

Heikki Ylioja

PELASTUSKALUSTON TESTAUSLAITE

PELASTUSKALUSTON TESTAUSLAITE

Heikki Ylioja
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaation suuntautumis-
vaihtoehto

Tekijä: Heikki Ylioja
Opinnäytetyön nimi: Pelastuskaluston testauslaite
Työn ohjaaja: Eero Korhonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018 Sivumäärä: 50

Työn aiheena oli suunnitella ja valmistaa testilaitte pelastuskaluston levittimille. Testilaitteen pitäisi pystyä mittaamaan pelastuslaitteina käytettävien levittimien avautumisvoimaa ja avautumisnopeutta kuormitettuna.

Testilaitteen vastusvoimaksi mietittiin kitkavoimaa, sähkömoottorin tuottamaa voimaa, kierruuvityylistä vastusvoimaa, pneumatiikan tai hydraulikan tuottamaa voimaa. Päädyttiin hydrauliseen vastusvoimaan, koska se olisi helpoin rakentaa ja siitä saadaan tarvittava vastusvoima helpoimmin.

Testilaitteesta rakennettiin prototyyppejä erilaisin rakenne- ja sylinterivaihtoehdoin. Päädyttiin yhden sylinterin malliin, joka on rakenteeltaan yksinkertainen ja kohtalaisen kevyt.

Rakenne on kahden sisäkkäin olevan putkipalkin ratkaisu, jossa sisällä oleva putkipalkki liikkuu kelkkana, jonka liikettä sylinteri vastustaa. Ulomman palkin päät tukitaan molemmista päistä ottamaan voimat vastaan. Palkki toimii myös laitteen runkona. Ulompaan palkkiin leikataan aukot levittimen leukoja ja sylinterin putkituksia varten.

Mittaustietoina tarvitaan aika-, paikka- ja voimatiedot. Näitä tietoja kerätään paineanturilla ja laseretäisyysanturilla. Automaation perustana toimii Arduino UNO. Arduino lähettää paineesta lasketun voiman tiedon, etäisyysanturin paikkatiedosta lasketun laitteen avautumatiedon ja mittausajankohdan viestinä Raspberry Pi -korttitietokoneelle.

Työn tuloksena saavutettiin toimiva, käyttäjilleen turvallinen levittimen testauslaite, jolla pystyttiin suorittamaan vaaditut testit.

Asiasanat: palokalusto, levitin, hydraulijärjestelmät, koneensuunnistelu

SISÄLLYS

PELASTUSKALUSTON TESTAUSLAITE	2
TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 TESTATTAVIEN LAITTEIDEN ESITTELY	7
1.1 Holmatro SP 5260	7
1.2 Lukas SP 555E2	9
1.3 Weber SP 53 B5	10
3 SUUNNITELTAVALLE TESTAUSLAITTEELLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET	11
4 LAITESUUNNITTELU	12
5 RAKENNEVAIHTOEHTOJA	13
5.1 Kahden sylinterin malli	13
5.2 Yhden sylinterin malli	13
5.3 Alustava hydraulikalla toimivan laitteen luonnos	14
6 TOIMINNALLISET PROTOTYYPI	16
7 TESTILAITE	18
8 LUJUUSLASKENTAA	20
8.1 Lujuustarkastelu	20
8.2 Pulttien lujuus	22
8.3 Hitsi saumojen lujuus	22
9 HYDRAULIIKKA	23
9.1 Hydraulikkakaavio	23
9.2 Sylinterinvalinta	25
9.3 Paineenrajoitusventtiili	25
9.4 Öljysäiliö ja pumppu	26
9.5 Porakonepumppu	27
10 AUTOMAATIO	28
10.1 Mittausjärjestely	28
10.2 Raspberry Pi 3	30
10.3 Raspberry Pi 7”näyttö	31
10.4 Painelähetin	32

10.5 Painelähtetimen toimintaperiaate	32
10.6 Laseretäisyysanturi	33
10.7 Raspberryn käyttö	34
11 RISKIANALYYSI	37
12 KÄYTTÖOHJE	39
13 TESTILAITTEEN HUOLTO	47
14 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	50

1 JOHDANTO

Oulu-Koillismaan pelastuslaitos pyysi Oulun ammattikorkeakoulua suunnittelemaan ja rakentamaan testauslaitteen, jolla pystytään mittaamaan pelastuslaitteina käytettävien levittimien avautumisvoimaa ja avautumisnopeutta kuormitettuna. Laitteella on tarkoituksena testata ja vertailla eri laitevalmistajien kuten Holmatro, Lukas ja Weber levittimien voimaa ja toimintanopeutta. Tietoja voidaan sitten verrata valmistajan antamiin teknisiin tietoihin.

Myös laitteiden liikenopeuden ja voiman yhdistävä tieto on mielenkiintoinen. Laitteet toimivat todennäköisesti pienellä kuormalla nopeammin kuin raskaasti kuormitettuina. Näitä suorituskykytietoja laite-esitteistä ei löydy. Mikäli käytetään levitintä erillisen pumpun kanssa, pumppu on tärkeä huomioon otettava tekijä suorituskyvyille. Sen paineentuottokyky määrittää voiman ja paineenalaisen öljyn virtaaman tuotto laitteen liikenopeuden.

Kehitettävää laitetta voidaan käyttää hankintavertailuissa. Laitetta tullaan käyttämään myös käytössä olevan kaluston testaamiseen ja toimintakunnon seuraamiseen. Näin voidaan varmistaa laitteiston toimintakunto, mikä saattaa olla pelastustehtävissä kohtalokkaan tärkeää.

2 TESTATTAVIEN LAITTEIDEN ESITTELY

Kaikki tämän työn tuloksena tehtävällä laitteella testattavat levittimet toimivat hydraulilla. Pumppuina käytetään erillisellä lihasvoimalla, sähköllä tai polttomoottorilla toimivia hydraulikkapumppuja tai itse levittimen yhteyteen rakennettua akkukäyttöistä pumppua.

Levittimille ilmoitetaan teknillisinä tietoina muun muassa suurin avautuma ja maksimilevitysvoima. Laitevalmistajan esiteistä ei ilmene, millä levittimen asennolla ja millä kuorman kiinnitystavalla suurin levitysvoima on saavutettavissa.

Levitintä käytettäessä palomies pitää siitä kiinni kaksin käsin. Hän kannattelee laitetta ja samalla toisella kädellä ohjaa laitteen avautumis- tai sulkeutumisiikettä. Avattavaan rakoon asetetut levittimen leukojen kärjet pakottavat raon avautumaan. Samaa laitetta voidaan käyttää myös puristamiseen. Kärjet voidaan korvata leukoihin kiinnitetyillä ketjuilla, jolloin laitetta voidaan käyttää ketjun vetämiseen.

1.1 Holmatro SP 5260

Holmatro on alankomaalainen laitevalmistaja, joka on perustettu 1967. Yritys valmistaa hydraulisia pelastuslaitteita. Holmatron jälleen myyntiverkostoja on Alankomaissa, Yhdysvalloissa, Kiinassa, Puolassa ja Englannissa. Kuvassa 1 on hydraulinen levitin Holmatro SP 5260. (1.)



Specifications

Details		
Article number	150.012.325	
Basic specifications		
Model	SP 5260	
Equipped with (connector type)	CORE	
Max. working pressure	720 / 72 (bar/Mpa)	10443 psi
Performance		
Spreading distance	822 mm	32.4 in
Max. spreading force	522 / 53.2 (kN/t)	117350 lbf
Theoretical calculated spreading force	650 / 66.3 (kN/t)	146126 lbf
Min. spreading force (EN 13204)	62 / 6.3 (kN/t)	13938 lbf
Max. squeezing force	127 / 13 (kN/t)	28551 lbf
Max. pulling force	82 / 8.4 (kN/t)	
Directives	2006/42/EC	
Dimensions, weight and temperature		
Weight, ready for use	19.6 kg	43.2 lb
Dimensions (AxBxC)	900 x 322 x 223 mm	

KUVA 1. Holmatro SP 5260:n tuotetiedot (1)

Holmatro SP 5260:n maksimityöpaine on 720 bar ja maksimilevitysetäisyys on 822 mm. Maksimilevitysvoima on 522 kN ja teoreettinen laskettu levitysvoima on 650 kN. Minimilevitysvoima on 62 kN ja maksimipuristusvoima on 127 kN. Maksimivetovoima on 82 kN ja laitteen paino on 19,6 kg. (1.)

1.2 Lukas SP 555E2

Lukas on saksalainen laitevalmistaja. Vuonna 1948 yritys alkoi valmistaa hydraulisia tuotteita ja vuonna 1972 pelastuslaitteita. Kuvassa 2 on hydraulinen akkukäyttöinen levitin Lukas SP 555E2. (2.)



Spreader SP 555 E2

Powerful and light. Sets the standard in the mobile all-rounder class

Description	Advantages	Technical Data	Accessories	Request
Print data sheet Add to watch list				
Spreading force		11,690 – 147,924 lbf.		52 - 658 kN
Spreading distance		28.7 in.		730 mm
Squeezing force up to		25,900 lbf.		115 kN
Pulling force up to		13,039 lbf.		58 kN
Pulling distance		22.4 in.		569 mm
Dimensions ¹⁾		39.4 x 10.4 x 11.0 in.		1002 x 265 x 280 mm
Weight ²⁾		44.1 lbs.		20.0 kg
Protection class		IP 54		

¹⁾ l x w x h

²⁾ without battery or power supply

KUVA 2. Lukas SP 555 E2:n tuotetiedot (2)

Lukas SP 555E2 on akkukäyttöinen levitin. Sen levitysvaivo on 52–658 kN ja levitysetäisyys 730 mm. Puristusvoima on 115 kN ja vetovoima on 58 kN. Levittimen vetoetäisyys on 569 mm ja levittimen mitat ovat 1002x265x280 mm. Levittimen paino on 20 kg. (2.)

1.3 Weber SP 53 B5

Kuvassa 3 on Weber SP 53 B5.



Spreading force in working range*	53-421 kN
Spreading distance*	800 mm
Closing force*	100 kN
Weight	20,3 kg
EN class	BS 53/800-20
Part no.	1058125

KUVA 3. Weber SP 53 B5:n tuotetiedot (3)

Weber SP 53 B5 levitysvoima on 53–421 kN ja levitysetäisyys on 800 mm. Vetovoima on 100 kN. Levittimen paino on 20.3 kg. (3.)

3 SUUNNITELTAVALLE TESTAUSLAITTEELLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET

Testauslaitteella on tarkoitus mitata pelastuskaluston eri valmistajien levitinlaitteiden avautumisvoimaa ja avautumisnopeutta vastuksen alaisena. Levittimen puristusvoimaa rakennettavalla laitteella ei tarvitse testata.

Tilaajan kanssa käydyssä suunnittelun aloituspalaverissa tarvittava mitattava levittimen avautumisliike rajoitettiin arvoon 500 mm ja mitattava avautumisvoima alueelle 40 - 300 kN. Testaustuloksia halutaan voida tallettaa ja tutkia sähköisessä muodossa. Testilaitteen hinnan tulisi olla alle 2000 €. Laitteen tilaaja hakee mahdolliset CE-merkinnät testauslaitteelle.

Levitinlaite tarvitsee testitilanteessa käyttäjän, joka hallitsee toisella kädellä avautumis- ja sulkeutumisliikettä ja samalla tukee laitetta molemmin käsin. Työergonomian kannalta on hyvä, jos käyttäjän ei tarvitse samalla kannatella laitteen painoa. Laitteen käyttömukavuuden vuoksi testilaitteen kannattaa olla koholla lattian pinnasta.

Koska levitin vaatii testitilanteessa käyttäjän molemmat kädet, testattaessa tarvitaan kaksi henkilöä: toinen käyttämään testattavaa levitintä ja toinen käyttämään rakennettavaa testilaitetta.

4 LAITESUUNNITTELU

Laitesuunnitteluvaiheessa mietittiin useita vaihtoehtoja vastusvoiman tuottamis-
tavalle: sähkömoottori, kitkavoimaan perustuva jarrupenkki, kierreruuvi ja
pneumatiikka. Lopulta päädyttiin hydraulikkaan perustuvaan, hydraulisylinterin
tuottamaan vastusvoimaan. Hydraulikassa saadaan riittävästi vastusvoimaa
sekä se on helpommin hallittavissa, analysoitavissa ja luettavissa kuin muissa
vaihtoehtoissa.

