

**Mikko Aitto-oja**

# **TASAPAINONOSTIMEN PROTOTYYPIN VALMISTUS**

**Suunnittelu, valvonta ja kustannusseuranta**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Toukokuu 2013**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Toukokuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Mikko Aitto-oja
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> TASAPAINONOSTIMEN PROTOTYYPIN VALMISTAMINEN: Suunnittelu, valvonta ja kustannusseuranta		
<b>Työn ohjaaja</b> Heikki Salmela		<b>Sivumäärä</b> 38 + 11
<b>Työelämäohjaaja</b> Ari Isopoussu		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Oulun Mekapolar Oy:n toimeksiannosta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tasapainonostimen prototyypin valmistuksen seuranta. Seurantaan sisältyi valmistuksen suunnittelu, valvonta ja kustannusseuranta ja tasapainonostimen testaus. Tämä työ toteutettiin, koska haluttiin selvittää, täyttikö tasapainonostin sille ideointivaiheessa asetetut tavoitteet ja olisiko tasapainonostimien valmistus mahdollista aloittaa kustannustehokkaasti.</p> <p>Työ suoritettiin tiukalla aikataululla noin kahden kuukauden aikana. Tasapainonostimen osien valmistaminen ja kokoonpano suoritettiin pääosin yrityksen tehtaalla Rantsilassa ja testaaminen yrityksen tiloissa Iisalmessa.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Kustannusseuranta, Prototyyppi		

**ABSTRACT**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> May 2013	<b>Author</b> Mikko Aitto-oja
<b>Degree programme</b> Industrial management		
<b>Name of thesis</b> MANUFACTURING OF A BALANCE LIFTER PROTOTYPE: Design, manufacturing control and cost control		
<b>Instructor</b> Heikki Salmela		<b>Pages</b> 38 + 11
<b>Supervisor</b> Ari Isopoussu		
<p>This thesis was commissioned by Oulun Mekapolar Ltd.</p> <p>The purpose of this thesis was to control the manufacturing of a balance lifter. The controlling included designing the manufacturing, controlling the manufacturing, cost control and testing of the balance lifter. This thesis was carried out in order to find out if the balance lifter met its targets and if it would be possible to start manufacture balance lifters in a cost-effective way.</p> <p>This thesis was completed in a strict schedule in two months. Manufacturing and assembling of the parts of the balance lifter was mostly completed in the company's factory in Rantsila and testing was carried out in the company's premises in Iisalmi.</p>		
<b>Key words</b>		
Cost control, Prototype		

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TYÖN TILAAJAN ESITTELY</b>	<b>2</b>
<b>3 PROTOTYYPIN VALMISTAMISEN TEORIA</b>	<b>3</b>
<b>4 VALMISTUKSEN SUUNNITTELU</b>	<b>4</b>
4.1. Osien tarkastelu	4
4.2. Hydrauliiikka	5
4.2.1 Sylinterit	5
4.2.2 Venttiilit	5
<b>5 VALMISTUKSEN TOTEUTUS</b>	<b>6</b>
5.1 Nostimen rungon osat	6
5.1.1 Palkit ja puomi	6
5.1.2 Polttoleikattavat rungon osat	10
5.2 Kelkan osat	17
5.3 Hydrauliiikan osat	19
5.4 Muut osat	20
5.4.1 Nailonpyörät	20
5.4.2 Trukkipiikit	21
5.5 Kokoonpano	21
<b>6 KUSTANNUSSEURANTA</b>	<b>28</b>
<b>7 TESTAUS</b>	<b>31</b>
<b>8 TULOSTEN ANALYSOINTI</b>	<b>35</b>
<b>9 YHTEENVETO</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>
<b>LIITTEET</b>	

**KUVIOT**

- KUVIO 1. Suunniteltu tasapainonostin
- KUVIO 2. Nostimen rungon osat
- KUVIO 3. Nostimen rungon pystypalkki
- KUVIO 4. Nostimen puomi
- KUVIO 5. Koneistukseen käytettävä koneistuskeskus
- KUVIO 6. Palkkien ja puomin katkaisuun käytettävä saha
- KUVIO 7. Tukipalkin alempi jäykiste
- KUVIO 8. Tukipalkin leveä jäykiste
- KUVIO 9. Puomin jäykiste
- KUVIO 10. Käytettävä hydraulipuristin
- KUVIO 11. Puomin päätylappupaino

- KUVIO 12. Rungon alatukilevy
- KUVIO 13. Pyörän runko
- KUVIO 14. Pystypalkkien päätylappu
- KUVIO 15. Nostimen kelkan osat
- KUVIO 16. Hydraulisynteriin asennettavat osat
- KUVIO 17. Nostimeen asennettavat nailonpyörät
- KUVIO 18. Tilatut trukkipiikit
- KUVIO 19. Pyörien rungot hitsattuna alatukilevyyn
- KUVIO 20. Akselien reikien poraukseen käytettävä pora
- KUVIO 21. Rungon palkkien sovitus ja hitsaus
- KUVIO 22. Pystypalkkien päätylapun ja puomin kiinnitys
- KUVIO 23. Rungon jäykisteiden hitsaus
- KUVIO 24. Nostimen runko kokoonpantuna
- KUVIO 25. Piikit kiinnitettynä nostimen runkoon
- KUVIO 26. Nostimen hydraulikkajärjestelmä
- KUVIO 27. Hydraulisynterien erot
- KUVIO 28. Nostimen ohjaukseen käytettävä radiojärjestelmä
- KUVIO 29. Hydraulikkatestin komponentit
- KUVIO 30. Nostimen radio-ohjauksen periaate
- KUVIO 31. Hydraulisynterin pituudesta johtuva nostimen kokoero

## 1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimii Oulun Mekapolar Oy ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kappaletavaranostimeen asennettavan tasapainonostimen prototyypin valmistuttaminen. Tasapainonostimen prototyyppi valmistetaan, koska työssä halutaan selvittää, täyttääkö tasapainonostin sille ideointivaiheessa ennalta asetetut tavoitteet ja onko tasapainonostimien valmistussarja mahdollista aloittaa kustannustehokkaasti.

Tasapainonostimen tasapainotilan säätö on tarkoitus mahdollistaa ilman kuljettajan ohjausta. Nostimen tasapainotilan on myös tarkoitus olla säädettävissä portaattomasti koko säätöalueella ilman ulkoista voiman lähdettä, painovoiman avulla. Säätö on tarkoitus voida suorittaa manuaalisesti laitteen yhteydessä olevalla ohjaimella, kaukosäätölaitteella tai automaattisesti painovoima-anturilla.

Valmistuttamiseen kuuluu valmistuksen suunnittelu, valvonta, kustannusseuranta ja valmiin tasapainonostimen testaus. Suunnitteluvaiheessa tasapainonostimen eri osat tarkastellaan ja tehdään tarvittavat muutokset ja päivitykset. Suunnitteluvaiheeseen kuuluu myös nostimeen tarvittavien hydraulikkalaitteiden valinta. Valmistuksen valvonta suoritetaan valmistamisvaiheessa. Valvonta sisältää osien valmistamisen seurannan ja osat valmistaneiden työntekijöiden haastattelun osien valmistamisen eri vaiheisiin liittyen. Viimeisenä vaiheena tehdään valmiin tasapainonostimen testaus, jossa tarkastellaan sen käytettävyys ja täyttikö tasapainonostin sille asetetut tavoitteet. Koko prosessin tavoitteena on valvoa tasapainonostimen osien valmistus ja kokoonpano sekä saada aikaan kustannustehokkaasti valmistettava ja tavoitteet täyttävä tasapainonostin.

Eri osien materiaalivalinnat ja –vahvuudet, hydraulikkakomponenttien mitoitus ja valinta sekä nostimen osien lujuustarkastelut on määritelty aiemmassa opinnäytetyössä tätä työtä silmällä pitäen, joten niitä ei enää tässä työssä tarkastella.

## 2 TYÖN TILAAJAN ESITTELY

Työn tilaajana toimii Oulun Mekapolar Oy. Yritys on perustettu Pohjois – Pohjanmaalla Haukiputaalla vuonna 1992 tarjoamaan keskiraskaan koneistuksen palveluita. Heti samana vuonna yrityksen toiminta siirrettiin Pohjois - Pohjanmaalla Rantsilaan, jossa toimialaksi vakiintui turvetuotantokoneiden huolto, uusien turvetuotantokoneiden valmistus sekä erilaisten teräsosien koneistus.

Vuonna 2000 perustettiin Pohjois – Savoan, Iisalmeen Oulun Mekapolar Oy:n tytäryhtiö Ylä – Savon Koneistus Oy (Ysako Oy). Tällöin Rantsilan liiketoiminta siirtyi uuteen yhtiöön, joka on edelleen liiketoimintaa harjoittava Rantsilan Mekamet Oy. Rantsilan Mekamet Oy:n emoyhtiönä toimii edelleen Oulun Mekapolar Oy. Emoyhtiö Oulun Mekapolar Oy omisti vuosien 2000 – 2012 välisenä aikana Rantsilan Mekamet Oy:stä 100 % ja Ysako Oy:stä 70 %.

Vuonna 2012 Ysako Oy:n liiketoiminta tuotantotiloineen myytiin Iisalmelaiselle Metallityö Vainio Oy:lle, jolloin Oulun Mekapolar Oy:n toiminta jäi Rantsilaan turvetuotantokoneiden huoltoon. Tällä hetkellä Oulun Mekapolar Oy toimii edelleen Rantsilan Mekamet Oy:n ainoana yksittäisenä omistajana. Vuodesta 2012 lähtien Oulun Mekapolar Oy tekee edelleen myös tuotekehitystä ja konsultointia. Oulun Mekapolar Oy työllistää omistajapariskunnan yhteistyökumppaneineen sekä yrityksen tytäryhtiö Rantsilan Mekamet Oy viisi vakituista työntekijää. (Isopoussu 2013.)

### 3 PROTOTYYPIN VALMISTAMISEN TEORIA

Prototyypin valmistaminen on yleistä eri teollisuuden alojen yrityksissä. Erityisesti autoteollisuuden yritykset valmistavat prototyyppejä uusista, pitkään suunnitelluista ja kehitellyistä uusista automalleista. Useat yritykset myös tarjoavat prototyypin valmistusta palveluna asiakkaille. Käsite prototyyppi tarkoittaa tuotteesta valmistettavaa ensimmäistä mallikappaletta, jolla voidaan testata tuotteen käytettäviä ominaisuuksia. Prototyypin valmistus sisältää useita eri vaiheita ja prototyypin valmistusprosessi voi kestää useita vuosia tuotteen ideointivaiheesta valmiiksi valmistettavaksi tuotteeksi.

Prototyypin valmistus alkaa tuotteen suunnittelusta, ja ensimmäisenä ideoinnista. Ideointivaiheessa asetetaan uudelle tuotteelle tavoitteet ja kartoitetaan tuotteen toimintaperiaatetta. Juurikin pelkkä suunnitteluvaihe prototyypin valmistuksessa voi viedä aikaa useita vuosia. Ideoinnin ja muun suunnittelun jälkeen valmistetaan tuote käytännössä. Prototyypin valmistukseen kuuluu myös tuotteen valmistettavuuden testaaminen eli esimerkiksi tuotteeseen tarvittavien osien polttoleikkaus, koneistus, hitsaus ja kokoonpantavuus. Näin saadaan tietoa, kauanko työvaiheisiin menee aikaa, kauanko aikaa menee koneiden käyttöön, mitkä ovat työvaiheiden ongelmat, voidaanko jokin työvaihe tehdä eri tavalla kuin prototyypin valmistamisessa ja paljonko tiettyä materiaalia kuluu osien valmistamiseen. Prototyypin valmistamisella saadaan myös selville, millaisia huoltotoimenpiteitä tuotteelle voidaan tehdä ja miten ne on mahdollista suorittaa.

