

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotekehityksen koulutusohjelma/Konetekniikka

Mikko Kukkonen

ARKKILEIKKURI 4:N VIIMEISEN NOSTOPÖYDÄN VIKOJEN SELVITTÄMI-  
NEN JA KORJAUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMA

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Tuotekehitys

KUKKONEN, MIKKO	Arkkileikkuri 4:n viimeisen nostopöydän vikojen selvittäminen ja korjaussuunnitelma
Insinööriyö	52 sivua
Työn ohjaajat	Yliopettaja Ilkka Estlander Suunnittelupäällikkö Jussi Grönroos
Toimeksiantaja	Stora Enso Oy, Inkeröisten kartonkitehdas
Huhtikuu 2010	
Avainsanat	arkkileikkurit, dynaaminen rasitus, hydraulinen nostopöytä, voimien jakautuminen rakenteeseen

Arkkileikkuri 4:n viimeisen nostopöydän vääntövarren korvakkeet ovat rikkoutuneet useaan kertaan. Työn tarkoituksena oli selvittää rikkoontumisten aiheuttaneet syyt ja suunnitella tarvittavat korjaukset.

Työssä selvitettiin vikahistoria sekä pohdittiin niiden aiheuttajia. Saksiin vaikuttavat voimat selvitettiin ja tutkittiin staattisen ja dynaamisen rasituksen vaikutukset rakenteeseen. Rasitusten tutkintakohteita olivat eri kuormitustilanteissa syntyvät jännitykset, hydrauliiikan tuottamat jännitykset sekä mekaanisten rajojen aiheuttamat jännitykset. Rasitustilanteet tuotettiin Autodesk Inventor -ohjelman jännitysanalyysillä, josta saatuja tuloksia laskennoissa käytettiin.

Mekaanisten rajojen käytöstä aiheutuvat jännitysvaihtelut ja rakenteen väsyminen osoittautuivat vääntövarren rikkoontumisten syyksi. Tämän pohjalta suunniteltiin tarvittavat korjaukset.

Nostopöydän korjaukset aiotaan suorittaa vuoden 2010 aikana, kun tarjoukset on käsitelty ja sopiva korjauksen ajankohta määritelty.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
University of Applied Sciences

Product Development

KUKKONEN, MIKKO	Break Down Analysis and Repair Plan for Last Hydraulic Lift in Sheet Cutter 4
Bachelor's Thesis	52 pages
Supervisors	Ilkka Estlander, Senior Lecturer Jussi Grönroos, Mill Engineering Manager
Commissioned by	Stora Enso Oy, Ingerois Mill
April 2010	
Keywords	dynamic stress, hydraulic lift, force distribution, sheet cutter

The torque arms of the last hydraulic double-scissor lift table in Sheet Cutter 4 have broken down several times. This thesis focuses on researching the cause of these breakdowns and on planning the required repairs.

The fault history of the lift table was traced and analysed. The straining forces are identified, and the effect of the static and dynamic stress on the structure was examined. The resulting stress analysis focuses on various strain situations, stress produced by hydraulic systems, and stress on the structure produced by mechanical limits. The stress analysis was executed with the Autodesk Inventor program, and the results were used in the mathematical calculations.

The cause of the breakdown is the variation of dynamic stress resulting from the use of the mechanical limits. In the repair plan, these limits were removed and some other minor improvements were done to the scissor structure. The repair of the hydraulic double-scissor lift will be completed during the summer 2010.

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	6
2.	TAUSTATIETOJEN SELVITTÄMINEN .....	7
2.1.	Toiminta .....	7
2.2.	Tietojen käsittelyminen .....	9
2.3.	Dokumentit .....	9
3.	VIKOJEN TUTKIMINEN.....	11
3.1.	3D-malli .....	11
3.2.	Vikahistoria .....	12
3.3.	Lavan valuminen .....	13
3.4.	Korvakkeiden rikkoutuminen.....	14
3.5.	Hydrauliikan paine.....	17
3.6.	Liian suuri kuorma.....	19
3.7.	Rakenteen voimat .....	20
3.7.1.	Saksirakenteen tasapainoyhtälö .....	21
3.8.	Putkirikkoventtiili .....	23
3.8.1.	Putkirikkoventtiilin aiheuttama rasitus.....	23
3.9.	Mekaaniset rajat.....	25
3.9.1.	Rasituskuva mekaanisilla rajoilla .....	25
3.9.2.	Rasituskuva ilman mekaanisia rajoja .....	25
3.10.	Rasituskuva vahvennetuilla materiaalilla.....	28
3.11.	Rasituskuva ilman kuormaa .....	29
4.	LASKENTATAULUKON TOTEUTUS .....	31
4.1.	Laskentavakiot.....	31
4.2.	Hydrauliikan tuottama paine .....	36
4.3.	Hydrauliikan tuottamien voimien laskenta .....	37
4.4.	Kuorman aiheuttamien voimien laskenta.....	38
4.5.	Laskentojen tulosten vertailu.....	40
5.	DYNAAMINEN RASITUS .....	42
5.1.	Väsymislujuus nostotilanteessa .....	44
5.2.	Väsymislujuus laskutilanteessa .....	46
5.3.	Jännityssyklit .....	46
6.	TULOSTEN ARVIOINTI .....	48

7.	KORJAUSSUUNNITELMAT .....	49
7.1.	Selvitys pystysylintereiden käytöstä.....	49
7.2.	Uusien saksien ja sylinterien vaihtaminen .....	49
7.3.	Saksien materiaalin lisääminen .....	50
7.4.	Hydrauliikkakoneikko.....	50
8.	POHDINTA .....	51
	LÄHTEET .....	52

## LIITTEET

- Liite 1. Hydrauliikkakaavio, piirustus nro 455927
- Liite 2. Nostolava Oy
- Liite 3. Nostolavojen sylintereiden huolto-ohje 2004
- Liite 4. Hydraulinen nostin, piirustus nro 9222-080
- Liite 5. Häiriöilmoitukset
- Liite 6. Nostopöydän asennot
- Liite 7. Laskutoimitukset
- Liite 8. Laskentataulukko

## 1. JOHDANTO

Stora Enson Inkeröisten kartonkitehdas on perustettu 1872. Se on osa Anjalankosken paperitehtaita ja sijaitsee Kymijoen varrella Inkeröisissä Kouvolan kaupungissa. Inkeröisten kartonkitehdas on erikoistunut valmistamaan korkealaatuista päällystettyä taivekartonkia, joka soveltuu niin kirjapainoon kuin pakkausmateriaaliksi. Tuote tarjoaa erinomaisen painettavuuden, jäykkyyden ja korkean tuotantomäärän kustannustehokkaisiin pakkausmateriaalisovelluksiin elintarvike-, makeis-, lääke- ja pesuaineteollisuuteen. (1.)

Tehtaalla on neljä arkkileikkuria 1,2,3 ja 4, joiden kokonaistuotanto oli vuonna 2008 n. 279 t leikattua kartonkia, josta arkkileikkuri 4:n osuus oli 96 tn. (2.)

Arkkileikkurin toimintaperiaate kartongin tuotantoprosessissa on purkaa kartonki isoilta rullilta, leikata se haluttuun arkkimittaan ja pinota arkit lavoille merkkausta sekä pakkausta varten.

Stora Enso -konsernilla on käytössä SAP-järjestelmä, joka sisältää mm. tietokannan koneista ja laitteista sekä dokumenttien ja piirustusten arkistohallinnan. Inkeröisten kartonkitehtaalla järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 2001. Sitä ennen käytettyjen arkistointijärjestelmien dokumentaatiot on pyritty kääntämään SAP-järjestelmään, jotta ne olisi helposti löydettävissä.

Arkkileikkuri 4 on alkujaan Jagenbergin valmistama ja se uusittiin vuonna 2001 Formia Vesme Oy:n (ent. Vesme systems Oy) toimesta. Nostimen toiminnan häiriöt ja useat rikkoutumiset ovat viime vuosina aiheuttaneet käyttökatkoksia AL 4:n toimintaan.

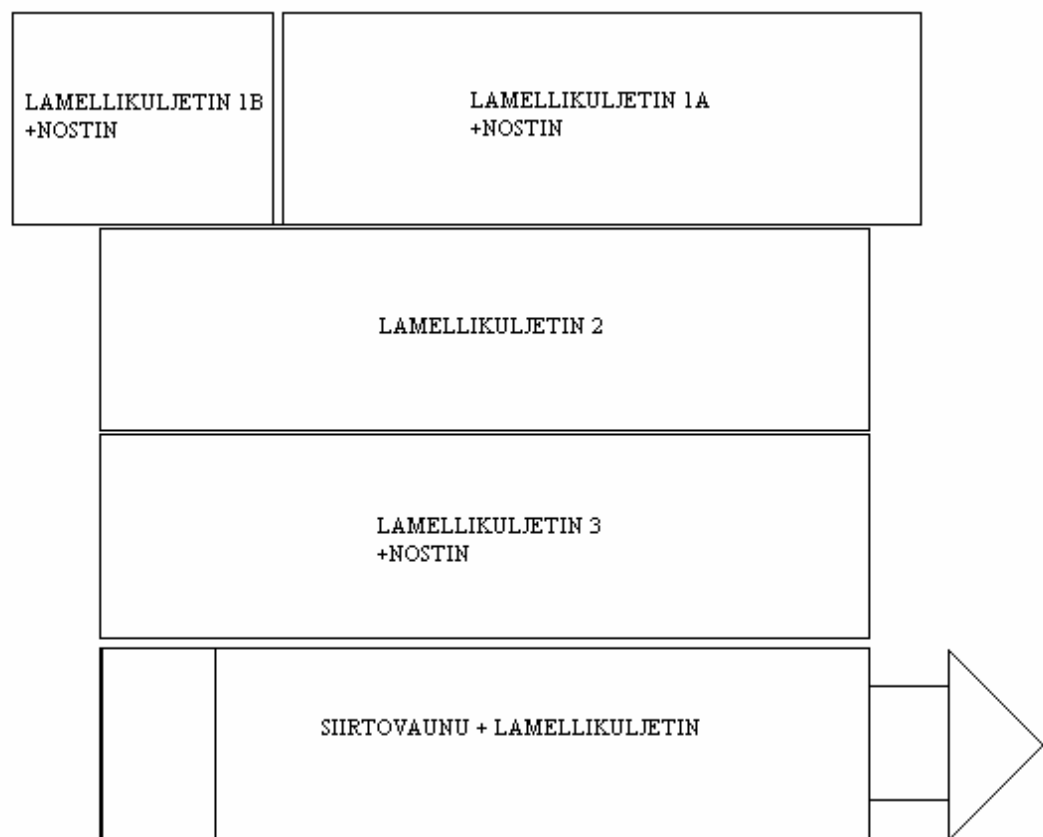
Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää viimeisen nostopöydän rikkoontumisiin johtaneet syyt ja suunnitella tarvittavat korjaustoimenpiteet sekä pyytää tarjoukset korjauksista.

## 2. TAUSTATIETOJEN SELVITTÄMINEN

### 2.1. Toiminta

Arkkileikkuri 4:n loppuosassa sijaitsee kolme nostopöytää, joiden päällä on muovilamellikuljettimet. Ensimmäiset kaksi pöytää, joiden päälle on asennettu kuljettimet 1A ja 1B, vastaanottavat lavat, joiden päälle leikatut kartongit pinotaan. Viimeinen nostin, jonka päälle on asennettu kuljetin 3, nostaa valmiit lavat merkkaukorkeuteen ja edelleen siirtovaunun korkeuteen.

Muovilamellikuljettimien korvattua metallilamellikuljettimet uusinnan yhteydessä vuonna 2001 viimeinen nostopöytä päivitettiin uudempaan.



Kuva 1. Kuljettimien ja nostimien sijainnit



**Kuva 2. Kartonkiarkit pinotaan lavoille**



**Kuva 3. Lavojen nosto merkkaukorkeuteen ja merkkau**





**Kuva 4. Lavojen siirto pakkaukseen**

## 2.2. Tietojen käsitteleminen

Aluksi selvitetään ongelmat, joita nostimessa on ollut sekä nostimelle suoritettut korjaukset ja huoltotoimenpiteet. Tämän jälkeen etsitään mahdolliset dokumentit valmistajasta, toimittajasta, käyttöönotosta, asennuksista ja hydraulikasta.

Tehtaalla on ollut käytössä SAP-järjestelmä vuodesta 2001, johon on tallennettu kaikki käytössä olevat suunnittelu- ja työkuvat. Järjestelmään on tallennettu myös laitteissa esiintyneet viat sekä laitteille tehdyt korjaukset.

## 2.3. Dokumentit

Dokumentteja ei löytynyt SAP-järjestelmästä, koska alihankintana toteutetun työn dokumentaatioita ei toimitettu sähköisessä muodossa. Projektikansiot pystyttiin jäljittämään projektinumeron perusteelta vanhasta arkistointijärjestelmästä.

Nostolava Oy:n ohjeessa (liite 2) on nostimen tekniset tiedot ja muuta käyttöön ja huoltoon liittyvää tietoa sekä pelkistetyt mittakuvat. Dokumenttien arkistointia varten pyydettiin toimittajalta sähköisessä muodossa olevia mittakuvia ja dokumentteja.

Ennen AL 4:n uudistamista nostimena oli toiminut Jagenbergin valmistama hydraulinen nostin, jonka hydraulikkakoneikko sovitettiin uuteen nostimeen. Hydraulikkakaaviota ei ole päivitetty muutostöiden jälkeen, joten sen päivittäminen oli asianmukaista. Päivitetty kaavio tallennettiin SAP-järjestelmään.

Uuden nostopöydän on valmistanut Nostolava Oy. Nostopöydässä on rinnakkaiset sakset, joilla on pystytty kasvattamaan kannen kokoa sekä nostovoimaa. Etuna soveluksessa on myös vakaus ja epäkeskeisen kuorman parempi sietokyky. Nostopöytä on suunniteltu asiakkaan tarpeiden mukaiseksi ja niitä valmistetaan yksittäiskappaleita. (3.)

Hydrauliikkasyylinterit ovat Hydoring Oy:n erikoisvalmisteiset uppomäntäsyylinterit. Syylinterin männän halkaisija on 100 mm ja iskunpituus 470 mm. Syylinterit ovat osana nostopöytää ja ne ovat Nostolava Oy:n tilaamat.

Koska rakenteen kestävyudessa oli ollut ongelmia, päätin mallintaa 3D-mallin nostimesta, jotta pääsisin paremmin tarkastelemaan sen liikerataa ja sitä kautta laskemaan rasituksia.

Mallintamista varten tarvitsin tarkemmat mittakuvat. Koska Formia Vesmellä ei ollut kuin suuntaa antavat mittakuvat, käännyin asiassa valmistajan puoleen. Valmistaja toimitti ystävällisesti tarvitsemani osien mittakuvat.

Nostopöydän suunniteltu nostoliike on 1250 mm, mutta se on rajoitettu 1070 mm:iin jälkiasennetuilla mekaanisilla rajoilla, joista ei löydy dokumentteja.

#### Dokumentit

- Hydraulikkakaavio piirustus nro 455927. Liite 1
- Nostolava Oy – Nostolava NL 10.000 1250 2R. Liite 2
- Nostolavojen sylintereiden huolto-ohje 2004. Liite 3

- Hydraulisen nostimen pääkoonpano 9222-080. Liite 4
- Nostimen osien mittapiirustukset alakehä, sakset ja kansi (salaiset)

### 3. VIKOJEN TUTKIMINEN

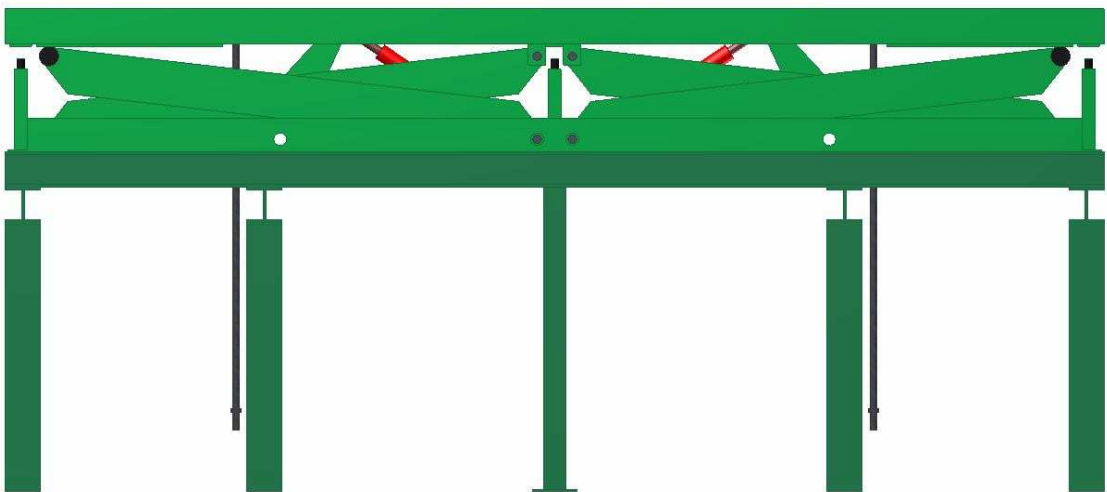
#### 3.1. 3D-malli

Työn helpottamiseksi nostopöytä mallinettiin Autodesk Inventor Pro -ohjelmalla, jotta nostoliikkeitä ja kulmia voitaisiin tarkastella paremmin.

Malli on toteutettu valmistajan toimittamien hydraulisen nostimen mittapiirustusten perusteella. Rakenteeseen jälkiasennetut mekaaniset rajat on mallinnettu rullamitalla saatujen mittaustulosten perusteella.

Ohjelmalla voidaan tehdä jännitysanalyyskejä vain yksittäisille osille. Sillä voidaan tuottaa raportteja sisäisistä rasituksista ja muodonmuutoksista.

Materiaalina mallissa on käytetty 440C ruostumatonta terästä, jonka kestävyys on kaksi kertaa suurempi kuin S355 teräksellä. Tästä syystä tuotettujen kuvien varmuusluvut ovat todellisuudessa puolet pienemmät.



**Kuva 5. Autodesk-ohjelmalla mallinnettu nostopöytä**



**Kuva 6. Nostopöytä yläviistosta**

### 3.2. Vikahistoria

SAP-järjestelmään vuoromestarit tallentavat vuoronsa aikana tapahtuneet häiriöt, hälytykset sekä korjaustoimenpiteet. Sieltä etsimällä löytyi kolme häiriöilmoitusta, jotka liittyivät AL 4:n nostopöytään. Niistä selvisi, että hydraulikkasynterin korvakkeet olivat repeytyneet useamman kerran, rakenteita oli myös vahvistettu ja hydraulikkasynteri vaihdettu.

Tarkempien tietojen saamiseksi oli haastateltava huollosta vastaavia henkilöitä sekä arkkileikkuri 4:n käyttäjiä. Haastateltuani korjaamopäällikköä sekä huoltomiehiä kävi selväksi, että nostimen rakenteita oli jouduttu useamman kerran vahvistamaan hitsaustoimenpiteillä.

Nostimen valuminen ja asettuminen oikeaan kohtaan oli ollut joskus ongelma yläasennossa, mutta se korjattiin asentamalla mekaaniset rajat, joita vasten nostin ajetaan siirrettäessä lavoja siirtovaunulle. Jälkiasennetuista mekaanisista rajoista, joilla nostoliike on rajoitettu 1070 mm:iin, ei ole tehty dokumentteja.

Viat:

- Lavan valuminen alaspäin kuormattuna (korjattu mekaanisilla rajoilla)
- Lavan yläasennon korjaus (korjattu mekaanisilla rajoilla)
- Hydraulikkasynterin ja korvakkeiden rikkoutuminen
- Saksien rakenteiden pettäminen ja materiaalin väsyminen

### 3.3. Lavan valuminen

Toimitetuissa huolto-ohjeissa ilmoitetaan, että lähes aina nostolavoissa lavan joustaminen kuormattaessa tai valuminen aiheutuu hydraulikan vuodosta tai likaisesta öljystä. Ilman pääseminen järjestelmään esimerkiksi öljynvaihdon yhteydessä voi myös aiheuttaa edellä mainittuja ongelmia. Tästä syystä järjestelmään on aina suoritettava ilmaus öljyjen tai letkujen vaihdon yhteydessä. Ilmauksen suorittamiseen liittyvät ohjeet esitellään huolto-ohjeessa. (Liite3/2)

Silmämääräisellä tutkimisella pystytään selvittämään helposti hydraulikkakoneikon sekä letkujen kunnon. Koneikon puhtaana pitäminen helpottaa vuotokohtien löytämisen. Öljyn puhtaus voidaan todeta yleensä vain öljynvaihdon yhteydessä. Nostolavaohjeessa (liite 2) määritellään öljyjen ja letkujen tarkastus- sekä vaihtovälit.

Nostimen hydraulikkakoneikko sijaitsee lavan alapuolella. Koneikon silmämääräisen tarkastuksen yhteydessä oli selvää, että järjestelmä ei ollut tiivis. Alapuolella sijaitsevaan kaukaloon oli vuotanut hydraulikkaöljyä huomattava määrä. Tästä syystä hydraulikan paineet ovat hiljalleen karanneet järjestelmästä ja aiheuttaneet pöydän valumista yläasennossa.



**Kuva 7. Hydraulikkakoneikon alla olevassa kaukalossa on öljyä**

#### 3.4. Korvakkeiden rikkoutuminen

SAP-järjestelmästä löydettyjen kolmen häiriöilmoitusten mukaan korvakkeet olivat hajonneet kaksi kertaa. Ensimmäisen häiriöilmoituksen mukaan 19.03.2007 nostimen korvakkeet olivat revenneet poikki hydraulikkasynterinin yläpäästä. Korjaustoimenpiteenä ne hitsattiin kasaan sekä vaihdettiin sylinteri.

Toisessa ja kolmannessa häiriöilmoituksessa kyseessä oli sama tapahtuma 16.-17.05.2008, jossa hydraulikkasynterinin korvakkeet olivat hajonneet ja repeytyneet irti. Korjaustoimenpiteenä uusittiin pala putkea, korjattiin vanhat korvakkeet ja vahvistettiin toista synterinin korvaketta.

Häiriöilmoitukset (liite 5)

1. 12562701 IK-jälkikäsitteily, AL 4:n nostopöytä, rikki
2. 14163519 AL 4:n nostopöytä, pitää meteliä
3. 14164361 AL 4 nostopöydän synterikiinnike



**Kuva 8. Oikeanpuoleinen takavääntövarsi**



**Kuva 9. Oikeanpuoleinen etuvääntövarsi**



**Kuva 10. Vasemmanpuoleinen takavääntövarsi**



**Kuva 11. Vasemmanpuoleinen etuvääntövarsi**



Korvakkeiden rikkoontumiset ovat selvästi olleet pahemmat oikeanpuoleisessa saksessa. Mahdollisia rikkoutumisiin johtaneita syitä kartoitettaessa oli syytä tutkia laitteen toiminta ja havaita normaalista poikkeavia merkkejä, kuten noston aikana kuuluvat ylimääräiset äänet ja nostoliikkeen tasaisuus.

Korvakkeiden rikkoutumiseen johtaneita syitä voivat olla seuraavat:

- Liian suuri paine hydraulikassa
- Liian suuri kuorma
- Hydraulikkasyylinterin putkirikkoventtiilin laukeaminen raskasta kuormaa alas ajettaessa
- Mekaanisten rajojen sauvojen pituuserojen aiheuttama vääntö ääriasennossa
- Saksien liikkeen rajoittanut kappale liukulaakerien edessä
- Vajaan nostoliikkeen aiheuttama kulmarasitus korvakkeisiin
- Mekaanisiin rajoihin ajetun kuorman paineen aiheuttama pitkäaikainen rasitus
- Jännityksen vaihtelusta johtuva materiaalin väsyminen.

### 3.5. Hydraulikan paine

Vanhassa hydraulikkakaaviossa on merkintä 205 bar, joka on tarkoittanut sylinterien suurinta sallittua käyttöpainetta. Todellinen käyttöpaine on todennäköisesti ollut 30-60 bar:n luokkaa. Kaavion mukaan koneikossa on ollut kaksi moottoria, mutta uuden nostopöydän sovittamisen yhteydessä toinen moottoreista oli poistettu.

Hydraulikkakoneikoissa on yleensä painemittarit tai mahdollisuus mitata paine liittämällä erillinen mittauslaite järjestelmään. Tässä tapauksessa pystyttiin liittämään painemittari järjestelmään ja mittaamaan paineen taso.

Ennen paineen mittausta ja nostoalueelle menemistä on tarkistettava laitteelle asetetut varomääräykset ja toimittava niiden mukaan.



**Kuva 12. Painemittarin liittäminen koneikkoon**



**Kuva 13. Paineen mittaus**

Nostopöydän suurimmaksi työpaineeksi on määritelty valmistajan mukaan 12,5 MPa eli 125 bar. Mittaus suoritettiin koenostolla ilman kuormaa.

Mittaustulokset:

- Nosto ala-asennossa, paine 36,0 bar
- Keskiasennossa, paine 40,6 bar
- Yläasennossa, 37,0 bar

Mittaustuloksista voidaan päätellä, että painetasot ovat reilusti sallitun painetason alapuolella. Normaalisissa tilanteissa, jossa nostoliikettä ei olisi mekaanisesti rajoitettu, vaan liike suoritettaisiin mekaaniseen ääriasentoon eli sylinteripituuteen, hydrauliiikan paine ei rasittaisi rakenteita, vaan paineen synnyttämät voimat kohdistuisivat suoraan sylintereihin. Tämänhetkisessä järjestelmässä hydrauliiikkapaineen tuottamat voimat kohdistuvat rakenteisiin ja vääntövarsiin yläasennossa.

### 3.6. Liian suuri kuorma

Nostopöydän nimelliseksi kuormaksi on ilmoitettu 10 000 kg ja staattiseksi 25 prosentin ylikuormaksi 12 500 kg. Arkkileikkurin pinotun kartonkilavan yleisimmäksi painoksi on arvioitu 400-600 kg. Tämän painoluokan lavoja mahtuu 8 kpl lamellikuljettimelle. Suurin lavapaino voi olla 900 kg, jolloin tämänkokoisia lavoja mahtuu kuljettimelle 4 kpl. Muovilamellikuljettimen paino on 1982 kg, joka ilmoitetaan sen mittakuvassa.

