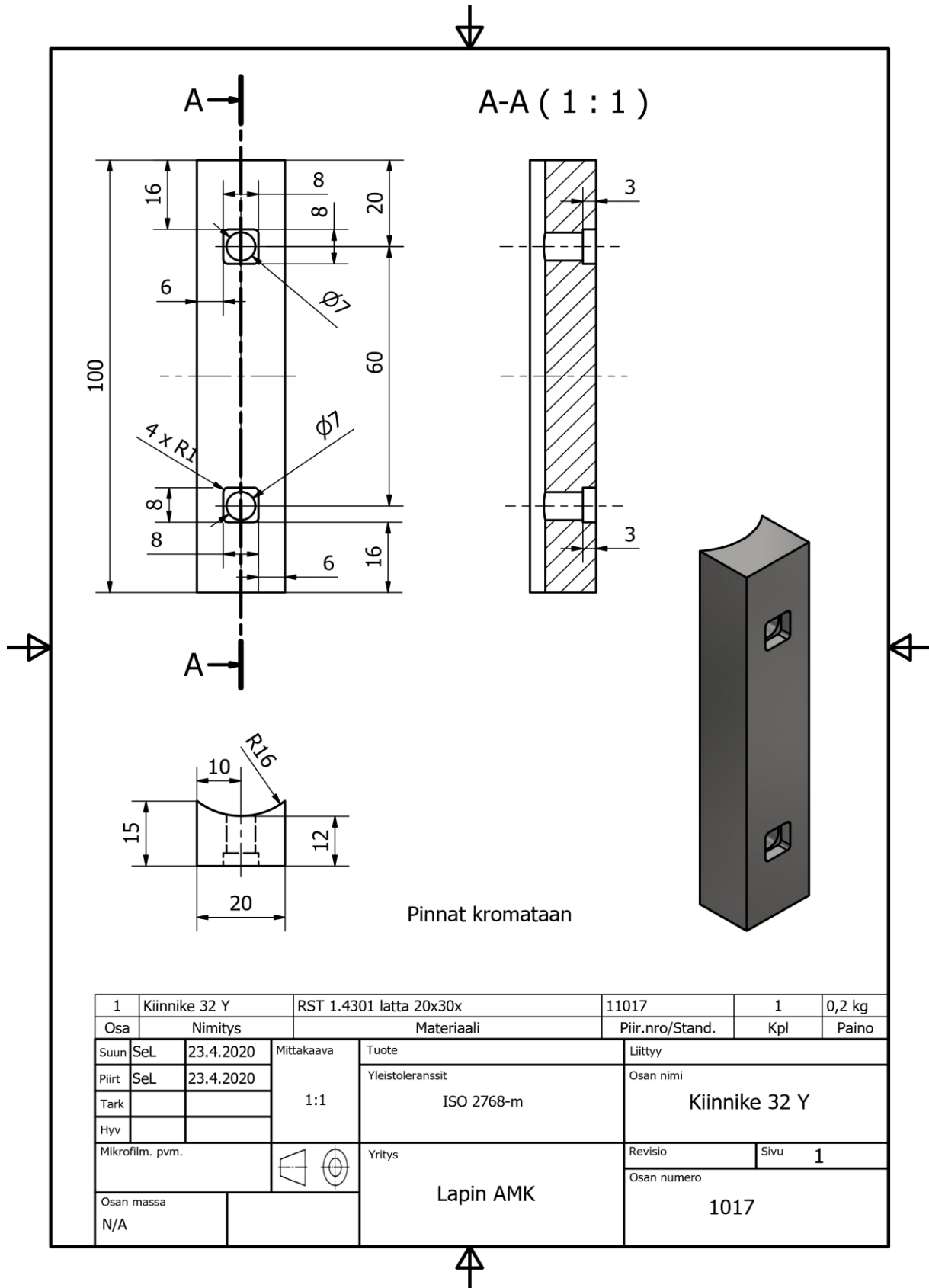
Liite 13. Työpiirustus 11011 sivukaide pääty 32