Kustannusseuranta on myös prototyypin valmistuksen tärkeä osa. Kustannuksia syntyy työntekijöiden palkoista, materiaaleista ja sen kulutuksesta, työkoneiden pääomakuluista ja erilaisista työkaluista. Koneiden käyttöajan ja työvaiheeseen käytetyn ajan perusteella voidaan laskea materiaalin kokonaiskustannukset. Kustannusten perusteella saadaan selville, onko uuden tuotteen valmistaminen mahdollista kustannustehokkaalla tavalla. Mitä enemmän prototyypin vaiheessa havaitaan virheitä ja kehitysideoita, sen parempi.



## 4 VALMISTUKSEN SUUNNITTELU



KUVIO 1. Suunniteltu tasapainonostin (Gärding 2012.)

Tasapainonostin asennetaan kappaletavaranoistimeen trukkilavan käsittelyä varten. Nostimen tasapainotilaa on tarkoitus säätää ohjaimella, joka liikuttaa nostimen puomissa näkyvää (KUVIO 1.) kelkkaa tasapainotilan saavuttamiseksi.

### 4.1. Osien tarkastelu

Työn ensimmäisenä vaiheena ennen osien valmistuksen aloittamista käydään läpi tasapainonostimen eri osat, osakokoonpanot ja näiden piirustukset sekä tehdään tarvittavat päivitykset. Tarkastelun tarkoituksena on saavuttaa osien mutkaton ja sujuva valmistaminen. Osien mallintamiseen on käytetty Solidworks – ohjelmistoa. Solidworks – ohjelmalla eri osista tehdään piirustukset, jotka toimitetaan yrityksen työntekijöille osien valmistusta varten. Edellä mainittu osien tarkastelu tehdään

useaan kertaan tämän projektin aikana, koska nostimen osien valmistus ajoittuu usean viikon ajalle. Tasapainonostimen rungon osiin kuuluva puomi joudutaan päivittämään valmistettavaksi erilaisesta teräspalkista, kuin aiemmin oli määritelty. Puomi oli alunperin määritelty valmistettavaksi 180 mm x 120 mm x 8 mm teräspalkista, mutta kyseistä palkkia ei ole saatavilla kenenkään toimittajan valikoimassa. Puomi päätetään valmistaa 200 mm x 120 mm x 8 mm teräspalkista. Nostimen osia valmistetaan myös polttoleikkaamalla. Suunnitteluvaiheessa osien tarkastelun ohessa näille polttoleikkaamalla valmistettaville osille tehdään ohjelmat polttoleikkausta varten polttoleikkausautomaatille.

## **4.2. Hydrauliiikka**

### **4.2.1 Sylinterit**

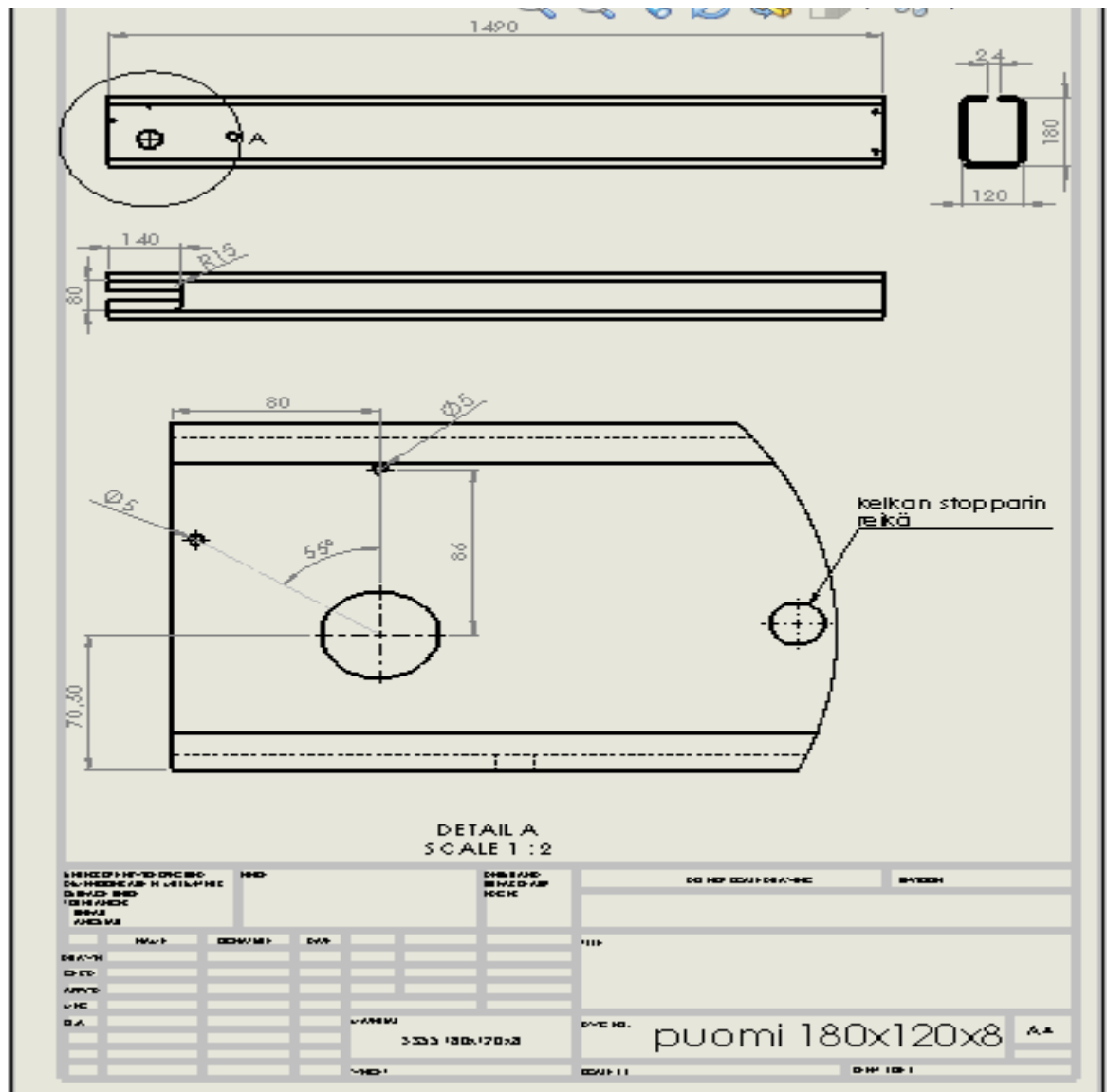
Hydraulisyliintereitä käytetään tasapainonostimessa trukkipiikkien levitykseen sekä nostimen puomissa olevan kelkan liikuttamiseen vaijerin välityksellä. Sylinterien hankinnassa käytetään pyhäsalmlaisen Pikapaja Oy:n ja lapinlahtelaisen Teollisuuslinkki Oy:n valikoimia. Kummankin toimittajan valikoimista valitaan kaksi eri kokoista hydraulisyliinteriä kokeilua varten. Tämän prototyypin valmistusvaiheessa trukkipiikkien levitystä varten nostimen runkoon ei asenneta hydraulisyliinteriä aikataulun vuoksi.

### **4.2.2 Venttiilit**

Hydrauliventtiilit hankitaan lapinlahtelaisen Teollisuuslinkki Oy:n valikoimasta. Valitut hydrauliventtiilit ovat sähköohjattuja. Venttiileiden avulla nostimen hydraulikkajärjestelmä toimii halutulla tavalla eli nostimen kelkkaa voidaan liikuttaa ohjaimella, kun venttiileihin on kytketty sähköinen ohjaus. Tällöin ohjaimen nappia painettaessa nostimen kelkka liikkuu hydraulisyliinterin avustuksella.







KUVIO 4. Nostimen puomi (Gärding 2012.)

Puomin katkaisu määriteltyyn mittaansa ja tarvittavien koneistuksien tekeminen suoritetaan KUVIO 4 mukaisesti. Pystypalkkien ja puomin valmistuksen yhteydessä katkaistaan myös tukipalkki (osanumero 8 KUVIO 2 ja Liite 3). Palkkien ja puomin katkaisu määrämittäihin suoritetaan KUVIO 6 mukaisella sahalla.

Puomiin on tehtävä myös koneistuksia (Liite 4), koska puomiin kiinnitetään eri osia. Koneistuksia tehdään puomiin asennettavien päätylappupainon (osanumero 14 KUVIO 2), kelkan (KUVIO 15) ja hydraulisynterin yläpäässä olevan

köysipyörän kiinnityksen vuoksi. Puomin yläosaan koneistaan 24 millimetriä leveä ura, jotta puomissa olevan kelkan on mahdollista liikkua nostimen tasapainotilan säätöä varten. Puomiin koneistetaan myös viisi halkaisijaltaan erilaista reikää: 45 millimetrin reikä köysipyörän kiinnitystä varten, 21 millimetrin reikä rajoittajaa varten, jolla estetään kelkan liikkuminen köysipyörään kiinni (kelkan stopparin reikä KUVIO 4.), neljä 10 millimetrin reikää puomin päätylappupainon kiinnitystä varten sekä kaksi 5 millimetrin reikää kahta pulttia varten, jotka estävät kelkkaa liikuttavaa vaijeria hyppäämään yli köysipyörän urasta ja auttavat tukevoittamaan puomin rakennetta. Koneistukseen käytetään Pratt & Whitney:n valmistamaa Viking – koneistuskeskusta.