Nostokuormat:

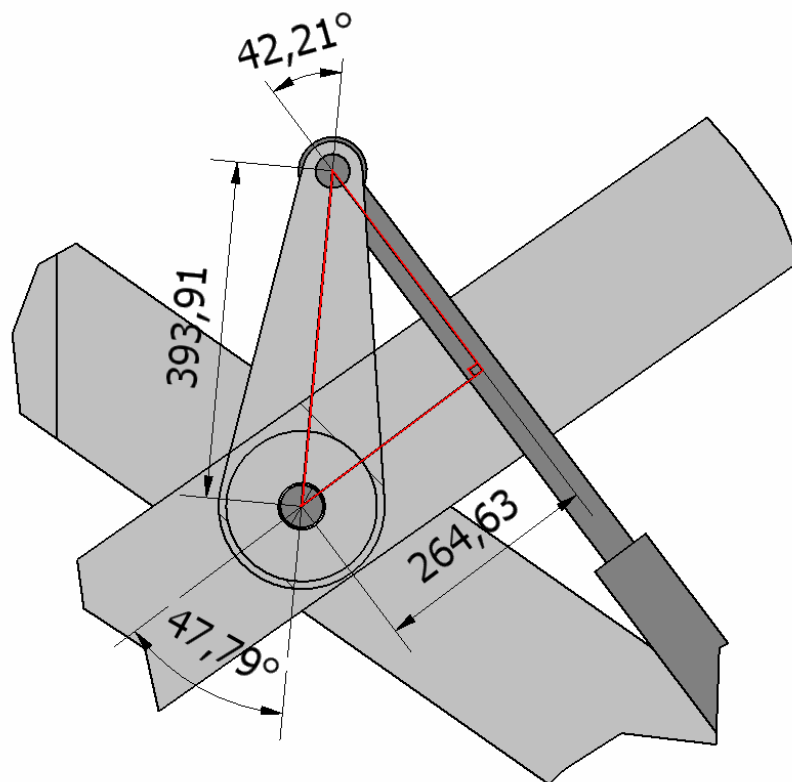
- $8 \times 600 \text{ kg} + 1982 \text{ kg} = 6782 \text{ kg}$
- $4 \times 900 \text{ kg} + 1982 \text{ kg} = 5582 \text{ kg}$

Laskuista voidaan todeta, että valmistajan antamia nimelliskuormia ei ole ylitetty. Lisäksi voidaan todeta, että paineen ollessa reilusti alle laitteelle suunnitellun painetason liian suuren kuorman nostoa ei voida edes suorittaa.

### 3.7. Rakenteen voimat

Rakenteen voimien laskennassa 3D-mallista tehty mittakuva (liite 6) helpottaa etäisyyksien ja kulmien tarkastelemista. Voimia tarkastellaan seitsemässä asennossa eri nostokorkeuksissa 0 mm; 53,6 mm; 250,0 mm; 500,0 mm; 750,0 mm; 1070,0 mm ja 1250,0 mm. Nostokorkeuden ollessa 53,6 mm:ssä sylinterin ja vääntövarren välinen kulma on 90 astetta.

Valmistajan suunnittelemaa nostokorkeuden tarkastelua tehdään lähinnä vertailun vuoksi. Laskentoja varten tehtiin Excel-taulukko, jotta tuloksia olisi helpompi käsitellä. Laskentojen muuttujina toimivat nostokorkeus, hydrauliiikan tuottama paine ja nostokuorma.



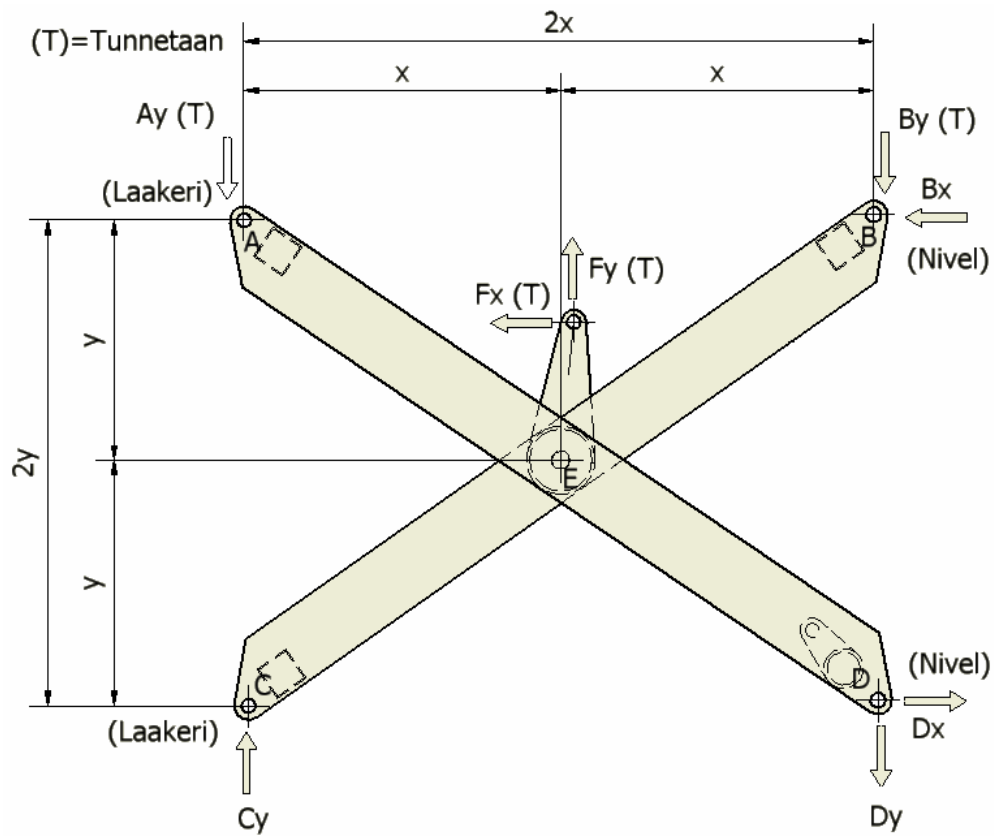
**Kuva 14. Nostokorkeus 1070 mm, vääntövarren ja sylinterin välinen kulma 42,21 astetta ja momenttivarsi 264,63 mm**

Rakenteen kestävyyttä tarkasteltaessa täytyy ensimmäiseksi selvittää voimien jakautuminen. Nostolavassa on kaksi saksea, jotka tasaavat kuorman painon jakautumista.

## 3.7.1. Saksirakenteen tasapainoyhtälö

Saksiin vaikuttavat voimat lasketaan asettamalla tunnetut ulkoiset voimat tasapainoyhtälöön. Kappale on silloin tasapainossa, kun voimien summat ovat nolla. (4)

Yhtälöä tarkasteltaessa huomattiin, että tuntemattomia voimasuureita ei voida ratkaista tasapainoyhtälöllä. Näin ollen saksirakenne on staattisesti määräämätön eli hyperstaattinen. (5.)



Kuva 15. Voimien suunnat saksirakenteessa

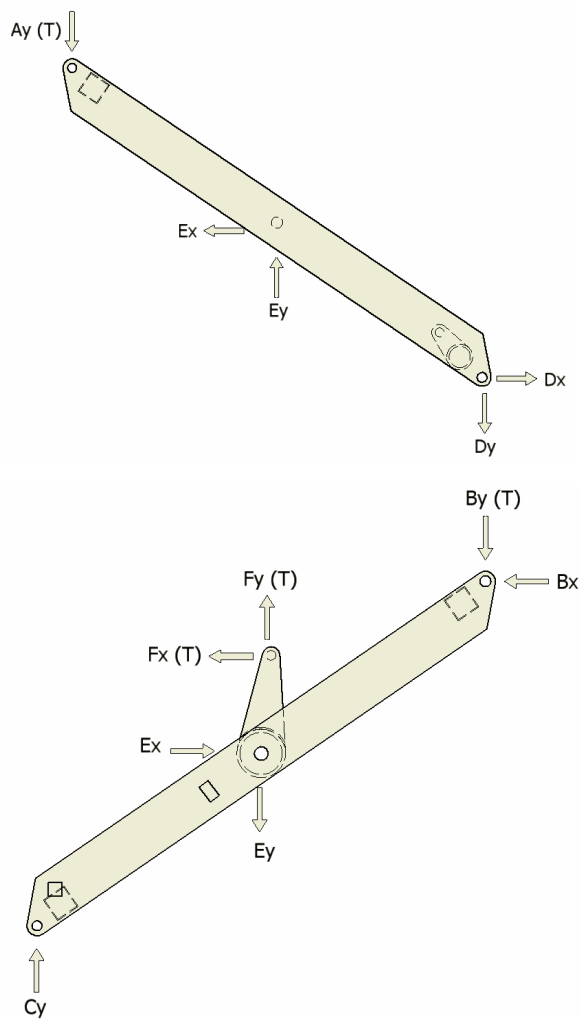
$$\oplus \curvearrowright \quad \Sigma M(D)=0 \quad A_y \cdot 2 \cdot x - E_y \cdot x + E_x \cdot y := 0$$

$$E_y := \frac{A_y \cdot 2 \cdot x + E_x \cdot y}{x}$$

$$\oplus \uparrow \quad \Sigma F_y=0 \quad -D_y + E_y - A_y := 0$$

$$D_y := E_y - A_y$$

$$\begin{aligned} \oplus \curvearrowright \quad \Sigma M(E) = 0 & \quad A_y \cdot x - D_y \cdot x + D_x \cdot y := 0 \\ & \quad D_x := \frac{-A_y \cdot x + D_y \cdot x}{y} \\ \oplus \rightarrow \quad \Sigma F_x = 0 & \quad D_x - E_x := 0 \\ & \quad E_x := D_x \\ \oplus \rightarrow \quad \Sigma F_x = 0 & \quad E_x - F_x - B_x := 0 \\ & \quad B_x := E_x - F_x \\ \oplus \uparrow \quad \Sigma F_y = 0 & \quad C_y - E_y + F_y - B_y := 0 \\ & \quad C_y := E_y - F_y + B_y \end{aligned}$$



Kuva 16. Voimien jakautuminen puolikkaille saksille

### 3.8. Putkirikkoventtiili

Hydrauliikkasyylintereihin on sisälle asennettu putkirikkoventtiili, jonka tarkoitus on pysäyttää sylinterin liike järjestelmän paineen hävitessä tai pöydän laskunopeuden aiheuttaman virtauksen ylittäessä sallitun raja-arvon.

Venttiilisäädössä muutetaan hydrauliikkaöljyn läpivirtauksen poikkileikkausta. Virtauksen painehäviön ylittäessä jousen esijännitystä vastaavan arvon sulkee keila läpivirtauksen. Venttiilin säätäminen on ohjeistettu Nostolavojen sylintereiden huolto-ohjeessa. (Liite 3)

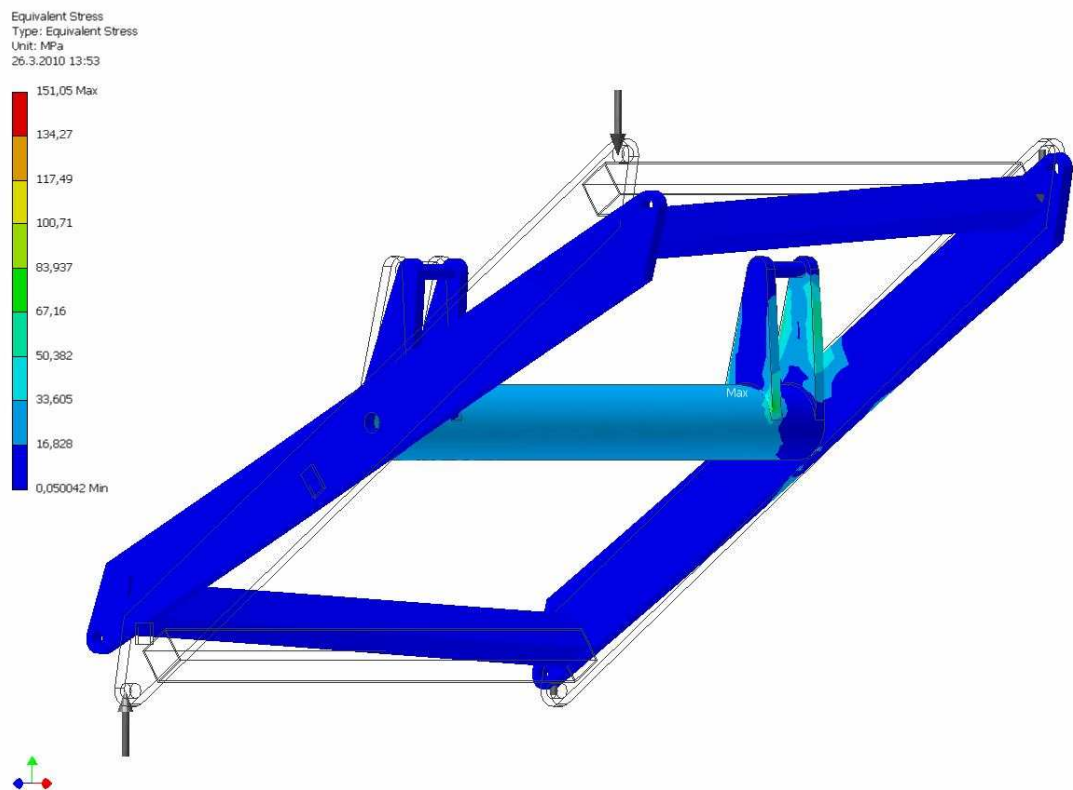
Korvakkeen rikkoutumiseen johtavaan tilanne vaatisi seuraavat tekijät:

1. Hydrauliikkasyylinterin putkirikkoventtiili jäänyt säätämättä tai säädetty liian pieneksi.
2. Hydrauliikkajärjestelmän kuormanlaskuventtiili jäänyt säätämättä kuorman kanssa.
3. Nostimen automatisoituun toimintaan on aiheutunut keskeytys, jolloin kuormaa on jouduttu manuaalisesti laskemaan.
4. Liian nopea liike laskutilanteessa aiheuttanut yhden putkirikkoventtiilin sulkeutumisen.
5. Kuorman aiheuttama rasitus kohdistunut kokonaan yhdelle korvakkeelle.

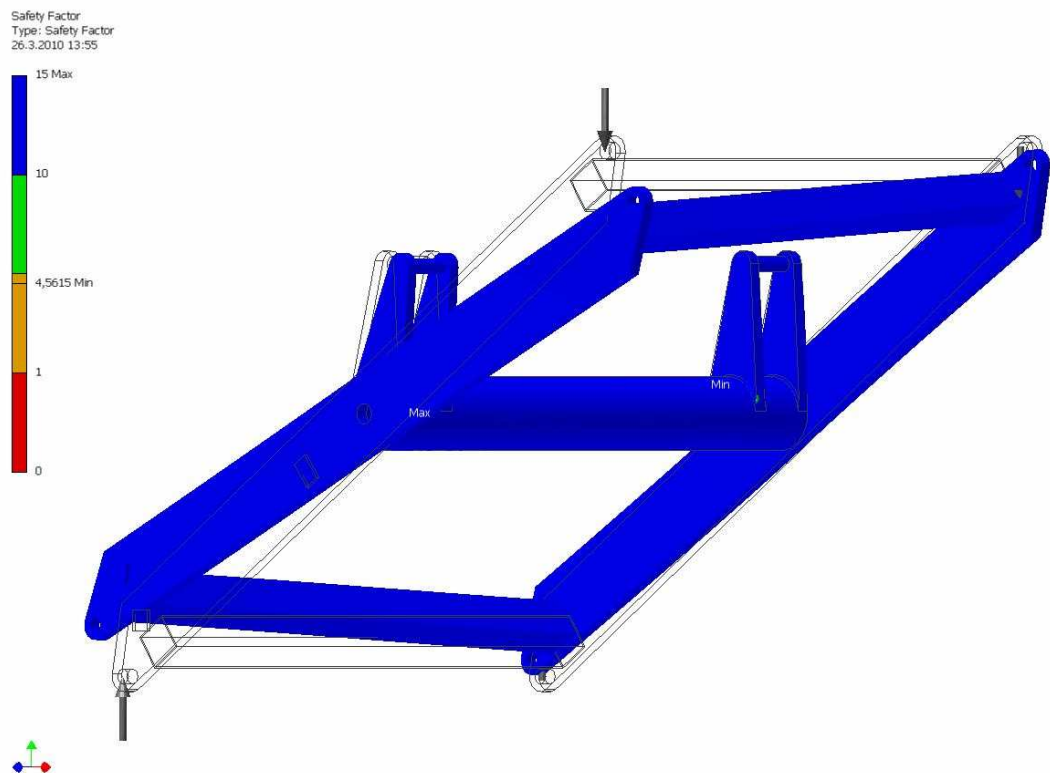
#### 3.8.1. Putkirikkoventtiilin aiheuttama rasitus

Saksien ylä- ja alapäissä oleviin kiinnitysreikiin on asetettu laakerikuorma, jolloin voima kohdistuu suoraan haluttuun suuntaan koko muodonmuutoksen ajan. Vapaa pyörähdys sallitaan keskiakselin ympäri. Hydrauliikkasyylinterin korvake on sidottu paikalleen, jolloin kuormien vaikutus kohdistuu siihen.

Kuvassa on käytetty 6782 kg:n aiheuttamaa voimaa. Staattisen kuorman aiheuttama voima ei käytännössä riitä rikkomaan vartta, mutta äkillisen pysähtymisen aiheuttama jännityspiikki voi teoriassa riittää varren nurjahtamiseen.



**Kuva 17. Putkirikkoventtiilin aiheuttama rasitus**



**Kuva 18. Rasituksen varmuusluku noin 2,3**



### 3.9. Mekaaniset rajat

Mekaanisina rajoina toimivat tangot ovat 30 mm:n terästankoa, joissa liikkeen pituutta voidaan säätää muttereilla. Käytössä olevaa saksinostinta ei ole alkujaan suunniteltu ajettavaksi mekaanisia rajoja vasten, vaan rajoina ovat toimineet sylinterien iskupituudet.

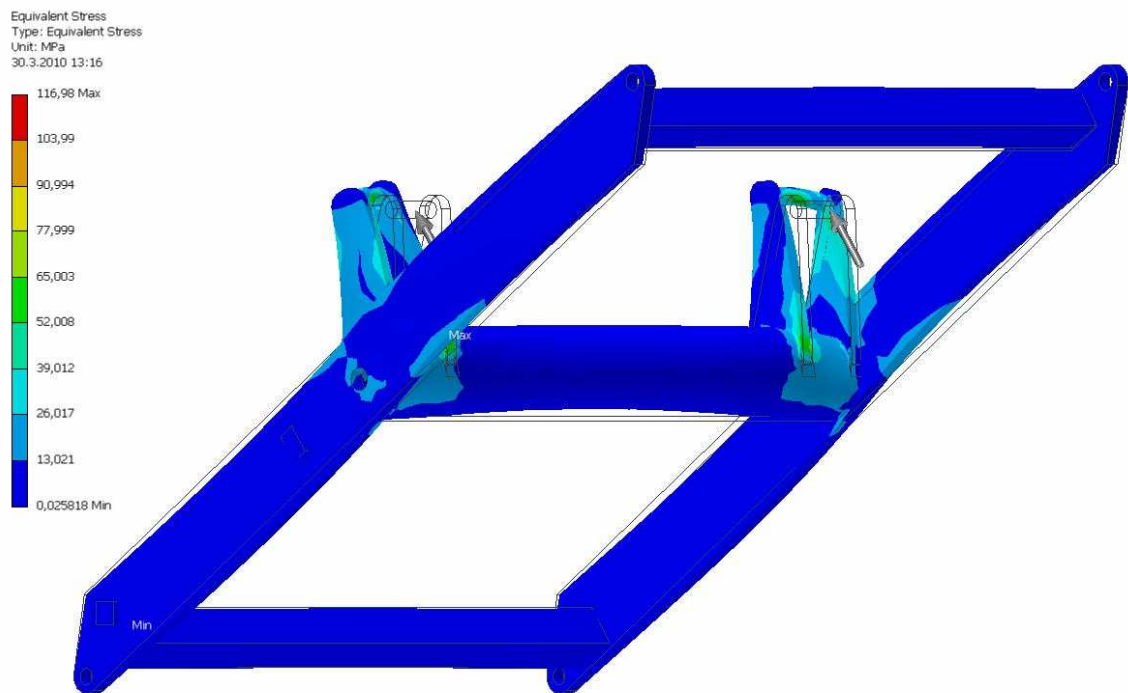
Tankoja mitatessa 3D-mallia varten huomattiin, että rajat oli asetettu eri pituuksiin. Erityistä huomiota herätti se, että säätötangot olivat noin 5 mm lyhyempiä oikean puoleisessa saksessa, joka oli huonommassa kunnossa. Tangot voivat olla venyneet tai mutterit liikkuneet käytön aikana. Nostin voi myös olla asennettu epätasaiselle alustalle ja pyritty oikaisemaan säätötangoilla.

#### 3.9.1. Rasituskuva mekaanisilla rajoilla

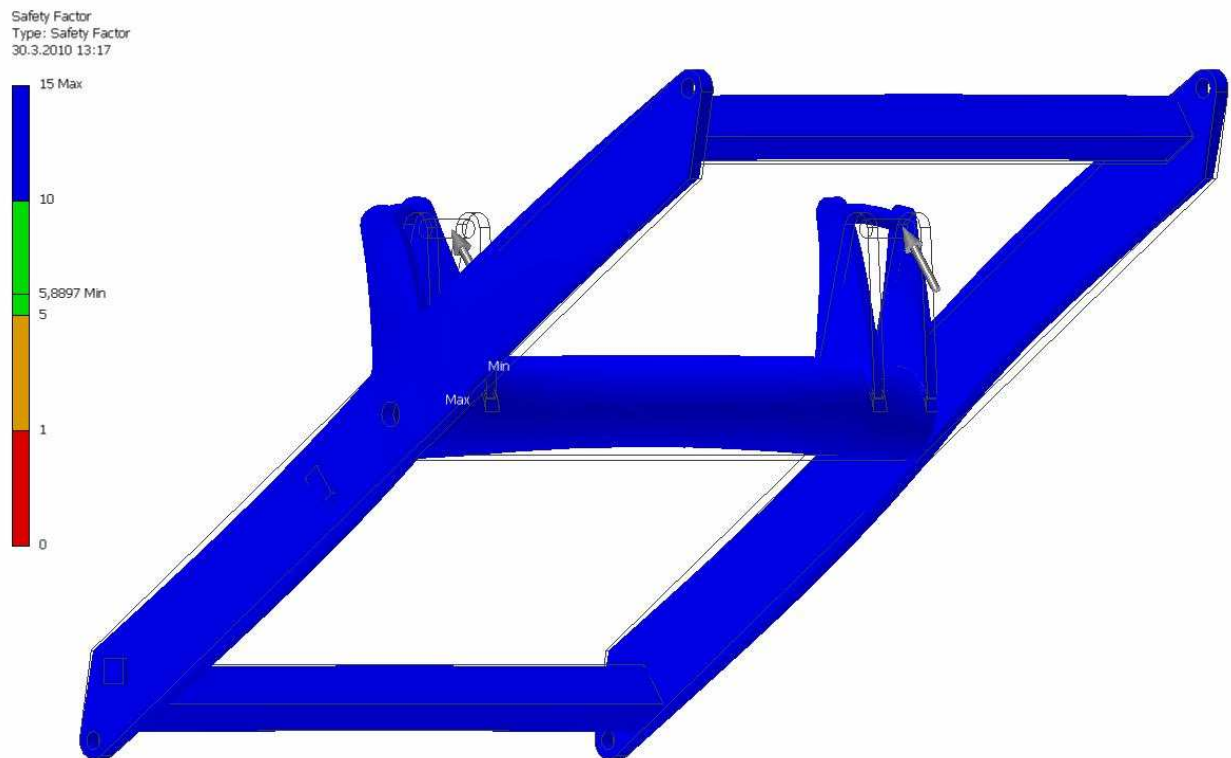
Saksen ylä- ja alalaakerien kiinnitysreikiin sekä keskiputken päätyreikiin on sallittu vapaa pyörähdys akselin ympäri. Vääntövarsiin on asetettu työntävä laakerikuorma sylinterien suuntaiseen kulmaan. Työntövoimaksi on asetettu sylinterin tuottama voima. Kuva 19 esittää tilannetta, jossa nostopöytä ajetaan mekaanisia rajoja vasten. Saksen vääntymät ovat korostettuja, jotta näkee, mihin suuntaan elementit pyrkivät taipumaan. Saksen vääntövarret pyrkivät taipumaan sylintereiden työntämään suuntaan. Todellinen taipuma on maksimissaan 0,4 mm:n luokkaa.

#### 3.9.2. Rasituskuva ilman mekaanisia rajoja

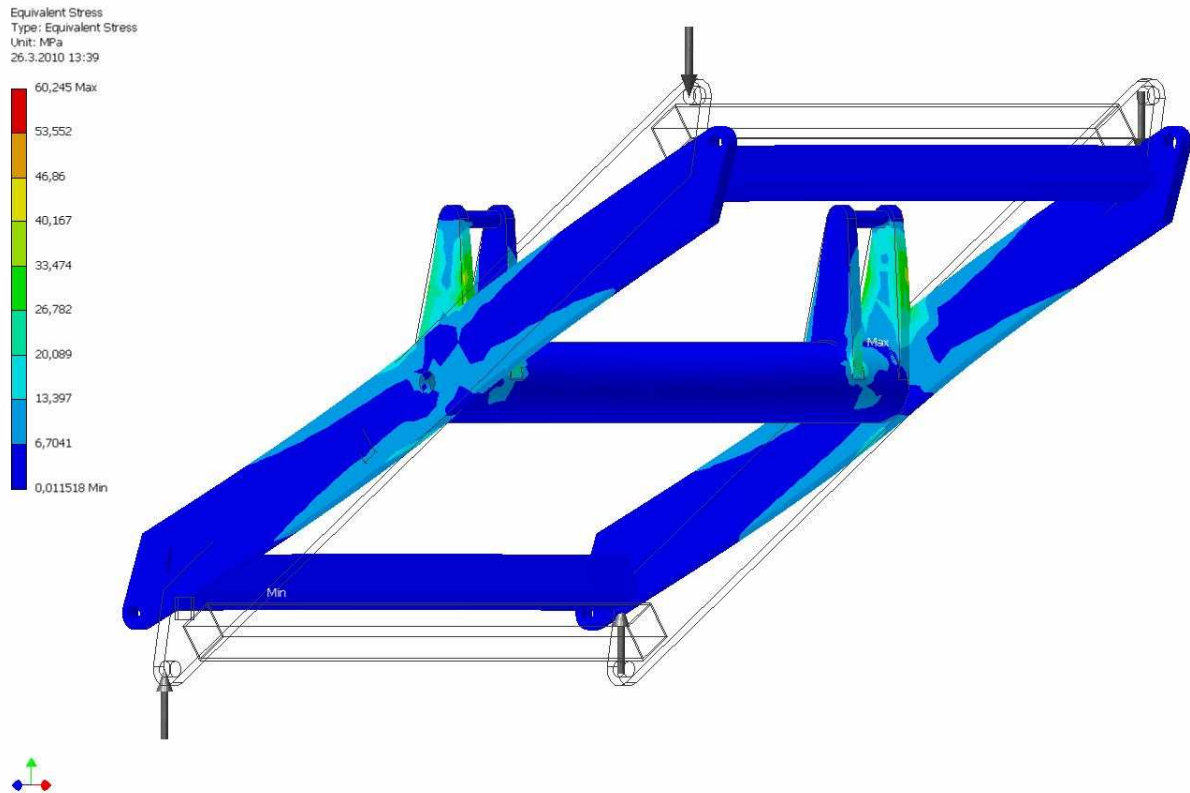
Saksen ylä- ja alalaakerien kiinnitysreikiin on asetettu laakerikuorma, joka vastaa 6782 kg:n kuorman jakaumaa puolikkaalle sakselle. Saksen keskiöputkeen kiinnitysreikiin ja vääntövarsien sylinterien kiinnitystappeihin on asetettu vapaa pyörähdys akselinsa ympäri. Kuva 21 esittää tilannetta, jossa nostopöytä on ajettuna 1070 mm:n korkeuteen kuormattuna. Saksi pyrkii joustamaan ylä- ja alalaakeripisteistä maksimissaan 0,7 mm.



