



Hakkuukonesimulaattorin runkomalli

Simo Ala-Outinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehityksen suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehityksen suuntautumisvaihtoehto

ALA-OUTINEN, SIMO: Hakkuukonesimulaattorin runkomalli

Opinnäytetyö 38 s., liitteet 15 s.
Huhtikuu 2011

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Tampereen ammattikorkeakoulun metsätalouden koulutusohjelmalle mitta-apulaite. Laitteen tarkoitus on simuloida kaadettua puuta, jota opiskelijat opettelevat mittaamaan. Työn tilaajana toimi metsätalouden päätoiminen tuntiopettaja Manne Viljamaa. Suunniteltu tuote on tarkoitus valmistaa syksyllä 2011 Hervannan ammattioppilaitoksessa.

Tuotteen ideointi toteutettiin yhdessä metsätalousinsinööriopiskelijoiden kanssa. He myös konsultoivat kaikissa hakkuukonesimulaattoriin liittyvissä asioissa. Työkuvien tekeminen toteutettiin Catia V5:llä ja lujuuslaskut laskettiin MathCadilla. Suunnittelu sisälsi materiaali- ja profiilivalinnat, hinta-arvion sekä työkuvien tekemisen. Suunnittelun lisäksi työssä käsitellään hakkuukoneen mittauseriaatteita sekä valmistusystävällisen suunnittelun teoriaa.

Opinnäytetyössä päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Työkuvat saatiin tehdyksi ja laitteen valmistuksesta saatiin alustavasti sovituksi Hervannan ammattioppilaitoksen kanssa. Jos valmiiseen tuotteeseen ollaan tyytyväisiä, sitä voidaan tarjota myös muille oppilaitoksille tai yrityksille.

Asiasanat: Metsäkone, simulaattori, suunnittelu, tuotekehitys.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Option of Product Development

ALA-OUTINEN, SIMO: Hakkuukonesimulaattorin runkomalli

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 15 pages.
April 2011

The goal of this thesis was to design a product for the University of Applied Sciences' forest economy's course. The purpose of the product is to simulate a tree and students are learning to measure the diameter of it. The client of this thesis was full-time teacher Mr. Manne Viljamaa in the study program forest economy.

Ideation was done with forest economy students Teemu Lahdensivu and Henri Turpeinen. Manufacturing drawings were made with Catia V5 and strength calculations were calculated with MathCad. Design included material and profile choosing, cost evaluation and making of manufacturing drawings. Thesis also discusses designing for manufacturing and measuring a tree.

Goals of this thesis were reached and manufacturing drawings were made. Manufacturing in Hervanta should start in the autumn 2011. If the final product suits well for the course, it can be offered for other schools or companies.

Key words: Forest Machine, simulator, design, development.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
2	TAVOITTEET	6
3	HAKKUUKONE JA PUUN MITTAAMINEN	7
3.1	Puun mittaaminen	7
3.2	Hakkuukone	7
3.3	Mittauksen tarkastus	9
4	VALMISTUSYSTÄVÄLLISEN SUUNNITTELUN TEORIAA	11
4.1	Ohutlevyosien mitoitusperiaatteita	11
4.2	Poraaminen	13
4.3	Koneistuksen vaikutus konstruktion	15
4.4	Hitsauksen huomiointi suunnittelussa	16
5	TYÖN SUORITUS	18
5.1	Vaatimuksia	18
5.2	Ideointi	20
5.2.1	Vaihtoehtojen yhdistäminen	22
5.2.2	Kiristinvaihtoehto	23
5.2.3	Rumpu vaihtoehto	24
5.2.4	Kehävaihtoehtojen pisteyttäminen ja valinta	25
5.2.5	Materiaalit	25
5.3	Suunnittelun suoritus osa-alueittain	28
5.3.1	Kehä	28
5.3.2	Jalat ja mittapuu	31
5.3.3	Runko	33
6	TULOKSET	35
7	POHDINTA	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli suunnitella apuväline Tampereen Ammatti-
korkeakoulun metsätalouden hakkuukonemittauksen opetukseen. Työn tilaaja-
na toimi metsätalouden koulutusohjelman opettaja Manne Viljamaa.

Metsätalousinsinöörikoulutuksen tavoitteena on osata puutavaran mittaaminen eri
tavoilla. Hakkuukonemittauksen opetuksen tehostamiseksi tarvitaan havainto-
väline, jonka avulla metsäkonesimulaattoria voidaan hyödyntää paremmin ope-
tuksessa. Suunniteltava apuväline on hakkuukonesimulaattorin runkomalli,
jonka avulla on tarkoitus simuloida simulaattorilla kaadettua ja pätkittyärunkoa
kaadettua puuta, ja oppilaiden on tarkoitus mitata kaadetun puun pituus sekä
läpimitat pölkyittäin elektronisten mittasaksien avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli ideoida, suunnitella ja piirtää työkuvat, joiden
avulla laite voidaan valmistaa. Suunnittelun tuotteen valmistuksesta oli sovittu
Hervannan ammattioppilaitoksen kanssa, jolloin myös heidän oppilaansa saavat
työelämää simuloivan tilauksen valmistettavakseen. Työssä keskityttiin myös
valmistusystävälliseen suunnitteluun, jotta tuote olisi helppo valmistaa myös
oppilastyönä.

Tämä raportti rakentuu siten, että ensin käsitellään hakkuukonetta ja puun
mittaamista. Tämän jälkeen käydään läpi valmistusystävällisen suunnittelun
teoriaa. Lopuksi esitellään työn suoritusta ja tuloksia, sekä pohditaan työn
onnistumista.

2 TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella laite havainnollistamaan hakkuukonemittausta, jota opiskellaan mm. metsätalouden koulutusohjelmaan kuuluvien Puunhankinnan perusteet ja Metsäkoneen huolto ja käyttö opintojaksojen suorittamista. Ideointi toteutettiin yhdessä metsätalousinsinööriopiskelijoiden Teemu Lahdensivun ja Henri Turpeisen kanssa ja suunnittelun suoritti allekirjoittanut. Suunnitellun laitteen työkuvat oli tarkoitus mallintaa Catia V5:lla.

Metsätalousinsinööriopiskelijoiden opintojaksojen tavoitteena on oppia tarkastamaan ja kalibroimaan hakkuukoneen mittalaite. Hakkuukoneen tarkastusmittaus opiskellaan käytännössä vierailamalla oikealla hakkuukoneella. Ennen maasto-harjoitusta opiskellaan asia teoriassa ja hakkuukonesimulaattorilla. Työn suoritus tapahtuu niin, että ensin opiskelija kaataa simulaattorilla puun ja hakkuukonesimulaattorin mittalaite mittaa pölkyittäin puun halkaisijat ja pituudet sekä laskee tilavuuden. Tämän jälkeen oppilaan täytyy simuloidun maailman pölkyjen mittatietojen avulla mitata mittasaksilla kaadettu puu ja verrata mitattuja tuloksia mittalaitteen tuloksiin. Aikaisemmin oppilas on syöttänyt simuloituja mittoja mittasaksille, ja nyt säädettävän runkomallin avulla simulaattorin virtuaalinen puu voidaan mitata konkreettisesti mittasaksien avulla.

Tavoitteena oli siis suunnitella tuote, jossa on 24 kehää peräkkäin. Jokaisen kehän on oltava erikokoinen ja niiden halkaisijat vaihtelevat lineaarisesti välillä 60 – 300 mm. Näitä kehiä oppilaan tulee mitata ja verrata simulaattorin tuloksiin. Kehien tulee olla liikuteltavat pituussuunnassa. Jokaisen kehän halkaisijan säätäminen täytyy olla mahdollista, jotta voidaan mallintaa eri kokoisia simulaattorin puita.

3 HAKKUUKONE JA PUUN MITTAAMINEN

3.1 Puun mittaaminen

Puuraaka-aineen mittauksen tarkoitus on määritellä erän ominaisuudet, kuten määrä ja laatu. Määrää kuvataan useimmiten tilavuudella (kuutiometri) tai massalla (kg tai tn). Laadun määritelmä riippuu usein puuraaka-aineen käyttötarkoituksesta. Näitä laadun määritelmiä voivat olla esim. rungon muoto, oksien koko ja määrä tai puuaineen tiheys. (Sipi 2009)

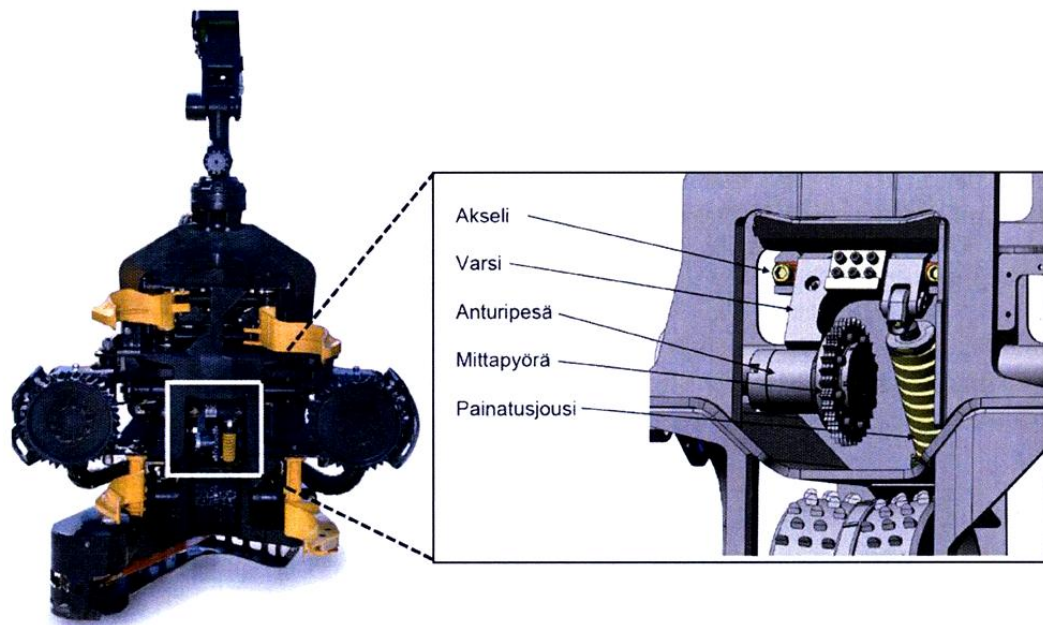
Puuraaka-aineen ominaisuuksien mittaamisella voidaan määritellä erälle hinta sekä maksuperusteet erän hakkuulle ja kuljetukselle. Mittauksen perusteella voidaan myös jakaa erä eri puutavaralajeihin jalostusta varten. (Sipi 2009)

Mittausmenetelmissä keskeisimpiä tavoitteita on ollut mittauksen automatisointi. Vielä 1980-luvulla mittaus suoritettiin pääsääntöisesti käsin tienvarsivarastoilla tai ennen hakkuuta pystypuustosta pystymittauksella. Tähän vaadittiin suuri määrä henkilöresursseja eikä mittaustarkkuus ollut kovin hyvä. Mittauksen tarkkuutta ja nopeutta kehitettiin jo tällöin esim. elektronisten mittavälineiden kehittämisellä. Mittauksen automatisointi kehittyi tämän jälkeen suhteellisen nopeasti, ja jo 1990-luvun alkupuolella mittalaitteet pystyivät määrittelemään hakkuukoneella valmistetun puutavaran tilavuuden. Nykyään hakkuukoneet osaavat ennustaa kaadetun puun tilavuuden ja pituuden heti kaadon jälkeen mittaamalla ainoastaan tyven. Tämä mahdollistaa puun käyttötarkoituksen ja katkaisun sopivan kokoisiksi tukeiksi. (Sipi 2009)

3.2 Hakkuukone

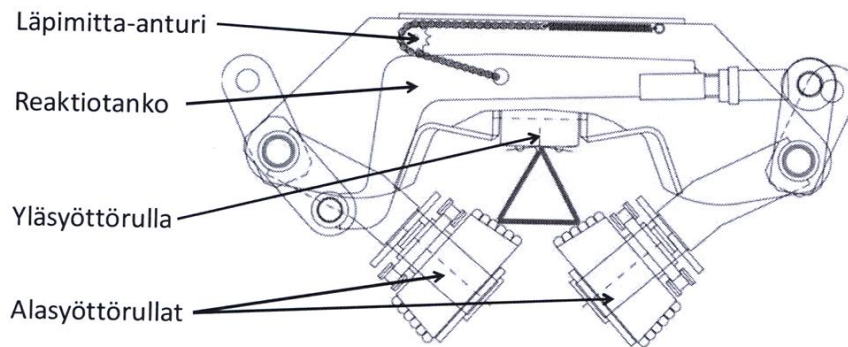
Hakkuukonemittauksella tarkoitetaan hakkuukoneella valmistettavan puutavaran määrän mittaamista valmistuksen yhteydessä. Puutavarasta mitataan mekaanisesti halkaisija ja pituus hakkuukoneen antureilla. Näistä lasketaan puutavaran tilavuus. (Sipi 2009)

Pituus mitataan mittapyörällä ja siihen liitettyä pulssianturilla. Mittapyörä painetaan puun runkoa vasten jousella tai hydraulisesti ja mitataan sen kierroksia pulssianturilla. Kun mittapyörän ympärysmitta ja pulssivastineiden välinen kulma tiedetään, voidaan helposti laskea pulssien välissä kuljettu matka. Kuviossa 1 on havainnollistettu puun pituuden mittauslaitetta. (Sipi 2009)



KUVIO 1. Puun pituuden mittauslaite (Ponsse Oyj, 2009)

Rungon läpimitan mittaaminen perustuu yhden tai kahden karsintaterän tai syöttörullien asennon mittaamiseen. Asento mitataan usein potentiometrillä johon syötetään vakiojännitettä. Jännitearvoa mittaava tietokone muuntaa jännitteen syöttörullan asentokulmaksi, jolloin rullien välisistä mitoista voidaan laskea rungon läpimitta. Läpimitan mittaaminen syöttörullilta on esitetty kuviossa 2. (Sipi 2009)



KUVIO 2. Rungon läpimitan mittaaminen (Ponsse Oyj, 2009)

3.3 Mittauksen tarkastus

Hakkuukoneen mittauksen tarkastamisen hoitaa joko hakkuukoneenkuljettaja itse (omaseuranta) tai ulkopuolinen taho (esim. puunostaja). Tarkastusmittaus suoritetaan sähköisillä mittasaksilla. Mittasaksilla tehtyjen mittausten tuloksia vertaillaan hakkuukoneen antamiin ja kalibroidaan tarvittaessa. Kuviossa 3 on esitetty sähköiset mittasakset. (Sipi 2009)



KUVIO 3. Sähköiset mittasakset tarkastusmittaukseen (Uittokalusto Oy 2011)

Perusmittauksessa eli pituuden ja läpimitan mittauksessa metsäkoneen kuljettaja hakkaa yhden tai useamman rungon, joiden hakkuukoneella mitatut arvot saadaan siirrettyä mittasaksille. Tämän jälkeen kuljettaja käy mittaamassa rungon mittasaksilla, jolloin rungon todelliset mitat tallentuvat mittasaksille. Mittasaksilla mitatut arvot siirretään koneen tietojärjestelmään ja verrataan hakkuukoneen mittaamiin arvoihin. Näiden arvojen perusteella tietokone tekee itsenäisesti ehdotukset kalibroinnista. Kuljettaja tekee kuitenkin lopullisen päätöksen kalibroinnista ja voi halutessaan myös syöttää muutokset käsin. (Sipi 2009)

Tilavuuden mittauksessa hakkuukoneenkuljettaja on hakannut pienehkön (10-20 pölkyä) puutavaraerän, joiden pölkyt hän on mitannut mittasaksia apuna käyttäen. Erän mittatiedot on ensin siirretty mittasaksille. Mittasaksilta saadut tarkastusmittaukset taas siirretään mittalaitteelle, joka itsenäisesti tekee ehdotukset kalibroinnista. (Sipi 2009)

Pölkkyjen tilavuus määritetään tarkastusmittauksessa 1 m pätkissä lieriön kaavalla. Tästä johtuen pölkyt mitataan ritsimittauksena 1 mm tarkkuudella 1 m välein. Poikkeuksena tähän on tyvipölky, jonka ensimmäinen mittauskohta on 1,3 m tyvestä. Tästä eteenpäin tyvipölkyn mittauskohdat ovat 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m ja viimeisen pölkynosan puoliväli. Muilla kuin tyvipölkyillä läpimitan mittauskohdat ovat 0,5 m, 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m ja viimeisen pölkynosan puoliväli. (Sipi 2009)

4 VALMISTUSYSTÄVÄLLISEN SUUNNITTELUN TEORIAA

Valmistettavuus on tärkeä ottaa huomioon suunniteltaessa tuotetta. Tällöin voidaan huomattavasti vaikuttaa valmistuskustannuksiin. Tästä syystä tuotannosta täytyisi olla aina takaisinkytkentä suunnitteluun, jolloin ongelmakohtiin pystyttäisiin tarttumaan ja korjaamaan ne välittömästi. Tässä osiossa käydään läpi asioita, joita tulee huomioida suunniteltaessa tuotetta. Käsiteltävät asiat ovat ohutlevyt, koneistus ja hitsaaminen, koska nämä asiat koskettivat eniten opinnäytetyöni suoritusta.