Olimme jo aiemmin päättäneet tilaajan kanssa, että testilaitteen vastusvoiman
maksimi on 300 kN. Kuvassa 4 levittimen maksimi avautuma olisi 500 mm,
vaikka levittimien levitysetäisyys onkin suurempi eri laitevalmistajilla.



KUVA 4. Levitin

5 RAKENNEVAIHTOEHTOJA

5.1 Kahden sylinterin malli

Levittimen kärkien liike tapahtuu symmetrisesti. Kuvan 5 mukaisella laitteella testilaitte voi pysyä paikallaan ja hieman laskeutuu. Tarvitaan kaksi sylinteriä, joissa kummankin voima on 300 kN ja iskun pituus 250 mm. Ongelmana on laitteen koko ja paino. Etuna on se, ettei käyttäjän ei tarvitse liikkua sivusuunnassa. Saattaisi olla mahdollista rakentaa teline, johon testattava levitin kiinnitetään.

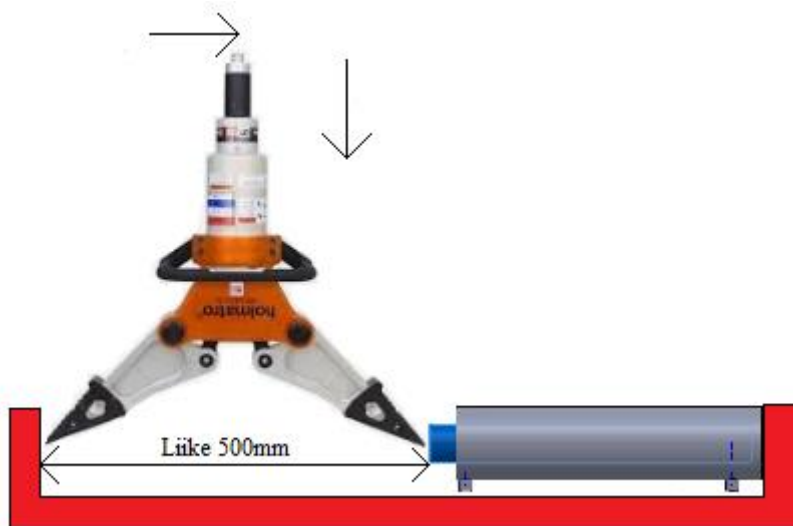


KUVA 5. Kahden vastakkaisen sylinterin malli. Leuat avautuvat symmetrisesti, levitin laskeutuu testin aikana.

5.2 Yhden sylinterin malli

Tarvitaan yksi sylinteri, jonka voima on 300 kN ja iskun pituus on 500 mm.

Kuvan 6 mukaisella laitteella testilaitte liikkuu sivusuunnassa ja hieman laskeutuu. Yhden sylinterin mallissa testilaitetta hallitseva käyttäjä joutuu hieman siirtymään sivusuunnassa testin aikana.



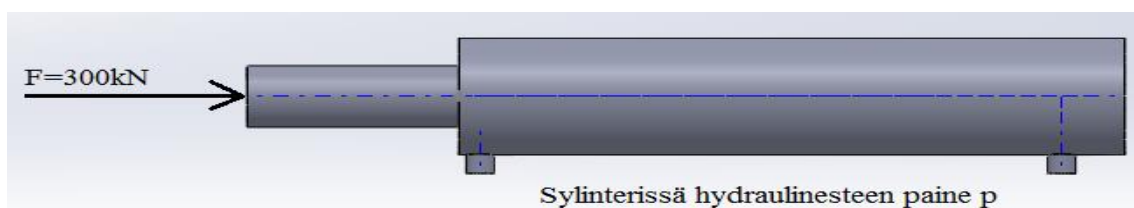
KUVA 6. Yhden sylinterin malli. Avautumisliikkeen aikana levitin siirtyy sivusuunnassa ja laskeutuu

5.3 Alustava hydraulikalla toimivan laitteen luonnos

Hydrauliikkasyylinteriä voidaan käyttää voiman mittaamiseen mittaamalla ulkoisen voiman sylinterin sisäiseen öljyyn aiheuttama paine. Kun mittauksia tehdään sylinterin eri asennoissa, saadaan selville levittimen voima eri asennoissa. Kun öljyn virtaus pois sylinteristä estetään, saadaan levittimen tuottama sylinterin maksimipaine ja siitä on laskettavissa levittimen maksimivoima. Kun öljyn pääsyä pois sylinteristä rajoitetaan niin, että sylinteri liikkuu, voidaan mitata liikkeen aikainen paine ja laskea siitä voima.

Kun paineen mittauksen lisäksi laitteeseen lisätään sylinterin asemaa testin aikana mittaava anturi, voidaan yhdistää mittaustiedot. Näin saadaan selville levittimen toimintavoima eri asennoissa ja liikenopeus.

Kuvassa 7 tarvittavan sylinteri voiman saavuttaminen.



KUVA 7. Hydraulisyylinterin kuormitus

Kaavalla 1 lasketaan voiman F aiheuttama paine (4, s. 99).

$$p = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi D^2}$$

KAAVA 1

p = paine (MPa)

F = voima (N)

A = pinta-ala (mm²)

π = 3.14159...

D = Ø halkaisija (mm)

Kaavalla 2 lasketaan tarvittava männän halkaisija eri paineilla (4, s. 99).

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}}$$

KAAVA 2

Seuraavassa on edellä olevalla 2 kaavalla laskettuja riittävän sylinterivoiman saavuttamisen vaihtoehtoja. Vakiosylintereitä noin 200 bar paineluokassa samoin kuin muita hydrauliiikan komponentteja on saatavilla lyhyellä toimitusajalla ja kohtuullisella hinnalla.

- Vakiosylinteri, paineluokka 200 bar, tarvitaan Ø140 mm sylinteri voimaan noin 307 kN.
- 2 sylinteriä rinnan, paineluokka 200 bar, tarvitaan Ø100 mm sylinterit voimaan noin 314 kN.

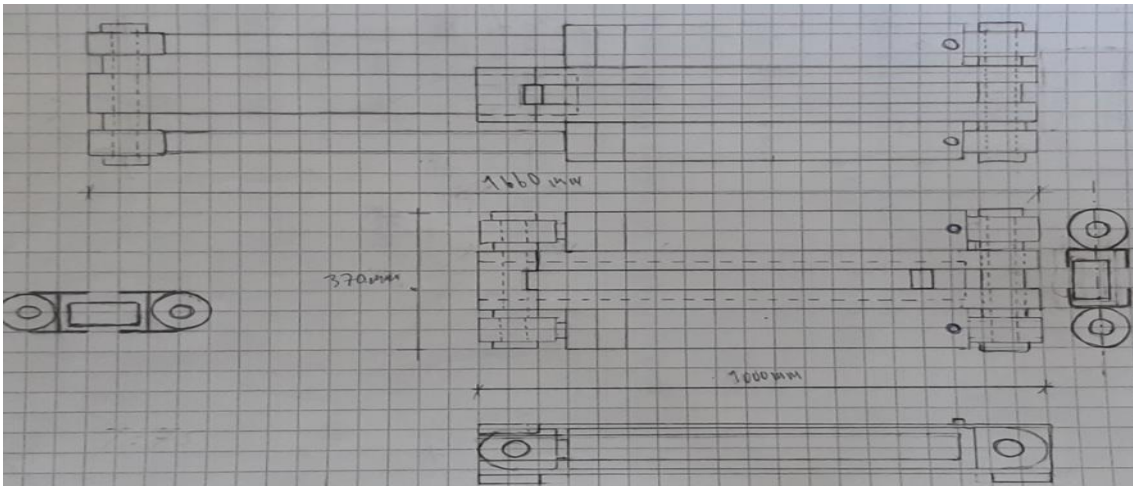
Erikoissylintereitä voidaan teettää tilauksesta. Hydrauliiikan komponenttitarjonta yli 250 bar on pienempi, mutta 350 - 400 bar paineluokassa sitä on vielä kohtalaisesti.

- Erikoissylinteri, jonka paineluokka on vähintään 350 bar, tarvitaan Ø110 mm sylinteri noin 332 kN voimaan.

Laitteiden toiminnallisuuden testaamiseksi rakennetaan yksinkertaiset vaneri-prototyypit kahteen rinnakkain kytkettyyn sylinteriin perustuvasta mallista ja yhteen sylinteriin perustuvasta mallista.

6 TOIMINNALLISET PROTOTYYPIT

Kuvassa 8 esitetty ensimmäinen prototyypin luonnospirros perustui kahteen rinnakkain olevaan, halkaisijaltaan 100 mm sylinteriin ja liukuvaan kelkkaan sylinterien välissä. Sylinterien iskunpituus on 500 mm.



KUVA 8. Kahteen sylinteriin perustuvan testilaitteen luonnospirros

Kuvassa 9 näkyvä laitteen prototyyppi tehtiin vanerista. Sen avulla tutkittiin liikeradat ja toiminnallinen käytettävyys. Samalla voitiin tarkkailla, tuleeko vääntöjä testattavaan levittimeen ja testilaitteeseen, kun levitin on penkissä ja laitetta testataan.



KUVA 9. Vaneriprototyyppi testattavana. Vaneriprototyypin vieressä on 100 mm sylinteri, jonka iskunpituus on 200 mm.

Toinen prototyyppi perustui yhteen halkaisijaltaan 100 mm sylinteriin, jota levittimen tuottamalla voimalla painetaan sisään. Sylinterin iskunpituus on 500 mm.

Laitteen prototyyppi tehtiin myös vanerista ja sen avulla tutkittiin toiminnallisuutta. Laite perustuu kahteen neliöputken muotoiseen osaan, joista pienempi liukuu isomman sisälle. Isompi profiili toimii näin pienemmän profiilin johteena. Ajatuksena on, että sylinteriin kohdistuu vain aksiaalista voimaa.

Toiminnallisten prototyyppien testaus osoitti toimintaperiaatteen olevan toimiva. Levittimen kärjet asetetaan testilaitteessa olevaan uraan. Levittimen paino lepää testilaitteen varassa. Levittimen avautuminen saa laitteen mekaniikan liikumaan niin, että hydraulikkasyliinteri painuu sisään. (KUVA 10)



KUVA 10 Prototyypintestaus

Kahden, rinnakkain kytketyn sylinterin malliin perustuva laite tulisi ulkomitoiltaan suuremmaksi ja huomattavasti painavammaksi kuin yhden sylinterin malliin perustuva. Yhden sylinterin mallissa tarvitaan halkaisijaltaan 140 mm sylinteri, jos paineluokka on 200 bar. Nostamalla paineluokka 350 bar sylinterin tarvittava koko pienenee halkaisijaan 110 mm ja 400 bar paineella riittäisi halkaisijaltaan 100 mm sylinteri.

Paineluokan nostaminen vähentää komponenttien saatavuutta. Erikoissylinterit tarvitsee teettää laiteeseen.

7 TESTILAITE

Kokeilujen jälkeen päädyttiin suunnittelemaan ja rakentamaan testilaite käyttäen männän halkaisijaltaan 110 mm sylinteriä iskunpituudella 500 mm. Vaadittavalla 300 kN:n kuormalla maksimipaineeksi tulee noin 320 bar. Mittauksessa käytettävä painelähetin hankitaan mittaamaan aluetta 0 - 400 bar ja paineen säädössä käytettävän paineenrajoitusventtiilin säätöalue on 350 bar saakka.

Päädyttiin sijoittamaan sylinteri 150*150*4 mm neliöputken sisään, sillä putkikoko on pienin minkä sisään sylinteri on mahdollista laittaa. Tämän runkona toimivan neliöputken sisään tulee toinen 140*140*4 mm neliöputki, joka toimii kelkkana ja sylinteri tukena. Kelkka on rakennettu 120*120*4 mm neliöputkesta, joka on vesileikkurilla leikattu epäsymmetrisesti halki, minkä jälkeen palat on hitsattu yhteen 10 mm päätypalaan siten, että on saatu kelkan alapuolelle 60 mm väli sylinterin hydrauliiikka putkille. Kelkan yläpuolelle jää 20 mm rako joka tukitaan sopivalla lattaraudan palalla.

