

Turku taikomųjų mokslų universitetas  
Mechaninės ir gamybos technologijos mokymo programa  
Energetikos technologijų orientacijos galimybė  
Jouni Heikkinen

Vadovas Matti Heinäkari, DI

## OIL X-1R PRIEDAS HIDRAULIJOJE

Diplominis darbas

2002 metų rudenį

### TURINYS

#### SANTRAUKA

#### SANTRAUKA

|   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| 1. ĮVADAS.....  | 1 | 2                     |
| HIDRAULINIAI SKYSČIAI .....                             | 3 | 2.1                   |
| Mineralinės alyvos .....                                | 3 |                       |
| 2.2 Sintetinės alyvos .....                             | 4 | 2.3                   |
| Augaliniai aliejai .....                                | 4 | 2.4                   |
| Vanduo.....   | 5 | 2.5                   |
| Poveikis aplinkai ir hidraulinių skysčių šalinimas..... | 6 |                       |
| 3   |   |                       |
| HIDRAULIKOS   |   | NAUDOJIMO             |
| CHARAKTERISTIKOS.....                                   | 7 | 3.1 Srauto nuostoliai |
| .....   | 7 | 3.2 Apšilimas         |

|  |    |       |   |    |
|--|----|-------|---|----|
| .....  | 8  | 3.3   | Kavitacija  | 8  |
| hidraulikoje .....   | 8  | 3.4   | Hidraulinis   | 8  |
| triukšmas .....  | 10 |       |   |    |
| 3.4.1 Įvairių parametų įtaka siurblio triukšmo lygiui..... | 11 | 3.4.2 | Srauto garsai.....                                      |    |
| .....  | 12 | 3.4.3 | Triukšmo valdymas                                       |    |
| hidraulinėje sistemoje sistema .....                       | 12 |       |   |    |
| <br>   |    |       |   |    |
| 4 OIL X-1R PRIEDAS.....                                    | 14 |       |   |    |
| <br>   |    |       |   |    |
| 5 PRIEDO X-1R HIDRAULINĖJE SISTEMOJE BANDYMAS.....         | 16 | 5.1   |   |    |
| Bandymo stendas ir naudojami komponentai.....              | 16 | 5.2   | Mentelinis siurblys.....                                |    |
| .....  | 18 | 5.3   | Atvira sistema.....                                     |    |
| .....  | 19 | 5.4   |   |    |
| Bandymo metodas .....                                      | 20 |       |   |    |
| 5.4.1 Naudotos matavimo priemonės.....                     | 21 | 5.4.2 |   |    |
| Slėgio reguliavimas .....                                  | 21 |       |   |    |
| 5.4.3 Garso lygio matavimas.....                           | 23 | 5.4.4 | Temperatūrų matavimas....                               |    |
| .....  | 23 |       |   |    |
| 6 PRIEDŲ X-1R BANDYMAS SU DĖLĖJIMO BANDYMU .....           | 25 | 6.1   | Bandymo įranga .....                                    |    |
| .....  | 25 | 6.2   | Svirties mechanizmo sukuriamos jėgos.....               |    |
| .....  | 26 | 6.3   | Bandymo metodas .....                                   |    |
| .....  | 28 | 6.4   |   |    |
| Ritininio guolio matavimas ir kietumas .....               | 30 | 6.5   | Susidėvėjimo aukščio nustatymas .....                   |    |
| .....  | 31 |       |   |    |
| <br>   |    |       |   |    |
| 7  |    |       | REZULTATAI.....   |    |
| .....  | 33 | 7.1   | Hidraulinės sistemos temperatūros ir garso lygiai ..... | 33 |
| .....  | 33 | 7.2   | Jėgos, veikiančios ritinį guolį ir susidėvėjimas ...    | 36 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 8 REZULTATŲ APŽVALGA ..... | 37 |
| ŠALTINIAI .....            | .. |
| .....39 PRIEDAI            |    |
| SANTRAUKA                  |    |

Turku politechnikumas

Mechanikos inžinerijos studijų programa

Energijos technologijos pasirinkimas

Inžinerijos bakalauro baigiamasis darbas

Pavadinimas: X-1R alyvos priedas hidraulikoje

Autorius: Jouni Heikkinen

Komisijos narys: Esko Keihäs, MD, Oy U.S. Marine Diesel Imp.

Ltd Vadovas: Matti Heinäkari, MSc

Baigimo data: 2002 m. rudenį

Raktažodžiai: hidraulika, hidraulinė alyva, hidraulinis triukšmas

Ištirtas alyvos priedo X-1R poveikis hidraulinės sistemos eksploatacinėms charakteristikoms ir guolio metalo susidėvimui pakrovimo įrenginyje. Anksčiau X-1R priedas buvo tiriamas atliekant įvairius bandymus. Šiame tyrime pagrindinis dėmesys buvo skiriamas hidraulinei sistemai, kuri tokiomis aplinkybėmis nebuvo išsamių tyrimų objektas.

Hidraulinėje sistemoje buvo matuojamos skirtingų komponentų temperatūros ir hidraulinio siurblio triukšmo lygis esant 3 skirtingiems slėgio lygiams. Šie bandymai buvo atlikti tiek su X-1R priedu, sumaišytu teisinga proporcija su hidrauline alyva, tiek be priedo. Antruoju bandymo metodu ritininio guolio dalis buvo apkraunama svirties mechanizmu. Gautas ritininio guolio susidėvimas buvo išmatuotas matavimo mikroskopu.