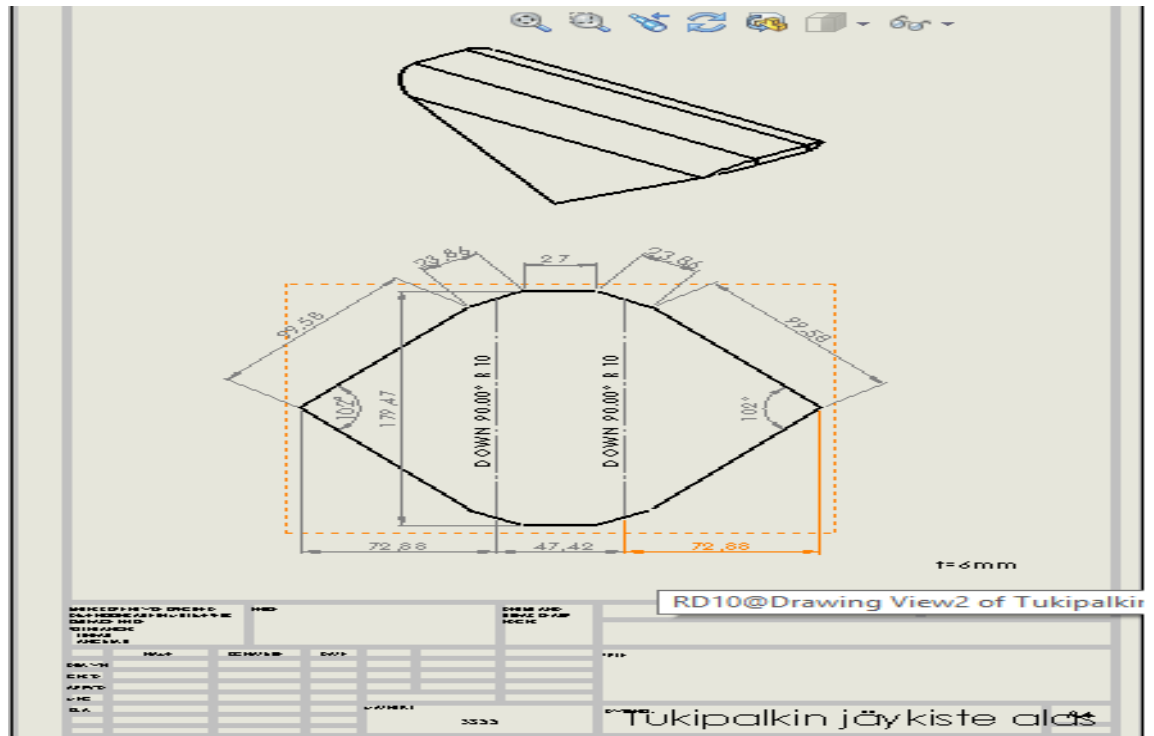
KUVIO 5. Koneistukseen käytettävä koneistuskeskus



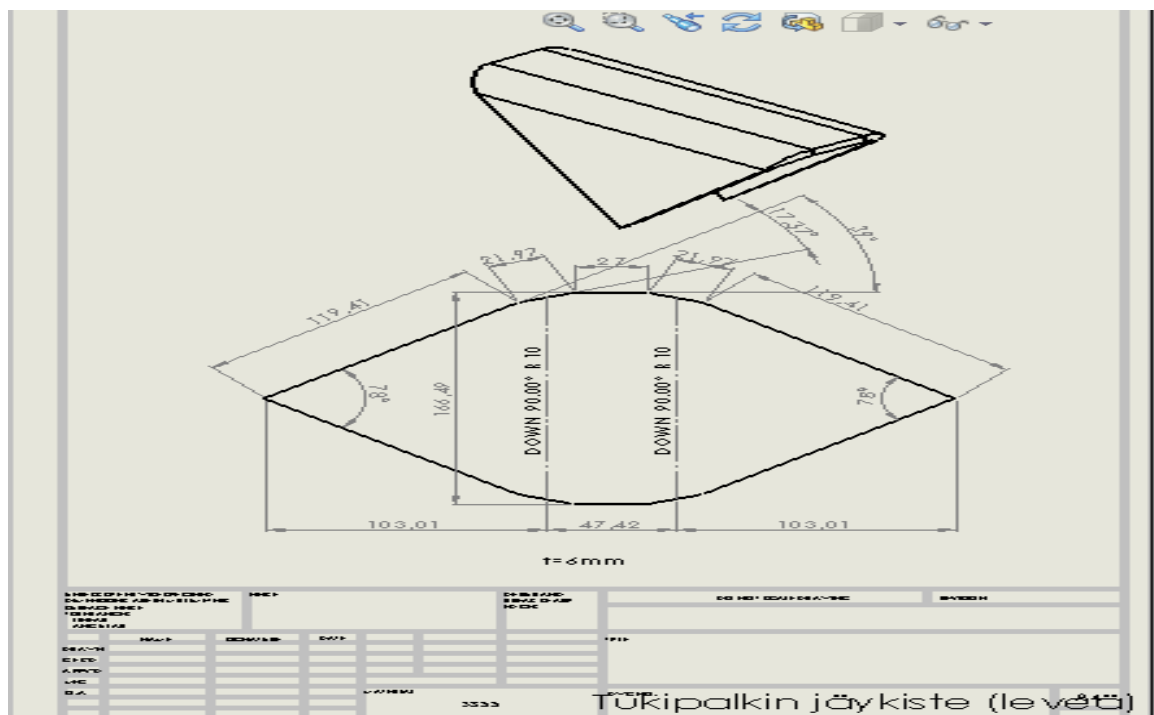
KUVIO 6. Palkkien ja puomin katkaisuun käytettävä saha

### 5.1.2 Polttoleikattavat rungon osat

Nostimen runkoon kuuluvista osista muutamat valmistetaan polttoleikkaamalla eri vahvuisista teräslevyistä polttoleikkausautomaatilla (Liite 9). Ensimmäisenä rungon polttoleikattavana osana valmistetaan tukipalkin jäykisteet (osanumero 12 ja 13 KUVIO 2, KUVIOT 7 ja 8 ja Liite 5). Jäykisteillä vahvistetaan ja tuetaan nostimen rungon rakennetta.



KUVIO 7. Tukipalkin jäykiste (Gärding 2012.)

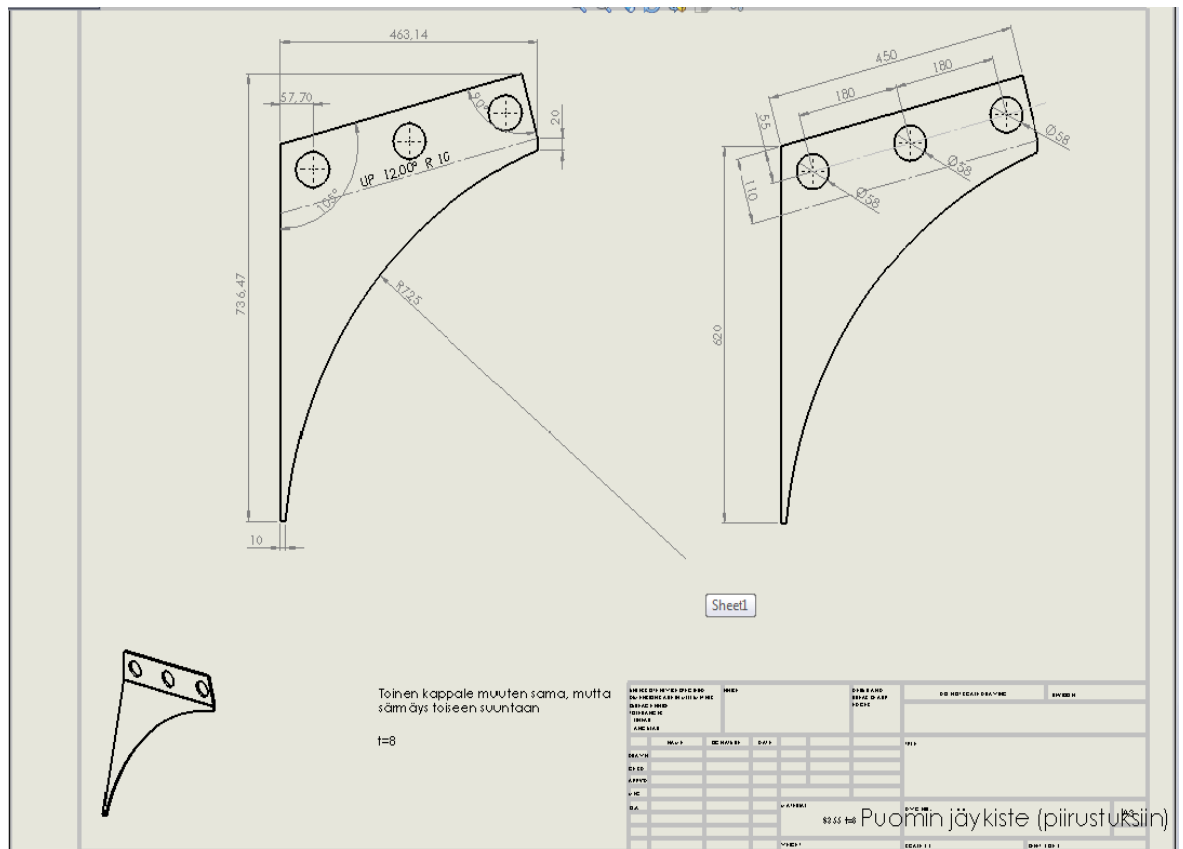


KUVIO 8. Tukipalkin leveä jäykiste (Gärding 2012.)



Tukipalkin jäykisteet valmistetaan 6 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. Tukipalkin kummatkin jäykisteet kantataan molemmista päistään 90 asteen kulmiin, jotta ne pystytään asettamaan ja hitsaamaan paikoilleen tukipalkin ja pystypalkkien kulmiin. Kanttaus suoritetaan KUVIO 7 ja KUVIO 8 mukaisesti.

Tukipalkkien jäykisteiden lisäksi valmistetaan kaksi kappaletta puomin jäykisteitä (osanumero 6 KUVIO 2, KUVIO 9 ja Liite 5) Puomin jäykisteet valmistetaan polttoleikkaamalla 8 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. Puomin jäykisteet kantataan 12 asteen kulmaan KUVIO 9 mukaisesti, jotta ne asettuvat paikoilleen ja ovat mahdollisia hitsata nostimen puomiin ja tukipalkkeihin. Toinen puomin jäykiste kantataan saman kulmaan peilikuvana. Tukipalkkien jäykisteiden ja puomin jäykisteiden kantaamiseen käytetään KUVIO 10 mukaista hydraulipuristinta, koska kantaamiseen joudutaan käyttämään erikoisteriä. Muutoin kantaamiseen käytettäisiin särmäyspuristinta.

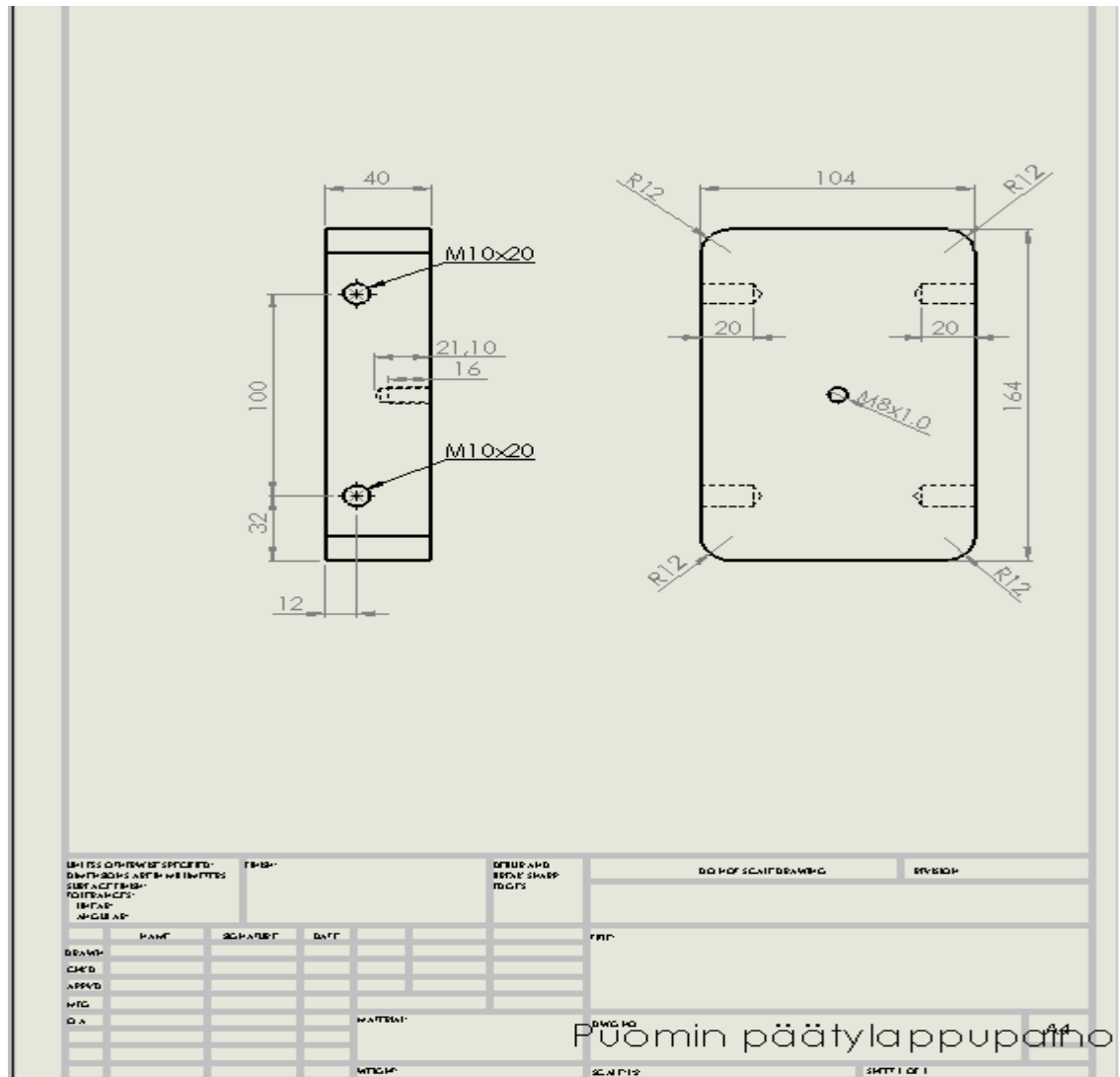


KUVIO 9. Puomin jäykiste (Gärding 2012.)