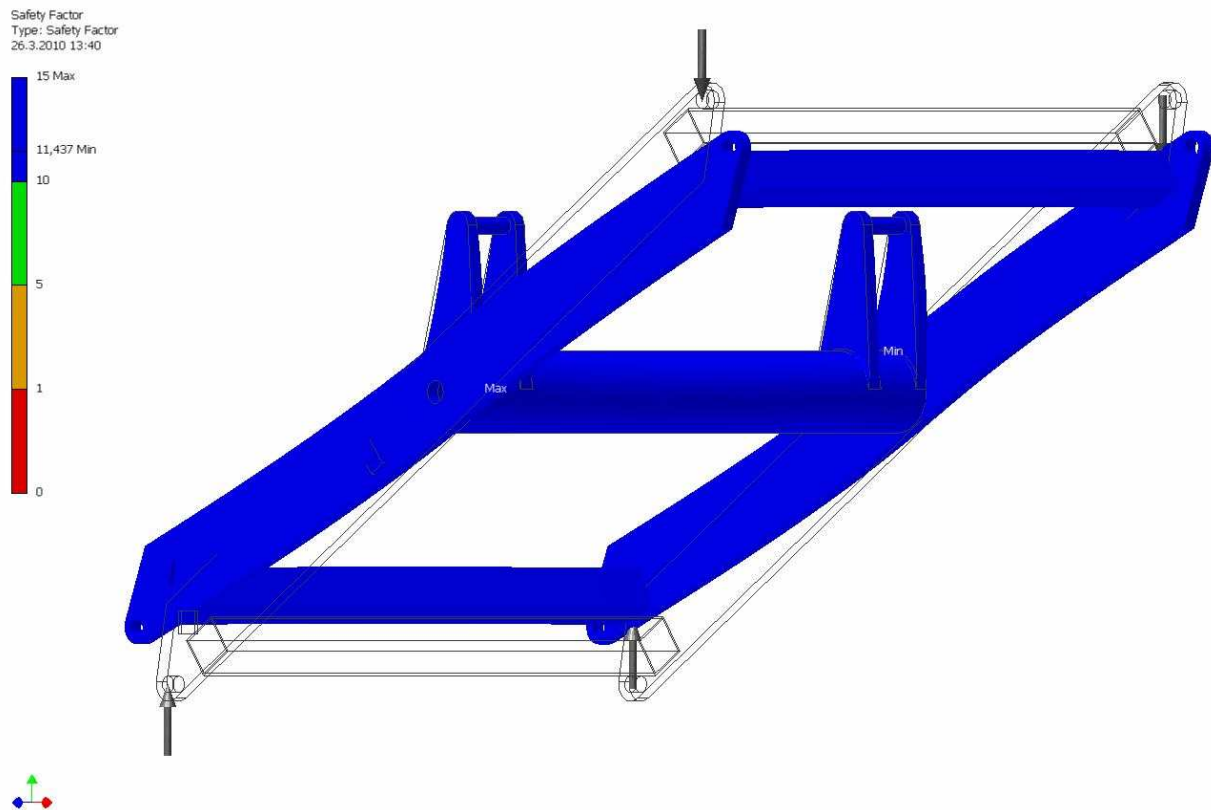
**Kuva 19. Rasituskuva mekaanisilla rajoilla**



**Kuva 20. Varmuusluku mekaanisilla rajoilla noin 3,0**



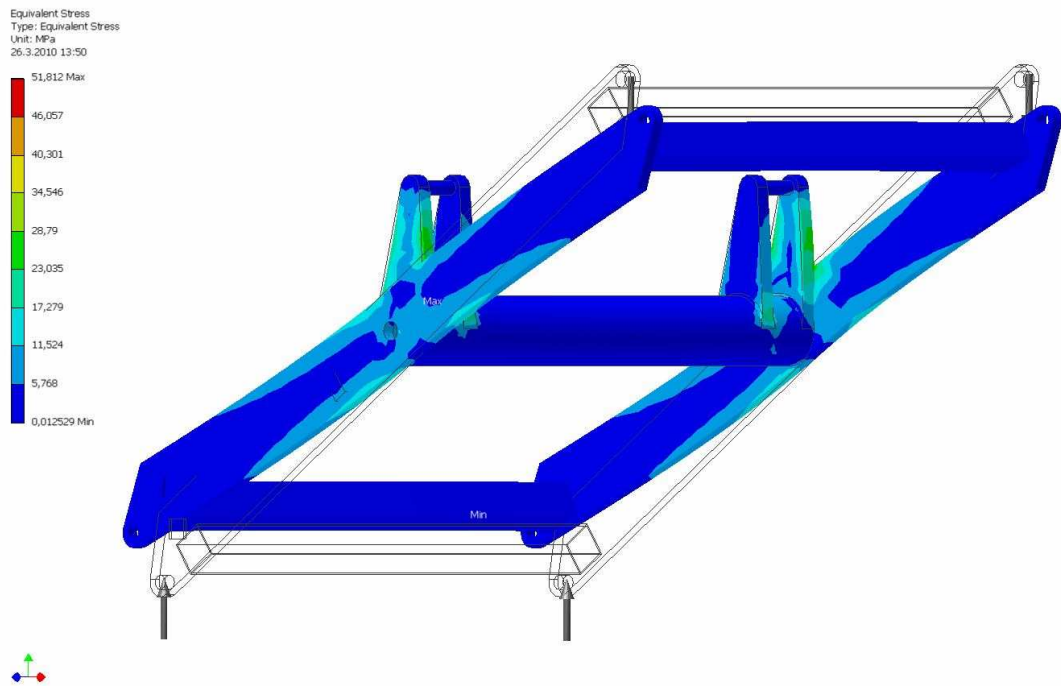
Kuva 21. Rasituskuva ilman mekaanisia rajoja



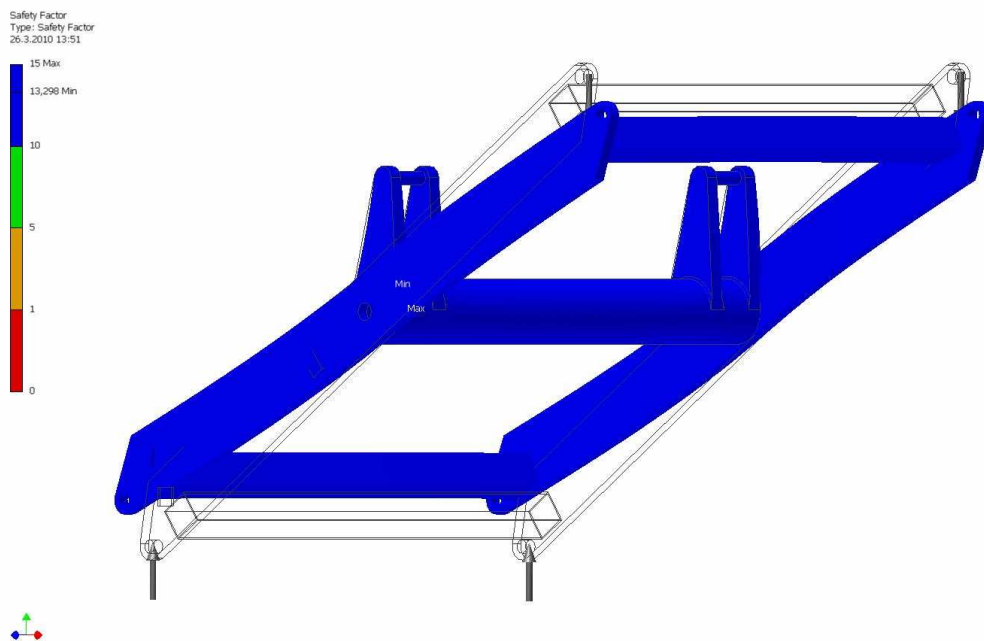
Kuva 22. Varmuusluku ilman mekaanisia rajoja noin 5,8

### 3.10. Rasituskuva vahvennetuilla materiaalilla

Rasituskuva on toteutettu samalla tavalla kuin kuva ilman mekaanisia rajoja. Keskiputken materiaalin ainepaksuutta on kasvatettu 10 mm:stä 12,5 mm:iin ja vääntövarren paksuutta on kasvatettu 30 mm:stä 40 mm:iin.



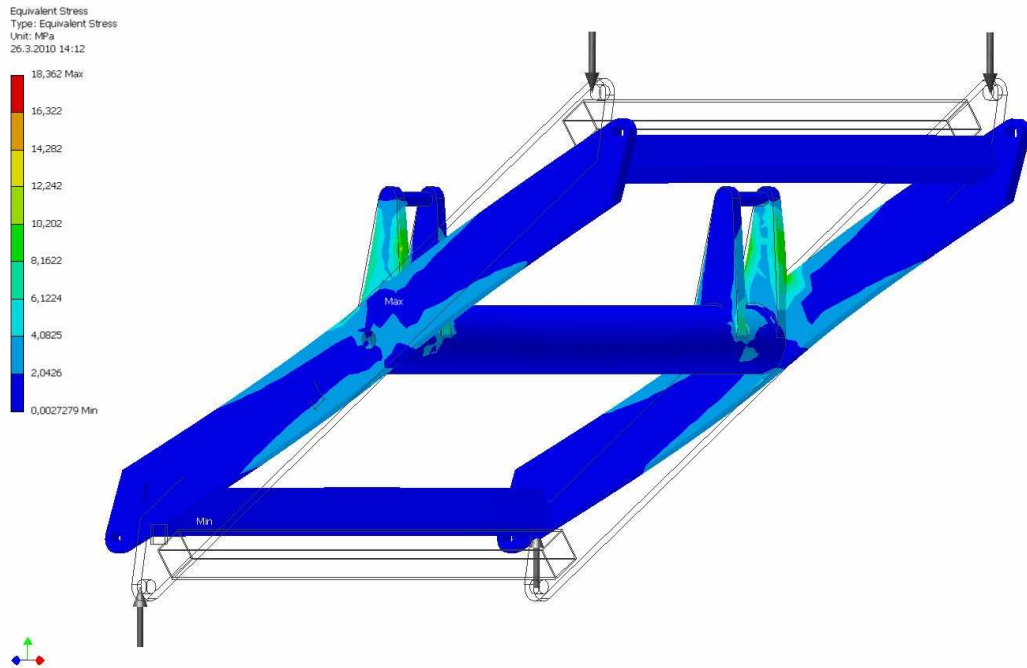
**Kuva 23. Rasituskuva vahvennetulla materiaalilla**



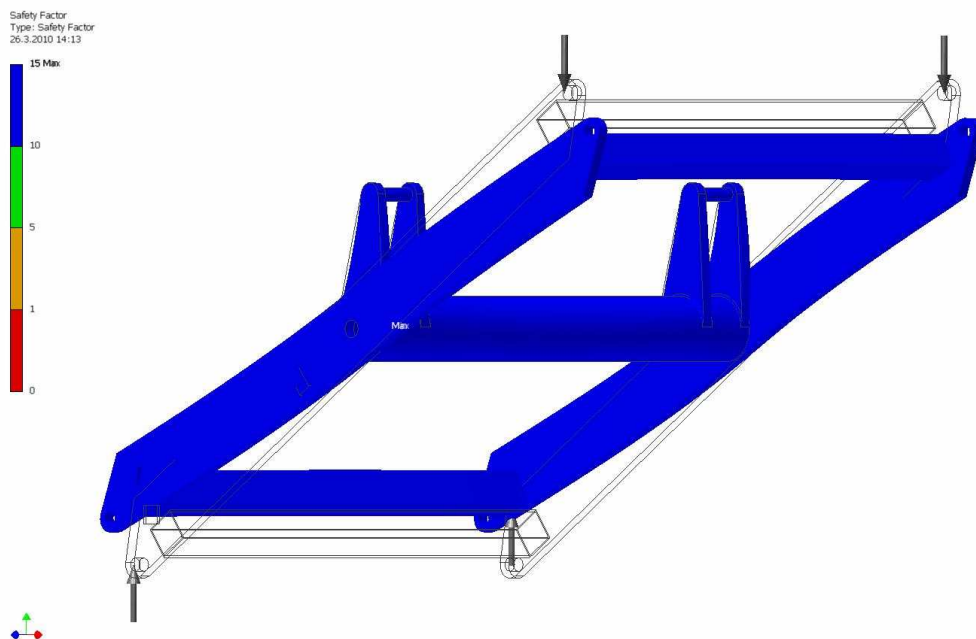
**Kuva 24. Varmuusluku vahvennetulla materiaalilla noin 6,7**

### 3.11. Rasituskuva ilman kuormaa

Rasituskuva on toteutettu samalla tavalla kuin rasituskuva ilman mekaanisia rajoja. Kuormana toimii pelkkä muovilamellikuljetin, jonka massa on 1982 kg.



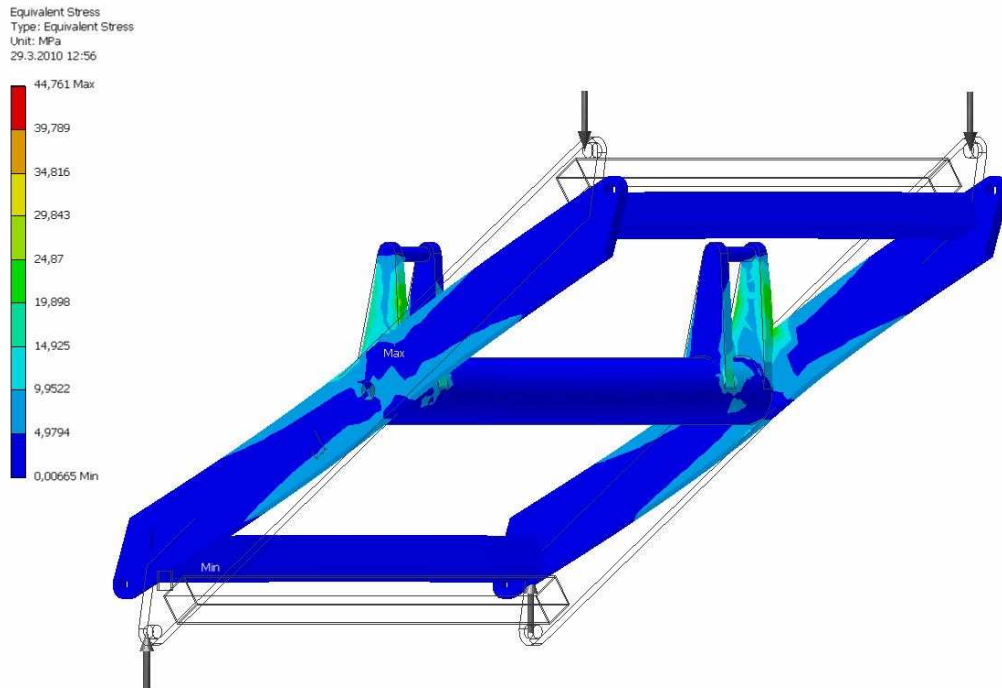
**Kuva 25. Rasituskuva ilman kuormaa**



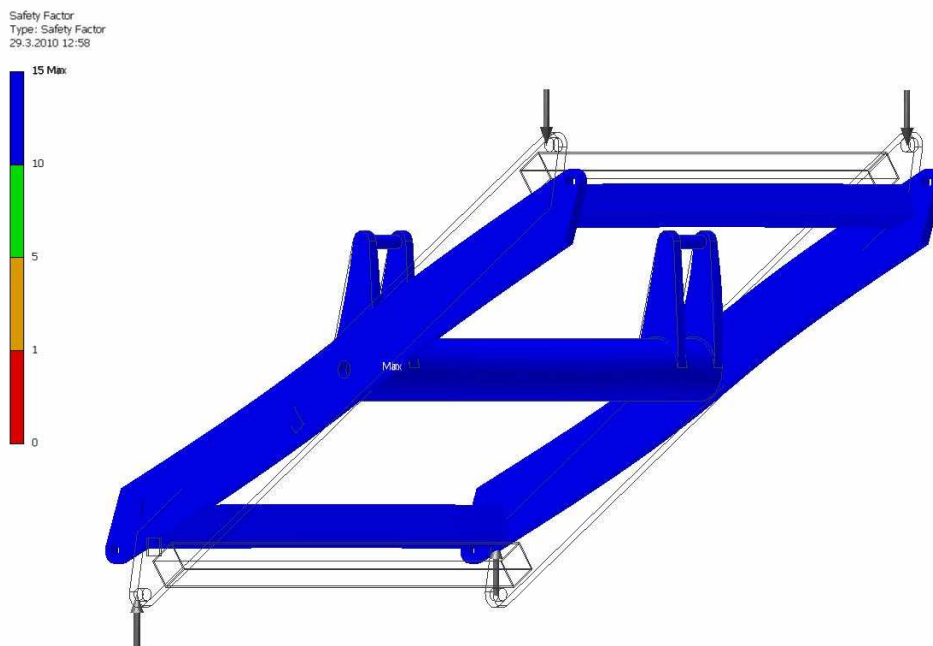
**Kuva 26. Varmuysluku ilman kuormaa noin 19,0**

### 3.12. Rasituskuva keskikuormalla

Rasituskuva on toteutettu samalla tavalla kuin rasituskuva ilman mekaanisia rajoja. Kuormana toimii keskimääräisen kuorman paino sekä lamellikuljetin eli 4832 kg.



**Kuva 27. Rasituskuva keskimääräisellä kuormalla**



**Kuva 28. Varmuusluku keskimääräisellä kuormalla noin 7,8**

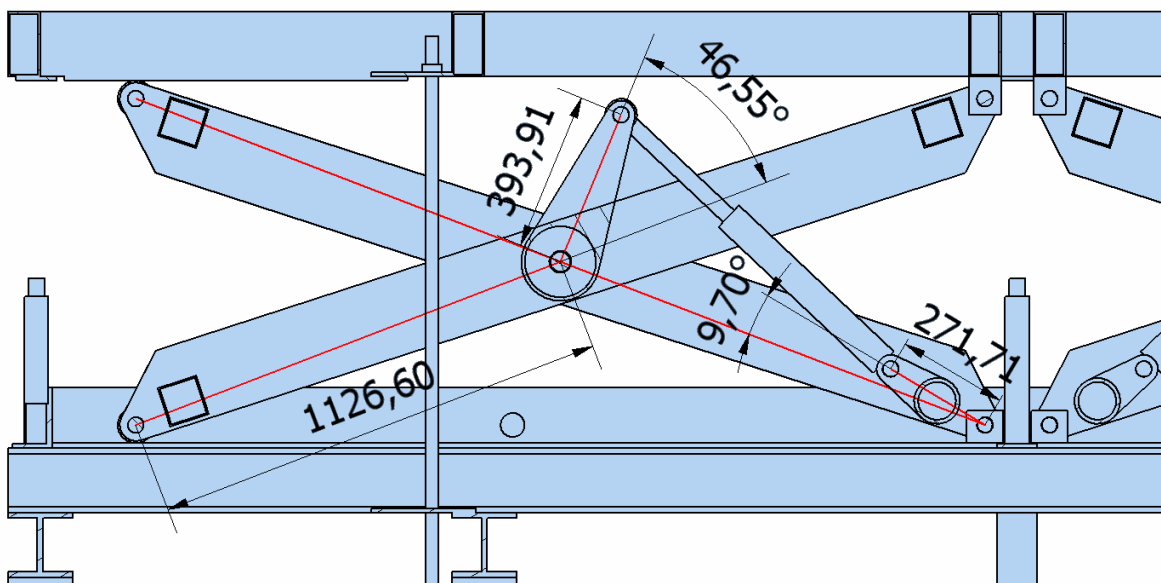
#### 4. LASKENTATAULUKON TOTEUTUS

Laskennan tarkoitus on saada selville vääntövarren ja sylinterin varren välinen kulma nostopöydän korkeuden suhteessa, jotta saadaan laskettua sylinterin aiheuttama vääntömomentti keskiakselille. Laskennat suoritetaan käyttämällä trigonometrian funktioita.

##### 4.1. Laskentavakiot

Excel-taulukon toteuttamista varten tutkittiin saksien kulmien muuttumista korkeuden kasvaessa. Vakioarvot selvitettiin 3D-mallista otettujen mittojen pohjalta, joiden kautta laskettiin kulmien muutokset korkeuden kasvaessa.

<b>Vakio:</b>	Saksien rullalaakerien korkeusero nostolavan asennossa 0 mm	$Y_{\text{ero}} := 161.5 \text{ mm}$
	Saksi laakerista keskiöön	$R_{\text{saksi}} := 1126.06 \text{ mm}$
	Sylinterin kiinnikepiste	$R_{\text{sylinteri}} := 271.71 \text{ mm}$
	Vääntövarren kulma sakseen	$\alpha_{\text{saksivarsi}} := 46.55 \text{ deg}$
	Sylinterin kiinnikkeen korjauskulma	$\alpha_{\text{korjaus}} := 9.70 \text{ deg}$
	Vääntövarsi	$R_{\text{varsi}} := 393.91 \text{ mm}$



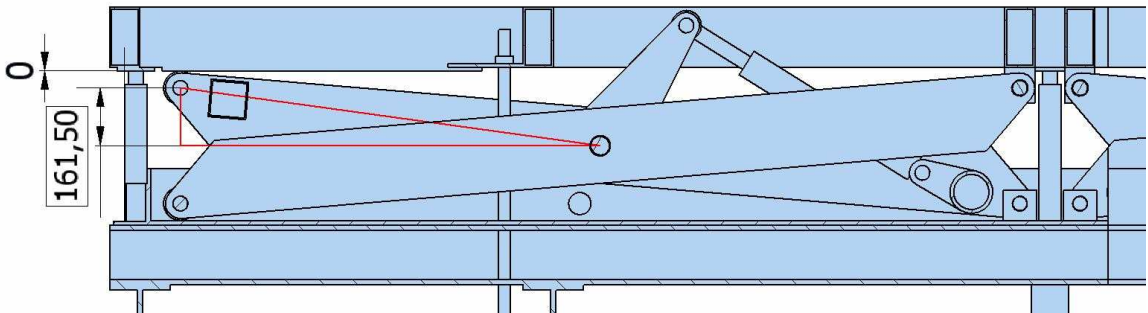
Kuva 29. Vakiot

Nostopöydän korkeus 0 mm saadaan mitattua korkeussuunnan vakion 161,5 mm:stä.

Todellinen korkeus saadaan laskettua tämän avulla alla olevasta kaavasta 2.

$$\text{Korkeus asento: } Y_{\text{asento}} := 0\text{mm} \quad (1)$$

$$\text{Korkeus laskenta: } Y_{\text{korkeus}} := \frac{Y_{\text{asento}}}{2} + Y_{\text{ero}} \quad (2)$$

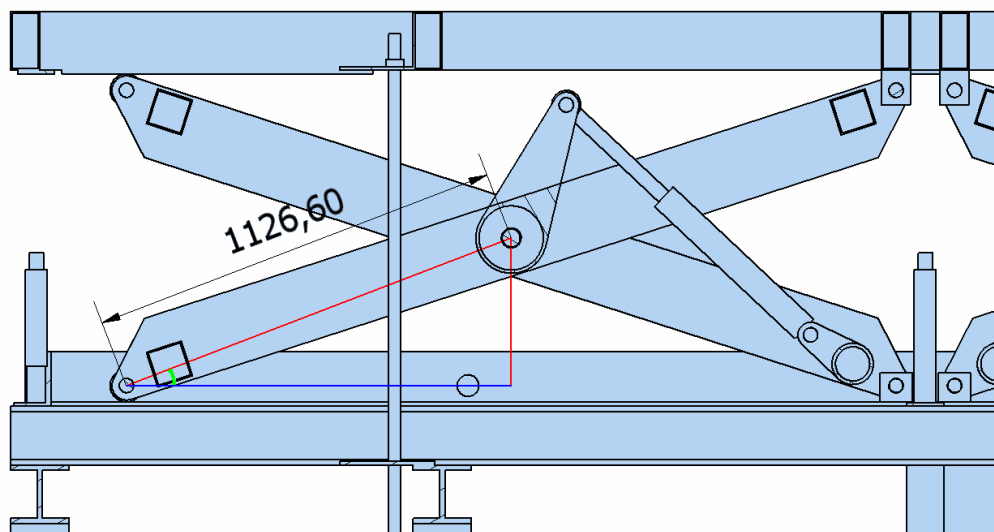


Kuva 30. Kaavat 1-2

Saksen kulma kasvaa vaakatasoon nähden nostopöydän korkeuden kasvaessa. Saksen kulman avulla saadaan laskettua rullalaakerin etäisyys keskiputkeen.

$$\alpha_{\text{saksi}} := \arcsin\left(\frac{\sin(90\text{deg}) \cdot Y_{\text{korkeus}}}{R_{\text{saksi}}}\right) \quad (3)$$

$$X_{\text{saksileveys}} := \frac{\sin(90\text{deg} - \alpha_{\text{saksi}}) \cdot R_{\text{saksi}}}{\sin(90\text{deg})} \quad (4)$$



Kuva 31. Kaavat 3-4

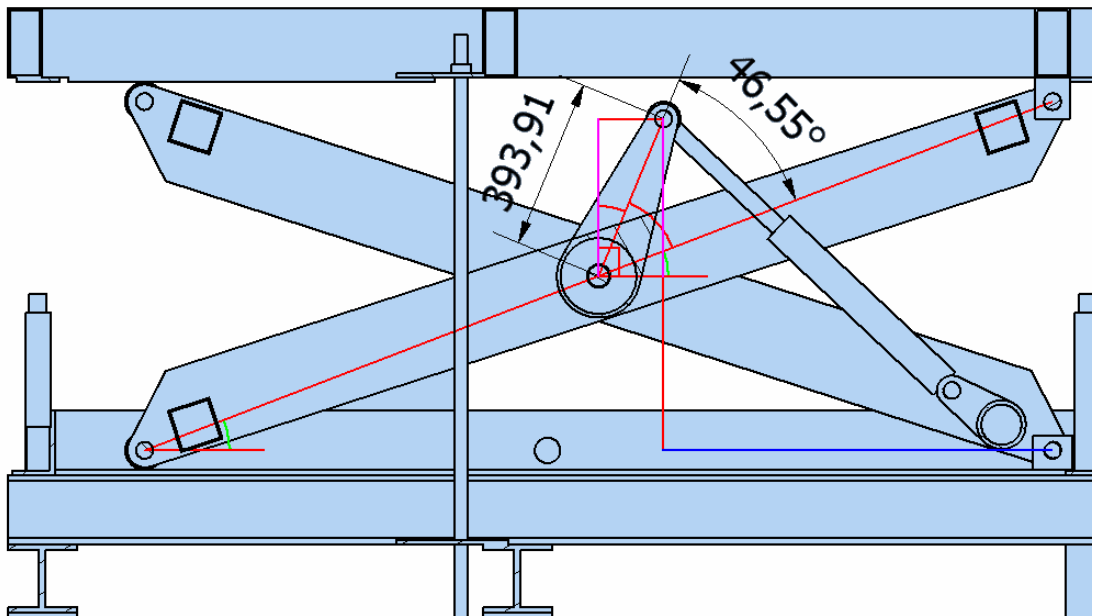


Sylinterin yläpään kiinnityspisteen liikerata on selvitettävä korkeus ja vaakasuunnassa. Kiinnityspisteen korkeus keskiputkesta lasketaan seuraavalla kaavalla 5.

$$Y_{\text{varsi}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{saksi}} + \alpha_{\text{saksivarsi}}) \cdot R_{\text{varsi}}}{\sin(90\text{deg})} \quad (5)$$

Sylinterin yläpään kiinnikkeen sijainti vaakasuunnassa saksen sisemmästä kiinnikepisteestä saadaan laskettua kaavalla 6.

$$X_{\text{sylinterirulla}} := X_{\text{saksileveys}} - \sqrt{R_{\text{varsi}}^2 - Y_{\text{varsi}}^2} \quad (6)$$



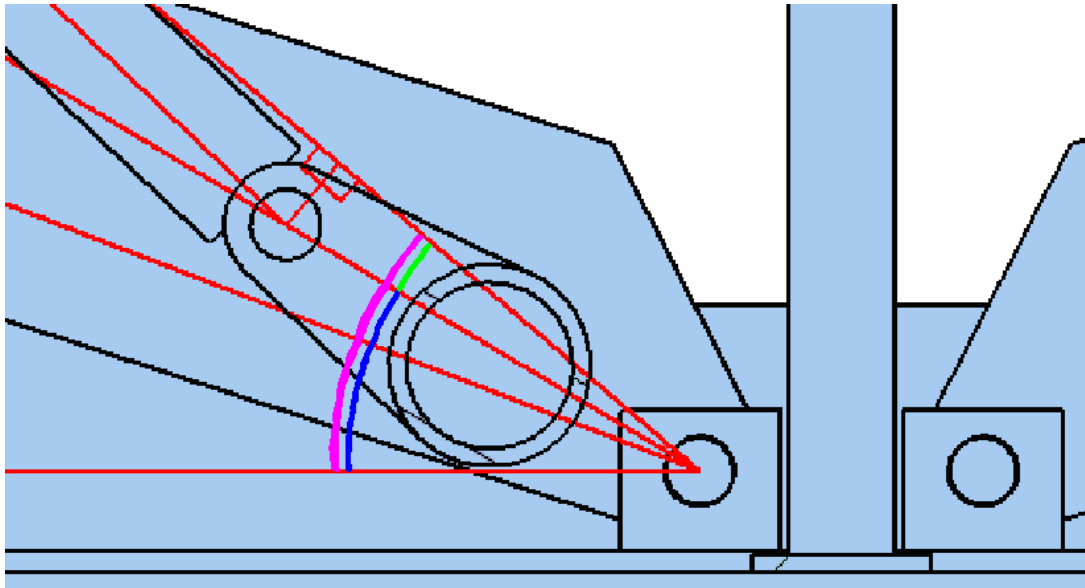
Kuva 32. Kaavat 5-6

Saksen sisemmän kiinnikkeen ja sylinterin alapään kiinnikkeen kulma sylinterin yläpään kiinnikkeeseen saadaan laskettua kaavoilla 7, 8 ja 9.