Rezultatai parodė, kad naudojant X-1R priedą sumažėjo hidraulinės sistemos temperatūra ir iš esmės sumažėjo ritininio guolio susidėvimas. Taip pat žymiai sumažėjo hidraulinio siurblio triukšmo lygis.

Šis tyrimas rodo, kad alyvos priedas X-1R sumažina trintį ir temperatūrą hidraulinėje sistemoje.

## SANTRAUKA

Universitetas Turku University of Applied Sciences

Ugdymo programa Mechaninė ir gamybos technologija

Orientavimosi galimybė Energijos technologija

Autorius Jouni Heikkinen

Pareigos pavadinimas Alyvos X-1R priedas hidraulikoje.

Laikas 2002 m. ruduo

Darbo pobūdis Inžinerinis darbas

Užsakė TJ. Esko Keihäs, Oy U.S. Marine Diesel Imp. Ltd Vadovas

Matti Heinäkari, inžinerijos magistras

Raktiniai žodžiai hidraulika, hidraulinė alyva, hidraulinis triukšmas

Šiame darbe buvo ištirtas alyvos priedo X-1R poveikis hidraulinės sistemos eksploatacinėms charakteristikoms ir guolio metalo susidėvimui apkrovos įrangoje. Anksčiau X-1R papildas buvo tiriamas daugelyje skirtingų tyrimų. Šiame tyrime pagrindinis dėmesys buvo skiriamas hidraulinei sistemai, kuri anksčiau nebuvo plačiai ištirta tokiomis sąlygomis.

Hidraulinėje sistemoje generuojamos komponentų temperatūros ir hidraulinio siurblio triukšmas buvo matuojamas esant 3 skirtingiems slėgio lygiams. Šie tyrimai buvo atlikti be X-1R ir šis priedas sumaišytas teisingu santykiu su ta pačia hidrauline alyva. Antruoju bandymo metodu ritininio guolio ritinys buvo apkraunamas naudojant svirties mechanizmą. Gautas ritininio guolio susidėvimas buvo stebimas matavimo mikroskopu.

Tyrimas parodė, kad naudojant X-1R priedą sumažėjo hidraulinės sistemos darbinės temperatūros ir žymiai sumažėjo ritininių guolių susidėvimas. Poveikis hidraulinio siurblio keliamam triukšmui taip pat buvo žymiai mažesnis.

Šis tiriamasis darbas rodo, kad aliejuje esantis priedas X-1R sumažina trintį ir susidarančias temperatūras hidraulinėje sistemoje. Daugelio darbo vietų darbo sąlygas galėtų smarkiai paveikti hidraulinių sistemų triukšmo lygio mažinimas, jose naudojant X-1R priedą.

## 1. ĮVADAS

Šio tiriamojo darbo užsakovas – Oy U.S. Marine Diesel Imp. Ltd, kuri yra vienintelė X 1R degalų ir alyvos priedų bei tepalų importuotoja Suomijoje ir kurios biuras yra Turku. Šis produktas kilęs iš JAV. Įmonė ten veikia kaip X-1R Corporation, o jos būstinė yra Floridoje.



1 pav. X-1R priedų importo būstinė Turku

Rinka siūlo didelį įvairių gamintojų hidraulinių alyvų rūšių pasirinkimą – nuo mineralinių alyvų iki aplinkai nekenksmingos biohidraulinės alyvos. Su šiais aliejais sumaišyti priedai, gerinantys jų eksploatacines savybes, tapo ne tokie svarbūs. Todėl šiame darbe trumpai aprašome skirtingas hidraulinės alyvos savybes ir eksploatacines charakteristikas, kurias pravartu žinoti prieš skaitant tyrimą.

Apskritai hidrauliniai siurbliai yra garsūs. Darbinė temperatūra taip pat turėtų išlikti

žema. Tai yra gera priežastis ištirti X-1R priedo poveikį hidraulinėje sistemoje sukuriama triukšmui ir temperatūrai. Kaip tyrimo metodas triukšmui matuoti naudojamas tikslus garso lygio matuoklis, temperatūra stebima tiek rankiniu, tiek skaitmeniniu būdu. Beveik visi hidrauliniai siurbliai turi ir guolius, kurie yra sutepti hidrauline alyva. Todėl šis tyrimas apima guolio metalo nusidėvėjimo testą, kuris parodo X-1R priedo svarbą guolio metalo dilimui. Čia naudojamas tyrimams pagamintas svirtinio mechanizmo įrenginys, kuris dėl savo mažo dydžio gali būti naudojamas ir kaip demonstracinis įrenginys.

Šie 2 tyrimo metodai papildo vienas kitą ir paverčia šį darbą viena didesne visuma. Pats parengiau visus darbo etapus, tyrimo planą ir ataskaitas. Taigi, svarbiausias tikslas – gauti tyrimų rezultatus, kurie duoda patikimus rezultatus apie priedo svarbą hidraulikoje. Šis tyrimas turėjo teigiamos įtakos mano nuomonei ir supratimui apie aptariamą priedą. Šis išbandytas produktas taip pat yra nekenksmingas aplinkai.

