

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikan yksikkö, Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Jani Rikka

## **Pumpun kokoamispöydän suunnittelu**

Opinnäytetyö 2012

## **Tiivistelmä**

Jani Rikka

Pumpun kokoamispöydän suunnittelu, 44 sivua, 6 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikan yksikkö, Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Tuntiopettaja Simo Sinkko, Saimaan ammattikorkeakoulu,

Letkupumppujen tuotepäällikkö, Markus Rossi, Flowrox Oy

Opinnäytetyössäni suunnittelin pumpun kokoamispöydän. Pöydän tilaaja oli Lappeenrantalainen yritys Flowrox Oy. Yritys halusi suunnittelemani kokoamispöydän tytäryhtiölleen, jotka kokoonpanevat Flowroxin pumppuja. Myös markkinoilla olevien automatisoitujen kääntöpöytien hinnat ovat melko korkeat, ja täten sellaisia ei haluttu ostaa.

Työni alussa sain selkeät vaatimukset, mitä pöydältä edellytetään. Näiden tietojen pohjalta aloin tutustua markkinoilla oleviin malleihin ja niiden ominaisuuksiin. Sain myös pumppujen SolidWorks-mallit, joiden pohjalta suunnittelin pumppujen kiinnityksen pöytään. Levyyn voi kiinnittää kymmenen eri pumppumallia, LPP-T32 – LPP-T80-mallien väliset koot ja niiden hitsatut ja valetut mallit.

Itse suunnittelussa loin SolidWorksillä pöydän rungon, pöytälevyn rungon, pöytälevyn ja pöydän lukituksen. Suunnittelussa otin huomioon työturvallisuuden, pöydän liikuteltavuuden, rakenteen kestävyuden ja erikokoisten pumppujen kasauksen.

Asiasanat: pumpun kokoamispöytä, kääntöpöytä, suunnittelu

## **Abstract**

Jani Rikka

Pump assembly bench, 44 pages, 6 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

Specialisation in Maintenance

Final Year Project, 2012

Instructors: Mentor: Mr. Simo Sinkko, Saimaa University of applied sciences

Mr. Markus Rossi, Manager, Peristaltic Pump Technology, Flowrox Oy

In my thesis I planned a pump assembly bench for Flowrox Oy. Flowrox Oy is located in Lappeenranta, Finland. The company wanted this pump assembly bench to their daughter companies all over to world. My thesis contains the design of the bench, measurement calculation of strength, cylinder calculation, alternative lifting apparatus and conclusions of the project and its completion.

I used SolidWorks- software designing the pump assembly bench on the basis of the standard SFS-EN 1570+A2. I also considered work safety, mobility of the bench and the assembly of many pumps of different sizes.

Keywords: pump assembly bench, turntable, designing

## Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Yritys .....	7
3	Suunnittelun lähtökohdat .....	7
4	Suunnittelu .....	8
4.1	Erilaisia kääntöpöytämalleja .....	9
4.2	Mallin valinta .....	11
4.3	Kääntyvän osan rungon mitoitus.....	12
4.4	Pöytälevyn mitoitus.....	17
4.5	Laakerin ja akselin mitoitus.....	17
4.6	Hitsisaumojen mitoitus .....	22
4.7	Kiinnitys .....	23
4.8	Pöydän lukitus .....	24
4.9	Liikuteltavuus .....	25
4.10	Pöydän kääntö.....	25
4.11	Kääntölaitteiden kartoitus ja valinta .....	25
4.11.1	Koneikko ja sylinteri.....	26
4.11.2	Käsipumppu kaksitoimiselle sylinterille.....	30
4.11.3	Sähkökäyttöinen pumppu.....	31
4.11.4	Paineilmakäyttöinen pumppu .....	32
4.11.5	Paineilmanostin .....	32
4.11.6	Räikkäketjutalja .....	33
4.11.7	Sähkökäyttöinen vaijerivinssi .....	34
4.11.8	Siltanosturi .....	35
4.11.9	Hammastankotunkki.....	35
4.11.10	Hydraulinen kärkitunkki .....	36
4.11.11	Valinta .....	36
5	Laitteen turvallisuus.....	37
5.1	Huolto ja kunnossapito.....	37
5.2	Riskien kartoitus .....	38
5.3	Nostopöytästandardi.....	38
5.4	CE-merkintä.....	38
6	Valmistus ja ohjeistus.....	39
6.1	Kokoonpano.....	39
6.2	Pintakäsittely.....	39
7	Kustannusarvio .....	39
8	Päätelmät.....	40

Kuvat.....	41
Lähteet.....	43

#### Liitteet

- Liite 1. Valmistuskuvat
- Liite 2. Kääntöpöydän kääntimen taulukointia
- Liite 3. LPP-T80 tekniset tiedot
- Liite 4. Maalausohje K22
- Liite 5. Riskianalyysi
- Liite 6. SKF:n laakerin SYNT 90 FTF:n tekniset tiedot

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe tuli Flowrox Oy:n tarpeesta saada edullinen kääntöpöytä. Tehtävänä oli suunnitella ja mitoittaa metallirakenne ja valita mahdolliset pöydän kääntölaitteet ja piirtää tarvittavat valmistuspiirustukset rungosta.

Työn tuloksena tuli saada yksinkertainen ja edullisesti itse rakennettava pumpun kasauspöytä. Pöytä suunniteltiin tytäryhtiöitä varten, joilla ei ole mahdollisuutta käyttää tai niihin ei ole kannattavaa ostaa monien kymmenien tuhansien eurojen hintaista hitsauspyörityspöytää. Pöydällä tulee pystyä kasaamaan useita erikokoisia pumppuja. Tämän rakenteen tulee olla myös kestävä ja rakenteiden kestävyys tulee olla mitoitettu riittäväksi, jotta laitetta olisi turvallista käyttää. Kuluvien osien tulee olla huollettavia ja helposti vaihdettavia.

Opinnäytetyössäni kerron myös kuinka suunnittelin pumpun kasauspöydän ja mitä osa-alueita suunnitteluun kuului. Tein laitteelle riskien kartoitus analyysin, jonka avulla yritys voi sulkea pois mahdollisia riskejä.

## 2 Yritys

Flowrox Oy (entinen Larox Flowsys) on lappeenrantalainen yritys, joka tunnetaan pumppujen ja venttiilien valmistuksesta ympäri maailmaan. Yrityksellä on vuosikymmenien kokemus virransäätö- ja elastomeeritekniikasta. Yritys on johdettava letku- ja levyuistiventtiileiden ja peristalttisten pumppujen toimittaja. Sen osaamisalue on kuluttavissa, syövyttävissä ja vaativien väliaineiden pumppaus-, säätö- ja sulkuongelmien ratkaisemiseen tarkoitetuissa erilaisissa prosessitekniikan sovelluksissa.

Flowrox Oy:n toimialat ovat kaivos- ja mineraaliteollisuuden, energia- ja ympäristöteollisuuden, laitevalmistajien ja muiden teollisuuden alojen parissa. Näille toimialoille yritys toimittaa letkuventtiileitä, levyuistiventtiileitä, letkupumppuja ja epäkeskoruuvipumppuja.

Yrityksen toimipisteitään on ympäri maailman. Pääkonttori sijaitsee Lappeenrannassa, muut toimipisteet ovat Oulussa, Kouvolassa, Yhdysvalloissa, Australiassa, Etelä-Afrikassa, Kiinassa ja Venäjällä. Yrityksen tuotannosta menee noin 80 % vientiin. Koko konsernilla on yhteensä yli 100 työntekijää. Vuonna 2010 yritys saavutti 21 M€ liikevaihdon. (1.)

## 3 Suunnittelun lähtökohdat

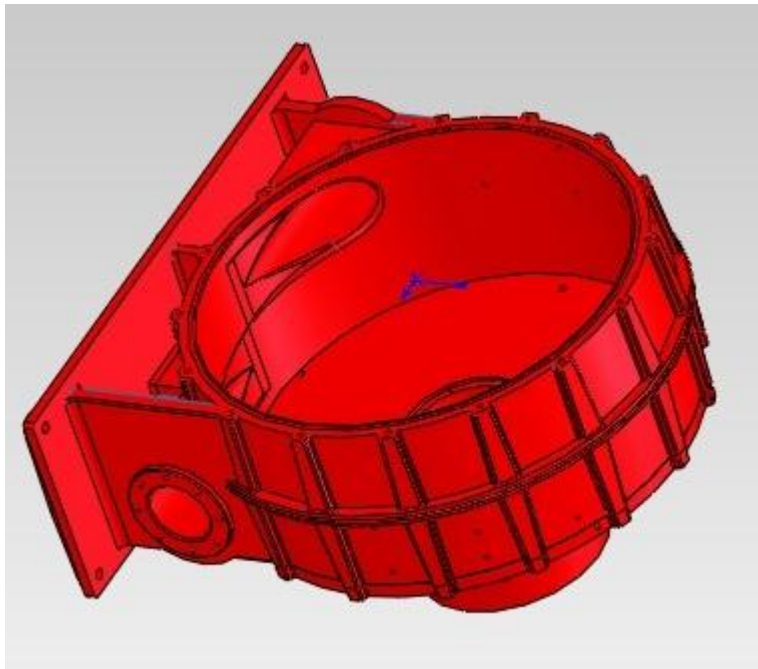
Tämän otsikon alla listaan lyhyesti suunnittelun lähtökohdat, asiakkaan toiveet ja vaatimukset. Ohessa on yrityksen antama vaatimuslista, jossa mainitaan muun muassa laitteen rakenteeseen ja turvallisuuteen liittyvistä asioista.