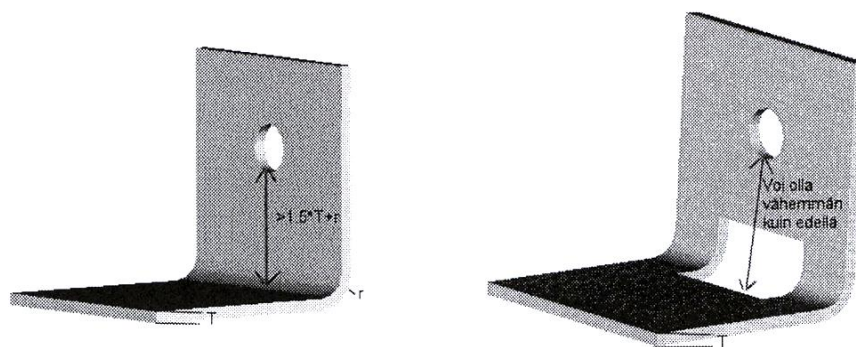
4.1 Ohutlevyosien mitoitusperiaatteita

Ohutlevyosaa suunniteltaessa on hyvä ottaa alusta asti huomioon se, miten hukkamateriaali saadaan minimoitua sijoiteltaessa sitä levyaihiolle. Usein myös eri osien sijoittaminen samalle levyaihiolle on kannattavaa, jotta hukkapalat saadaan minimoitua. Levyosien ulkonemat ja riparakenteet vaikeuttavat osien optimaalista sijoittelua levyille, joten niitä tulee mahdollisuuksien mukaan joko lyhentää, tai poistaa kokonaan. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Ohutlevyjen taivutuksessa täytyy muistaa, että terävät taivutetut kulmat tuovat valmistusteknisiä ongelmia. Tähän on olemassa kolme hyvää nyrkkisääntöä: (Lempiäinen & Savolainen 2003)

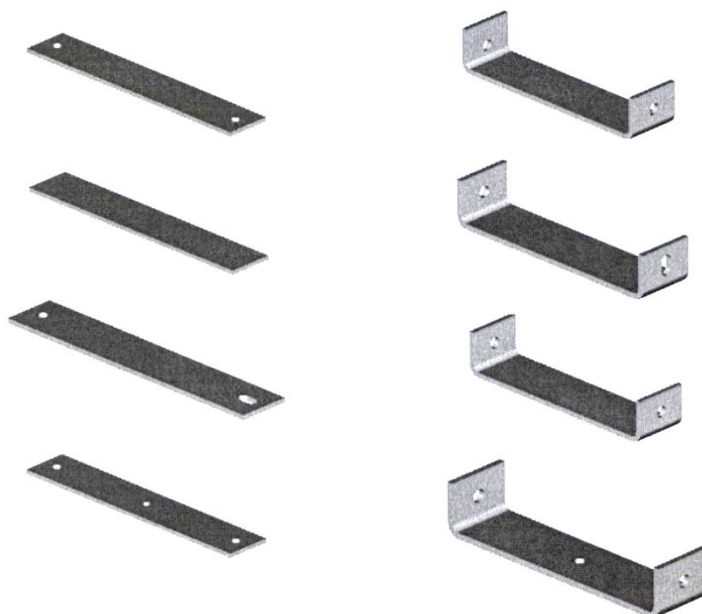
- Terävin taivutettava kulma ei saa olla pienempi kuin $R=0,8$ mm
- Taivutussäde ei saa olla pienempi kuin puolet levyn paksuudesta
- Aukon reuna ei saa olla lähempänä kuin $1,5x$ levyn paksuus.

Ohutlevyjen taivutuskohdat ovat usein kriittisiä kohtia, jos niiden läheisyyteen tehdään leikkauksia tai reikiä. Jos reikä joudutaan kuitenkin tekemään lähelle taivutuskohdtaa, voidaan taivutukseen leikata aukko reiän kohdalle. Kuviossa 4 on havainnoitu aukon käyttöä taivutuksessa, jonka läheisyydessä on reikä. (Lempiäinen & Savolainen 2003)



KUVIO 4. Aukon käyttö taivutuksessa jonka läheisyydessä on reikä (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Reikien kohdistaminen taivutettavissa ohutlevyissä on usein ongelmallista. Reikien leikkaus saadaan usein vaadittaviin tarkkuuksiin, mutta taivutuksen jälkeen reiät eivät välttämättä ole kohdakkain. Tämä voidaan kiertää tekemällä reiät vasta taivutuksen jälkeen, jolloin reiät saadaan keskitettyä toisiinsa nähden. Tämä kuitenkin vaatii koneistusta ja tuottaa usein lisäkustannuksia. Toinen rei'istä voidaan myös leikata ylisuureksi, jolloin kohdistaminen tapahtuu kokoonpanossa. Yksi vaihtoehto on parantaa kappaleen taivutuksen tarkkuutta suunnittelemalla siihen ohjausreikä tai muu vastaava. Tämä ei useinkaan vaikuta valmistuskustannuksiin, mutta helpottaa taivutusta. Kuviossa 5 on havainnoitu edellä mainittuja menetelmiä. (Lempiäinen & Savolainen 2003)



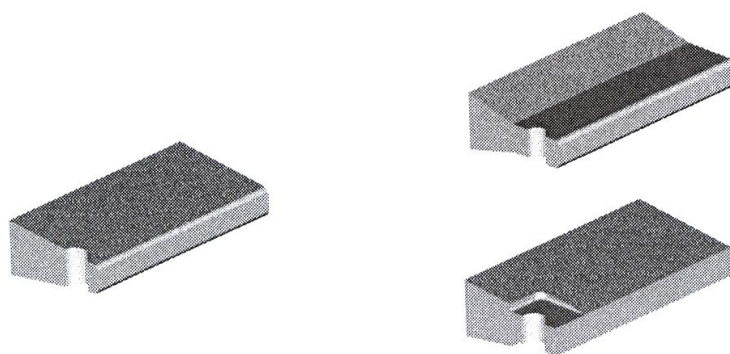
KUVIO 5. Reikien kohdistusta helpottavia menetelmiä (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Kierteen tekeminen ohutlevyyn on usein ongelmallista, koska materiaalia ei usein ole riittävästi kierrettä varten. Tähän vaikuttaa kierteen halkaisija joka saa olla maksimillaan teräksellä 2x levyn paksuus ja alumiinilla, kuparilla ja sinkillä 1,5x levynpaksuus. Reikää lävistettäessä taas reiän halkaisija saa olla minimissään pienempi kuin levyn paksuus, jotta työkalu kestäisi lävistämisen. Tämä pätee myös laseriin, koska aloitusreikää tehtäessä ainetta roiskuu sen verran että pienempää reikää ei ole mahdollista leikata. Reiän paikkaa mitoitettaessa on huomioitava että sen etäisyys levyn reunasta tulee olla vähintään 2x reiän halkaisijan. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

4.2 Poraaminen

Koneissa tyypillisiä koneistettavia osia ovat reiät, jotka usein ovat ruuvikiinnitystä varten. Reikiä suunniteltaessa tulee kuitenkin huomioida seuraavat asiat.

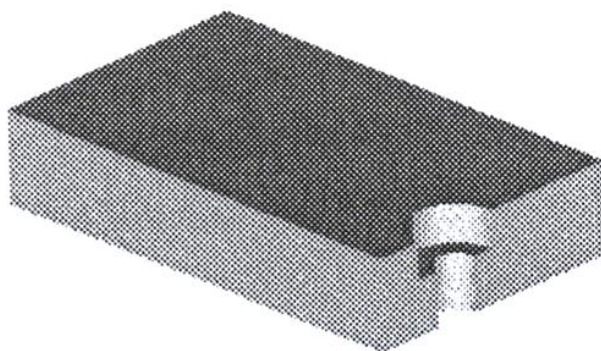
Poraus tulisi tehdä aina kohtisuoraan osan pintaa vasten. Tämä aiheuttaa usein kaltevissa pinnoissa toimenpiteitä reiälle, etenkin jos kappaleelle tehdään päästö. Pinta voidaan joutua esimerkiksi koneistamaan ensin kohtisuoraksi suhteessa reikään, ja tämän jälkeen vasta porata. Reiän keksipiste tulee myös olla aina materiaalissa, eikä avointa osiota reiässä suositella muutenkaan. Tämä heikentää aina reiän suoruutta. Porauksen kohtisuoruuden vaikutuksia suunnittelussa on havainnoitu kuviossa 6. (Lempiäinen & Savolainen 2003)



KUVIO 6. Porauksen kohtisuoruusvaatimuksen vaikutuksia suunnitteluun (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Reikien pituutta mietittäessä on hyvä muistaa että läpimenevät reiät ovat aina valmistuksen kannalta parempia kuin sokeat reiät. Läpimenevät reiät ovat lähes aina helpompi porata ja erityisesti työstötarvetta vaativat (kierteitys, hoonaus tai pintakäsittely) reiät on suositeltavaa tehdä läpimentäviksi. Jos läpimenevän reiän tekeminen ei kuitenkaan ole mahdollista, on hyvä päättää reikä poranterän mukaiseen kartioon. Reiän päättäminen tasaiseen pohjaan tuottaa usein ongelmia ja kuluja valmistuksessa. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Valittaessa läpimenevää reikää tai sokeaa reikää, on hyvä muistaa myös pitkän reiän valmistamisen ongelmat. Näitä ovat esimerkiksi lastujen poisto, toleranssi- virheet ja terän vaurioituminen. Jos reikää ei voida kuitenkaan suoraan lyhentää, voidaan se porrastaa. Käytännössä tämä tapahtuu poraamalla ensin upotus varsinaista reikää suuremmalla poralla. Porrastus on esitetty kuviossa 7. (Lempiäinen & Savolainen 2003)



KUVIO 7. Porauksen porrastus (Lempiäinen & Savolainen 2003)

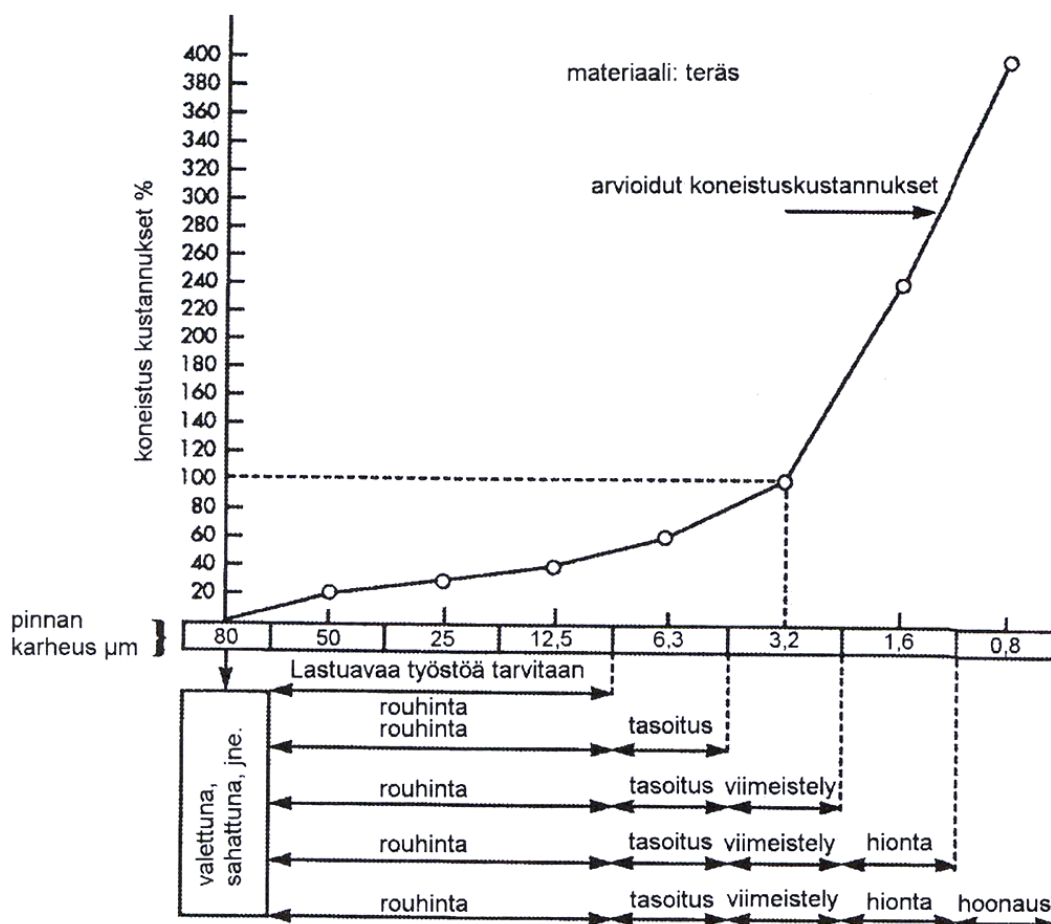
Valukappaleita porattaessa on suurien reikien esireiät oltava valmiina. Tämä säästää aikaa, poranterää ja mahdollisesti porakonetta koneistuksessa, ja näiden kautta laskee tuotteen kustannuksia. Valumallia suunniteltaessa esireikien suunnittelu tai valaminen ei kuitenkaan usein tuota huomattavia lisäkustannuksia. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Porattaessa useita reikiä kappaleeseen on hyvä huomioida reikien mitoitus ja halkaisijat. Käytettäessä samankokoisia reikiä niiden työstö helpottuu ja nopeutuu kun terää ei tarvitse vaihtaa. Reikien mitoituksessa on hyvä suosia yhdestä koneistetusta pinnasta lähteviä suorakulmaisia mitoituksia. Tämä helpottaa numeeristen työstökoneiden ohjelmointia ja helpottaa mahdollista kiinnitinsuunnittelua. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

Jos porattavien reikien määrä on todella suuri, voidaan käyttää useampipäisiä porausyksiköitä. Tällöin tulee huomioida porausyksikön istukoiden välisen minimietäisyys. Nyrkkisääntönä voidaan pitää että max. 6 mm halkaisijalle tarvitaan vähintään 19 mm etäisyys toisesta reiästä. (Lempiäinen & Savolainen 2003)