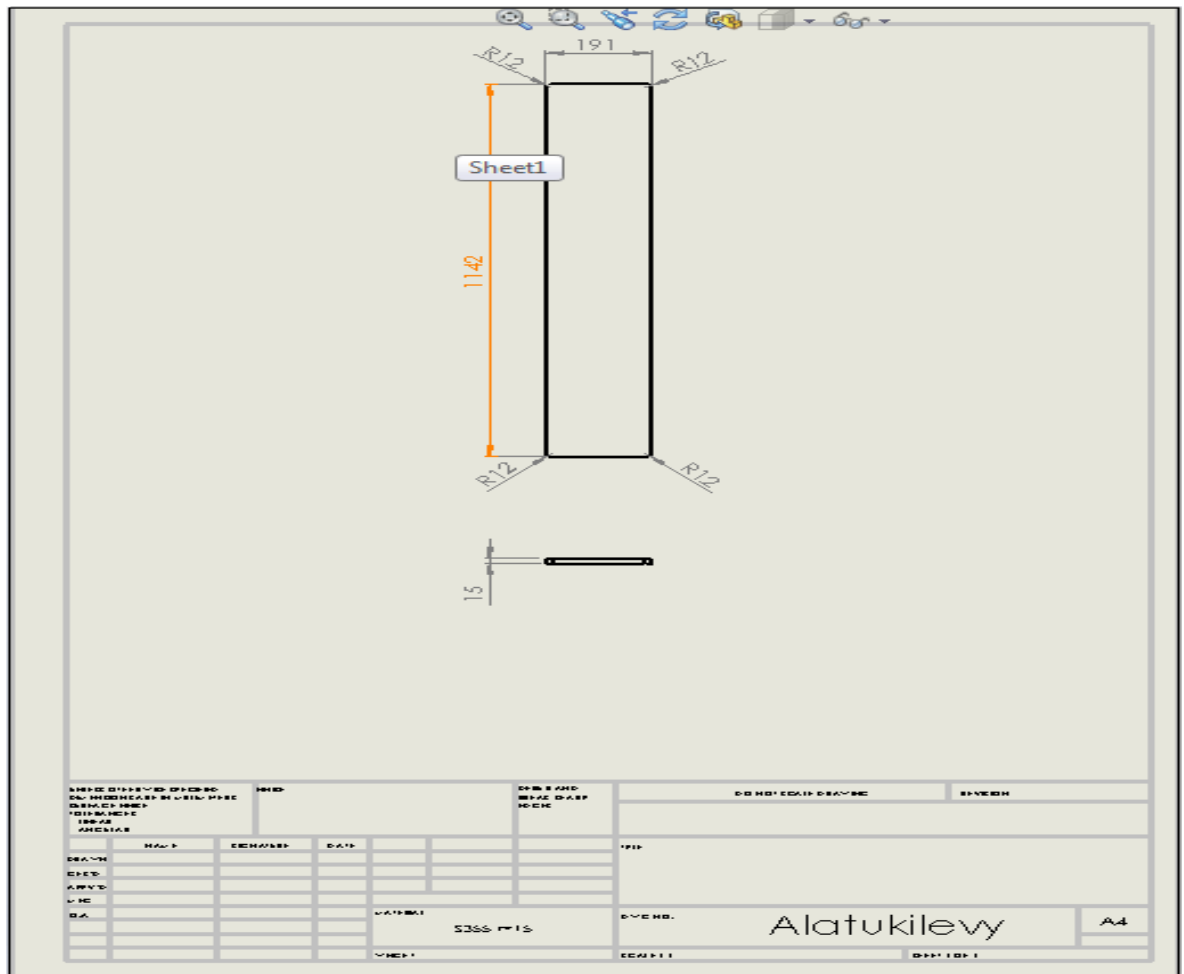
KUVIO 10. Käytettävä hydraulipuristin

Jäykisteiden lisäksi runkoa varten valmistetaan polttoleikkaamalla puomin päätylappupaino (osanumero 14 KUVIO 2, KUVIO 11 ja Liite 5). Päätylappupaino estää nostimen puomissa olevaa kelkkaa liikkumasta ulos puomista. Päätylappupaino polttoleikataan 40 millimetrin vahvuisesta teräslevystä polttoleikkausautomaatilla (Liite 9) KUVIO 11 mukaisesti. Päätylappupainon sivuille koneistetaan neljä 20 millimetrin syvyistä reikää, jotta päätylappupaino voidaan kiinnittää nostimen puomiin. Kiinnitys tapahtuu M10 x 20 pulteilla. Päätylappupainon keskelle koneistetaan myös yksi 16 millimetriä syvä reikä, johon voidaan väliaikaisesti kiinnittää M8 x 1,0 pultti päätylappupainoa asennettaessa. Koneistukset suoritetaan KUVIO 5 mukaisella Viking – koneistuskeskuksella.



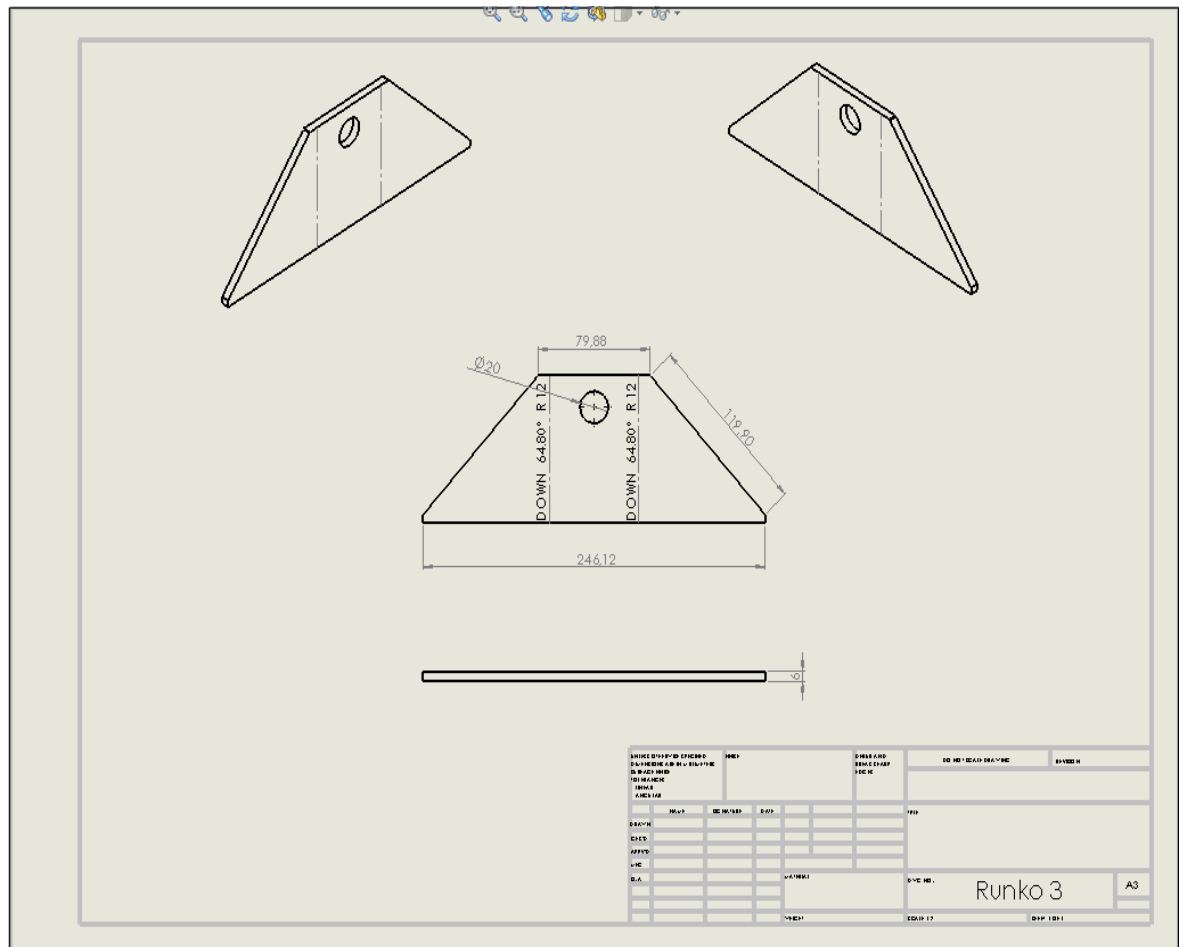
KUVIO 11. Puomin päätylappupaino (Gärding 2012.)

Runkoa varten polttoleikataan myös alatukilevy (osanumero 3 KUVIO 2, KUVIO 12 ja Liite 6). Alatukilevy valmistetaan 15 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. Alatukilevy on osa, johon kiinnitetään hitsaamalla rungon pystypalkit ja alapuolelle pyörien rungot.