## 2 HIDRAULINIAI SKYSČIAI

Šiandieninis hidraulinis skystis reikalauja daug. Tačiau pagrindiniai reikalavimai išliko beveik tie patys, tik išaugo specifiniai pritaikymo reikalavimai, tokie kaip nedegumas, ekologiškumas ir arktinių sąlygų trukmė. Svarbiausia hidraulinės įrangos patvarumo skysčiui reikalinga savybė yra tai, kad skystis gerai sutepa. Skysčio tepimo savybės turi būti pakankamos, kad sumažintų trintį ir ant tepamo objekto išlaikytų skysčio plėvelę, kad būtų išvengta nusidėvėjimo. Taip pat skysčio savybės turi išlikti kuo stabilesnės, nepaisant eksploatavimo sąlygų skirtumų. (1, 109 p.)

Hidraulinėje sistemoje pagrindinė skysčio funkcija yra perduoti energiją iš siurblio į pavarą. Be to, skystis sutepa ir aušina sistemą, apsaugodamas komponentus nuo rūdžių. Tekant per sistemą skystis perneša jame susidariusias priemaišas į filtrą ir sumažina sistemos vamzdynuose bei rezervuare susidarančią šilumą (2, p.232). Bendras hidraulinės sistemos efektyvumas yra apie 85% net geriausiu atveju; todėl kalbama apie didelį šilumos kiekį, kuris turi būti išsklaidytas. (1, 109 p.)

### 2.1 Mineralinės alyvos

Dauguma hidraulinėse sistemose naudojamų skysčių yra mineralinės alyvos. Bazinė alyva gaminama iš kruopščiai atrinktos žalios naftos, kurios cheminė sudėtis ir rafinavimo laipsnis skiriasi. Mineralinių alyvų savybių pakanka, kaip ir daugelyje

įprastų naudojimo situacijų, tačiau išaugus reikalavimams, alyvų savybės sustiprinamos įvairiais priedais. (2, p. 233.)

Mineralinės alyvos pagrindu pagaminti hidrauliniai skysčiai yra beveik be problemų dėl sandarinimo medžiagų, tačiau, pvz., butilas ir natūrali guma, netinka. Su metalais tinka ir mineralinės alyvos, kurios reaguoja tik išskirtiniais atvejais. Šią reakciją taip pat sukelia kai kurie aliejuje esantys priedai. Todėl naudojant mineralines alyvas sistemoje naudojamas medžiagas galima pasirinkti gana laisvai. (1, p.114.)

Įprastomis sąlygomis galima naudoti mineralines alyvas, tačiau, pavyzdžiui, įvairiose gaisro pavojaus zonose naudojami kiti skysčiai nei mineralinės alyvos. (1, p.114.)

## 2.2 Sintetinės alyvos

„Šiandien naudojami tepaluose ir hidrauliniuose skysčiuose naudojami sintetiniai angliavandeniliai dažniausiai reiškia poli-alfa-olefinus. Jie gaminami naudojant cheminį procesą iš etileno, kuris gaunamas iš pvz. iš žalios naftos distiliavimo ir terminio krekingo būdu. Cheminiame procese galutinis produktas turi visiškai kontroliuojamą izoparafininę molekulinę struktūrą, kuri, palyginti su mineralinėmis alyvomis, turi keletą reikšmingų pranašumų. (1, p.115.)

Sintetinės alyvos pasižymi geru atsparumu oksidacijai ir karščiui bei geromis klampumo savybėmis. Jų sklandumas išlieka labai žemoje temperatūroje ir labai gerai išsilaiko šaltomis sąlygomis (2, p.236.)

## 2.3 Augaliniai aliejai

Labiausiai paplitusi hidraulinė alyva augalinio aliejaus pagrindu yra naminių rapsų aliejus. Jis turi keletą savybių, kurios priklauso geram tepalui. Jis gerai atlaiko mechaninį įtempimą, nekeičiant savo klampumo verčių ir turi mažą trinties koeficientą. Rapsų aliejus tiekiamas su tokiais pačiomis klampumo vertėmis kaip ir mineralinės alyvos. Naudojant, nustatyta, kad augalinio aliejaus temperatūra praktiškai išlieka 10 – 15 laipsnių°C žemesnė nei mineralinių alyvų temperatūra. Tai sumažina trūkumus, atsirandančius dėl skysčio kaitinimo karštomis sąlygomis. Kita vertus, trūkumas yra tas, kad jie dėmė, t.y. sunkiau pašalinamos išdžiūvusios aliejaus dėmės. Augalinio aliejaus kaina yra didesnė nei mineralinio aliejaus. (2, p. 234.)

Pagal bendrąsias tepimo savybes augalinio aliejaus pagrindu pagaminti hidrauliniai skysčiai yra labai artimi tradiciniams hidrauliniams skysčiams, kai kuriais atvejais netgi geresni. Taip yra dėl ilgų riebalų rūgščių anglies grandinių. Tepalinėms savybėms įtakos turi ir riebalų poliškumas. Dėl gerų sukibimo savybių jie sudaro patvarią tepimo plėvelę ant tepamo paviršiaus. (2, p. 233.)

Augalinis aliejus turi aukštą klampos indeksą ir jų klampos indeksas nėra taip priklausomas nuo slėgio ir temperatūros, kaip mineralinių aliejų. Jie taip pat turi geresnio tepimo ir bazinės alyvos netoksiškumo pranašumus. Kita vertus, augalinių aliejų šaltosios savybės yra prastesnės nei mineralinių, be to, jie greičiau sensta. Blogąsias alyvų puses galima pagerinti naudojant priedus, tačiau kartu jie praranda netoksiškumą, nes dauguma priedų yra toksiški. Tačiau augaliniam aliejui akivaizdžiai reikia mažiau priedų nei mineraliniams, todėl jie yra ekologiškiausi. Įprastomis sąlygomis augaliniai aliejai savo naudojimo savybėmis iš esmės atitinka mineralinius aliejus. (3, p.81.)