Runkona toimivaan neliöputkeen leikataan 630 mm pitkä aukko yläpuolelle levittimen leukoja varten. Putken toiselle puolelle leikataan toinen aukko, joka on pituudeltaan riittävä sylinterin putkituksia varten.

Runkona toimivan neliöputken toiseen päähän hitsataan 30 mm paksu levy ja putken pää hitsataan umpeen. Neliöputken toiseen päähän hitsataan pulteilla avattava 30 mm paksu kehä, joka kiertää putken ympäri. Kuvassa 11 näkyvä 10 mm paksu päätylevy tulee 16 kpl M16-pulteilla kehään kiinni, jotta sylinteri voidaan asentaa neliöputkeen ja laitetta voidaan tarvittaessa purkaa ja huoltaa.



KUVA 11. Päätylevyt ja kehä. Osat kiinni testilaitteessa

Kuvassa 12 näkyvä laitteen tarvitsema öljysäiliö tehdään neliöputkesta ja asennetaan rungon kylkeen.



KUVA 12. Öljysäiliö, runko, päätylevy ja kelkka

8 LUJUUSLASKENTAA

8.1 Lujuustarkastelu

Kuvassa 13 hydraulikkasyylinteri työntää rungon päätylaippaa voimalla F , joka on korkeintaan 300 kN.



KUVA 13. Runkoon kohdistuvia voimia

Kaavalla 3 lasketaan rungon koteloon syntyvä vetojännitys (4, s. 139).

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

KAAVA 3

σ = normaalijännitys (MPa)

F = voima (N)

A = pinta-ala (mm^2)

Kaavassa 3 A on runkoputken jännitys poikkileikkauspinta-ala. Ottaen huomioon kotelon kylkeen tehdyt avaukset jännityspoikkileikkauspinta-ala on 1810 mm^2 . (4, s. 21)

Taulukon 1 mukaan profiili 150*150*4 mm poikkileikkauspinta-ala on 2290 mm².
(4, s. 21)

TAULUKKO 1

MITTAMERKINNÄT		POIKKILEIKKAINEN JA TILAUKSEEN				VARASTOVAKIOT						
<p>R = 2,0 x t kun t ≤ 4 mm R = 2,5 x t kun t > 4 mm</p> <p>I = Jäyhyysmomentti I_t = Vääntöjäyhyysmomentti S = Plastinen taivutusvastus</p>		<p>Koostosaika SFS 5001 - 200 x 200 x 6,3 - 6000 Fe 52 D SFS 3-2</p> <p>Nimi</p> <p>Mittastandardi</p> <p>Putken ulkomitat</p> <p>Seinämän paksuus</p> <p>Putken pituus</p> <p>Teräslaji, SFS 200</p> <p>Ainestodistus</p>				<p>Pituus: 6 m ja 12 m</p> <p>- tole- + 50 mm</p> <p>- ranssi 0 mm</p> <p>Teräslaji: SFS 200</p> <p>Fe 52 D kun t ≤ 8</p> <p>Fe 52 C kun t > 8</p> <p>Pinnan suojaus: (saatavuus varmistettava)</p> <p>- kuiva</p> <p>- kuivaöljy</p> <p>- suojamaali</p>						
		W = Taivutusvastus		1) x = Suositussarja								
		W _t = Vääntövastus		2) 0 = Jälleenmyyjien varastossa								
		i = Jäyhyyssäde		3) Laskentatiheys = 7,85 kg/dm ³								
Ulkomitat a x b mm	Seinämän pak- suus t mm		Paino 3) kg/m	Pinta-alat			Staattiset arvot					
	SFS 5001	Rauta- luukki		1) 2)	Poik- kileik- kaus cm ²	Uiko- puo- linen m ² /m	I _x = I _y cm ⁴	W _x = W _y cm ³	S _x = S _y cm ³	I _x = I _y cm	I _t cm ⁴	W _t cm ³
120 x 120	3,0	3,0	x 0	10,8	13,8	0,47	312	52,1	60,2	4,76	488	78,2
	4,0	4,0	x 0	14,2	18,1	0,47	402	67	78,3	4,71	637	101
	5,0	5,0	x 0	17,4	22,1	0,46	478	79,6	94,2	4,64	782	121
	6,3	6,3	x 0	21,4	27,3	0,45	572	95,3	114	4,58	955	146
150 x 150	8,0	8,0	x 0	26,4	33,6	0,45	677	113	138	4,49	1163	175
	4,0	4,0	x 0	18,0	22,9	0,59	808	108	125	5,93	1265	162
	5,0	5,0	x 0	22,1	28,1	0,58	970	129	151	5,87	4560	197
	6,3	6,3	x 0	27,4	34,8	0,57	1174	156	185	5,80	1922	239
	8,0	8,0	x 0	33,9	43,2	0,57	1412	188	226	5,71	2364	289
	10,0	10,0	x 0	41,3	52,6	0,56	1653	220	269	5,61	2839	341

Runkoputken poikkileikkauspinta-alasta vähennetään levittimen leukojen ja hydrauliputkien tarvitsemat poikkileikkauspinta-alat. (4, s. 21).

$$A = a * b$$

KAAVA 4

$$A_{aukot} = 60 \text{ mm} * 4 \text{ mm} * 2 = 480 \text{ mm}^2.$$

Jännityspoikkipinta-ala on siten

$$2290 \text{ mm}^2 - 480 \text{ mm}^2 = 1810 \text{ mm}^2.$$

Rungon kotelon vetojännitys on

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{300 \text{ kN}}{1810 \text{ mm}^2} = 166 \text{ MPa}.$$

Teräksen S355 myötöraja on vähintään 355 N/mm², joten lujuus on riittävä.

8.2 Pulttien lujuus

Kuvassa 14 on päätylaippa, joka on kiinnitetty kehään M16 m8.8:n pulteilla. Pultteja on yhteensä 16 kpl.



KUVA 14. Päätylaippa jota pitää kiinni on 16 kpl M16 m8.8 pultteja

Seuraavaksi lasketaan pulttiin kohdistuva veto.

$$F_{Ruuvi} = \frac{F}{16 \text{ kpl}} = \frac{300 \text{ kN}}{16 \text{ kpl}} = 18,75 \text{ kN}$$

M16 m8.8 pulttien jännityspoikkipinta-ala on

$$A_j = 157 \text{ mm}^2.$$

Pulttiin syntyvä vetojännitys on siten

$$\sigma = \frac{F_{ruuvi}}{A_j} = \frac{18,75 \text{ kN}}{157 \text{ mm}^2} = 119 \text{ MPa}.$$

Pultin M16 m8.8:n myötöraja on 640 MPa, joten lujuus on riittävä.

8.3 Hitsi saumojen lujuus

Putkipalkin seinämän paksuus on 4 mm ja hitsi tehdään 5 mm a-mitalle. Silloin hitsi on lähes perusaineen lujuista, joten lujuus on riittävä.

9 HYDRAULIIKKA

Laitteen hydrauliiikan toiminta-ajatus

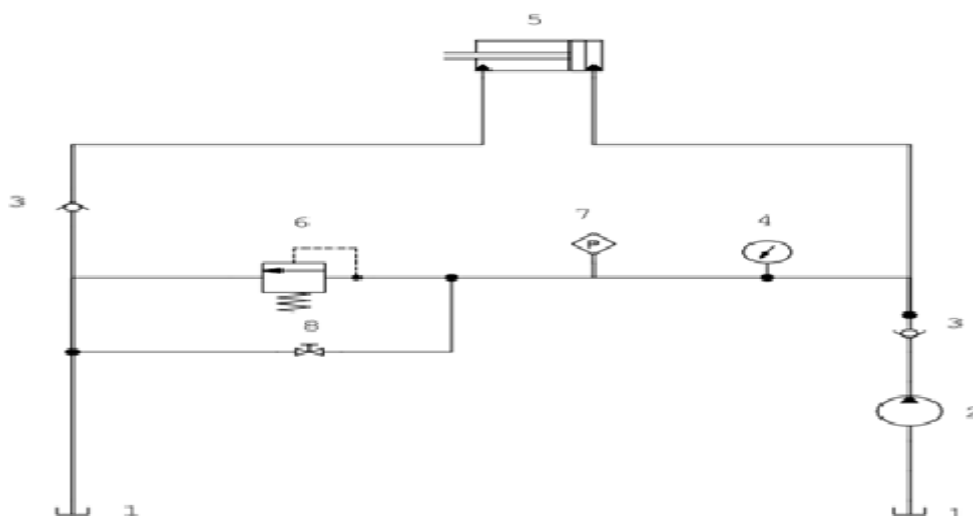
Testilaitteessa hydraulisyylinteri pumpataan plus-asentoon, jolloin testilaitteen leuat menevät kiinni. Tähän tarvitaan pienitehoinen pumppu, käsipumppukin voi riittää.

Testaustilanteessa testattava levitin pakottaa sylinterin tekemään miinusliikkeen. Sylinteristä tankkiin poistuva öljy menee käsin säädettävän paineenrajoitusventtiilin läpi. Näin voidaan käsin säätää laitteen liikettä vastustavaa voimaa.

Testilaitteen liikettä ja öljyn painetta mitataan ja tuloksia kirjataan haluttaessa laitteen ohjaustietokoneelle.

9.1 Hydrauliiikkakaavio

Kuvassa 15 on esitetty laitteen hydrauliikkakaavio.



1. Tankki
2. Porakonepumppu
3. Vastaventtiili
4. Painemittari
5. Sylinteri 110 x 500
6. Paineenrajoitusventtiili
7. Painelähetin
8. 2-tie palloventtiili

KUVA 15. Hydrauliikkakaavio

Pumpun (kuva 15, kohta 2) jälkeen kaaviossa tulee vastaventtiili (kuva 15, kohta 3), joka estää öljyn takaisinvirtauksen pumpulle. Painemittarista (kuva 15, kohta 4), jonka maksimipaine on 400 bar, on nähtävissä sylinterin öljyn paine, jota levitin testivaiheessa tuottaa. Painelähetin (kuva 15, kohta 7), jonka maksimipaine on 400 bar, on kytketty antamaan painetieto analogiajännitteenä Arduino UNO-kontrollerille.

Paineenrajoitusventtiilillä (kuva 15, kohta 6), säädetään käsikäyttöisesti paine, jolla öljy pääsee virtaamaan sylinteriltä öljysäiliöön. Säästöalue on 350 bar saakka. Tämä vastapaine määrittää sylinterin levittimen liikettä vastustavan voiman. 2-tiepalloventtiili (kuva 15, kohta 8), on mukana järjestelmässä, jotta sen läpi voidaan tarvittaessa päästää öljy virtaamaan paineenrajoitusventtiilin ohi. Sylinterin männänpuolelle ei silloin tule painetta. Vastaventtiili (kuva 15, kohta 3), sylinterin paluupuolella olevassa linjassa päästää ilman ja mahdollisen sylinterin ohivuodon öljyt takaisin tankkiin. Hydraulikkaputkistona on käytetty 12 mm putkea jonka paineen kesto painepuolella on 350 bar. Paluupuolen putken paineenkesto on matalampi. Kaikki muutkin hydrauliiikan korkealle paineelle alttiit osat ovat paineenkestoltaan vähintään 350 bar.

Kuvassa 16 on hydrauliiikkaosat kuvattuna. Sylinteri on palkin sisällä, joten se ei näy kuvassa.