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ylä}} := \text{atan} \left[ \frac{(Y_{\text{varsi}} + Y_{\text{korkeus}})}{X_{\text{sylinterirulla}}} \right] \quad (7)$$

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ala}} := \alpha_{\text{saksi}} + \alpha_{\text{korjaus}} \quad (8)$$

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ero}} := \alpha_{\text{sylinteri\_ylä}} - \alpha_{\text{sylinteri\_ala}} \quad (9)$$



Kuva 33. Kaavat 7-9

Saksen sisemmän kiinnikkeen etäisyys vääntövarren sylinterikiinnikkeeseen laske-  
taan kaavalla 10 sijoittamalla Pythagoraan lauseeseen edellä lasketut vaakasuunnan  
(kaava 6) ja pystysuunnan (kaava 5 ja kaava 2) etäisyydet.

$$C_{\text{rullalaakeri\_varsi}} := \sqrt{X_{\text{sylinterirulla}}^2 + (Y_{\text{varsi}} + Y_{\text{korkeus}})^2} \quad (10)$$

Sylinterin alakiinnikepisteen poikkeama saksen kiinnikepisteen ja sylinterin yläkiin-  
nikepisteen välisestä linjasta lasketaan kaavalla 11.

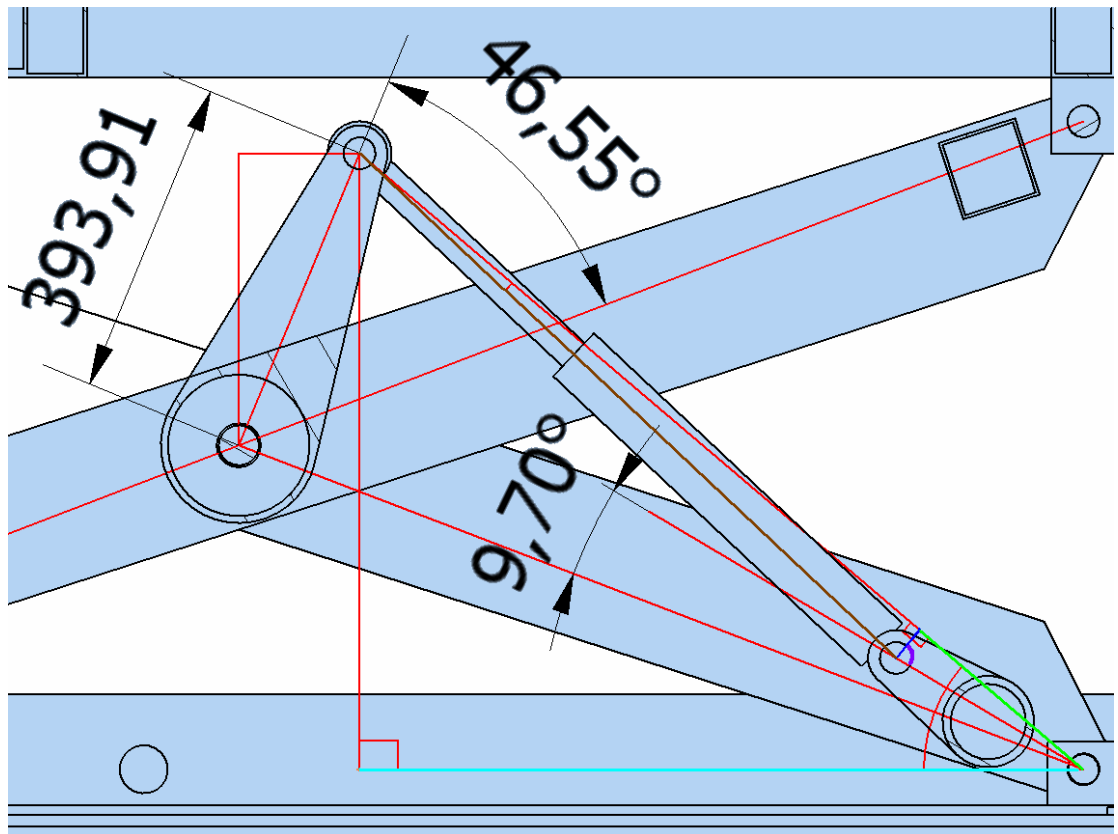
$$A_{\text{poikkeama}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{sylinteri\_ero}}) \cdot R_{\text{sylinteri}}}{\sin(90\text{deg})} \quad (11)$$

Sylinterin kokonaisiskupituus saadaan laskettua kaavojen 12, 13 ja 14 kautta.

$$\alpha_{\text{ero\_vastakulma}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{sylinteri\_ero}} \quad (12)$$

$$B_{\text{vähennys}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{ero\_vastakulma}}) \cdot R_{\text{sylinteri}}}{\sin(90\text{deg})} \quad (13)$$

$$D_{\text{sylinteri}} := \sqrt{(C_{\text{rullalaakeri\_varsi}} - B_{\text{vähennys}})^2 + A_{\text{poikkeama}}^2} \quad (14)$$



Kuva 34. Kaavat 10-14

Vääntövarren ja sylinterinvarren välinen kulma (kaava 19) saadaan laskettua seuraavilla kaavoilla.

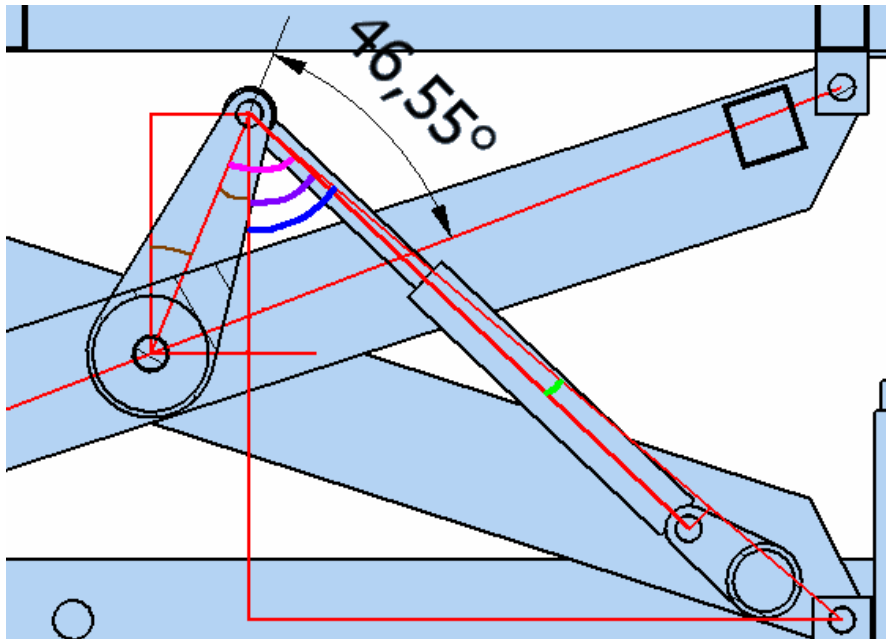
$$\alpha_{\text{sylinteri1}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{sylinteri\_ylä}} \quad (15)$$

$$\alpha_{\text{sylinteri2}} := \text{asin}\left(\frac{\sin(90\text{deg}) \cdot A_{\text{poikkeama}}}{D_{\text{sylinteri}}}\right) \quad (16)$$

$$\alpha_{\text{sylinteri}} := \alpha_{\text{sylinteri1}} - \alpha_{\text{sylinteri2}} \quad (17)$$

$$\alpha_{\text{vääntövarsi}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{saksi}} - \alpha_{\text{saksivarsi}} \quad (18)$$

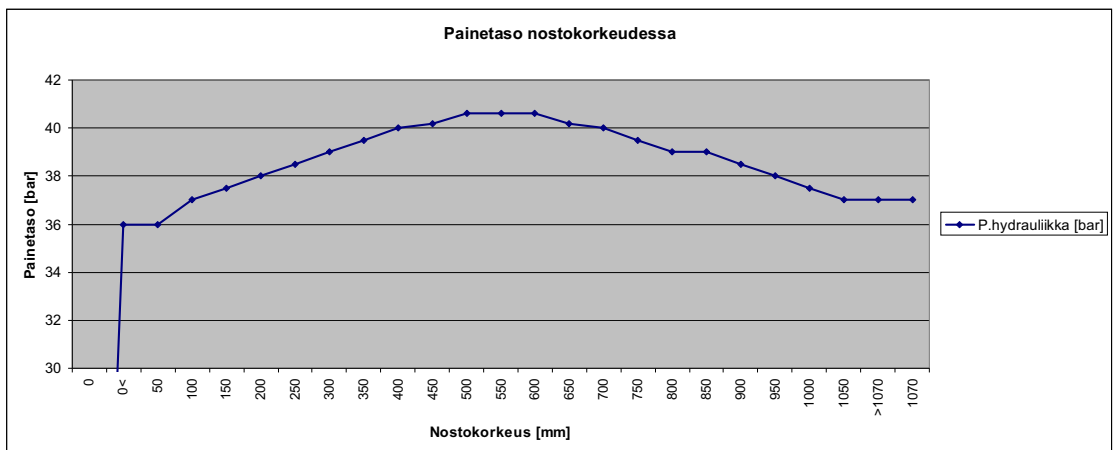
$$\alpha_{\text{voimakulma}} := \alpha_{\text{vääntövarsi}} + \alpha_{\text{sylinteri}} \quad (19)$$



Kuva 35. Kaavat 15-19

#### 4.2. Hydraulikan tuottama paine

Paineen muutokset on käsitelty taulukoinnissa arviopohjalta. Paineen mittaustulokset on asetettu nostokorkeuksille 0 mm, 500 mm sekä 1070 mm, joiden pohjalta niitä on tasaisesti nostettu tai laskettu. Tällöin paine on mahdollisimman tasaisesti nouseva ja laskeva, kuten se on käytössä ollut. Kaaviossa esitetään paineen taso nostokorkeuteen nähden.



Kaavio 1. Painetaso nostokorkeudessa

## 4.3. Hydrauliiikan tuottamien voimien laskenta

Hydrauliiikan tuottama voima sylinterille saadaan laskettua, kun tunnetaan hydrauliiikkakoneikon tuottama paine ja hydrauliikkasynterinin männän pinta-ala. Nostopöydän sylinterien männän halkaisija  $d_{\text{sylinteri}}$  on 100 mm.

$$d_{\text{sylinteri}} := 100\text{mm}$$

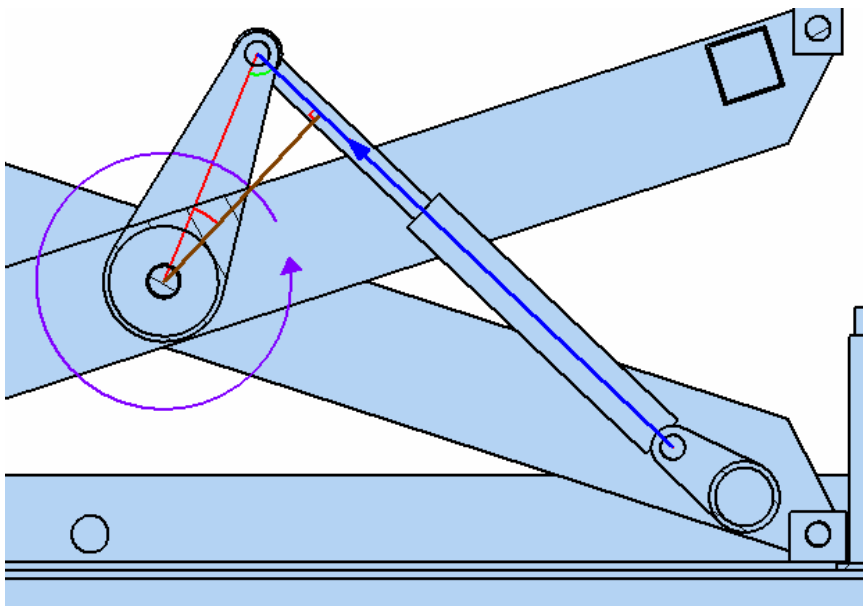
$$A_{\text{sylinteri}} := \pi \cdot \frac{d_{\text{sylinteri}}^2}{4} \quad (20)$$

$$F_{\text{sylinteri}} := P_{\text{hydrauliiikka}} \cdot A_{\text{sylinteri}} \quad (21)$$

Hydrauliikkasynterinin tuottama vääntömomentti saksen keskiputkeen saadaan laskettua seuraavalla kaavalla, jossa synterinin voima pyrkii pyörittämään saksea momentti varrella, joka on kohtisuorassa voiman suuntaan momenttipisteestä.

$$R_{\text{momentti}} := \frac{R_{\text{varsi}} \cdot \sin(\alpha_{\text{voimakulma}})}{\sin(90\text{deg})} \quad (22)$$

$$M_{\text{sylinteri}} := F_{\text{sylinteri}} \cdot R_{\text{momentti}} \quad (23)$$



Kuva 36. Kaavat 20-23

#### 4.4. Kuorman aiheuttamien voimien laskenta

Yleisesti voidaan todeta, että kuorman aiheuttama vääntömomentin sekä sylinteriin kohdistuvan vastavoiman on oltava pienemmät kuin hydraulikan tuottama momentti ja sylinterivoima. Kuorma koostuu nostolavan lamellikuljettimen ja sen päällä olevien lavojen yhteispainosta.

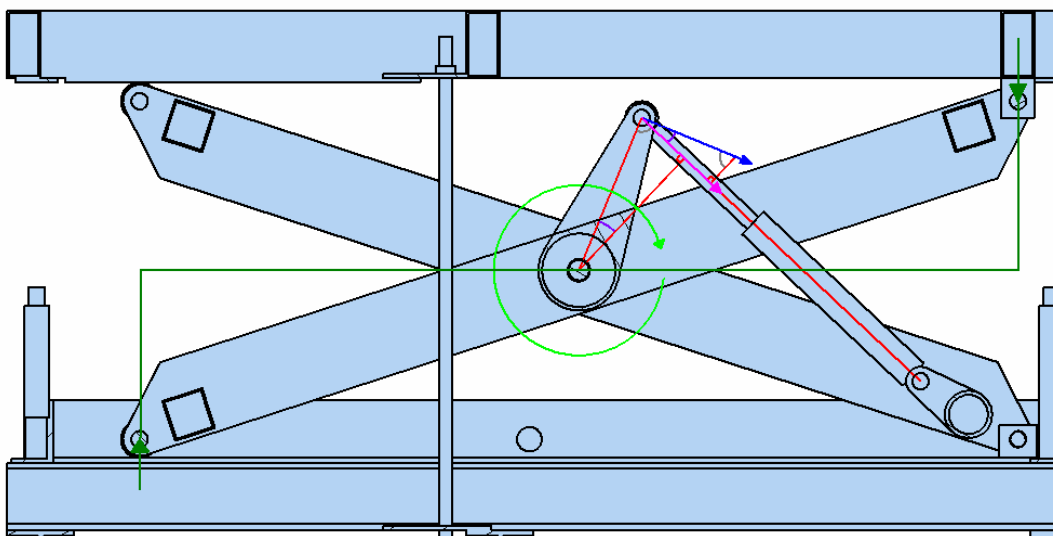
Jos nostopöydän liikettä ei rajoiteta mekaanisesti, saksien vääntövarren rasitus koostuu pääosin kuorman ja kuljettimen aiheuttamista voimista. Laskuissa ei oteta huomioon saksien liukurullien kitkan aiheuttamia voimia, jotka pyrkivät vastustamaan liikettä.

Kuorman aiheuttama vääntömomentti saksien keskiputkeen lasketaan seuraavalla kaavalla. Vakioarvona laskussa toimii putoamiskiihtyvyys  $g$  ja kuorman painon jakautumiskerroin  $k$  massa. Kerroin on yhden saksen puolikkaalle jakautuvan painon osuus kokonaispainosta.

$$g_{\text{vakio}} := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad k_{\text{massa}} := \frac{1}{8}$$

$$F_{\text{kuorma}} := m_{\text{kuorma}} \cdot k_{\text{massa}} \cdot g \quad (24)$$

$$M_{\text{kuorma}} := F_{\text{kuorma}} \cdot X_{\text{saksileveys}} \cdot 2 \quad (25)$$



Kuva 37. Kaavat 24-25

Kuorma pyrkii pyörittämään keskiputken ympäri. Momenttivartena kuormalle toimii saksen kiinnityspisteen ja keskiön välinen etäisyys.

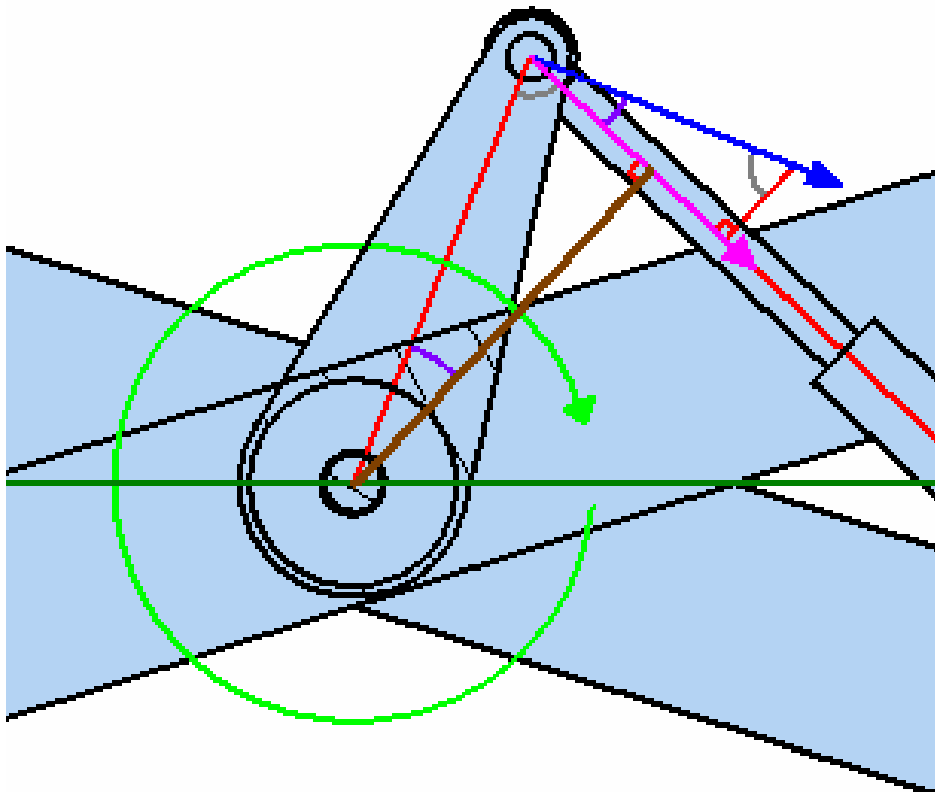
Sylinterin vastavoima eli kuorman aiheuttama kohtisuoravoima sylinterin iskupituu-  
teen nähden lasketaan kaavalla 27. Koska edellä laskettu momentti kohdistuu aksel-  
le ja saksessa on kaksi sylinteriä, täytyy momentti puolittaa sylinterien lukumäärällä.

$$k_{\text{sylinteri\_lkm}} := 2$$

$$R_{\text{momentti}} := \frac{R_{\text{varsi}} \cdot \sin(\alpha_{\text{voimakulma}})}{\sin(90\text{deg})} \quad (26)$$

$$F_{\text{vastavoima}} := \frac{M_{\text{kuorma}}}{R_{\text{momentti}} \cdot k_{\text{sylinteri\_lkm}}} \quad (27)$$

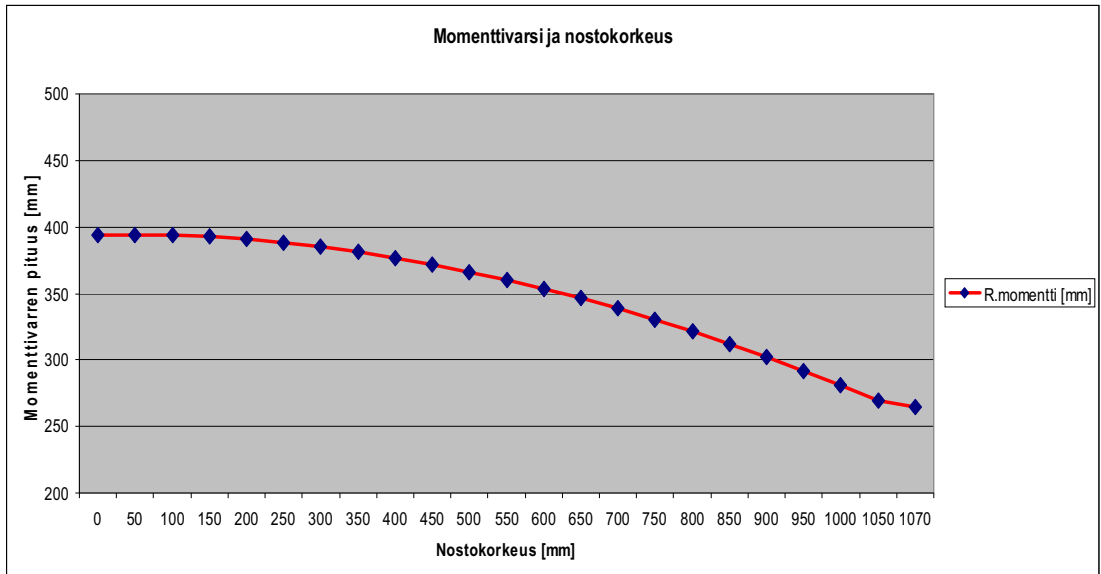
Momenttivartena sylinterin vastavoimalle toimii saksen keskiön ja sylinterin varren  
välinen suorakulma R momentti.



Kuva 38. Kaavat 25-27

#### 4.5. Laskentojen tulosten vertailu

Kaaviossa 2 on esitetty momenttivarren muutos (R momentti) nostokorkeuden kasvassa.

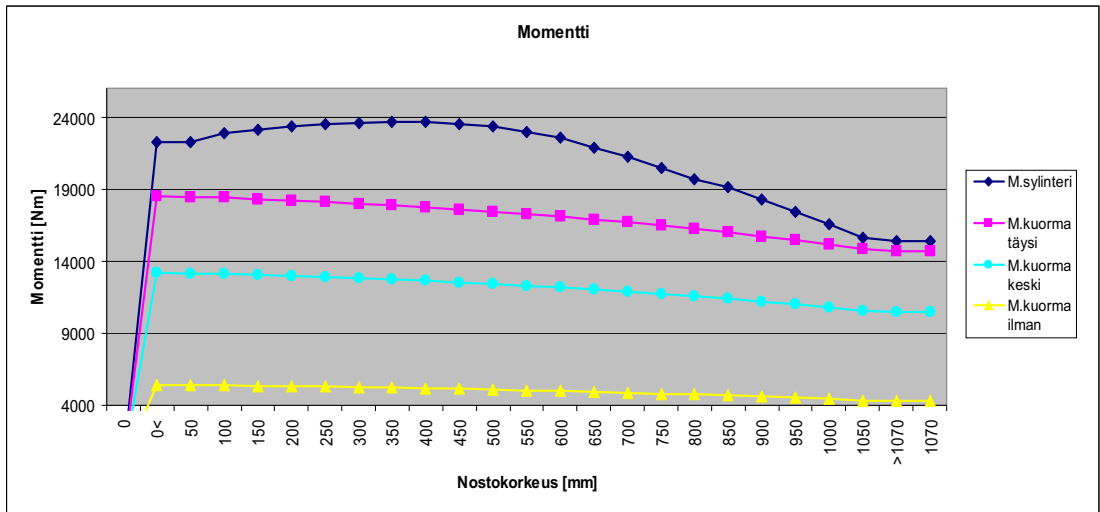


**Kaavio 2. Momenttivarren muutos nostokorkeudessa**

Jos hydrauliiikan paine olisi tasainen, hydrauliiikkasynterinin tuottama momentti vääntövarrelle olisi samassa suhteessa nouseva ja laskeva kuin momenttivarren muutos nostokorkeuteen.

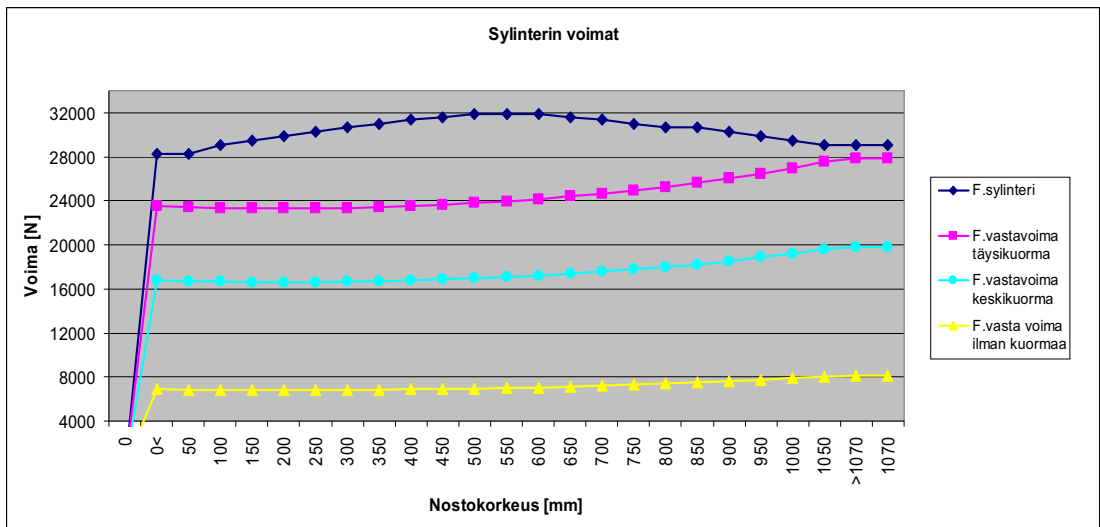
Momenttivarsi kasvaa hieman alussa, mutta lähtee sen jälkeen pienenemään. Momenttivarsi on suurimmilla nostokorkeudessa 53,6 mm, jolloin synterini on 90 asteen kulmassa vääntövarteen nähden. Momenttivarsi (R.momentti) on suoraan verrannollinen kuorman aiheuttamalle momentille (M.kuorma) saksen keskiputkessa, jolloin synterinin vastavoima (F.vastavoima) on kääntäen verrannollinen. Kaaviossa 3 esitetään hydrauliiikan ja kuorman tuottama momentti saksen keskiputkeen ja kaaviossa 4 hydrauliiikan ja kuorman tuottama voima synteriniin. Kuormina toimivat täysikuorma, keskikuorma ja pelkkä lamellikuljetin eli ilman kuormaa.