Augalinio aliejaus pagrindu pagamintų hidraulinių alyvų trūkumai buvo jų prastos savybės šaltai ir trumpesnis tarnavimo laikas nei mineralinių alyvų. Kalbant apie sandariklius, augalinio aliejaus pagrindu pagaminti aliejai nėra problema, tačiau sugedęs augalinis aliejus gali ėsinti kai kurias medžiagas. (2, p. 233.)

#### 2.4 Vanduo

Grynas vanduo be priedų yra paprasčiausias ir pigiausias hidraulinis skystis. Jis nedega, neteršia aplinkos, o kylant temperatūrai jo klampumas per daug nesikeičia. Tačiau naudojant vandenį kyla problemų, jis rūdija ir oksiduoja, šaltyje užšąla. Mažas klampumas sukelia didelių komponentų, kurių prošvaisa yra normali, nuotėkį, taip pat tepimo sunkumų. Dėl to komponentai, ypač siurbliai ir varikliai, labai susidėvi. (3, p.81.)

Siekiant išvengti šių trūkumų, vandens hidraulinėse sistemose naudojami komponentai turi būti pagaminti iš vandeniui atsparių medžiagų. Tam tinka nerūdijantis arba rūgštims atsparus plienas, žalvaris, keramika ar plastikas. Siekiant išvengti nuotėkio, vandens sistemoms skirtuose komponentuose turi būti naudojami mažesni tarpai nei, pavyzdžiui, komponentuose, skirtuose mineralinės alyvos sistemoms. (3, p.82.)



Vanduo naudojamas kaip hidraulinis skystis dėl jo netoksiškumo ir ekologiškumo, pavyzdžiui, maisto pramonėje ir atviroje jūroje. (3, p.82.)

## 2.5 Poveikis aplinkai ir hidraulinių skysčių šalinimas

Panaudoti hidrauliniai skysčiai priklauso pavojingoms atliekoms ir turi būti tinkamai utilizuoti. Mineralinės ir sintetinės alyvos šalinamos kaip ir kitos naudotos alyvos. Augalinio aliejaus pagrindu pagamintą hidraulinę alyvą utilizuoti yra kiek lengviau, nes bazinė alyva suyra gamtoje ir nekenkia aplinkai. Šiuose aliejuose esantys priedai dažnai kenkia gamtai, į ką būtina atsižvelgti juos utilizuojant. Jei priedai yra kenksmingi gamtai, alyvos turi būti išmestos, kaip ir mineralinės alyvos skysčiai. Kai kurias emulsijas ir sintetinius skysčius sunkiau išmesti, nes jų sudedamąsias dalis sunku atskirti vienas nuo kito. (2, p. 238.)

Sunkiai užsidegančius hidraulinius skysčius pašalinti sunkiau nei kitus skysčius. Skysčius, sudarytus iš vandens ir cheminių mišinių, lengviau išmesti. Kadangi šių skysčių cheminiai mišiniai yra natūraliai skaidūs. Taigi kai kuriais atvejais juos galima pilti į kanalizaciją nedidelėmis partijomis. Tai leidžiama tik tuo atveju, jei buvo prašoma leidimo. (1, 120 p.)

Kaip minėta aukščiau, panaudoti hidrauliniai skysčiai priklauso pavojingoms atliekoms. Todėl juos utilizuojant reikia vadovautis galiojančiais įstatymais ir reglamentais. Hidraulinio skysčio naudotojas, rengdamas su atliekų tvarkymu susijusius planus, turi susisiekti su valdžios institucijomis. (1, p. 121.)

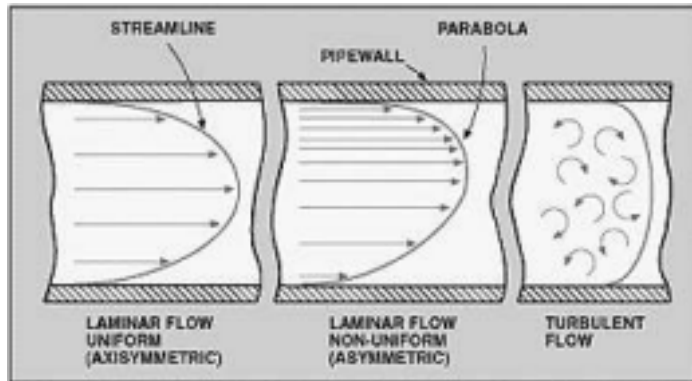
## 3 HIDRAULIKOS NAUDOJIMO SAVYBĖS

Hidraulinės sistemos veikimo charakteristikos reiškia fizinius hidraulinės sistemos pokyčius, tokius kaip šildymas ir triukšmas. Visos sistemos turi daugiau ar mažiau šių savybių. Taip pat gali atsirasti kavitacija, o tai nepageidautina. Jų atsiradimą galima sumažinti pasirinkus kokybiškus komponentus ir hidraulines alyvas. Į hidraulinę alyvą dedami priedai taip pat turi didelį poveikį.