KUVA 16. Hydrauliiikkaosat

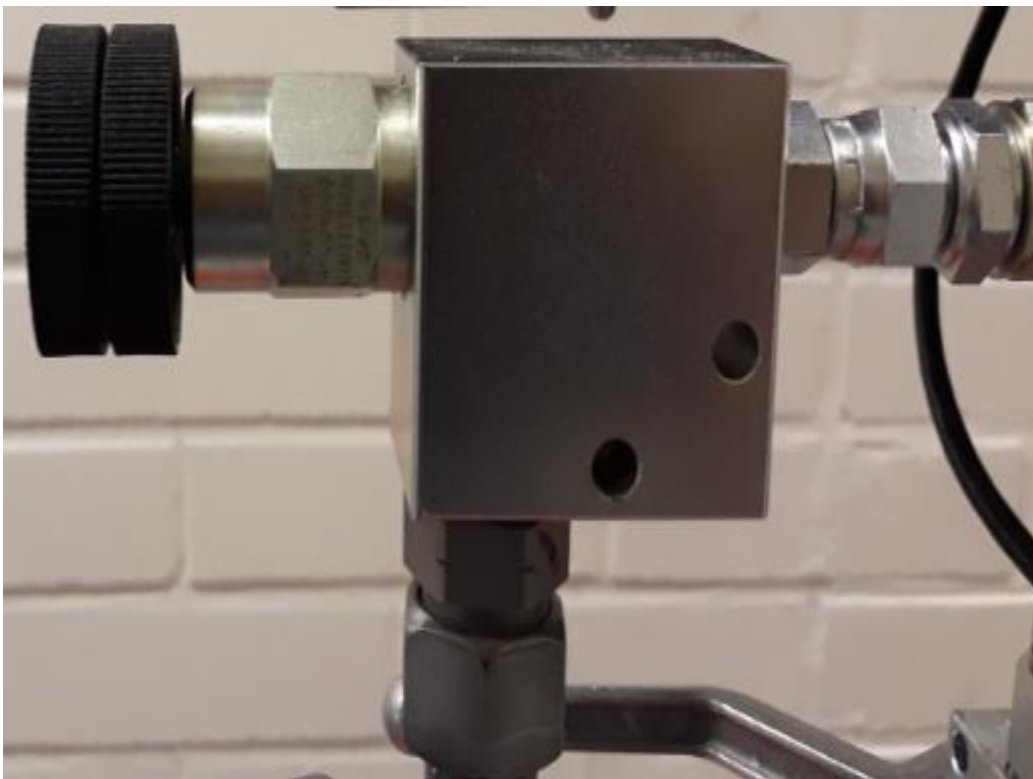
9.2 Sylinterinvalinta

Hydrauliikkasyylinteriksi tilattiin tähän tarkoitukseen mittatilauksena tehty sylinteri, jonka männän halkaisija on 110 mm ja iskunpituus on 500 mm. Sylinteriputken ulkohalkaisija on 125 mm. Valmistaja on koeponnistanut sylinterin 280 bar paineella.

9.3 Paineenrajoitusventtiili

Kuvassa 17 on paineenrajoitusventtiili, jonka suurin sallittu käyttöpaine teräsrunkoisena on 350 bar ja sisäkierre G1/4. (8)

Paineenrajoitusventtiiliä ohjataan käsikäyttöisesti. Paineenrajoitusventtiili olisi ollut mahdollista saada myös proportionaaliohjattuna, mutta kalliin hinnan vuoksi se ei sopinut projektinkustannuksiin.



KUVA 17. Paineenrajoitusventtiili Bosch Rexroth OC1009067

9.4 Öljysäiliö ja pumppu

Sylinterin (5) liikuttaminen eteen, testauksen alkuasentoon, vaatii pienen paineen ja tehon. Käsikäyttöinen pumppu riittää, jos sovelias löytyy. Käsikäyttöiset hydrauliliikkapumput, jotka tehdään korkealle paineelle ja pienelle virtaamalle, olisivat liian hitaita. Kuvassa 18 näkyvän öljysäiliön sisällä oleva porakonekäyttöinen öljypumppu (2) tuottaa pienen paineen ja kohtalaisen virtaaman. Pumpun tuotto on valmistajan mukaan noin 40 - 50 l/min ja maksimi nostokorkeus 15 m. Öljysäiliötä ei löytynyt valmiina, joten öljy säiliö (1) on itse tehty 120*120*4 mm neliöputkesta, jonka pituus on 500 mm. Päädyt on hitsattu umpeen. Säiliön tilavuus on noin 6 litraa, joka riittää 500 mm iskulla olevan sylinterin (5) Ø 110 mm täyttämiseen. Sylinterin männän puoleinen öljytilavuus on 4.75 litraa, joten säiliötä ei tarvitse täyttää täyteen.

Kaavalla 5 lasketaan sylinteri öljytilavuus (4, s. 21).

$$V = \pi r^2 * h = \pi * 55^2 \text{ mm} * 500 \text{ mm} = 4750000 \text{ mm}^3 \quad \text{KAAVA 5}$$

$V = \text{tilavuus (mm}^3\text{)}$

$r = \text{ympyränsäde (mm)}$

$h = \text{korkeus (mm)}$

Kaavalla 6 lasketaan öljytankin tilavuus (4, s. 21).

$$V = a * h * b = 112 \text{ mm} * 112 \text{ mm} * 500 \text{ mm} = 6270000 \text{ mm}^3 \quad \text{KAAVA 6}$$

$a = \text{leveys (mm)}$

$b = \text{pituus (mm)}$

$h = \text{korkeus (mm)}$

Kuvassa 18 on esitetty öljysäiliö(1), porakonepumppu(2), täyttökorkki/huohotin(3), painepuolen liitin(4) ja paluupuolen liitin(5).



KUVA 18. Öljysäiliö ja sen osat

9.5 Porakonepumppu

Kuvassa 19 on porakonepumppu, jonka maksimikierto on 2 000 - 3 000 rpm, minimiteho 350 W ja kapasiteetti noin 0 - 50 l/min. Nostokorkeus on 2 m pumppattavan nesteen pinnasta ja nosto maksimissaan 15 m. Letkun halkaisijan sisämitta on 20 mm.

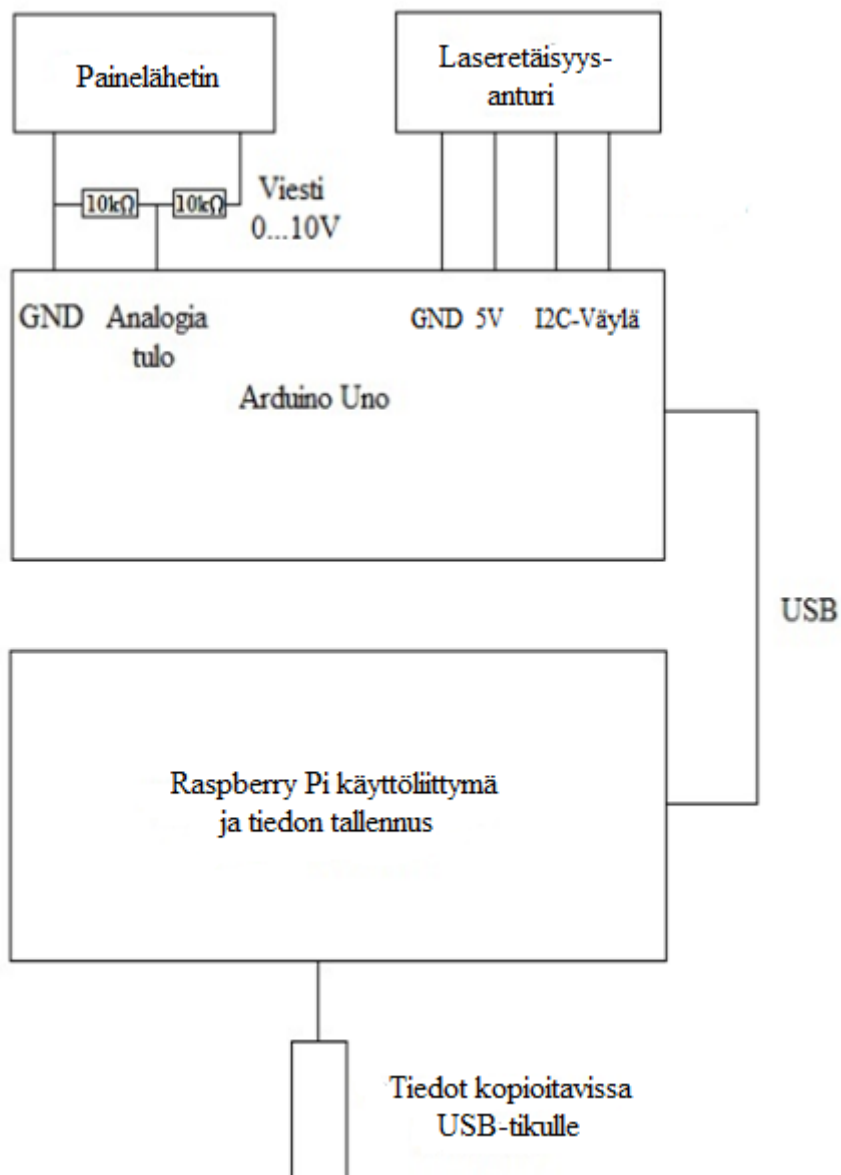


KUVA 19. Porakonepumppu XMS110 (IKH)

10 AUTOMAATIO

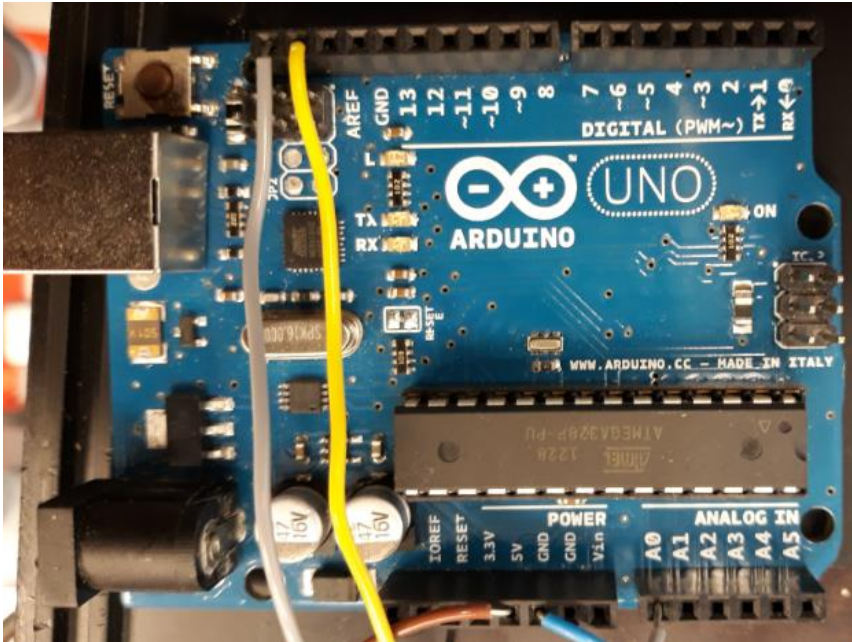
10.1 Mittausjärjestely

Testilaitteen liikettä mitataan laseretäisyysanturilla ja sylinterin voimaa sen öljynpainetta mittaavalla painelähtetillä. Kuvassa 20 anturit on liitetty Arduino-kontrolleriin, joka lukee mittaustiedot ja lähettää ne Raspberry Pi -korttitietokoneelle.



KUVA 20. Kytkenät

Kuvassa 21 näkyvä automaation perustana toimiva Arduino UNO. Arduino lähettää paineesta lasketun voiman tiedon, etäisyysanturin paikkatiedosta lasketun laitteen avautumatiedon ja mittausajankohdan viestinä Raspberry Pi -korttitietokoneelle.



KUVA 21. Arduino UNO

Arduino UNO:n ominaisuudet ovat seuraavat:

- ATmega328
- käyttöjännite 5 V
- syöttöjännite 7 - 12 V
- digitaaliset IO:t 14 kpl joista 6 on mahdollista käyttää PWM - ulostuloina
- analogiset sisääntulot 6 kpl
- maksimivirta ja IO-kanava 40 mA
- virta 3.3V ja pinni 50 mA
- Flash Memory 32 KB, josta 0,5 KB alkulatausohjelman käytössä
- SRAM 2 KB
- EEPROM 1 KB
- kellotaajuus 16 MHz.

10.2 Raspberry Pi 3

Kuvassa 22 on tietokoneena käytettävä Raspberry Pi 3. Raspberry Pi on minimaalinen yhdestä piirilevystä koostuva tietokone.



KUVA 22. Raspberry Pi 3 piirilevy ja näyttö

Raspberry Pi 3 ominaisuudet ovat seuraavat:

- 1Gt Ram
- 1,2 GHz. Broadcom BCM2837 64-bit ARMv8 Quad-core CPU
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- BCM43143 Wi-Fi IEEE802:11 b/g/n
- HDMI/RCA
- 3,5 mm
- RJ45
- 4xUSB
- microSD-kortinlukija.

10.3 Raspberry Pi 7”näyttö

Kuvassa 23 on Raspberry Pi 7” kosketusnäyttö liitettynä Raspberry Pi - tietokoneeseen.