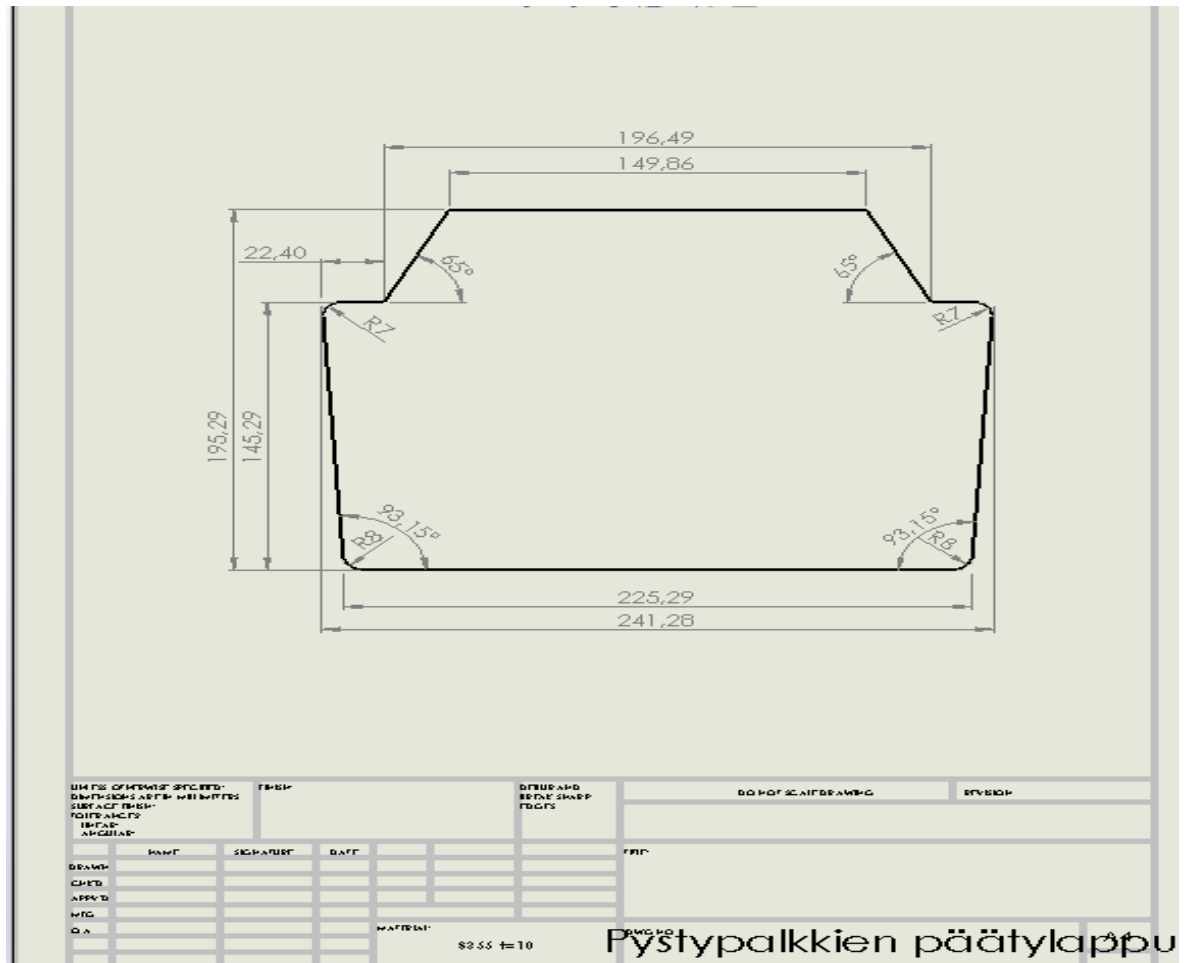
KUVIO 12. Rungon alatukilevy (Gärding 2012.)

Nostimen liikuttamista varten tarvitaan pyörät ja pyöriä varten pyörien rungot, jotka valmistetaan polttoleikkaamalla (KUVIO 13.). Pyörien rungot valmistetaan 6 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. Polttoleikkauksen jälkeen pyörien runkojen päät kantataan KUVIO 13 mukaisesti KUVIO 11 hydraulipuristimella. Kokoonpanovaiheessa pyörien runkoihin porataan 20 mm halkaisijaltaan olevat reiät pyörien akseleita varten. Pyörien akseleina käytetään M20 x 120 pultteja.



KUVIO 13. Pyörien runko (Gärding 2012.)

Rungon viimeisenä osana valmistetaan polttoleikkaamalla pystypalkkien päätylappu (osnumero 9 KUVIO 2, KUVIO 14 ja Liite 7). Pystypalkkien päätylappu valmistetaan 10 millimetrin vahvuisesta teräslevystä Pystypalkkien päätylappu kiinnitetään hitsaamalla pystypalkkien päälle, jotta nostimen puomin paikoilleen hitsaaminen on mahdollista.



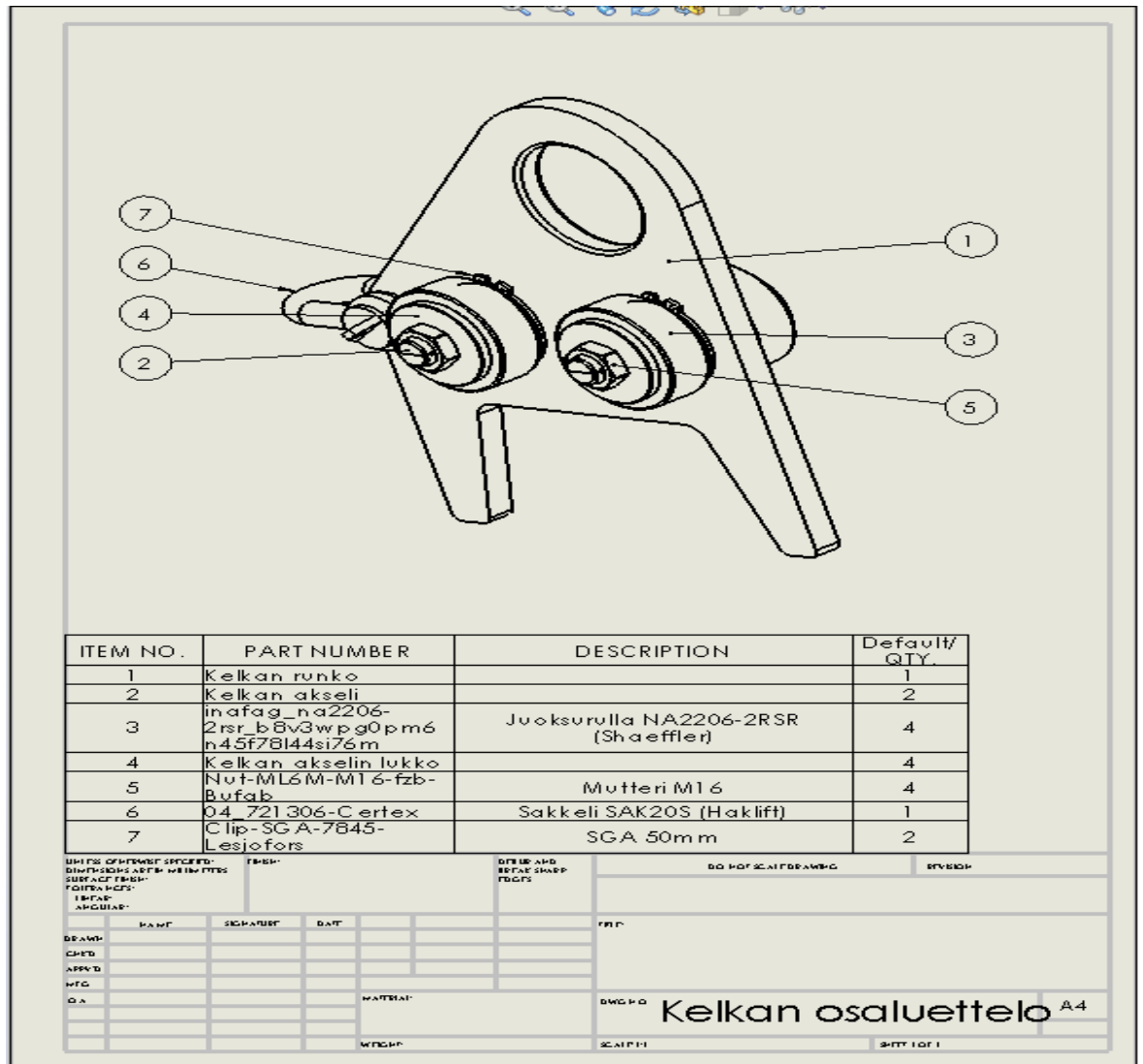
KUVIO 14. Pystypalkkien päätylappu (Gärding 2012.)

## 5.2 Kelkan osat

Kelkka on nostimeen kuuluva osa, joka asennetaan nostimen puomin sisään. Kelkan runkoa lukuunottamatta kelkan osat hankitaan muualta. Kelkan runko (osanumero 1, KUVIO 14 ja Liite 5) valmistetaan polttoleikkaamalla polttoleikkausautomaatilla 12 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. Kelkan akselit, juoksurullat ja akselin lukot (osanumerot 2-4 KUVIO 14 ja Liite 5) teetetään iisalmelaisessa Terähuolto Putkonen Oy:ssä. Kelkkaa varten mutteri, sakkeli ja lukkorenkaat (osanumerot 5-7 KUVIO 14 ja Liite 5) hankitaan muualta.

Kelkan runkoon tehdään polttoleikkausvaiheessa kolme reikää. Kaksi 50 millimetriä halkaisijaltaan olevaa reikää kelkan akseleita varten ja yksi 65

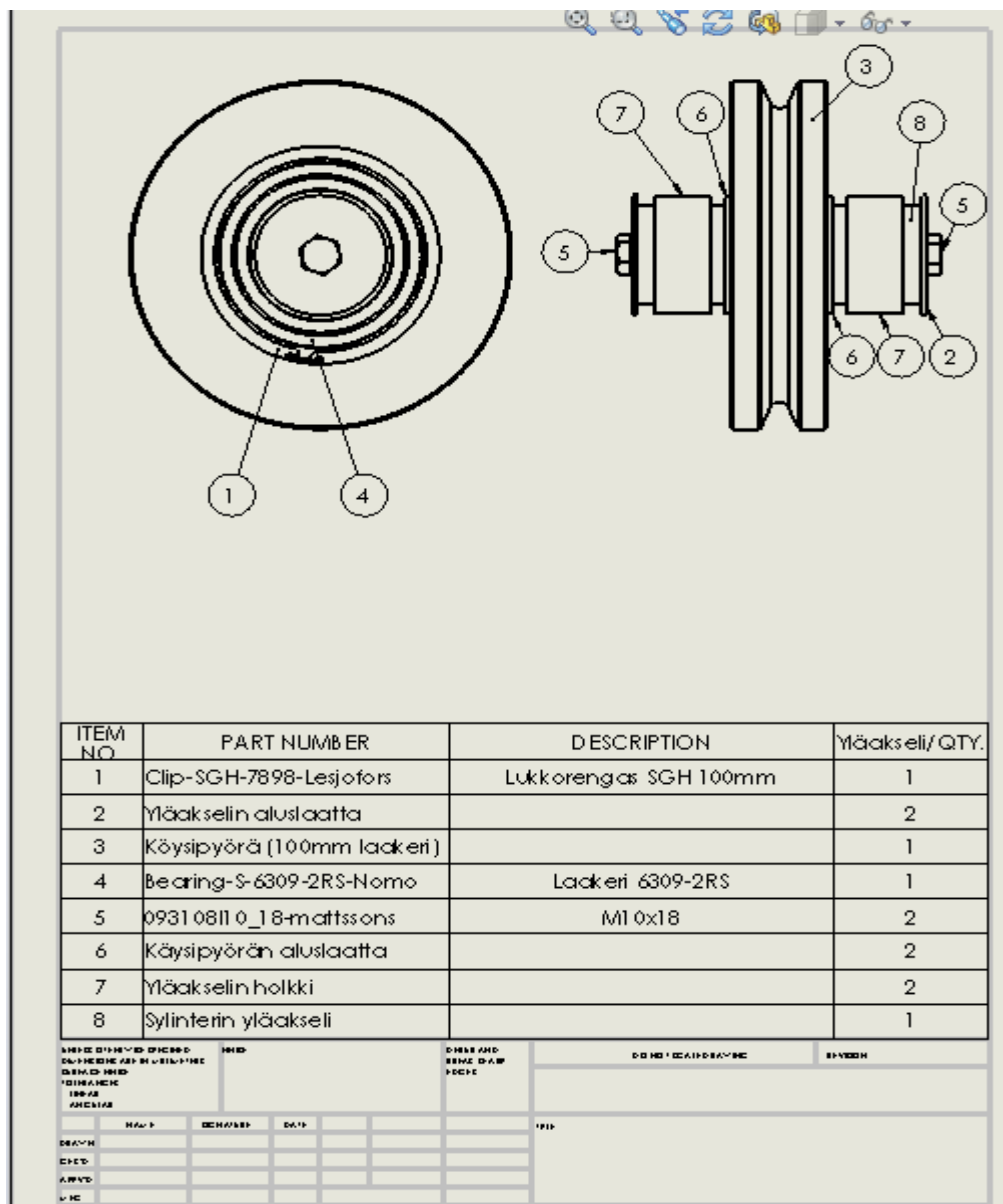
millimetriä halkaisijaltaan oleva reikä nostimen nostotapahtumaa varten. Nämä kolme reikää koneistetaan lopulliseen mittaansa polttoleikkauksen jälkeen. Kelkan runkoon koneistetaan myös 17 millimetriä halkaisijaltaan oleva reikä kelkkaan kiinnitettävää sakkelia varten. Nämä koneistukset suoritetaan KUVIO 5 koneistuskeskusta käyttäen. Koneistuksen jälkeen kelkan runkoon asennetaan muut sen osat (Liite 8).