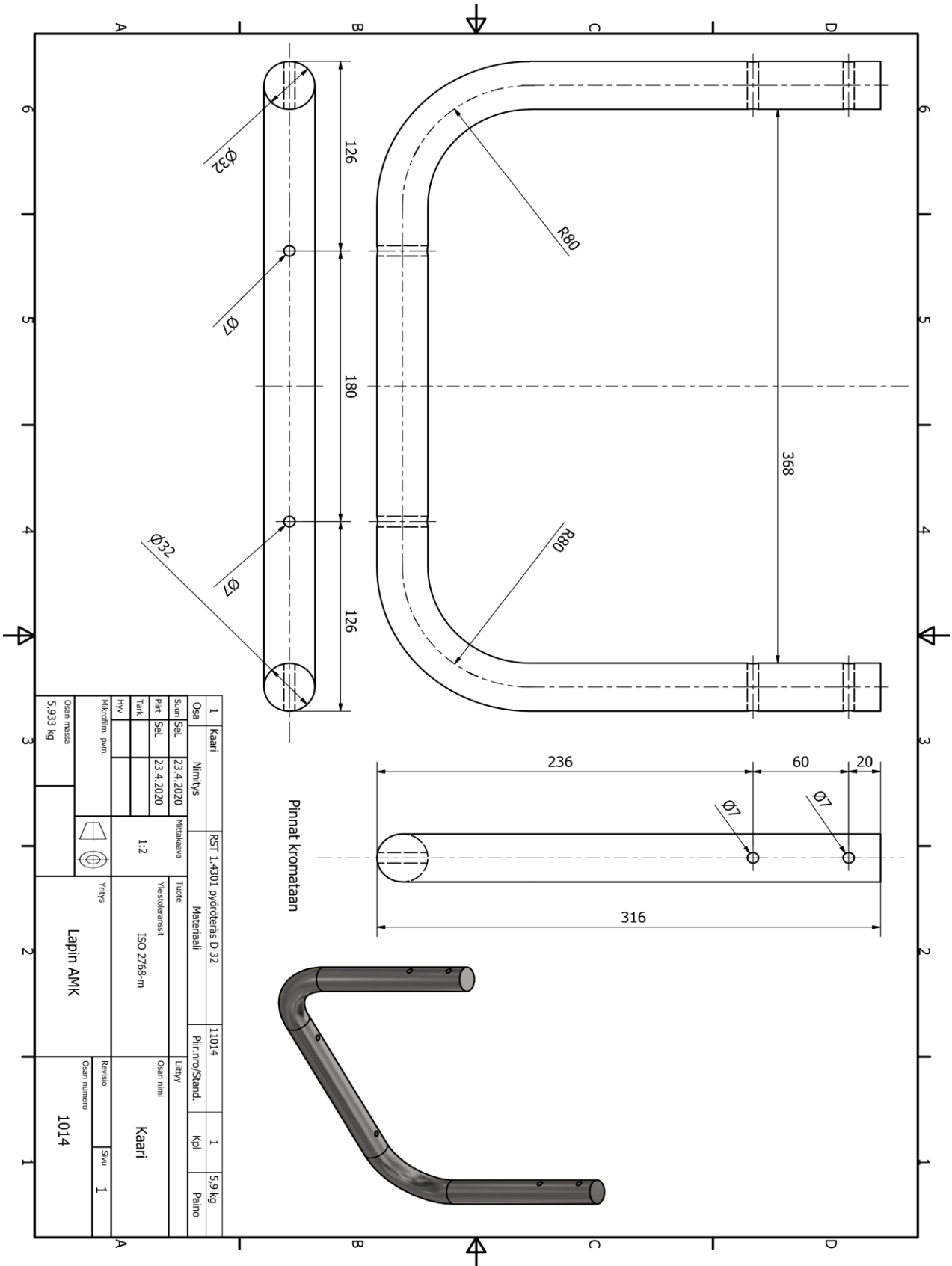
Liite 14. Työpiirustus 11012 jäykiste



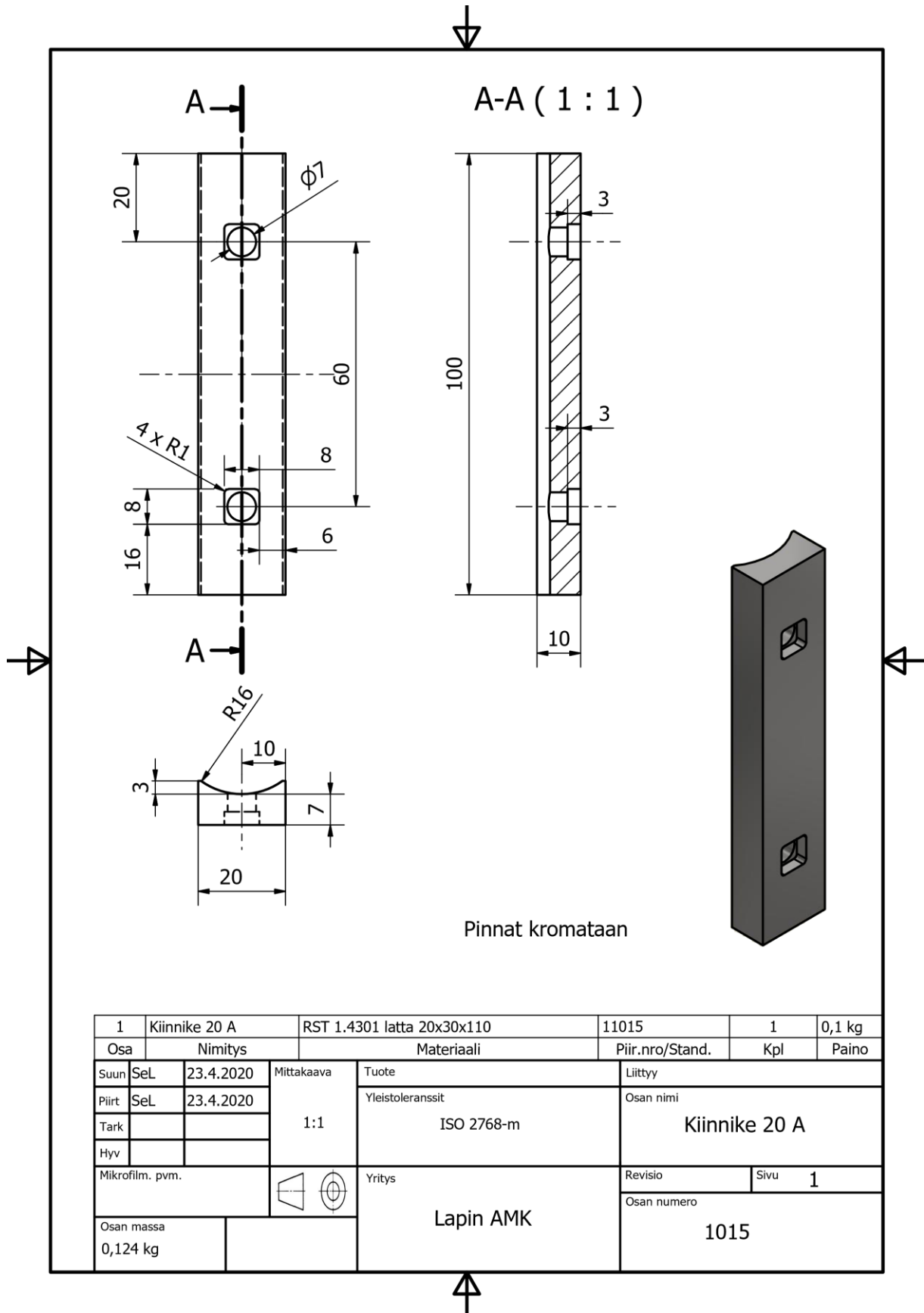
Liite 15. Työpiirustus 11013 kiinnike 32 Y



