

Mikko Ruostejoki

HYDRAULIIKKASYLINTEREIDEN KESTÄVYYS JA  
KONSTRUKTIOVERTAILU

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2016

# HYDRAULIIKKASYLINTEREIDEN KESTÄVYYS JA KONSTRUKTIO- VERTAILU

Ruostejoki, Mikko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2016  
Ohjaaja: Suvela, Timo  
Sivumäärä: 31  
Liitteitä: 7

Asiasanat: hydraulikkasyylinteri, väsytesti, hydraulikka

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia kahden rakenteeltaan erilaisen hydraulisyylinterin mekaanista kestävyyttä ja rakennetta. Työn tarkoituksena oli tutkia sylintereiden kestävyyttä raskaassa teollisuuskäytössä ja auttaa rakenteeltaan oikeanlaisen sylinterin valinnassa eri käyttökohteisiin.

Työn keskeisiin osiin sisältyi sylintereiden väsytesti sahateollisuuden trimmeri käyttöä demonstroivassa testipenkissä. Väsytesti tehtiin sylintereiden mekaanisen kestävyuden määrittämiseksi ja vikaantumismuotojen selvittämiseksi.

Työn toimeksiantajana toimi Hydoring Oy ja työ suoritettiin Hydoring Oy:n tiloissa käyttäen heidän aiemmin rakentamaansa testilaitteistoa.

# DURABILITY AND CONSTRUCTION COMPAIRING OF HYDRAULIC CYLINDERS

Ruostejoki, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

April 2015

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 31

Appendices: 7

Keywords: hydraulic cylinder, stress test, hydraulics

---

The aim of this thesis was to explore the two different style of hydraulic cylinders and their structure and mechanical durability. The purpose was to examine the durability of cylinders in heavy-duty industrial use and to help choosing the right cylinder type in various applications.

The main element of the work was stress test for cylinders in test bench witch demonstrated trimmer use in mechanical wood processing industry. The purpose was to determine cylinders mechanical strength and different malfunction possibilities.

Thesis was implemented in close co-operation with Hydoring Oy, who was in the role of client for this thesis. Hydoring Oy also provided a test environment and test equipments for this purpose.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TAUSTA.....	7
2.1	Hydoring Oy .....	7
2.2	Sylinterin perusrakenne ja toiminta .....	7
2.2.1	Yksitoimiset sylinterit .....	8
2.2.2	Kaksitoimiset sylinterit.....	10
2.3	Sylinterin rakennetyypit .....	11
2.4	Päätyvaimennukset.....	13
3	TESTISYLINTERIEN KONSTRUKTIO .....	15
3.1	Kaksitoiminen hydraulisylinteri HD6120 PKP 50/28-80 .....	15
3.1.1	Sylinterin rakenne .....	15
3.1.2	Sylinterirunko .....	16
3.1.3	Männänvarsi .....	17
3.1.4	Tiivistee .....	17
3.1.5	PKP kiinnitys .....	18
3.2	Kaksitoiminen hydraulisylinteri HD2250 PP 50/28-80 .....	19
3.2.1	Sylinterirunko .....	20
3.2.2	Männänvarsi .....	20
3.2.3	Tiivisteet .....	21
3.2.4	PP Kiinnitys .....	21
3.3	Sylintereiden huollettavuus ja yleisimmät vikaantumismuodot .....	22
4	VÄSYTYSTESTI .....	23
4.1	Väsytestin testaussuunnitelma.....	23
4.1.1	Väsytestin vaiheet ja laitteisto.....	23
4.2	Sylintereiden mittaukset ja tiiveyskoe.....	25
4.2.1	Tiiveyskoe .....	25
4.3	Sylintereiden mittaustulokset.....	26
4.4	Väsytestin tulokset ja havainnot.....	27
5	YHTEENVETO .....	29
	LÄHTEET .....	31
	LIITTEET	



## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia kahden rakenteeltaan erilaisen hydraulisylinterin mekaanista kestävyyttä raskaassa teollisuuskäytössä. Työn aihe tuli Hydoring Oy:n myynniltä, tutkimuksen tavoitteena oli helpottaa oikeanlaisen sylinterin valitsemista eri käyttökohteisiin.

Tavoitteena oli että tekemällä sylintereille väsytestit sahateollisuuden trimmeri käyttöä demonstroivassa testipenkissä, saataisiin aiheutettua mahdollisia vikaantumisia ja vertailtavaa kulumaa sylintereille. Aikaisempien testien pohjalta ei voitu sanoa saadaanko sylintereille aiheutettua vikaantumisia väsytestissä, sillä ne olivat tehty todellista käyttöä helpommissa olosuhteissa. Tavoitteena oli suorittaa miljoona iskua sylintereille ja niiden aikana saada tarpeeksi informaatiota ja aiheutettua sylintereihin havaittavia ja vertailtavia muutoksia, joiden pohjalta voisi arvioida sylinterin kestävyyttä erilaisissa teollisuuskäytöissä.

Työ jaettiin kolmeen eri vaihekokonaisuuteen: väsytestin suunnitteluun, väsytestiin ja teoreettiseen rakenteiden tarkasteluun. Suunnitteluvaiheessa käytettiin hyväksi Hydoring Oy:n aiemmin tekemien testien havaintoja, joiden pohjalta väsytesti toteutettiin hyödyntäen jo olemassa olevia laitteistoja. Väsytestiin valittiin rakenteeltaan kaksi erilaista sylinteriä. Hitsattava ja pulttiliitoksellinen sylinteri, jotka olivat männältään ja männänvarreltaan samankokoisia sekä päätyvaimentamattomia. Työtä suunniteltaessa pyrittiin huomioimaan mahdollisimman monta näkökulmaa sylinterien mahdollisista vikaantumisista ja testin konkreettisesta avusta oikeanlaisen sylinterin valintaan asiakkaalle.

Hydraulisylintereitä käytetään laajasti teollisuudessa ja koneenrakennuksen osana tuottamaan lineaarista liikettä. Hydraulisylinterien suurin hyöty on että jo suhteellisen pienellä sylinterillä saadaan aikaan suuria voimia kun verrataan esimerkiksi pneumaattikkasylinteriin.

## 2 TAUSTA

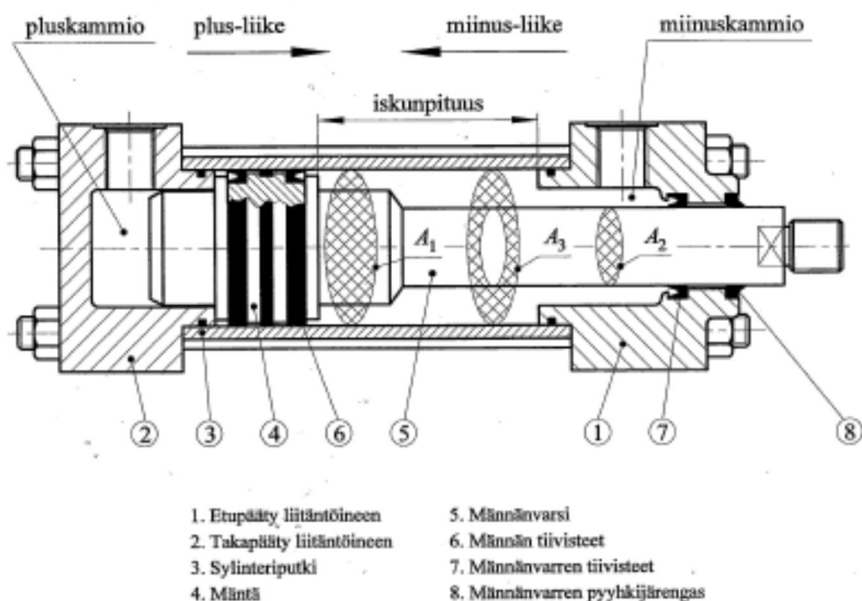
### 2.1 Hydoring Oy

Hydoring Oy on Kyrössä toimiva johtava kotimainen hydraulikkavalmistaja, jolla on vahvat perinteet hydraulisylintereiden ja -koneikkojen valmistuksessa. Hydoring Oy suunnittelee, valmistaa sekä huoltaa ja asentaa asiakasräätelöityjä hydraulisylintereitä, -voimayksiköitä, venttiililohkoja ja kiertovoitelujärjestelmiä.

Yritys on perustettu vuonna 1987 yhdistämällä Konepaja M.Virtanen ja TR-Hydro Ky, tuolloin pääomistajana oli Rautaruukki-konserni. Nykyään yrityksen toimitusjohtajana sekä omistajana toimii Timo Raikko 100%:n osakeomistajuudella. Yritys työllistää tällä hetkellä noin 110 työntekijää ja yrityksen liikevaihto vuonna 2014 oli 14,6 miljoonaa euroa. (Hydoring Oy 2015)

### 2.2 Sylinterin perusrakenne ja toiminta

Hydraulisylinteri on hydraulijärjestelmän osa, jonka tehtävä on muuntaa hydraulinen teho lineaariseksi mekaaniseksi tehoksi. Sylinterin toimintaperiaatteena on että sylinterin kammioon johdettava neste työntää mäntää eteenpäin. Mäntään kiinnitetty männänvarsi saa tällöin aikaan lineaarisen liikkeen. Koska sylintereitä käytetään useissa erilaisissa sovellutuksissa, joissa nopeudet ja voimat vaihtelet suuresti käyttötarkoituksesta riippuen, on sylintereitäkin monia erikokoisia ja -tyyppisiä. Sylinterin koosta tai tyyppistä huolimatta kaikissa sylintereissä perusrakenne on samanlainen ja sylinterit voidaan karkeasti jakaa kahteen pääryhmään: yksitoimisiin ja kaksitoimisiin sylintereihin (kuva 1). Yksitoimisissa sylintereissä hydraulista voimaa saadaan tuotettua vain toiseen suuntaan, jolloin sylinterin paluuliike tapahtuu ulkoisen voiman tai esimerkiksi jousen avulla. Kaksitoimisissa sylintereissä hydraulinen liike voidaan toteuttaa molempiin suuntiin ja toisin kuin yksitoimisissa sylinterissä tehollisia pinta-aloja on kaksi, yksi kumpaankin suuntaan. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2008, 195.)



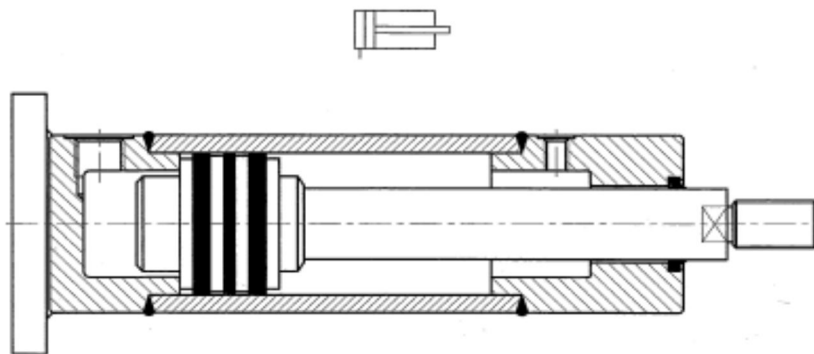
Kuva 1 Kaksitoimisen sylinterin perusrakenne. (Kauranne, 2008)

### 2.2.1 Yksitoimiset sylinterit

Yksitoimisilla sylintereillä on vain yksi työsuunta ja vain yksi nesteliitäntä. Tällaisia sylintereitä ovat mäntätyyppiset sylinterit (kuva 2), uppomäntäsylinterit ja yksitoimiset teleskooppisylinterit. Varsinaiset yksitoimiset sylinterit yhdellä nesteliitännällä ovat harvinaisia varsinkin mäntätyyppisissä rakenteissa ja yleensä niiden tilalla käytetään kaksitoimista sylinteriä yksitoimisena. Tällöin tarvittaessa toinenkin liitäntä voidaan ottaa käyttöön ja sylinteriä ohjata molempiin suuntiin. Yksitoimia sylintereitä käytetään yleisimmin esimerkiksi nostolavalaitteissa, kippilaitteissa, hydraulisissa puristimissa ja jarrusylintereinä.