Kaavio 3. Saksen keskiputken momentin muutokset nostokorkeudessa

Kuorman aiheuttama momentti pyrkii vastustamaan hydrauliiikan tuottamaa momenttia.



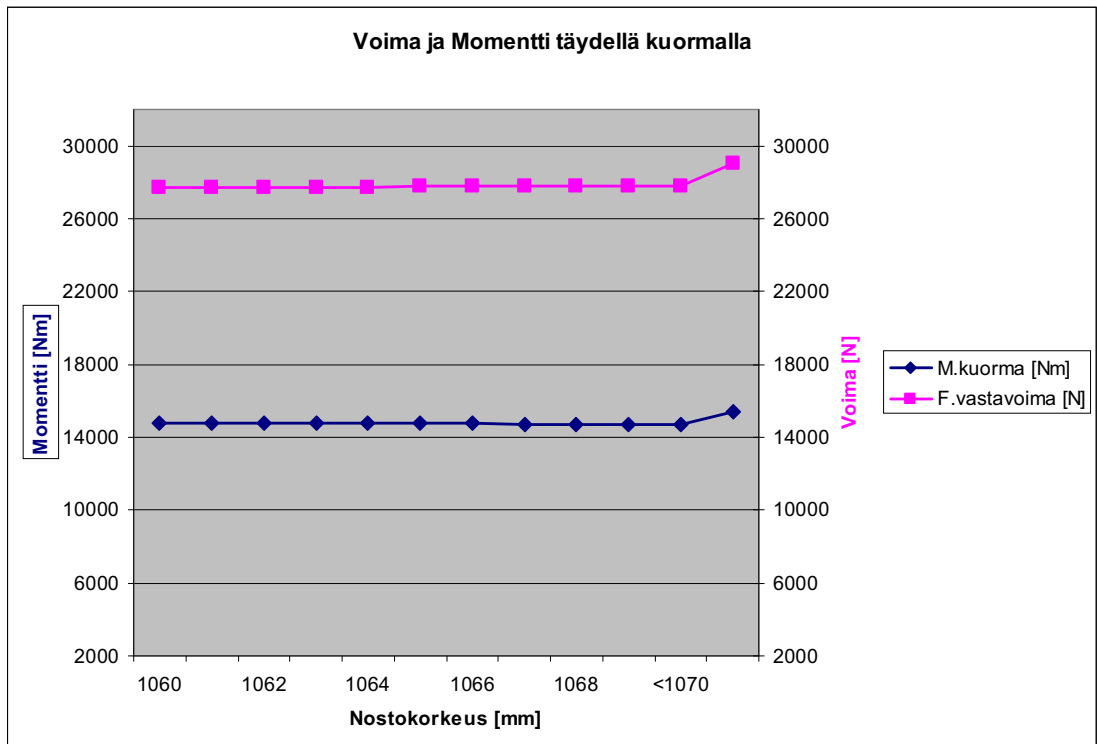
Kaavio 4. Hydrauliikkasylinteriin vaikuttavat voimat nostokorkeudessa

Kuorman aiheuttama (F.vastavoima) voima pyrkii vastustamaan hydrauliiikan tuottamaa voimaa (F.sylinteri).

Kaavioiden tulokset esittävät voimien käyttäytymistä ilman mekaanisia rajoja. Normaalisti vääntövartha ja muuta rakennetta kuormittavat kuorman aiheuttama voima ja

momentti. Koska mekaaniset rajat pysäyttävät liikkeen 1070 mm:iin, vaikuttavat siinä hydraulikan tuottamat voima ja momentti.

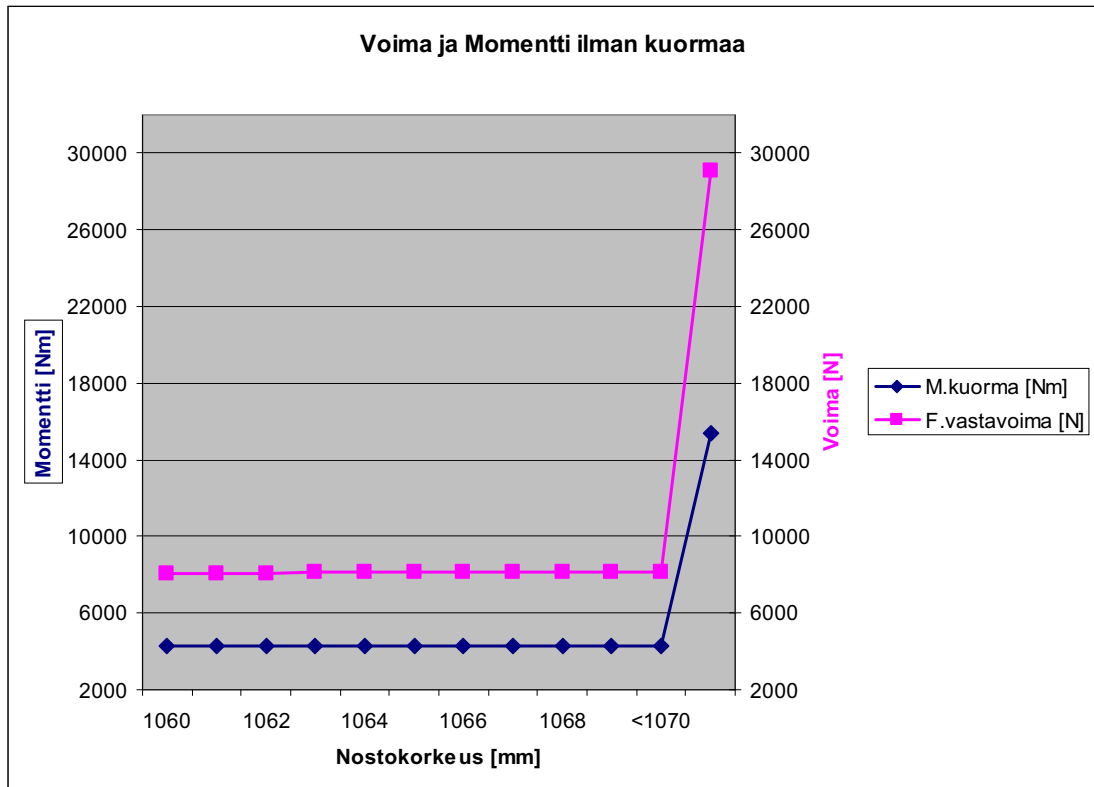
Tässä tapauksessa tulee voiman piikkimäinen nousu, jolloin staattinen rasitus muuttuu dynaamiseksi rasitukseksi. Kaavio 5 esittää mekaanisten rajojen käytöstä aiheutuvaa voiman ja momentin kasvua nostoliikkeen lopussa.



**Kaavio 5. Mekaanisten rajojen aiheuttama momentin ja voiman muutos**

## 5. DYNAAMINEN RASITUS

Kaaviossa 5 esitetty äkillinen voiman kasvaminen mekaanisiin rajoihin ajettaessa aiheuttaa jännityspiikin vääntövarsiin. Taulukon osoittama piikki on sitä suurempi, mitä pienempää kuormaa nostetaan, koska sylinterin vastavoima pienenee kuorman suhteessa. Näin ollen jännityksen vaihteluväli kasvaa ja se puolestaan väsyttää materiaalia enemmän. Tässä tilanteessa dynaaminen kuormitus on mahdollinen materiaalin rikkoutumisen aiheuttaja.



**Kaavio 6. Mekaanisten rajojen aiheuttama momentin ja voiman muutos ilman kuormaa**

Dynaaminen kuormitus voi aiheuttaa vaurion staattista vauriorajaa alhaisemmalla tasolla suurien kuormitusmäärien vaihtelujen jälkeen (6, 1).

Rasituskuvan mekaanisiin rajoihin ajetun kuorman staattiset jännitykset ( $\sigma_{\max}$ )  $\sigma_{\max}$  on 117 MPa sallitulla alueella. Ilman kuormaa olevan nostolavan jännitys  $\sigma_{\max1}$  on 18 MPa, täyden kuorman kanssa jännitys  $\sigma_{\max2}$  on 60 MPa ja keskikuorman kanssa  $\sigma_{\max3}$  on 45 MPa ennen mekaanisiin rajoihin osumista.

Nostolaitteiden sallittu jännitys staattisessa kuormituksessa rakenneosille vedolle, puristukselle ja taivutukselle S355  $\sigma_{\text{sall}}$  on 210 MPa varmuuden ollessa myötörajan nähden 1,7. S355 teräkselle myötölujuus on  $\sigma_m$  280-300 MPa ja murtolujuus  $\sigma_M$  on 500-620 MPa. (lähde: Valtanen 2008, Tekniikan taulukkokirja s.480 ja 485).

### 5.1. Väsymislujuus nostotilanteessa

Wöhlerin käyrällä tutkitaan normaalijännityksen vaihteluiden määrän aiheuttamaa muutosta väsymislujuudessa. Yhtä normaalijännityksen vaihtelua kutsutaan jännityssykliksi, jolloin jännitys on saavuttanut minimi- ja maksimiarvonsa. Standardissa SFS-EN 1993-1-9 käsitellään teräsrakenteiden väsymisluokkia, joiden pohjalle seuraavat laskelmat perustuvat. (6.)

Standardi esittelee väsymisluokkia hitsaustavoille, joista valitaan omaan tapaukseen sopiva luokka. Tässä tapauksessa väsymisluokaksi valitaan 40, jonka pohjalta tutkitaan dynaamisen voiman aiheuttamaa väsymistä mekaanisia rajoja vasten. Väsymisluokkaa merkataan arvolla (delta sigma)  $\Delta\sigma_c$  kahden miljoonan jännityssyklin kohdalla ja sen yksikkö on N/mm<sup>2</sup>. (7.)

Jännityksen vaihteluväli  $\Delta\sigma$  saadaan vähentämällä maksimijännityksestä minimijännitys. Maksimijännityksinä käytetään mekaanisiin rajoihin ajatun pöydän jännitystä kuvasta 19, ilman kuormaa nostetun pöydän jännitystä kuvasta 23, täyden kuorman kanssa nostetun pöydän jännitystä kuvasta 21 ja keskikuorman kanssa nostetun pöydän jännitystä kuvasta 27. Minimijännitys on 0 MPa, kun nostopöytä lepää alasenossa ja sylintereissä ei ole painetta.

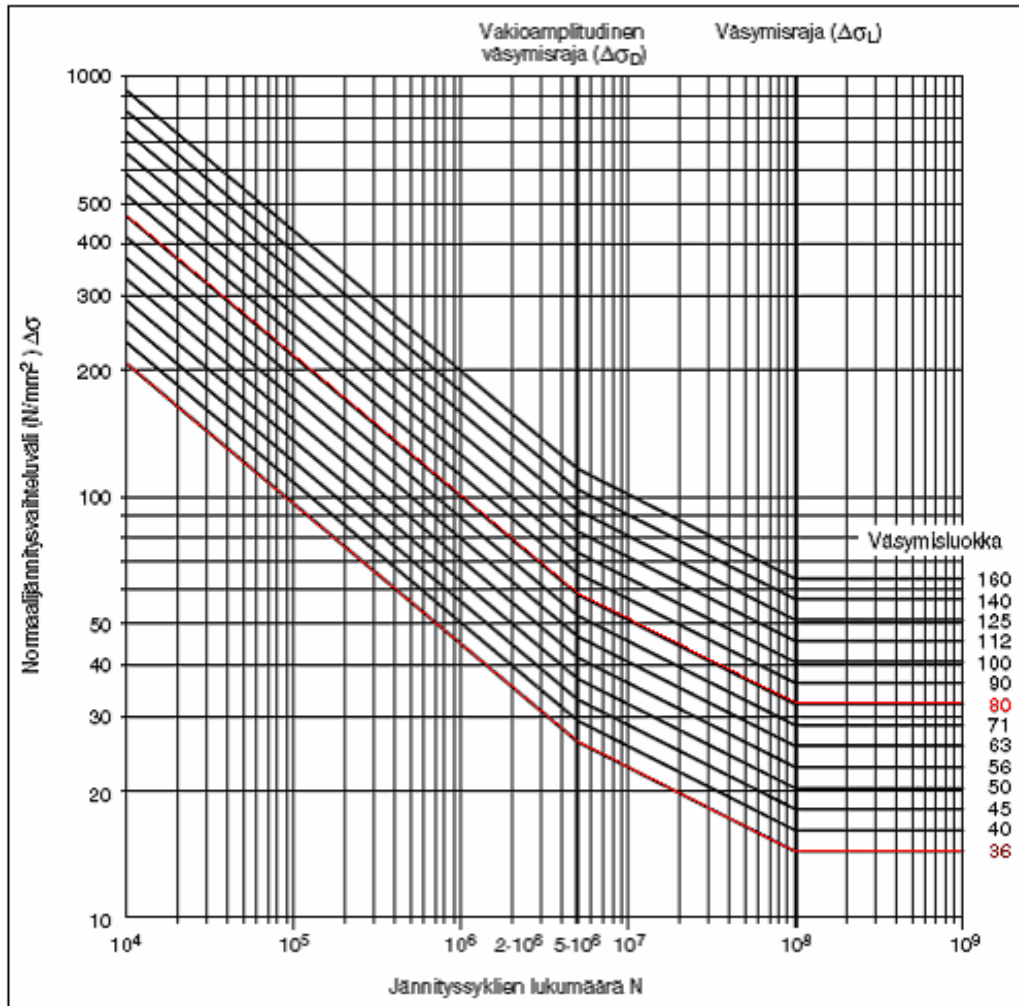
$$\Delta\sigma := \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \quad (28)$$

Mekaanisten rajojen käytöstä johtuen jännityksen vaihteluväli jokaisella nostokerralla  $\Delta\sigma$  on 117 MPa. Ilman mekaanisia rajoja jännityksen vaihteluväli olisi yhtä suuri kuin kuormitustilanteen jännityksen maksimiarvo ennen rajoihin osumista.

Jännityssyklien lukumäärä saadaan laskettua kaavalla (30), joka on johdettu kaavasta (29). Kun syklien lukumäärä on yhtä suuri tai pienempi kuin kaksi miljoonaa,  $m=3$ .

$$\Delta\sigma^m \cdot N := \Delta\sigma_C^m \cdot 2 \cdot 10^6 \quad (29)$$

$$N := \frac{\Delta\sigma \cdot C^m \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma^m} \quad (30)$$



Kuva 39. Väsymislajuuden käyrät normaalijännityksen vaihteluille (8)

Kun jännityssyklien määrä on kahden miljoonan ja sadan miljoonan välissä tai yhtä suuri, käytetään vakioamplitudista väsymisrajaa, jolloin  $m=5$ .

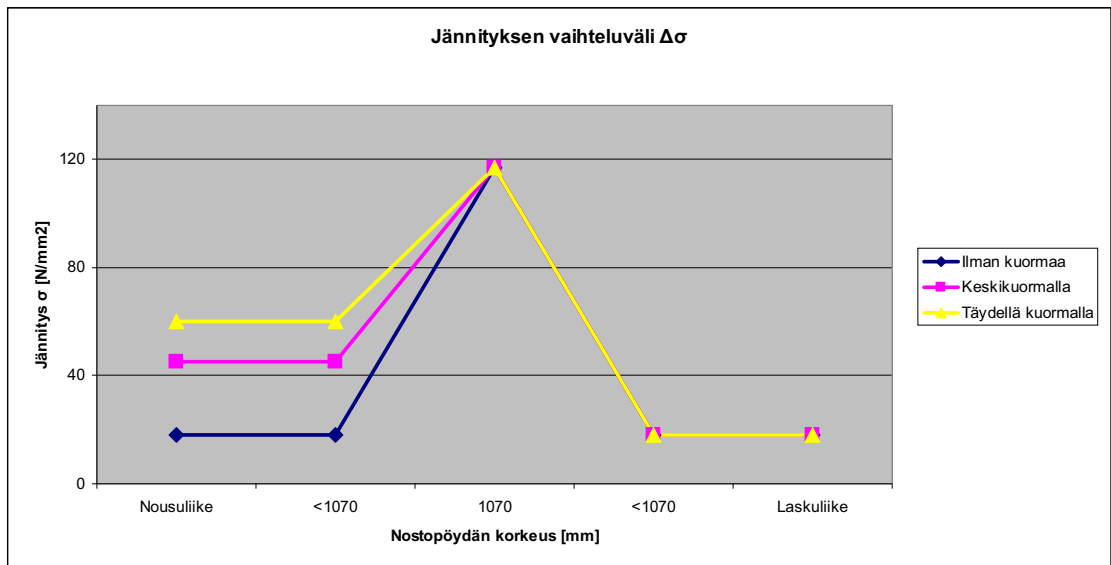
$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_C \quad (31)$$

$$\Delta\sigma^m \cdot N := \Delta\sigma_D^m \cdot 2 \cdot 10^6 \quad (32)$$

Jännityssyklien lukumääräksi saadaan mekaanisilla rajoilla  $N=79919$ . Ilman mekaanisia rajoja jännityssyklien määräksi saataisiin tyhjällä kuormalla  $N_1=21947874$ , täydellä kuormalla  $N_2=592593$  ja keskikuormalla  $N_3=1502629$ .

## 5.2. Väsymislujuus laskutilanteessa

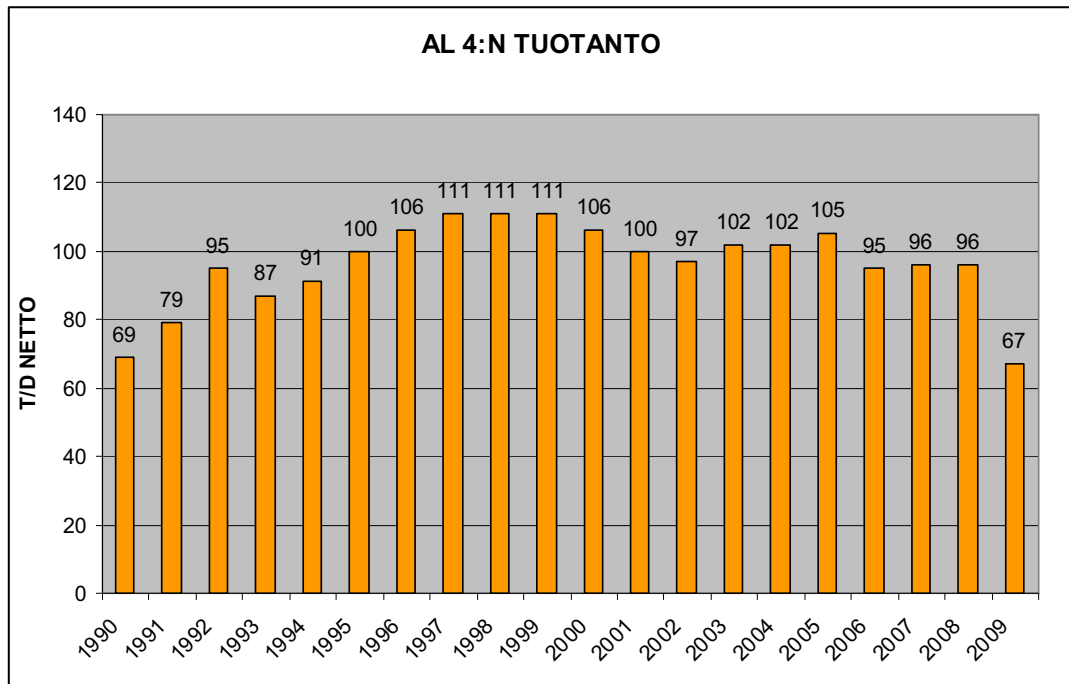
Nostopöydän ollessa mekaanisia rajoja vasten paine pysyy koko ajan päällä. Kartonkilavojen siirtyessä siirtovaunuun ja pöydän alkaessa laskeutumaan, saksien jännityksen vaihteluväli on sama kuin ilmankuormaa ajettaessa mekaanisiin rajoihin. Tässä kohtaan jännitys putoaa piikkimäisesti 117MPa:sta 18 MPa:iin.



**Kaavio 7. Jännityksen vaihteluväli  $\Delta\sigma$**

## 5.3. Jännityssyklit

Jännityssyklien eli nostoliikkeiden määrää tarkasteltaessa käytetään apuna arkkileikuri 4:n tuotannon nettopainoja. Käytössämme oli vuosien 1990 -2009 tuotantokaavio, jossa esitetään vuoden keskimääräinen tuotantomäärä päivässä. Tarkastelualueeksi otetaan vuodet 2001 -2008.



**Kaavio 8. AL 4:n tuotanto (2)**

Keskimääräinen tuotanto vuodessa 2001 -2008 välillä saadaan laskemalla vuosien välinen tuotantopaino yhteen ja jakamalla se vuosien lukumäärällä.

$$T_{\text{vuosi}} := T_d \cdot 365 \quad (31)$$

$$T_{\text{Dkeski}} := \frac{(T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} + T_{05} + T_{06} + T_{07} + T_{08})}{8} \quad (32)$$

Keskimääräinen nostokuorma lasketaan seuraavalla kaavalla. Maksimi nostokuorma on 8x600 kg ja minimiksi valitaan yksi 900 kg:n lava.

$$m_{\text{keski}} := \frac{m_{\text{max}} + m_{\text{min}}}{2} \quad (33)$$

Keskimääräinen nostoliikkeiden lukumäärä vuotta kohden saadaan laskettua jakamalla keskimääräinen tuotanto keskimääräisellä nostokuormalla.

$$N_V := \frac{T_{Dkeski}}{m_{keski}} \quad (34)$$

Keskimääräiseksi nostoliikkeiden lukumääräksi vuodessa saadaan 12695 kpl, jolloin nostoliikkeiden kokonaismäärä vuosien 2001 -2008 aikana on ollut n.110560 kpl. Vuonna 2007 maaliskuussa nostopöytä rikkoontui ensimmäisen kerran, johon mennessä nostoliikkeitä oli kertynyt keskimäärin 79343 kpl.

## 6. TULOSTEN ARVIOINTI

Rikkoontumisten aiheuttajaksi voidaan laskentojen perusteella osoittaa mekaanisten rajojen käyttö ja niiden aiheuttama dynaaminen kuormitus ja materiaalin väsyminen. Mahdollista voi myös olla tämän lisäksi liukurullan eteen pudonnut kartonki tms. , joka on vastustanut nousuliikettä ja aiheuttanut lisää vääntöä korvakkeisiin.

Väsymislujuuden tarkastelun ja siitä nostopöydän teoreettisen kestoian määrittelyn perusteella, joka on 79919 nostoliikettä, voidaan todeta, että todellinen kestoikä on ollut melkein sama kuin teoreettinen kestoikä (n.79343 nostoliikettä keskimääräisellä kuormalla). Tuloksen arvioinnissa on kuitenkin syytä ottaa huomioon, että standardista valittu väsymisluokka on jouduttu päättämään, koska samanlaista hitsaustapaa siellä ei ole esitetty.

Vaikka 3D-mallista tuotetut jännitysanalyysit eivät ole niin tarkkoja kuin esimerkiksi monipuolisemmalla FEM-ohjelmalla tuotetut (finite element method), voidaan niitä kuitenkin pitää suuntaa antavina.

Nostopöydän nousuliikkeessä huomioitiin, että oikeanpuoleinen saksi kohtaa mekaanisen rajan ennen vasenta puolta. Tämä johtuu siitä, että mekaaniset rajat ovat tällä puolella noin 5 mm lyhyemmät kuin toisella puolella. Dynaaminen kuorma todennäköisesti kasvaa vielä entisestään, kun oikea puoli on rajoissa ja vasen puoli jatkaa liikettä. Tämä voisi selittää oikeanpuoleisen saksen huonomman kunnon.



## 7. KORJAUSSUUNNITELMAT

### 7.1. Selvitys pystysylinterien käytöstä

Asentamalla nostolavan kulmiin pystysylinterit saataisiin vääntövarret pois ja rasitus kohdistumaan suoraan sylintereihin. Sylintereille täytyisi suunnitella uudet kiinnikkeet ja runko vaatisi muokkaamista.

Koska saksinostimen sakset eivät toimisi enää epätasaisen kuorman tasaajana, toispuoleinen kuorma aiheuttaisi joustoa hydraulikkasylintereihin ja lava ei nousisi vaakatasossa. Tämä jouduttaisiin korjaamaan automaatioon tehtävillä muutoksilla, joilla voitaisiin säätää hydraulikkakoneikon paineen säätöä. Tässä tapauksessa hydraulikkakoneikko jouduttaisiin uusimaan.

Nostolava Oy:n tekemän tarjouksen mukaan tarvittavan laitteiston hinta olisi yli kolminkertainen verrattuna uusien saksien ja sylinterien vaihtoon.

Automaatio-osien lisääminen saattaa aiheuttaa vikaherkkyuden kasvamista ja tuotannon häiriöiden lisääntymistä. Lisäksi kustannukset tehtäviin muutostöihin olisivat korkeat.

### 7.2. Uusien saksien ja sylinterien vaihtaminen

Uusien saksien vaihtaminen vanhojen tilalle on suositeltavaa. Tämänhetkiset sakset ovat hajonneet monta kertaa, joten materiaali alkaa olla väsynyttä ja altis uusille rikkoutumisille. Paikan päällä tehtyjen korjauksien luotettavuus on kohtuullisen huono, koska olosuhteet niiden tekemiseen ovat hankalat.

Saksien vaihdon yhteydessä mekaaniset rajat poistetaan ja sylinterit vaihdetaan oikean iskupituuden omaaviksi sylintereiksi. Sylintereihin asennetaan säädettävät haarukkapäät, jotta iskupituutta voidaan tarpeen vaatiessa hienosäätää muutamilla millimetreillä.

Nostopöydän kehikon suoruus vaakatasossa tarkistetaan ja tarpeen mukaan asennetaan korokelevyjä nostopöydän jalkojen ja kehikon väliin, jotka on pultattu yhteen kiinni.

Formia Vesme Oy:n kautta tilatun tarjouksen hinta uusista saksista ja sylintereistä on hieman alle 10 000 €. Asennukset suoritettaisiin Empower Oy:n kautta, joka toimii Stora Enson sisäisenä alihankintayrityksenä vastaten tehtaan huolto- ja kunnossapidosta.