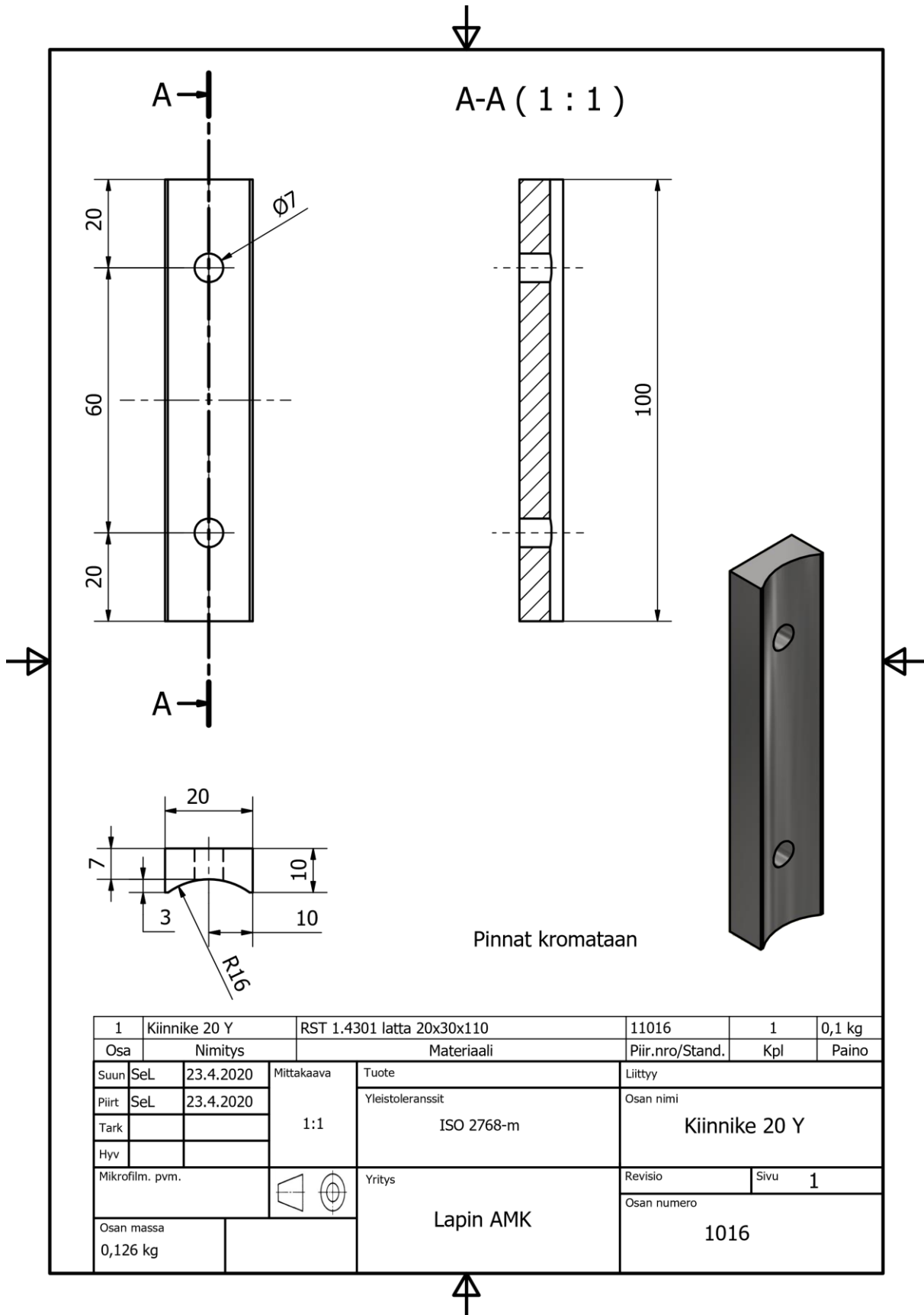
Liite 16. Työpiirustus 11014 kaari



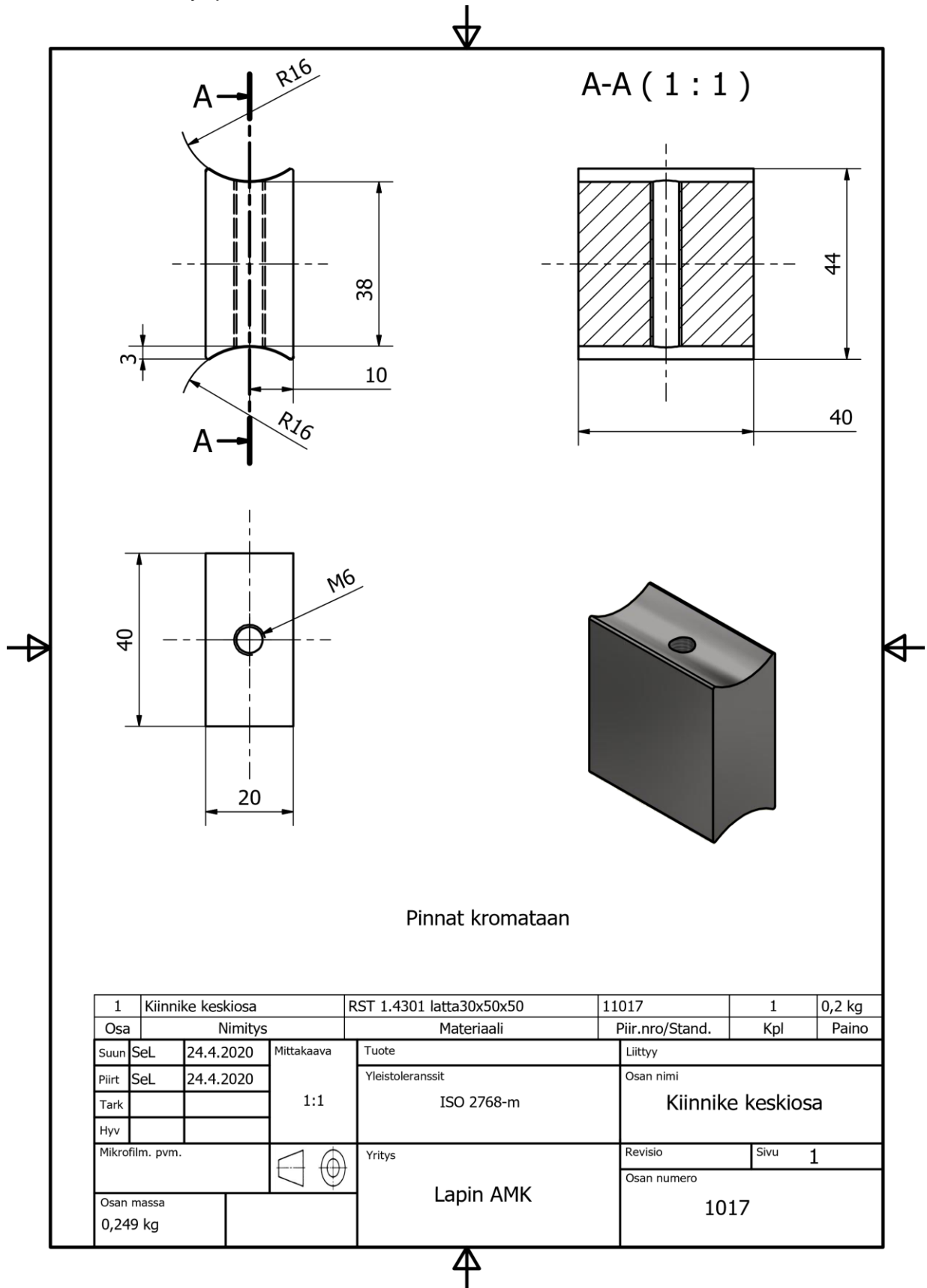
Liite 17. Työpiirustus 11015 kiinnike 20 A