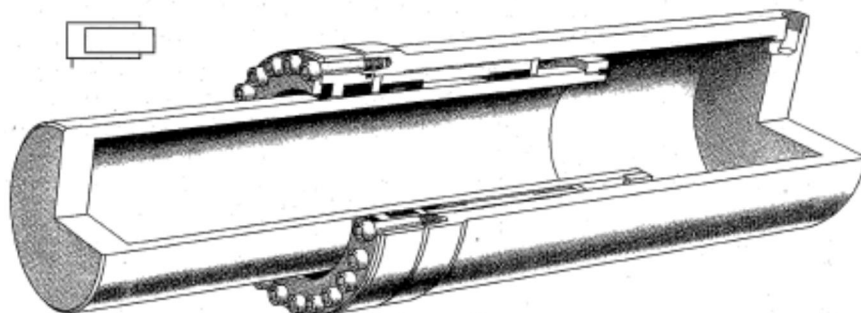
Mäntätyyppisen yksitoimisen sylinterin työliike voi olla joko vetävä tai työntävä riippuen kummalle puolelle mäntää öljy ohjataan. Sylinterin paineettoman puolen kamion liitäntä jätetään joko auki tai liitetään nestesäiliöön johtavaan matalapainelinjaan. Mikäli paineettoman puolen liitäntää ei kytketä matalapainelinjaan, on liitäntään suojattava, niin ettei sylinteriin pääse tiivisteitä vahingoittavia epäpuhtauksia. (Kauranne ym. 2008, 196)





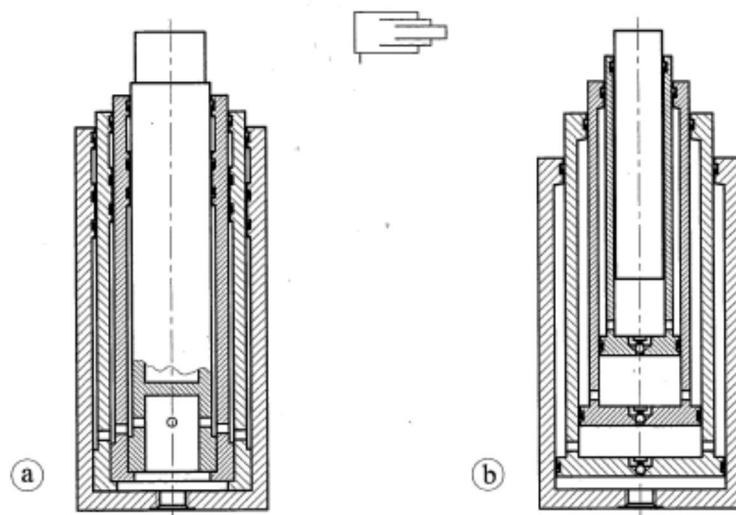
Kuva 2 Yksitoiminen mäntätyyppinen sylinteri (Kauranne, 2008)

Uppomäntäsylintereissä (kuva 3) ei ole erillistä mäntää, vaan männänvarsi toimii myös mäntänä. Uppomäntäsylintereissä on paksu männänvarsi, joka mahdollistaa suurin kuormien hallinnan ja uppomäntätyyppistä sylinteriä käytetäänkin yleensä nosto- ja puristinsovelluksissa. (Kauranne ym. 2008, 196)



Kuva 3 Uppomäntäsylinteri (Kauranne ym. 2008, 196)

Teleskooppisylinterit koostuvat useista sisäkkäisistä männistä, jotka mahdollistavat pitkän iskunpituuden sylinterin asennuspituuden pysyessä lyhyenä iskuun nähden. Yksitoimiset teleskooppisylinterit voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin niiden toiminnan mukaan. Toisessa tyypissä männät liikkuvat eriaikaisesti ja liikenopeus kasvaa aina siirryttäessä isommalta männältä pienempään mäntään (kuva 4a). Toisessa rakenteessa kaikki männät liikkuvat samanaikaisesti ja sylinterin koko isku tapahtuu vakionopeudella (kuva 4b). Yksitoimisia teleskooppisylintereitä käytetään yleisimmin kippilaitteissa, joissa kippilaitteen painon avulla saadaan tarvittava voima sylinterin paluuliikkeeseen. (Kauranne ym. 2008, 197)

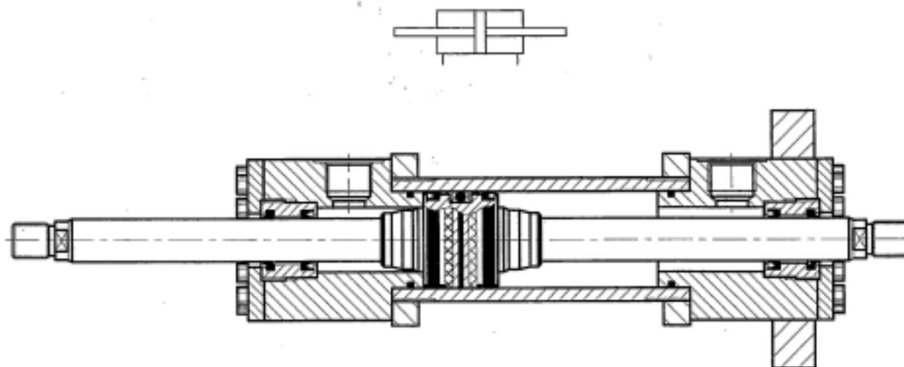


Kuva 4 Yksitoimisten teleskooppisylinterien rakenteita (Kauranne ym. 2008, 196)

### 2.2.2 Kaksitoimiset sylinterit

Kaksitoimisissa sylintereissä hydraulinen liike voidaan toteuttaa molempiin suuntiin. Kaksitoimisissa sylintereissä on kaksi erillistä kammiota, joihin hydraulineeste voidaan ohjata, näin mäntää voidaan ohjata molempiin suuntiin.

Kaksitoimiset sylinterit voidaan jakaa kahteen ryhmään; yksi- ja kaksipuolisella männänvarrella (kuva 5) varustettuihin sylintereihin. Yksipuoleisella männänvarrella varustetun sylinterin nopeudet ja voimat ovat erisuuruiset eri suuntiin, jos molempiin suuntiin käytetään samaa syöttöpainetta ja tilavuusvirtaa. Tämä johtuu kammioiden erikokoisista tehollisista pinta-aloista A1 ja A3 (Kuva 1). Yksipuolisella männänvarrella varustetut kaksitoimiset sylinterit ovat yleisimmin teollisuudessa ja liikkuvassa kalustossa käytettyjä sylintereitä. Kaksipuolisella männänvarrella varustetuissa sylintereissä teholliset pinta-alat männän molemmiin puoliin ovat saman kokoiset, jolloin liikenopeudet ja voimat ovat saman suuruiset molempiin suuntiin. Rakenteestaan johtuen kaksipuolisella männänvarrella varustetut sylinterit vaativat enemmän tilaa kuin yksipuolisella männänvarrella olevat sylinterit. Kaksipuolisella männänvarrella varustettuja sylintereitä käytetään usein servo- ja ohjausjärjestelmiin. (Kauranne ym. 2008, 198.)



Kuva 5 Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri (Kauranne ym. 2008, 199.)

Muita kaksitoimisia sylintereitä ovat esimerkiksi kaksitoiminen teleskooppisylinteri, jonka toiminta on vastaava kuin yksitoimisella teleskooppisylinterillä. Kaksitoimisessa teleskooppisylinterissä männät tekevät iskunsa eriaikaisesti ja eri nopeuksilla. (Kauranne ym. 2008, 199.)

### 2.3 Sylinterin rakennetyypit

Eri toimintatapojen lisäksi sylinterit voidaan jaotella niiden rakenteiden ja kokoamistapojen mukaan. Eri rakennetyypin omaavilla sylintereillä on erilaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat mm. niiden kestävyYTEEN, kokoon, huollettavuuteen ja myös hintaan. Sylinterit voidaan jakaa karkeasti rakennetyypin mukaan viiteen eri osaan; sidepulteilla kasattaviin, hitsattaviin, kierreliitoksilla kasattaviin, pulttiliitoksilla kasattaviin sylintereihin sekä näiden yhdistelmiin. (Khan)

Yksinkertaisin ja yleensä edullisin tapa koota sylinteri on sidepulteilla (kuva 6). Sidepulteilla kasattavan sylinterin päädyt ovat kiristetty putken päätyihin sidepulttien avulla, joten sylinterissä ei ole hitsattuja rakenteita. Sidepulttisyylinteri on helppo valmistaa ja sen konstruktio on yleensä muita rakennetyyppejä selvästi yksinkertaisempi. Sidepulteilla kasattavista sylintereistä ei yleensä saada kovinkaan vahvoja, joten niitä ei yleensä käytetä kovilla paineilla. Kuitenkin tällä tavalla valmistettuja sylintereitä käytetään paljon teollisuudessa niiden halpuuden ja helpon huollettavuuden vuoksi.



Kuva 6 Sidepulttisylinteri [Hydratech]

Toinen tapa valmistaa sylinteri on käyttää sylinterin kummassakin päässä kierteellisiä päätyjä. Tämä tapa on hyvin samankaltainen sidepulttisylinterin kanssa, mutta tämä rakenne on sidepulttisylinteriin nähden huomattavasti vahvempi ja jäykempi.

Kolmannessa tavassa sylinteri kootaan ruuviliitännällä, jossa sylinterin päädyt kiinnitetään ruuveilla sylinteriputkessa oleviin vastakappaleisiin (kuva 7). Sylinteriputkessa olevat vastakappaleet voidaan toteuttaa kierteellisinä, jolloin sylinteriputken pinnalle tehdään ulkokierre vastakappaleena toimivalle kiinnitysrenkaalle. Toinen tapa on hitsata kiinnitysrenkaat sylinteriputken päälle kiinteäksi osaksi sylinteriputkea. Ruuviliitännällä toteutettu rakenne on rakennetyypeistä vahvin ja sitä käytetään yleensä raskaassa teollisuuskäytössä, jolloin halutaan suuria voimia ja hyvä sylinterin kestävyys.



Kuva 7 Ruuviliitos rakenteellinen sylinteri HD6120 PKP 50/28-80 (Ruostejoki 2015)

Neljäs tapa on valmistaa sylinteri hitsaamalla päädyt sylinteriputkeen. Tällä tavalla valmistettuja sylintereitä ei voida avata ja huoltaa kuten muilla tavoilla valmistettuja

sylintereitä ja hitsatusta rakenteesta johtuen sylinterit on vaikea saada vahvaksi. Hitsatuissa sylinterissä hitsausseamat ovat huomattavasti vaikeammin hallittavia liitoksia kuin esimerkiksi ruuviliitettä, ja hitsausseamat ovatkin tällä tavoin valmistetun sylinterin heikoimmat kohdat.

Viides ja yleisesti käytetty tapa koota sylinteri on yhdistää eri rakenteita keskenään. Tällä tavoin voidaan yhdistää kunkin rakenteen parhaimmat puolet eri käyttökohteisiin ja vaatimuksiin sopiviksi. Yleinen tapa on valmistaa sylinterin takapääty hitsaamalla ja etupääty kierrelitoksella (kuva 8).