Vaatimuslista:

- Pöydän tulisi olla kestävä, edullinen ja helppo rakentaa.
- Laitteen kestävyys tulee mitoittaa riittäväksi. Laskut lasketaan painavimman pumpun (LPP-T80-VALETTU) mukaan ja niissä huomioidaan riittäväällä varmuudella pumpun koneisto ja pöydän omamassa (n. 3000 kg).
- Laitteeseen tulevat laakerit valitaan riittäväällä varmuudella kestäviksi.

- Pöydällä pitää pystyä kokoamaan useita erikokoisia pumppuja, ja tätä varten pumppurunkojen kiinnitys kiinnityslevyyn on suunniteltava kaikille sopivaksi. Kiinnityksessä huomioidaan sopiva työskentelykorkeus, laitteen turvallisuus ja laitteen toimintakyky.
- Asentajalla ei voi, eikä saa jäädä raajoja puristuksiin laitetta käyttäessään.

Kuvassa 3.1 on suunnitteluohjelma SolidWorksillä tehty pumpun malli. Sain mallinnetuista pumpuista suurimman osan tarvittavista tiedoista SolidWorks-ohjelman kautta laskutehtäviini.



Kuva 3.1 Painavin (1380 kg) pumpun runko, jota on tarkoitus koota pöydällä, LPP-T80-valettu (SolidWorks malli). (2.)

## 4 Suunnittelu

Aloitin suunnittelun tutustumalla erilaisiin malleihin ja niiden ominaisuuksiin Internetissä. Myös Flowrox Oy:n oma konekanta antoi suunnitteluun hieman osviittaa. Otin myös ohjaajien mielipiteet ja toiveet huomioon.



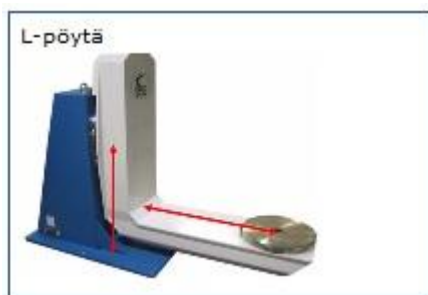
Malli, jonka loin SolidWorksilla ei muistuta ulkonäöltään millään lailla innoittajiin Firotecin 2500 HHT:ta ja Besteamin Bestis 2500:aa. Käyttöominaisuuksiltaan olen yrittänyt luoda yhtä järeän ja kestävästi tuotteen kuin Firotecin 2500 HHT (Kuva 4.1) ja Besteamin Bestis 2500 (Kuva 4.2) tai 4500. Suunnittelemani laite ei kuitenkaan kilpaile innoittajiensa kanssa missään sarjassa. Laitteessa ei ole pyörityspöytäominaisuutta kuten edellä mainituissa. Laitteessa itsessään ei ole koneikkoa, joka liikuttelisi sen kääntöpöytää. Valitsin vaihtoehtoiset pöydän kääntölaitteet. (Katso otsikon 4.10 ja sen jälkeisten otsikoiden alta vaihtoehdot.)

Suunnittelun edetessä tein laskuja ja aina muutosten tullen muutin niitä. Koska laskuja syntyi kohtalaisen paljon, raporttiin on liitetty vain lopulliset laskut.

#### 4.1 Erilaisia kääntöpöytämalleja

Erilaisia kääntöpöytämalleja löytyy paljon. Suomessa on ainakin kolme isoa yritystä, jotka tekevät hitsauskääntöpöytiä. Niitä on laaja valikoima ja melkein painoon kuin painoon löytyy oman kokoluokan pöytä. Suomalaisia valmistajia ovat esimerkiksi Firotec, Besteam ja Finnrobotics Oy.

Kuvassa 4.1 on Finnrobotics Oy:n L-pöytä, joka näyttää mallillaan hienoa muotoilua. Pöydän painorajoitukset nousevat jopa 15000 kg:aan. Korkeussäädöt ja rungon pituus tehdään asiakkaan tarpeita vastaaviksi.



Kuva 4.1 Finnroboticsin L-pöytä (17.)

Tämän mallinen kääntöpöytä löytyy Flowrox Oy:n konekannasta. Firotecin 2500 HHT:n sallimat käyttökuormat ovat samaa luokkaa kuin suunnittelemani laitteen. Kuvassa 4.2 on edellä mainittu kääntöpöytä.

## 2500 HHT

Tyyppi	2500 HHT
Kuorma	25000 N
Pyöritysmomentti	2500 Nm
Pyöritysnopeus	0,05-1,6 rpm
Kallistusmomentti	6500 Nm
Pöytälevyn halkaisija	800 mm
Korkeus	910-1800 mm
Leveys	1080 mm
Pituus	2270 mm
Paino	1200 kg



Kuva 4.2 Firotec:n 2500 HHT-kääntöpöytä (3.)

Samoin Besteamin Bestis 2500:n käyttökuormat ovat samaa luokkaa laitteeni kanssa (kuva 4.3).

## Bestis 2500

### Tekniset tiedot

Nostovoima max	25000 N
Kallistusmomentti max	6500 Nm
Pyöritysmomentti max	2500 Nm
Pyöritysnopeus	0,05 - 1,6 rpm
Työpöydän halkaisija	800 mm
Työpöydän korkeus	450 - 1640 mm
Työpöydän kallistuskulma	165°
Leveys	930 mm
Pituus	2270 mm
Paino	1100 kg



Kuva 4.3 Besteamin Bestis 2500 kääntöpöytä (5.)

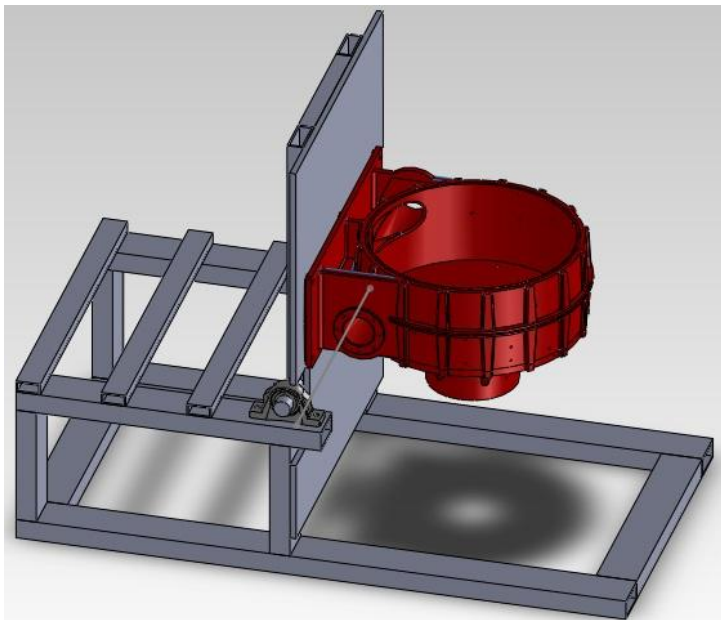
Telwin TX 500 muistuttaa malliltaan eniten luomaani mallia. Kuvassa 4.4 on Telwin TX 500. Kyseinen malli on vain huomattavasti kevyempiä massoja varten. Taltor Oy:n mallistosta löytyy myös kyseiseen painoluokkaan kilpailukykyinen malli. Telwin TX:n hinta on 10000 euron tienoilla ja laite on tarkoitettu vain 500 kg painaville massoille.



Kuva 4.4 Taltor Oy:n Telwin TX 500 pyörittäispöytä (6.)

#### 4.2 Mallin valinta

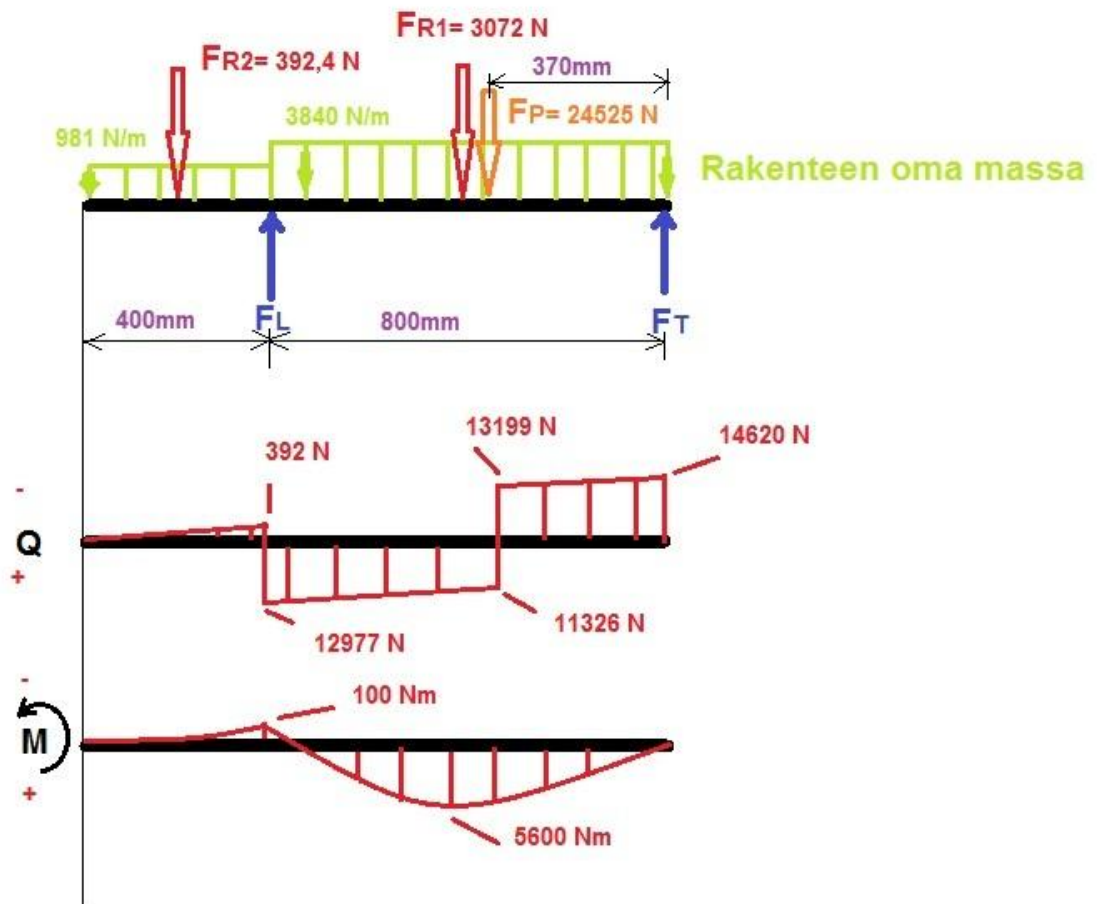
Päädyin rakenteessa hieman kompromissivaihtoehtoon. Kuuntelin valinnassa yrityksen työnjohton esimiehen ja työntekijöiden toiveita. Mallini muistuttaa hieman pöytärakenteen kääntymisominaisuuksiltaan Firotecin 2500 HHT:tä ja Besteamin 2500:aa, mutta runko taas on enemmän Telwin:n TX 500:n mallinen. Kuvassa 4.5 on luonnos ensimmäisestä hahmotelmastani kääntöpöydästä. Rakente muuttui hieman suunnittelun myötä ja laite sai lisää komponentteja.