4.3 Koneistuksen vaikutus konstruktion

Koneistuksen etuja ovat hyvä pinnan laatu ja tarkat mitta- ja muototoleranssit. Mutta myös koneistuksessa tulee vääristymiä rakenteeseen mm. työstövoimista, lämpövaihteluista ja –laajenemisista. Tämän lisäksi koneistus on usein kalliimpi ratkaisu materiaalin muovaamiseksi kuin esim. valaminen tai ohutlevystä leikkaaminen. Tästä syystä koneistusta tulisi välttää mikäli mahdollista. Jos kappale kuitenkin vaatii koneistusta, on syytä määritellä juuri riittävä pinnan karheus, jotta välttyttäisiin turhilta työvaiheilta kuten koneistuksen jälkeiseltä hoonaukselta tai hionnalta. Kuviossa 8 on esitetty suhteellisia työstökustannuksia suhteessa pinnankarheuteen. (Lempiäinen & Savolainen 2003)



KUVIO 8. Suhteelliset työstökustannukset suhteessa pinnankarheuteen (Lempiäinen & Savolainen 2003)

4.4 Hitsauksen huomiointi suunnittelussa

Rakenteiden hitsaus on paljon käytetty liitosmenetelmä koneenrakennuksessa. Sen etuna muihin liitosmenetelmiin on usein sen edullisuus, kestävä liitos sekä kevyt ja yksinkertainen rakenne. Liitokset on myös helppo toteuttaa robotein, jolloin edullisuus korostuu entistä enemmän. Huonoina puolina voidaan pitää esim. hitsatun rakenteen toleranssien heikkoutta, liitosten huonoa purettavuutta ja sitä, että hitsattavien materiaalien täytyy usein olla samat. (Keinänen & Kärkkäinen 1999)

Hitsauksessa ei välttämättä päästä haluttuihin toleransseihin, vaan usein tarkkuutta vaativat pinnat joudutaan koneistamaan hitsauksen jälkeen. Koneistettavan kappaleen rakenteen monimuotoisuus voi usein olla ongelma jälkeensä koneistamiselle. Näissä tapauksissa koneistus joudutaan tekemään liitettäviin kappaleisiin ennen hitsausta, jolloin hitsaustoleranssit on määriteltävä vaativammiksi. Tämä nostaa tuotteen hintaa. (Keinänen & Kärkkäinen 1999)

5 TYÖN SUORITUS

Työ suoritettiin projektiluonteisesti seuraavien päävaiheiden mukaisesti:

- Vaatimusten määrittely
- Ideointi ja vaihtoehtojen kokonaisuuksien luominen
- Vaihtoehtojen vertailu ja valitseminen
- Idean hyväksyttäminen
- Suunnittelu ja kuvien piirtäminen Catialla

5.1 Vaatimuksia

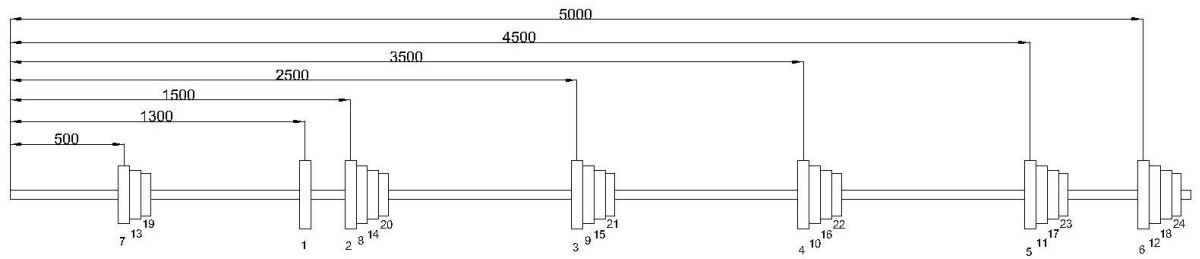
Työn tilaaja Manne Viljamaa asetti tuotteelle tietyt vaatimukset ja toiveet, joita suunnittelussa pyrittiin toteuttamaan. Vaatimuksien toteuttaminen oli ehto työn onnistumiselle ja toive toteutettiin, jos se ei merkittävästi heikentänyt mitään muuta osiota, tuottanut huomattavia kustannuksia tai ollut valmistuksellisesti liian haastava.

Tuotteen suunnittelussa täytyi ottaa alusta asti huomioon helppo valmistettavuus, jotta valmistukseen ei tarvitsisi erikoistyövälineitä. Esimerkiksi pellin laserleikkaus ei ollut mahdollista. Myös materiaalien saatavuus ja hinta oli yksi huomioitava asia koko suunnitteluprosessin ajan. Näin pienellä ja yksittäisellä tuotteella materiaalien minimiäuserät tukkukauppiaalta ovat usein suurempia kuin materiaalin menekki. Tästä johtuen suunniteltaessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon samaa profiilia ja levyvahvuutta. Materiaalihankinnat tehtiin Tibnorilta ja Rautasoinilta. Tibnorin minimimita tangoissa vaihteli 3 metristä 9 metriin ja minimi laskutushinta oli 200 euroa. Rautasoinilta oli mahdollista ostaa valmiiksi katkaistua tankoa, mutta valikoima on huomattavasti pienempi kuin Tibnorilla.

Päävaatimukset tuotteelle olivat seuraavat:

- 24 kehämäistä mittauskohdtaa, joiden halkaisijat muuttuvat tasavälein 300 millimetristä 60 millimetriin.
- Kehien säätäminen täytyy olla mahdollista suuremmassa päässä ± 20 millimetriä ja pienemmässä päässä ± 2 millimetriä.
- Todellisen mittauksen simuloimiseksi mitattavan pituuden täytyi olla kerrallaan 5 metriä.
- Kehien halkaisijan helppo ja nopea säädettävyys.
- Tuotteen helppo kasattavuus ja purkaminen kuljetukseen. Mittauksen takia tuotteen pituuden on siis oltava 5 metriä. Tuotetta on kuitenkin kyettävä kuljettamaan messuille ja muihin tapahtumiin pakettiautossa tai mielellään jopa farmariautossa. Tämän takia tuotteen runko on saatava kasatuksi alle 2 metrin pituisiin osiin. Tässä toiveena oli kuitenkin että kehien liikuttelu olisi mahdollista koko rungon alueella. Tämän takia runkoon ei saisi tulla ylimääräisiä välisosia, jotka estävät kehän liikuttelun. Jalkojen ja kehien tilan tarve oli sen verran pientä, että niiden minimointi oli lähinnä toive ja painoarvoltaan pieni.
- Kehän säätämisen on oltava mahdollista myös epäsymmetriseksi
- Kasatun tuotteen painon ja jäykkyyden oli oltava sellainen, että laitetta pystyy käsittelemään helposti yhden tai vähintään kahden henkilön voimin. Tuote ei myöskään saa kaatua pienistä voimista, jotka voivat aiheutua normaalista mittauksesta.

Näiden vaatimusten perusteella pääpiirteinen hahmotelma tuotteesta oli selvä. Kuviossa 9 on hahmoteltu tuotteen rakennetta, kehien mittausjärjestystä ja päämittoja.



KUVIO 9. Hahmotelma tuotteen rakenteesta, kehien mittausjärjestyksestä ja päämittoja

Koska kehän halkaisijaa oli pystyttävä säätämään epäsymmetriseksi, oli selvää että yksi säätöpiste ei toimi. Koska kehän halkaisija mitataan ristimittana, mittauksessa tulee neljä 90° vaiheessa olevaa kosketuspintaa mittasaksille. Tämän seurauksena oli alustava suunnitelma toteuttaa neljä säätö- ja tukikohtaa. Tästä kuitenkin seuraa se, että haluttaessa suurentaa kehää symmetrisesti, joudutaan säätämään neljästä kohdasta, joka vie aikaa.

5.2 Ideointi

Tuotteen ideointi toteutettiin yhdessä metsätalousinsinööriopiskelijoiden Teemu Lahdensivun ja Henri Turpeisen kanssa. Kokonaisuuden hahmottamisen jälkeen tuote jaettiin eri komponentteihin, joiden mahdollisia toteutuksia tarkasteltiin yksitellen. Kun toteutusvaihtoehtoja saatiin riittävästi kasaan, niistä valittiin mahdollisimman hyviä kokonaisuuksia. Näistä kokonaisuuksista valittiin kaksi parasta ja pisteytettiin niiden ominaisuuksien ja puutteiden mukaisesti. Taulukossa 1 on esitetty ideointivaiheen tuloksia.

TAULUKKO 1. Ideoinnin tuloksia

Selkäranka
Pyöröputki
Putkipalkki
Valmisprofiili
2-osanen
3-osanen
teleskooppi
V-palkki
U-palkki

Mitan kiinnitys
4 kpl tappeja
liikkuva säädettävä tappi (runkoon)
liikkuva säädettävä tappi (jalkaan)
Puukiekko johon mitta kiinni
merkit mittauskohdille

Kehän keskiö
putkiprofiili selkärangan mukaan
2-levyä kiinni toisiina joihin reikä
ulkoprofiili pyöreä
ulkoprofiili 4/8-kulmainen

Keskiön kiristäminen
Ruuvi keskiön läpi
keskiöön olake, johon ruuvi

Päätyjalan kiinnitys runkoon
Kiinteät/irrotettavat
Putkipanta
Aksiaalasuuntainen pultti

Jalat
T-jalka
kolmiojalka
levy johon putki
H-jalka
Pyramidi tangoilla

Keskijalan kiinnitys runkoon
Tiukka sovite johon rungon päissä olevat levyt lasketaan
Putkipanta
Kiinteät/irrotettavat
Vapaat alhaalta tukevat

Kehän tankojen säätö
Sisäkierre tankoon & ruuvi
Vanttiruuvi tangoksi
Tanko kehän läpi
Jouset tangoissa, säätö ympärysmittaa kiristämällä

Kehä
Valssattu pelti
Rumpumainen
Kehäkiristin
Urat peltiin ruuveille
Kumikehä
Lohkomalli

Materiaali
Alumiini
Teräs
Ruostumaton teräs
Puu
Muovi
Näiden yhdistelmä

5.2.1 Vaihtoehtojen yhdistäminen

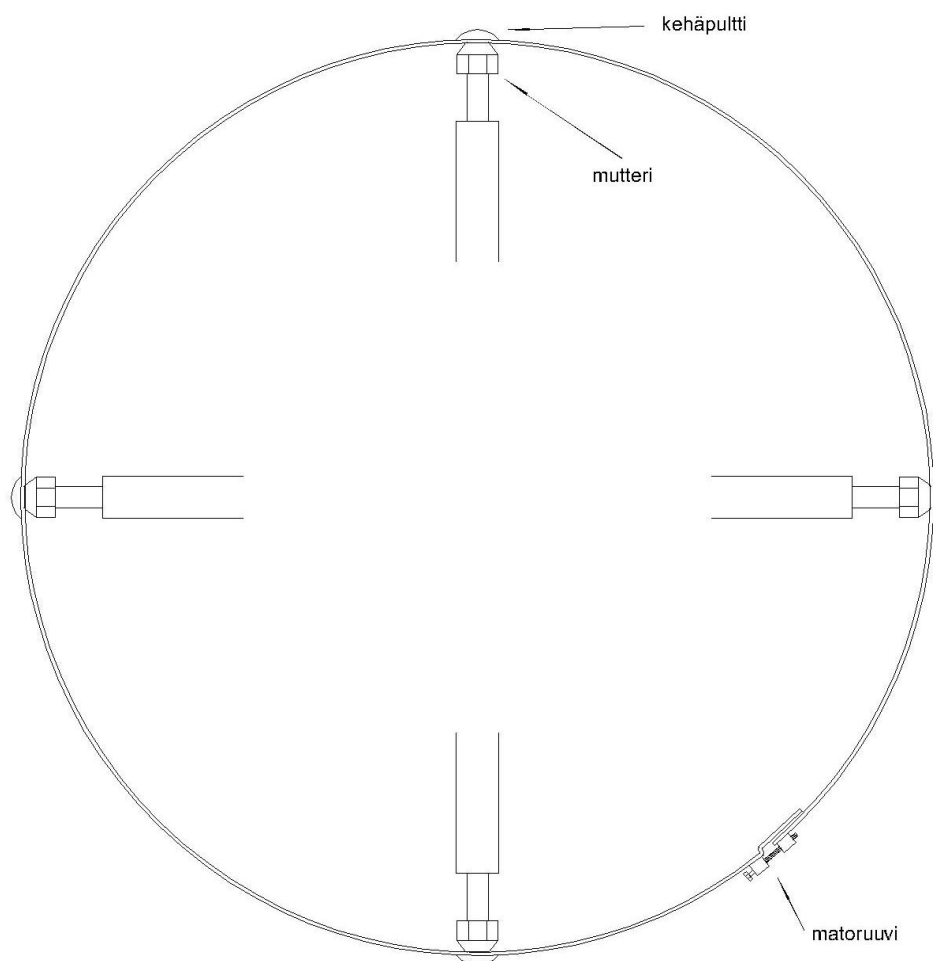
Ideoinnin tuloksista yhdistettiin kaksi vaihtoehtoista rakennetta ja neljä materiaalivaihtoehtoa. Näitä vertailtiin pisteyttämällä vaihtoehdot painotettujen vaatimusten mukaan ja vertailtiin kokonaispisteitä keskenään. Rakenne ja materiaali eroteltiin, koska materiaalin valinta ei vaikuttanut merkittävästi rakenteen suunnitteluun.

Vaihtoehtojen rakenteeksi valittiin lähtökohtaisesti muuten samat mallit mutta kehien säätöjen toteutus olivat poikkeavia. Tämä siksi, että kehän säätö oli suurin tuotekehityksellinen kohde ja muun rakenteen vaikutus tuotteen käytettävyyteen oli melko pieni. Muun rakenteen valinta tehtiin pääosin materiaalien saatavuuden, hinnan ja valmistuksen perusteella. Vaihtoehtoisia kehärakenteita olivat kiristin ja rumpu. Kumpaankin rakenteeseen valittiin 4 kappaletta tukitankoja, koska ristimittauksen suorittamisessa kosketuspintoja mittasaksille on 4. Näiden säätökohdat saatiin juuri mittauskohtiin jolloin tarkkuus paranee.

Muiden kehärakenteiden karsiutuminen johtui pääosin niiden monimutkaisesta rakenteesta, vaikeasta käytöstä tai sopimattomuudesta käyttötarkoitukseen. Näistä syistä niiden kehittämistä ei jatkettu, vaan resurssit käytettiin kahden parhaiten sopivan vaihtoehdon kehittämiseen. Vaihtoehtoiset materiaalit valittiin niin, että niiden työstö ja käyttäytymisen ennustaminen olisi mahdollisimman helppoa. Myös käytettävien työkalujen rajallisuus huomioitiin materiaalivaihtoehtoja valittaessa.