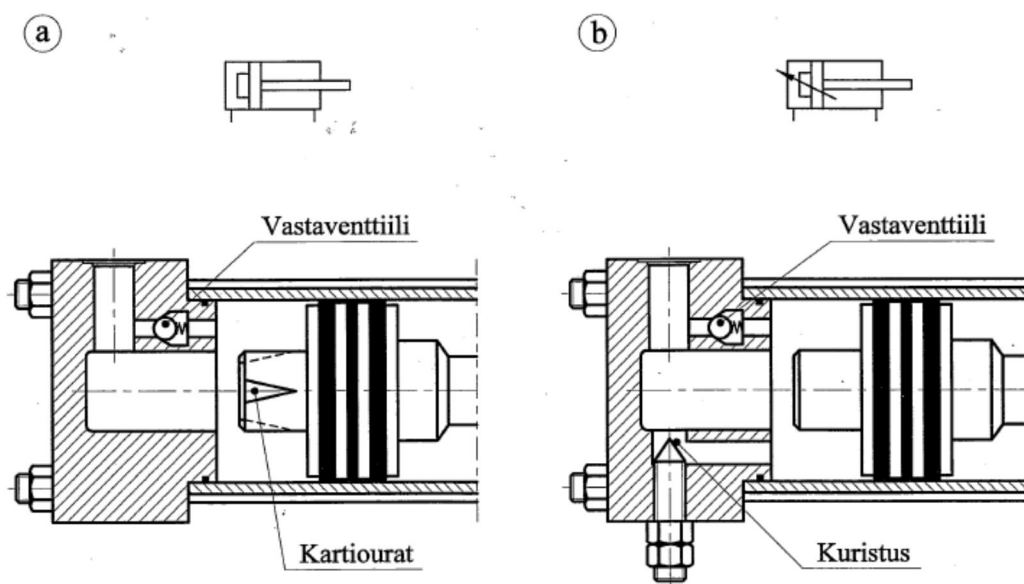


Kuva 8 Hitsatulla takapäädyllä ja kierteellisellä etupäädyllä valmistettu sylinteri HD2250 PP 50/28-80 (Ruostejoki 2015)

## 2.4 Päätyvaimennukset

Kun sylinterin mäntä liikkuu sillä ja siihen kiinnitetyllä massalla on tietty kineettinen energia, joka riippuu liikkuvan massan suuruudesta ja nopeudesta. Päätyasennoissa tämä energia kohdistuu männän ja sylinterin rakenteisiin, mikä saattaa johtaa sylinterin vaurioitumiseen. Vaurioiden estämiseksi sylinteriä on ajettava riittävän alhaisilla nopeuksilla koko iskun ajan tai sitä on hidastettava ennen päätyasentoon tuloa. Päätyvaimennukset voidaan toteuttaa, joko sylinterin ulkopuoleisilla venttiilikytkennoillä tai sylinterin rakenteen sisäisellä päätyvaimennuksella. Yleensä päätyvaimennusta suositellaan käytettäväksi kun sylinterin liikenopeus ylittää arvon 0,1 m/s tai jos käsitellään suuria massoja. (Kauranne ym. 2008, 206.)

Päätyvaimennus saadaan aikaiseksi kun sylinteristä poistuvaa öljyn virtausta kuristetaan. Sylinterin sisäisessä päätyvaimennuksessa männänvarteen asennetaan vaimennusholkki, joka iskun lopussa pienentää poisvirtaavan öljyn poikkipinta-alaa hidastaen sylinterin nopeutta tasaisesti. Kiinteässä päätyvaimennuksessa (kuva 9a) vaimennusholkissa on kartiourat, jotka pienentävät osittain virtausaukkoa ja pienentävät virtauspoikkipinta-alaa. Säädetävässä päätyvaimennuksessa (kuva 9b) vaimennusholkki tukkii virtausaukon kokonaan, jolloin paluu virtaus ohjataan päätykappaleeseen tehtyä kanavaa pitkin pois sylinteristä. Kanavaan sijoitetulla säädetävällä kuristuksella voidaan kanavan pinta-alaa muuttamalla säätää sylinterin loppuiskun nopeus. Jottei päätyvaimennukset hidastaisi sylinterin liikkeellelähtöä, rakenteessa pitää olla vastaventtiilillä varustettu rinnakkainen kanava. (Kauranne ym. 2008, 207)

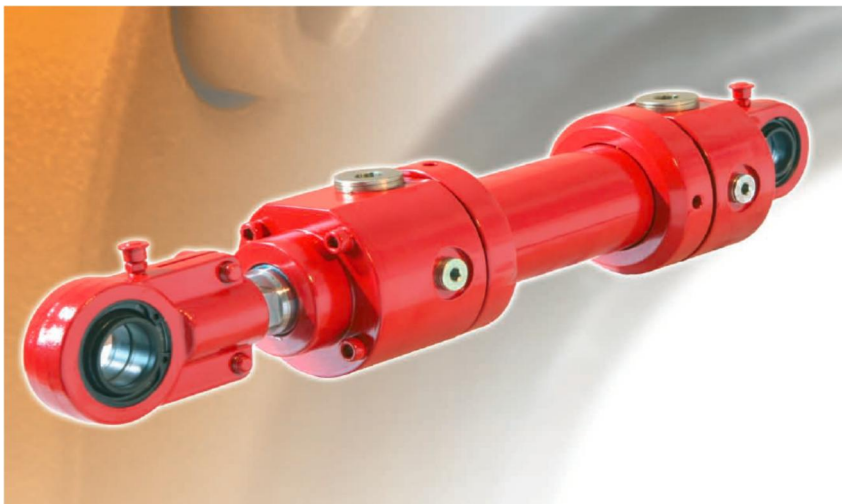


Kuva 9 a) Kiinteä päätyvaimennus b) säädettyvä päätyvaimennus (Kauranne ym. 2008, 207)

### 3 TESTISYLINTERIEN KONSTRUKTIO

#### 3.1 Kaksitoiminen hydraulisylinteri HD6120 PKP 50/28-80

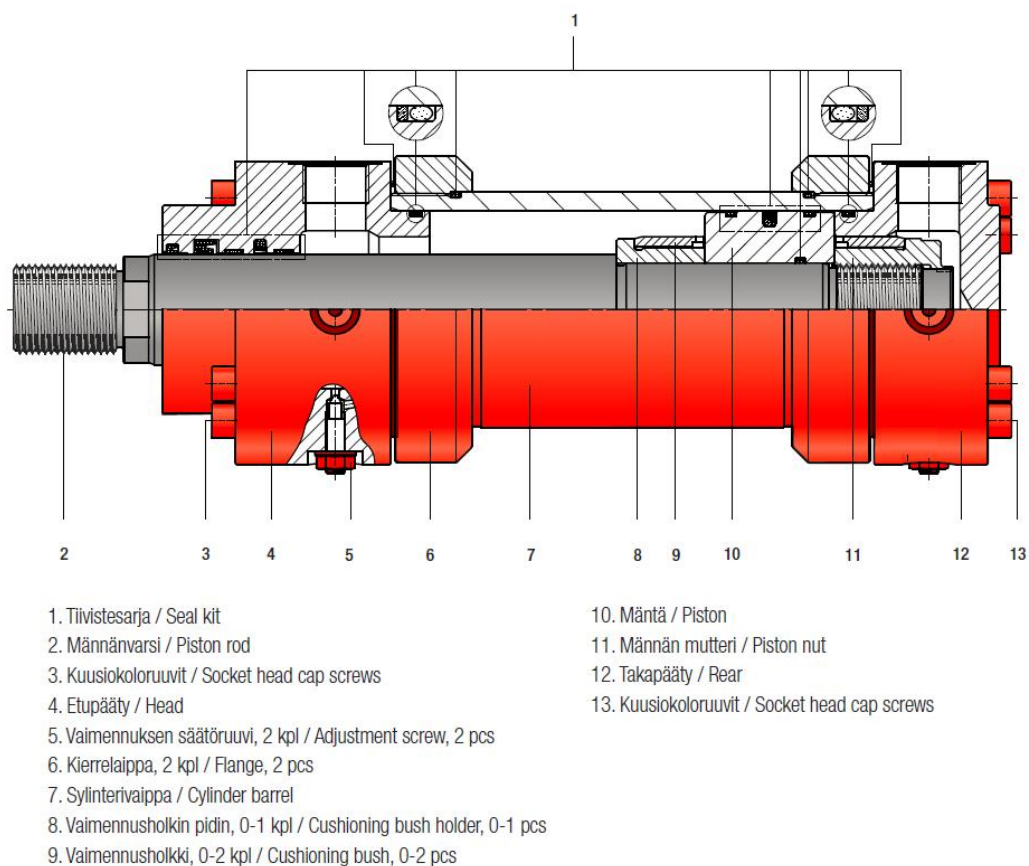
HD6120-sarjan sylinterit (kuva 10) ovat standardin ISO 6022/1 mukaisia kaksitoimisia hydraulisylintereitä, joita suositellaan raskaaseen teollisuuskäyttöön. Sylinterien suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota sylinterien tiiveyteen ja sylinterien tiivistys on toteutettu kaksoistiivisterakenteella. HD6120 -sarjan sylinterit ovat täysin pulttiliitos rakenteella toteutettuja sylintereitä, eikä niissä ei ole hitsaussaumoja. Sylinterien suunnittelupaine on 25 MPa ja nimellispaine eli käyttöpaine 16 MPa. Käyttölämpötila-alue  $-30^{\circ}\text{C} \dots +90^{\circ}\text{C}$ . Sylinterin pituuden ja iskun toleranssit ovat ISO 8135 mukaisia. (Hydoring)



Kuva 10 HD6120 –sarjan PKP sylinteri (Hydoring Oy)

##### 3.1.1 Sylinterin rakenne

HD6120 PKP 50/28-80 tyyppikoodi kertoo sylinterin sarjan, koon, kiinnitystavan, mahdolliset päätyasentovaimennukset ja rajoittimen pituuden. Testattavan sylinterin tyyppikoodista selviää että sylinteri on HD6120 –sarjan sylinteri, jonka kiinnitystapa on PKP eli niin männänvarressa kuin sylinterin pohjassa on pallonivelkiinnike. Numerot 50/28-80 kertovat että sylinterin männänhalkaisija on 50mm, männänvarrenhalkaisija 28mm ja isku 80mm. Sylinterissä ei ole päätyasentovaimennuksia eikä rajoitinta.

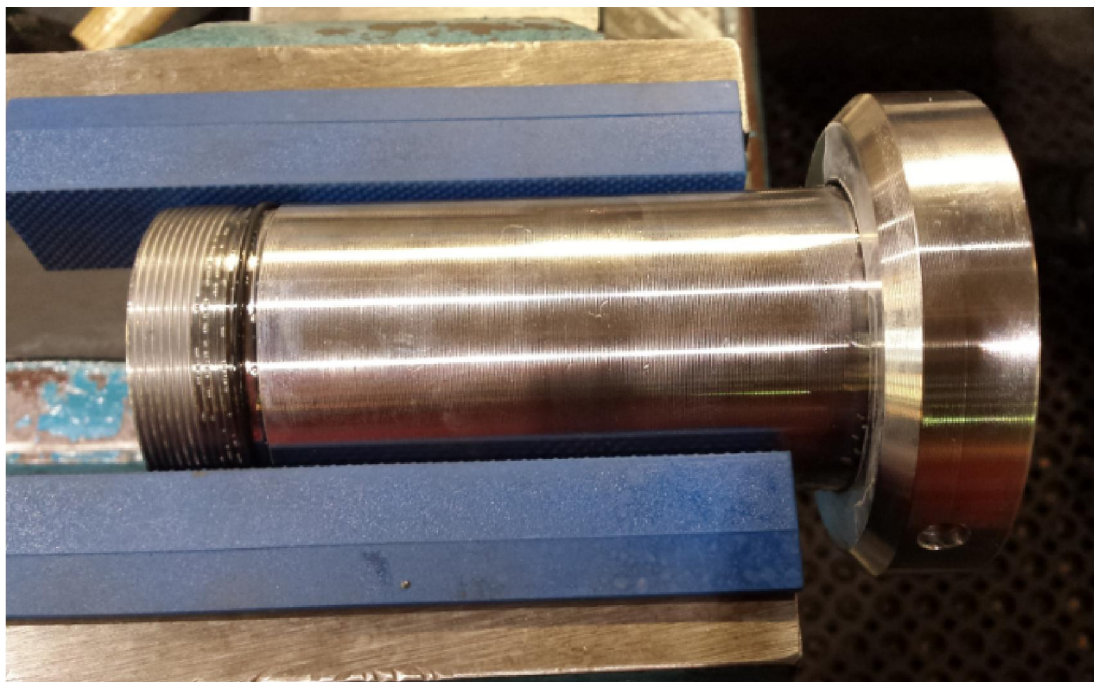


Kuva 11 HD6120 –sarjan sylinterin rakenne eriteltynä (Hydoring Oy)

### 3.1.2 Sylinterirunko

HD6120-sarjan sylinterin runko koostuu putkesta, kiinnitysrenkaista sekä etu- ja takapäädystä (kuva 11 osat 4, 6, 7, 12). Sylinterirungon osat liitetään toisiinsa ilman hitsaussaumoja siten että putken päälle koneistettuun kierteeseen kierretään kiinnitysrenkaat, joita vasten päädyt kiristetään pultein (kuva 12). Tämä pultiliitos konstruktio on hitsattaviin konstruktioihin nähden huomattavasti helpommin hallittavissa. Hitsattavien rakenteiden ongelmana on hitsausvirheiden ja hitsaussaumojen väsymisestä johtuvat vikaantumiset, joihin on vaikea vaikuttaa. Pultiliitos rakenne on helposti hallittava ja luotettava kunhan pulttien kiristysmomentti on oikean suuruinen. Pultiliitoksellisen rungon etuna on myös sen huollettavuus, sillä sylinterin vikaantuessa sylinteri on helppo purkaa ja vaurioitunut osa vaihtaa. Hitsattavissa sylintereissä esimerkiksi sylinterin rungon hitsatun päädyn tai päädyn ja putken välisen hitsaussauman välinen vaurio on vaikea, ellei jopa mahdoton korjata. Sylinteriputki on valmistettu saumattomasta teräsputkesta, jonka sisäpinta on silovalssattu tai hoonattu.