### 3.1 Srauto nuostoliai

Srauto nuostoliai atsiranda hidraulinėse sistemose, kurias galima suskirstyti į dvi

grupės. Tekant skystis trina į vamzdžio sienelės, tai vadinama trinties nuostoliais. Pakeitus srauto kryptį ar greitį, atsiranda vienkartinį nuostolių. Nuostoliai sukelia slėgio kritimą sistemoje, nes srauto energija virsta šiluma. (2, 109 p.)



2 pav. Laminarinis ir turbulentinis srautas vamzdyje

Laminariniame sraute atsparumas trinčiai priklauso tik nuo Reinoldso skaičiaus, kuriam įtakos neturi, pvz., vamzdžio paviršiaus šiurkštumas. Turbulentiniame sraute atsparumą trinčiai taip pat veikia vamzdžio vidinio paviršiaus šiurkštumas ir skersmuo. (2, p.109). Tačiau srautas dažniausiai yra laminarinis tik mažuose ir ilguose vamzdžiuose. Dažniausiai hidraulinėse sistemose srautas yra turbulentinis. (3, p.51.)

### 3.2 Apšilimas

Dėl galios nuostolių hidraulinėje sistemoje susidaro šiluma, kurią reikia pašalinti iš sistemos. Jei iš sistemos susidaro daugiau šilumos, nei galima pašalinti, galios nuostoliai didėja dėl prastėjančio tepimo ir didėjančio nuotėkio. Jai šylant mažėja alyvos tarnavimo laikas ir kartu mažėja visos sistemos veikimo patikimumas. Normali hidraulinės sistemos darbinė temperatūra yra 35–65 laipsniai°C. Naudojant sintetinius hidraulinius skysčius, temperatūra gali būti gerokai padidinta. Šiuo atveju reikia pažymėti, kad medžiagos gali atlaikyti aukščiausią darbo temperatūrą. (2, p. 117.)

Jei sistema yra nepertraukiama, t.y. ji veikia visą laiką, tuomet ypač svarbu, kad iš sistemos išeitų tiek pat šilumos, kiek ji sukuria. Jei sistema vienu metu veikia tik tam tikrą laiką, retkarčiais sustodami, turite užtikrinti, kad darbo pabaigoje temperatūra būtų leistinose ribose. (2, p. 117.)

Gali praėti kelios valandos, kol hidraulinė sistema pasieks darbinę temperatūrą. Todėl alyvos ir jos liečiamų metalinių dalių šilumos perdavimas turi būti subalansuotas su į

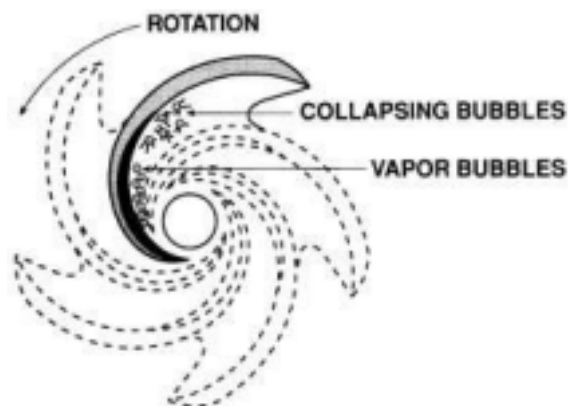
alyvą patenkančiu šilumos srautu. (1, p.31.)

### 3.3 Hidraulikos kavitacija.

Kavitacija atsiranda, kai tekančio vandens skysčio slėgis nukrenta iki garavimo slėgio, t.y. skystis užverda. Šis reiškinys gali pasireikšti nepriklausomai nuo temperatūros. Tūriniuose siurbliuose slėgio kritimą sukelia didelis skysčio greitis, skysčio masės pagreitis ir siurbimo kanalų srauto pasipriešinimo poveikis. Skysčiui išgaravus, siurblio darbinė kamera siurbimo ciklo metu tik iš dalies užpildoma alyva, o likusi dalis – garais. Nepageidaujamas poveikis yra tūrio srauto sumažėjimas ir tuo pačiu kitų našumo verčių sumažėjimas. Taigi, didėjant slėgiui, garų burbuliukai susiduria, todėl lokaliai susidaro labai aukštas slėgis. Dėl to pažeidžiami skystį supantys metaliniai paviršiai, ty atsiranda kavitacinė erozija. Dėl erozijos šiurkštus paviršius gali įstrigti, nes susilpnėja tepimas. Poveikiai siurbliui ir vamzdynams sukelia apkrovas ir vibracijas su garso efektais. (1, 65 p.)

Kavitacijos tipus galima išskirti pagal tai, kaip vyksta slėgio mažinimas:

1. Judanti kavitacija, kai burbuliukai juda kartu su srautu, pvz., srauto mašinos sparnuotėje.
2. Kietoji kavitacija atsiranda, pvz., vožtuve, kai srautas atsiskiria nuo kietos sąsajos arba sudaro ertmę.
3. Sūkurinė kavitacija atsiranda sūkurio centre, pvz., turbinos įsiurbimo vamzdyje arba sparno užpakaliniame krašte.



3 pav. Garų burbuliukai sraigto mentėje, atsirandantys dėl kavitacijos

4. Virpesių kavitaciją sukelia nuolatinės didelės amplitudės ir aukšto dažnio slėgio bangos, pvz., kai kuriuose kavitacijos bandymo įrenginiuose. (4, p.31.)