5.2.2 Kiristinvaihtoehto

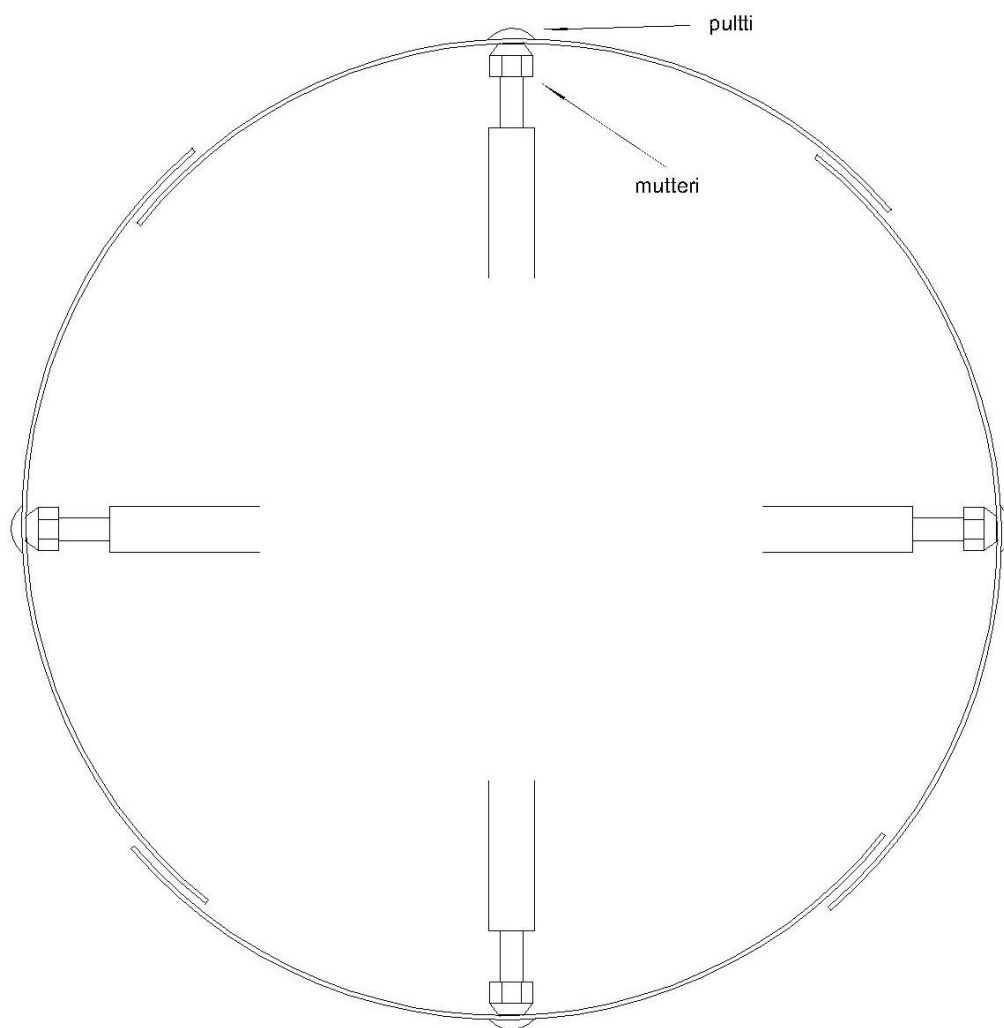
Kiristimen ideana oli tehdä säädettävä kehä yhtenäisestä kehäksi valssatusta pellistä, jonka ympärysmittaa pystytään säätämään liitoskohdasta matoruuvilla. Tämän lisäksi pellissä on 4 ovaalin muotoista reikää 90° välein. Näiden reikien läpi menevää kehäpulttia kiertämällä kehän halkaisijaa on mahdollista säätää joko symmetrisesti tai epäsymmetrisesti. Ongelmana tässä vaihtoehdossa on säädettävyyden hankaluus. Jotta halkaisijaa ja ympärysmittaa voidaan säätää, niiden alla olevat mutterit on ensin avattava. Muttereiden tarkoitus on pitää kehä jäykkänä mittauksen aikana. Muttereiden avaamisen jälkeen kehän ympärysmittaa on säädettävä kehäpultteja kiertämällä ja ympärysmittaa muuttamalla matoruuvilla. Kun haluttu kehän halkaisija on saavutettu, kehäpulttien mutterit on kiristettävä jotta kehä pysyy halutussa muodossa. Kuviossa 10 on havainnollistettu kiristin vaihtoehdon rakennetta.



KUVIO 10. Kiristinvaihtoehdon rakenne

5.2.3 Rumpu vaihtoehto

Rummun ideana oli toteuttaa kehän rakenne neljästä eri pellistä joiden jokaisen säätäminen tapahtuu kiertämällä pellin läpi menevää pulttia. Pellit menevät limittäin tankojen välissä, jolloin kokonaisuudesta muodostuu ympyrä. Tässä ratkaisussa huomattava etu kiristimeen on säädön helppous ja nopeus. Kehäpulttien mutterit voidaan pitää auki, koska kehäpellissä on pyöreä reikä ovaalin sijaan. Myöskään kehän ympärysmittaa ei tarvitse erikseen säätää. Huonoa tässä vaihtoehdossa on kehän jäykkyys ja mitattavuus. Koska kehät liikkuvat vapaasti suhteessa toisiinsa, niiden säteen suuntaista siirtymää ei ole estetty. Tästä syystä mittaus täytyy suorittaa aina tankojen kohdalta. Kuviossa 11. On havainnollistettu rumpuvaihtoehdon rakennetta.



KUVIO 11. Rumpuvaihtoehdon rakenne

5.2.4 Kehävaihtoehtojen pisteyttäminen ja valinta

Näiden kahden vaihtoehdon hyviä ja huonoja puolia tarkasteltiin pisteyttämällä niiden ominaisuudet vaatimusten ja toiveiden mukaisesti. Vaatimuksille annettiin painoarvo 1-3 sen tärkeyden mukaan. Tämän jälkeen vaihtoehdoille annettiin pisteet 1-3 sen mukaan miten hyvin ne täyttävät vaatimukset. Pisteet kerrottiin painoarvolla ja summattiin yhteen, jolloin saatiin vaihtoehdolle kokonaispisteet. Taulukon 1 mukaisesti kiristin sai 42 pistettä ja rumpu 44 pistettä. Tästä syystä rakenteeksi valittiin rumpu. Kuten taulukosta 2 huomataan, rummun suurin etu on sen helppo säädettävyys.

TAULUKKO 2. Painoarvotaulukko kiristimelle ja rummulle

		Kiristin		Rumpu	
Vaatusmus	Painoarvo 1-3	Pisteet 1-3	Painotettu	Pisteet 1-3	Painotettu
Kasaus & kuljetus	2	2	4	2	4
Helppo säädettävyys	3	1	3	3	9
Paino	2	2	4	2	4
Tarkka säätö	2	2	4	2	4
Helppo valmistettavuus	3	3	9	3	9
Hinta	1	2	2	2	2
Mittauksen helppous	3	3	9	2	6
Kehän tukevuus	1	3	3	2	2
Rakenteen tukevuus	1	2	2	2	2
Ulkonäkö	1	2	2	2	2
		YHT.	42	YHT.	44

5.2.5 Materiaalit

Materiaalivaihtoehtoiksi valittiin alumiini, teräs, ruostumaton teräs sekä alumiinin ja teräksen yhdistelmä. Näiden valitsemisen syynä oli että niiden työstöön löytyy usein hyvin työkaluja ja osaamista, sekä niiden saatavuus ja hinta olivat hyvät. Muovin tai puun valitsemiselle ei nähty päteviä syitä.

Alumiinin hyödyt olivat sen keveydessä ja korroosion kestossa. Kuljettamisen kannalta tuotteen keveydellä oli suuri merkitys. Kosteuden ja ulkonäön kanssa taas korroosion kestolla ja hyvällä pinnalla oli merkitystä. Keveydellä taas menetettiin osa tuotteen tukevuudesta. Teollisuudessa alumiinin hitsaus olisi kalliimpaa verrattuna teräkseen, mutta kun työ tehdään oppilastyönä, ei hinnassa ollut eroa.

Teräksen etuja olivat valmistettavuus ja tukevuus. Huonoina puolina teräksellä olivat pinnoituksen tarve ja paino. Pinnoituksen pysyminen runkoputkessa olisi ollut myös heikkoa kehien liikuttamisen takia. Kehien lukitus runkoon pidätinruvilla olisi nopeasti naarmuttanut pinnoituksen.

Ruostumattoman teräksen hyviä puolia olivat tukevuus, valmistettavuus ja pinnoituksen tarpeettomuus, kun taas huonoina puolina kuitenkin sen kallis hinta ja valmiin tuotteen paino.

Alumiinin ja teräksen yhdistelmässä olisi mahdollista yhdistää kummankin materiaalin hyvät puolet esim. toteuttamalla jalat kokonaan teräksestä ja runko sekä kehät alumiinista. Tässä ongelmaksi tulee kuitenkin minimierä materiaalin tilauksessa. Samoja profiileita ei ole mahdollista hyödyntää jaloissa ja rungossa. Tämä vaihtoehto olisi luultavasti parempi jos tuotetta valmistettaisiin enemmän tai materiaalit olisivat saatavissa määrämittäisiksi katkaistuina.

Materiaalit pisteytettiin vaatimusten mukaisesti samalla periaatteella kuin kehien ratkaisut. Vaatimuksille annettiin painoarvot, joilla materiaalien pisteet kerrottiin. Pisteiden summien perusteella materiaaliksi valittiin alumiini. Materiaalien painoarvotaulukko on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Painoarvotaulukko materiaaleille

		Alumiini		Teräs	
Vaatimus	Painoarvo 1-3	Pisteet 1-3	Painotettu	Pisteet 1-3	Painotettu
Valmistettavuus	2	2	4	3	6
Hinta	3	2	6	2	6
Paino	3	3	9	1	3
Tukevuus	2	1	2	2	4
Ulkonäkö	3	2	6	2	6
		YHT.	27	YHT.	25

		Ruostumaton teräs		Alumiini ja teräs	
Vaatimus	Painoarvo 1-3	Pisteet 1-3	Painotettu	Pisteet 1-3	Painotettu
Valmistettavuus	2	2	4	2	4
Hinta	3	1	3	1	3
Paino	3	1	3	2	6
Tukevuus	2	2	4	3	6
Ulkonäkö	3	2	6	2	6
		YHT.	20	YHT.	25

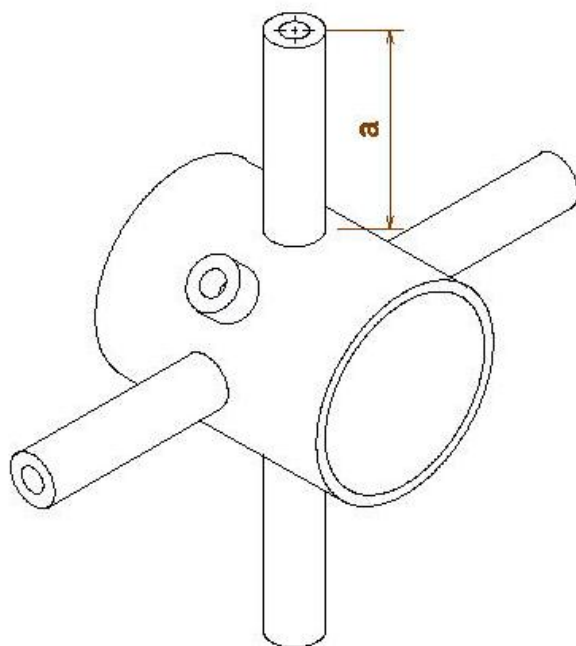
5.3 Suunnittelun suoritus osa-alueittain

Tuote pyrittiin suunnittelemaan osa-alueittain jolloin kokonaisuuden hallinta helpottui. Tästä huolimatta koko suunnittelun ajan tarkasteltiin myös kokonaisuutta, jolloin osien yhteensopivuus taattiin. Osa-alueita olivat kehä, jalat ja mittapuu sekä runko.

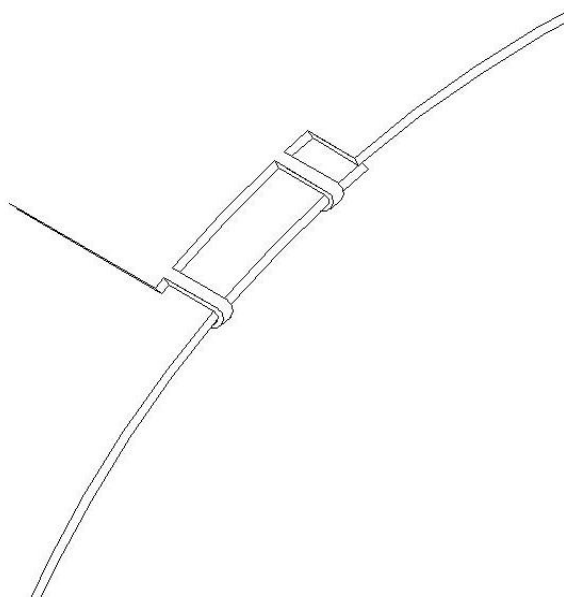
5.3.1 Kehä

Suurin tuotekehityksellinen kohde oli kehän halkaisijan muuttaminen. Kehän säädön pääperiaatteet on esitetty luvussa 6.2.3. Keskiön suunnittelussa otettiin huomioon helppo valmistettavuus ja eri materiaaliprofiilien minimointi. Keskiössä on käytetty 10 mm pyörötankoa ja 40 x 2 mm pyöröputkea. Näiden kokonaismäärä kasvaa kehien lukumäärän takia riittävän suureksi jotta tilaaminen tukkukauppiaalta on mahdollista. Keskiön profiiliksi olivat vaihtoehtoina pyöröputki tai neliöputki. Pyöröputkessa suurin etu oli sen halkaisija suhteessa neliön tai suorakaiteen lävistäjään. Tämän takia kehän suunnittelu pienille halkaisijoille helpottui. Pyöröputkessa oli myös mahdollista pyörittää kehää jolloin kehän halkaisijan säätäminen helpottui huomattavasti.

Kehä koostuu keskiöputkesta johon on hitsattu neljä pyörötankoa. Pyörötankojen päähän on tehty sisäkierteet, joihin kuviossa 11 näkyvät pultit kiertyvät. Nämä mahdollistavat kehän säädön. Mutterin tarkoitus on pitää pelti paikoillaan. Koska mutteri pyörii pultin mukana, on sen kärjen oltava pyöreä ja mahdollisimman pieni halkaisijaltaan jotta kaareva pelti ei estä sen pyörimistä. Tähän soveltuu hyvin metallilukitusmutteri, jonka kartiomainen pää näkyy kuvioissa 10 ja 11. Keskiöputkeen on hitsattu myös lyhyempi sisäkierteellä olevan tanko. Tähän on tarkoitus ruuvata pidätinruuvi, joka lukitsee kehän runkoon kiinni. Keskiön rakenne on esitetty kuviossa 12, jossa mitta a vaihtuu kehän halkaisijan mukaan. Myös kehäpellin rotaatio pyörötangon ympäri on estetty taittamalla kummaltakin puolelta peltiä lukituslevyt alemman pellin alle. Kuviossa 13 havainnollistetaan toisen puolen lukituslevyä. Liitteen 1 viimeisessä työkuvassa 1.7.2 nähdään lukituslevyt levitettynä ja taitettuna.