Kuva 12 HD6120 PKP 50/28-80 sylinteriputki ja kiinitysrengas (Ruostejoki 2015)

### 3.1.3 Männänvarsi

Männänvarsi on valmistettu kovakromatusta pyörötangosta, jonka kromikerroksen paksuus on vähintään 20  $\mu\text{m}$  ja pinnan karheus vähintään Ra 0,4. Männänvarren kiinnitykset ovat kierteelliset molemmissa päissä vartta, joten mäntä ja nivelpää kiinnitetään männänvarteen kierteiden avulla (kuva 13).



Kuva 13 HD6120 PKP 50/28-80 männänvarsi koottuna (Ruostejoki 2015)

### 3.1.4 Tiivistet

HD6120-sarjan tiivistyksessä on kiinnitetty erityistä huomioita tiiveyteen. HD6120-sarjan sylintereiden tiivistys on toteutettu kaksoistiivistysrakenteella, jolla viitataan

kahdennettuun varrentiivisteeseen. Varrentiiveydestä pitää huolen polyuretaanipohjainen elastomeeri tiiviste, pronssivahvisteinen ptfe tiiviste ja varren tiivisteiden lisäksi tiivistepesässä on kaksi krutex200 ohjainnauhaa. HD6120-sarjan männäntiivisteinä käytetään niin ikään pronssivahvisteista ptfe tiivistettä, sekä tämän ohella kahta krutex200 valmisteista männänohjainta (kuva 14). Putken ja päätyjen välinen liitos on tiivistetty o-renkaiden ja tukirenkaiden avulla kuten kuvassa 11 näkyy.



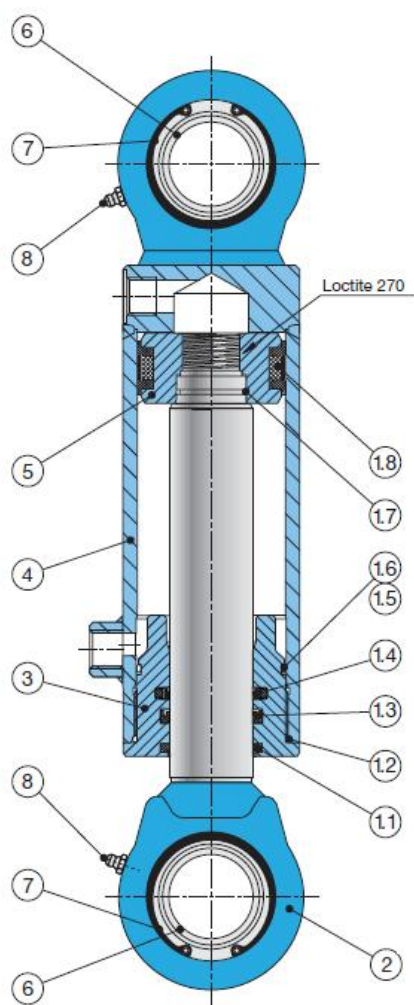
Kuva 14 HD6120 PKP 50/28-80 mäntä ja tiivisteet (Ruostejoki 2015)

### 3.1.5 PKP kiinnitys

HD6120-sarjan sylintereissä PKP kiinnitys tarkoittaa, että sylinterin molemmissa päissä on pallonivellaakeri. HD6120-sarjan sylintereissä pohjan nivelpää on kokonaan vaihdettavissa pulttikiinnikkeisen rakenteen vuoksi, eikä vain pelkkä nivellaakeri. Männänvarren kiinnitys on toteutettu kierteellisen nivelpään avulla. Lisäksi HD6120-sarjan sylintereiden kiinnitystapaa voidaan jälkeinpäin muuttaa erityyppiseksi esimerkiksi etulaippa kiinnitykselliseksi koska sylinterissä ei ole kiinteitä hitsattuja rakenteita.

### 3.2 Kaksitoiminen hydraulisylinteri HD2250 PP 50/28-80

HD2250-sarjan sylinterit (kuva 15) ovat korkealuokkaisia sylintereitä, joita suositellaan mm. teollisuuteen, laivanrakennukseen ja liikkuvankaluston sovellutuksiin. HD2205-sarjan sylintereiden nimellispaine  $\varnothing 25$ -125mm männähalkaisijalle on 21 MPa ja  $\varnothing 160$ -250mm männähalkaisijalle 25 MPa. Käyttölämpötila-alue  $-30^{\circ}\text{C} \dots +90^{\circ}\text{C}$ . Sylinterin pituuden ja iskun toleranssit ovat ISO 8135 mukaisia. (Hydoring)



#### HD 2250 $\varnothing 25 - \varnothing 125$

1	<i>Tiivistesarja / Seal kit</i> 1.1 Luovutin / Wiper 1.2 O-rengas / O-ring 1.3 Varrentiiviste / Rod seal 1.4 Varrentiiviste / Rod seal 1.5 Tukirengas / Back-up ring 1.6 O-rengas / O-ring 1.7 O-rengas / O-ring 1.8 Männäntiiviste / Piston seal
2	<i>Männänvarsi / Piston rod</i>
3	<i>Tiivistepesä / Bearing housing</i>
4	<i>Sylinterirunko / Cylinder barrel</i>
5	<i>Mäntä / Piston</i>
6	<i>Nivellaakeri / Spherical plain bearing</i> 0-2 kpl/pcs
7	<i>Pidätinrengas / Spring retaining ring</i> 0-4 kpl/pcs
8	<i>Rasvanippa / Grease nipple</i> 0-2 kpl/pcs

Kuva 15 HD2250 –sarjan sylinterin rakenne eriteltynä (Hydoring Oy)

### 3.2.1 Sylinterirunko

HD2250-sarjan sylinterirunko (kuva 16) koostuu sylinteriputkesta ja putkeen hitsattavasta takapäädystä. Putken etupäähän koneistetaan sisäkierre, jonka avulla tiivistepesä kiinnitetään sylinteriputkeen. Sylinteriputken päälle hitsataan myös liitinaukot, joissa on lieriömäinen putkikierre. Sylinteriputki on valmistettu saumattomasta teräsputkesta, jonka sisäpinta on silovalssattu tai hoonattu.



Kuva 16 HD2250 PP 50/28-80 Sylinterirunko (Ruostejoki 2015)

### 3.2.2 Männänvarsi

Männänvarsi (kuva 17) on valmistettu kovakromatusta pyörötangosta, jonka kromikerroksen paksuus on vähintään 20  $\mu\text{m}$  ja pinnan karheus vähintään Ra 0,4. Männänvarressa on hitsattu nivelpää ja mäntä kiinnitetään varteen kierteen avulla.



Kuva 17 HD2250 PP 50/28-80 männänvarsi (Ruostejoki 2015)

### 3.2.3 Tiivisteet

HD2250-sarjan sylintereissä varrentiivistys on toteutettu kahdennetulla varren tiivistyksellä, mutta toisin kuin HD6120-sarjan sylintereissä tiivistepesässä ei ole varren ohjainnauhoja. Ohjainnauhojen sijasta sylinterin tiivistepesä on valmistettu pehmeästä valuraudasta, joka toimii samalla varren ohjaimena. Tiivisteet tiivistepesässä ovat ohjainnauhoja lukuun ottamatta vastaavat kun HD6120-sarjan sylintereissä. Toinen varren tiivisteistä on polyuretaanipohjainen elastomeeri tiiviste ja toinen pronssivahvistettu ptfe tiiviste. Männäntiivisteenä HD2250-sarjan sylinterissä on kolme osainen kompaktitiiviste, joka koostuu muovisista tukirenkaista ja niiden välissä olevasta nitiilikumisesta männäntiivisteestä (kuva 18).



Kuva 18 H HD2250 PP 50/28-80 mäntä ja tiivisteet (Ruostejoki 2015)

### 3.2.4 PP Kiinnitys

HD2250-sarjan sylintereissä PP kiinnitys tarkoittaa, että sylinterin molemmissa päissä on pallonivellaakeri. Toisin kuin HD6120 sarjan sylintereissä molempien päiden nivelpäät on hitsattu kiinteäksi osaksi sylinteriä, jolloin kiinnitystavan tai koko nivelpään vaihtaminen ei lähtökohtaisesti ole mahdollista.

### 3.3 Sylintereiden huollettavuus ja yleisimmät vikaantumismuodot

Hydraulisyylintereiden yleisin vikaantumismuoto on tiivisteiden kulumisesta tai rikkoontumisesta johtuvat vuodot. Tiivisteiden vaihto on yleisesti ottaen yleisin sylinterille tehtävä huolto ja kunnossapitotoimenpide. Toinen yleinen huoltotoimenpide on laakereiden uusiminen ja joissakin harvoissa tapauksissa haljenneen nivelpään vaihto kokonaan uuteen. HD6120-sarjan pulttikiinnitteinen rakenne mahdollistaa esimerkiksi takapäädyn nivelpään vaihdoin helposti uuteen verrattaessa esimerkiksi HD2250-sarjan takapäättyyn hitsattuun korvakkeeseen. Samoin männänvarren kierteellinen nivelpää on helppo vaihtaa tarvittaessa uuteen.

Pulttikiinnitteisten sylinterirunkojen yleisin vikaantuminen johtuu usein etu – tai takapäädyn kiinnityspulttien aukeamisesta johtuvasta päädyn irtoamisesta sylinteriputkesta. Yleensä päädyn irtoaminen johtuu pulttien väärästä esikiristysmomentista tai liian suuresta päätyyn kohdistuvasta rasituksesta. Hitsattujen hydraulisyylintereiden sylinterirunkojen vikaantuminen johtuu yleensä hitsausseamien väsymisen aiheuttamasta murtumisesta, jolloin sylinteri alkaa vuotamaan hitsausliitoksesta tai pahimmillaan hitsattuosa irtoaa kokonaan rungosta. Päätyihin kohdistuvia rasituksia voidaan pienentää mm. käyttämällä päätyvaimennuksia, jolloin varsinkin hitsatuissa sylintereissä hitsausseamoihin kohdistuva rasitus pienenee ja hitsausliitosten väsyminen vähenee. HD6120-sarjan sylintereihin voidaan tarvittaessa lisätä päätyvaimennukset jälkikäteen, koska sylinteri on suunniteltu siten, että päätyvaimennusten lisääminen on mahdollista. HD2250-sarjan sylintereihin päätyvaimennuksia ei ole saatavilla päätyvaimennuksia, joten HD2250-sarjan sylintereiden vaimennukset on toteutettava sylinterin ulkopuolisilla ratkaisulla.

Yksi todella yleinen hydraulisyylinterin vikaantumismuoto on männänvarren naarmuuntuminen, joka aiheuttaa sylinterin tiivisteiden rikkoontumisen ja siten vuodon sylinteriin. Männänvarren vaurioista riippuen männänvarsi voidaan kunnostaa hiomalla ja kovakromaamalla männänvarsi uudelleen. Monissa tapauksissa männänvarsi joudutaan kuitenkin korvaamaan kokonaan uudella, koska männänvarressa on liian suuria jälkiä hiomalla poistettavaksi.

## 4 VÄSYTYSTESTI

### 4.1 Väsytystestien testaussuunnitelma

Väsytystestien lähtökohtana oli saada mahdollisimman paljon tietoa sylintereiden mekaanisesta kestävydestä raskaassa teollisuuskäytössä. Tarkoituksena oli että sylintereille tehtäisiin mittauksia ennen ja jälkeen väsytystestien. Ensiksi lähdettiin liikkeelle testaamalla testilaitteisto ja sen ohjausjärjestelmän toiminta. Tämän jälkeen testilaitteisto säädettiin siten, että sylintereiden testissä käytettävä painen on 15 MPa ja sylinterin iskujen taajuus 50-70 kertaa minuutissa. Testiä oli tarkoitus jatkaa niin kauan kunnes testattava sylinteri vikaantuu tai saavutetaan 1 miljoona kokonaisiskua. Väsytystestien suunnitelman sisältö löytyy tarkemmin liitteestä (liite 1).