KUVIO 15. Nostimen kelkan osat (Gärding 2012.)

### 5.3 Hydrauliiikan osat

Tähän nostimen prototyyppiin asennetaan aikataulun vuoksi toimintaan vain yksi hydraulisyylinteri, jonka kummassakin päässä on köysipyörät (Liite 5). Köysipyörien urissa kulkee vaijeri, joka liikuttaa nostimen kelkkaa ohjaimen vaikutuksesta. Hydraulisyylinterin päihin asennetaan KUVIO 16 mukaiset osat, jotta vaijerin liikuttaminen ja sylinterin toiminta halutulla tavalla on mahdollista. Osat teetetään iisalmelaisessa Terähuolto Putkonen Oy:ssä.



KUVIO 16. Hydraulisyylinteriin asennettavat osat (Gärding 2012.)



## 5.4 Muut osat

### 5.4.1 Nailonpyörät

Nostimeen asennetaan nailonpyörät liikuttamista varten. Nailonpyörät valitaan ja tilataan Blickle Oy:n valikoimasta. Valitut nailonpyörät kuuluvat Blickle Oy:n HPO – sarjaan. Pyörien tiedot ovat: paino 0,536 kg, leveys 75 mm, akselireiän halkaisija 20 mm, kantavuus 800 kg ja pyörän halkaisija 85 mm. Pyörät kiinnitetään pyörien runkoihin akselilla ja akselina käytetään M20 x 120 pulttia. (Blickle Oy 2013.)



KUVIO 17. Nostimeen asennettavat nailonpyörät

### 5.4.2 Trukkihiikit

Trukkihiikit tilataan kyröläiseltä Kyrön takomo, Helin Oy:ltä mittatilaustyönä. Trukkihiikit tilataan seuraavilla mitoilla: hiikin pituus 1240 mm, hiikin leveys 100 mm, hiikin korkeus 40 mm ja nostimen runkoon asennettavan hiikin osan korkeus 600 mm.



KUVIO 18. Tilatut trukkihiikit

### 5.5 Kokoonpano

Kokoonpanon ensimmäisenä vaiheena pyörien rungot (KUVIO 13 ja Liite 7) kiinnitetään hitsaamalla alatukilevyyn (KUVIO 12 ja Liite 6). Pyörien runkojen paikat alatukilevyssä on mitattava ja kohdistettava tarkasti, jotta nostimelle mahdollistetaan mutkaton ja tasainen liikuteltavuus, kun pyörät on asennettu runkoihinsa.



KUVIO 19. Pyörrien rungot hitsattuna alatukilevyyne

Pyörrien runkoeen ollessa hitsattuna alatukilevyyne, porataan runkoeihin 20 millimetriä halkaisijaltaan olevat reijät pyörrien akseleita varten. Poraaminen suoritetaan KUVIO 20. poralla alatukilevyyne ollessa pystyasentoon kiinnitettynä.



KUVIO 20. Akselien reikien poraukseen käytettävä pora

Alatukilevyn ja pyörien runkojen kokoonpanon jälkeen aloitetaan edellä mainittujen rungon pystypalkkien, puomin ja vahvisteiden kokoonpano hitsaamalla. Näiden osien kokoonpano on haastavaa ja aikaavievää, koska kokoonpantavat yksittäiset osat ovat painavia, joten kokoonpano vaatii tietyissä vaiheissa kaksi työntekijää. Osien siirtelemiseen on osien painavuuden vuoksi käytettävä silta- tai puominosturia.



KUVIO 21. Rungon palkkien sovitus ja hitsaus

Nostimen rungon tukipalkki (osanumero 8 KUVIO 2 ja Liite 3) hitsataan pystypalkkien väliin rungon ollessa vaakatasossa pöydän päällä KUVIO 20. mukaisesti. Myös rungon alatukilevy (osanumero 3 KUVIO 2 ja Liite 3) hitsataan nostimen rungon alaosaan rungon ollessa vaakatasossa. Nostimen puomin (osanumero 2 KUVIO 2 ja Liite 2) kiinnitystä varten nostimen runko käännetään pystyyn (KUVIO 22.) siltanosturin voimin. Tällöin nostimen runkoon voidaan

kiinnittää puomin lisäksi myös pystypalkkien päätylappu (osanumero 9 KUVIO 2 ja Liite 9).



KUVIO 22. Pystypalkkien päätylapun ja puomin kiinnitys



KUVIO 23. Rungon jäykisteiden hitsaus

Rungon eri jäykisteiden kiinnittämistä varten nostinta joudutetaan kääntämään kyljelleen siltanosturin voimin, jotta hitsaaminen on mahdollista (KUVIO 23.). Nostimen kääntäminen ja nostaminen vaatii tarkkuutta ja huolellisuutta. Tukipalkin kummatkin jäykisteet (osanumerot 12 ja 13 KUVIO 2 ja Liite 5) hitsataan sekä vaaka- että pystyasennoissa. Puomin jäykisteet (osanumero 5 KUVIO 2 ja Liite 5) kiinnitetään hitsaamalla nostimen ollessa vaaka-asennossa. Nostimen palkkien, puomin ja vahvisteiden ollessa hitsattuina, rungon kokoonpano on valmis. (KUVIO 23.)



KUVIO 24. Nostimen runko kokoonpantuna

Aikataulun tiukkuuden takia trukkiپیکیں levitystä varten nostimen runkoon ei asenneta toimintaan hydraulisylinteriä eikä hydraulisylinteriä varten osia. Tästä johtuen trukkiپیکیں asentaminen nostimen runkoon muuttuu alkuperäisen suunnittelun mukaisesta erilaiseksi. Trukkiپیکیں hitsataan kiinni 40 millimetrin vahvuiseen ja 1150 millimetriä pitkään lattarautaan. Lattaraudan päihin tehdään neljä reikää kiinnityspultteja varten. Näin lattarauta, johon trukkiپیکیں on hitsattu, voidaan kiinnittää pulteilla nostimen runkoon (KUVIO 25), kun rungon palkkien toiselle puolelle asennetaan vastinkappaleet samaisesta lattaraudasta valmistettuna. Kiinnitykseen käytetään M20 x 250 pulteja ja Nylock – muttereita.



KUVIO 25. Piikit kiinnitettynä nostimen runkoon

Piikkien kiinnitys on väliaikainen ja vain tätä prototyyppiä varten valmistettu, koska piikkien kiinnityksen ja piikkien levityksen hydraulikan suunnittelu ovat vielä keskeneräisiä.



## 6 KUSTANNUSSEURANTA

Tasapainonostimen valmistamisesta, kuten minkä tahansa tuotteen valmistamisesta, syntyy erilaisia kustannuksia ja nostimen prototyyppi valmistamalla saadaan selville, kuinka suuriksi nostimen valmistamisen kustannukset muodostuvat. Prototyypin valmistusvaiheessa saadaan myös selville, onko jotain työvaihetta mahdollista tehdä toisella, mahdollisesti edullisemmalla tavalla tai erilaisella koneella. Tässä kustannusseurannassa keskitytään materiaaleista syntyviin kustannuksiin. Hankittujen osien kustannuksia ei huomioida, koska nostimen tiettyjen eri osien suunnittelu jatkuu edelleen ja hankitut osat tulevat muuttumaan.

Nostimen pystypalkit, tukipalkki ja puomi katkaistaan KUVIO 6 mukaisella sahalla. Pystypalkit ja tukipalkki valmistetaan 150 mm x 100 mm x 6 mm teräspalkista ja puomi 200 mm x 120 mm x 8 mm teräspalkista.

150 mm x 100 mm x 6 mm teräspalkin kulutus pystypalkkeja ja tukipalkkia varten on seuraava:

$$2 \times 2085 \text{ mm} + 816 \text{ mm} = 4986 \text{ mm}$$

200 mm x 120 mm x 8 mm teräspalkin kulutus puomia varten on 1490 millimetriä.

Kummankin palkin hinta on 22 €/metri. Näin voidaan laskea palkkien kulutuksen mukainen materiaalin kustannus:

$$22 \text{ €} \times (4,986 \text{ m} + 1,49 \text{ m}) = 142,47 \text{ €}$$

Kyseisten palkkien ja puomin määrämittaan katkaisussa kuluu aikaa 1h 10 min. Aikaan on huomioitu palkkien nostaminen sahattavaksi siltanosturia käyttäen. Suurin osa tähän työvaiheeseen käytettävästä ajasta kuluu palkkien nostamiseen ja paikalleen asetteluun sahaamista varten.

Puomiin tehtäviin koneistuksiin kuluu aikaa yhteensä 10 tuntia, josta on vähennettävä pois tauot. Puomin koneistukseen käytetty tehollinen työaika on siis:

$$10 \text{ h} - (2 \times 0,5 \text{ h} - 2 \times 0,25 \text{ h}) = 8,5 \text{ h}$$

Koneistuksessa suurin osa työajasta kuluu ohjelman tekemiseen. Jos puomin koneistukset tehtäisiin 5 – akselisella koneistuskeskuksella, koneistamiseen kuluva aika vähenisi noin neljäsosaan tähän koneistukseen käytettyyn aikaan verrattuna.

Polttoleikkaamalla valmistettujen osien työajasta suurin osa kuluu oikean teräslevyn hakemiseen ja levyn paikalleen nostamiseen siltanosturilla polttoleikkausta varten. Teräslevyjä joudutaan hakemaan ulkona olevista hyllyköistä trukilla, mikäli tehtaassa sisälle ei ole jäänyt pienempiä tarvittavan vahvuisia teräslevyn paloja.