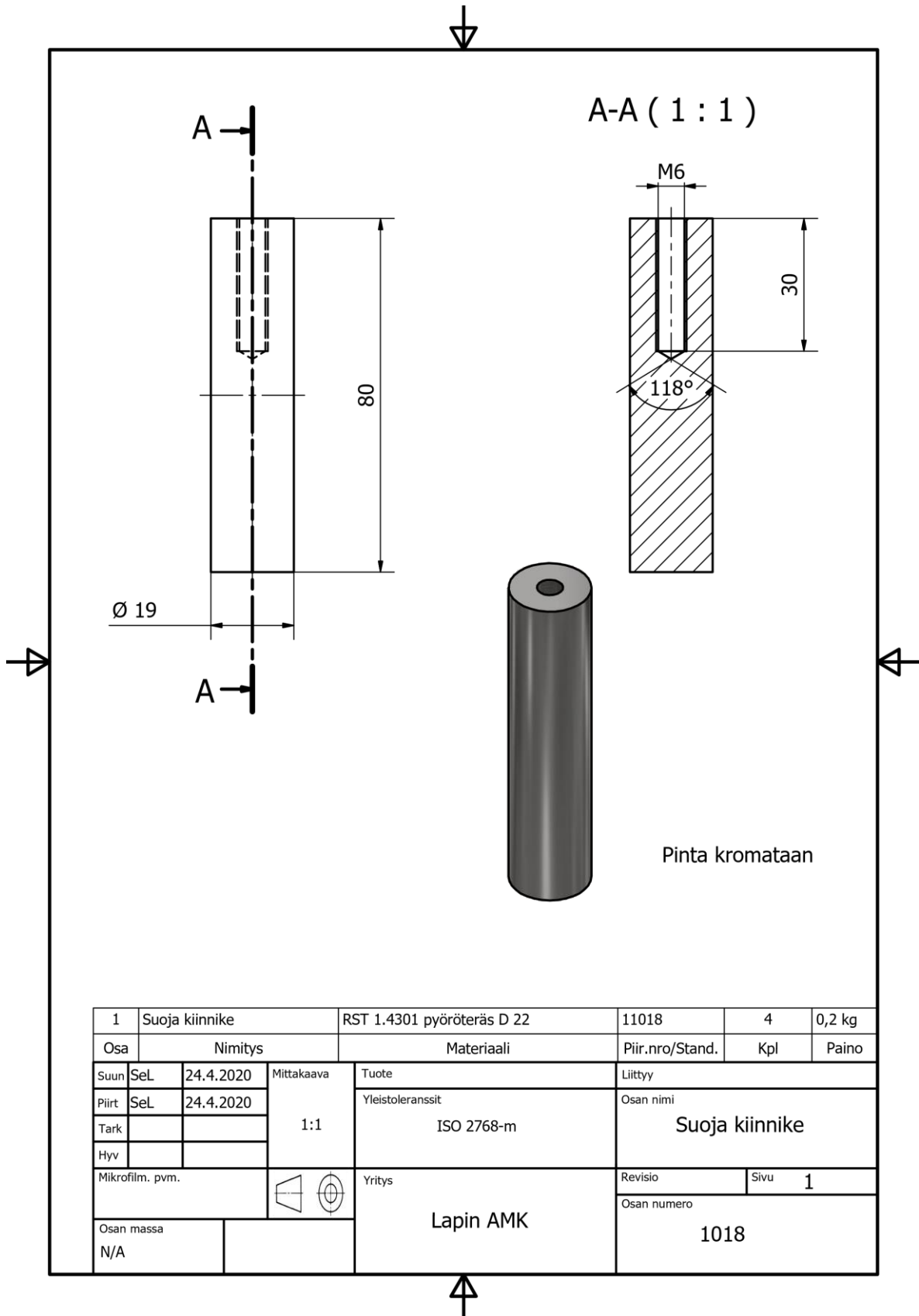
Liite 18. Työpiirustus 11016 kiinnike 20 Y



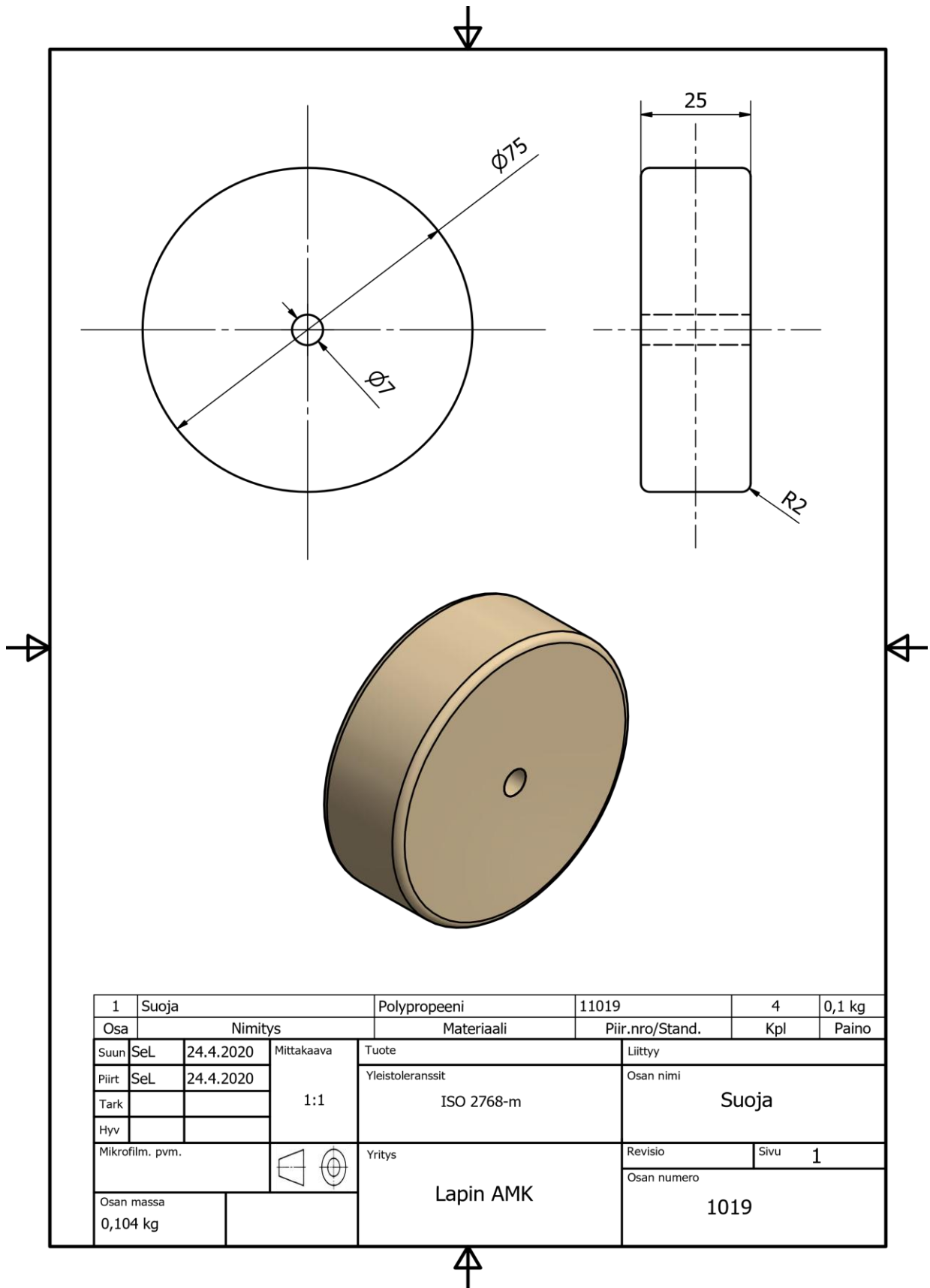
Liite 19. Työpiirustus 11017 kiinnike keskiosa