KUVA 23. Raspberry Pi 7” kosketusnäyttö

Raspberry Pi 7” näytön ominaisuudet ovat:

- resoluutio WVGA (800x480)
- ruudun koko 155x86 mm
- yhteensopivuus Raspberry Pi A+, B+, 2B sekä 3B.

10.4 Painelähetin

Kuvassa 24 on painelähetin, jonka painealue on 0 - 400 bar ja syöttöjännite on 14 - 30 V. Mittauksen analogialähtösignaali on 0 - 10 V ja ulkopuolinen kierre on G1/4.



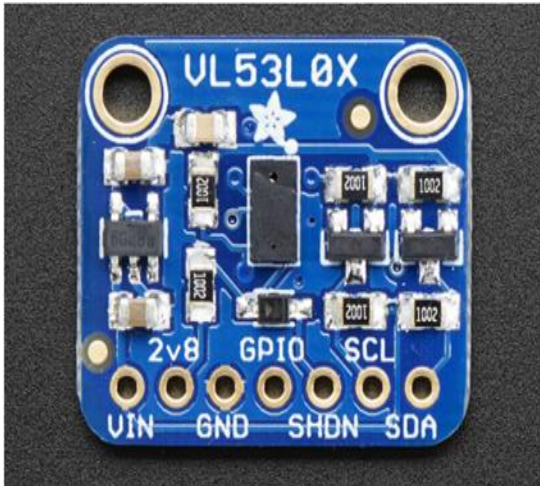
KUVA 24. Painelähetin

10.5 Painelähettimen toimintaperiaate

Piezoresistiiviset paineanturit hyödyntävät piin resistiivisyyden muutosta mittaamaan jännityksen tai venymän muutosta kiteessä. Muodonmuutos ja siitä seurannut resistiivisyyden muutos muutetaan paineen muutokseksi. Piezoresistiiviset paineanturit eivät kestä korkeita lämpötiloja p-n liitosten takia, mikä estää niiden käytön yli 120 celsiusessa. Myös lämpötilan vaihtelu muuttaa venymää, minkä seurauksena mittasuure (resistiivisyys) muuttuu. (6)

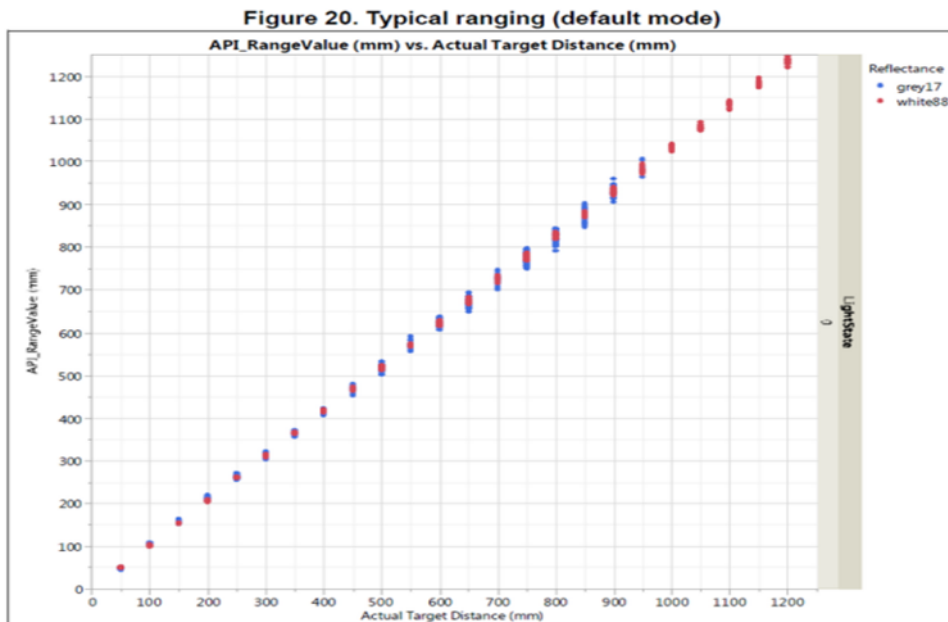
10.6 Laseretäisyysanturi

Kuvassa 25 on laseretäisyysanturi.



KUVA 25. Laseretäisyysanturi

Kuvassa 26 on esitetty anturin lähettämä mittaustieto mittausetäisyydellä 50 mm - 1200 mm. Anturi sisältää pienen laserlähteen ja vastaanottavan anturin.



KUVA 26. Laseretäisyysanturin tunnistusominaisuudet

Anturi tarvitsee toimiakseen heijastavan vasteen. Kuvassa 27 näkyy musta anturinsuojakotelo ja liikkuvaan kelkkaan kiinnitetty heijastin.



KUVA 27. Laseretäisyysanturi kotelossa ja heijastava vaste

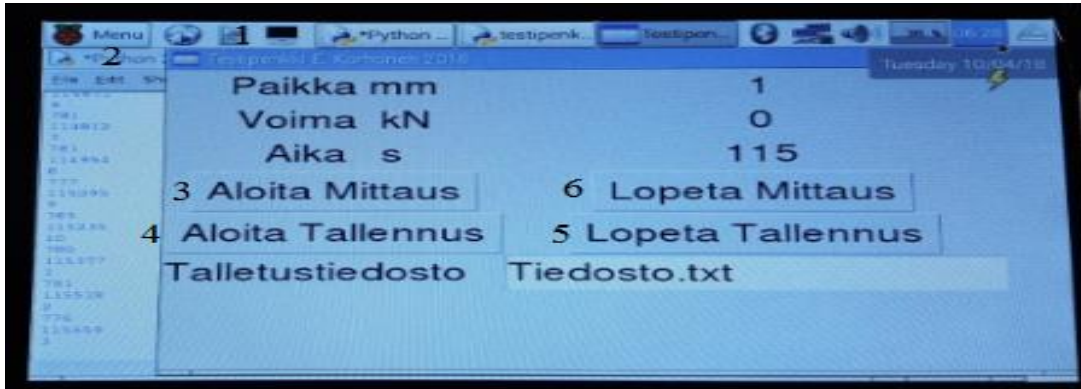
Anturi toimii valon kulkuajaperiaatteella eli mittaa lähetetyn ja vastaanotetun valon kulkuajan. Anturissa on mittaussignaalin käsittely ja se lähettää mittamansa etäisyyssiedon Arduino-kontrollerille I2C-väyläpohjaisena viestinä.

Viesti sisältää mitatun etäisyyden millimetreinä. I2C-väylä johdotetaan anturin ja Arduinon SCL- ja SDA-nastoihin.

10.7 Raspberryn käyttö

Raspberry PI toimii laitteen käyttöliittymänä. Se lukee Arduinon lähettämiä viestejä ja tallettaa haluttaessa tiedot tekstitiedostoon. Tiedosto voidaan kopioida USB-liitäntään liitettävälle muistitikulle tietokoneella tehtävää tarkastelua varten.

Kuvassa 28 näkyy käyttöliittymä. Testiohjelma käynnistetään, kun klikataan mustaa ruudukkoa kohdassa 1, sitten avautuu ohjelma testipenkki. Kun halutaan nimetä tallennustiedosto, klikataan kohtaa 2 (edit) ja sieltä (Accessories) ja (Keyboard). Näin saadaan näppäimistö käyttöön, jotta voidaan kirjoittaa haluttu tiedoston nimi ruutuun, missä kuvassa 28 on Tiedosto.txt. Laitteisto käynnistyy mittaamaan voimaa ja paikkaa klikkaamalla Aloita Mittaus 3.



KUVA 28. Ohjelma testipenkki.

Testipenkkiohjelman käynnistyksen jälkeen mittaustuloksia alkaa näkyä näytöllä. Kuvassa 28 ylimmällä rivillä on sylinterin paikka, laskettu siirtymä maksiasennosta, toisella paineesta laskettu sylinterin voima ja kolmannella aika mittauksen alkamisesta. Mittaustulosten tallentaminen aloitetaan klikkaamalla kohtaa 4 Aloita Tallennus. Tämä tallentaminen aloitetaan ennen kuin levittimellä tehty testaus aloitetaan. Ensimmäisellä rivillä on aika sekunteina tallettamisen aloittamisesta (s). Toisena on paikka, sylinterin siirtymä maksimipituudesta (mm) ja kolmantena sylinterin paineen perusteella laskettu voima. Kun testaus on päättynyt, lopetetaan tallennus klikkaamalla kohtaa 5, lopeta tallennus. Näin voidaan myös lopettaa mittaus klikkaamalla kohtaa 6. Lopeta mittaus.

Mittaustulokset kirjoitetaan testin aikana tekstitiedostoon, johon tulee jokaiselle riville kolme, pilkulla erotettua lukua. Tiedoston muoto on esitetty kuvassa 29.