Kuva 4.5 Ensimmäisiä luonnoksia pumpun kokoamispöydästä

### 4.3 Kääntyvän osan rungon mitoitus

Runko on mitoitettu lujuuksiltaan rasituksia kestäväksi ja rakenteessa vaikuttavien voimien aiheuttamat taipumat ovat todella pieniä palkkien ja osien pituuksiensa vuoksi. Kuvassa 4.6 ja 4.7 on lujuuslaskujen jälkeen tehty leikkausjännitys- ja momenttikuviot.



Kuva 4.6 Pöytälevyn rungon leikkausvoima- ja momenttikuviot vaakatasossa (15.)

$$M_{F_L} = \text{Laakerilaksun momenttilause}$$

$$F_T = \text{Tukivoima } T \text{ (kohta, jossa pöytälevy tukeutuu runkoon)}$$

$$F_L = \text{Tukivoima laakereille}$$

$$F_P = \text{pumpun massan aiheuttama voima}$$

$F_{R_1}$  = oikeanpuoleisen tasaisen kuorman resultanttivoima

$F_{R_2}$  = vasemmanpuoleisen tasaisen kuorman resultanttivoima

$$M_{F_L} = F_T * 0,8m - F_P * 0,43 - F_{R_1} * 0,4 + F_{R_2} * 0,2m = 0$$

$$F_T = 11774,6Nm - 78,48Nm) : 0,8m = 14620,1N$$

$$F_L = 392,4N + 3072N + 24525N - F_T = 13369,3N$$

$Q$  = leikkausjännitys (laskettu kuvan 4.6 vasemmalta oikealle)

$$\uparrow 14620,1N$$

$$\downarrow F_T - 0,37m * \frac{3849N}{m} = 13199,3N$$

$$\downarrow 13199,3N - 24525N = -11325,7N$$

$$\downarrow -11325,7N + 0,43m * \frac{3840N}{m} = -12976,9N$$

$$\uparrow -12976,9N + F_L = 392,4N$$

$$\downarrow 392,4N - 981 * 0,4m = 0$$

$M$  = momentti (laskettu kuvan 4.6 vasemmalta oikealle)

$$\textcircled{1} 13199,3N * 0,37m + \frac{3840N}{m} * \frac{0,37m}{2} = 5600Nm$$

$$\textcircled{2} 5594,1 - \left( 11325,7N * 0,43m + \frac{3840N}{m} * \frac{0,43m}{2} \right) = -100Nm$$

$\sigma_{sall}$  = sallittu jännitys

$$\sigma_{sall} = 235N/mm^2$$

$\sigma_{max}$  = maksimimomentin aiheuttama jännitys

$y = \text{profiilin } 150 \times 100 \times 5 \text{ leveyden halkaisija}$

$I = \text{Neliömomentti}$

$$I = 3,84 * 10^6 \text{mm}^4$$

$$\sigma_{\max} = M * \frac{y}{I} = 5600 \text{Nm} * 1000 * \frac{75}{3,84} * 10^6 = 72,92 \text{MPa}$$

$f = \text{Venymä}$

$F = \text{voima}$

$a = \text{pituus(mitta tuesta } F_L \text{ vasemmalle)}$

$b = \text{pituus(mitta tuesta } F_T \text{ oikealle)}$

$E = \text{kimmokerroin}$

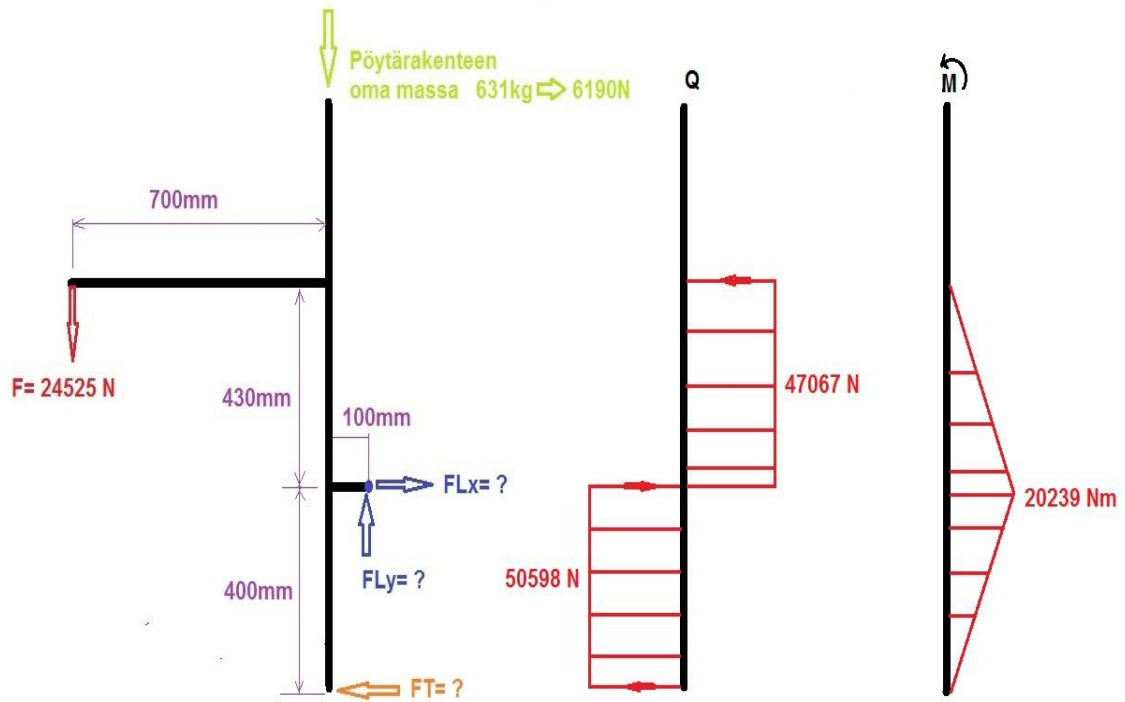
$I = \text{neliömomentti}$

$l = \text{pituus}$

$$f = \frac{F a^2 * b^2}{3EI} = \frac{24525 \text{N} * 430^2 * 370^2}{3 * (210 * 10^6) * 3,84 * 10^6 * 800} = 0,000321 \text{mm}$$

$$\frac{0,000344 \text{mm}}{2} = 0,00016 \text{mm}$$

Taipumaa ei juuri synny, koska rakenne on kohtuudella ylimitoitettu.



Kuva 4.7 Pöydän rungon leikkausvoima- ja momenttikuvat pystyasennossa (15.)

$M_{F_L}$  = laakerilaksun momenttilause

$F_T$  = tukivoima

$$M_{F_L} = 24525N * 0,8m + 6190N * 0,1m - F_T * 0,4m = 0$$

$$F_T = \frac{19135,4N}{0,4m} = -3071,1N$$

$M_L$  = momenttilause laakerille

$F_{L_Y}$  = laakerin y: n suuntainen komponentti

$$M_L = 24525N * 0,7m - F_T * 0,4m + F_{L_Y} * 0,1m = 0$$

$$F_{L_Y} = -\frac{3071,51Nm}{0,1m} = -30715N$$

$$M_{FL} = \text{momenttilause tuelle } F_T$$

$$F_{LX} = \text{laakerin } x: n \text{ suuntainen komponentti}$$

$$M_{FT} = 24525N * 0,7m + F_T * 0,1m - F_{LX} * 0,4m = 0$$

$$F_{LX} = \frac{20239Nm}{0,4m} = 50597,5N$$

Rungon mitat on valittu pöytälevyn ja koon mukaan. Samalla on otettu huomioon turvallisuus ja pöydän liikuteltavuus.