Polttoleikattavia osia varten tarvitaan eri vahvuisia teräslevyjä. Teräslevyjen hinta voidaan laskea raudan ominaispainon avulla, joka on 8 kg/m<sup>2</sup> 1 millimetrin vahvuisella peltilevyllä. 1 millimetrin peltilevyllä hinta on noin 1,20 €/kg. Tarvittavat teräslevyt ovat vahvuuksiltaan 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 15 mm ja 40 mm. Polttoleikkaukseen kuluvien teräslevyjen hinnat on laskettava bruttona eli kokonaisina levyinä. Polttoleikattavia osia ovat kelkan runko (osanumero 1 KUVIO 15 ja Liite 5), pystypalkkien päätylappu (KUVIO 14 ja Liite 9), rungon molemmat jäykisteet (KUVIOT 7 ja 8 ja Liite 5), puomin jäykisteet (Liite 5), puomin päätylappupaino (KUVIO 11 ja Liite 5) ja alatukilevy (KUVIO 12 ja Liite 6). Polttoleikkaukset suoritetaan Liite 10 polttoleikkausautomaatilla.

Rungon jäykisteet ja pyörien rungot polttoleikataan 6 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. 6 millimetriä vahvuudeltaan olevan teräslevyn hinta on:

$$(6 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 57,60 \text{ €}$$

Puomin jäykisteet polttoleikataan 8 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. 8 millimetriä vahvuudeltaan olevan teräslevyn hinta on:

$$(8 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 76,8 \text{ €}$$

Pystypalkkien päätylappu polttoleikataan 10 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. 10 millimetriä vahvuudeltaan olevan teräslevyn hinta on:

$$(10 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 96 \text{ €}$$

Kelkan runko polttoleikataan 12 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. 12 millimetriä vahvuudeltaan olevan teräslevyn hinta on:

$$(12 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 115,20 \text{ €}$$

Alatukilevy polttoleikataan 15 millimetrin vahvuisesta teräslevystä. 15 millimetriä vahvuudeltaan olevan teräslevyn hinta on:

$$(15 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 144 \text{ €}$$

Puomin päätylappupaino polttoleikataan 40 millimetrin vahvuisesta lattaraudasta. 40 millimetriä vahvuudeltaan olevan lattaraudan hinta on:

$$(40 \times 1) \times 8 \times 1,20 = 384 \text{ €}$$

Kaikkiaan materiaalikustannuksia syntyy:

$$142,47 \text{ €} + 57,60 \text{ €} + 76,80 \text{ €} + 96 \text{ €} + 115,20 \text{ €} + 144 \text{ €} + 384 \text{ €} = 1016 \text{ €}$$

## 7 TESTAUS

Tasapainonostimen testaus keskittyy hydraulikkalaitteiston (KUVIO 26.) testaamiseen. Nostimella kappaleen käsittelyä ei voida aikataulun puitteissa testata, koska toimintaan asennettavan hydraulisynterinin tyyppi poikkeaa aiemmin suunnitellusta. Nostimeen asennetaan uppomäntäsynterini, joka on rakenteeltaan yksinkertaisempi kuin aluksi suunniteltu standardisynterini, mutta kooltaan huomattavasti suurempi. Synterinin eroa havainnollistaa KUVIO 27.



KUVIO 26. Nostimen hydraulikkajärjestelmä

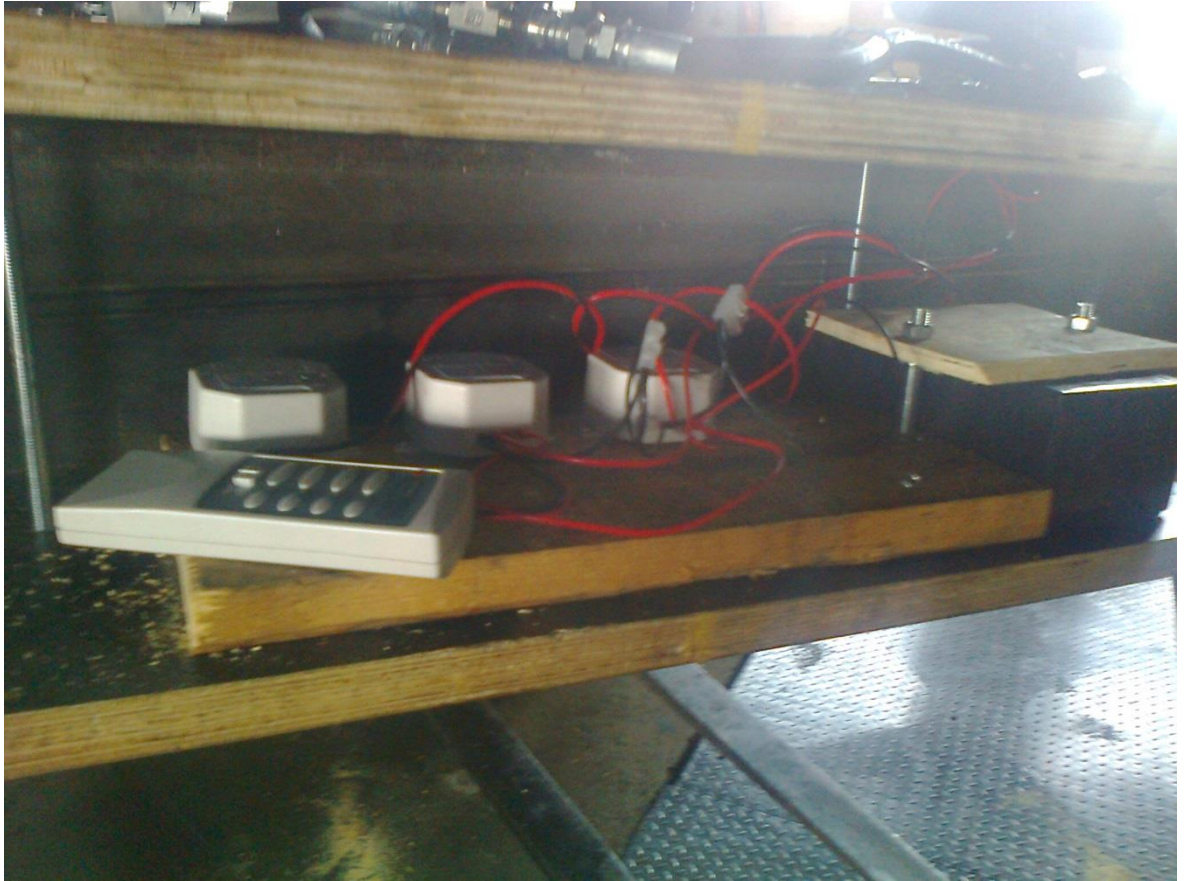
Pienempi standardisynterini tarvitsee rakenteensa takia erillisen säiliön hydraulikkaöljyä varten, kun uppomäntäsynterinissä kummatkin pinta-alat ovat samat eikä erillistä säiliötä tarvita (KUVIO 27.)

Toisena syynä testauksen rajoittuminen hydrauliiikan testaamiseen on nostimen piikkien kiinnityksen ja piikkien levityksen suunnittelun ollessa edelleen keskeneräinen.

Tämä kuvio on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

#### KUVIO 27. Hydraulisyliinterien erot (Isopoussu 2013.)

Nostimeen asennettavaan hydraulijärjestelmään kuuluu kaksi hydraulisyliinteriä, yksi paineilmasyliinteri ja kaksi hydrauliventtiiliä. Paineilmasyliinteri toimii tässä testauksessa säiliönä. Hydrauliventtiileitä ohjataan sähköisellä radiojärjestelmällä, johon kuuluu kolme releitä ja kauko-ohjain. Virta releille otetaan 12 voltin akusta. (KUVIO 28.). Testaukseen käytettävä radiojärjestelmä valittiin sen edullisuuden ja yksinkertaisen käytettävyyden vuoksi. KUVIO 29 havainnollistaa testaukseen käytetyn järjestelmän komponentit. Kuviossa vasemmalla järjestelmän hydraulisyliinterit ja –venttiilit ja oikealla releet ja akku.



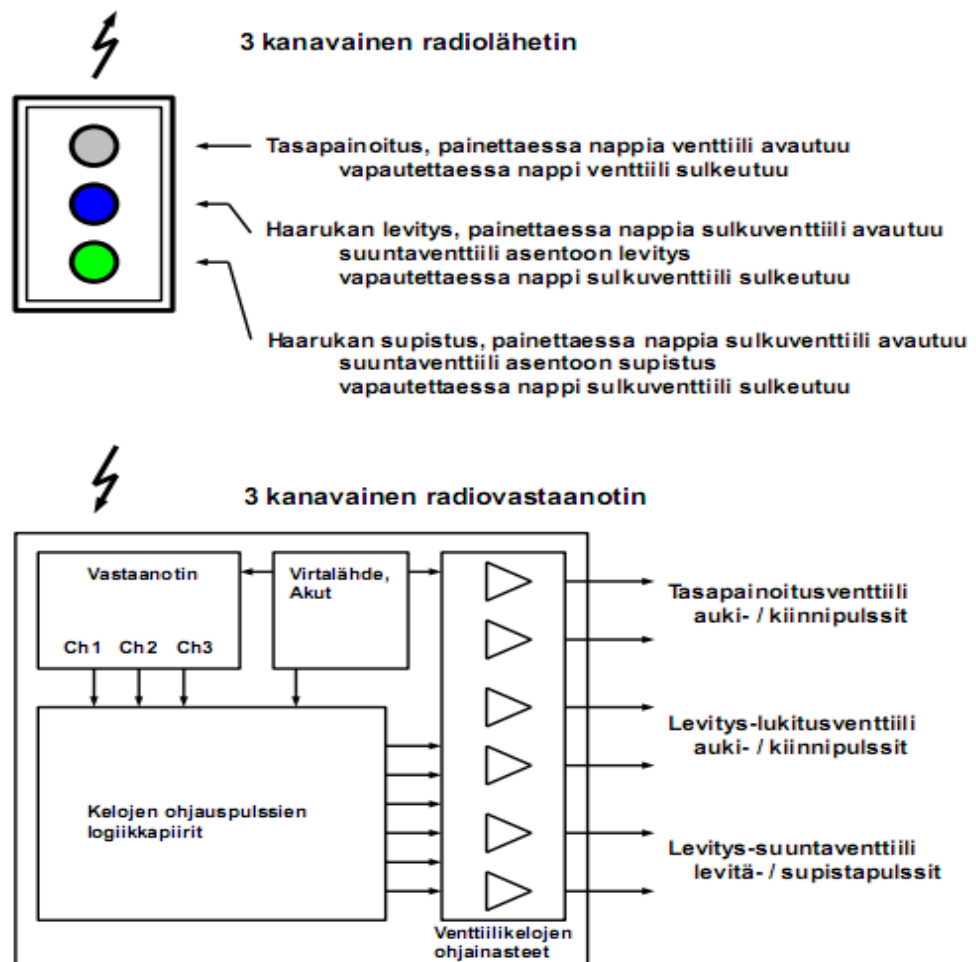
KUVIO 28. Nostimen ohjaukseen käytettävä radiojärjestelmä

Tämä kuvio on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

KUVIO 29. Hydraulikkatestin komponentit (Isopoussu 2013.)

Testauksessa hydraulisylinterien varsia painetaan ulkoisella voimanlähteellä ja samanaikaisesti kauko-ohjaimesta painamalla ohjataan venttiileitä, jolloin saadaan selville liikkuko sylinteri ohjauksen vaikutuksesta. Radio-ohjausta on tarkoitus siis käyttää nostimen hydrauliikkajärjestelmässä ohjaamaan hydrauliventtiileitä, jotta piikkien levitykseen asennettava hydraulisylinteri ja kelkan liikuttamiseen asennettava hydraulisylinteri toimivat kauko-ohjaimesta painettaessa. Testauksessa hydrauliikkajärjestelmä todetaan täysin toimivaksi. KUVIO 30. havainnollistaa nostimen radio-ohjauksen periaatetta.