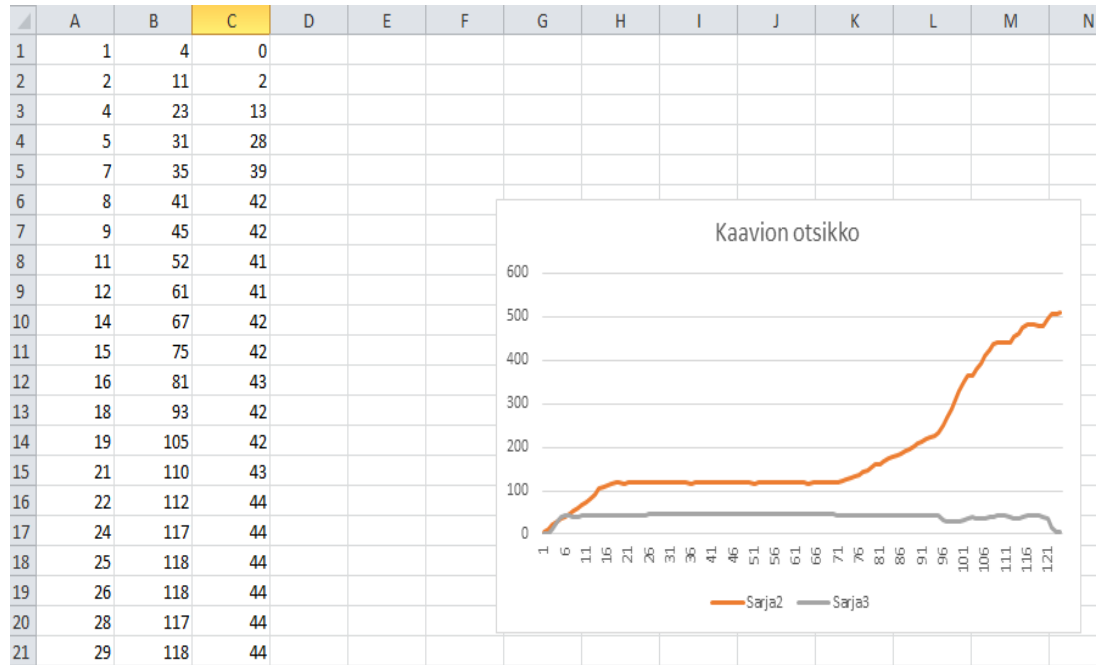
```

s , mm , kN
1.4, 0
4.21, 0
8.23, 115
11.44, 115
14.45, 115
17.46, 115
20.47, 115
23.48, 115
26.49, 115
29.50, 115
32.51, 115
35.52, 115
38.53, 115
41.54, 115
44.55, 115
47.56, 115
50.57, 115
53.58, 115
56.59, 115
59.60, 115
62.61, 115
65.62, 115
68.63, 115
71.64, 115
74.65, 115
77.66, 115
80.67, 115
83.68, 115
86.69, 115
89.70, 115
92.71, 115
95.72, 115
98.73, 115
101.74, 115
104.75, 115
107.76, 115
110.77, 115
113.78, 115
116.79, 115
119.80, 115
122.81, 115
125.82, 115
128.83, 115
131.84, 115
134.85, 115
137.86, 115
140.87, 115
143.88, 115
146.89, 115
149.90, 115
152.91, 115
155.92, 115
158.93, 115
161.94, 115
164.95, 115
167.96, 115
170.97, 115
173.98, 115
176.99, 115
179.00, 115
182.01, 115
185.02, 115
188.03, 115
191.04, 115
194.05, 115
197.06, 115
200.07, 115
203.08, 115
206.09, 115
209.10, 115
212.11, 115
215.12, 115
218.13, 115
221.14, 115
224.15, 115
227.16, 115
230.17, 115
233.18, 115
236.19, 115
239.20, 115
242.21, 115
245.22, 115
248.23, 115
251.24, 115
254.25, 115
257.26, 115
260.27, 115
263.28, 115
266.29, 115
269.30, 115
272.31, 115
275.32, 115
278.33, 115
281.34, 115
284.35, 115
287.36, 115
290.37, 115
293.38, 115
296.39, 115
299.40, 115
302.41, 115
305.42, 115
308.43, 115
311.44, 115
314.45, 115
317.46, 115
320.47, 115
323.48, 115
326.49, 115
329.50, 115
332.51, 115
335.52, 115
338.53, 115
341.54, 115
344.55, 115
347.56, 115
350.57, 115
353.58, 115
356.59, 115
359.60, 115
362.61, 115
365.62, 115
368.63, 115
371.64, 115
374.65, 115
377.66, 115
380.67, 115
383.68, 115
386.69, 115
389.70, 115
392.71, 115
395.72, 115
398.73, 115
401.74, 115
404.75, 115
407.76, 115
410.77, 115
413.78, 115
416.79, 115
419.80, 115
422.81, 115
425.82, 115
428.83, 115
431.84, 115
434.85, 115
437.86, 115
440.87, 115
443.88, 115
446.89, 115
449.90, 115
452.91, 115
455.92, 115
458.93, 115
461.94, 115
464.95, 115
467.96, 115
470.97, 115
473.98, 115
476.99, 115
479.00, 115
482.01, 115
485.02, 115
488.03, 115
491.04, 115
494.05, 115
497.06, 115
500.07, 115
503.08, 115
506.09, 115
509.10, 115
512.11, 115
515.12, 115
518.13, 115
521.14, 115
524.15, 115
527.16, 115
530.17, 115
533.18, 115
536.19, 115
539.20, 115
542.21, 115
545.22, 115
548.23, 115
551.24, 115
554.25, 115
557.26, 115
560.27, 115
563.28, 115
566.29, 115
569.30, 115
572.31, 115
575.32, 115
578.33, 115
581.34, 115
584.35, 115
587.36, 115
590.37, 115
593.38, 115
596.39, 115
599.40, 115
602.41, 115
605.42, 115
608.43, 115
611.44, 115
614.45, 115
617.46, 115
620.47, 115
623.48, 115
626.49, 115
629.50, 115
632.51, 115
635.52, 115
638.53, 115
641.54, 115
644.55, 115
647.56, 115
650.57, 115
653.58, 115
656.59, 115
659.60, 115
662.61, 115
665.62, 115
668.63, 115
671.64, 115
674.65, 115
677.66, 115
680.67, 115
683.68, 115
686.69, 115
689.70, 115
692.71, 115
695.72, 115
698.73, 115
701.74, 115
704.75, 115
707.76, 115
710.77, 115
713.78, 115
716.79, 115
719.80, 115
722.81, 115
725.82, 115
728.83, 115
731.84, 115
734.85, 115
737.86, 115
740.87, 115
743.88, 115
746.89, 115
749.90, 115
752.91, 115
755.92, 115
758.93, 115
761.94, 115
764.95, 115
767.96, 115
770.97, 115
773.98, 115
776.99, 115
779.00, 115
782.01, 115
785.02, 115
788.03, 115
791.04, 115
794.05, 115
797.06, 115
800.07, 115
803.08, 115
806.09, 115
809.10, 115
812.11, 115
815.12, 115
818.13, 115
821.14, 115
824.15, 115
827.16, 115
830.17, 115
833.18, 115
836.19, 115
839.20, 115
842.21, 115
845.22, 115
848.23, 115
851.24, 115
854.25, 115
857.26, 115
860.27, 115
863.28, 115
866.29, 115
869.30, 115
872.31, 115
875.32, 115
878.33, 115
881.34, 115
884.35, 115
887.36, 115
890.37, 115
893.38, 115
896.39, 115
899.40, 115
902.41, 115
905.42, 115
908.43, 115
911.44, 115
914.45, 115
917.46, 115
920.47, 115
923.48, 115
926.49, 115
929.50, 115
932.51, 115
935.52, 115
938.53, 115
941.54, 115
944.55, 115
947.56, 115
950.57, 115
953.58, 115
956.59, 115
959.60, 115
962.61, 115
965.62, 115
968.63, 115
971.64, 115
974.65, 115
977.66, 115
980.67, 115
983.68, 115
986.69, 115
989.70, 115
992.71, 115
995.72, 115
998.73, 115
1001.74, 115
1004.75, 115
1007.76, 115
1010.77, 115
1013.78, 115
1016.79, 115
1019.80, 115
1022.81, 115
1025.82, 115
1028.83, 115
1031.84, 115
1034.85, 115
1037.86, 115
1040.87, 115
1043.88, 115
1046.89, 115
1049.90, 115
1052.91, 115
1055.92, 115
1058.93, 115
1061.94, 115
1064.95, 115
1067.96, 115
1070.97, 115
1073.98, 115
1076.99, 115
1079.00, 115
1082.01, 115
1085.02, 115
1088.03, 115
1091.04, 115
1094.05, 115
1097.06, 115
1100.07, 115
1103.08, 115
1106.09, 115
1109.10, 115
1112.11, 115
1115.12, 115
1118.13, 115
1121.14, 115
1124.15, 115
1127.16, 115
1130.17, 115
1133.18, 115
1136.19, 115
1139.20, 115
1142.21, 115
1145.22, 115
1148.23, 115
1151.24, 115
1154.25, 115
1157.26, 115
1160.27, 115
1163.28, 115
1166.29, 115
1169.30, 115
1172.31, 115
1175.32, 115
1178.33, 115
1181.34, 115
1184.35, 115
1187.36, 115
1190.37, 115
1193.38, 115
1196.39, 115
1199.40, 115
1202.41, 115
1205.42, 115
1208.43, 115
1211.44, 115
1214.45, 115
1217.46, 115
1220.47, 115
1223.48, 115
1226.49, 115
1229.50, 115
1232.51, 115
1235.52, 115
1238.53, 115
1241.54, 115
1244.55, 115
1247.56, 115
1250.57, 115
1253.58, 115
1256.59, 115
1259.60, 115
1262.61, 115
1265.62, 115
1268.63, 115
1271.64, 115
1274.65, 115
1277.66, 115
1280.67, 115
1283.68, 115
1286.69, 115
1289.70, 115
1292.71, 115
1295.72, 115
1298.73, 115
1301.74, 115
1304.75, 115
1307.76, 115
1310.77, 115
1313.78, 115
1316.79, 115
1319.80, 115
1322.81, 115
1325.82, 115
1328.83, 115
1331.84, 115
1334.85, 115
1337.86, 115
1340.87, 115
1343.88, 115
1346.89, 115
1349.90, 115
1352.91, 115
1355.92, 115
1358.93, 115
1361.94, 115
1364.95, 115
1367.96, 115
1370.97, 115
1373.98, 115
1376.99, 115
1379.00, 115
1382.01, 115
1385.02, 115
1388.03, 115
1391.04, 115
1394.05, 115
1397.06, 115
1400.07, 115
1403.08, 115
1406.09, 115
1409.10, 115
1412.11, 115
1415.12, 115
1418.13, 115
1421.14, 115
1424.15, 115
1427.16, 115
1430.17, 115
1433.18, 115
1436.19, 115
1439.20, 115
1442.21, 115
1445.22, 115
1448.23, 115
1451.24, 115
1454.25, 115
1457.26, 115
1460.27, 115
1463.28, 115
1466.29, 115
1469.30, 115
1472.31, 115
1475.32, 115
1478.33, 115
1481.34, 115
1484.35, 115
1487.36, 115
1490.37, 115
1493.38, 115
1496.39, 115
1499.40, 115
1502.41, 115
1505.42, 115
1508.43, 115
1511.44, 115
1514.45, 115
1517.46, 115
1520.47, 115
1523.48, 115
1526.49, 115
1529.50, 115
1532.51, 115
1535.52, 115
1538.53, 115
1541.54, 115
1544.55, 115
1547.56, 115
1550.57, 115
1553.58, 115
1556.59, 115
1559.60, 115
1562.61, 115
1565.62, 115
1568.63, 115
1571.64, 115
1574.65, 115
1577.66, 115
1580.67, 115
1583.68, 115
1586.69, 115
1589.70, 115
1592.71, 115
1595.72, 115
1598.73, 115
1601.74, 115
1604.75, 115
1607.76, 115
1610.77, 115
1613.78, 115
1616.79, 115
1619.80, 115
1622.81, 115
1625.82, 115
1628.83, 115
1631.84, 115
1634.85, 115
1637.86, 115
1640.87, 115
1643.88, 115
1646.89, 115
1649.90, 115
1652.91, 115
1655.92, 115
1658.93, 115
1661.94, 115
1664.95, 115
1667.96, 115
1670.97, 115
1673.98, 115
1676.99, 115
1679.00, 115
1682.01, 115
1685.02, 115
1688.03, 115
1691.04, 115
1694.05, 115
1697.06, 115
1700.07, 115
1703.08, 115
1706.09, 115
1709.10, 115
1712.11, 115
1715.12, 115
1718.13, 115
1721.14, 115
1724.15, 115
1727.16, 115
1730.17, 115
1733.18, 115
1736.19, 115
1739.20, 115
1742.21, 115
1745.22, 115
1748.23, 115
1751.24, 115
1754.25, 115
1757.26, 115
1760.27, 115
1763.28, 115
1766.29, 115
1769.30, 115
1772.31, 115
1775.32, 115
1778.33, 115
1781.34, 115
1784.35, 115
1787.36, 115
1790.37, 115
1793.38, 115
1796.39, 115
1799.40, 115
1802.41, 115
1805.42, 115
1808.43, 115
1811.44, 115
1814.45, 115
1817.46, 115
1820.47, 115
1823.48, 115
1826.49, 115
1829.50, 115
1832.51, 115
1835.52, 115
1838.53, 115
1841.54, 115
1844.55, 115
1847.56, 115
1850.57, 115
1853.58, 115
1856.59, 115
1859.60, 115
1862.61, 115
1865.62, 115
1868.63, 115
1871.64, 115
1874.65, 115
1877.66, 115
1880.67, 115
1883.68, 115
1886.69, 115
1889.70, 115
1892.71, 115
1895.72, 115
1898.73, 115
1901.74, 115
1904.75, 115
1907.76, 115
1910.77, 115
1913.78, 115
1916.79, 115
1919.80, 115
1922.81, 115
1925.82, 115
1928.83, 115
1931.84, 115
1934.85, 115
1937.86, 115
1940.87, 115
1943.88, 115
1946.89, 115
1949.90, 115
1952.91, 115
1955.92, 115
1958.93, 115
1961.94, 115
1964.95, 115
1967.96, 115
1970.97, 115
1973.98, 115
1976.99, 115
1979.00, 115
1982.01, 115
1985.02, 115
1988.03, 115
1991.04, 115
1994.05, 115
1997.06, 115
2000.07, 115

```

KUVA 29. Mittaustietoa aika(s), paikka(mm) ja voima(kN)

Tiedot on mahdollista siirtää muistikortille ja ladata tiedot Exceliin. Kuvassa 30 on esitetty tulosten graafista tarkastelua Excelissä. Vaaka-akseli on aika ja käyrinä laitteen avautuma millimetreinä ja voima.



KUVA 30. Mittaustiedot Excelissä

11 RISKIANALYYSI

Käyttäjän huolimattomuudesta tai testilaitteeseen kohdistuvien voimien vuoksi voi olla mahdollista että laiteesta irtoaa tai murtuu kappaleita. Myös testattavasta laiteesta saattaa hajota esimerkiksi levittimen varret, jotka murtuessa aiheuttavat vaaratilanteen. Hydraulikassa voi tulla vuotoja kovan paineen alla. Jos testilaitteessa tai testattavassa laiteessa havaitaan mitään poikkeavaa, on testi heti keskeytettävä ja hydraulikka päästettävä paineettomaksi. Testilaitetta käytettäessä on käytettävä asianmukaisia suojavarusteita. Silmien ja kuulon suojaaminen on välttämätöntä etenkin, jos levitinlaitteen koneikko on käytössä.

Koneen yksinkertainen rakenne ja liikkuvien osien vähyyks pienentävät merkittävästi koneen käyttöön liittyviä riskejä. Vaatimusten mukaan nämäkin riskit on kuitenkin analysoitava.