Rungon profiilin mitoituslasku:

Valitsin taulukkokirjan taulukosta putkipalkki profiilin 150x100x5. (15, s.760)

$$\sigma_{max} = \text{suurin jännitys joka syntyy maksimimomentin vaikutuksesta}$$

$$\sigma_{sall} = \text{sallittu jännitys}$$

$$\sigma_{sall} = 235N/mm^2$$

$$\sigma_{max} = \text{Maksimi momentin aiheuttama jännitys}$$

$$y = \text{Profiilin } 150x100x5 \text{ korkeuden halkaisija}$$

$$I = \text{Neliömomentti}$$

$$I = 5,55mm^4 * 10^6$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * y}{I} = \frac{20239N * 10^3 * 50mm}{5,55mm^4 * 10^6} = 182N/mm^2$$

Maksimijännitys on alle sallitun jännityksen, joten rakenne kestää maksimimomentin aiheuttaman kuorman.

$$f = \text{Venymä}$$

$$F = \text{voima}$$

$$a = \text{pituus(mitta tuesta } F_L \text{ vasemmalle)}$$



$b = \text{pituus(mitta tuesta } F_T \text{ oikealle)}$

$E = \text{kimmokerroin}$

$I = \text{neliömomentti}$

$l = \text{pituus}$

$$f = \frac{Fa^2b^2}{3EI} = \frac{50597,5N * 400^2mm * 430^2mm}{3 * 210N/mm^2 * 10^6 * 5,55mm^4 * 10^6 * 800mm} = 0,000535mm$$

$$\frac{0,000535mm}{2} = 0,000268mm$$

Taipumaa ei juuri synny kyseisillä kuormilla.

#### 4.4 Pöytälevyn mitoitus

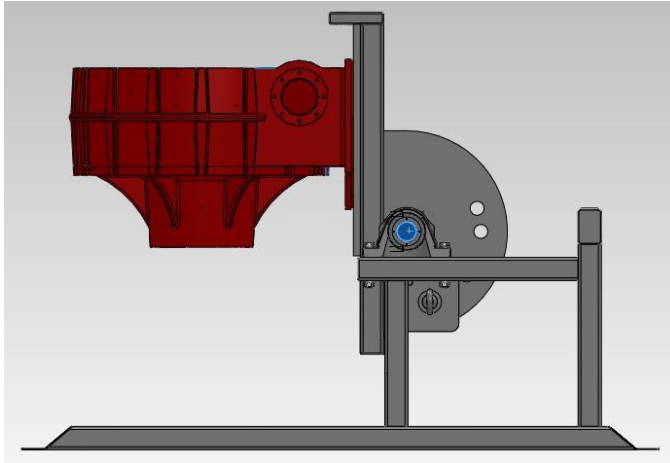
Itse pöytälevyn kestävyyttä en määrittänyt, vain rungon.

Pöytälevy on valittu varmanpäälle jo aikaisemmin samanlaisessa käytössä ollutta levyä paksummasta materiaalista.

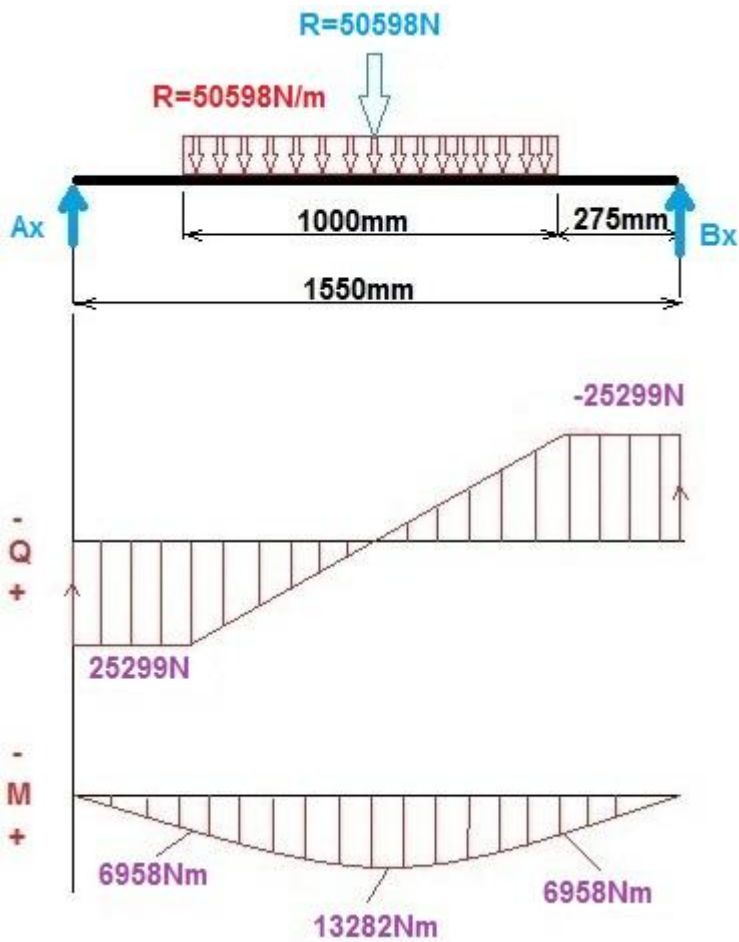
Laskuissa on laskettu pöytä rakenteeseen kohdistuvia voimia ja voimien aiheuttamia taipumia pöydän runkoon. Runkoon aiheutuneet kuormat ja niistä johtuneet taipumat jäivät minimaalisiksi. Tämän vuoksi en laskenut varsinaisen rungon taipumia tai siihen kohdistuvia voimia.

#### 4.5 Laakerin ja akselin mitoitus

Pöytälevyä kannattelevan akselin kesto on laskettu voiman komponenteilla, joilla sain tietää taipuman suunnan ja määrän ja akseliin kohdistuvan voiman. Akselin rasitus on laskettu painavimman pumpun ollessa kiinni pöydässä ja pöydän ollessa käännettynä pystyasentoon, kuten kuvassa 4.8. Kuvissa 4.9 ja 4.10 on tarkoitus havainnollistaa voimien ja momenttien määriä ja suuntaa. Täysin oikeanlaista kaavaa ei kyseiselle rakenteelle löytynyt, joten lasku on laskettu varman päälle. Laskin ensin tukivoimat  $A_x$ :n ja  $B_x$ :n. Niiden pohjalta piirsin kuvan 4.9 leikkausvoimakuvion. Leikkausvoimakuvion perusteella sain laskettua momentin maksimin.



Kuva 4.8 Kääntöpöytä on pystyasennossa. Akselia on kuvassa korostettu sinisellä värillä



Kuva 4.9 Akselin X:n suuntainen leikkausvoima- ja momenttikuviot (15.)

$Q = \text{leikkausvoima}$

$M = \text{momentti}$

$A_x$  ja  $B_x =$  tukivoimat

Tukivoimat:  $F_x = -A_x + R - B_x = 0$

$$A_x = B_x = \frac{505978N}{2} = 25299N$$

Momentti:  $M_{Ax} = R * 0,775m - B_x * 1,55m = 0$

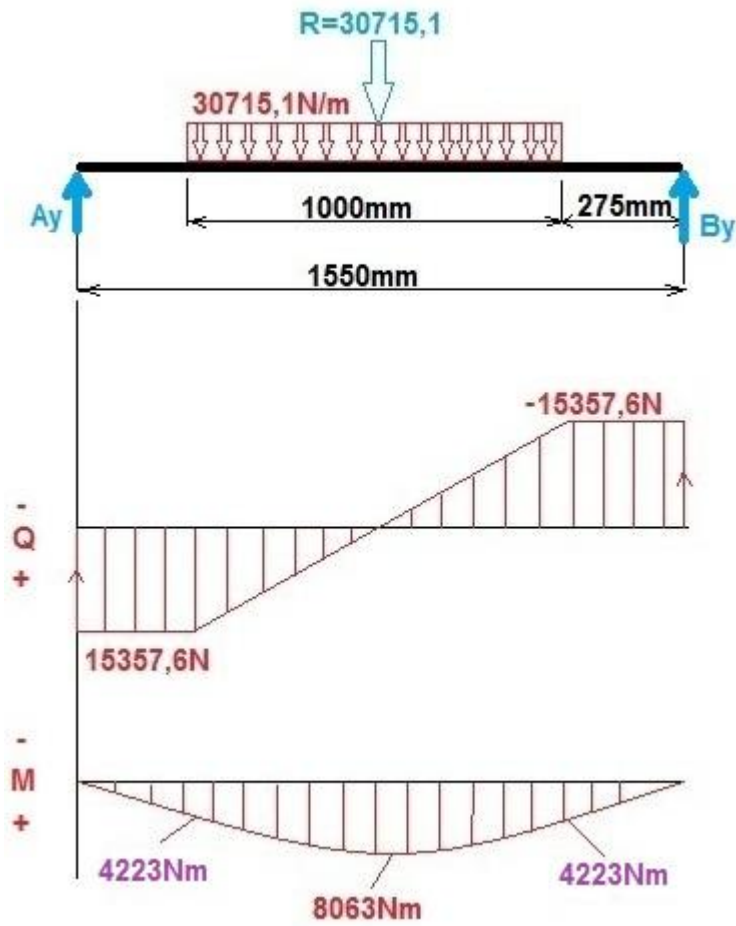
Momentti on laskettu Q:n arvoista, kuvan 4.8 mukaan, oikealta vasemmalle.

$$\downarrow B_x * 0,275m = 6958Nm$$

$$\downarrow 25299N * 0,275m = 6958Nm$$

$$\downarrow 6958Nm + 25299N * 0,5/2 = 13282Nm$$

Samat laskutoimitukset suoritin myös Y:n suuntaisia voimia laskiessani.



Kuva 4.10 Akselin Y:n suuntainen leikkausvoima- ja momenttikuviot (15.)