#### 4.1.1 Väsytystestien vaiheet ja laitteisto

Sylintereiden testaus jaettiin kolmeen eri vaiheeseen. Ensiksi lähdettiin liikkeelle sylintereiden kokoonpanovaiheessa tapahtuvista mittauksista, joissa mitattiin sylinteriputkien ja männänvarsien pinnankarheet, männänvarsien kromikerrosten vahvuudet sekä tarkistettiin kaikkien osien mittojen toleranssit oikeiksi verrattuna valmistuskuviin. Lisäksi sylintereille suoritettiin tiiveyskoe, jossa tarkistettiin sylinterit vuotojen varalta. Seuraavaksi suoritettiin väsytystesti ja lopuksi sylinterit purettiin lopullista tarkastelua ja mittauksia varten.

Testipaineena käytettiin 15 MPa ja sylinterin iskunopeutta säätelevä aikarele säädettiin molemmille testattaville sylintereille erikseen siten, että sylinterin iskunopeus on välillä 50-70 kertaa minuutissa. Väsytystestien aikana pidettiin mittauspöytäkirjaa, johon merkittiin kuvan 19 mukaiset tiedot. Testitulokset ja havainnot kerättiin erilliseen raporttiin ja analysoitiin Hydoring Oy:n suunnittelijoiden kanssa (liite 6 ja liite 7).

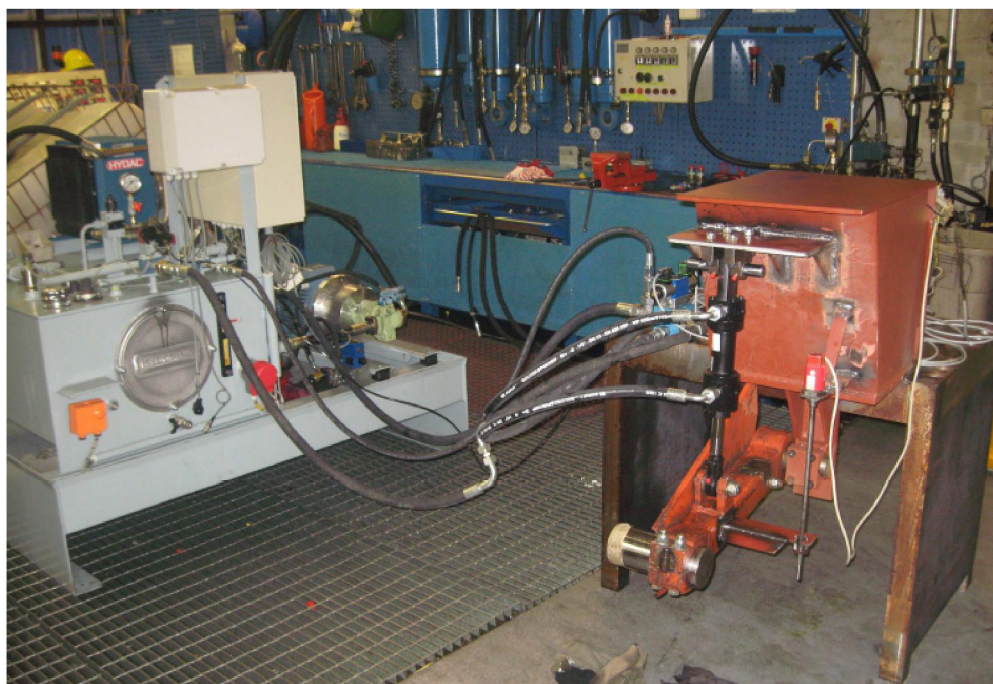


Sylinteri HD6120 PKP 50/28-80  
VÄSYTYSTESTI

Paivamaara ja kellonaika	Iskujen lukumaara (kpl)	Iskutaajuus (kpl/min)	Sylinterin lampotila (ast. Cels)	Ympariston lampotila (ast. Cels)	Huomiot

Kuva 19 Mittauspöytäkirja (Ruostejoki 2015)

Väsytystesti suoritettiin Hydoring Oy:n tiloissa ja testilaitteistona käytettiin aikaisemminkin rasiusluontoiisiin testeihin käytettyä laitteistoa (kuva 20). Testilaitteisto koostui Hydoringin valmistamasta koneikosta ja sahateollisuuden tarkan mallin mukaan valmistetusta testipenkistä, joka simuloi autenttisesti trimmeriterävarren toimintaa.



Kuva 20 Testilaitteisto Hydoring Oy:n koneikkotehtaalla

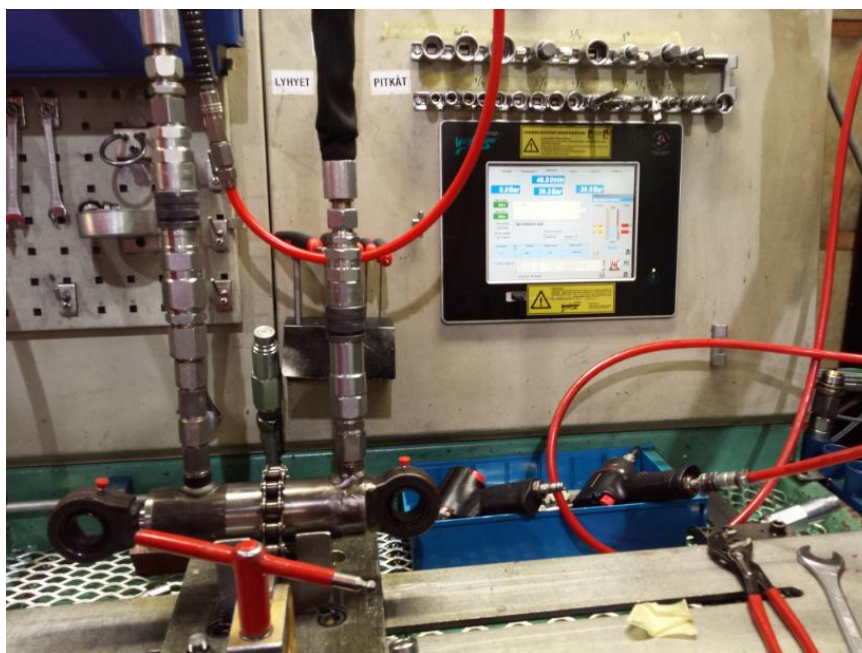


## 4.2 Sylintereiden mittaukset ja tiiveyskoe

Kummallekin testattavista sylintereistä suoritettiin täsmälleen samat mittaukset samoilla kalibroiduilla mittalaitteilla ennen ja jälkeen väsytestin. Molemmista sylintereistä mitattiin sylinteriputken halkaisija toleranssit, männänvarren ja sylinteriputken pinnankarheet sekä männänvarsien kovakromipinnoitteen paksuus. Ennen väsytestiä sylintereille suoritettiin myös tiiveyskoe Hydoring Oy:n normaalien toimintatapojen mukaisesti, sekä tehtiin silmämääräinen tarkistus.

### 4.2.1 Tiiveyskoe

Testattaville sylintereille suoritettiin tiiveyskoe (kuva 21), jossa sylinterin paineen annettiin nousta kummassakin päätyasennossa hetkellisesti vähintään 1,5 kertaa sylinterin nimellispainetta suuremmaksi. Tiiveyskokeella varmistetaan, ettei sylinterissä ole ulkoisia tai sisäisiä vuotoja ja että sylinterin toiminta on normaalia. Tiiveyskoe suoritettiin molemmille sylintereille ennen ja jälkeen väsytestin eikä kummassakaan testattavassa sylinterissä havaittu vikoja. Tiiveyskokeista laadittiin koeajopöytäkirjat Hydoring Oy:n normaali käytäntöjen mukaan (liite 2 ja liite 3).



Kuva 21 Sylinterin tiiveyskoe (Ruostejoki 2015)

### 4.3 Sylintereiden mittaustulokset

Sylintereiden mittaukset osoittivat molempien sylintereiden osien täyttävän valmistuskuvissa vaaditut toleranssit ja pinnankarheus vaatimukset. Sylinteriputkien mittaustuloksista laadittiin mittauspöytäkirjat (liite 4 ja liite 5), joista näkyy mitatut arvot. Männänvarren ja muiden sylinterien osien osalta ei laadittu mittauspöytäkirjoja, mutta osille tehtiin tarkistusmittaukset mittojen oikeellisuuden varmistamiseksi.

Mittauksia tehtäessä kiinnitettiin erityistä huomioita varsinkin sylinterin tiiveyteen vaikuttaviin seikkoihin. Tiivisteiden kestävyys kannalta tärkeintä on että männänvarren ja sylinteriputken pinnankarheus on vähintäänkin valmistuskuvissa vaadittu Ra 0,4. Pinnankarheuden ollessa suurempi tiivisteet kuluvat nopeammin ja tiivistevalmistajat eivät takaa tiivisteiden moitteetonta toimintaa. Molempien sylintereiden osalta mittaukset täyttivät valmistuskuviin asetetut arvot niin pinnankarheuden osalta, kuin toleranssienkin osalta. Väsytestin aikana kumpaakaan sylinteriin ei aiheutunut vikaantumista tai vuotoja. Sylintereiden männänvarsiin tuli väsytestin aikana kevyttä kiillottumaa iskun matkalle, johon sylinterin varren tiivisteet vaikuttavat (kuva 24). Varsien kulumaa mitattiin vertailemalla kovakromaus kerroksen paksuuden muutosta ennen ja jälkeen väsytestin. Kromauspaksuuden mittaukseen käytettiin Elcometer 456 pinnoitepaksuusmittaria (kuva 22), jolla otettiin ennen ja jälkeen testin 40 mittauksen mittaussarja ja näiden mittausten keskiarvolukemia käytettiin vertailuarvoina.



Kuva 22 Elcometer 456 Coating Thickness Gauge ([www.Elcometer.com](http://www.Elcometer.com))

Sylintereiden männänvarsien ja sylinteriputkien pinnanlaadun mittaustulokset näkyvät taulukossa 1, josta ilmenee että HD2250-sarjan sylinterin männänvarren kovakromi-kerros oheni testin aikana lähes 10 kertaa enemmän. Kovakromauksen ohenemiseen vaikuttaa mm. sylinterin tiivistys ja männänvarren ohjaus. Tiivistyksen ja ohjauksien ohella myös sylinteriin vaikuttavat sivuttaisvoimat vaikuttavat varren kulumiseen, mutta sylintereille tehdyssä väsytestissä ei sylinterin asennosta ja kuorman pienyyden vuoksi voida katsoa olleen juurikaan sivuttaiskuormitusta. Väsytestin aikana HD6120-sarjan sylinterin männänvarren kromauksen paksuus aleni keskiarvoisesti  $0,1\mu\text{m}$  kun HD2250-sarjan sylinterin kromauksen paksuus aleni  $1\mu\text{m}$ . Tämä johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että HD2250-sarjan sylinterissä männänvarren ohjaimena on valurautainen tiivistepesä kun HD6120-sarjan sylinterissä ohjaimina on krütex200 valmistetut ohjainnauhat.