### 7.3. Saksien materiaalin lisääminen

Käyttämällä vanhanmallisia saksia, mutta lisäämällä ainepaksuutta voitaisiin edullisesti toteuttaa varmempi ja kestävämpi ratkaisu. Materiaalin lisäämisestä tulevat kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin uuden systeemin rakentaminen. Materiaalin paksuutta kasvatettaisiin vääntövarsissa 30 mm:stä 40 mm:iin ja keskiöputkessa 10 mm:stä 12,5 mm:iin.

Vääntövarret on tavallisesti hitsattu pienahitsillä keskiöputkeen. Muuttamalla hitsaustapa K-hitsiksi saadaan kiinnityspinta-alaa kasvatettua. Näin sisäiset jännitykset pienenisivät, koska väännön aiheuttamat voimat kohdistuisivat isommalle pintalalle.

### 7.4. Hydraulikkakoneikko

Hydraulikkakoneikon vuotokohdat on korjattava saksien vaihdon yhteydessä ja tiiveys tarkistettava korjausten jälkeen. Vuotokohdat päästään toteamaan jo ennen saksien vaihtamista, kun koneikon alla oleva kaukalo tyhjennetään öljystä ja koneikko pestään. Koneikko tarkastetaan käytön aikana usein ja vuotokohdat merkataan. Korjaustoimenpiteiden aikana on syytä vaihtaa myös hydraulikkaletkut sekä tarkistaa mekaanisten osien, kuten pumpun ja venttiilien, toimivuus.

## 8. POHDINTA

Osa alkuperäisistä ajatuksista rikkoontumisen aiheuttaneista syistä saatiin karsittua pois tätä opinnäytetyötä tehdessäni, kuten esimerkiksi liian suuri paine hydraulikaassa, putkirikkoventtiilin laukeaminen tai liian suuri kuorma. Mekaanisten rajojen tutkiminen antoi loppujen lopuksi työlle suunnan ja pääsin perehtymään voimien käyttäytymiseen nosto- ja laskutilanteessa.

Ymmärrys voimien käyttäytymisestä nosto- ja laskutilanteissa herättivät mielenkiintoa tutkimuksen suorittamiseen. Haastavaa tässä työssä oli pohtia ja todistaa mekaanisten rajojen todellinen yhteys rikkoontumiseen. Syyt epäilyksen heräämiseen alussa johtuivat pääosin siitä, että mekaanisia rajoja ei ole suunniteltu tähän käyttöön ja yleisesti saksinostimista ei semmoisia löytynyt.

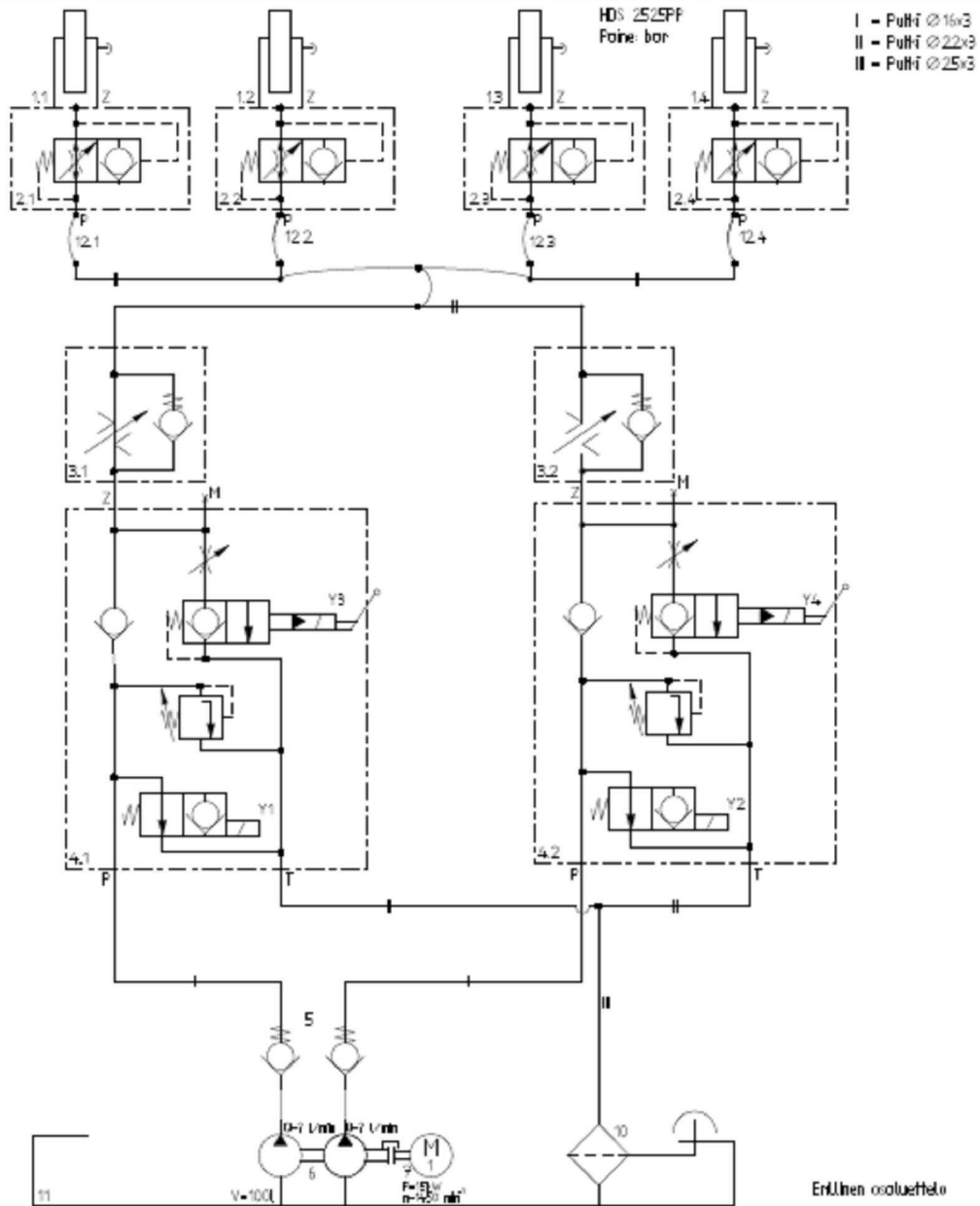
Haastavan ja mielenkiintoisen työstä teki se, että saksinostimien rikkoontumisista ei löytynyt aiempaa tutkimusta, joiden pohjalta olisi voinut alkaa työstää tätä ongelman selvitystä.

Väsymislujuuden tutkinnassa jouduin yksinkertaistamaan rasituksen tutkimista, koska käytin inventorilla tuotettuja rasituskuvia. Dynaamisten voimien tutkimisessa olisi voitu käyttää monipuolisempaa FEM-ohjelmaa. Tällöin voitaisiin tutkia voimien vaihteluja ajan funktiona ja piikkimäisen voiman kasvun todellisia vaikutuksia väänövarteen. Tällaisen FEM-ohjelman käyttö olisi ollut välttämätöntä, jos saksinostin olisi alkujaan suunniteltu mekaanisille rajoille. Tärkeintä tässä työssä oli kuitenkin selvittää rikkoontumisen syy ja mielestäni työ on onnistunut siinä suhteessa.



Tärkeää tulevien korjaustoimenpiteiden kannalta oli todistaa alkuperäisen rakenteen kestävyys ja se, ettei perustoimintatapaa kannata lähteä muuttamaan kalliilla hinnalla. Koska materiaalin lisäämisestä koituvat kustannukset ovat pienet, on varmuuden parantaminen alkuperäisessä rakenteessa järkevää, vaikka vanha malli toimisikin hyvin käytettynä oikein. Tällä pienellä hinnalla voidaan varmistua siitä, etteivät kalliit, rikkoontumisten aiheuttamat, tuotannon keskeytykset ole tulevaisuudessa niin todennäköisiä.

## LÄHTEET

1. Stora Enso Oy:n Inkeröisten kartonkitehdas, yritys esittely. Saatavissa:  
<http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/ingerois-mill/Pages/welcome-to-ingerois-mill.aspx> [viitattu 07.06.2009]
2. Stora Enso Oy:n Intranet. Tuotanto. AL 4:n tuotanto kaavio.
3. Nostolava Oy:n yritys esittely. Nostolava Oy. Saatavissa:  
<http://www.nostolava.fi> [viitattu 12.08.2009]
4. Outinen, H. 1998 Statiikka tekniikan opiskelijoita varten osa 1. 11. uusintapainos. Tampere: Pressus Oy
5. Aalto, J. 2002. Staattisesti määrättyjen rakenteiden statiikka. Saatavissa:  
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Rakenteidenmekaniikka/henk/aalto/materiaalia/stat.pdf>  
[viitattu 16.04.2010]
6. Materiaalin väsyminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavissa:  
[http://home.tamk.fi/~mlahteen/arkistot/luj2\\_pdf/vasy\\_k.pdf](http://home.tamk.fi/~mlahteen/arkistot/luj2_pdf/vasy_k.pdf) [viitattu 23.03.2010]
7. SFS-EN 1993-1-9. Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-9: Väsyminen. Suomen standardisoimisliitto.
8. Hitsatun profiilin väsymiskestävyys ja haurasmurtuma. Teräsrakenneyhdistys. Saatavissa:  
<http://www.terasrakenneyhdistys.fi/suunnittelijoille/hitsatutprofiilit/HP4%20181-198%20A4.pdf> [viitattu 20.03.2010]
9. Valtanen, E. 2008. Tekniikan taulukkokirja 16.painos. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy



KONEIKKO, KELLARISSA  
TASO +23.700  
PILARIVÄLI S-U/42-43

	Suhde	Arkkitehti No 04		
		Ent. No		
 	IK ARKKILEIKKURI 4 NOSTOPÖYTÄ HYDRAULLIINKAKAAVIO		Pih. No 455927	Huuto 1

NOSTOLAVA

NL 10.000/1250 2R

Nro: 10601

Nostokyky 10.000 kg

Nostoliike 1250 mm

Turengin Nostolava Oy  
P.O.Box 69  
14201 Turenki  
Finland

Tel. +358-3-628 650

NL 10.000/1250 2R

10601

## SISÄLLYSLUETTELO

1. TEKNINEN ERITTELY	s. 2
2. NOSTOLAVAN TARKOITETTU KÄYTTÖ	s. 3
4.1. Käyttö	
4.2. Toiminta	
3. NOSTOLAVAN ASENNUS KÄYTTÖKUNTOON	s. 4
4. SÄÄDÖT JA HUOLTOTOIMET	s. 5
4.3. Säätö	
4.4. Huolto	
4.5. Huolto-ohjetaulukko	
5. VIANETSINTÄ	s. 7
6. VARAOSALUETTELO	s. 8
7. HUOMAUTUKSET	s. 9
Koeajopöytäkirja	s. 10
Huoltopöytäkirja	s. 11

## LIITTEET

Valmistajanvakuutus  
 Nostolava, piir.nro 9222-080  
 Voiteluaineen ja hydrauliohjain tuoteselosteet

NL 10.000/1250 2R

10601

**SAKSINOSTIN NL 10.000/1250 2R**

Valmistaja: Turengin Nostolava Oy  
PL 69  
14201 Turenki

Sarjanumero: 10601  
Valmistusvuosi: 2001

**1. TEKNINEN ERITTELY**

Nostokyky	10.000 kg
Nostoliike	1250 mm
Rakennekorkeus	600±20 mm
Tason mitat	5000 x 2000 mm
Massa	2070 kg
Painetaso	12,5 MPa
Hydraulisylinteri	100x470
Äänitaso	<75 dB(A)



NL 10.000/1250 2R

10601

## 2. NOSTOLAVAN TARKOITETTU KÄYTTÖ JA TOIMINTA

### 2.1.KÄYTTÖ

Nostolava on tarkoitettu käytettäväksi asennuskuoppaan asennettuna nostamaan tavaroita liikealueellaan. Laitetta ei tule käyttää muihin tarkoituksiin. Erityisesti laitetta ei ole suunniteltu henkilönostimeksi tai hissiksi.

**Käyttäjän on ennen laitteen käynnistämistä ehdottomasti luettava käyttöohjeet ja käyttäjä on perehdytettävä nostopöydän toimintaan.**

Ennen laitteen käyttöä on varmistuttava, ettei laitteen liikealueella ole ihmisiä tai esineitä jotka voivat vahingoittua nostimen liikkeestä.

### 2.2.TOIMINTA

Laitte pysähtyy liikesuunnissaan mekaanisiin ääriarajoihinsa.

Laitteen ääriarajojen sisäpuolelle mentäessä on laitteen huoltotuki aina asennettava paikoilleen. Mikäli se ei ole fyysisesti mahdollista laite on tuettava mekaanisesti muuten.

**Laitteen alle ei koskaan saa mennä ilman mekaanista varmistusta sen ylhäälläpysymisestä. Katso piir.nro 9222-080.**

Nostopöydän jokainen sylinteri on varustettu letkurikkoverventtiilillä, joka pysäyttää pöydän, jos laskunopeus ylittää 0,25 m/s. Venttiilin toimitua on sen toimintaan johtanut syy selvitettävä ennen nostopöydän käytön jatkamista.

Jos laitteeseen/osaan on aiheutunut pysyviä vaurioita tai laitetta/osaa on merkittävästi korjattu, on laite/osa tutkittava ja testattava sen asianmukainen toiminta. Koeajopöytäkirjassa annettuja arvoja ei saa ylittää.

Valmistaja ei vastaa vahingoista, jotka syntyvät käyttäjän huolimattomuudesta tai ilman valmistajan lupaa laitteeseen tehdyistä muutoksista.

Turvajalkineiden ja -käsineiden käyttö on suositeltavaa mikäli työskennellään jatkuvasti laitteen työalueella.

Käytöstä poistettava nostopöytä:

- metalliosat soveltuvat kierrätykseen
- hydraulikka- ja sähköosat voidaan palauttaa valmistajalle, joka huolehtii materiaalin jatkokäsittelystä

### 3. NOSTOLAVAN ASENNUS KÄYTTÖKUNTOON

Ennen nostopöydän asennuksen aloitusta huomioitava, ettei laitteen melutaso nouse, ja mitattava, että asennuskuopan sisämitat ovat n.1,5 cm suuremmat kuin laitteen ulkomitat. **Nostolavaa ei saa asentaa kuoppaan jossa on pienempi liikkumavara.**

Voimassaolevia rakennusmääräyksiä ja käyttöä koskevia turvamääräyksiä on ehdottomasti noudatettava.

Käyttöympäristössä, johon liittyy putoamisvaara yli kolmen metrin korkeudelta, voidaan tarvita lisävarotoimenpiteitä.

1. Aseta nostolava tasaiselle pinnalle asennuskuopan viereen.
2. Kytke laite hydraulikoneikkkoon ja nosta laitteen kantta n. 60 cm.
3. Pujota liinat alakehän kahdeksasta nostoreiästä ja nosta laite asennuspaikkaansa. Liinojen lukitustapit tulee sijoittaa laitteen alakehän sisäpuolelle, jotta liinat voidaan irrottaa laitteesta sen ollessa kuopassaan.
4. Asemoi laite asennuspaikalleen niin, että vällykset ovat tasan molemmin puolin ja laite on vaakasuorassa. Mikäli laite on ylätasossa vinossa asennuspaikasta johtuen, se voidaan suoristaa sijoittamalla alakehän alle tukipaloja.  
**Huom! Paikkojen joissa kulkurullat liikkuvat ja nostosaksien kiinnityskorvien on ehdottomasti oltava kovan alustan päällä kokonaisuudessaan.**
6. Hitsaa nostolava alustaansa ja kiinnitä suojapellit.
7. Painikekotelo tulee kiinnittää sellaiseen paikkaan, josta laitteen käyttäjä näkee koko laitteen työalueen ja kuorman vaaralliset osat, mutta ei ole puolta metriä lähempänä asennuskuopan reunaa käyttäessään laitetta. Sekä HäätäSeis-painikkeen tulee olla helposti luoksepäästävässä paikassa.
8. Kun laite on saatu asianmukaisesti paikalleen, ja on varmistuttu sen oikeasta toiminnasta ilman kuormitusta, voidaan laite ottaa käyttöön.
9. Järjestelmän suurin sallittu paine on ilmoitettu koeajopöytäkirjassa.

NL 10.000/1250 2R

10601

## 4. SÄÄDÖT JA HUOLTOTOIMET

### 4.1. SÄÄTÖ

Laskunopeus on säädettävä laitteen ollessa kuormattuna.

Koeajopöytäkirjassa raja-arvoja ei saa ylittää ilman valmistajan kirjallista suostumusta.

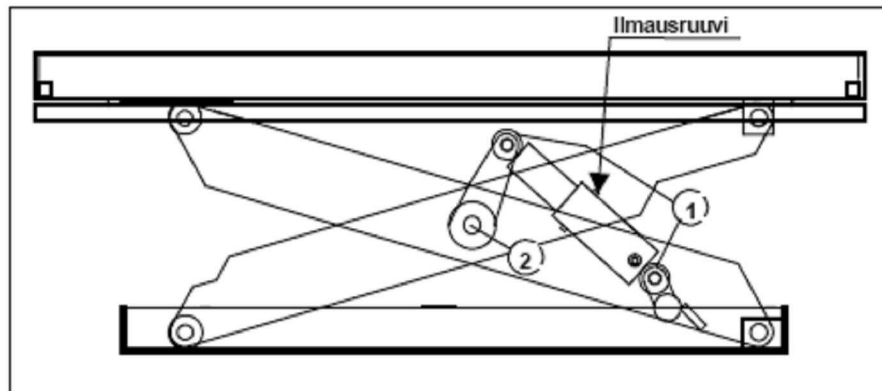
Työskenneltäessä lavan alla, on se lukittava mekaanisesti mukana seuraavalla huoltotuella. Ylhäällä pysyminen on varmistettava painamalla riittävän kauan ALAS-painiketta.

### 4.2. HUOLTO

#### RASVAUS

Laite on varustettu voideltavin laakerein. Voitelupisteet sijaitsevat seuraavasti:

1. Sylinterin päät, 2 kpl/sylinteri
2. Laitteen keskiakseli, 2 kpl/akseli



Kuva 1.

Muut laakerit ovat kestovoideltuja eikä niitä tarvitse voidella.

Voitelu on suoritettava olosuhteiden mukaisesti, n.40 käyttötunnin välein tai vähintään joka neljäs viikko. Voiteluaineeksi suositellaan *Esso Beacon EP2* tai vastaava.

Voitelun yhteydessä on nostimen alusta puhdistettava mahdollisesta irtorjosta ja nesteistä, erityistä huomiota tulee kiinnittää kohtiin, joissa juoksurullat liikkuvat.

**TÄRKEÄTÄ!**

NL 10.000/1250 2R

10601

***ÖLJYÄ SAA LISÄTÄ VAIN SUODATTIMEN KAUTTA, 95%  
HÄIRIÖISTÄ JOHTUU LIKAISESTA ÖLJYSTÄ.***

Hydrauliikan letkuasennelmien käyttöikä on n. 2 vuotta, jonka jälkeen ne on uusittava. Uusin letkuihin on syytä merkitä vaihdon ajankohta. Letkujen ensimmäinen vaihto marraskuussa 2003.

**VAROITUS!  
*HYDRAULIJÄRJESTELMÄSSÄ HAVAITTU VUOTO ON  
KORJATTAVA VÄLITTÖMÄSTI.***

Liian vähäisen öljymäärän seurauksena nostopöytä ei saavuta maksimi nostoliikettään. Vuodon seurauksena lava jää lopulta ala-asentoonsa.

Jos lava jää ala-asentoon, nostetaan se ylös pujottamalla vaijeri kannen ympäri saksien saranapäästä.

Asennuksessa ja säätötoimenpiteissä käytettävä alan asiantuntijoita.

**Huolto- ja korjaustöiden jälkeen nostopöytä on koeajettava.**

#### 4.3. HUOLTO-OHJETAULUKKO

**40 tunnin välein (vähintään 4 viikon välein)**

- rasvaus (kts. kuva 1)
- nostimen alustan siivous (huomioi juoksurullat)
- tarkastaa silmämääräisesti laitteen rakenne

**Vuosittain**

- öljynvaihto
- kuvatunnusten eheys

**Joka toinen vuosi**

- hydrauliikan letkuasetelmien vaihto

NL 10.000/1250 2R

10601

## 5. VIANETSINTÄ

## JOS LAVA EI NOUSE:

1. Tarkasta säiliössä olevan öljyn määrä.
2. Tarkasta järjestelmän paine. Asetusarvo on koeajopöytäkirjassa.

## JOS LAVA EI LASKEUDU:

1. Tarkasta ettei laite ole juuttunut kiinni mekaanisesti.

## JOS LAVA JOUSTAA KUORMATTAESSA:

1. Laske lava ala-asentoon ja paina Alas-nappia n.30 sek. ilman poistamiseksi järjestelmästä. Anna öljyn selkiintyä n. 1 min ennen ajoa.
2. Sylintereissä on ilmausruuvit ilman poistamiseen. Aja nostin yläasentoon-  
sa, käännä turvajalka päälle ja avaa ilmausruuvia (kuva 1) varovasti n. 1/4  
- 1/2 kierrosta 5 mm kuusiokoloruuvistaan. Anna kuohaisen öljyn valua  
pois ja sulje ruuvi.

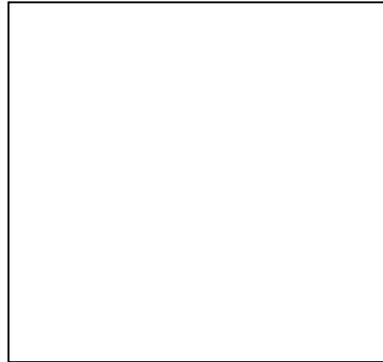
NL 10.000/1250 2R

10601

## 6. VARAOSALUETTELO

LAVARAKENNE (kuva 9222-080):

1. Sakset
2. Alakehä
3. Kansi
4. Sylinteri
5. Letkurikkoventtiili
6. Letku
7. Letku
8. Nivellaakeri
9. Kulkurulla
10. Liukulaakeri
11. Maali

**HUOMAUTUS!**

*Kaikkien vaihdettavien osien laadun ja turvallisuuden on vastattava vähintään alkuperäisten osien tasoa.*

## 7. HUOMAUTUKSET

Standardi SFS-EN 1570 ei koske seuraavia laitteita:

- Pysyvästi asennettuja nostopöytiä, joilla on rakennuksessa kiinteät pysähdystasot ja jotka on varustettu korilla.
- Pysyvästi asennettuja nostopöytiä, joilla on rakennuksessa kiinteät pysähdystasot ja joita ei ole varustettu korilla, mutta joiden pystysuora liike on yli 2 metriä.
- Konekäyttöisiä nostolavoja, jotka on tarkoitettu liikuntarajoitteisten henkilöiden kuljettamiseen.
- Lentoaseman kenttälaitteiden nostopöytiä.
- Laivoissa käytettäviä nostopöytiä.
- Liikutettavia henkilönostimia.
- (Huollossa käytettäviä) autonostimia.
- Palonsammutuksessa käytettäviä liikutettavia nostopöytiä.
- Liikutettavia nostopöytiä, joita käytetään haarukkatrukkeina, kuormalavatruckeina ja keräilytrukkeina.
- Liikutettavia nostopöytiä, joiden kulkunopeus on yli 1,6 m/s.
- Hyllystöhissejä.
- Näyttämönostimia.

Standardissa SFS-EN 1570 ei käsitellä polttomoottorikäyttöisiä nostopöytiä eikä lisävaatimuksia, jotka koskevat:

- Käyttöä vaativissa olosuhteissa (esim. Äärimmäisissä ilmasto-olosuhteissa, pakkasessa, voimakkaissa magneettikentissä).
- Käyttöä, jossa on sovellettava erityisohjeita (esim. Räjähdyksivaarallinen ympäristö, kaivokset).
- Kuormien käsittelyä, kun kuorman ominaisuudet voivat johtaa vaaratilanteisiin (esim. sulametallit, hapot, säteilevät materiaalit, erityisen hauraat kuormat).
- Vaaratekijöitä, jotka esiintyvät valmistuksen, kuljetuksen ja asennuksen aikana.
- Nostotasolle asennettavaa tai sen korvaavaa laitetta.
- Yhdistämistä järjestelmiin tai muihin koneisiin, useammasta kuin kahdesta ohjauspaikasta tapahtuvaa ohjausta, jne.
- Kauko-ohjausta.
- Nostopöytiä, joissa hydraulinen paine tuotetaan suoraan kaasunpaineesta.

NL 10.000/1250 2R

10601

**KOEAJOPÖYTÄKIRJA**

Valmistaja	Turengin Nostolava Oy, PL 69, 14201 Turenki		
Tyyppi	NL 10.000/1250 2R	Sarja numero	10601
Suojausluokka	IP54	Sisäkäyttö	
Nimelliskuorma	10.000 kg	Kuorman jakautuminen	Tasainen
Suurin työpaine	12,5 MPa		
Painerajan asetusarvo	13,5 MPa		


<b>Liiketestit</b>				
Tasainen kuorma	10.000 kg			
	Kuormattuna		Tyhjänä	
Ala-asento	580 mm		580 mm	
Yläasento	1953 mm		1967 mm	
Lähtöpaine	10,5 MPa			
Nostopaine	12,5 MPa			
<b>Vakavuustestit</b>	Kuorma			
Pituussuunta	5000 kg		½ pituudesta	
Leveysuunta	3330 kg		½ leveydestä	
<b>Staattiset testit</b>	Kuorma			
25% ylikuorma	12.500 kg			
Huoltotuki	10.000 kg			

Päiväys: 08.11.01

Tarkastaja: \_\_\_\_\_






	<b>HUOLTO-OHJE</b>	
	Pvm Date <b>16.3.2004</b>	Piir. n:o <b>455927</b>

**IK KARTONKI  
ARKKILEIKKURI 4  
NOSTOLAVOJEN SYLINTERI**

**STEPELSEAL-K-TIIVISTEIDEN JA O-RENKAIDEN  
ASENNUS SYLINTERIIN**

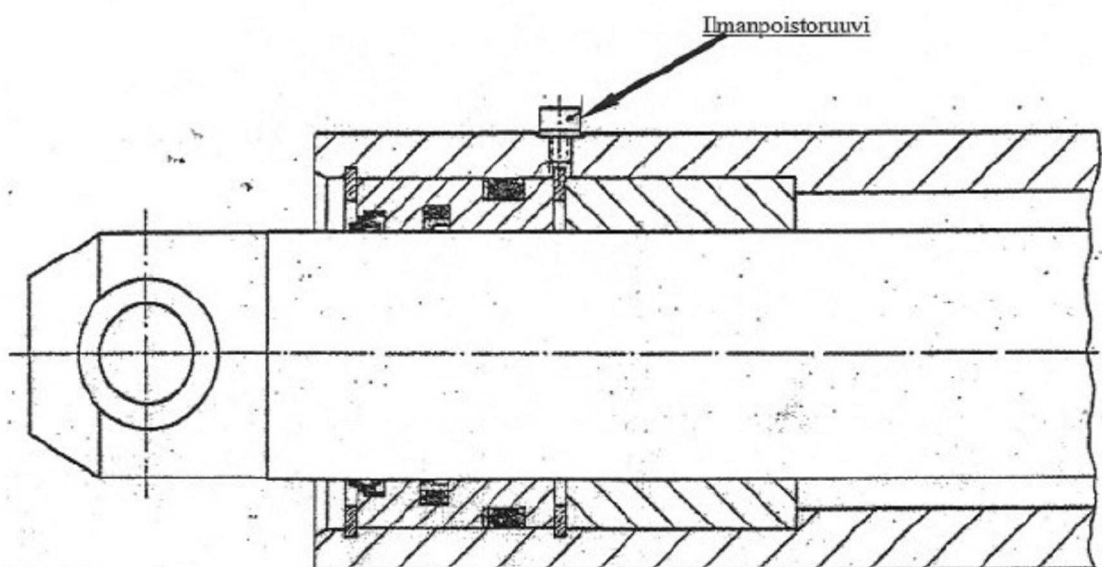
1. Tasanne ajetaan ylös ja tuetaan varmalla tavalla. (asennustuet käännetään)
2. Painejohdon kierreliitos irrotetaan, kunnes öljy tulee ulos.
3. Varoruuvit irrotetaan saksivipujen sileistä pinnoista ja samoin männänpulttien varorenkaat. Männän pultit lyödään takaisin, jotta männänpää tulee vapaaksi.
4. **PURKAMINEN**  
Männänpää vedetään yläsuunnassa ulos. Sylinterin yläpäässä oleva varorengas painetaan kokoon vastaavalla pihdillä ja puretaan irti.  
Ohjausholkki vedetään pois sylinteristä. Stepseal-tiiviste, nuolin ja O-renkaat irrotetaan urista.  
Ohjausholkki ja männän tanko eivät saa vioittua.
5. **ASENNUS**  
Pieni O-rengas asetetaan sisempään uraan. Stepseal-tiiviste taivutetaan silmukalle (ei teräviä taitteita) ja asetetaan uraan. Tällöin kiinnitetään huomio tiivisteeseen huulen oikeaan asentoon. Stepseal-tiiviste on nyt kalibroitava asennustulkilla.  
Nuolin painetaan uraansa.  
Suuri O-rengas asetetaan ulompaan uraan.  
Tukirengas asetetaan O-renkaan painepuolelle.
6. Ohjausholkki asetetaan sylinteriin, varorengas kiinnitetään sisään ja männänpää työnnetään sisään
7. Saksivivussa oleva reikä ja männän tangossa oleva reikä suunnataan ja männän pultit työnnetään molempien reikien läpi. Tällöin tulee kiinnittää huomiota varoruuvien reiän oikeaan asentoon. Kun alkuperäinen asento on saavutettu, varoruuvi saksivivussa kiristetään. Jos varoruuvia ei ole, varorengas kiinnitetään männän pultteihin.
8. Painejohdon kierreliitokset kiristetään jälleen kiinni.
9. Tasanne ajetaan ylös ja asennustuet käännetään pois.