$A_y$  ja  $B_y = \text{tukivoimat}$

$M = \text{momentti}$

$R = \text{tasaisen kuorman resultantti}$

$Q = \text{leikkausvoimat}$

$$M_{Ay} = R * 0,775m - B_y * 1,55m = 0$$

$$F_y = -A_y + R - B_y = 0$$

Leikkausvoimat:

$$R = \frac{30715N}{m} * 1m = 30715N$$

$$A_y = B_y = \frac{30715N}{2} = 15358N$$

Momentti:

$$\downarrow 15358N * 0,275m = 4223Nm$$

$$\downarrow 4223Nm + 15358 * \frac{0,5}{2} = 8063Nm$$

Akselin resultantit:

$R_{max}$  = akseleiden maksimimomenttien resultantti

$M_y$  = Y:n suuntainen maksimiresultantti

$M_x$  = X:n suuntainen maksimiresultantti

$$R_{max} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$R_{max} = \sqrt{13282^2Nm + 8063^2Nm} = 15538Nm$$

$\sigma_{max}$  = maksimijännitys

$M$  = resultanttimomentti

$y$  = jäyhyysäde

$I$  = jäyhyysmomentti

$$\sigma = \frac{M * y}{I}$$

$$\sigma = \frac{15538Nm * 10^3 * 50mm}{8333,3 * 10^3mm^4} = 93N/mm^2$$

X:n suuntainen taipuma:

$$f_m = \text{taipuma}$$

$$f_m = \frac{5 * ql^4}{384 * EI}$$

$$q = 50597,5N/mm$$

$$f_m = \frac{5 * \frac{50,5975N}{mm} * 1000^4 mm}{384 * 210 * 10^6 * 8333,3 * 10^3} = 0,000376mm$$

Y:n suuntainen taipuma:

$$q = \frac{30715,1N}{mm}$$

$$= 0,000229mm$$

Laakereille on laskettu kuvien 4.9 ja 4.10 tukivoimien perusteella resultanttivoima.

$$R_{laakeri} = \sqrt{Ax^2 + Ay^2}$$

$$R_{laakeri} = \sqrt{15358^2 N + 25299^2 N} = 29620N$$

Laakereiksi valitsin SKF:n taulukosta järeät laakerit, jotka kestäisivät paljon kovempiakin rasituksia. Laakereiden dynaamisen kuorman kesto 325 kN ja staattisen 375 kN. Laakereiden malli on SYNT 90 FTF, 22218E. Kuva ja tarkemmat tiedot on opinnäytetyön liitteessä 6.

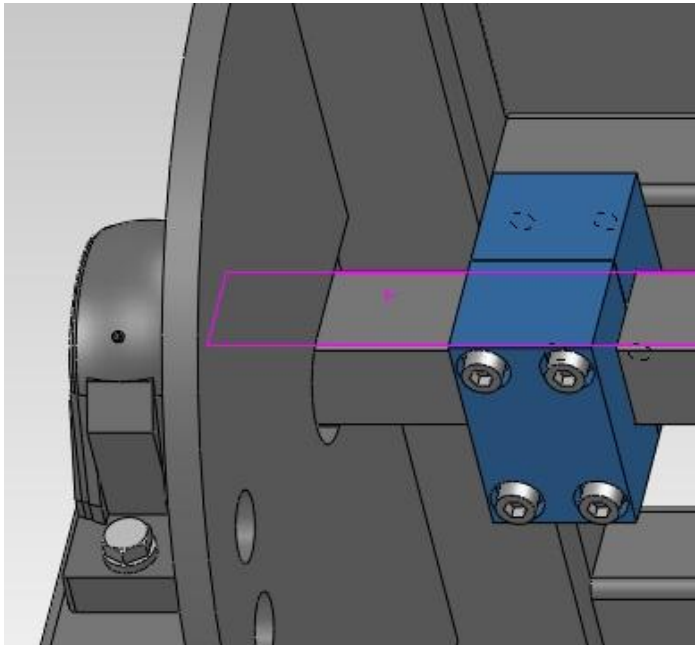
#### 4.6 Hitsisaumojen mitoitus

Hitsit hitsataan vähintään a-mitalla 5 mm, joka on rakenteen aineenvahvuuden verran. Tämä tehdään jotta varmistetaan siitä, että hitsi on vähintään yhtä kestävä kuin pääaine. Se on myös laadun tae, että rakenteesta saadaan yhtä kestävä.

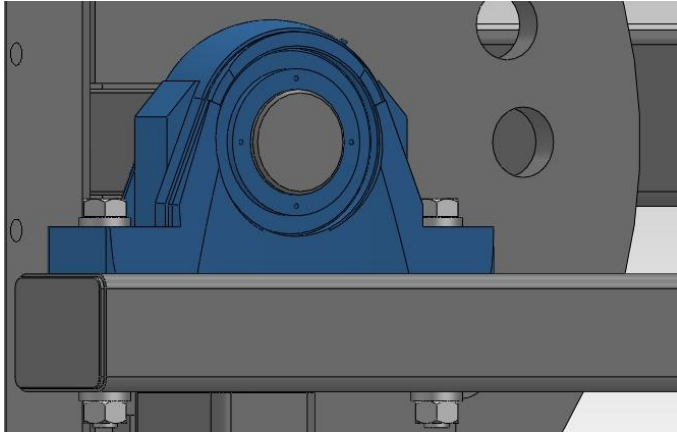
## 4.7 Kiinnitys

Runko kiinnitetään maahan pulttikiinnityksellä. Aina kun pöytää käytetään, on pöydän oltava kiinnitettynä maahan, jotta ei synny turvallisuusriskejä.

Pöytälevyn runko kiinnitetään päärunkoon laippaliitoksella. Pöytälevyyn hitsataan kiinnityslaipan kuorenpuolikas. Kuvassa 4.11 on havainnollistettu akselin kiinnitystä kiinnityslevyn runkoon. Kiinnityslaipan kuorten väliin sijoitetaan akseli ja rakenne kiinnitetään yhteen pultein. Laakeriysiköt sijoitetaan akselin päihin, akseli voi tulla muutaman millin ulos laakerista. Laakeriysiköt kiinnitetään pulttien ja mutterin avulla runkoon, kuten kuvasta 4.12 käy ilmi.



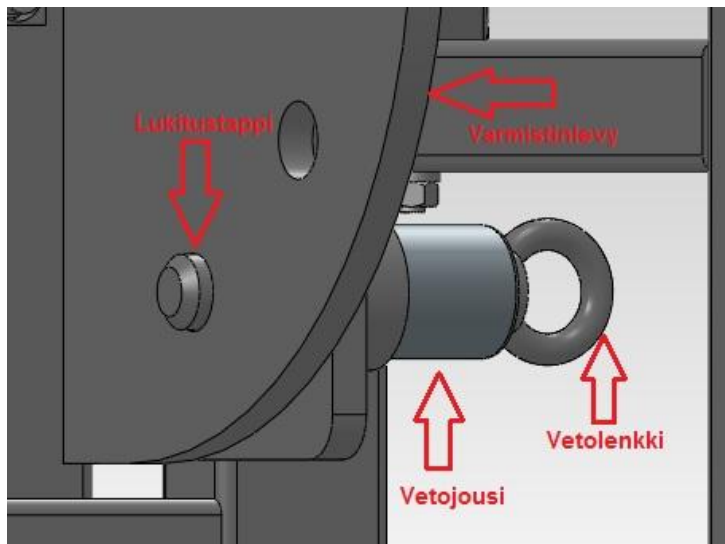
Kuva 4.11 Kuvassa akselin kiinnitys kiinnityslevyn runkoon



Kuva 4.12 Laakerin kiinnitys runkoon

#### 4.8 Pöydän lukitus

Turvallisuutta varten on laitteelle suunniteltu pöydän lukitus levyyn, jousen avulla lukittuva tappi. Kuva 4.13 havainnollistaa varmistuskokoonpanon rakennetta. Toisella puolella on irtotappi, joka kestää paikallaan sokan avulla. Lukitusta avattaessa on varmistuttava siitä, ettei turvallisuusriskejä synny eikä laite vaurioidu.



Kuva 4.13 Kääntöpöydän jousella varustettu varmistintappikokoonpano



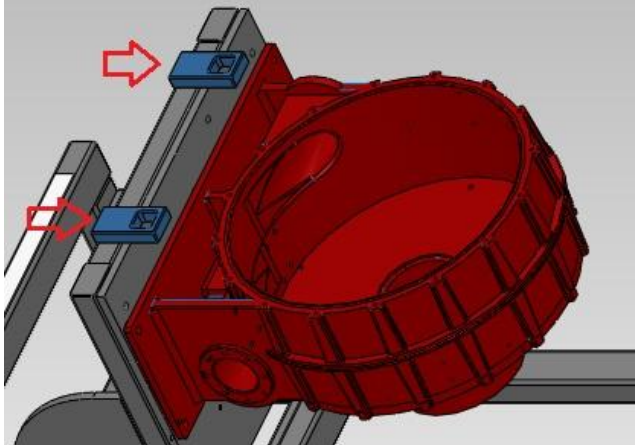
## 4.9 Liikuteltavuus

Pöydän rakenteessa on huomioitu liikuteltavuus paikasta toiseen. Pöytää pystytään liikuttamaan pumppukärryllä ja trukilla. Tähän kuitenkin tarvitaan kestävä tuki, joilla tuetaan pöytä liikuttelun ajaksi vaakasuoraksi, jotta pöytä kestää pysyvässä liikuttelun ajan. Pöytää saa myös nostaa nosturilla, kunhan liinat ovat kiinni varsinaisessa rungossa.

## 4.10 Pöydän kääntö

Pöydän kääntö on suunnittelemani mallissa mekaaninen. Laitteessa itsessään ei ole nostavaa koneikkoa eikä tunkkia, jolla nosto suoritettaisiin. Valitsin kuitenkin muutaman vaihtoehdon, joilla nosto voidaan suorittaa, mutta ne tekevät tuotteelle lisäkustannuksia.

Mekaanista kääntöä varten pöytään on suunniteltu kiinnityskoukut, joihin voidaan kiinnittää esimerkiksi hallinosturiin kiinnitetty nostoapuväline. Kuvasta 4.14 ilmenee kiinnityslenkkin sijainti ja malli.