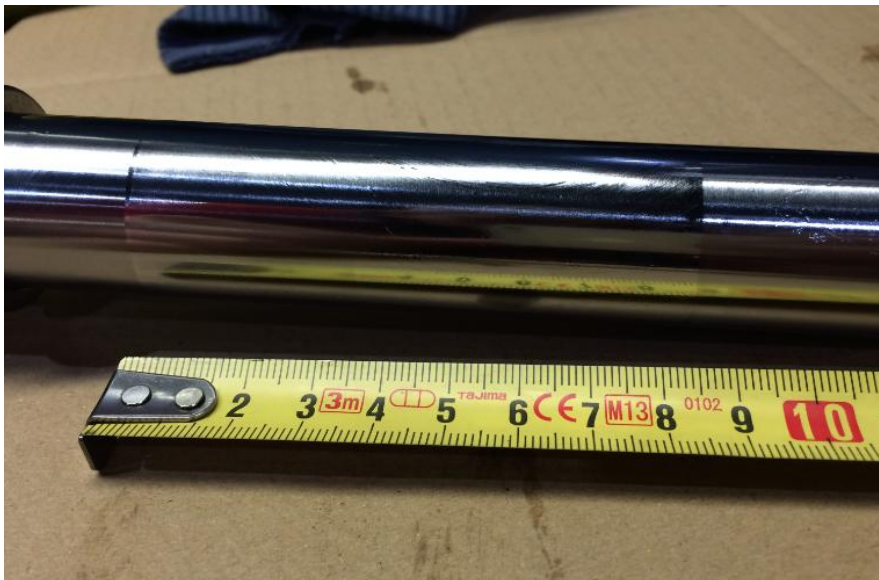
Taulukko 1. Testi sylintereiden kovakromausmittauksen ja pinnankarheusmittauksen tulokset

	<b>HD6120 PKP 50/28-80</b>	<b>HD2250 PP 50/28-80</b>
Sylinteriputken pinnan- karheus [Ra]	0,15	0,1
Männänvarren pinnan- karheus [Ra]	0,15	0,1
Männänvarren kovakro- mauksen ka. paksuu en- nen väsytestiä [ $\mu\text{m}$ ]	27,5 $\mu\text{m}$	26,8 $\mu\text{m}$
Männänvarren kovakro- mauksen ka. paksuu väsy- tystestin jälkeen [ $\mu\text{m}$ ]	27,44 $\mu\text{m}$	25,8 $\mu\text{m}$
Kovakromauksen paksuu- den vähenemä väsytes- testin jälkeen [ $\mu\text{m}$ ]	0,11 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$

#### 4.4 Väsytestin tulokset ja havainnot

Molempien sylintereiden väsytestien voidaan katsoa onnistuneen ennalta suunnitellulla tavalla. Kumpaankaan sylinteriin ei kuitenkaan saatu väsytestien aikana aiheutunut ennalta oletettua toimintaan vaikuttavaa kulumaa tai vikaantumista. Väsytestien perusteella voidaan todeta varmuudella ainoastaan, että väsytesteissä käytetyllä 15 MPa paineella ja nopeuksilla molemmat sylinterit kestävät hyvin raskaassa teolli-

suus käytössä. Molempien sylintereiden männänvarsissa oli havaittavissa kevyttä kiillottumista iskun matkalla (kuva 23), jonka ei voida katsoa heikentävän sylinterin ominaisuuksia. Männänvarren kovakromauksen kiillottuminen on jopa joissain tapauksissa hyvä asia koska kovakromauksen terävät huiput tasoittuvat ja näin parantavat pinnoituksen ominaisuuksia. Väsytestin jälkeen tehdyissä sylintereiden jälkitarkastuksessa myös tarkistettiin molempien sylintereiden tiivisteet silmämääräisesti eikä kummankaan sylinterin tiivisteissä havaittu minkäänlaista mainittavaa kulumaa tai havaittavia muodon muutoksia uusiin tiivisteisiin verrattuna (kuva 24). Merkittävimpinä havaintoina molempien sylintereiden väsytesteissä huomattiin, että koeajolaitteiston mekaaninen rakenne ja varsinkin sylintereitä kannattelevat kannatinlaakerit viikaantuvat ennen kuin itse sylinterit. Sylintereiden omiin nivellaakereihin ei kuitenkaan kannatinlaakereiden välyksestä huolimatta tullut vaurioita tai havaittavaa välystä.



Kuva 23 HD6120 Kiillottunut männänvarsi (Ruostejoki 2015)



Kuva 24 Testisylintereiden männäntiivisteet väsytestin jälkeen (Ruostejoki 2015)

Väsytestin jälkeen tuloksia analysointiin Hydoring Oy:n suunnittelijoiden kanssa ja lopputulemana todettiin molempien sylintereiden olevan täysin kunnossa, eikä sylintereiden voida katsoa kuluneen väsytestissä juuri lainkaan. Väsytestin aiheuttamaa kuormitusta sylintereille olisi voitu koventaa toteuttamalla sylinterin suunnanvaihto aikareleen sijasta painekytkimellä, jolloin varsinkin hitsatulla rakenteella oleva HD2250-sarjan sylinterin hitsausliitokset olisivat joutuneet huomattavasti suuremman rasituksen alaiseksi.

## 5 YHTEENVETO

Hydraulisyntereiden kestävyden tutkiminen väsytestin avulla osoittautui hyväksi tavaksi tutustua erityyppisten sylintereiden rakenteisiin ja teknisiin ominaisuuksiin. Työtä tehdessä tutustuin erilaisten hydraulisyntereiden rakenteisiin ja sain hyvän käsityksen eri rakenteiden hyvistä ja huonoista ominaisuuksista sekä opin hydraulisyntereiden vikaantumiseen johtavista tekijöistä.

Työ antoi paljon hyödyllistä tietoa ja uusia näkökulmia eri sylinterityyppien valinta perusteista ja niiden rakenteen sopivuudesta eri käyttökohteisiin. Opinnäytetyötä teh-

dessäni huomasin kuinka moni asia vaikuttaa sylinterin kestävyYTEEN ja kuinka oikeanlaisen sylinterin valinnalla voidaan vaikuttaa sylinterin kestävyYTEEN eri käyttökohteissa.

Väsytestin aiheuttamat vikaantumiset ja kulumiset jäivät ennalta oletettua pienemmiksi, mutta väsytestin tuloksia pystytään jatkossa soveltamaan vastaavien testituloksien rinnalla. Tulevissa testeissä väsytesti kannattaisi toteuttaa sylinterien maksimi paineilla ja järjestelmään kannattaisi lisätä paineakku iskunopeuksien kasvattamiseksi. Lisäksi sylinterin suunnanvaihto kannattaisi toteuttaa painekytkimen avulla aikareleen sijasta, jolloin sylinterin päätyihin kohdistuva rasitus olisi suurempi. Painekytkimen käyttö suunnanvaihdossa aiheuttaisi varsinkin hitsattuihin rakenteisiin enemmän väsyttäviä voimia kun paine päätyasennossa nousisi sylinterin maksimipaineeseen. Sylinterien rasitusta lisäävillä muutoksilla saataisiin enemmän tietoa sylinterien kestävyYdestä erittäin kuormittavassa käytössä ja sylinterien vikaantuminen väsytestin aikana olisi todennäköisempää, jolloin tuloksien analysoiminen helpompaa.

Tulevaisuudessa vastaavia väsytestejä suunniteltaessa pitäisi vielä enemmän ottaa huomioon aiemmin tehdyt testit ja mahdollisesti muuttaa väsytestiä rankemmaksi käyttäen kuitenkin samantyyppisiä sylintereitä, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään. Näkisin kuitenkin että väsytesti onnistui ja opinnäytetyöni tavoitteet täyttyivät. Uskon että työn tuloksista on tulevaisuudessa hyötyä tulevien testien suunnittelussa, sekä myynnin apuvälineenä esimerkiksi uusia myyjiä perehdytettäessä.

## LÄHTEET

Hydoring Oy. Yritysesittely

Saarinen Veijo. Suunnittelija. Hydoring Oy.

Peltola Kai. Suunnittelija. Hydoring Oy.

Raikko Janne. Myyntipäällikkö. Hydoring Oy.

Freudenberg Simrit GmbH & Co. Kg. Technical Manual 2007. Viitattu xx.xx.2015.  
<http://www.simrit.fi/files/000013AF.pdf>

Kauranne, H & Kajaste, J & Vilenius, M. 2008. Hydrauliteknikka. Helsinki: WSOY

Sidepulttisynterinin kuva <http://www.hydratechcylinders.com/products/tie-rod.htm>  
(14.6.2015)

Q.S Khan materiaali saatavilla:

<https://www.scribd.com/doc/17375627/Volume-2-Design-and-Manufacturing-of-Hydraulic-Cylinders#download>

Elcometer 456 Coating Thickness Gauge kuva <http://www.elcometer.com/en/coating-inspection/dry-film-thickness/dry-film-thickness-digital/elcometer-456-coating-thickness-gauge.html>



Mikko Ruostejoki  
2/2015

## Sylintereiden väsytestin toteutus suunnitelma

### 1. Laitteisto

#### 1.1 Koneikko

Koneikkona käytetään Hydoring Oy:n aiemminkin käyttämää koeajo koneikkoa.

#### 1.2 Koeajopenkki

Koeajopenkki on tarkka kopio sahateollisuudessa käytettävästä trimmiterävarresta. Autenttinen demonstraatio raskaan teollisuuden kuormituksesta.

### 2. Koeajolaitteiston säätö

#### 2.2 Paine

Koeajossa käytettävä paine 150 bar

#### 2.3 Aikarele

Aikarele ja painekytin säädetään, siten että sylinteri iskee noin 50-70 kertaa minuutissa. Aikaisemmissa väsytesteissä 50 iskua/min on toteutunut aikareleen ollessa säädettyä 0,5sek-1sek. Aikarele on aiemmissa testeissä todettu useimmiten vikaantuvaksi komponentiksi, joten aikareleen rikkoutumiseen pitää varautua etukäteen tarvittavilla varakomponenteilla.

### 3. Seuranta

#### 3.1 Pöytäkirjanpito

Koeajosta pidetään pöytäkirjaa, johon merkitään joka tarkistuskerralla: päivämäärä, kellonaika, ulko- ja sisälämpötila, iskujen lkm, havainnot.

#### 3.2 Pinnalliset tarkistukset

Jokaisella tarkistuskäynnillä tarkistetaan koeajettava sylinteri mahdollisten vuotojen varalta ja katsotaan onko laakereissa mahdollisesti välystä. Lisäksi aina koeajon keskeytyessä tarkistetaan mahdolliset vauriot varressa ja kummassakin päädyssä.

#### 3.3 Lämpötilat

Koeajon sylinterin lämpötila ei saa nousta missään vaiheessa koeajoa yli 70°C. Lämpötilaa tarkkailtava mahdollisimman usein ja arvot kirjattava pöytäkirjaan.

#### 3.4 Poikkeustilat ja katkokset

Koeajo pyritään pitämään käynnissä yhtäjaksoisesti aina mahdollisimman pitkään. Mikäli katkoksia tulee, pyritään koeajo käynnistämään uudelleen mahdollisimman nopeasti. Koeajoa suoritetaan lähtökohtaisesti vain päivisin (8-16) testin aiheuttaman meluhaitan vuoksi. Tavoitteena on että päivässä saataisiin ajettua vähintään 6 tuntia.

### 4. Kesto ja loppu toimet

#### 4.1 Väsytestin kesto

Sylintereitä rasitetaan 1 000 000 iskua tai kunnes sylinteri vikaantuu niin, ettei koeajoa voida jatkaa.

#### 4.2 Keskeytyksen perusteet

Koeajo keskeytetään kun suunniteltu määrä iskuja on toteutunut tai sylinteri vikaantuu. Sylinterin vikaantumisesta johtuva keskeytys täytyy estää sylinterin koeajo kokonaan, näin ollen esim. pieni vuoto ei vielä keskeytä koeajoa.

#### 4.3 Koeajon jälkeen

Koeajon jälkeen sylinterit puretaan ja tarkistetaan silmämääräisesti, sekä mittaamalla. Mitataan varren kovakromin paksuus, putken pinnankarheus, tiivisteet yms.