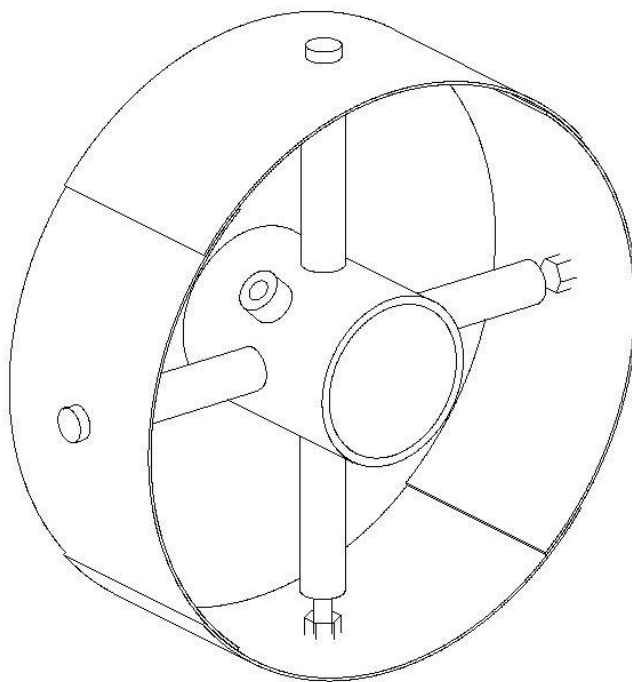


KUVIO 12. Kehän keskiö



KUVIO 13. Pellin rotaation esto

Kehän säädön toteuttaminen kuitenkin tuotti ongelmia pienillä halkaisijoilla, koska pienimmän kehän halkaisija täytyi olla vaatimusten mukaisesti 60 ± 2 millimetriä. Jotta rungosta saisi kuitenkin jäykän ja jännityksistä riittävän alhaiset, sen halkaisijaa ei kuitenkaan voinut laskea kovin pieneksi. Jotta kehät olisivat liikuteltavissa koko rungon matkalla, ei halkaisijaa voinut vaihtaa pienemmäksi loppupäässä. Kehän putken ja rungon pyörötangon profiilit jouduttiin kuitenkin valitsemaan suoraan toimittajan katalogista, koska niiden koneistaminen olisi tuottanut liian paljon työtä. Parhaaksi ratkaisuksi saatiin 40 x 2 mm pyöröputki ja 35 mm pyörötanko. Tällöin kehän pienin halkaisija oli mahdollista vielä toteuttaa rungon taipuman pysyessä vielä kohtuullisena. Kuviossa 14 on esitetty koko kehärakenteen periaatekuva.



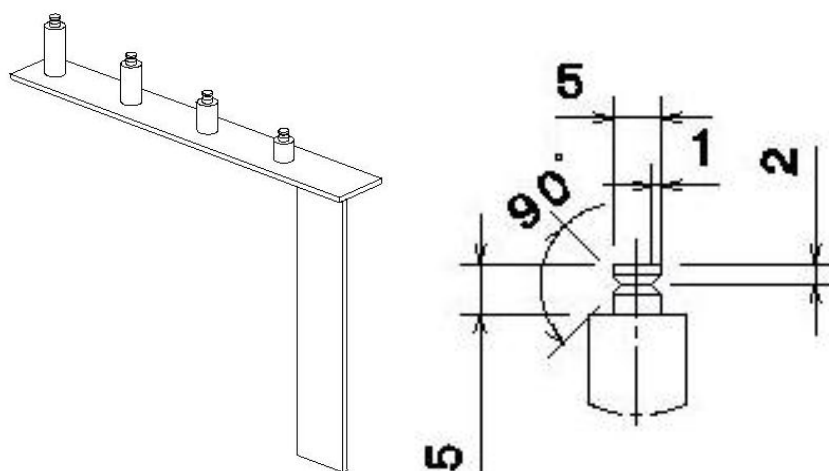
KUVIO 14. Kehärakenteen periaatekuva

5.3.2 Jalat ja mittapuu

Tuotteen jalkojen suunnittelussa otettiin huomioon etenkin helppo valmistettavuus ja käytettävät materiaalit. Päätyjalkojen tehtävänä oli lukita rungon liike pituus- ja vaakasuunnassa. Sen lisäksi tyvijalkaan oli tarkoitus saada mittapuu johon mittanauhan pääns saisi kiinnitettyä niin, että jokaista tukkia mitattaessa etäisyys tyveen olisi sama. Jaloissa käytetyt alumiinit pyrittiin valitsemaan niin, että ne olivat helposti saatavissa ja hitsattavissa.

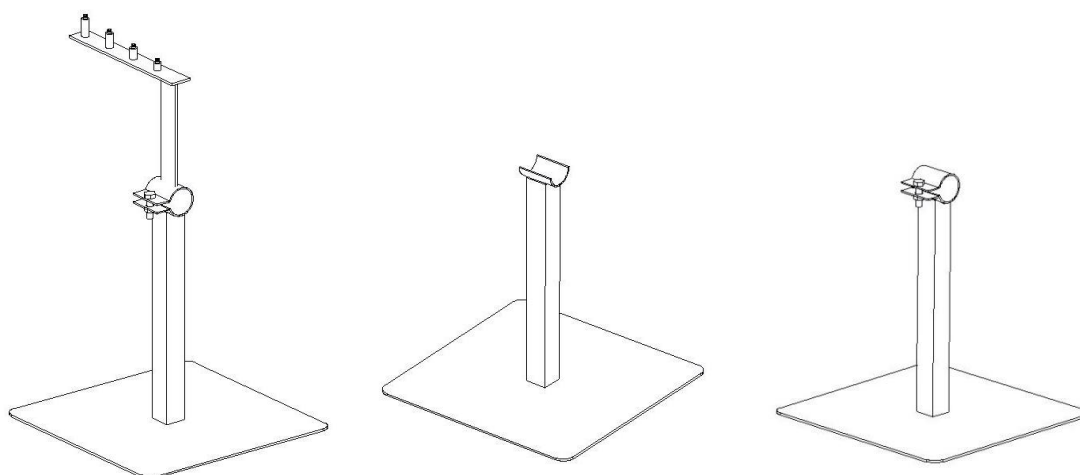
Päätyjalkojen kiinnitys runkoon päätettiin toteuttaa putkipantamaisella toteutuksella. Näin pituussuunnan liike saatiin estettyä ja kiinnittäminen helpoksi. Putkipanta valmistetaan leikkaamalla pyöröputkeen 20 millimetriä leveä rako. Tämän lisäksi siihen hitsataan kaksi 2 millimetrin vahvuista levyä joihin on porattu reikä. Reikään tulevan pultin avulla pyöröputken kehää saadaan puristettua runkoon kiinni.

Mittapuu koostuu pääosin kahdesta 3 mm vahvuisesta levystä, jotka ovat hitsattu yhteen ja kokonaisuutena tyvijalan pannan päälle. Ylemmän levyn päällä on neljä 10 mm pyörötankoa joiden päähän on koneistettu sopiva ura mittanauhan päälle. Näiden pyörötankojen etäisyys toisistaan on 50 mm, joka on siis sama kuin kehien leveys. Mittapuu ja sen tankojen koneistus on esitetty kuviossa 15.



KUVIO 15. Mittapuu ja sen tankojen koneistus

Jalkojen kuljetettavuuteen olisi voitu tehdä muutoksia rakentamalla se monesta eri osasta, mutta tämä olisi aiheuttanut huomattavia ongelmia liitosten kanssa. Suurimman ja helpoimman muutoksen kuljetettavuuden kannalta olisi voinut tehdä neliöputken ja aluslevyn liitokseen. Vaihtoehtona oli hitsata aluslevyyn matala neliöputki, jonka sisämitat olisivat vain hieman suuremmat kuin nykyisessä neliöputkessa. Tällöin nykyinen neliöputki työnnettäisiin aluslevyssä olevan putken sisälle ja saataisiin riittävän tiukka sovite. Tämän toteuttaminen oli kuitenkin hankalaa, koska sopivan kokoista neliöputkea ei ollut saatavilla niin pienissä erissä. Neliöputken sisäpinnan koneistaminen olisi vaatinut selvää lisätyötä ja haastavuutta valmistuksessa. Tyvijalan äärimittojen ollessa 300 x 340 x 520 sen tilantarve ei kuitenkaan ole liian suuri kun laitetta kuljetetaan pakettiautolla. Keski- ja päätyjalkojen äärimitat ovat n. 300 x 300 x 340. Kuviossa 16 on esitetty tyvi-, keski- ja päätyjalat sekä tyvijalan mittapuu.

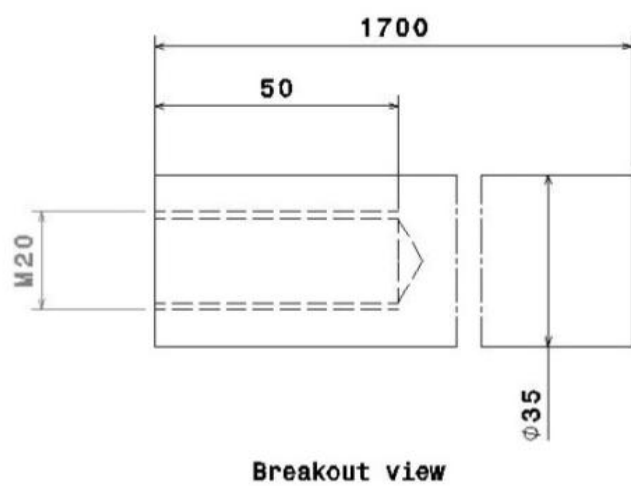
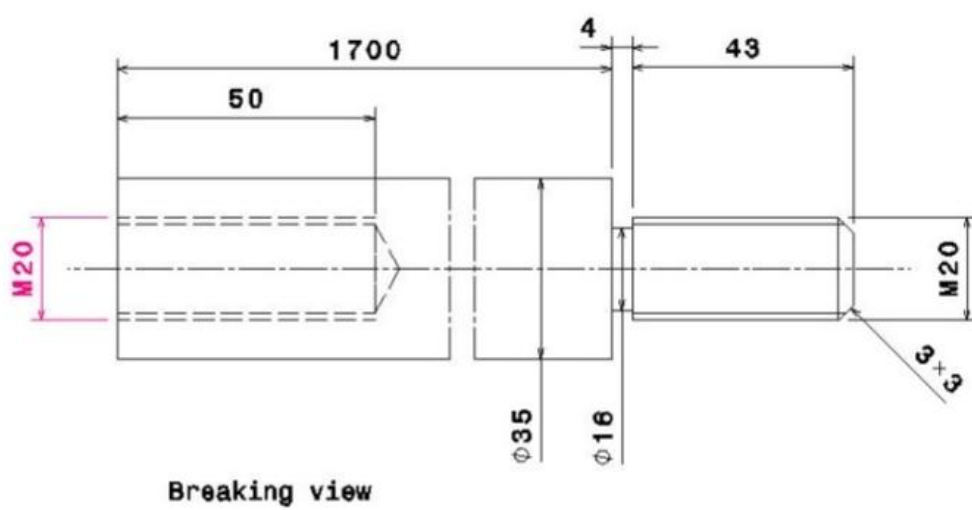
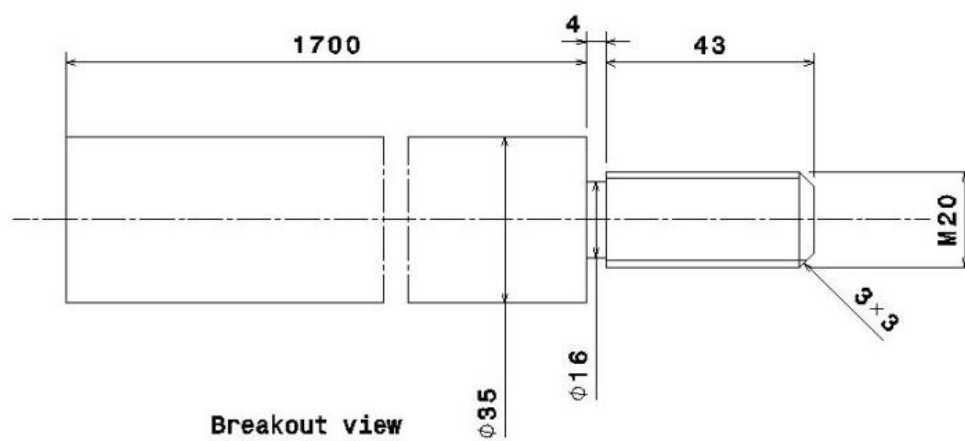


KUVIO 16. Tyvi-, keski- ja päätyjalat sekä tyvijalan mittapuu

5.3.3 Runko

Rungon profiiliksi muodostui kehän keskiöputken mukaan 35 mm pyörötanko. Rungon kuljetettavuus aiheutti sen, että sen pituus täytyi saada alle 2,5 metrin. Tämä toteutettiin jakamalla runko kolmeen yhtä suureen osaan joiden yhteispituudeksi tuli 5,1 metriä. Vaikka vaatimuksissa oli määritelty mittauspituudeksi 5 metriä, sen todellinen mitta täytyi olla vähintään 5,1 metriä. Tämä siksi että päihin tulevat jalat vievät yhteensä 0,1 metriä rungosta.

Kolmen rungon liittämiseen toisiinsa oli kaksi suurpiirteistä vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto oli liittää katkaistut pyörötangot päittäin ja lukita ne kuviossa 16 esitetyllä päätyjalalla. Tällöin runkoa ei tarvitse koneistaa, vaan pelkkä katkaisu riittää. Ongelmana tässä kuitenkin on se, että jalkojen paikkaa ei pystyisi muuttamaan, jolloin joidenkin tukkien simuloiminen voi olla hankalaa. Tämän takia päädyttiin liittämään rungon pyörötangot toisiinsa kierteellä. Tässä haasteena on 1,7 metriä pitkän tangon sorvaus ja kierteittäminen, mutta etuna liikuteltavat keskijalat. Hervannan ammattiopiston koneistuslinja kertoi pystyvänsä koneistamaan 2 metriä pitkiä ja 40 mm halkaisijaltaan olevia tankoja. Tämän takia valittiin kierteellä liitettävät rungon tangot. Kierteeksi valittiin M20, koska tämän kokoinen kierrettyökalu löytyy usein helposti ja sisäkierteelle jää vielä riittävästi ainevahvuutta. Kierteen tyveen koneistetaan pieni rako jolloin kierteen tekeminen loppuun helpottuu ja näin varmistetaan tankojen otsapintojen kosketus koko pinta-alaltaan. Ulkokierteen päässä on 3x3 viiste jolloin kierteen asettaminen vastakappaleeseen helpottuu. Rungon osat ovat esitetty kuviossa 17.



KUVIO 17. Rungon osat

6 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin Catialla tehdyt työkuvat joiden avulla tuotteen valmistus on mahdollista. Työkuvien lisäksi kehän joidenkin osien mitoille tehtiin mittataulukko, koska mitat olivat poikkeavat jokaisessa kehässä. Taulukon takia työkuvia ei tarvinnut tehdä jokaisesta kehästä erikseen. Valmistusta helpottamaan rakenteelle tehtiin myös kuvahierarkiataulukko. Tuotteen valmistusta ei ehditty aloittaa opinnäytetyön aikana, mutta valmistuksen aikataulusta sovittiin Hervannan ammattikoulun kanssa.

Työkuvat, mittataulukko ja kuvahierarkiataulukko ovat liitteenä 1. Kuvat ja taulukot on luovutettu myös sähköisessä muodossa työn tilaajalle Manne Viljamaalle.

Tuotteen materiaaleille ja pienosille tehtiin tilaustaulukko hintoineen. Tibnorin hinnat perustuvat tarjouskyselyyn ja Rautasoinin hinnat heidän kotisivujen hintatietoihin (Rautasoini Oy 2011). Materiaalien tilaukset on esitetty taulukossa 4 ja pienosien tilaukset on esitetty taulukossa 5. Pienosille ei selvitetty hintatietoja, koska niiden vaikutukset kokonaishintaan olivat suhteellisen pienet.