Hidraulinių alyvų garavimo slėgis yra labai žemas, pvz., 50 laipsnių temperatūroje °C mažesnis nei 1 Pa. Praktiškai aliejuje visada yra oro burbuliukų ir ištirpusio oro. Prasidėjus slėgiui, ištirpęs oras taip pat išeina burbuliukų pavidalu, sukeldamas į kavitaciją panašų reiškinį, vadinamąjį oro burbuliukų kavitacija, net alyvai dar neišgaravus. Kalbant apie eroziją, tai nėra tokia žalinga kaip tikroji kavitacija, nes oras slopina smūgį. Slėgiui sparčiai kylant, oro burbulas įkaista adiabiatiškai, todėl alyva genda ir kartais užsidega oro ir dujų mišinys. Todėl kavitacijos išvaizda ir poveikis priklauso nuo oro kiekio aliejuje. Kavitacijos ribos negali būti nustatytos taip tiksliai, kaip, pavyzdžiui, vandens siurbliuose, nes klampumo poveikis yra toks reikšmingas. (1, 65 p.)

### 3.4 Hidraulinis triukšmas

Pagrindinė hidraulinio triukšmo priežastis yra skysčio paviršiaus arba dujų erdvės, besiribojančios su skysčiu arba mechanine struktūra, vibracija. Tai sukuria bangų judėjimą aplinkiniame ore. Garso stiprumas priklauso nuo vibracijos amplitudės. (4, p.33.)

Mechaniniuose įrenginiuose skystis paprastai teka uždaroje erdvėje, todėl triukšmas negali patekti tiesiai iš skysčio į orą. Tada triukšmo generavimas pagrįstas supančios konstrukcijos paviršiaus vibracija. (4, p.33.)

Dažniausia hidraulinių mechanizmų triukšmo priežastis yra slėgio vibracijos, kurių pagrindinis šaltinis yra hidraulinis siurblys. Triukšmas slėgio virpesių pavidalu per skystį perduodamas per visą dujotiekio ilgį ir atsispindi nuo jo kaip triukšmas. Tuo pačiu metu dujotiekis vibruoja, o tai anksčiau ar vėliau sukelia skysčio nutekėjimą.(7)

Kaip minėta aukščiau, siurblys yra svarbiausias triukšmo šaltinis hidraulinėje sistemoje, taigi ir svarbiausias triukšmo kontrolės objektas.

Siurblyje triukšmas generuojamas įvairiais būdais:

- mechaniškai elektros variklyje, sankaboje, riedėjimo guoliuose ir įvairiuose

atskiruose komponentuose

- slenkant hidraulinio skysčio slėgio pokyčiams

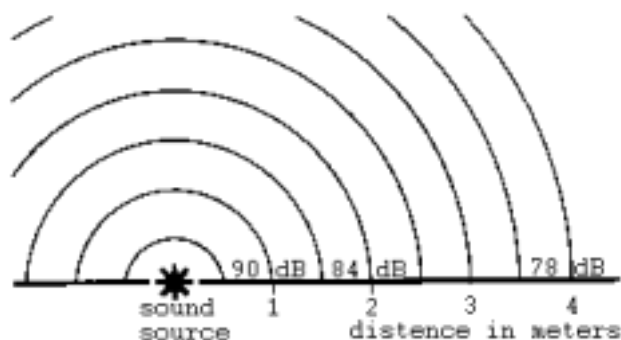
- kai susiduria oro ir garų burbuliukai (kavitacija). (1, p.64.)

Hidraulinio skysčio slėgio pokyčiai pirmyn ir atgal sukuria mechaninės konstrukcijos deformacijas. Dėl susidariusios paviršiaus vibracijos aplinkiniame ore susidaro slėgio bangos, kurias ausis suvokia kaip triukšmą. (1, p.64.)

Kavitacijos sukeltos lokaliai trumpalaikės slėgio smailės sklinda per konstrukcijos sienelę įtempių bangų pavidalu. Stochastiškai kartodami jie sukelia hidraulinio srauto mašinoms būdingą traškėjimą. Hidrauliniuose vožtuvuose fiksuota kavitacija sukuria nuoseklesnį užesį ar verkšlenimą, kai atskiri smūgiai yra neatskiriami. Kavitacijos triukšmas taip pat apima aukštus garsus, kurių žmogaus ausis negali atskirti. (4, 34 p.)

3.4.1 Įvairių parametų įtaka siurblio triukšmo lygiui.

Svarbūs parametrai, susiję su siurbliu, yra darbinis tūris, sukimosi greitis ir slėgio lygis. Šių dydžių poveikis triukšmui buvo ištirtas daugelyje kontekstų ir buvo pasiekti šie rezultatai. Galia didėja ta pačia proporcija kaip ir kintamasis dydis. Didėjant cirkuliaciniam tūriui, didėja ir triukšmo skleidžiamo paviršiaus plotas bei slėgio svyravimų veikiamas plotas. Kai cirkuliacinis garsumas padvigubėja, triukšmo lygis padidėja maždaug 3 dB. Todėl toks pat triukšmo lygio padidėjimas sukliamas, jei vietoj vieno siurblio naudojami 2 panašūs siurbliai. Taip yra dėl logaritminės decibelų skalės. Didėjant slėgio lygiui, didėja ir konstrukcijas veikiančios jėgos, o skystos masės judesiai vyksta didesniu pagreičiu. (4, p. 46.)