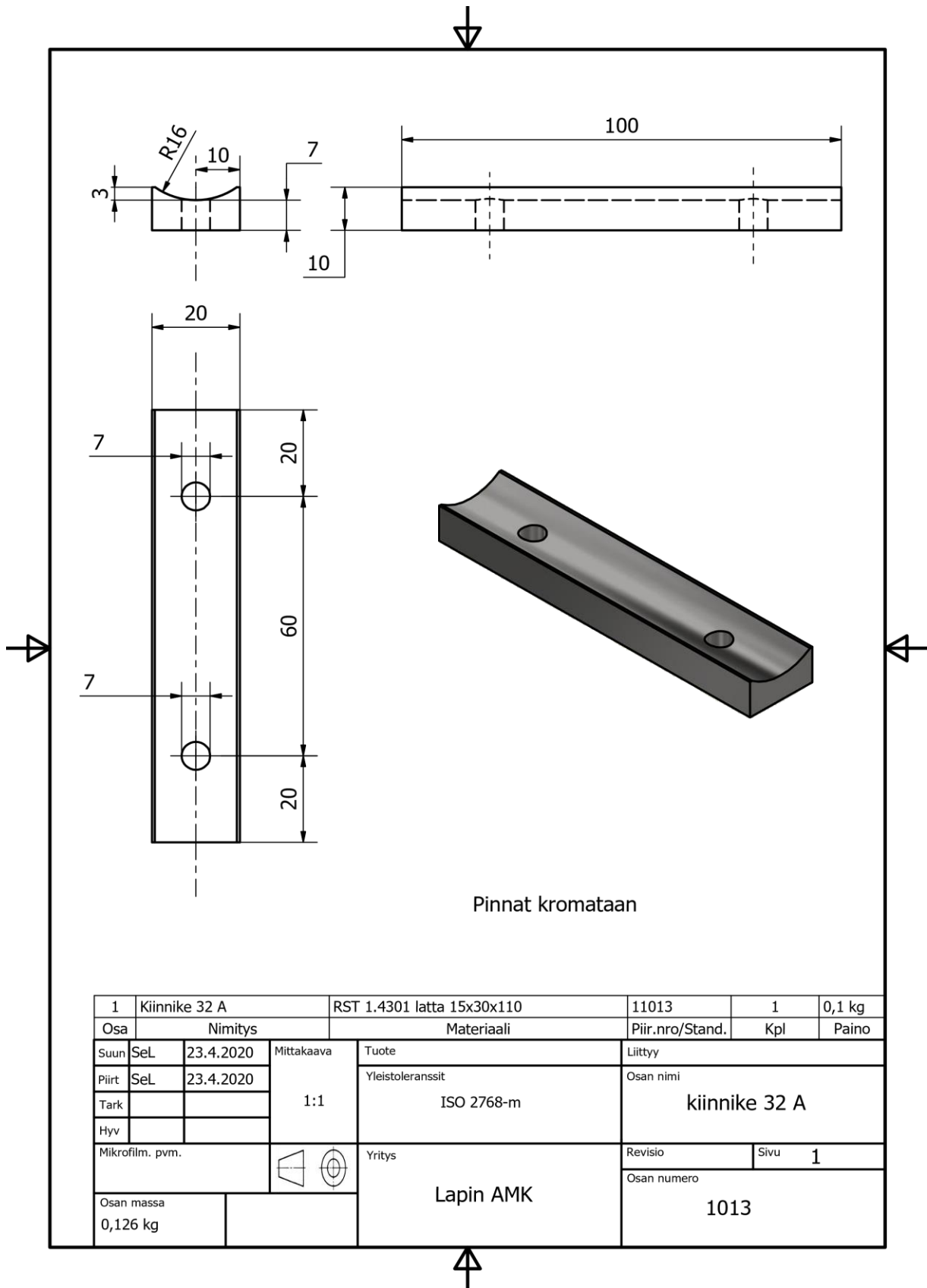
Liite 20. Työpiirustus 11018 suoja kiinnike