TAULUKKO 4. Tilattavat materiaalit hinta-arvioineen

Materiaalit:	Tuote n:o	kpl	pituu	kokonais-määrä	Toimittaja	Hinta
pyörötanko 35	180362	3	3m	9m	tibnor	182,655
pyörötanko 10	181741	3	3m	9m	tibnor	61,992
Levy 2000x1000x0,7	121990	1	2x1m	2m ²	tibnor	42,558
neliöputki 30x30x2	N/A	1	1m	1m	rautasoini	2,4
Pyöröputki 40x2	N/A	1	1,5m	1,5m	rautasoini	10,05
Lattatanko 30x3	N/A	1	0,7mx0,06m	0,042m ²	hervanta amo.	0
Levy 300x300x3	N/A	3	0,3x0,3m	0,27m ²	hervanta amo.	0
Tibnor kuljetus	N/A	1	N/A	N/A	tibnor	60
					Yhteensä:	359,655

TAULUKKO 5. Tilattavat pienosat

Pienosat:	Tuote n:o	kpl	Toimittaja	Huomiot
M4 Kupukanta ruuvi / ISO 7380	1084-4 x	96	Würth	ERI PITUUKSIA! Ks. pituudet mittataulukosta
M4 Metallilukitusmutteri / DIN 980V	0369-4	96	Würth	
M8 Kuusioruuvi / ISO 4014	1053-8 35	2	Würth	
M8 Kuusiomutteri / DIN 934	0317-8	2	Würth	
M8 Aluslevy / DIN 125	0407-8	4	Würth	

Tuotteen runkotangolle laskettiin sen suurin taipuma ja suurin jännitys tilanteessa jossa keskijalkoja ei ole. Tämä takaa sen, että laitteen nostaminen on mahdollista sen päistä. Rungon materiaali on AA6026-T9 vedetty alumiini jonka myötäraja on 350 MPa (Tibnor Oy 2011). Laskuissa tilannetta yksinkertaistettiin niin, että 24 kpl 210 mm halkaisijaltaan olevaa kehää olisi rungon keskikohdassa. Kuormitus laskettiin kehien ja rungon massasta ja asetettiin voimana F keskelle runkoa. Alumiinin kimmokerroin E ja tiheys ρ , sekä laskuissa käytetyt kaavat on otettu Tekniikan taulukkokirjasta (Tekniikan taulukkokirja 2010). Siirtymä rungon keskikohdassa on n. 76 mm, maksimijännitys n. 90 MPa ja varmuuskerroin jännitykselle 3.9. Laskut liitteessä 2.

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä päästiin kappaleessa kaksi asetettuihin tavoitteisiin hyvin. Tuote saatiin suunniteltua kokonaan ja siitä saatiin tehtyä työkuvat. Tuotteen valmistuksen mahdollisuus Hervannan ammattiopistossa varmistettiin esittämällä lopulliset työkuvat ja käymällä ne läpi yksitellen.

Ongelmaksi osoittautui kehäpeltien leikkaaminen. Tämä johtui siitä, että ammattiopisto saa vesileikkurin vasta vuoden lopussa, eikä muuta sopivaa työstömenetelmää ollut saatavilla. Peltien leikkauksen voi kuitenkin tilata erikseen yritykseltä tai muulta oppilaitokselta, eikä täten estä tuotteen valmistusta. Tuotetta ei myöskään saatu suunniteltua niin, että leikkausta ei olisi tarvinnut, tai sen olisi voinut toteuttaa manuaalisesti.

Tuotteen valmistusta ei ehditty aloittaa tämän opinnäytetyön aikana. Alustavasti sovimme Hervannan ammattioppilaitoksen kanssa tuotteen valmistamisen aloittamisesta syksyn 2011 alussa.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö oli opettavainen ja vaati paljon koulussa opetettuja tietoja ja taitoja. Suurimman osan ajasta vei suunnittelu, mallintaminen ja mittataulukon laskeminen. Suunnittelussa haastavinta oli toteuttaa halkaisijaltaan pienin kehä maksimoiden kuitenkin rungon jäykkyys. Tähän lisähaastetta toi se, että profiilien täytyi olla katalogin mitoilla koska niiden koneistus ei ollut mahdollista. Haastetta lisäsi myös se, että tuotteen vaatima pieni tavaramäärä rajoitti tilattavien tuotteiden valintaa.

Vaikka opinnäytetyö kokonaisuudessaan onnistui hyvin, on tuotteen toimivuutta hankala arvioida etukäteen. Epävarmuutta tuotteen toimivuuden kannalta aiheutti esimerkiksi kehäpeltien vahvuuden toimiminen sekä pienillä että suurilla kehähalkaisijoilla. Toinen epävarmuustekijä oli kehäpeltien rotaation esto. Riittääkö lukituslevyjen keskinäinen välimatka estämään rotaation ja pysymään silti kiinni levyssä. Näiden lukituslevyjen taittamisessa on myös oltava tarkka, jotta levyä ei paina liian tiukasti kiinni. Tämä voisi estää peltien liukumisen.

LÄHTEET

Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Konetekniikan perusteet. Porvoo: 1999

Lempiäinen, J. Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu.
Helsinki: Hakapaino Oy

Rautasoini Oy. Luettu 20.4.2011

<http://rautasoini.fi/>

Sipi, M. 2009. Puuraaka-aineen mittaus. Mittausmenetelmät ja niiden perusteet.
Helsinki: Yliopistopaino

Tibnor Oy. Luettu 20.4.2011

<http://www.tibnor.se/web/Kotisivu.aspx>

Uittokalusto Oy. Luettu 30.05.2011

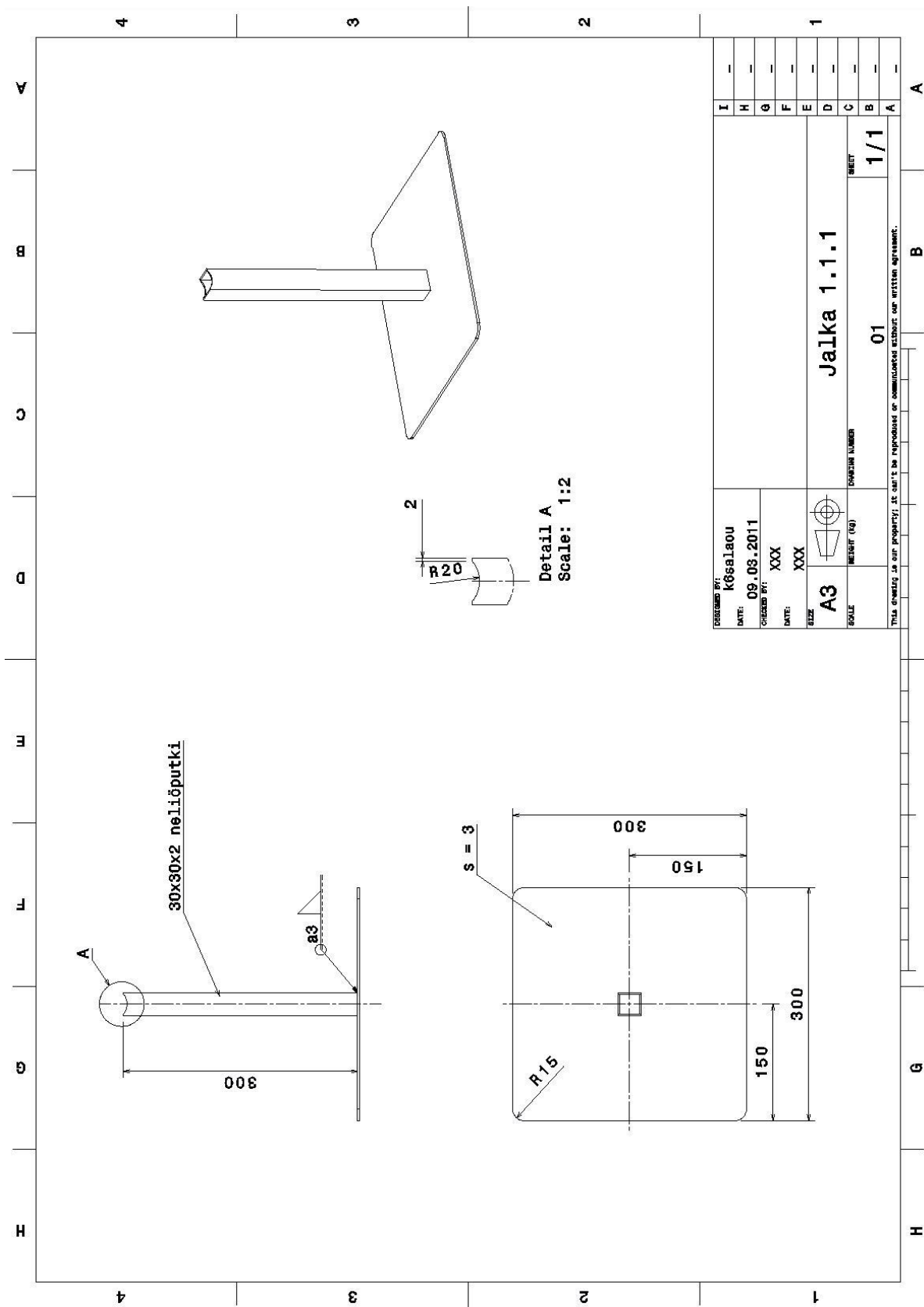
<http://www.uittokalusto.fi/>

Valtanen, E. 2010. Tekniikan taulukkokirja. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy

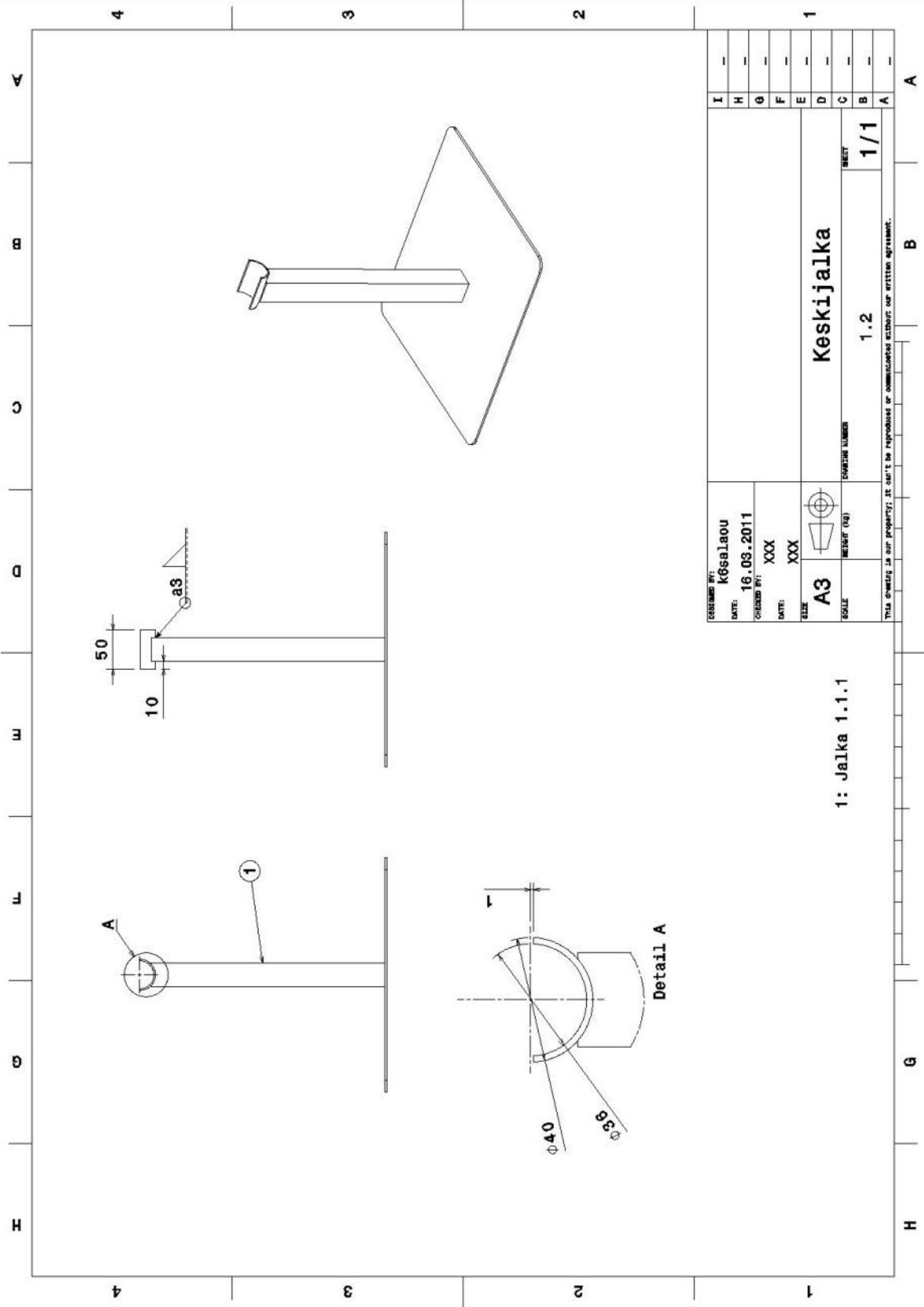
LIITTEET

TYÖKUVAT JA TAULUKOT

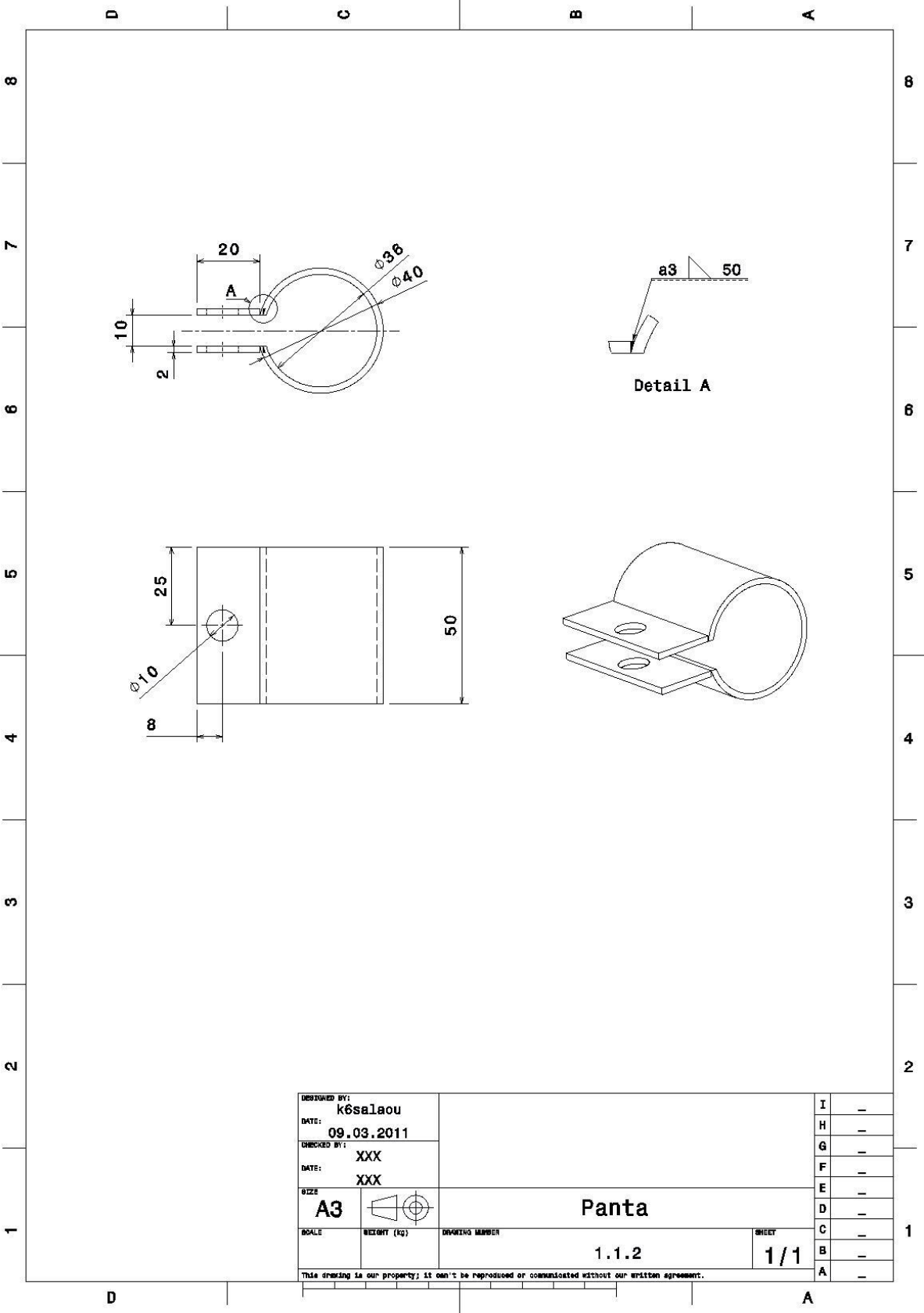
LIITE 1: 1 (14)