## LIITE 2

**HYDORING****SYLINTERIN KOEAJOPÖYTÄKIRJA**

1. Ajetaan sylinteriä edestakaisin muutamia kertoja (vähintään 5 kertaa).		
2. Koeajopaineena käytetään normaalisti max. käyttöpainetta.		<p>käyttöpaine</p> <p>160 bar</p> <p>80 mm</p>
- HD/MV 1700-sarja 170 bar		
- HD/MV 2100-sarja 210 bar		
- HD/MV 2500-sarja 250 bar		
- HD 2200-sarja 210 bar		
- HD 3000-sarja 210 bar		
- HD 6000-sarja 160 bar		
- erikoissyl. koeajopaine piirust. tai erill.ohjeen mukaan		
3. Mitataan iskun pituus ja		
syl. minimi mitta		
XV / XP / XK-mitta ( tarvittaessa )		
4. Tarkistetaan, ettei sylinterissä ole vuotoja.		hylätty <input type="checkbox"/> hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/>
5. Tarkistetaan vaimennusten toiminta.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6. Liikkeenlähtöpaine oltava pienempi kuin 10 bar ellei muuta ohjetta annettu. Männän liikuttava paineilmalla öljyä poistettaessa.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
7. Erikoissyl. koeajo piirustuksen tai erill. ohjeen mukaan. Piirustuksen tai ohjeen nro:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8. Tarkistetaan nivellaakerin liikkuvuus.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
9. Tulpataan öljylähdöt.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
10. Stanseerataan valmistusnumero sylinterin pohjaan.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
11. Selvitykset / huomautukset: _____		
12. Testauksen lopputulos		hylätty <input type="checkbox"/> hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/>
Pvm: 3.4.2014 Testaaja: Otto Kaikkonen		
Käytetyn öljyn puhtausluokka ISO 4406 (1987) : 13.12.7 24.3.2014		

**HYDORING OY:N VALMISTAMAT SYLINTERIT KOEAJETAAN ISO10100 STANDARDIN MUKAAN**

3-33547	Määrä:	1	Valm.aika	14 14
Valmistajanimi: HD6120 PKP 50/28-80			Työnumero	W02791
Tilaaaja				
Toim.os				
As.tilausnro				
Viite:			TILPVM	

HYDORING OY	Tel: +358 (0)207 656 900	Bank: Sampo Bank 800014-472735
Porakalliontie 2	Fax: +358 (0)207 656 901	Reg.number: FI10304120
21800 KYRÖ	E-mail: sales@hydoring.com	
FINLAND	Internet: www.hydoring.com	

## LIITE 3

**HYDORING****SYLINTERIN KOEAJOPÖYTÄKIRJA**

1. Ajetään sylinteriä edestakaisin muutamia kertoja (vähintään 5 kertaa).		
2. Koeajopaineena käytetään normaalisti max. käyttöpainetta.		käytt.paine
- HD/MV 1700-sarja	170 bar	<input type="checkbox"/>
- HD/MV 2100-sarja	210 bar	<input type="checkbox"/>
- HD/MV 2500-sarja	250 bar	<input type="checkbox"/>
- HD 2200-sarja	210 bar	<input type="checkbox"/>
- HD 3000-sarja	210 bar	<input type="checkbox"/>
- HD 6000-sarja	160 bar	<input type="checkbox"/>
- erikoissyl. koeajopaine piirust. tai erill.ohjeen mukaan		<input type="checkbox"/>
3. Mitataan iskun pituus ja		210 bar
syl. minimi mitta		80 mm
XV / XP / XK-mitta ( tarvittaessa )		mm
4. Tarkistetaan, ettei sylinterissä ole vuotoja.		hylätty <input type="checkbox"/> hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/>
5. Tarkistetaan vaimennusten toiminta.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6. Liikkeellelähtöpaine oltava pienempi kuin 10 bar ellei muuta ohjetta annettu. Männän liikuttava paineilmalla öljyä poistettaessa.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
7. Erikoissyl. koeajo piirustuksen tai erill. ohjeen mukaan. Piirustuksen tai ohjeen nro:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8. Tarkistetaan nivellaakerin liikkuvuus.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
9. Tulpataan öljylähdöt.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
10. Stanssataan valmistusnumero sylinterin pohjaan.		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
11. Selvitykset / huomautukset: _____		hylätty <input type="checkbox"/> hyväksytty <input checked="" type="checkbox"/>
12. Testauksen lopputulos		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Pvm:	3.4.2014 Testaaja: Otto Kaikkonen	
Käytetyn öljyn puhtausluokka ISO 4406 (1987) : 13.12.7 24.3.2014		

**HYDORING OY:N VALMISTAMAT SYLINTERIT KOEAJETAAN ISO10100 STANDARDIN MUKAAN**

2-26116	Määrä:	1	Valm.aika	14 14
Valmistenimi: HD2250 PP50/28-80			Työnumero	W02792
Tilaaaja				
Toim.os				
As.tilausnro				
Viite:			TILPVM	

HYDORING OY	Tel: +358 (0)207 656 900	Bank: Sampo Bank 800014-472735
Porakalliontie 2	Fax: +358 (0)207 656 901	Reg.number: FI10304120
21800 KYRÖ	E-mail: sales@hydoring.com	
FINLAND	Internet: www.hydoring.com	

## LIITE 4

<b>HYDORING</b>	<b>Mittauspöytäkirja / Measurement record</b>
-----------------	---

Kuvanumero / Drawing number

4-33557

Eränumero / Batch number

W02791

HD6120 Sylinteriputki

Päivämäärä / Date: 4.2.2014	Kellon aika / Time:	Paikka / Location: Kyrö	Mittaja / Measurer: Timo Saari
--------------------------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------

Mittalaitteet / Measuring devices:

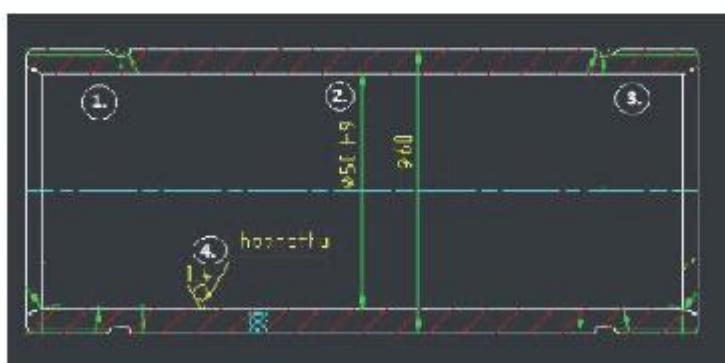
Mitutoyo NGY 321, Mitutoyo SJ-201R

Kalibrointi / Calibration:

OK

Mitat kuvasta / Dimensions from picture

Pos.	Vaadittu toleranssi / Required tolerance	Mitattu arvo / Measured value	Hyväksytty / Pass
1.	$\varnothing 50H9 (+0.062/0) \text{ mm}$	$\varnothing 50,06 \text{ mm}$ Putken etuosasta	ok
2.	$\varnothing 50H9 (+0.062/0) \text{ mm}$	$\varnothing 50,06 \text{ mm}$ Putken keskeltä	ok
3.	$\varnothing 50H9 (+0.062/0) \text{ mm}$	$\varnothing 50,06 \text{ mm}$ Putken takaosasta	ok
4.	$\varnothing 50H9 (+0.062/0) \text{ mm}$	$\varnothing 50,05 \text{ mm}$ Putken takaosasta	ok
5.	Pinnankarheusvaatimus: Ra 0,4	Mitattu: Ra 0,04	ok



## LIITE 5

<b>HYDORING</b>	<b>Mittauspöytäkirja / Measurement record</b>
-----------------	---

Kuvanumero / Drawing number

Eränumero / Batch number

3-22681

W02792

HD2250 Sylinteriputki

Päivämäärä / Date: 29.1.2014	Kellon aika / Time:	Palkka / Location: Kyrö	Mittaja / Measurer: Timo Saari
---------------------------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------

Mittalaitteet / Measuring devices:

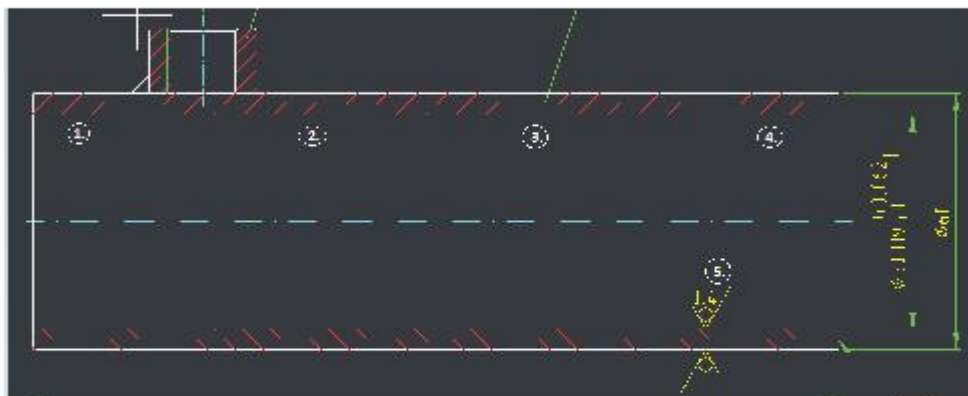
Mitutoyo NGY 321, Mitutoyo SJ-201R

Kalibrointi / Calibration:

OK

Mitat kuvasta / Dimensions from picture

Pos.	Vaadittu toleranssi / Required tolerance	Mitattu arvo / Measured value	Hyväksytty / Pass
1.	$\varnothing 50H9 \left( \begin{smallmatrix} +0.062 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$	$\varnothing 50,06 \text{mm}$ Putken etuosasta	ok
2.	$\varnothing 50H9 \left( \begin{smallmatrix} +0.062 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$	$\varnothing 50,05 \text{mm}$ Putken keskeltä	ok
3.	$\varnothing 50H9 \left( \begin{smallmatrix} +0.062 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$	$\varnothing 50,05 \text{mm}$ Putken takaosasta	ok
4.	$\varnothing 50H9 \left( \begin{smallmatrix} +0.062 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \text{mm}$	$\varnothing 50,06 \text{mm}$ Putken takaosasta	ok
5.	Pinnankarheusvaatimus: Ra 0,4	Mitattu: Ra 0,1	



## LIITE 6

Päivämäärä ja kellonaika	Iskujen lukumäärä (kpl)	Iskutaajuus (kpl/min)	Sylinterin lämpötilä (ast. Cels)	Ympäristön lämpötilä (ast. Cels)	Huomioit
4.3.2015 klo. 14.41	104	64	6,4°C	2,0°C	Käynnistys+säätö, jäähdytin käyn. 60°C, aikarele 1s, paine pumppu 150bar. Kannillaakereiden vaihto + akselitapin vaihto
4.3.2015 klo. 14.45	104	64	6,4°C	2,0°C	Käynnistys säätöjen jälkeen
4.3.2015 klo. 15.26	3436	64	16,1°C	3,6°C	ok, jätetään ylös päälle
5.3.2015 klo. 6.47	61664	64	28,5°C	5,6°C	ok, tarkistus yön jälkeen
5.3.2015 klo. 8.57	69984	64	28,9°C	5,1°C	ok
5.3.2015 klo. 11.24	79344	64	29,8°C	8,1°C	ok
5.3.2015 klo. 15.32	95204	64	32,0°C	10,2°C	ok, tarkistus ennen yötä
6.3.2015 klo. 6.38	153104	64	28,8°C	5,7°C	ok, tarkistus yön jälkeen
6.3.2015 klo. 8.53	161704	64	29,4°C	5,2°C	ok
6.3.2015 klo. 11.27	171554	64	29,4°C	5,4°C	ok
6.3.2015 klo. 13.38	179924	64	29,7°C	7,8°C	ok, keskeytys vilkonlopuksi
9.3.2015 klo. 6.39	179924	64	6,3°C	5,9°C	ok, käynnistys vilkonlopuun jälkeen. Koneikon pumppu ääntää, mahdollisesti ilmaa.
9.3.2015 klo. 9.04	169204	64	25,3°C	9,1°C	ok
9.3.2015 klo. 11.23	198124	64	34,1°C	16,6°C	ok
9.3.2015 klo. 14.01	208224	64	37,3°C	19,1°C	ok
9.3.2015 klo. 15.36	214284	64	37,2°C	17,4°C	ok, jätetään ylös päälle
10.3.2015 klo. 6.37	271864	64	29,1°C	5,3°C	ok, tarkistus yön jälkeen
10.3.2015 klo. 9.04	281214	64	29,8°C	7,9°C	ok
10.3.2015 klo. 11.20	289944	64	31,2°C	9,0°C	ok
10.3.2015 klo. 15.35	306234	64	31,6°C	8,9°C	ok, tarkistus ennen yötä
11.3.2015 klo. 6.38	363924	64	30,9°C	8,4°C	ok, varressa havaittavissa pieniä kiihtymisiä tiivisteiden matkalla. Tarkistus ennen yötä.
11.3.2015 klo. 9.06	373374	64	31,1°C	8,9°C	ok
11.3.2015 klo. 11.33	382104	64	32,4°C	13,2°C	ok
11.3.2015 klo. 14.06	392504	64	36,2°C	16,5°C	ok
11.3.2015 klo. 15.36	398344	64	35,9°C	16,7°C	ok, tarkistus ennen yötä
12.3.2015 klo. 6.38	407932	--	-0,1°C	0°C	Sylinterin koejao pysähtynyt aikareleen rikkoontumisen vuoksi.
13.3.2015 klo. 9.05	407932	n.54	0,0°C	-1,0°C	Lukema mitarissa 407932kpl, rikkoontunut illan yön aikana.
13.3.2015 klo. 11.17	414706	54	20,6°C	8,7°C	Aikareleen vaihto uuteen + käynnistys + sähkömiehen tarkistus keskeytys koekäytön jälkeen. Aikareleen säätö ja iskunopeuden nosto takaisin 64 kpl/min