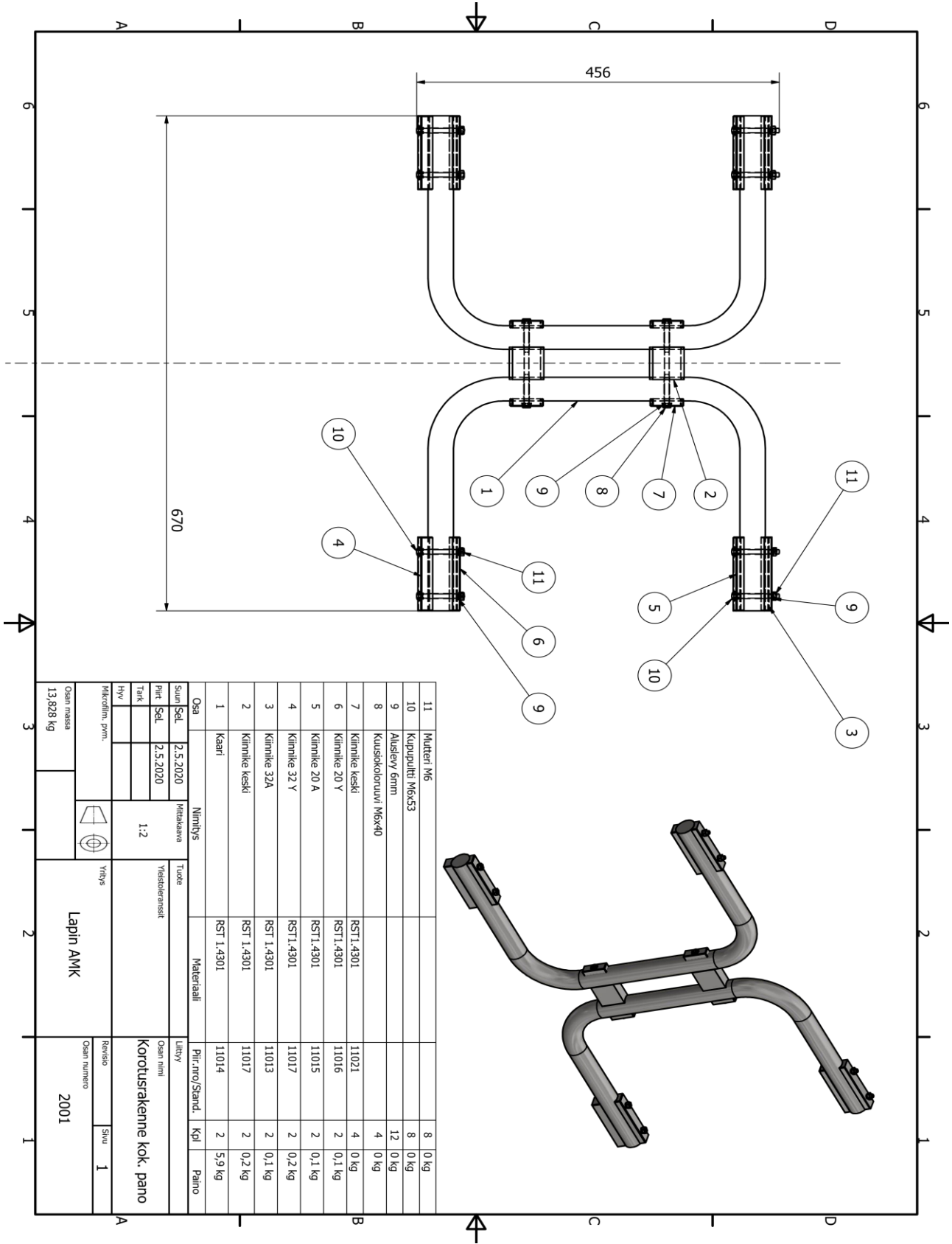
Liite 21. Työpiirustus 11019 suoja



Liite 22. Työpiirustus 11020 kiinnike 32 A



Liite 23. Osakokoonpanopiirustus 2001 korotusrakenne

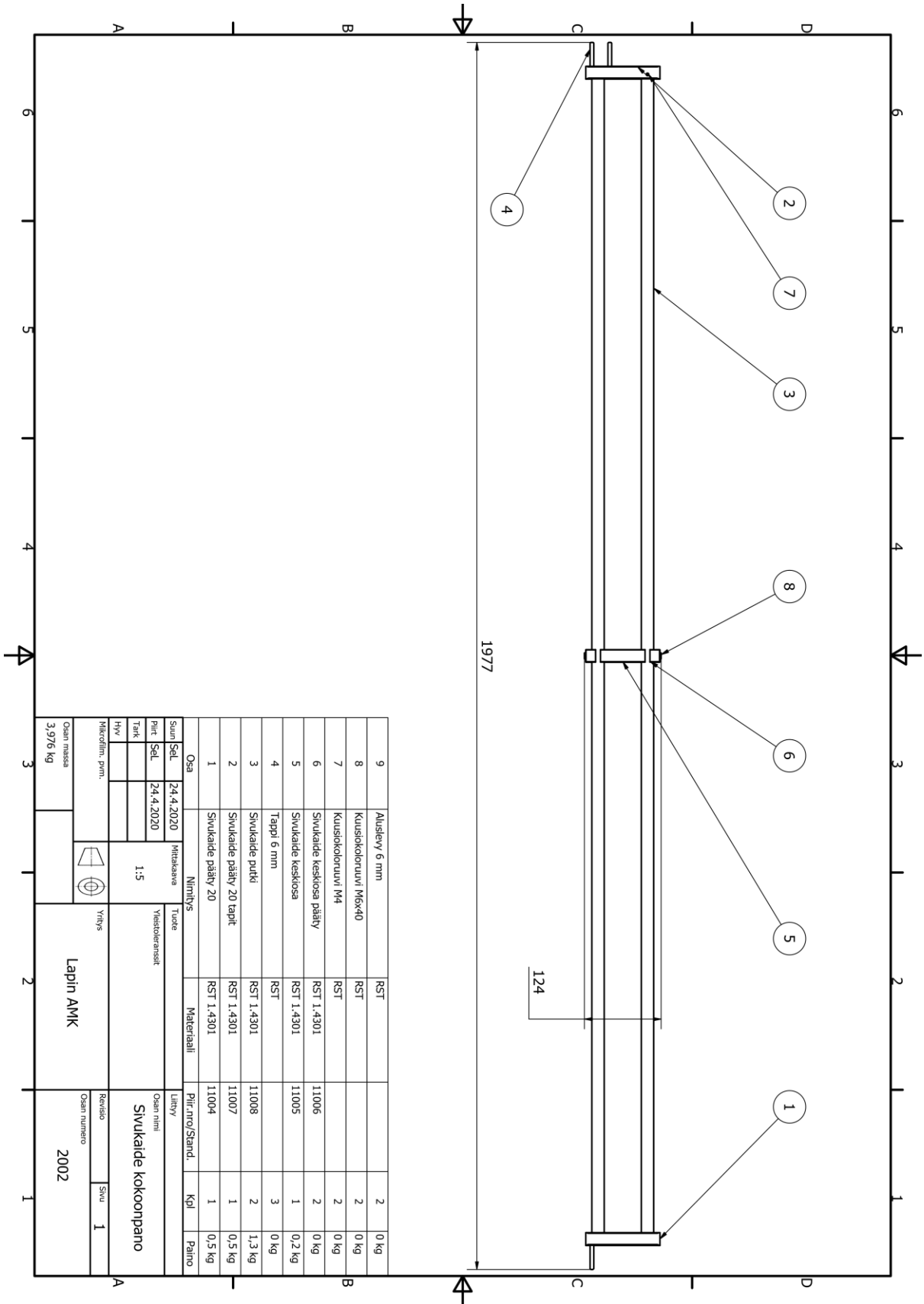


11	Mutteri M6			8	0 kg
10	Kuppuputti M6x53			8	0 kg
9	Ausleivy 6mm			12	0 kg
8	Kuusokoloruuvii M6x40			4	0 kg
7	Kiminke keski	RST1.4301	11021	4	0 kg
6	Kiminke 20 Y	RST1.4301	11016	2	0,1 kg
5	Kiminke 20 A	RST1.4301	11015	2	0,1 kg
4	Kiminke 32 Y	RST1.4301	11017	2	0,2 kg
3	Kiminke 32A	RST 1.4301	11013	2	0,1 kg
2	Kiminke keski	RST 1.4301	11017	2	0,2 kg
1	Kaari	RST 1.4301	11014	2	5,9 kg