	<b>HUOLTO-OHJE</b>	
	Pvm Date <b>16.3.2004</b>	Piiir. n:o <b>455927</b>

#### 10. ILMANPOISTO

Sylinteriputkessa oleva ilmanpoistoruuvi löysätään [noin puolikierrosta], kunnes ulos tulee vaahtoista öljyä. Kun ilmanpoistoruuvista tulee kirkasta öljyä, voidaan tämä kiertää jälleen kiinni. Sylinteristä on ilma poistettu.  
Toista tapahtuma useampaan kertaan.

#### 11. Suorita sylinterille kokkuormitus




#### HUOMIOITAVA

Sylinterin tiiviste-elementit eivät saa joutua kosketuksiin ohentimien, bensiinin tai muiden liuotusaineiden kanssa.

#### KÄYTETTÄVÄN HYDRAULIIKKAÖLJYN LAATU

FANAL SALVO MWS 32 DH, tyyppi: VDMA = HLP-D 32 mukainen

Viskositeetti	cSt	
40°C	50°C	
32°C	21,8	3,2°E / 50°C

	<b>HUOLTO-OHJE</b>	
	Pvm Date <b>16.3.2004</b>	Piir. n:o <b>455927</b>

**PUTKIRIKKOVENTTIILI**  
 Tyyppi RS.16

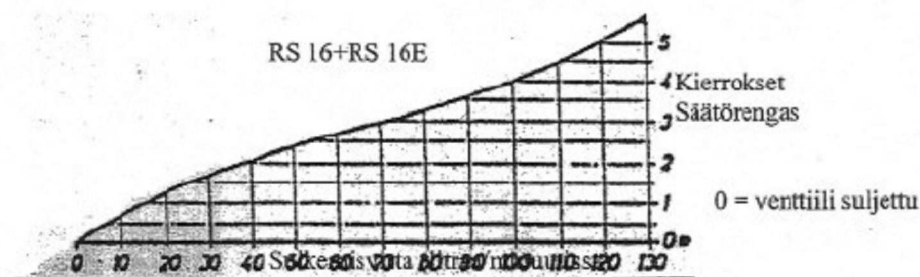
Putkirikkoventtiili estää kuormitetun laitteen hallitsemattoman liikkeen liitännäskohtaan P (katso kaavio) johtavan johto-osuuden putken tai letkun rikkoutuessa. Tästä syystä venttiilin liitännäskohtaan Z (katso kaavio) on ruuvattava varmistettavan laitteen liitännäskohtaan.

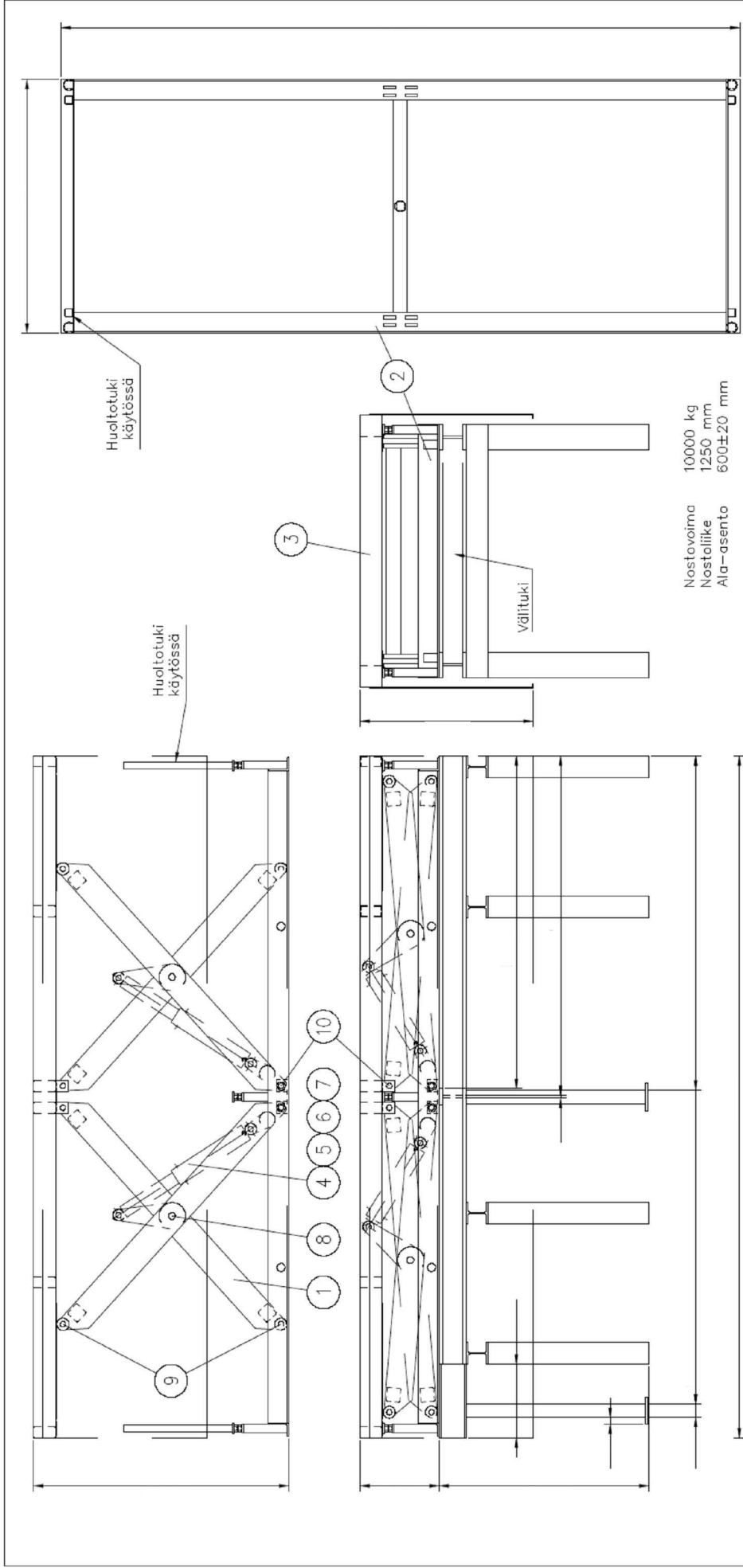
Kun kohdasta Z (katso kaavio) kohtaan P (katso kaavio) läpivirtaavan öljyn painehäviö ylittää jousen esijännitystä vastaavan arvon (noin 1 bar), esimerkiksi putken rikkoutuessa, keila painuu kotelon kartion sisään ja sulkee läpivirtauksen.

Putkirikkoventtiili avautuu jälleen itsestään, kun pumpun liitännäskohtaan syöttämä paine on korkeampi kuin sisällä vallitseva paine.

**VENTTIILIN SÄÄTÖ**

Putkirikkoventtiilin säätö suoritetaan (kun kierrepuikko on irrotettu) säätörenkaan avulla, jonka ulos tai sisäänkiertäminen muuttaa läpivirtauksen poikkileikkausta. Tarpeellinen säätökulma tai kierrosten lukumäärä, lähtien suljetusta venttiilistä, on nähtävissä säätödiagrammista. Säätörengas on säätämisen tapahduttua varmistettava kuusiokolokierrepuikolla.

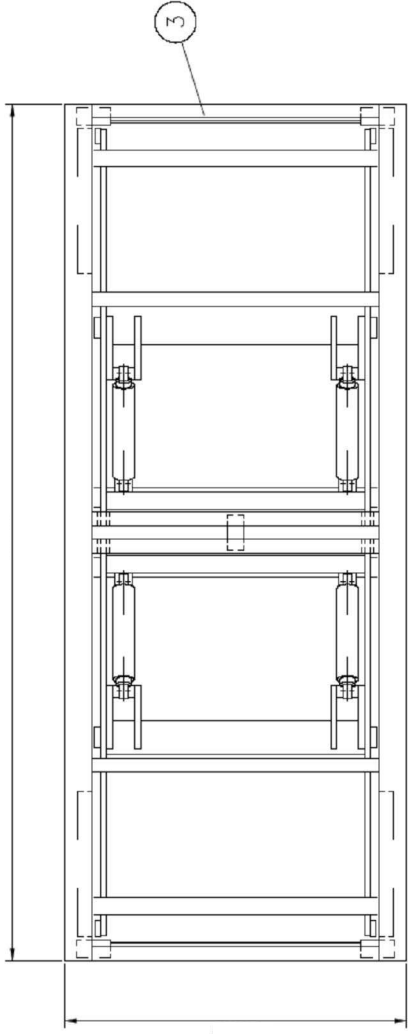




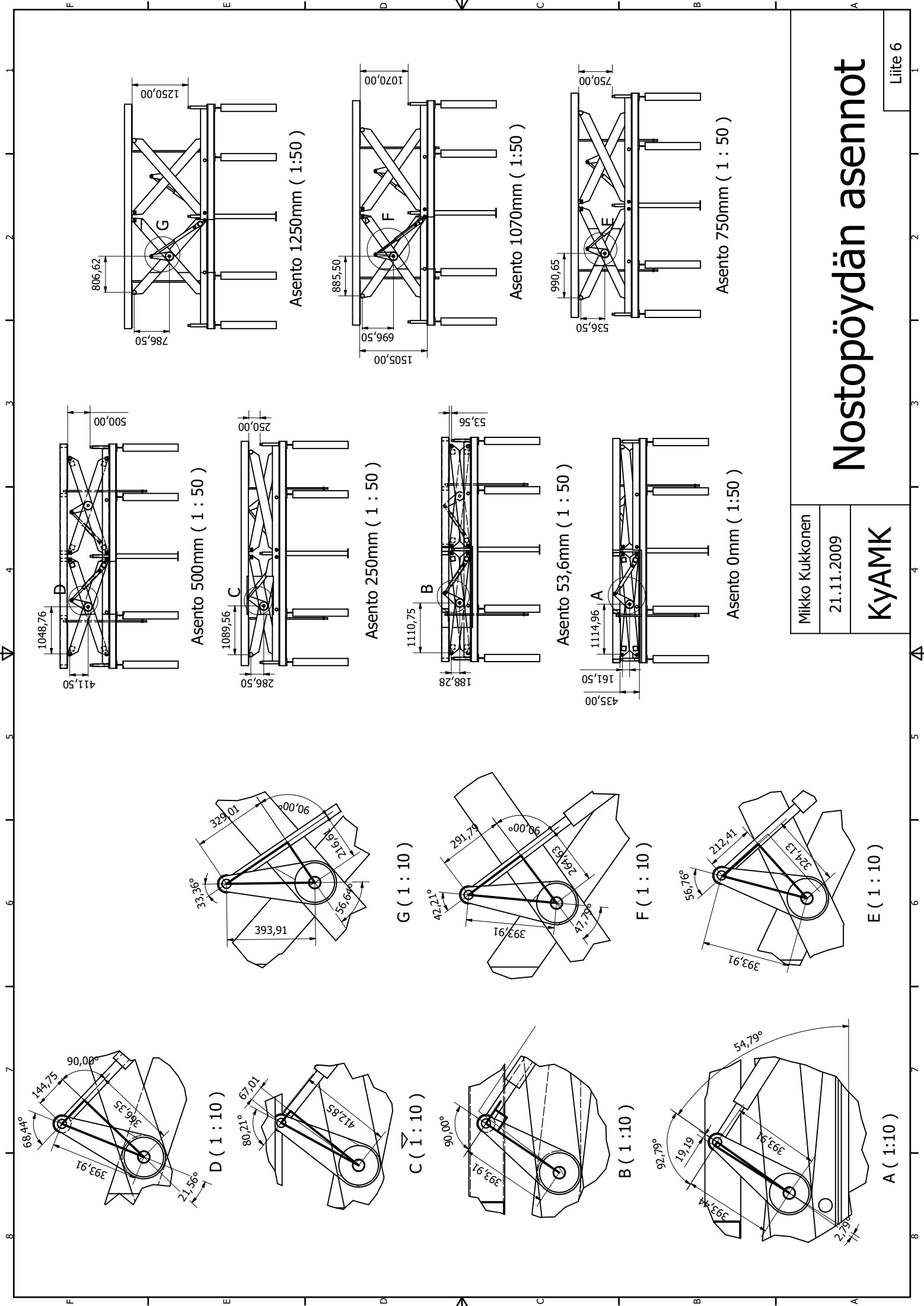
11	Maali
10	Luulosaakeri
9	Kulkurulla
8	Nivelloakeri
7	Letku
6	Letku
5	Leturikkoventtiili
4	Syntteri
3	Kansi
2	Alakehä
1	Saksat

Nostovoima 10000 kg  
 Nostoliike 1250 mm  
 Ala-asento 600±20 mm

Osa		Nostolava		Kpi	Hin.	Pääty
Toimitustilaus nro		9222		Flit.	PP	231001
Osaohjelma		Yessie Systems Oy		Tak.		
Kokopaino		NL-10.000/1250.2R		Hvaint.		
Väri		Pinta		Mittakaava		
Massa kg		2063		1:20		
TURENGIN NOSTOLAVA		9222-080		Koruu	Korvella	

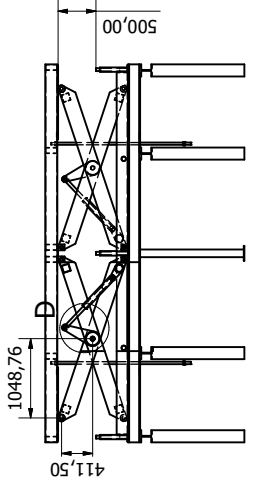


Ilmoitus	Kuvaus Toimintopaikka Laite Tilaus Objektiosan kuvaus Syykoodin kuvaus Ilm. lisätekstit Asiakirja	Ilmoituksen tila Kuvaus Laitteen nimi Vahingon kuvaus Syykoodin teksti Kuvaus	Ilmoittaja	Haluttu loppupvm		Partneri nimi
				Työpiste SR	Tmp SR nimi	
	Kuvaus		Prioriteettiteksti	Lajittelukenttä	Sy	
				Vahingon teksti		
12562701	ik-ikä al-4 nostopöytä risa... [REDACTED]	ILPÄ ILTU AL4 HYDR. NOSTOPÖYTÄ	[REDACTED]	00.00.0000		
	* 19.03.2007 01:16:31 [REDACTED]		2220	143G Mek / KK4-		
	* KORVAKKEET POIKKI JA REVENNEET HYD.SYL.YLÄPÄÄSTÄ...HITSAILTU KASAAN JA		222	143G MEK/KK4 jä.		
	* VAIHDETTU SYLINTERI...OK !!!					
14163519	AL4 nostopöytä pitää meteliä [REDACTED]	ILPÄ ILTU AL4 HYDR. NOSTOPÖYTÄ	[REDACTED]	00.00.0000		
	* 17.05.2008 05:28:56 [REDACTED]		2220	143G Mek / KK4-		
	* Hydr. sylinterin varren korvakkeet hajonneet. Toinen puoli katkennut ja		222	143G MEK/KK4 jä.		
	* toinen repeytynyt irti putkesta. Soitettu mek. päivystäjät apuun.					
	* Mekaanikko apuna korjaustoissa.					
14164361	AL-4 nostopöydän syl.kiinnike [REDACTED]	ILPÄ ILTU AL4 HYDR. NOSTOPÖYTÄ	[REDACTED]	00.00.0000		
	KIINNITYS	MURTUMINEN, RIKKOUTUMINEN, VENYMINEN	2220	143G Mek / KK4-		
	* 18.05.2008 21:36:55 [REDACTED]		222	143G MEK/KK4 jä.		
	* AL-4 nostopöydän hydr.sylinterin kiinnitys repeytynyt.					
	* KPR soitti päivystyksen paikalle.					
	* Alakerrasta katsoen oikealla takimmainen sylinteri yläpäästä irti.					
	* - Uusittiin pala putkea					
	* - Korjattiin vanhat korvakkeet					
	* Vahvistettiin myös toista oikean puolen sylinterin korvaketta.					
	*					
	* Paikalla [REDACTED]					
	* KPR mekaanikko yö- ja aamuvuorosta hienosti avustamassa talkoissa.					

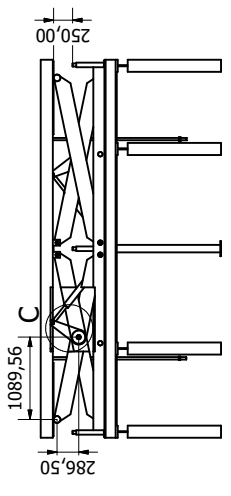


# Nostopöydän asennot

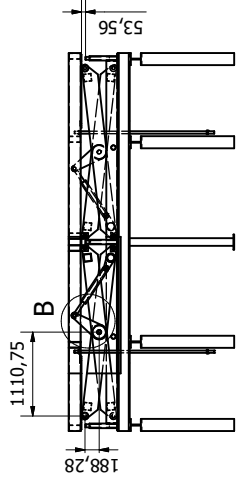
Mikko Kukkonen
21.11.2009
<b>KYAMK</b>



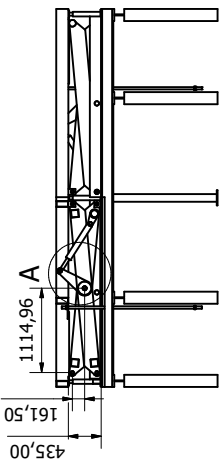
Asento 500mm ( 1 : 50 )



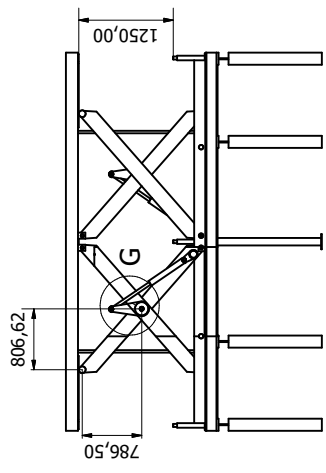
Asento 250mm ( 1 : 50 )



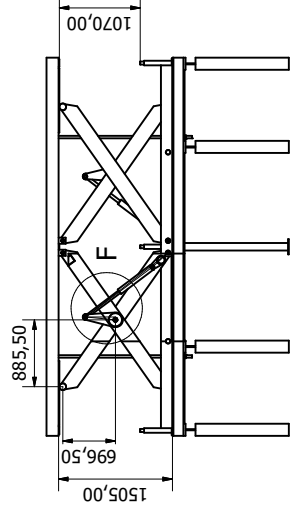
Asento 53,6mm ( 1 : 50 )



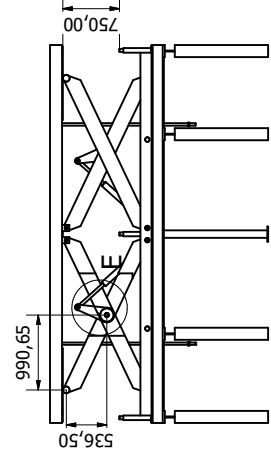
Asento 0mm ( 1 : 50 )



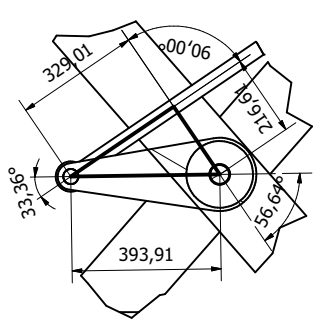
Asento 1250mm ( 1 : 50 )



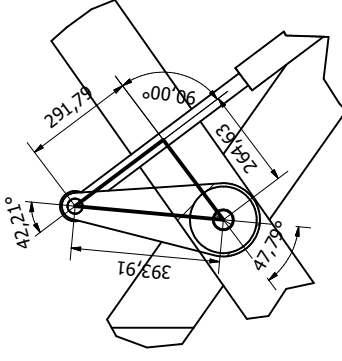
Asento 1070mm ( 1 : 50 )



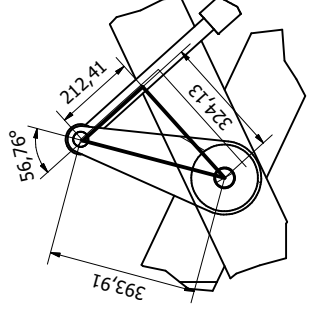
Asento 750mm ( 1 : 50 )



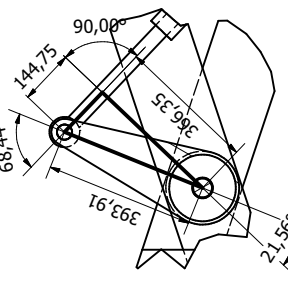
G ( 1 : 10 )



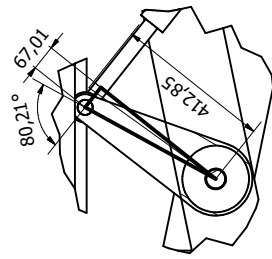
F ( 1 : 10 )



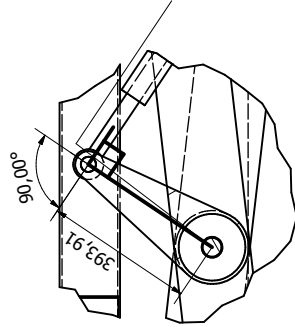
E ( 1 : 10 )



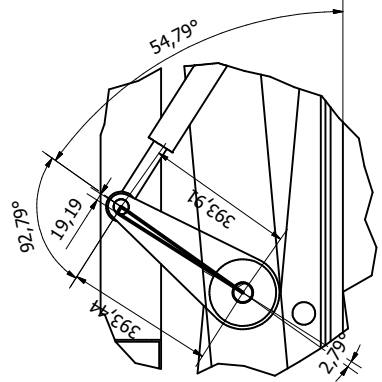
D ( 1 : 10 )



C ( 1 : 10 )



B ( 1 : 10 )



A ( 1 : 10 )

## LASKUTOIMITUKSET

**Nostopöydän asennot**

<b>Vakio:</b> Saksiero	$Y_{\text{ero}} := 161.5\text{mm}$
Saksi laakerista keskiöön	$R_{\text{saksi}} := 1126.06\text{mm}$
Sylinterin kiinnikepiste	$R_{\text{sylinteri}} := 271.71\text{mm}$
Sylinterin kiinnikkeen korjauskulma	$\alpha_{\text{korjaus}} := 9.70\text{deg}$
Vääntövarren kulma sakseen	$\alpha_{\text{saksivarsi}} := 46.55\text{deg}$
Vääntövarsi	$R_{\text{varsi}} := 393.91\text{mm}$

**Nostopöydän korkeus 0mm**

$$\begin{aligned} \text{Korkeus asento: } Y_{\text{asento}} &:= 0\text{mm} \\ \text{Korkeus laskenta: } Y_{\text{korkeus}} &:= \frac{Y_{\text{asento}}}{2} + Y_{\text{ero}} \\ Y_{\text{korkeus}} &= 161.5\text{mm} \end{aligned}$$

**Saksen kulma**

$$\alpha_{\text{saksi}} := \text{asin}\left(\frac{\sin(90\text{deg}) \cdot Y_{\text{korkeus}}}{R_{\text{saksi}}}\right)$$

$$\alpha_{\text{saksi}} = 8.25\text{deg}$$

**Leveys rullalaakerista keskiöön**

$$X_{\text{saksileveys}} := \frac{\sin(90\text{deg} - \alpha_{\text{saksi}}) \cdot R_{\text{saksi}}}{\sin(90\text{deg})}$$

$$X_{\text{saksileveys}} = 1114.42\text{mm}$$



**Vääntövarren korkeus keskiöstä**

$$Y_{\text{varsi}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{saksi}} + \alpha_{\text{saksivarsi}}) \cdot R_{\text{varsi}}}{\sin(90\text{deg})}$$

$$Y_{\text{varsi}} = 321.86 \cdot \text{mm}$$

**Etäisyys X vääntövarren sylinterikiinnikeestä rullalaakeriin**

$$X_{\text{sylinterirulla}} := X_{\text{saksileveys}} - \sqrt{R_{\text{varsi}}^2 - Y_{\text{varsi}}^2}$$

$$X_{\text{sylinterirulla}} = 887.33 \cdot \text{mm}$$

**Sylinterin alakiinnikkeen kulman ja yläkiinnikkeen kulman kulmaero rullalaakeriin**

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ylä}} := \text{atan} \left[ \frac{(Y_{\text{varsi}} + Y_{\text{korkeus}})}{X_{\text{sylinterirulla}}} \right]$$

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ala}} := \alpha_{\text{saksi}} + \alpha_{\text{korjaus}}$$