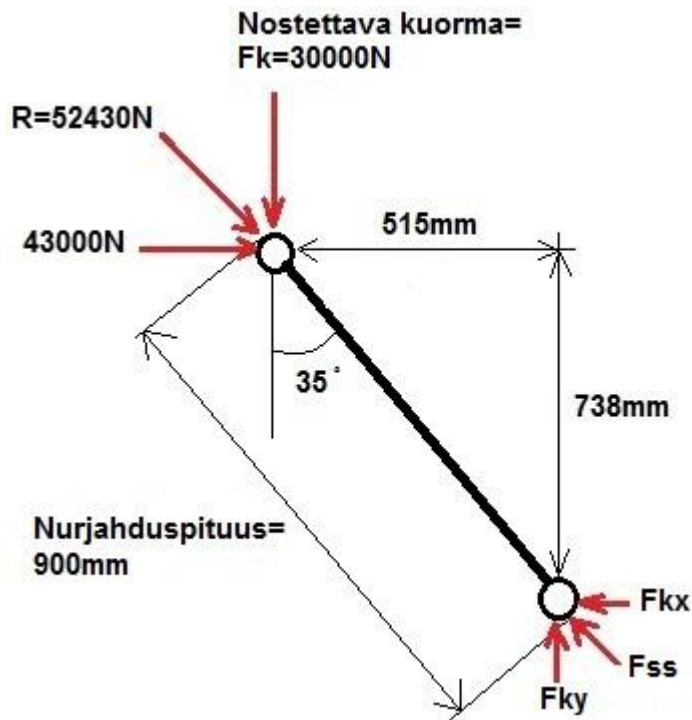


Kuva 4.14 Kääntöpöydän kiinnityskoukut

## 4.11 Kääntölaitteiden kartoitus ja valinta

Kääntölaitteiden kartoituksen tein Internetistä löytyvien hydraulikkavalmistajien ja jälleenmyyjien valikoimiin tutustuen. Esimerkiksi Hydoringin ja BoshRexrothin valikoimista löytyy oivia vaihtoehtoja mekaanisen laitteen liikuttelijoiksi. Listasin löytämäni kääntölaitteet taulukkoon, joka löytyy liitteestä 2. Taulukossa on ver-





Kuva 4.16 Nostotilanteen alkuasemaa havainnollistava tasapainotilannekuva

Sylinterin suuntainen voima:

$$\text{Kuorman aiheuttama voima} = F_k = F_{ky}$$

$$\text{Kuorman aiheuttaman voima Y:n suuntainen komponentti} = F_{ky}$$

$$\text{Kuorman aiheuttaman voima X:n suuntainen komponentti} = F_{kx}$$

$$\text{Kulma} = \alpha$$

$$\text{Sylinterin suuntainen voima} = R = F_{ss}$$

$$\frac{F_k}{\alpha} = F_{ss}$$

$$\frac{30000N}{\sin(35^\circ)} = 52304N$$

Tarvittava sylinterin sisähalkaisija, jotta sylinteri saadaan nousemaan nimellis-  
paineella:

$$F = \text{voima}$$

$$p = \text{paine}$$

$$A = \text{pinta} - \text{ala}$$

$$r = \text{säde}$$

$$D = \text{halkaisija}$$

$$A = \text{pinta} - \text{ala}$$

$$\frac{F}{p} = A$$

$$\frac{F}{p} = \pi r^2$$

$$D = 2r$$

$$\frac{52304N}{21N/mm^2} = 2490,64mm^2$$

$$D = \sqrt{\frac{2490,64mm^2}{\pi}} * 2 = 56,3mm$$

Valitaan hydoringin 2250 sylinteritaulukosta seuraava sylinterin sisähalkaisija, joka on 63 mm. Tämän kokoisella sylinterillä pystyisi nostamaan kyseisen kuorman 21 MPa:n nimellispaineella.

Nurjahdustarkastelu:

Kuvassa 4.17 on Eulerin nurjahduskaavat, joista valitsin kaavan 1. Tämän perusteella laskin voiman nurjahdukseen vaadittavan voiman.

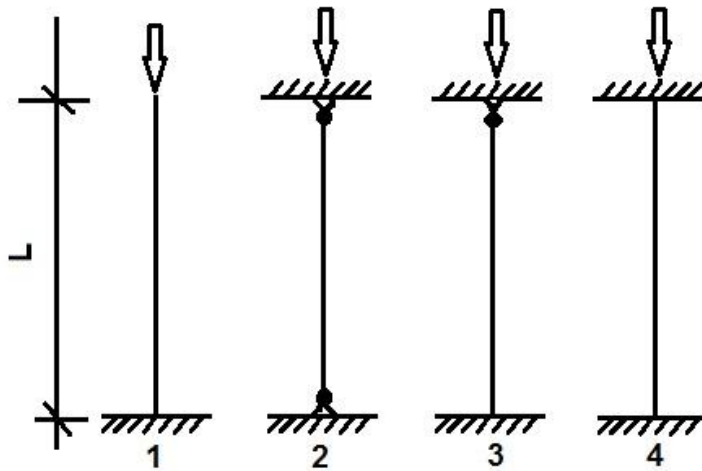
$$\text{Voima joka vaaditaan nurjahdukseen} = Fn$$

$$\text{Teräksen kimmokerroin} = E$$

$$\text{Pyörötangon jäyhyysmomentti} = I$$

Nurjahduspituus =  $ln$  (valitsin taulukosta tapausta vastaavan tilanteen,  
 kuvassa 4.17 on tapaukset ja niiden alapuolella laskukaavat )

Pyörötangon halkaisija =  $d$



Kuva 4.17 Eulerin nurjahdustapaukset (15.)

Nurjahduspituuksien kaavat Eulerin nurjahdustapauksille:

1.  $2l$
2.  $l$
3.  $0,7l$
4.  $0,5l$

$$F_n = \frac{\pi^2 EI}{ln^2}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$F_n = \frac{\pi^2 210000 \left( \frac{\pi * 36^4}{64} \right)}{(2 * 900)^2} = 52741,7N$$

Varmuus nurjahduksen perusteella jää vai hieman päälle yhden, joten valitsin taulukosta seuraavan sylinterikoon. Laskin edeltävät laskut uudelleen sylinterin

sisähalkaisijan ollessa 80 mm ja männänvarren ollessa 45 mm. Varmuudeksi sain 2,4 ja tällä isommalla sylinterillä kuormakin nousee kevyesti.

Toinen vaihtoehto olisi laittaa kaksi sylinteriä, joiden sylinterin sisähalkaisija on 50 mm ja männän varren paksuus on 28 mm. Niiden nurjahdus varmuudeksi tuli 1.47.

Lopullisessa valinnassa on syytä ottaa huomioon hinta. Nämä ovat vain vaihtoehtoja.

Sylinterin pituudeksi nurjahduslaskuissani valitsin 900 mm. Laitteen mekaaninen rakenne vaatii jonkinlaisen liikkeenrajoittimen, jos laitteeseen asennetaan sylinteri.

Koneikon valitsin samaisen valmistajan taulukosta. Koneikko on malliltaan HD K100-75-35-11.

Ominaisuudet:

- tuotto 1500 r/min => 35,1 L/min
- teho 11kW
- paine 160 bar
- säiliö 75 L.

#### 4.11.2 Käsipumppu kaksitoimiselle sylinterille

Carlstahlin valikoimista löytyy käsikäyttöinen pumppu, joka on tarkoitettu kaksitoimisille sylintereille. Kuvassa 4.18 on esitetty kyseinen laite. Mallit ovat kaksivaiheisia, syöttövolyyymissa on iso ero pienimmän ja suurimman välillä.



Kuva 4.18 CarlStahlin käsipumppujen 78 HP-sarja. (8.)

Valitsin vaihtoehtoiseksi malliksi HP245D

Ominaisuudet:

- paine 700 bar
- venttiilimalli 4tie
- syöttövolyyymi
  - 1.vaihe 113,0 cm<sup>3</sup>
  - 2.vaihe 4,0 cm<sup>3</sup>
- öljymäärä 10,0 L
- paino 31,0 kg.

#### 4.11.3 Sähkökäyttöinen pumppu

Valitsin Carlstahlin valikoimista vaihtoehtoisen sähkökäyttöisen sylinterin käyttöpumppun. Kuvassa 4.19 on kaksi mallia sähkökäyttöisestä pumppusta.

Alla kuva sähkökäyttöisistä pumppuista, malliltaan HEP2412.



Kuva 4.19 Sähkökäyttöiset pumput kaksitoimisille sylintereille (8.)

Ominaisuudet:

- työpaine 700 bar
- 2-nopeuksinen
  - 1.vaihde 7 l/min 0-70 bar
  - 2.vaihde 0,65 l/min >70 bar
- ulkoisesti säädettävä paineventtiili
- vakio käsiventtiili, sähköventtiili tilauksesta
- käytettävissä oleva öljymäärä 10 l, tilauksesta 25 l
- jännite 230 V

- vakiona manometri
- venttiilimalli 4-tie
- paino 47,5 kg.

#### 4.11.4 Paineilmakäyttöinen pumppu

Valitsin Carlstahlin valikoimista myös paineilmakäyttöisen pumpun, jolla voidaan vaihtoehtoisesti liikuttaa pöydän sylinteriä. Kuvassa 4.20 on esitetty paineilmakäyttöinen pumppu.

Valitsin mallin AHP1142, kaksitoimiselle sylinterille.



Kuva 4.20 CarlStahlin paineilmakäyttöinen pumppu kaksitoimisen sylinterin liikkutteluun (8.)