Osa	Nimitys	Materiali	Piir./mno/Stand.	Kpl	Paino
Suuri Scl	2,5.2020	Mittakaava			
Piiri Scl	2,5.2020				
Tuote	1:2	Yrjönselän			
Yhtiö		Lapin AMK			
Revisio					
Osa numero					
2001					

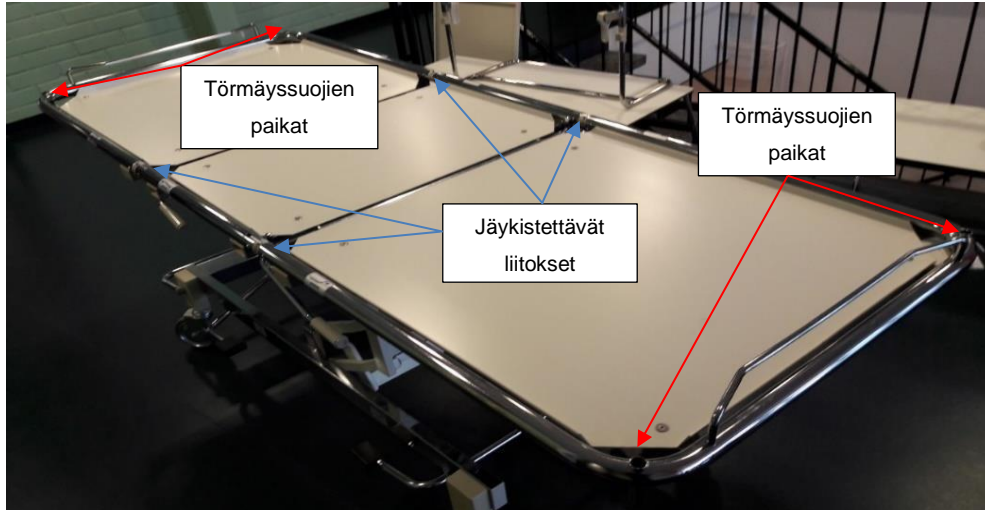
Osa nro	13.828 kg
Korotusrakenne kok. paino	

Liite 24. Osakokoonpanopiirustus 2002 sivukaide



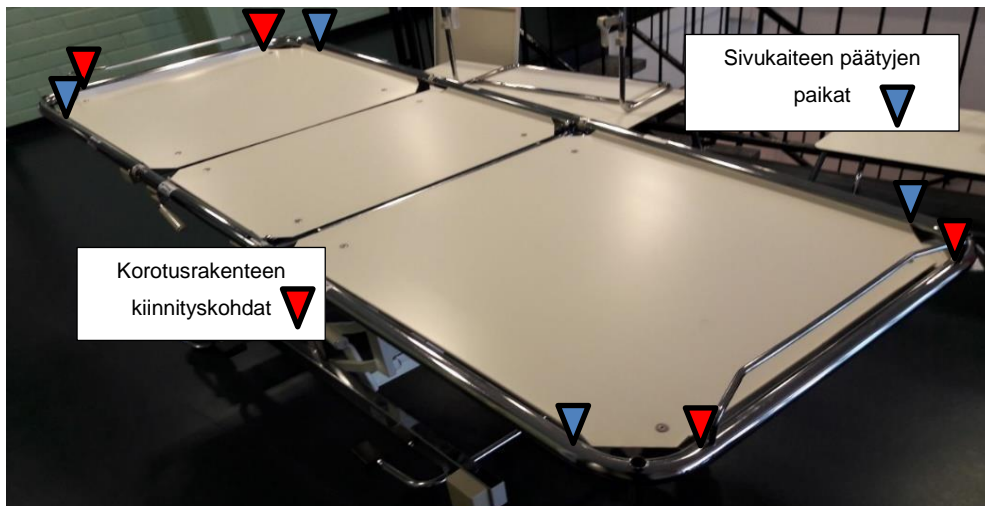
Liite 25.

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kokoonpanon liittyminen olemassa olevaan kokoonpanoon.



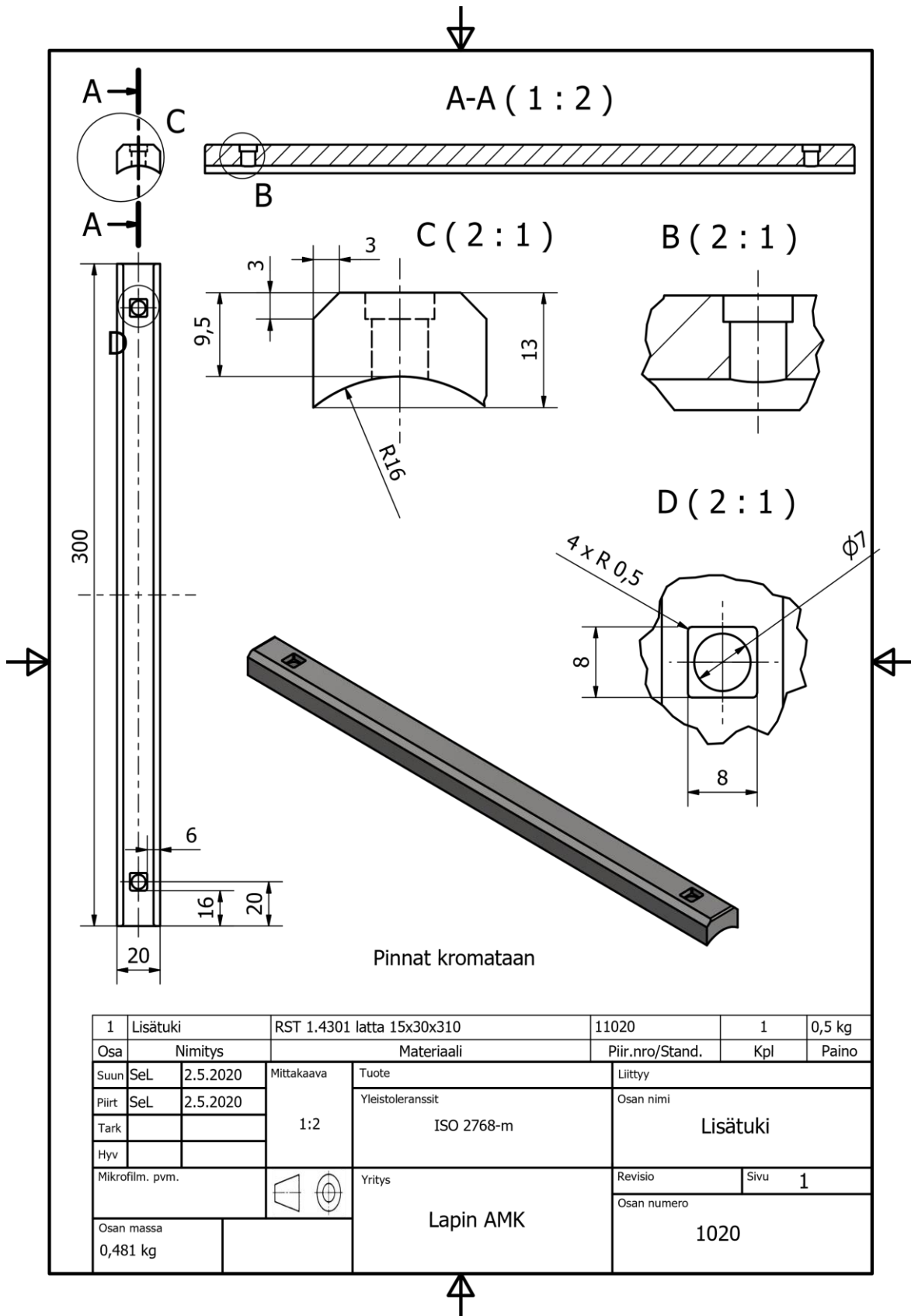
Kuva 1. Törmäyssuojien ja jäykistettävien liitosten paikat