Testilaitteen käyttäjä altistuu käyttötilanteessa seuraaville vaaroille:

- puristumisvaara
- leikkautumisvaara
- viiltovaara
- korkeapaineisen nesteen suihkun tai tunkeutumisen vaara.
- sähköstä johtuvat vaarat
- melun aiheuttamat vaarat
- testilaitteesta tai levittimestä murtuvien osien sinkoaminen.

Puristumis-, leikkautumis- tai viiltovaara

Levittimen käyttäjä voi altistua kyseisille vaaroille testilaitteen käyttöalueella. Kyseinen alue on rungossa oleva levittimen leukojen aukko jossa sylinteriä tukeva kelkka liikkuu. Levitintä täytyy tukea testauksen ajan, jolloin riski käyttäjään kohdistuvasta puristumis-, leikkautumis- tai viiltovaarasta kasvaa.

Korkeapaineisen nesteen suihkun tai tunkeutumisen vaara

Korkeapaineisen nesteen suihku voi tunkeutua ihon läpi ja kulkeutua verenkiertoon aiheuttaen vakavan terveysriskin.

Sähköstä aiheutuvat vaarat

Testilaitteen sähkönsyötön johdotuksen reititys täytyy valita sellaiseksi, etteivät sähköjohdot voi puristua levittimen tai rungon alle aiheuttaen käyttäjälle sähköiskuvaaran. Testilaitteen sähkönsyöttöjohto on varustettu suojamaadoituksella, jolloin johtimien vaurioitumisen pitäisi laukaista vikavirtasuoja. Tämän riskin toteutumisvaara on hyvin vähäinen, mikäli testilaitetta käytetään ohjeistuksen mukaisesti.

Melun aiheuttama vaara

Testilaitteen sylinterin liike on lähes äänetöntä, mutta levittimen koneikko synnyttää melua toimiessaan.

Koska levittimen koneikkoa ei suunniteltu tämän työn yhteydessä, vaan koneikkona käytettiin valmista kaupallista komponenttia, ei erillistä melunmittausta tehty. Melun aiheuttama vaara on väistämätön riski.

Testilaitteesta tai levittimestä murtuvien osien sinkoaminen

Käyttäjän huolimattomuudesta, testilaitteesta ja/tai levittimestä murtuvien tai vaurioitumisesta aiheutuvien kappaleiden irtoamiset, voivat käyttäjään osuaan aiheuttaa kohtalaisia tai suuria vahinkoja.

Turvallisuusmääräysten vaikutus

Testilaitteeseen itsessään ei käyttöä häiritsemättä voitu liittää sellaista turvalaitetta, joka estäisi testilaitteen käytöstä syntyvän puristumisvaaran. Tällaisen turvalaitteen pitäisi estää käyttäjän pääsy sylinterin kelkan ja rungon väliin eli työkohtaan, jolloin levittimen asetus ja pito olisi mahdotonta.

Käyttöohjeissa tulee käydä läpi puristustapahtuman aiheuttamat riskit ja vaarat, kappaleiden sinkoamisen aiheuttavat tilanteet ja niistä aiheutuvat seuraukset sekä hydraulikkajärjestelmän paineesta aiheutuvat riskit ja vaarat.

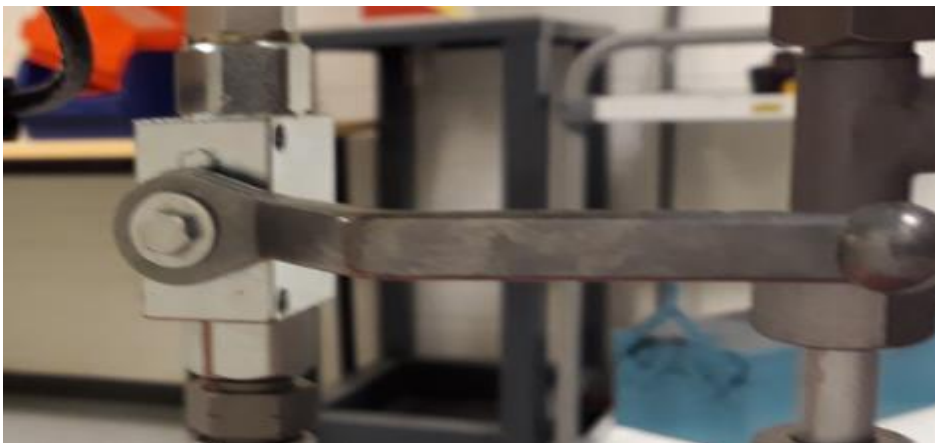
12 KÄYTTÖOHJE

Testilaitteen käyttö on tehtävä parityöskentelynä. Toinen henkilö käyttää ja tukee levitintä. Toinen henkilö säätää painetta paineenrajoitusventtiilillä sekä ohjaa Raspberryä.

Testilaitteen turvalliseen käyttöön on huomioitava puristumisvaara rungossa oleva levittimen leukojen aukko missä liikkuu sylinteriä tukeva kelkka. Hydraulikassa olevan korkeapaineisen nestein suihku voi tunkeutua ihon läpi ja kulkeutua verenkiertoon aiheuttaen vakavan terveysriskin.

Testilaitteen automaation sähkönsyöttöjohtojen reititys täytyy valita sellaiseksi, etteivät sähköjohtot voi puristua levittimen tai rungon väliin aiheuttaen käyttäjälle sähköiskuvaaraa. Testilaitteen sylinterin liike on lähes äänetöntä, mutta levittimen koneikko synnyttää melua toimiessaan. Testilaitteesta tai levittimestä murtuvien tai vaurioitumisesta johtuvien kappaleiden irtoamiset, voivat käyttäjään osuessaan aiheuttaa kohtalaisia tai suuria vahinkoja. Testilaitetta käytettäessä on käytettävä asian mukaisia suojarusteita. Etenkin silmien ja kuulon suojaaminen on välttämätöntä levitinlaitteen koneikon ollessa käynnissä.

Testi aloitetaan siten, että sylinteri tuodaan eteen, mikäli sylinteri on pohjassa, käyttämällä öljytankin päällä olevaa porakonepumppua. Kuvassa 31 näkyvän 2-tiepalloventtiilin varmistetaan olevan kiinni asennossa, sillä venttiilin ollessa auki öljy kulkeutuu takaisin tankkiin eikä sylinteri sen vuoksi liiku.



KUVA 31. 2-tiepalloventtiili

Kuvassa 32 näkyy, kuinka porakone asetetaan porakonepumppuun kiinni ja porakonetta pyöritetään myötäpäivään. Oikea suunta on tärkeä, sillä muuten pumppu pyörii väärään suuntaan eikä tuota sylinteriin painetta ja vaarana on myös pumpun rikkoutuminen. Porakonetta pyöritetään niin kauan, että sylinteri on edessä. Sylinteri saattaa liikkua nytkähdellen eteenpäin. Kättä ei saa laittaa kelkan eteen puristumisvaaran takia. Kun sylinteri on saatu eteen, voidaan porakone irrottaa pumpusta



KUVA 32. Porakone kiinni pumpussa

Kuvassa 33 näkyy testipenkin päädyn ja liikkuvan kelkan väliin jäävä rako, johon testattavan levittimen leuat asetetaan.



KUVA 33. Rako johon leuat asetetaan

Levitin asetetaan testipenkkiin pystyyn, siten että levittimen leuat vastaavat raon pohjalla oleviin tukirautoihin. Näin varmistetaan, että sylinterin kohdistuu kohti suora voima. (KUVA 34)



KUVA 34. Levitin testipenkissä

Kuvassa 35 on merkitty Raspberry tietokoneen ja paineenrajoitusventtiilin paikat laitteessa. Testin alussa testipenkissä oleva paineenrajoitusventtiili (1). pyöritetään kiinni asentoon. Raspberryssä (2) oleva testipenkkiohjelma käynnistetään mittaamaan levittimen sylinterille tuottamaa painetta, liikematkaa ja aikaa.



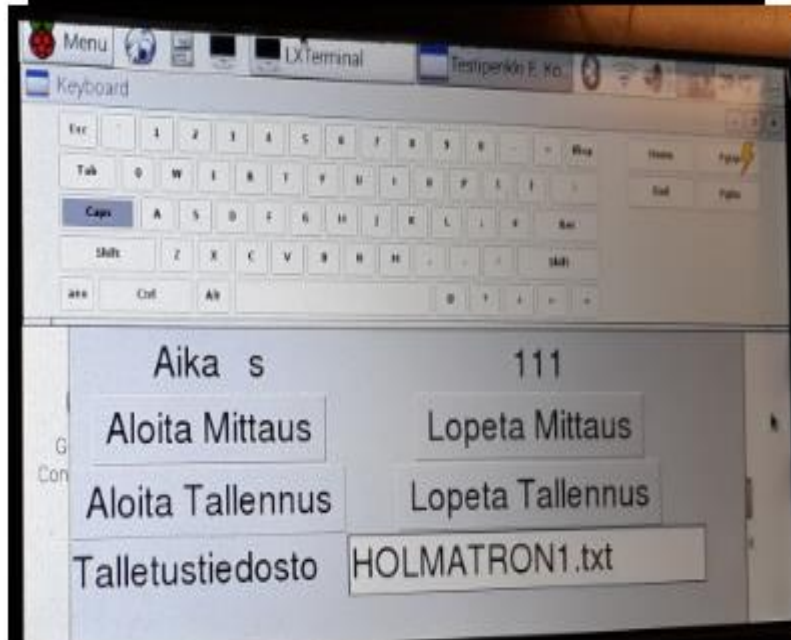
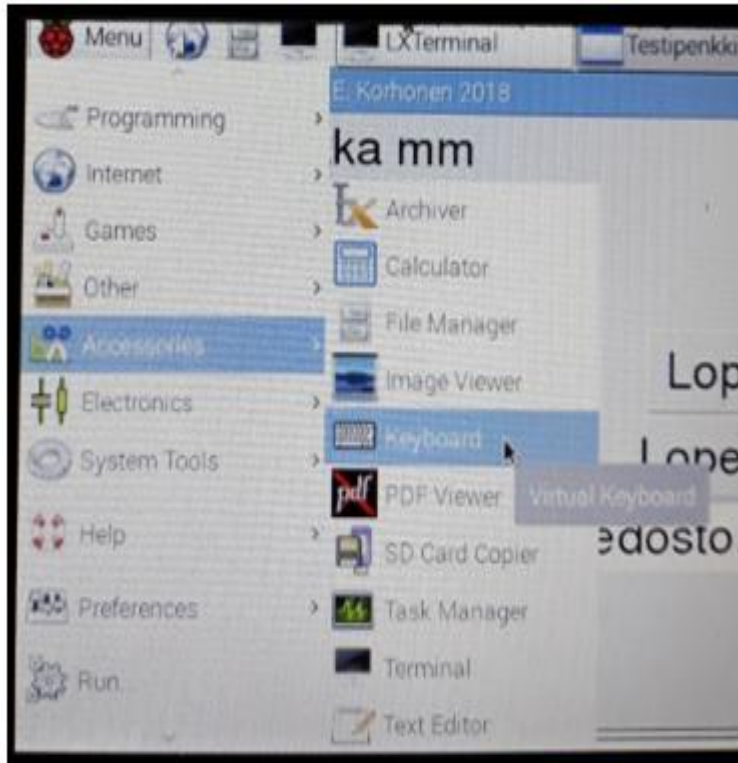
KUVA 35. Paineenrajoitusventtiili ja raspberry

Kuvassa 36 näkyvässä käyttöliittymässä testiohjelma käynnistetään klikkaamalla mustaa ruudukkoa kohdassa 1, sitten avautuu ohjelma testipenkki.