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ero}} := \alpha_{\text{sylinteri\_ylä}} - \alpha_{\text{sylinteri\_ala}}$$

$$\alpha_{\text{sylinteri\_ero}} = 10.63 \cdot \text{deg}$$

**Sisemmän rullalaakerin etäisyys vääntövarren sylinterikiinnikeeseen**

$$C_{\text{rullalaakeri\_varsi}} := \sqrt{X_{\text{sylinterirulla}}^2 + (Y_{\text{varsi}} + Y_{\text{korkeus}})^2}$$

$$C_{\text{rullalaakeri\_varsi}} = 1010.45 \cdot \text{mm}$$

### Sylinterin alakiinnikkeen poikkeama rullalaakerin ja sylinterin yläpään linjasta

$$A_{\text{poikkeama}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{sylinteri\_ero}}) \cdot R_{\text{sylinteri}}}{\sin(90\text{deg})}$$

$$A_{\text{poikkeama}} = 50.14 \cdot \text{mm}$$

### Sylinterin pituus

$$\alpha_{\text{ero\_vastakulma}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{sylinteri\_ero}}$$

$$\alpha_{\text{ero\_vastakulma}} = 79.37 \cdot \text{deg}$$

$$B_{\text{vähennys}} := \frac{\sin(\alpha_{\text{ero\_vastakulma}}) \cdot R_{\text{sylinteri}}}{\sin(90\text{deg})}$$

$$B_{\text{vähennys}} = 267.04 \cdot \text{mm}$$

$$D_{\text{sylinteri}} := \sqrt{(C_{\text{rullalaakeri\_varsi}} - B_{\text{vähennys}})^2 + A_{\text{poikkeama}}^2}$$

$$D_{\text{sylinteri}} = 745.09 \cdot \text{mm}$$

### Sylinterin kulma

$$\alpha_{\text{sylinteri1}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{sylinteri\_ylä}}$$

$$\alpha_{\text{svlinteri1}} = 61.42 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha_{\text{sylinteri2}} := \text{asin}\left(\frac{\sin(90\text{deg}) \cdot A_{\text{poikkeama}}}{D_{\text{sylinteri}}}\right)$$

$$\alpha_{\text{sylinteri2}} = 3.86 \cdot \text{deg}$$

$$\alpha_{\text{sylinteri}} := \alpha_{\text{sylinteri1}} - \alpha_{\text{sylinteri2}}$$

$$\alpha_{\text{sylinteri}} = 57.56 \cdot \text{deg}$$

**Vääntövarren kulma****Y-akseliin**

$$\alpha_{\text{vääntövarsi}} := 90\text{deg} - \alpha_{\text{saksi}} - \alpha_{\text{saksivarsi}}$$

$$\alpha_{\text{vääntövarsi}} = 35.2 \cdot \text{deg}$$

**Vääntövarren ja sylinterin välinen kulma**

$$\alpha_{\text{voimakulma}} := \alpha_{\text{vääntövarsi}} + \alpha_{\text{sylinteri}}$$

$$\alpha_{\text{voimakulma}} = 92.77 \cdot \text{deg}$$

**Voimat ja rasitukset****Kuorman aiheuttama vääntömomentti**

$$m_{\text{kuorma}} := 6782 \text{kg}$$

$$g_{\text{vakio}} := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$k_{\text{massa}} := \frac{1}{8}$$

$$F_{\text{kuorma}} := m_{\text{kuorma}} \cdot k_{\text{massa}} \cdot g$$

$$F_{\text{kuorma}} = 8.31 \cdot \text{kN}$$

$$M_{\text{kuorma}} := F_{\text{kuorma}} \cdot X_{\text{saksileveys}}^2$$

$$M_{\text{kuorma}} = 18529.63 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

**Sylinterin vastavoima**

$$k_{\text{sylinteri\_lkm}} := 2$$

$$R_{\text{momentti}} := \frac{R_{\text{varsi}} \cdot \sin(\alpha_{\text{voimakulma}})}{\sin(90\text{deg})}$$

$$R_{\text{momentti}} = 393.45 \cdot \text{mm}$$

$$F_{\text{vastavoima}} := \frac{M_{\text{kuorma}}}{R_{\text{momentti}} \cdot k_{\text{sylinteri\_lkm}}}$$

$$F_{\text{vastavoima}} = 23.55 \cdot \text{kN}$$

### Momentti ja sylinterivoimat

$$10 \text{ bar} = 1 \cdot \text{MPa} \quad 1 \text{ MPa} = 1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$d_{\text{sylinteri}} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{\text{sylinteri}} = \pi \cdot \frac{d_{\text{sylinteri}}^2}{4}$$

$$A_{\text{svlinteri}} = 7853.98 \cdot \text{mm}^2$$

$$P_{\text{ala}} = 3.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad P_{\text{ylä}} = 3.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$P_{\text{hydrauliikka}} = 36 \text{ bar}$$

### Hydrauliikan tuottama voima

$$F_{\text{sylinteri}} = P_{\text{hydrauliikka}} \cdot A_{\text{sylinteri}}$$

$$F_{\text{ala}} = P_{\text{ala}} \cdot A_{\text{sylinteri}}$$

$$F_{\text{ala}} = 28.27 \cdot \text{kN}$$

$$F_{\text{keski}} = P_{\text{keski}} \cdot A_{\text{sylinteri}}$$

$$F_{\text{keski}} = 31.89 \cdot \text{kN}$$

$$F_{\text{ylä}} = P_{\text{ylä}} \cdot A_{\text{sylinteri}}$$

$$F_{\text{ylä}} = 29.06 \cdot \text{kN}$$

### Hydrauliikan tuottama momentti

$$R_{\text{momentti}} = 393.45 \cdot \text{mm}$$

$$M_{\text{sylinteri}} = F_{\text{sylinteri}} \cdot R_{\text{momentti}}$$

$$M_{\text{sylinteri}} = 11124.56 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

**Tuotantomäärät**

$$T_{\text{vuosi}} := T_d \cdot 365$$

$$T_{01} := 100000 \text{ kg} \cdot 365 \quad T_{05} := 105000 \text{ kg} \cdot 365$$

$$T_{02} := 97000 \text{ kg} \cdot 365 \quad T_{06} := 95000 \text{ kg} \cdot 365$$

$$T_{03} := 102000 \text{ kg} \cdot 365 \quad T_{07} := 96000 \text{ kg} \cdot 365$$

$$T_{04} := 102000 \text{ kg} \cdot 365 \quad T_{08} := 96000 \text{ kg} \cdot 365$$

$$T_{\text{Dkeski}} := \frac{(T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} + T_{05} + T_{06} + T_{07} + T_{08})}{8}$$

$$T_{\text{Dkeski}} = 36180625 \text{ kg}$$

**Keskimääräinen nostomassa**

$$m_{\text{min}} := 900 \text{ kg}$$

$$m_{\text{max}} := 8 \cdot 600 \text{ kg} = 4800 \text{ kg}$$

$$m_{\text{keski}} := \frac{m_{\text{max}} + m_{\text{min}}}{2}$$

$$m_{\text{keski}} = 2850 \text{ kg}$$

**Nostojen määrävuodessa**

$$N_v := \frac{T_{\text{Dkeski}}}{m_{\text{keski}}}$$

$$N_v = 12694.96$$

$$N_{01\_09} := N_v \cdot 9 = 114254.61$$

**Nostojen kertymä maaliskuu 2007**

$$6 \cdot N_v + \left( \frac{N_v}{12} \cdot 3 \right) = 79343.48$$

**Dynaamisen kuormituksen laskelmat**

$$\sigma_{\max} := 117 \text{MPa} \quad \sigma_{\max1} := 18 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\min} := 0 \text{MPa} \quad \sigma_{\max2} := 60 \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_C := 40 \text{MPa} \quad \sigma_{\max3} := 44 \text{MPa}$$

$$m := 3$$

$$\Delta\sigma^m \cdot N := \Delta\sigma_C^m \cdot 2 \cdot 10^6 \quad N \text{ on yhtä suuri tai pienempi, kuin } 2 \text{ miljoonaa}$$

$$N := \frac{\Delta\sigma_C^m \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma^m}$$

$$\Delta\sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta\sigma_C$$

$$\Delta\sigma^m \cdot N := \Delta\sigma_D^m \cdot 2 \cdot 10^6 \quad N \text{ on yhtä suuri tai suurmpi, kuin } 2 \text{ miljoonaa}$$

mutta pienempi tai yhtä suuri, kuin 100 miljoonaa

$$\Delta\sigma_{\text{rajat}} := \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

$$\Delta\sigma_{\text{ilman\_kuormaa}} := \sigma_{\max1} - \sigma_{\min}$$

$$\Delta\sigma_{\text{kuormalla}} := \sigma_{\max2} - \sigma_{\min}$$

$$\Delta\sigma_{\text{keskikuormalla}} := \sigma_{\max3} - \sigma_{\min}$$

$$\Delta\sigma_R := \Delta\sigma_{\text{rajat}}$$

$$\Delta\sigma_R = 117 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{R1} := \Delta\sigma_{\text{ilman\_kuormaa}}$$

$$\Delta\sigma_{R1} = 18 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{R2} := \Delta\sigma_{\text{kuormalla}}$$

$$\Delta\sigma_{R2} = 60 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{R3} := \Delta\sigma_{\text{keskikuormalla}}$$

$$\Delta\sigma_{R3} = 44 \cdot \text{MPa}$$

### Jännityssyklien lukumäärä

$$N_R := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma_R^3}$$

$$N_R = 79919.43$$

$$N_{R1} := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma_{R1}^3}$$

$$N_{R1} = 21947873.8$$

$$N_{R2} := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma_{R2}^3}$$

$$N_{R2} = 592592.59$$

$$N_{R3} := \frac{\Delta\sigma_C^3 \cdot 2 \cdot 10^6}{\Delta\sigma_{R3}^3}$$

$$N_{R3} = 1502629.6$$

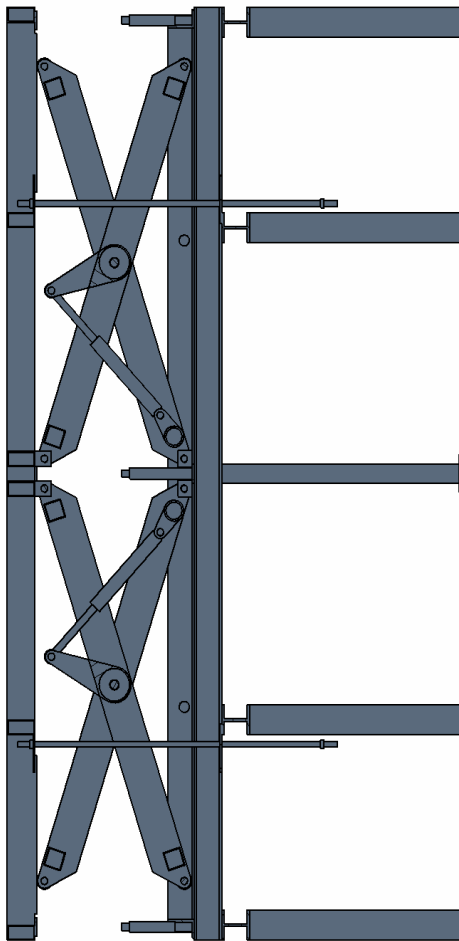
## KORKEUS, MOMENTTI, VOIMA JA JÄNNITYS

SYLINTERI	
määrä p alia [cm3] A=	78,54 cm <sup>2</sup>
Voima [N] F=	28274,33 N
syl. tilav. [cm3] Vs=	3691,37 cm <sup>3</sup>
syl. halk. [cm] D=	10 cm
Paine [bar] p=	36 bar
Paine [bar] p=	40,6 bar
Paine [bar] p=	37 bar
Määrä isku [cm] l=	47 cm
Täysi kuorma	6782 kg
Tyhjä kuorma	1982 kg
Keskikuorma	4832 kg

Laskenta vakiot	
saksetero 0:ssa	161,5 mm
sakeen laakerista kes	1126,06 mm
kinnikkeistä sylinterin	271,71 mm
Korjauskulma syl. laak	9,7 astetta
Vääntövarren kulma s	46,55 astetta
Vääntövarsi	393,91 mm
Kiihtyvyy	9,81 m/s <sup>2</sup>
Voimien jako	8
Täysikuorma	8316,4275 N
Tyhjä kuorma	2430,4275 N
Keskikuorma	5925,24 N

## Jännityksen muuttujat

Nostokorkeus [mm]	Ilman kuormaa	Keskikuormalla	Täydellä kuormalla	Yksikkö
Nousulinke	18	45	60	N/mm <sup>2</sup>
	18	45	60	N/mm <sup>2</sup>
	117	117	117	N/mm <sup>2</sup>
	18	18	18	N/mm <sup>2</sup>
Laskulinke	18	18	18	N/mm <sup>2</sup>







MUUTTUJA ilman kuormaa										
KORKEUS	Y.nopeus	G. sähkölaita	G. sähkölaita	X.sähkölaita	Y.väli	X.sylinterinmitta	G.sylinteri_ero	C.rullalaakeri_väli	D.sylinteri	G.välimoväli
0	161.5	1114.42	321.96	887.33	10.63	1010.45	50.14	57.56	745.09	35.20
0.1	182.5	1114.27	322.07	887.48	10.64	1011.15	50.16	57.51	745.80	35.15
50	186.5	110.51	326.89	890.71	10.72	1028.07	50.56	56.24	762.79	33.62
100	211.5	108.3	331.76	893.65	10.77	1045.82	50.78	54.97	780.55	31.33
150	236.5	12.12	336.49	896.45	10.73	1063.67	50.78	52.59	816.19	30.02
200	281.5	13.43	341.06	898.28	10.64	1081.56	50.19	51.47	834.02	28.71
250	286.5	14.74	345.48	898.78	10.64	1099.54	48.84	49.34	869.59	26.06
300	311.5	16.06	349.75	900.90	10.52	1117.53	47.90	48.33	887.29	24.72
350	336.5	17.39	353.85	901.54	10.15	1135.50	46.79	47.35	904.92	23.38
400	361.5	18.73	357.80	901.36	9.92	1153.45	45.51	46.39	922.44	22.02
450	386.5	20.07	361.58	900.52	9.64	1189.19	44.07	45.47	939.85	20.64
500	411.5	21.43	365.19	899.33	9.33	1226.93	42.47	44.57	957.14	19.26
550	436.5	22.81	368.62	897.78	8.99	1265.46	40.78	43.69	974.33	17.89
600	461.5	24.19	371.91	895.86	8.59	1304.69	38.98	42.82	991.44	16.53
650	486.5	25.56	375.03	893.57	8.21	1344.52	37.14	42.00	1008.51	15.18
700	511.5	27.00	377.92	890.81	7.79	1384.95	35.26	41.22	1025.54	13.84
750	536.5	28.45	380.49	887.61	7.29	1425.98	33.39	40.49	1042.54	12.50
800	561.5	29.91	382.96	883.96	6.78	1467.61	31.66	39.79	1059.51	11.16
850	586.5	31.39	385.21	879.95	6.24	1509.84	29.99	39.12	1076.45	9.83
900	611.5	32.89	387.24	875.37	5.67	1552.67	28.36	38.48	1093.36	8.50
950	636.5	34.42	389.03	867.06	5.06	1596.00	26.68	37.78	1110.24	7.17
1000	661.5	35.98	390.56	860.04	4.42	1639.83	24.96	37.03	1127.09	5.84
1050	686.5	37.56	391.83	852.20	3.73	1684.16	23.20	36.23	1143.91	4.51
1069.9	696.45	38.21	392.26	848.85	4.15	1729.00	21.43	35.39	1160.70	3.18
1070	696.5	38.21	392.26	848.85	4.15	1773.84	19.66	34.55	1177.50	1.85
1250	786.5	44.30	393.87	800.01	1.87	1425.93	8.86	33.69	1154.40	-0.85

Nostokorkeus	G.välimatka	P.hydrauliikka [bar]	R.momentti [mm]	M.sylinteri [Nm]	F.sylinteri [N]	M.kuorma [Nm]	F.vastavoima [N]
0	92.8	0	393.5	0.0	0.0	0.0	0.0
0<	92.7	36	393.5	2225.11	28274.3	5416.3	6882.5
50	90.2	36	2275.0	28274.3	5398.0	6851.9	6800.1
100	87.6	37	393.6	22873.7	29059.7	5376.2	6830.1
150	85.1	37.5	392.5	23117.9	29452.4	5351.5	6817.9
200	82.6	38	390.6	23317.4	29845.1	5324.0	6814.4
250	80.2	38.5	388.1	23472.7	30237.8	5293.5	6819.1
300	77.8	39	385.0	23594.1	30630.5	5260.0	6831.6
350	75.4	39.5	381.2	23681.5	31023.2	5223.3	6851.6
400	73.0	40	376.8	23735.9	31415.9	5183.9	6879.3
450	70.7	40.5	371.9	23757.8	31817.2	5142.0	6914.2
500	68.4	40.6	367.3	23756.9	31827.5	5098.0	6945.2
550	66.1	40.6	363.0	23860.6	31857.2	5045.6	7004.5
600	63.8	40.6	358.5	23945.4	31897.2	4982.8	7061.6
650	61.5	40.2	345.3	21863.1	31573.0	4938.4	7126.8
700	59.3	40	333.6	21274.8	31415.9	4876.3	7200.8
750	57.0	39.5	320.3	20496.2	31023.2	4812.4	7284.2
800	54.7	39	307.5	19697.7	30630.5	4744.6	7377.9
850	52.4	39	312.2	19125.6	30630.5	4672.6	7483.3
900	50.1	38.5	302.3	18282.5	30237.8	4596.2	7601.8
950	47.8	38	291.9	17421.7	29845.1	4515.3	7735.2
1000	45.5	37.5	280.9	16543.5	29452.4	4429.6	7886.0
1050	43.1	37	269.2	15648.2	29059.7	4338.8	8057.4
<1070	42.2	37	264.5	15369.9	29059.7	4301.2	8132.2
1070	42.2	37	264.4	15369.5	29059.7	4301.0	8132.5
1250	32.8	37	213.6	12413.6	29059.7	3917.2	9170.1

KORKEUS	Y.nopeus	G. sähkölaita	X.sähkölaita	Y.väli	X.sylinterinmitta	G.sylinteri_ero	C.rullalaakeri_väli	D.sylinteri	G.välimoväli
1069	691.5	888.73	392.05	850.53	1377.50	20.30	37.08	1106.73	5.56
1061	692	888.34	392.08	850.37	1377.80	20.23	37.06	1107.03	5.53
1062	692.5	887.95	392.10	850.20	1378.11	20.17	37.05	1107.33	5.50
1063	693	887.56	392.12	850.03	1378.41	20.11	37.03	1107.63	5.47
1064	693.5	887.17	392.14	849.86	1378.72	20.05	37.02	1107.93	5.44
1065	694	886.78	392.16	849.69	1379.03	19.99	36.99	1108.23	5.41
1066	694.5	886.39	392.18	849.52	1379.34	19.93	36.97	1108.53	5.37
1067	695	885.99	392.20	849.35	1379.64	19.85	36.92	1108.83	5.34
1068	695.5	885.60	392.22	849.18	1379.94	19.79	36.96	1109.13	5.31
1069	696	885.21	392.24	849.00	1380.25	19.73	36.94	1109.43	5.27
1070	696.5	884.82	392.26	848.83	1380.55	19.66	36.93	1109.73	5.24

Nostokorkeus	G.välimatka	P.hydrauliikka [bar]	R.momentti [mm]	M.sylinteri [Nm]	F.sylinteri [N]	M.kuorma [Nm]	F.vastavoima [N]
1069	42.6	37	263.8	15303.1	29059.7	4320.0	8094.5
1061	42.6	37	263.6	15495.1	29059.7	4318.1	8096.2
1062	42.5	37	263.4	15481.1	29059.7	4316.2	8102.0
1063	42.5	37	263.1	15467.1	29059.7	4314.3	8105.8
1064	42.5	37	262.9	15453.0	29059.7	4312.4	8109.6
1065	42.4	37	262.6	15439.0	29059.7	4310.5	8113.4
1066	42.4	37	262.4	15424.9	29059.7	4308.6	8117.2
1067	42.3	37	262.2	15410.8	29059.7	4306.7	8121.0
1068	42.3	37	261.9	15396.7	29059.7	4304.8	8124.8
1069	42.2	37	261.7	15382.6	29059.7	4302.9	8128.7
<1070	42.2	37	261.4	15368.5	29059.7	4301.0	8132.5
1070	42.2	37	261.4	15368.5	29059.7	4300.9	8132.5

MUUTTUJA keskiarvolla												
KORKEUS	Y.nopeus	Y.nopeus	X.salkilveys	Y.väli	X.sylinterinrulla	G.sylinteri_ero	C.rullabakari_väri	A.pohkeama	G.sylinteri	D.sylinteri	G.väinöväri	
0	161,5	114,42	887,33	321,86	1010,45	10,63	50,14	57,56	745,09	35,20		
0,1	162,5	114,27	887,48	322,07	1011,15	10,64	50,16	57,51	745,60	35,15		
50	186,5	110,51	890,71	326,89	110,51	10,72	50,66	56,24	762,79	33,92		
100	211,5	108,83	893,65	331,76	110,94	10,77	50,78	54,97	780,55	32,62		
150	236,5	107,28	896,45	336,49	110,94	10,77	50,78	53,76	798,36	31,33		
200	261,5	105,76	899,28	341,06	110,94	10,73	50,86	52,59	816,19	30,02		
250	286,5	104,26	902,06	345,48	109,90	10,64	50,19	51,47	834,02	28,71		
300	311,5	102,74	904,80	349,75	109,90	10,52	49,60	50,38	851,83	27,39		
350	336,5	101,21	907,51	353,85	109,90	10,36	48,84	49,34	869,59	26,06		
400	361,5	99,67	910,17	357,80	109,90	10,15	47,90	48,33	887,29	24,72		
450	386,5	98,12	912,66	361,58	109,90	9,92	46,79	47,35	904,92	23,38		
500	411,5	96,56	915,09	365,19	109,90	9,64	45,51	46,39	922,44	22,02		
550	436,5	95,00	917,46	368,75	109,90	9,33	44,07	45,47	939,85	20,64		
600	461,5	93,43	920,00	372,27	109,90	8,99	42,47	44,57	957,14	19,26		
650	486,5	91,85	922,71	375,64	109,90	8,62	40,70	43,69	974,27	17,83		
700	511,5	90,26	925,64	379,06	109,90	8,23	38,70	42,83	991,26	16,35		
750	536,5	88,66	928,80	382,43	109,90	7,78	36,47	42,00	1008,03	14,80		
800	561,5	87,05	932,26	385,75	109,90	7,28	34,01	41,17	1024,59	13,24		
850	586,5	85,43	935,96	389,02	109,90	6,74	31,36	40,36	1040,95	11,66		
900	611,5	83,79	939,87	392,24	109,90	6,24	28,53	39,57	1057,06	10,06		
950	636,5	82,14	943,99	395,03	109,90	5,67	25,43	38,78	1072,91	8,43		
1000	661,5	80,48	948,32	397,26	109,90	5,06	22,06	38,00	1088,47	6,77		
1050	686,5	78,81	952,86	398,93	109,90	4,42	18,43	37,23	1103,72	5,08		
1069,9	696,45	78,21	957,61	399,99	109,90	4,15	16,66	36,93	1109,70	5,24		
1070	696,5	78,21	957,61	399,99	109,90	4,15	16,66	36,93	1109,70	5,24		
1250	786,5	44,30	800,01	393,87	1425,93	1,87	8,86	33,69	1154,40	-0,85		

Nostokorkeus	G.voimakulma	P.hydrauliikka [bar]	R.momentti [mm]	M.sylinteri [Nm]	F.sylinteri [N]	M.kuorma [Nm]	F.vastavoima [N]
0	92,8	0	393,5	0,0	0,0	0,0	0,0
0<	92,7	36	393,5	2225,11	28274,3	13204,7	16779,1
50	90,2	36	393,9	2275,0	28274,3	13160,1	16704,5
100	87,6	37	393,6	2287,3	29059,7	13106,9	16651,5
150	85,1	37,5	390,6	23117,9	29452,4	13046,7	16621,6
200	82,6	38	390,6	23317,4	29845,1	12979,5	16613,1
250	80,2	38,5	388,1	23472,7	30237,8	12905,2	16624,6
300	77,8	39	385,0	23894,1	30630,5	12823,6	16655,1
350	75,4	39,5	381,2	23951,5	31023,2	12734,8	16703,8
400	73,1	40	376,8	23974,9	31415,9	12639,0	16730,3
450	70,7	40,2	371,9	24000,0	31820,0	12537,1	16753,7
500	68,3	40,8	366,2	24069,6	32240,0	12430,0	16767,2
550	66,1	41,5	360,0	24164,4	32676,2	12317,2	16771,8
600	63,8	42,6	353,5	24284,4	33130,0	12200,0	16777,5
650	61,5	43,8	346,3	24428,0	33603,0	12078,0	16784,4
700	59,3	45,0	338,6	24596,2	34105,9	11952,0	16792,6
750	57,0	46,2	330,3	24788,2	34638,0	11822,0	16802,0
800	54,7	47,5	321,5	24997,7	35200,5	11687,0	16812,6
850	52,4	48,8	312,2	25225,6	35793,0	11548,0	16824,3
900	50,1	50,1	302,3	25478,5	36416,5	11405,0	16837,2
950	47,8	51,4	291,9	25757,4	37071,0	11258,0	16851,3
1000	45,5	52,7	280,9	26062,4	37757,0	11108,0	16866,6
1050	43,1	54,0	269,2	26374,5	38475,0	10955,0	16883,1
<1070	42,2	55,3	264,4	26703,6	39225,0	10799,0	16900,8
1070	42,2	55,3	264,4	26703,6	39225,0	10799,0	16900,8
1250	32,8	37	213,6	12413,6	9550,0	22366,2	

KORKEUS	Y.nopeus	X.salkilveys	Y.väli	X.sylinterinrulla	G.sylinteri_ero	A.pohkeama	G.sylinteri	D.sylinteri	G.väinöväri
1060	691,5	888,73	392,05	850,53	4,28	20,30	37,08	1106,73	5,96
1061	692	888,34	392,08	850,37	4,27	20,30	37,06	1107,03	5,93
1062	692,5	887,95	392,10	850,20	4,26	20,17	37,05	1107,33	5,90
1063	693	887,56	392,12	850,03	4,24	20,11	37,03	1107,63	5,47
1064	693,5	887,17	392,14	849,86	4,23	20,09	37,02	1107,93	5,44
1065	694	886,78	392,16	849,69	4,22	20,06	37,00	1108,23	5,40
1066	694,5	886,39	392,18	849,52	4,21	20,04	36,99	1108,53	5,37
1067	695	886,00	392,20	849,35	4,20	20,02	36,98	1108,83	5,34
1068	695,5	885,61	392,22	849,18	4,18	19,79	36,96	1109,13	5,31
1069	696	885,21	392,24	849,00	4,16	19,73	36,94	1109,43	5,27
1070	696,5	884,82	392,26	848,83	4,15	19,66	36,93	1109,73	5,24

Nostokorkeus	G.voimakulma	P.hydrauliikka [bar]	R.momentti [mm]	M.sylinteri [Nm]	F.sylinteri [N]	M.kuorma [Nm]	F.vastavoima [N]
1060	42,8	37	265,8	1520,1	1520,1	430,0	802,5
1061	42,8	37	265,8	1505,1	1505,1	431,8	809,2
1062	42,5	37	265,4	1548,1	1548,1	431,2	810,2
1063	42,5	37	265,1	1548,7	1548,7	431,4	810,8
1064	42,4	37	265,9	1545,3	1545,3	431,2	810,6
1065	42,4	37	265,6	15439,0	29059,7	4310,5	8113,4
1066	42,4	37	265,2	15424,9	29059,7	4308,6	8112,2
1067	42,3	37	265,2	15410,8	29059,7	4306,7	8121,0
1068	42,3	37	264,9	15396,7	29059,7	4304,8	8124,8
1069	42,2	37	264,7	15382,6	29059,7	4302,9	8128,7
<1070	42,2	37	264,4	15368,5	29059,7	4301,0	8132,5
1070	42,2	37	264,4	15368,5	29059,7	4301,0	8132,5