Sylinteri HD2250 PP 50/28-80  
VÄSYTYSTESTI

Päivämaa- ja kellonaika	Iskujen lukumäärä (kpl)	Iskutaajuus (kpl/min)	Sylinterin lämpötila (ast. Cels)	Tympanin lämpötila (ast. Cels)	Huomio
13.3.2015 klo. 11.25	414706	64	20,6°C	8,7°C	ok, laitteisto säädetty ja tarkistettu + nopeus säädetty
13.3.2015 klo. 14.00	424484	64	30,3°C	15,0°C	ok, iskunopeuden tarkistus 64 kpl/min --> ok
13.3.2015 klo. 15.34	430474	64	32,2°C	15,2°C	ok, keskeytys loman ajaksi
23.3.2015 klo. 6.35	430474	64	1,7°C	0,7°C	käynnistys loman jälkeen
23.3.2015 klo. 9.03	439924	64	20,3°C	4,4°C	ok
23.3.2015 klo. 11.22	448874	64	25,0°C	5,5°C	ok
23.3.2015 klo. 14.11	459654	64	27,7°C	6,5°C	
23.3.2015 klo. 15.44	465614	64	28,3°C	6,6°C	ok, tarkistus ennen yötä
24.3.2015 klo. 6.40	522864	64	29,2°C	6,6°C	ok, tarkistus yön jälkeen. Varsi kiillotunut hieman lisää. Testin puoliväli.
24.3.2015 klo. 9.04	532114	64	32,0°C	10,3°C	ok
24.3.2015 klo. 11.39	541994	64	33,7°C	13,3°C	ok
24.3.2015 klo. 14.03	551184	64	36,2°C	16,3°C	ok
24.3.2015 klo. 15.35	557124	64	36,1°C	16,7°C	ok, tarkistus ennen yötä
25.3.2015 klo. 6.44	615234	64	26,6°C	3,9°C	ok, tarkistus yön jälkeen
25.3.2015 klo. 9.06	624264	64	27,1°C	5,1°C	ok
25.3.2015 klo. 11.18	632724	64	28,1°C	7,2°C	ok
25.3.2015 klo. 14.05	643434	64	27,9°C	8,1°C	ok
25.3.2015 klo. 15.38	649264	64	29,0°C	7,7°C	ok, tarkistus ennen yötä
26.3.2015 klo. 6.36	706794	64	24,3°C	0,7°C	ok, tarkistus yön jälkeen
26.3.2015 klo. 9.02	716154	64	26,5°C	5,5°C	ok
26.3.2015 klo. 11.22	725074	64	28,6°C	8,7°C	ok
26.3.2015 klo. 14.13	736034	64	28,6°C	9,2°C	ok
26.3.2015 klo. 16.33	744934	64	30,0°C	9,2°C	ok, tarkistus ennen yötä
27.3.2015 klo. 6.38	799054	64	28,2°C	9,2°C	ok, tarkistus yön jälkeen
27.3.2015 klo. 12.08	820427	64	30,7°C	10,2°C	ok, testipenkki "heilisee" iskettäessä alasaantoon.
27.3.2015 klo. 14.03	827444	64	30,2°C	8,7°C	ok
27.3.2015 klo. 15.35	833334	64	29,5°C	7,8°C	ok, keskeytys vilkonloputsi
30.3.2015 klo. 6.41	833334	64	3,7°C	3,7°C	ok, käynnistys vilkonloputun jälkeen.
30.3.2015 klo. 11.54	853404	64	26,3°C	6,4°C	ok
30.3.2015 klo. 15.37	867614	64	28,5°C	7,3°C	ok, tarkistus ennen yötä
31.3.2015 klo. 6.41	925334	64	29,7°C	7,6°C	ok, tarkistus yön jälkeen
31.3.2015 klo. 11.15	942884	64	30,1°C	8,5°C	ok
31.3.2015 klo. 15.38	959664	64	30,4°C	9,0°C	ok, keskeytys yöksi
1.4.2015 klo. 6.38	959664	64	2,1°C	1,5°C	ok
1.4.2015 klo. 9.04	968994	64	22,4°C	5,0°C	ok

[illegible]



LIITE 7

Sylinteri HD6120 PKP 50/28-80  
VÄSYTYSTESTI

Päivämäärä ja kellon aika	Iskujen lukumäärä (kpi)	Iskuaajuus (kpi/min)	Sylinterin lämpötila (ast. Cels)	Impaniston lämpötila (ast. Cels)	Huomioit
5.2.2015 klo. 12.10	262	66	15°C	-5°C	Käynnistys+säätö, jäähdytin käyn. 60°C, alkarele 1s, paine pumpulta 150bar
5.2.2015 klo. 12.42	740	66	15°C	-5°C	mittaukset+tarkistus
5.2.2015 klo. 14.05	6000	66	18°C	-3°C	keskeytys yöksi, tarkistus: ok
6.2.2015 klo. 7.13	6000	66	0°C	-5°C	Laakereiden rasvaus, käynnistys yön jälkeen
6.2.2015 klo. 9.05	13080	66	13°C	-3°C	ok
6.2.2015 klo. 11.42	23240	66	27°C	1°C	ok
6.2.2015 klo. 13.49	31380	66	27°C	4°C	ok
6.2.2015 klo. 15.17	36300	66	32°C	5°C	ok, keskeytys vikonlopuksi
9.2.2015 klo. 6.56	36300	66	0°C	-10°C	käynnistys
9.2.2015 klo. 9.04	44660	66	10°C	-4°C	ok
9.2.2015 klo. 11.40	54680	66	17°C	0°C	ok
9.2.2015 klo. 14.03	63740	66	20°C	0°C	ok
9.2.2015 klo. 15.14	68300	66	25°C	2°C	ok, keskeytys yöksi
10.2.2015 klo. 6.50	68300	66	0	-1°C	ok, käynnistys
10.2.2015 klo. 9.01	76600	66	14°C	0°C	ok
10.2.2015 klo. 11.26	85940	66	26°C	8°C	ok
10.2.2015 klo. 14.04	96060	66	30°C	8°C	ok
10.2.2015 klo. 15.25	101200	66	32°C	9°C	ok, keskeytys yöksi
11.2.2015 klo. 6.42	101200	66	0°C	-4°C	ok, käynnistys. Varsi hieman kiihtynyt iskun matkalta.
11.2.2015 klo. 9.02	110160	66	18°C	-1°C	ok
11.2.2015 klo. 11.34	119850	66	32°C	4°C	ok
11.2.2015 klo. 13.50	128580	66	34°C	5°C	ok, aksellitapissa / kannatinlaakereissa pientä klappia
12.2.2015 klo. 6.41	134520	66	0°C	0°C	ok, tarkistus+rasvaus, keskeytys yöksi
12.2.2015 klo. 8.52	148800	66	15°C	0°C	ok, käynnistys
12.2.2015 klo. 11.30	153000	66	20°C	0°C	ok, iskun ääni päädyssä muuttunut hieman voimakkaamaksi
12.2.2015 klo. 14.01	162620	66	25°C	3°C	ok
12.2.2015 klo. 15.41	169020	66	28°C	3°C	ok, tarkistus, jätetään yksi käyntiin
12.2.2015 klo. 6.42	225800	66	20°C	-6°C	tarkistus yön jälkeen, kaikki ok
12.2.2015 klo. 8.50	233180	66	22°C	-4°C	ok
12.2.2015 klo. 14.01	242060	66	25°C	3°C	ok, keikan alapäästä kuuluu särinää iskun ala-asennossa.
12.2.2015 klo. 15.40	246720	66	25°C	6°C	Kelkka tarkistetaan keskeytyksen yhteydessä.
					keskeytys vikonlopuksi. Kelkka tarkistettu, ok.



Syinteri HD6120 PKP 50/28-80  
VÄSYTESTI

Päivämäärä ja kellon aika	Iskujen lukumäärä (kpl)	Iskuaikaus (kpl/min)	Syinterin lämpötila (ast. Cels)	ympäristön lämpötila (ast. Cels)	Huomio
16.2.2015 klo. 6.48	246720	66	0°C	-12°C	Käynnistys. Sallion lämmittin ollut pois päältä sähkökatkon vuoksi. Käynnistys hieman "tahmea" jäykemmän öljyn vuoksi.
16.2.2015 klo. 9.14	256680	66	11°C	-11°C	Ok.
16.2.2015 klo. 11.20	269660	66	16°C	-7°C	Iskujen lukumäärää laskevassa mittauksessa vikaa, jättää näyttöä iskuja pois. Keskeytys korjauksen ajaksi, mittari korjataan yhä ahdasta.
16.2.2015 klo. 15.11	270480	66	5°C	3°C	korjaukset tehty ja mittari testattu jälleen toimivaksi. Jätetään käyntiin yöksi.
17.2.2015 klo. 6.46	330180	66	30°C	8°C	ok, tarkistus yön jälkeen
17.2.2015 klo. 11.19	347640	66	33°C	3°C	ok
17.2.2015 klo. 15.39	364260	66	32°C	3°C	ok, jätetään yöksi käyntiin
18.2.2015 klo. 6.49	422380	66	36°C	14°C	ok, tarkistus yön jälkeen
18.2.2015 klo. 11.14	439330	66	34°C	8°C	ok. Varsi kiillotunut hieman lisää iskun matkalla. Välys kannalilaakereissa hieman lisääntyä.
18.2.2015 klo. 14.01	450010	66	36°C	8°C	ok. Varressa huultiliivien etupuolelle kerjyy hieman öljyä, ei kuitenkaan vuotoa havaittavissa.
18.2.2015 klo. 16.06	457910	66	35°C	9°C	ok, jätetään yöksi käyntiin. Kannalilaakereiden välisestä johtuen ääni muuttunut hieman.
19.2.2015 klo. 6.42	513920	66	36°C	10°C	Puoliväli. Tarkistus, kaikki ok. Syinterissä ei havaittavia vikoja.
19.2.2015 klo. 11.29	532260	66	35°C	9°C	ok
19.2.2015 klo. 15.36	548040	66	35°C	8°C	ok, tarkistus. Jätetään yöksi päälle
20.2.2015 klo. 6.41	605880	66	36°C	10°C	ok, tarkistus yön jälkeen
20.2.2015 klo. 11.35	624660	66	35°C	8°C	ok
20.2.2015 klo. 15.46	640680	66	35°C	7°C	ok, keskeytys vilkonlopuksi
23.2.2015 klo. 6.52	640680	66	0°C	-1°C	ok, käynnistys
23.2.2015 klo. 9.10	649320	66	15°C	-1°C	ok
23.2.2015 klo. 11.23	657840	66	25°C	3°C	ok
23.2.2015 klo. 14.05	668160	66	30°C	4°C	ok
23.2.2015 klo. 15.36	673950	66	30°C	4°C	ok, jätetään yöksi käyntiin.
24.2.2015 klo. 6.43	731940	66	35°C	9°C	ok
24.2.2015 klo. 9.10	741360	66	33°C	8°C	ok
24.2.2015 klo. 11.19	749600	66	34°C	8°C	ok
24.2.2015 klo. 14.05	760170	66	33°C	7°C	ok
24.2.2015 klo. 15.35	765930	66	33°C	7°C	ok, iskun ääni kimahtaa sisään iskiessä. Jätetään yöksi päälle.
25.2.2015 klo. 6.43	823950	66	30°C	7°C	ok. Aseennettu kiinteä lämpömittari syinterin kylkeen ja ulkoilmalle.
25.2.2015 klo. 9.03	832880	66	28.8°C	7.8°C	ok
25.2.2015 klo. 11.33	842460	66	29.3°C	8.3°C	ok

Sylinteri HD6120 PKP 50/28-80  
VÄSYTYSTESTI

[illegible]