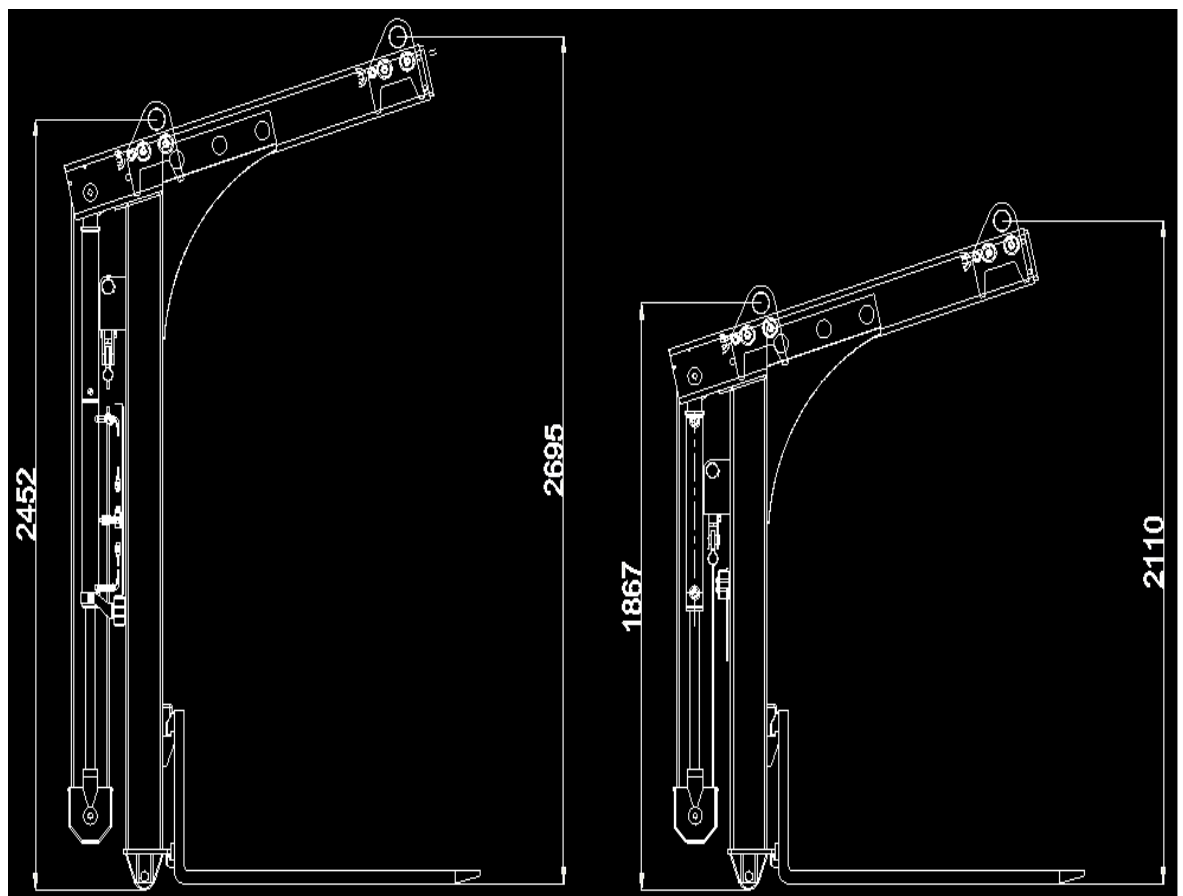
### Radio-ohjauksen toimintaperiaate



KUVIO 30. Nostimen radio-ohjauksen periaate (Isopoussu 2013.)

## 8 TULOSTEN ANALYSOINTI

Heti nostimen osien valmistusvaiheessa havaittiin nostimen korkeus liian suureksi. Korkeuteen syynä on hydraulisyylinterin pituus, joka nostimeen asennetaan (KUVIO 31.). Kuviossa vasemmalla nyt valmistettu nostin. Vaikka nostimen suuri korkeus huomattiin jo valmistusvaiheessa, päätettiin se valmistaa, koska lujuuslaskelmat oli tehty näiden alunperin suunniteltujen nostimen mittojen mukaan.



KUVIO 31. Hydraulisyylinterin pituudesta johtuva nostimen kokoero (Isopoussu 2013.)

Koneistusten tekeminen nostimen osiin, erityisesti puomia varten 5 – akselisella koneistuskeskuksella olisi huomattavasti nopeampaa ja helpompaa. Puomia ei tarvitsisi kääntää, joten koneistaminen onnistuisi puomin kertakiinnityksellä.



Esimerkiksi puomin koneistuksia olisi mahdollista tehdä 5 – akselisella koneistuskeskuksella kolminkertainen määrä yhden työpäivän aikana.

Testausvaiheessa hydraulikkajärjestelmä todettiin toimivaksi, kuten oli suunniteltu. Nostimen hydraulikkajärjestelmä olisi siis mahdollista käyttää testausvaiheen kaltaisilla komponenteilla.

## 9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tasapainonostimen prototyypin valmistuksen seuranta eri osa-alueineen. Tasapainonostimen tarve on ilmeinen teollisuushalleihin, joissa joudutaan käsittelemään pitkiä tavaroita, eikä niiden siirtäminen ole mahdollista poikittaissuunnassa tilan puutteen vuoksi. Työn tavoite onnistui määräaikaan mennessä ja työn tilaajayrityksellä on tämän työn tulosten myötä mahdollista tehdä tasapainonostimen osat mahdollisesti eri tavoilla ja koneilla, jos se koetaan helpommaksi ja edullisemmaksi. Prototyypin valmistus on yleisesti tehokas tapa uuden tuotteen valmistukseen liittyvien osa-alueiden toimivuuden selvittämiseen. Tässä tapauksessa nostimen tiettyjen eri osien suunnittelu jatkuu edelleen. Osavalmistus käytetyillä koneilla ja menetelmillä todettiin toimivaksi.

Kustannuseuranta on haastava osuus prototyypin valmistuksen yhteydessä. Tässä työssä selvitettiin työvaiheisiin kuluva aika sekä materiaalien kustannuksia. Hankittuja osia nostinta varten on paljon eikä niiden kustannuksia tässä työssä huomioitu, koska osat tulevat muuttumaan erilaisiksi nostimen edelleen jatkuvan suunnittelun takia. Kustannuseurantaa on siis jatkettava nostimen suunnittelun edetessä, kun nostimen osien muutokset saadaan selville.

Kaiken kaikkiaan työn tekeminen sujui kohtuullisen hyvin tiukkaan aikatauluun nähden. Tasapainonostimen osat saatiin valmistettua, nostin koottua ja hydraulikkalaitteisto testattua aikataulun puitteissa. Työn suurimpana haasteena oli itselleni henkilökohtaisesti vähäinen kokemus hydraulikasta.

## LÄHTEET

Isopoussu A. 2013. Kuvat sylinterivertailusta ja radio-ohjauksesta. 17.5.2013

Gärding, S. 2012. Piirustuskuvat nostimesta. Kevät 2013

Blickle Oy. 2013. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.blickle.fi/produkte/HPO-85x75-20-75K.html>. Luettu 23.4.2013

Isopoussu A. 2013. Toimitusjohtajan tiedonanto 22.4.2013. Oulun Mekapolar Oy. lisalmi.



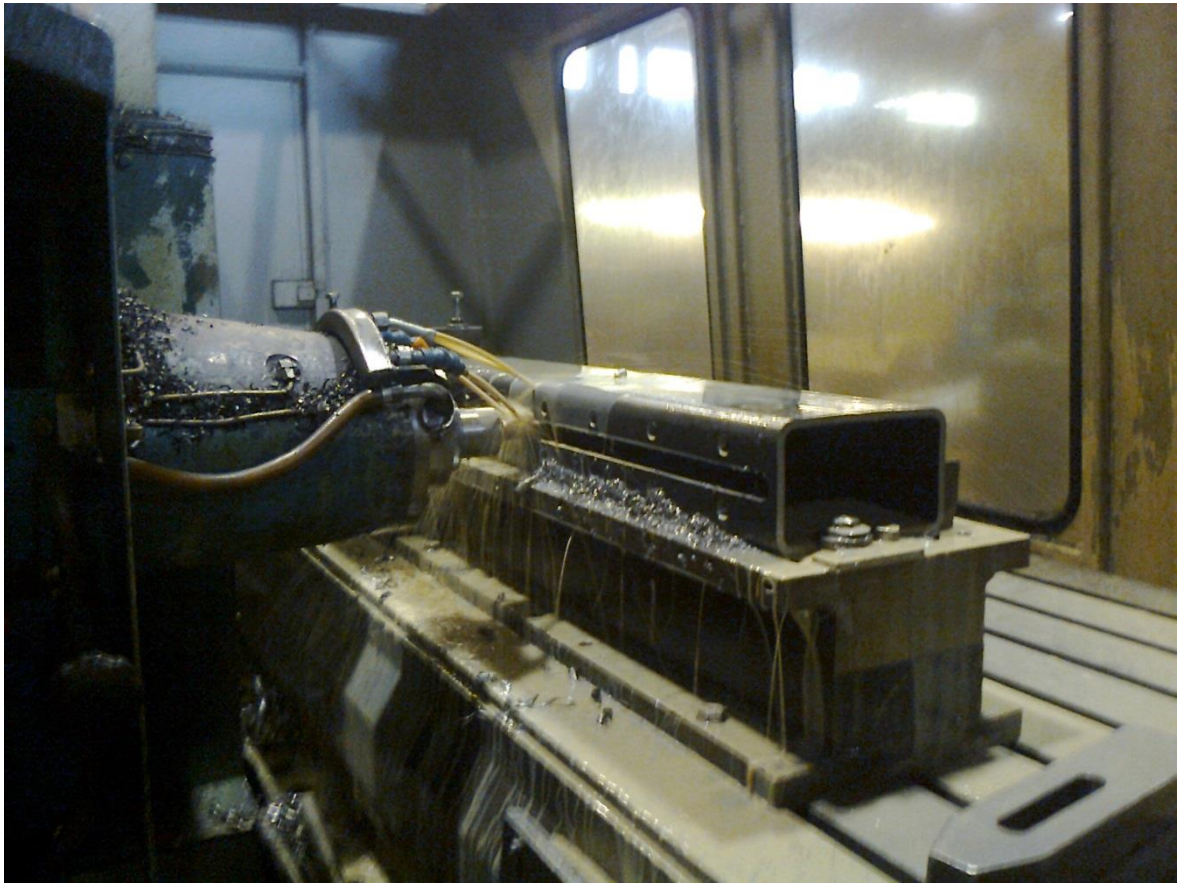
Nostimen rungon pystypalkit



Nostimen puomi määramittaan katkaistuna ja koneistettuna



Nostimen rungon tukipalkki



Puomin koneistaminen



Nostimen rungon jäykisteet, puomi, puomin päätylappupaino, kelkka osineen sekä hydraulisyylinterin osia





Rungon alatukilevy



Nostimen pyörän runko



Nostimen kelkka osineen kokoonpantuna



Pystypalkkien päätylappu



Polttoleikkauksiin käytettävä polttoleikkausautomaatti

Tämä liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.