Ominaisuudet:

- käyttöpaine 700 bar
- sisäinen venttiili ylikuoman varalta
- öljymäärän tarkastusikkuna
- maksimi ilmantarve 9,44 l/s 7barissa
- venttiilimalli 4-tie
- käytettävissä oleva öljymäärä 10,0 l
- paino 18,30 kg.

#### 4.11.5 Paineilmanostin

Kuvassa 4.21 on paineilmanostin, jolla kykenee nostamaan erittäin painavia kuormia. Nostin toimii samaan tapaan kuin sähkökäyttöinen vajjerivinssi. Lait-



teessa on tarkka nopeuden säätö. Nostin on myös pienikokoinen ja siinä on vakiona rajailmaisimet, joilla voidaan rajoittaa nostot halutuille korkeuksille.

Valitsin taulukosta TCR 6000, sen nostovoima (6000 kg) on riittävä LPP-T80 nostoon, ja sitä voitaisiin käyttää työpisteellä muuhunkin nosteluun.



Kuva 4.21 Paineilmanostin CS-RR TCR 6000 (9.)

#### 4.11.6 Rälläketjutalja

Valitsin Carlstahlin valikoimista räikkäketjutaljan, koska tiedän sen olevan muita jo mainittuja vaihtoehtoja paljon halvempi. Kuvassa 4.22 on räikkäketjutalja, joka on yksi halvimmista vaihtoehtoista. Laitteen yksinkertaisuuden ja varmuuden vuoksi se kilpailee vaihtoehtoisten laitteiden kanssa.

Valitsin mallin RZ 600 sen nostokuorman vuoksi.



Kuva 4.22 Rälläketjutalja RZ 600 Carlstahlin mallistosta (10.)

Ominaisuudet:

- pyöröteräskettinki

- DIN 818-7
- standardinostokorkeus 1,5 m
- työkuorma 6000 kg
- ketjuluku 2
- tarvittava voima maksimikuormalla 340 N (35 kg)
- paino vakioketjupituudella 38,0 kg.

#### 4.11.7 Sähkökäyttöinen vaijerivinssi

Valitsin Carlstahlin sähköyökäyttöisen CWG-vaijerivinssin vaihtoehtoiseksi nostimeksi sen mahdollistaman työkuorman vuoksi. Kuvassa 4.23 on sähkökäyttöinen vaijerivinssi, joka voisi toimia työpisteellä myös muun tavaran nostossa.

Malliksi valitsin suurimman sallitun nostokuorman perusteella CWG5000:n



Kuva 4.23 Sähkökäyttöinen vaijerivinssi CWG5000 (11.)

Ominaisuudet:

- työkuorma 5000 kg
- nopeus 12–15 m/min
- vaijerin halkaisija 20 / pituus 70 m
- teho 7500 W
- paino 395 kg
- käyttöjännite 400V 50Hz
- planeettavaihteisto
- jarrut on suunniteltu dynaamiseen ja staattiseen kuormaan.

#### **4.11.8 Siltanosturi**

Useimmissa yrityksissä, joissa on konepaja toimintaa, on hallinosturi, jolla voidaan nostaa raskaita taakkoja. Kääntöä varten kääntöpöydän päähän on suunniteltu nostolenkit, jota voidaan käyttää apuna nostossa.

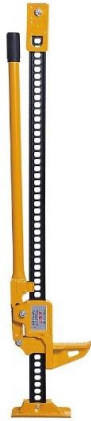
Esimerkiksi Konecranes tekee hyviä siltanostureita, kuvassa 4.24 on erittäin järeä nosturi. Alapuolella kuvassa nosturi on tosin todella järeää kalustoa. Niitä tehdään kuitenkin mittatilaustyönä, sellaisina pituuksina ja sellaisella maksimikuormalla, kun kukin asiakas haluaa.



Kuva 4.24 Konecranesin siltanosturi (12.)

#### **4.11.9 Hammastankotunkki**

Hammastunkin voisi pienin rakennemuutoksin kiinnittää runkoon ja siitä saisi hyvän ja edullisemmän vaihtoehdon nostoon. Kuvassa 4.25. kyseinen tunkki, jolla nostovoima (3500 kg) riittää nostamaan tarvittavan kuorman. Laitteen nostokorkeus on 1130 mm. Kyseinen malli löytyy Haklift ABT Oy:n tuotevalikoimasta.



Kuva 4.25 Hammastunkki (13.)

#### 4.11.10 Hydraulinen kärkitunkki

Noston voi suorittaa joko tunkin kärjellä tai tunkin yläosalla. Pieninkin malli jak-saa nostaa jopa 5000 kg ja nostokorkeus on riittävä, joka on 573 mm. Rakenteeseen joutuu kylläkin tekemään muutoksia kiinnitystä varten. Tunkit ovat CE-merkittyjä. Kuvassa 4.26 on kolme erikokoista kärkitunkkia.



Kuva 4.26 Hydrauliset kärkitunkit Hakliftin mallistosta. (14.)

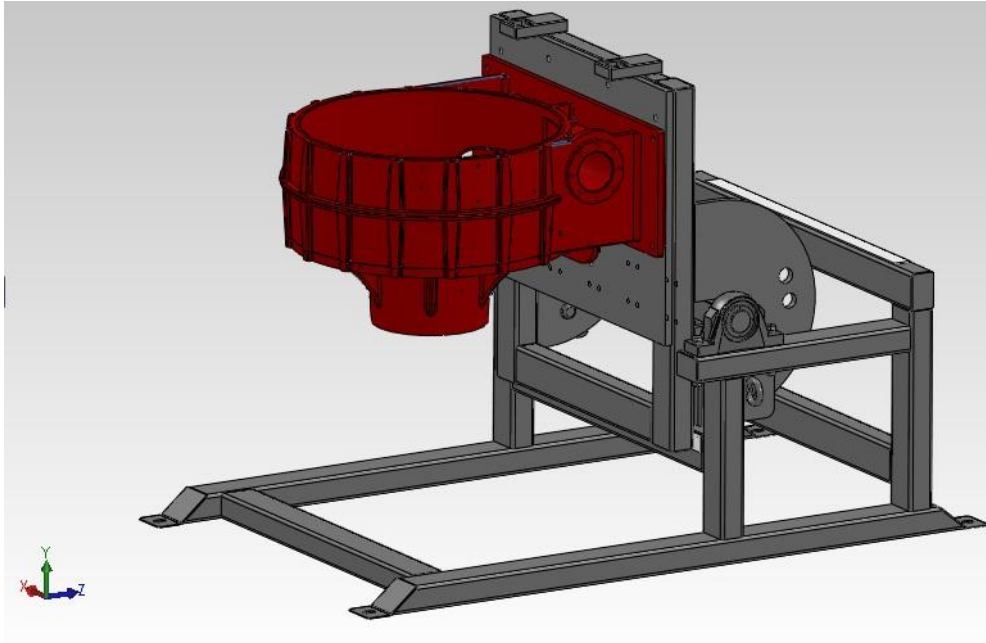
#### 4.11.11 Valinta

Tein valinnan pöydän kääntölaitteesta taulukoimalla laitteiden hyviä ja huonoja puolia. Taulukko löytyy liitteestä 2.

Päädyin valinnassani kaksitoimiseen sylinteriin ja käsipumppuun. Pumppu on edullinen, sillä voi nostaa ja laskea kuorman hallitusti. Sylinteriä voidaan myös vetää käsipumpulla.

## 4.12 Suunnittelun lopputulos

Tässä osiossa kerron kokoamispöydän ominaisuuksista, riskien välttämistä ja yleistä laitteen turvallisuudesta. Huolto ja kunnossapito ovat joka laitteessa osa edellä mainittuja asioita.



Kuva 4.27 Viimeisin 3D-malli luomastani kääntöpöydästä

## 5 Laitteen turvallisuus

Nostopöytästandardin mukaan laitteen turvallisuus on huomioitava monien eri osa-alueiden kartoituksella. Tätä varten tein riskien kartoitusta standardin kohti- en mukaan.

### 5.1 Huolto ja kunnossapito

Laitteen huolto ja kunnossapito hoidetaan laakerin rasvanippojen rasvauksella ja laitteen osien kunnon tarkkailulla. Jos osissa ilmenee jotain vikaa, on laite poistettava työkäytöstä ja huollettava tarpeellisin keinoin.

## **5.2 Riskien kartoitus**

Tein riskien kartoituksen standardia SFS-EN 1570+A2 apuna käyttäen. Kartoitus löytyy liitteestä 5.

Pöydän ympärille vaadittaisiin suojaverkkoa tai seinämää, joka estäisi laitteella työskentelevän henkilön tai henkilöiden raajojen joutumisen kääntöpöydän ja rungon väliin. Kääntö pitäisi voida suorittaa riittävän etäisyyden päästä pöydästä riskien minimoimiseksi. Kääntöpöydän alaosan väli maahan on nostettu riittävän korkeaksi, ettei jalkaterä voi jäädä puristuksiin. Pöytä tukeutuu vaakasennossa akseliin ja runkoon hitsattuun palkkiin. Pöydän käynnön aikana nostajan on oltava riittävän etäällä pöydästä, jottei hän mahdollisesti kaatuessaan joudu puristuksiin.

## **5.3 Nostopöytästandardi**

Rakennetta suunnitellessa käytin apuna ja ohjeina standardin SFS-EN 1570 + A2, joka pitää sisällään nostopöytiä koskevat turvallisuusvaatimukset. Standardissa määritellään asiaan kuuluvat tekniset toimenpiteet merkittävistä vaaroista aiheutuvien riskien poistamiseksi tai vähentämiseksi.