4 pav. Atstumo įtaka garso lygio slopinimui

Sukimosi greičio pokytis turi didelę įtaką triukšmo generavimui. Didėjant greičiui, konstrukcijos judesiai pagreitėja ir greičiau atsiranda pradinis pagreitis ir galutinis lėtėjimas. Judančių dalių kinetinė energija yra proporcinga 2-ajai greičio galiai. Tai sukelia jėgos poveikio padidėjimą kontaktiniuose taškuose krypties pasikeitimo momentu. Tačiau didžiausia greičio padidėjimo reikšmė yra ta, kad ašis ir bazinis dažnis didėja kartu su sukimosi greičiu. Matuojant triukšmą A-svertiniu būdu, dažnio komponentas, sukeliantis stipriausią triukšmą, juda link dažnių diapazono, kuriame žmogaus ausis yra jautriausia. (4, p. 47.)

#### 3.4.2 Srauto garsai

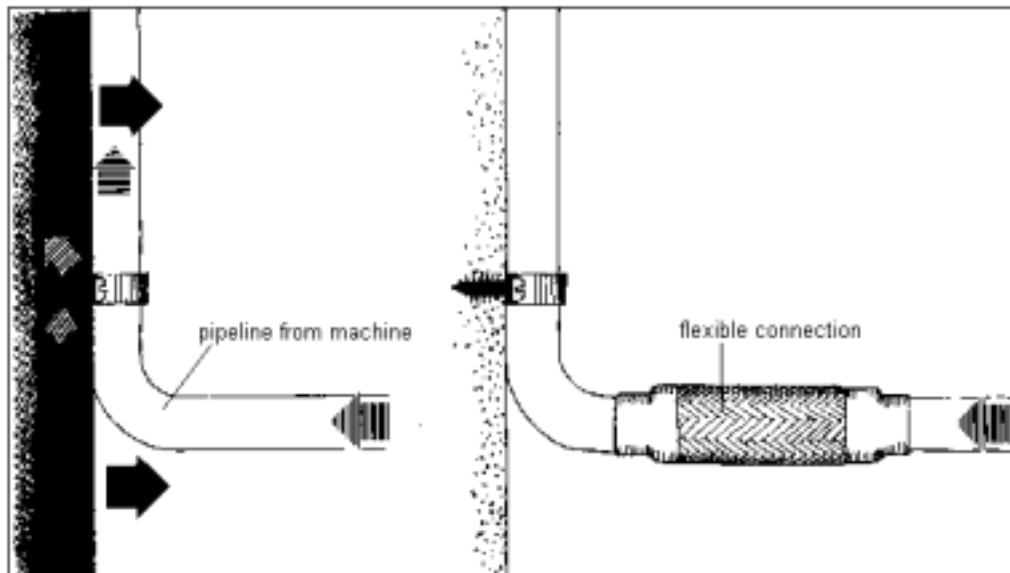
Dujų ir skysčių srautai kartais sukelia stiprų triukšmą. Garso garsumas paprastai didėja labai greitai, kai didėja srauto greitis. Šiuo atveju kinetinė energija yra paverčiama garso energija su geresniu efektyvumu. Skysčių srautuose garso virpesiai sukuriama taip pat, kaip ir dujų srautuose. Skysčio viduje sklindantis garsas žmogui kenksmingas tik tada, kai jis virsta oro garsu. Tai vyksta per paviršius, kurie dėl skysčio garso vibruoja. (5, p. 36.)

Kai skystis vamzdyje teka lėtai, srautas yra laminarinis. Didėjant greičiui skystyje pradeda kurtis sūkuriai, o tai reiškia stiprų vibracijos energijos padidėjimą garso diapazone. Tačiau tiesiame ir lygiame vamzdyje sūkurių sukeliama garso energija dažniausiai nekenkia, nebent greičiai būtų labai dideli. Patys žalingiausi triukšmo šaltiniai atsiranda tik tada, kai srautas yra kažkaip slopinamas. Tokiu atveju sukuriama vietinės greičio viršūnės ir su tuo susijusi didelė turbulencija. Jei slėgis droselio taške nukrenta pakankamai žemai, atsiranda kavitacijos reiškinys. Dėl to triukšmo lygis dažnai padidėja daugiau nei 10 dB. (5, 37 p.)

#### 3.4.3 Triukšmo slopinimas hidraulinėje sistemoje.

Triukšmas daugiausia sklinda per orą, skystas ir mechanines struktūras, todėl į visas šias problemas reikia atkreipti dėmesį. Tinkamai padėjus siurbli, galima sumažinti oru sklindantį triukšmą. Taip pat galima naudoti kapsuliavimą, tačiau tai gali sukelti šildymo problemų. Mechaninę pažangą galima sustabdyti sumontavus siurbli ir variklius ant slopinimo platformos. Vamzdžių keitimas į žarnas taip pat slopina