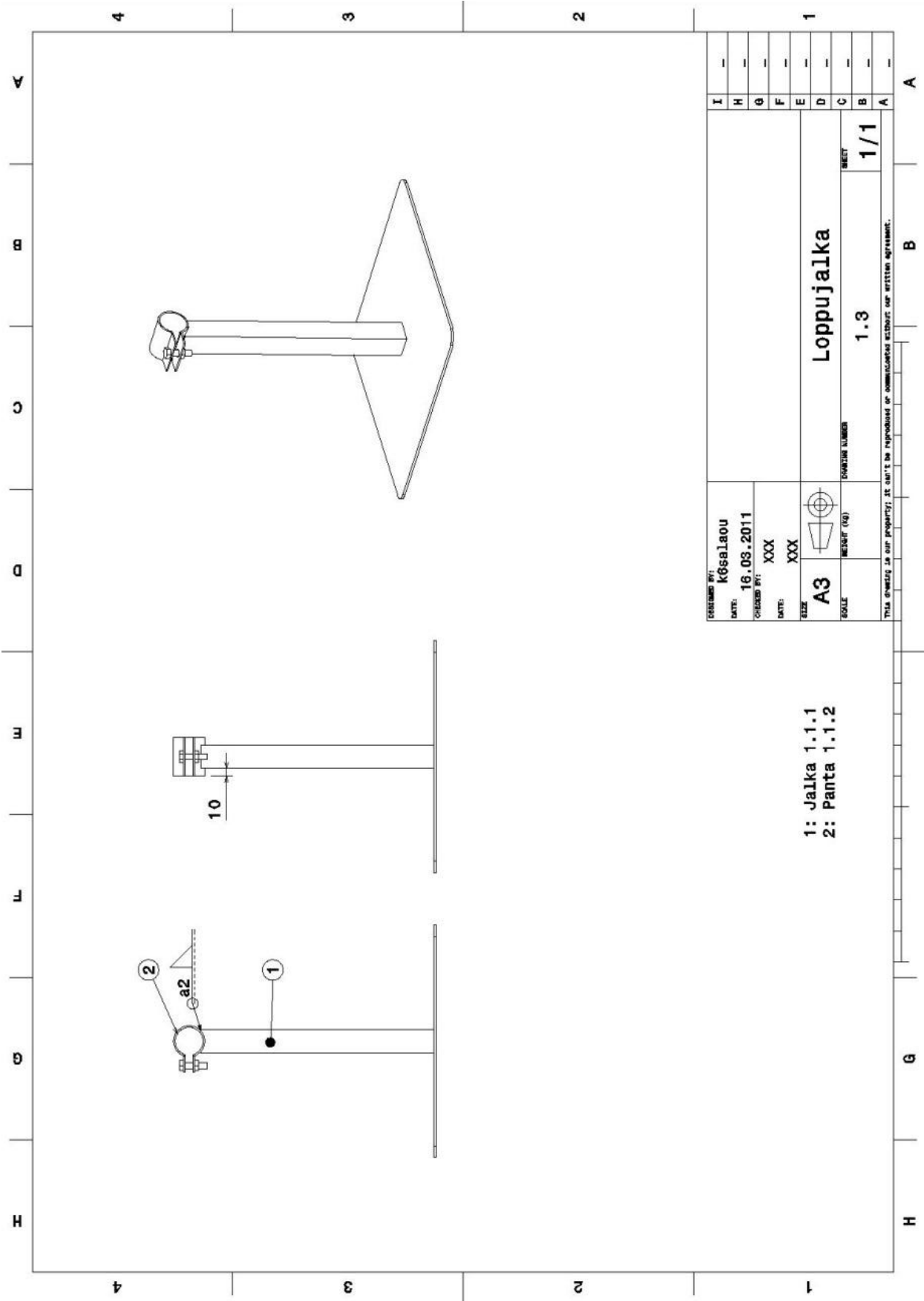
3 (14)



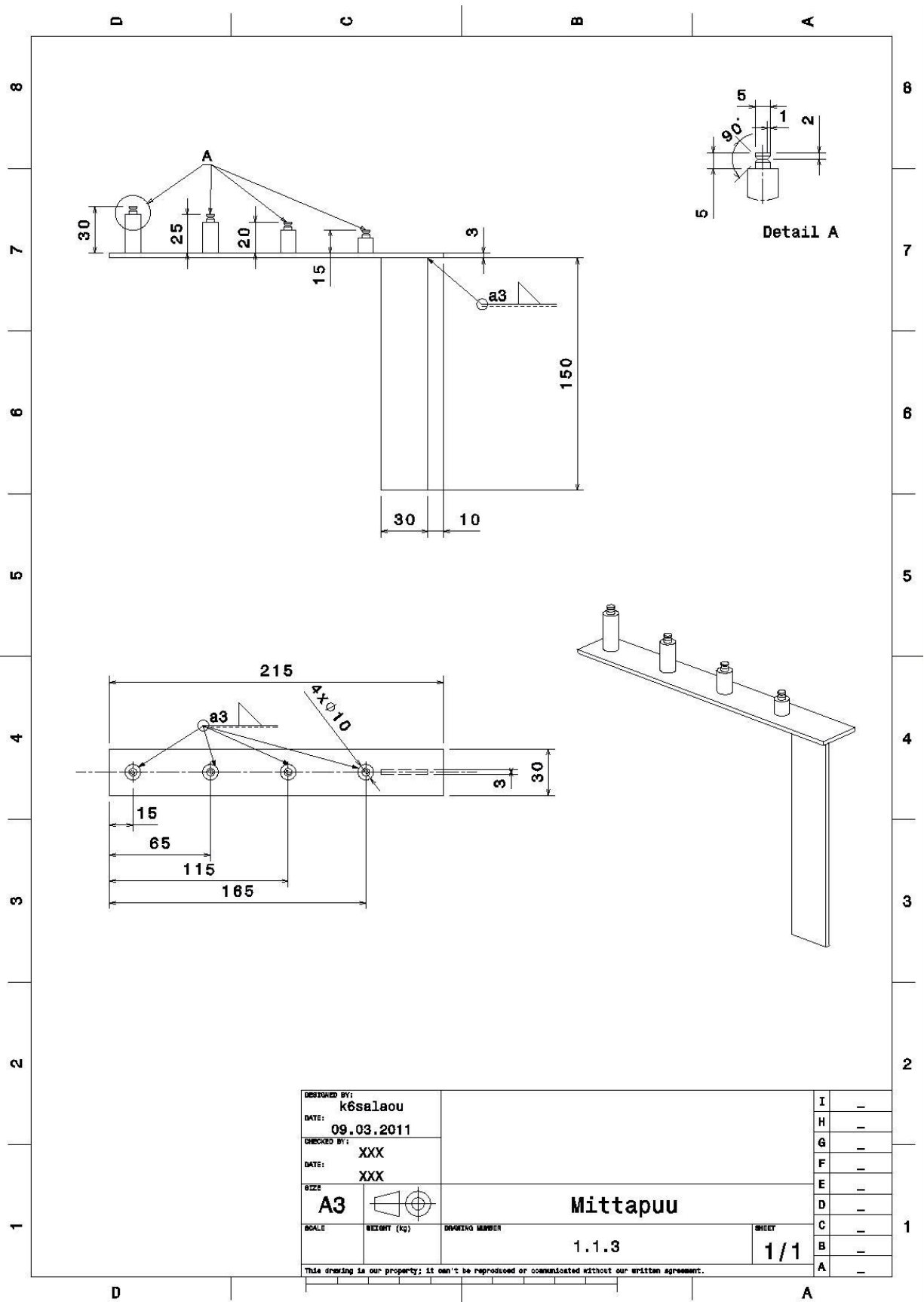
4 (14)



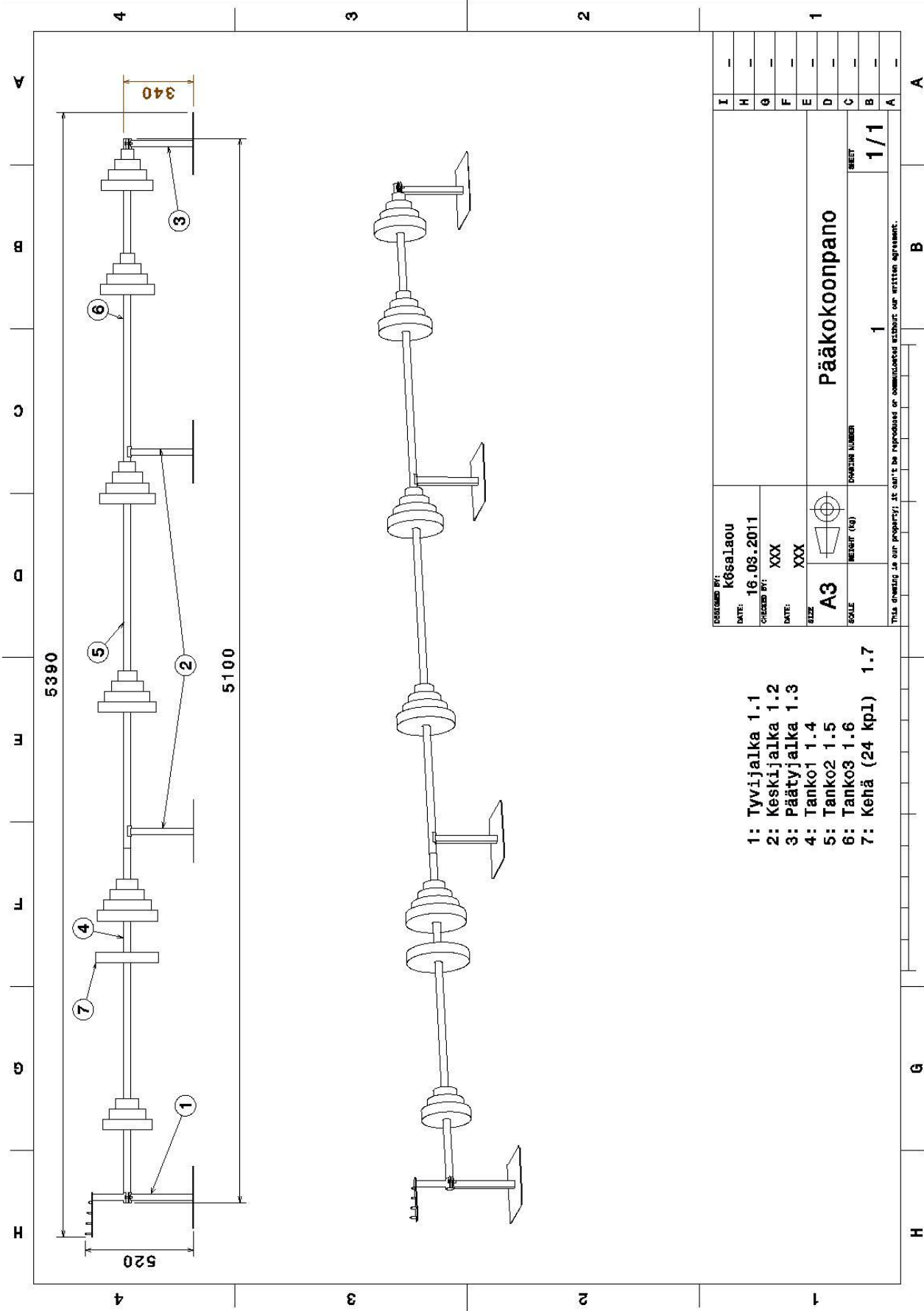
5 (14)

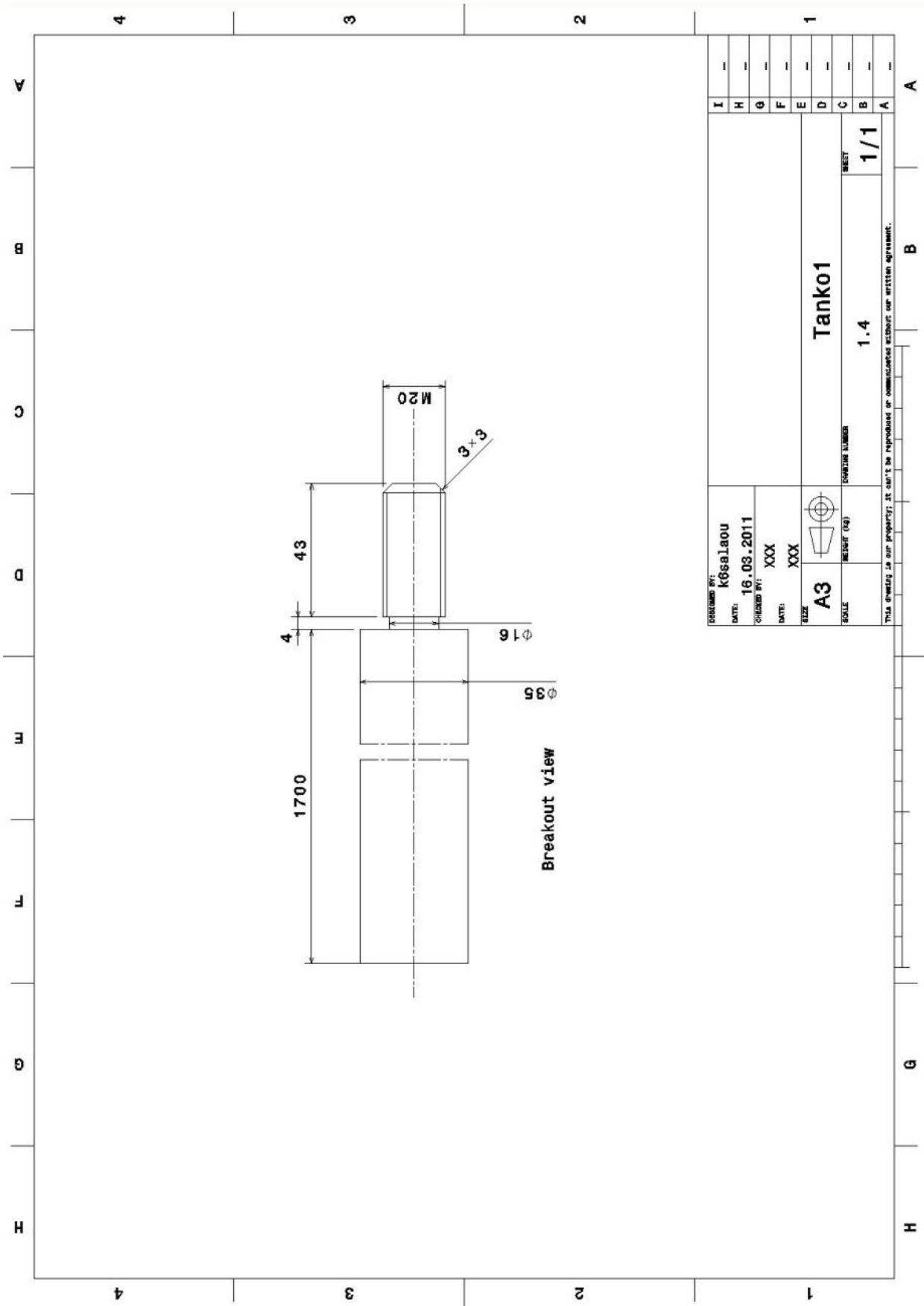


6 (14)