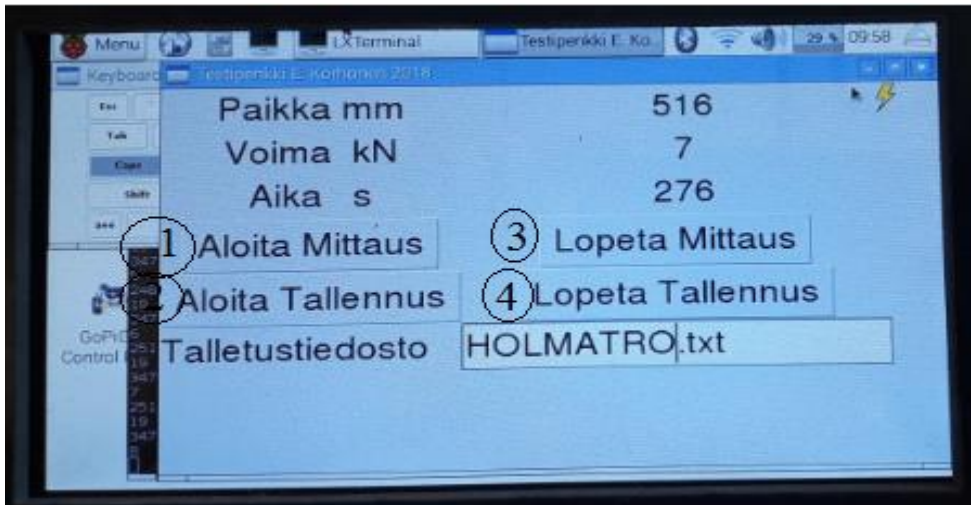
KUVA 36. Ohjelman käynnistys

Kun halutaan nimetä tallennustiedosto, klikataan kohtaa "edit" ja sieltä "accessories" ja "keyboard", jolloin saadaan näppäimistö käyttöön, jotta voidaan kirjoittaa haluttu tiedoston nimi ruutuun. (KUVA 37)



KUVA 37. Näppäimistön käyttö

Laitteisto käynnistyy mittaamaan voimaa ja paikkaa klikkaamalla kohtaa 1 Aloita Mittaus. (KUVA 38)

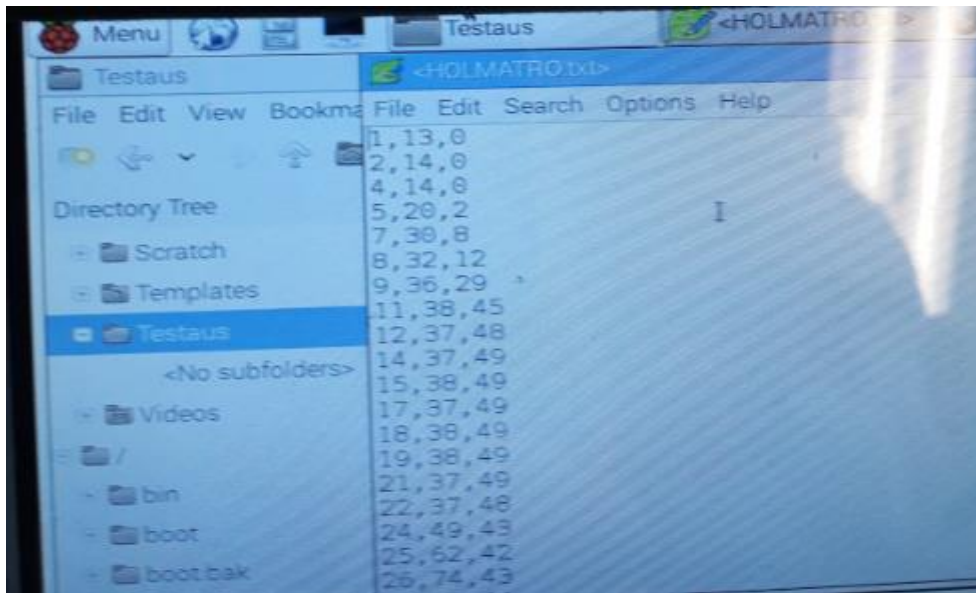


KUVA 38. Ohjelmiston käyttö

Sen jälkeen mittaustuloksia alkaa näkyä näytöllä. Ylimmällä rivillä on sylinterin paikka, laskettu siirtymä maksiasennosta, toisella paineesta laskettu sylinterin voima ja kolmannella aika mittauksen alkamisesta.

Mittaustulosten tallentaminen aloitetaan klikkaamalla kohtaa 2: Aloita Tallennus. Tämä tallentaminen aloitetaan ennen kuin levittimellä tehty testaus aloitetaan. Mittaustulokset kirjoitetaan testin aikana tekstitiedostoon, johon tulee jokaiselle riville kolme, pilkulla erotettua lukua. Ensimmäisellä rivillä on aika, sekunteina tallettamisen aloittamisesta (s). Toisena on paikka, sylinterin siirtymä maksimipituudesta (mm) ja kolmantena sylinterin paineen perusteella laskettu voima.

(KUVA 39)



KUVA 39. Mittaustulokset

Toisen käyttäjän aloittaessa levittimen testaamisen alkaa toinen käyttäjästä avata paineenrajoitusventtiiliä hitaasti. Levittimen leukojen alkaessa liikkua ei paineenrajoitusventtiiliä tarvitse enää avata. Mikäli kuitenkin halutaan tietoa joltakin paine- tai nopeusalueelta, säädetään paineet halutuiksi. Levittimen tuottama paine voidaan todeta painemittarista.

Levittimen annetaan avautua niin kauan, että sylinteri on pohjassa, eikä levitin voi enää näin ollen avautua. (KUVA 40)



KUVA 40. Testaus loppuvaiheessa

Tallennus lopetetaan klikkaamalla kohtaa 3, Lopeta Tallennus. Myös mittaus voidaan lopettaa klikkaamalla kohtaa 4, Lopeta mittaus. (KUVA 38)

Levitin vapautetaan testipenkistä. On huomioitava, että testilaitteen sylinteri voi palautua eteen jonkin verran myös tässä vaiheessa.

Näin testaus on päättynyt ja voidaan aloittaa testilaitteen valmistelut alusta.

13 TESTILAITTEEN HUOLTO

Testilaitteen kuluva ja vaihdettava osa on porakonepumppu, mutta muuten testilaitte on melko huoltovapaa. Pumpun vaihdon yhteydessä on hyvä vaihtaa myös hydraulisöljy. Hydraulisöljyn viskositeettina käytetään joko 32 tai 46. Mikäli pumpun toiminnassa on ongelmia, viskositeetin muuttaminen voi parantaa tilannetta. Testilaitetta rakennettaessa käytettiin viskositeetin 32 öljyä. Asianmukaisia suojarusteita on käytettävä öljyä käsiteltäessä.

Ennen pumpun vaihtoa on varmistettava avaamalla palloventtiili, että sylinteri ei ole pohjassa eikä järjestelmässä ole painetta testauksen jäljiltä. Kuvassa 41 näkyvästä säiliöstä avataan paluupuolen 1 ja painepuolen 2 hydrauliputket molemmista päistä ja irrotetaan ne öljysäiliöstä. Putkista tuleva öljy valutetaan astiaan. Öljysäiliö voidaan ottaa pois rungosta nostamalla se pois telineestä. Öljysäiliön kannesta avataan 8 kpl ruuveja. Pumpun (3) kiinnitysruuveja (4 kpl) ei saa vielä avata pumpun ympäriltä. Säiliö on täynnä öljyä, joten on varottava, ettei sitä roisku päälle irrotettaessa säiliönkantta (4) säiliöstä. Kansi voi olla tiukassa ensimmäisellä vaihtokerralla. Kannen avaamisen jälkeen vanhan öljyn voi kaataa pois säiliöstä sen kautta, sillä säiliössä ei ole erillistä tyhjennyspropua. Jäteöljyn oikeasta käsittelytavasta on huolehdittava.



KUVA 41. Öljysäiliö

Pumppu (3) irrotetaan kannesta (4) irrottamalla imu- ja painepuolen letkut (sijaitsevat säiliön sisällä) ja avaamalla 4 kpl ruuveja, jotka pitävät pumppua kiinni kannessa. Avaamalla 4 kpl ruuveja pumpun runko irtoaa sen kannesta, joten pumpun kansi pitää vielä poistaa öljysäiliön kannesta painamalla sitä alaspäin. Kuvassa 42 on uusi pumppu XMS 110 joka on hankittavissa IKH:lta (5). Irrotetaan pumpusta ruuvit akselin puolelta ja korvataan ne öljysäiliöstä aiemmin irrotetuilla ruuveilla. Pumpun kansi painetaan öljysäiliön kannessa olevaan reikään ja huolehditaan pumpun kasaamisesta oikein päin esimerkiksi tekemällä pieni merkki pumpunrungon ja pumpunkannen välille. Huolehditaan myös, että imu- ja painepuoli tulevat oikein päin laitettaessa pumppua öljysäiliön kanteen. Pumpussa on nuoli osoittamassa paineen suuntaan. Kiinnitetään imu- ja painepuolen letkut pumppuun.



KUVA 42. Porakonepumppu XMS110 (IKH)

Puhdistettu öljysäiliö täytetään hydrauliohjyllä, jota tarvitaan noin 6 litraa (öljyä ei saa olla liikaa). Huolehditaan, että tiiviste on ehjä ennen kuin kiinnitetään kansi säiliöön. Tiiviste uusitaan tarvittaessa, jolloin se leikataan itse tiivistearkista käyttämällä vanhaa tiivistettä mallina. Kiinnitetään öljysäiliön kansi säiliöön. Säiliö asetetaan telineeseen ja kiinnitetään aiemmin irrotetut hydrauliputket. Pumppu testataan ja tarkistetaan, että sylinteri tulee tarpeeksi eteen. Mikäli järjestelmässä on vielä ilmaa, voidaan joutua lisäämään öljyä säiliöön täyttökorkin kautta (öljyä ei saa lisätä liikaa). Varmistetaan, että sylinteri tulee perille asti. Sylinteri palautetaan taakse levittimellä jättäen palloventtiili ja säiliön täyttökorkki vielä tässä vaiheessa auki. Mikäli säiliössä on liikaa öljyä, tulee se tällöin säiliön täyttöaukosta ulos. Jäteöljy-astiaa on pidettävä säiliön alla, ettei ylivuotavaa öljyä pääse valumaan maahan. Täyttökorkki suljetaan ja varmistetaan, että missään ei ole vuotoja. Liitokset tiivistetään ja kiristetään tarvittaessa.

14 YHTEENVETO

Tavoitteena oli rakentaa palokaluston levittimien testauslaite, joka olisi helposti toteutettavissa, kohtuullisen hintainen ja helppokäyttöinen. Lisäksi testauslaitteen tuli olla turvallinen käyttäjälle ja kaikkiaan toimiva kokonaisuus. Laitteen rakentaminen ja suunnittelu onnistui hyvin, koska laite toimii suunnitellusti ja asetetut tavoitteet täyttyivät.

Testauslaitteissa käytössä olleesta levittimestä ei saatu yli 50 kN voimaa, vaikka vastusvoimaa olisi ollut tarjolla 300 kN:iin asti. Siksi tämän suhteen jäi mietityttämään laitevalmistajien ilmoitukset suurista levitysvoimista. Todennäköisesti testilaite on tässä suhteessa ylimitoitettu. Olisi voitu päästä pienemmällä sylinterillä ja paineella riittävään suureen vastusvoimaan levitintesteissä.

Ajankäyttö oli suurimmaksi osaksi suunnittelua, prototyyppien rakentelua ja testausta, 3D-mallinnusta, itse laitteen rakentelua, moneen kertaan laitteen purkamista ja kasaamista.

LÄHTEET

1. Spreader SP 555 E2. 2018. Lukas Hydraulik GmbH. Saatavissa:
https://rescue.lukas.com/spreaders_sp555_e2-path-4,30.html. Hakupäivä 3.5.2018.
2. Spreader SP 5260. 2018. Holmatro. Saatavissa:
<https://www.holmatro.com/en/vehicle-rescue/producten/32062-spreader-sp-5260.html?c=6>. Hakupäivä 28.5.2018
3. Spreader SP 53 BS. Weber Rescue System. Saatavissa:
<https://www.weber-rescue.com/en/produkte/hydraulische-rettungsgeraete/spreizer/spreizer-sp53bs.php>. Hakupäivä: 3.5.2018
4. Tekniikan kaavasto. 2010. Tampere: Tammertekniikka Oy.
5. IKH.fi. 2018. Verkkokauppa. Saatavissa:
<https://www.ikh.fi/fi/porakonepumppu-xms110>. Hakupäivä 24.5.2018
6. Kompo 2010. 2018. Saatavissa:
<https://kompo2010.wikispaces.com/Paineanturi>. Hakupäivä: 25.5.2018
7. Nestepaine. 2018. Saatavissa:
<https://www.nestepaine.fi/file/188481/fi/master>. Hakupäivä:28.5.2018