V



Kuva 2. Korotusrakenteen ja sivukaiteiden paikat

Liite 26. Työpiirustus 11021 lisätuki



Liite 27 (1/2). Lisätuen asennusohje

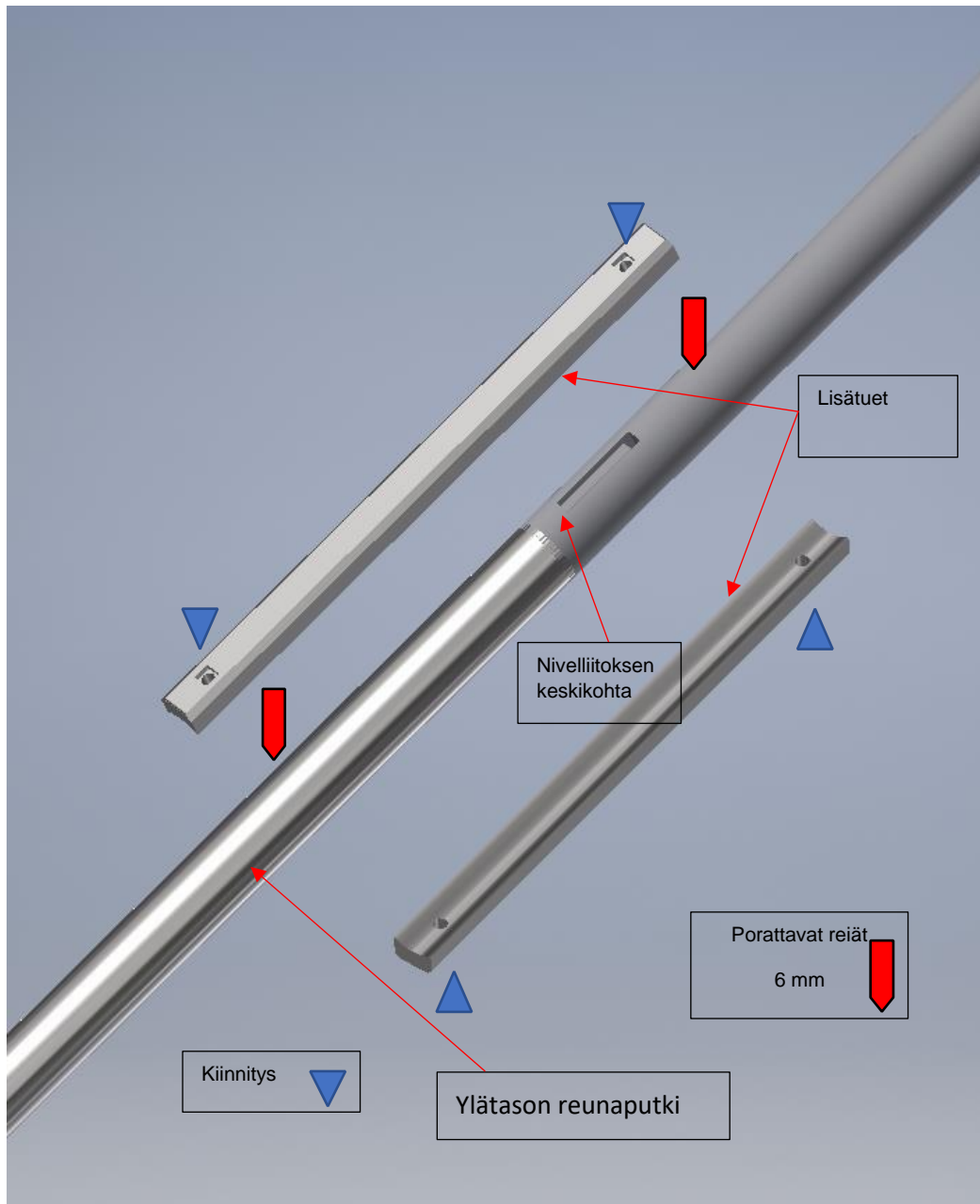
Lisätuet asennetaan ylemmälle tasolle, jos materiaalivahvuuksien lähemmässä tarkastelussa syytä siihen ilmenee. Lisätukien paikat ovat nivelliitosten ylä- ja alapuolella, kuten kuvasta 1 nähdään.



Kuva 1. Lisätukien paikat

Mikäli lisätukien asennus katsotaan aiheelliseksi, tuet asetetaan nivelliitosten ylä- ja alapuolelle siten, että tuen keskikohta on liitoksen keskikohdassa. Tukien asennusta varten tarvittavat reiät mitoitetaan ja porataan. Tuot kiinnitetään kiinnitykseen soveltuvilla kiinnitystarvikkeilla (kuva2).

Liite 27 (2/2). Lisätukien asennus



Kuva 2. Lisätukien asennus