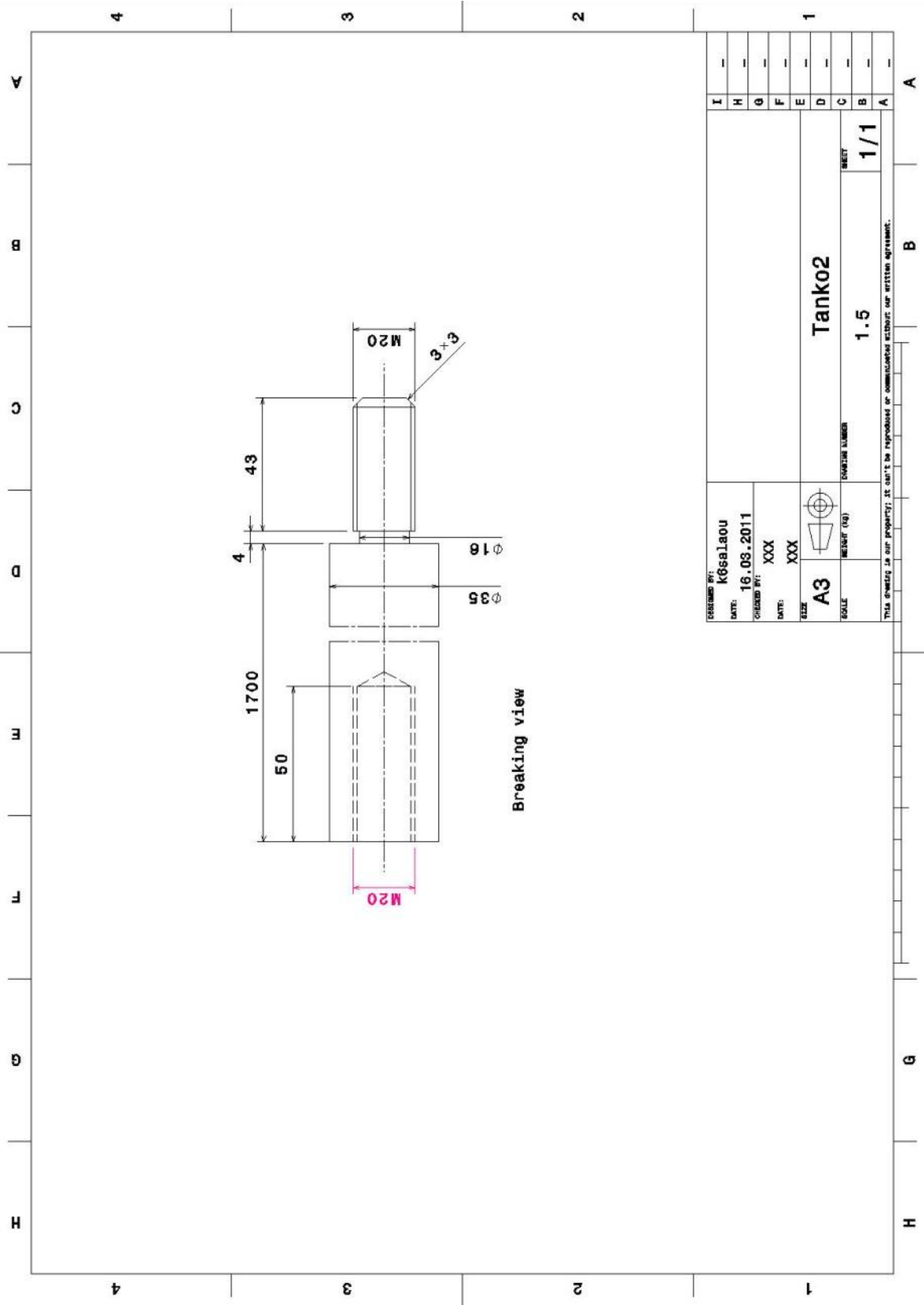


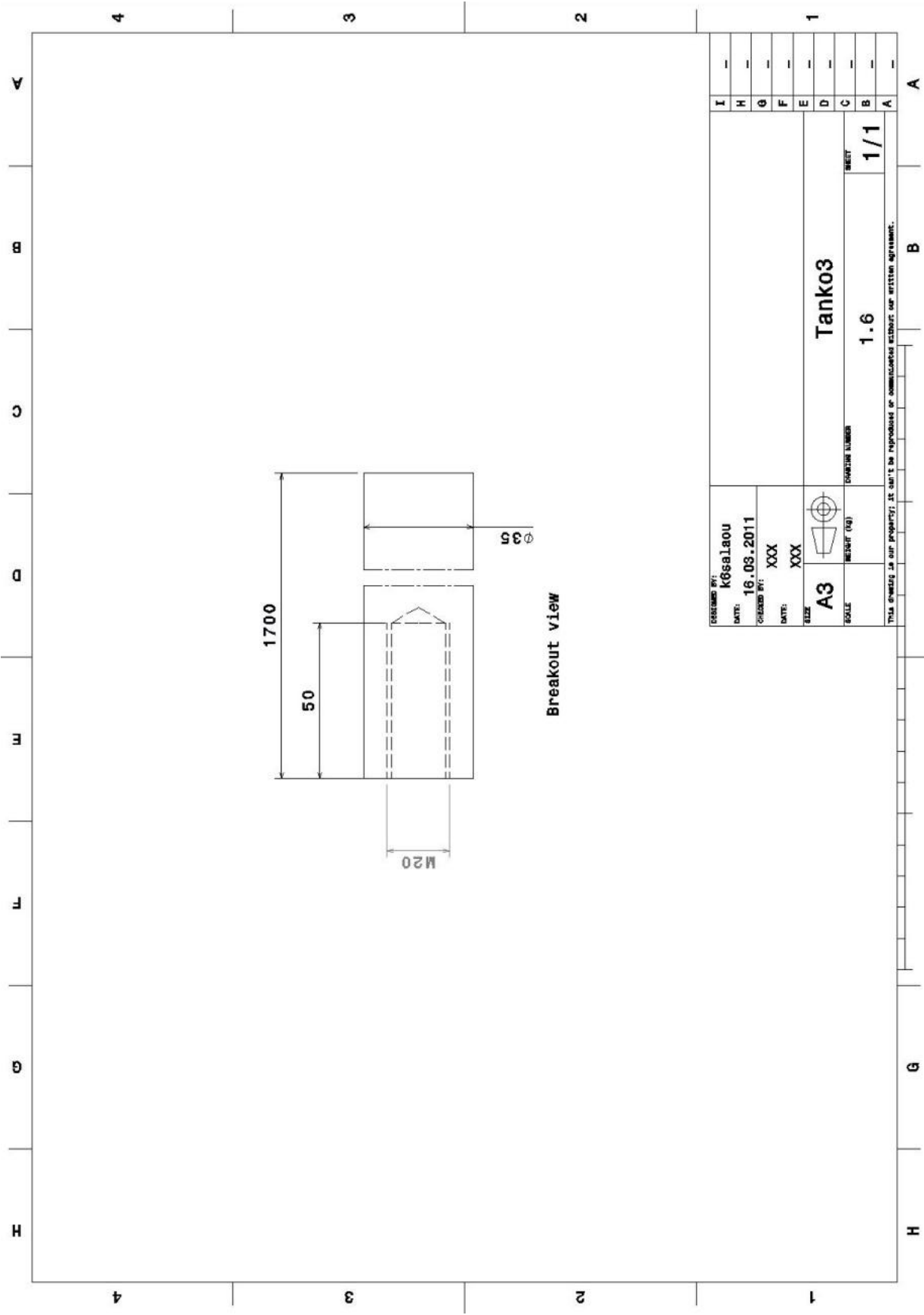
7 (14)



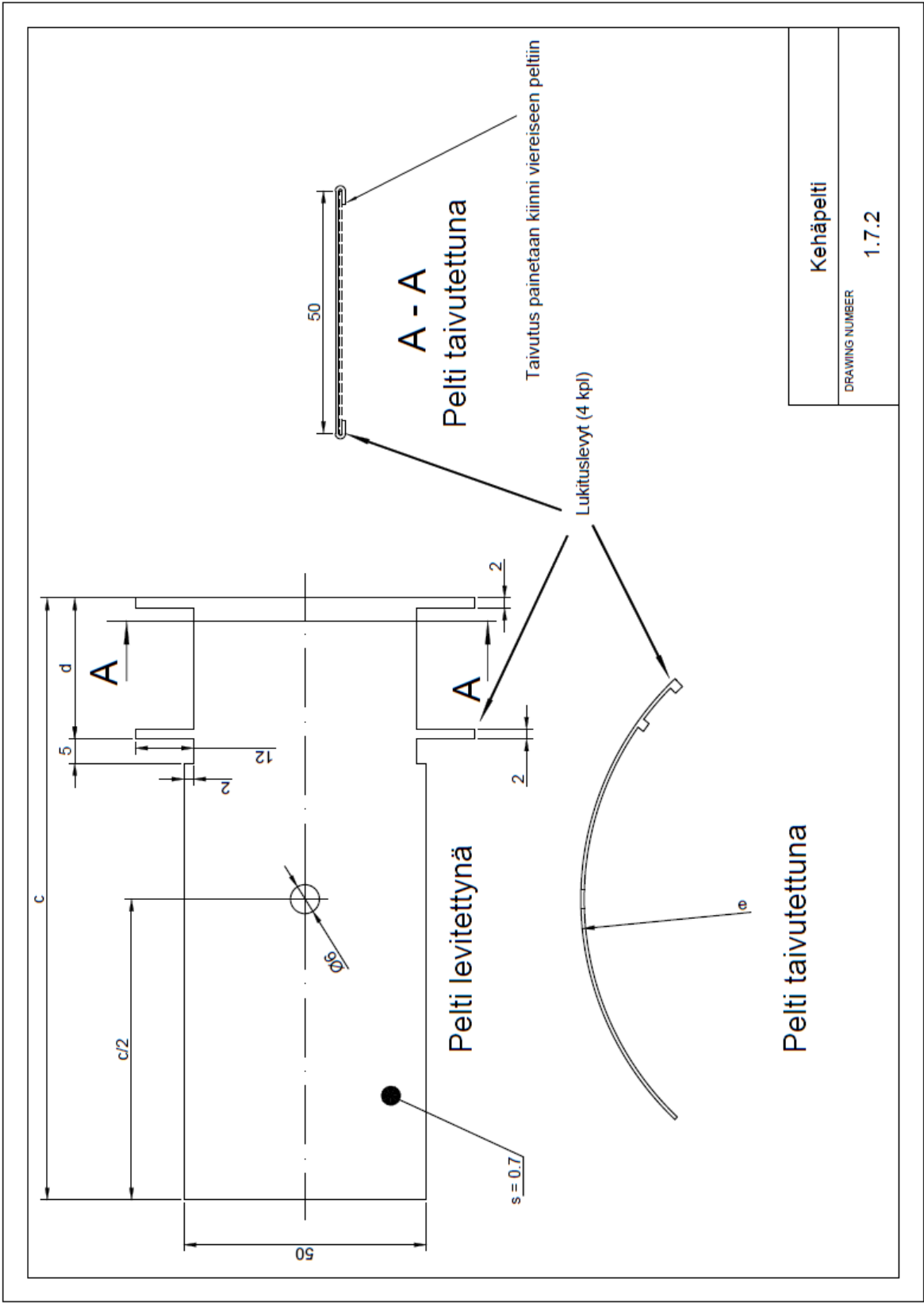


10 (14)





DESIGNED BY: K6salaou	DATE: 16.03.2011	CHECKED BY: XXX	DATE: XXX	SIZE: A3	SCALE: 1:1	PROJECT: Tanko3	SHEET: 1/1
THIS DRAWING IS OUR PROPERTY; IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.							



13(14)

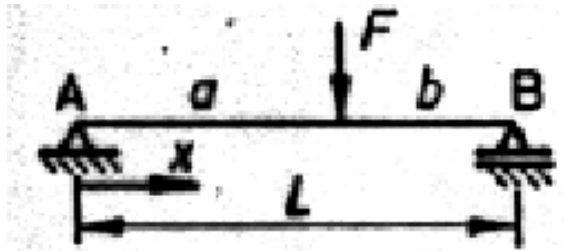
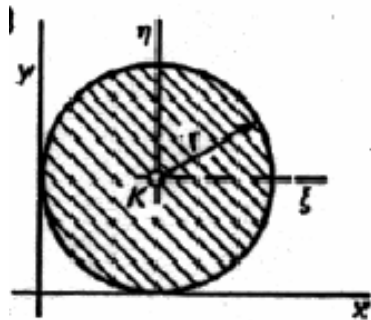
Kuvahierarkia		
1 Pääkokoonpano		
	1.1 Päätyjalka	
		1.1.1 Jalka
		1.1.2 Panta
		1.1.3 Mittapuu
		M8x30 pultti
		M8 mutteri
		M8 aluslevy (2kpl)
	1.2 Keskijalka (2 kpl)	
		1.1.1 Jalka
	1.3 Loppujalka	
		1.1.1 Jalka
		1.1.2 Panta
		M8 pultti
		M8 mutteri
		M8 aluslevy (2kpl)
	1.4 Tanko1	
	1.5 Tanko2	
	1.6 Tanko3	
	1.7 Kehä (24 kpl)	
		1.7.1 Keskiö
		1.7.2 Kehäpelti
		M4 pultti (4 kpl)
		M4 mutteri (4 kpl)

14 (14)

Mittataulu	Tangon pituus	Kierteen pituus	Levyn pituus	leikkauksen pituus	säde
Kehä N:o	a	b	c	d	e
1	120	21	281	30	150
2	115	21	273	30	145
3	110	21	265	30	140
4	104	21	257	30	134
5	99	21	249	30	129
6	94	21	240	30	124
7	89	21	232	30	119
8	84	21	224	30	114
9	78	21	216	30	108
10	73	21	208	30	103
11	68	21	200	30	98
12	63	21	191	30	93
13	58	21	183	30	88
14	52	21	175	30	82
15	47	21	167	30	77
16	44	12	131	10	72
17	39	12	123	10	67
18	34	12	114	10	62
19	29	12	106	10	56
20	24	12	98	10	51
21	18	12	90	10	46
22	13	8	82	10	41
23	8	8	74	10	35
24	5	5	65	10	30

RUNGON LASKUT

LIITE 2



$$r := \frac{35\text{mm}}{2} = 17.5\text{mm} \quad L := 5000\text{mm} \quad a := 2500\text{mm} \quad b := 2500\text{mm}$$

AA 6062 alumiinin ominaisuudet:

$$E := 70\text{GPa} \quad \rho := 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tangon massa:

$$V := \pi \cdot r^2 \cdot L = 4.811 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3 \quad m_t := \rho \cdot V = 12.989\text{kg}$$

Kehän massa Catiasta kehän halkaisijan ollessa 210 mm: $m_k := 0.1\text{kg}$

Kokonaismassa : $m := m_t + 24 m_k = 15.389\text{kg}$

Voima F : $F := m \cdot g = 150.91\text{N}$

Neliömomentti :

$$I_\xi := \frac{\pi}{4} \cdot r^4 = 7.366 \times 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

Siirtymä keskikohdassa :

$$V_F := \frac{F \cdot a^2 \cdot b^2}{3 \cdot L \cdot E \cdot I_\xi} = 76.216\text{mm}$$

Maksimi jännitys :

Taivutusvastus : $W := \frac{\pi \cdot (2 \cdot r)^3}{32}$

Momentti : $M_t := a \cdot F = 3.773 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$

$$\sigma := \frac{M_t}{W} = 89.63\text{MPa} \quad \sigma_{\text{sall}} := 350\text{MPa}$$

Varmuuskerroin: $\frac{\sigma_{\text{sall}}}{\sigma} = 3.905$