## **5.4 CE-merkintä**

Mekaanisten, sähköisten, pneumaattisten ja hydraulisten laitteiden turvallisuusvaatimuksista on tehty konedirektiivi, jonka avulla yritys voi suunnitella laitteitaan ja jonka perusteella tuotteille voidaan antaa CE-merkintä. Useilla mailla on omat merkinnät ja vaatimukset. Kone on siis tarkastettava ennen käyttöönottoa. Koneen lujuuslaskelmat on varmistettava; standardista löytyy varmuuskertoimet laskuille.

Kun laite tarkastetaan konedirektiivin antamien ohjeiden pohjalta ja todetaan hyväksi, siihen voidaan liittää CE-merkintä. CE-merkintä vaatii laitteesta laaditun teknisen tiedoston ja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Laitteelle on myös tehtävä riskien kartoitus ja riskianalyysi. Riskianalyysi tehdään konedirektiivin ja standardien antamien terveys ja turvallisuusohjeiden perusteella.

Direktiivejä sovelletaan esimerkiksi sähköisten ja mekaanisten laitteiden turvallisuuden varmistavissa tarkastuksissa. Muita soveltamisaloja ovat muun muassa erilaiset koneet, vaihdettavat laitteet, turvakomponentit, nostoapuvälineet, nivelakselit ja osittain valmiit koneet. (4.)

## **6 Valmistus ja ohjeistus**

Laite valmistetaan liitteessä 1 olevien valmistuskuvien perusteella. Tähän olen koonnut muutamia huomioon otettavia seikkoja. Laitteen valmistus ja ohjeistus on tärkeä osa suunnittelutyötä, ja jos suunnittelija jättää nämä huomioimatta suunnittelun aikana, tuotteesta ei voi tulla käyttökelpoista.

### **6.1 Kokoonpano**

Hitsattavan rakenteen osat kootaan ensin. Laite esikasataan ennen pintakäsittelyä, tällöin varmistutaan sen toimivuudesta. Tämän jälkeen pultein kiinnitetyt rakenteet puretaan ja pintakäsitellään seuraavan luvun 6.2 ohjeen mukaisesti.

### **6.2 Pintakäsittely**

Pintakäsittely tehdään Teknoksen k22a-maalausohjeen mukaan kaikkiin pintoihin, joita ei koneisteta. Värisävyn saa valmistaja päättää. Maalausohje on liitteessä 4.

## **7 Kustannusarvio**

Sain kustannusarvion eräältä paikalliselta yritykseltä. Kaikkien rungon osien leikkuu ja kokoaminen, tulisi kustantamaan 4150 €. Pöytälevyn koneistus on suoritettava yrityksessä, jossa on riittävä levyn paksuuden työstömahdollisuus (30 mm), eli riittävän järeä koneistuskeskus.

Nostolaitteiden hintoja yritykset eivät antaneet opinnäytetöitä varten.

## 8 Päätelmät

Alussa oli paljon ongelmia ammattikorkeakoululla olevan SolidWorksin PDM-järjestelmän kanssa. Oletan, että jos olisin tehnyt laitteen ilman kyseistä järjestelmää, olisin saanut työn aikaisemmin valmiiksi. Oli PDM-järjestelmästä hyötyäkin: se muuttaa kaikkia kokoonpanoja.

Tutustuminen erilaisiin nostolaitteisiin ja niiden turvallisuusvaatimuksiin tukee myös työelämässä tarvittavaa ajattelua. Laitestandardeihin perehtyminen on työlästä, mutta se on myös onnistuneen suunnittelun edellytys.

Yritysten suhtautuminen opinnäytetyötä koskeviin hintakyselyihin oli harmittavaa. Sähköpostikyselyihin en saanut ainuttakaan vastausta.

Olen tyytyväinen suunnittelemaani laitteeseen.



## **Kuvat**

Kuva 3.1 Painavin (1380 kg) pumpun runko, jota on tarkoitus koota pöydällä, LPP-T80-valettu (Solidworks malli), s.8

Kuva 4.1 Finnroboticsin L-pöytä, s.9

Kuva 4.2 Firotec Oy:n 2500 HHT kääntöpöytä, s.10

Kuva 4.3 Besteamin Bestis 2500 kääntöpöytä, s.10

Kuva 4.4 Taltor Oy:n Telwin TX 500 pyörityspöytä, s.11

Kuva 4.5 Ensimmäisiä luonnoksia pumpun kokoamispöydästä, s.11

Kuva 4.6 Pöytälevyn rungon leikkausvoima- ja momenttikuviot vaakatasossa, s.12

Kuva 4.7 Pöydän rungon leikkausvoima- ja momenttikuviot pystyasennossa, s.15

Kuva 4.8 Kääntöpöytä on pystyasennossa. Akselia on kuvassa korostettu sinisellä värillä, s.18

Kuva 4.9 Akselin X:n suuntaiset leikkausvoima- ja momenttikuviot, s.18

Kuva 4.10 Akselin Y:n suuntaiset leikkausvoima- ja momenttikuviot, s.20

Kuva 4.11 Kuvassa akselin kiinnitys kiinnityslevyn runkoon, s.23

Kuva 4.12 Laakerin kiinnitys runkoon, s.24

Kuva 4.13 Kääntöpöydän jousella varustettu varmistintappikokoonpano, s.24

Kuva 4.14 Kääntöpöydän kiinnityskoukut, s.25

Kuva 4.15 Hydoringin HD 2250-sylinterin mittakuva, yrityksen myyntikatalogista, s.26

Kuva 4.16 Nostotilanteen alkuasemaa havainnollistava tasapainotilannekuva, s.27

Kuva 4.17 Eulerin nurjahdustapaukset, s.29

Kuva 4.18 CarlStahlin käsipumppujen 78 HP-sarja, s.30

Kuva 4.19 Sähkökäyttöiset pumput kaksitoimisille sylintereille, s.31

Kuva 4.20 CarlStahlin paineilmaikäyttöinen pumppu kaksitoimisen sylinterin liikkutteluun, s.32

Kuva 4.21 Paineilmanostin CS-RR TCR 6000, s.33

Kuva 4.22 Räikkäketjutalja RZ 600 Carlstahlin mallistosta, s.33

Kuva 4.23 Sähkökäyttöinen vaijerivinssi CWG5000, s.34

Kuva 4.24 Konecranesin siltanosturi, s.35

Kuva 4.25 Hammastunkki, s.36

Kuva 4.26 Hydrauliset kärkitunkit Hakliftin mallistosta., s.36

Kuva 4.27 Viimeisin 3D-malli luomastani kääntöpöydästä, s.37

## Lähteet

1. Flowrox Oy, 2012  
[http://www.flowrox.com/fin/tietoa\\_yrityksesta](http://www.flowrox.com/fin/tietoa_yrityksesta) (Luettu 11.12)
2. Flowrox Oy, 2011  
Oma materiaali
3. Firotec Oy, 2012  
<http://www.firotec.fi/fi/?ID=1434> (Luettu 5.1)
4. Inspecta, 2012  
[http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tarkastus/Koneturvallisuuden-tarkastus—ja-asiantuntijapalvelut/?snsrc=aws\\_7fdb4b151accbbd55c798e8a8bf228f313711788788&snkw=konedirektiivi%202012](http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tarkastus/Koneturvallisuuden-tarkastus—ja-asiantuntijapalvelut/?snsrc=aws_7fdb4b151accbbd55c798e8a8bf228f313711788788&snkw=konedirektiivi%202012) (Luettu 13.5)
5. Besteam, 2012  
<http://www.besteam.fi/fi/bestis-tuotteet/yleista.html> (Luettu 20.3)
6. Elettromeccanica MB, 2012  
[http://www.elettromeccanicamb.it/products\\_card.asp?ID\\_prodotto=365](http://www.elettromeccanicamb.it/products_card.asp?ID_prodotto=365) (Luettu 7.4)
7. Hydoring, 2012  
[http://www.hydoring.com/fin/tuotteet/sylinterit/hd\\_2250/](http://www.hydoring.com/fin/tuotteet/sylinterit/hd_2250/) (Luettu 8.5)
8. Carl Stahl Oy, 2012  
<http://www.carlstahl.fi/fileadmin/files/cs-fi/Tuote/sylinteri-pumppu.pdf> (Luettu 10.5)
9. Carl Stahl Oy, 2012  
<http://www.carlstahl.fi/fi/tuotteet/nostimet12/paineilmanostimet.html> (Luettu 10.5)
10. Carl Stahl Oy, 2012  
<http://www.carlstahl.fi/fi/tuotteet/nostimet12/raikkaketjutaljat.html> (Luettu 10.5)
11. Carl Stahl Oy, 2012  
<http://www.carlstahl.fi/fi/tuotteet/nostimet12/vinssit12.html> (Luettu 10.5)
12. Konecranes, 2012  
[http://www.konecranes.fi/portal/fin/tuotteet/prosessinosturit/muut\\_teollisuussovellukset/](http://www.konecranes.fi/portal/fin/tuotteet/prosessinosturit/muut_teollisuussovellukset/) (Luettu 11.5)
13. Haklift ATB Oy, 2012  
<http://www.haklift.com/naytatuote.php/hammastankotunkki> (Luettu 11.5)
14. Haklift ATB Oy, 2012  
<http://www.haklift.com/naytatuote.php/hydrauliset-karkitunkit> (Luettu 11.5)

15. Valtanen E. 2009. Tekniikan taulukkokirja, 17. painos, Mikkeli 2009, Genesis-kirjat Oy, 4. Lujuusopin kaavoja s. 373 – 436, 5. Lujuusopin perusteet s. 437 – 488, 8. Metallimateriaalien mitat ja poikkileikkaussuureet s.760

16. Nostolaitestandardi SFS-EN 1570 +A2

17. Finnrobotics, 2012

<http://www.finnrobotics.fi/?sivu=hitsauspoydat> (Luettu 15.5)