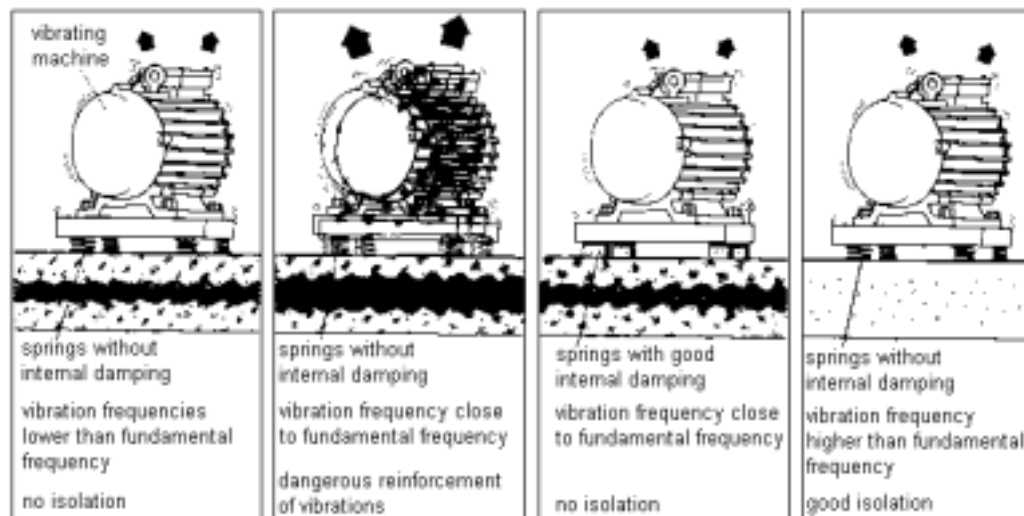
triukšmą, todėl sumažėja slėgio pulsacija ir nutrūksta sklidimo kelias vamzdžio sienelėmis. Alyvos bakas yra galinga aido kamera, todėl sumontavus siurblių ant denio padidėja triukšmas. Siurblio tūrinio srauto pulsavimas vamzdyne sukuria slėgio bangas, todėl nustatant matmenis reikia ypač vengti rezonanso tarp siurblio pulsavimo dažnio ir vamzdžio slėgio bangos būdingojo dažnio. Svarbiausias būdas pašalinti slėgio pulsaciją yra slėgio akumuliatorius, esantis šalia siurblio. (1, p.64.)



5 pav. Prie vamzdžio pritvirtintas lankstus silfonas slopina vamzdžio keliamą triukšmą

Kitos triukšmo kontrolės priemonės:

- hidraulinė konstrukcija, kai tūrio srauto ir slėgio pokyčiai yra nedideli ir sklandūs
- standi konstrukcija nuo triukšmo šaltinio, tokiu atveju formos pokyčiai išlieka nedideli - nevibruojanti masyvi mašinos bazė arba slopinantis mašinos laikiklis - rezonansų išvengimas
- geras efektyvumas. (4, 35 p.)



6 pav. Slopinimo, spyruoklių ir sekrecijos svarba variklio keliamam triukšmui esant vibracijos dažniui ir jų poveikis pagrindiniam dažniui  
4 OIL X-1R PRIEDAS

X-1R yra sintetinė, skysta apdorojimo priemonė, kuri žymiai sumažina trintį, atsirandančią dėl juodųjų metalų paviršių tarpusavio kontakto ir judėjimo. Šis aliejaus priedas yra sintetinė cheminė medžiaga, kuri veikia kitaip nei įprasti chemikalai, pagrįsta hidrodinaminiu poveikiu. Molekulių surišimas padidina metalo paviršiaus tankį, todėl metalo paviršius tampa kietesnis ir lygesnis, skirtingai nei PTFE pagrindu pagamintos medžiagos, kurios, sumaišytos su didelio klampumo alyvomis, tik padengia metalą. Alyvos X-1R priedo maišymo santykis hidraulikoje yra 3% alyvos kiekio. Šis alyvos priedas yra nekenksmingas aplinkai. (6)

Vartotojų patirtis:

X-1R priedo poveikis nitro variklyje.

Top Fuel Harley serijos lenktyninis motociklas turi 2600 cm<sup>3</sup> oru aušinamas 2 cilindru stūmoklio variklis, kuris išspaudžia 650 arklio galių. Dėl nitrometano, naudojamo kaip kuras, praplovimo savybių ypač pabrėžiama variklio tepimo svarba. (6)

Dėl didelio cilindro skersmens (115 mm) būtina naudoti didesnę nei įprastai gręžimo tarpą. Stūmoklio gaubtai prilipo, kas paprastai atsiranda dėl to, kai variklio alyvoje naudojamas X-1R priedas. Naudojant X-1R taip pat beveik dvigubai pailgėjo



alkūninio veleno ir švaistiklio guolių, kuriuos veikia labai didelis paviršiaus slėgis, tarnavimo laikas. (6)

Dėl variklio konstrukcijos nėra cirkuliacinio tepimo cilindų galvutėse ir vožtuvų mechanizme. Naudojant X-1R vazeliną stūmimo strypų galams sutepti, buvo galima visiškai išvengti jų prilipimo. Naudojant X-1R vazeliną, svirties svirties ir vožtuvų stiebai mechaninio nusidėvėjimo taip pat beveik nebuvo. Variklis jau ketverius metus turėjo tuos pačius vožtuvus ir vairo rankoves. (6)

Variklio susidėvėjimas sumažėjo perpus.

Alfonso Håkanso laivybos kompanija išbandė naują tepalinę alyvą rinkoje – į vieną vilkiko variklį įpylė įprastos alyvos, o į kitą – naujos alyvos. (6)

Laivybos kompanijos techninis direktorius Reino Malmivaara norėjo tokiu būdu gauti konkrečios informacijos apie medžiagą. Dėl to sumažėjo dyzelinio variklio apkrova. Be to, su nauja tepimo alyva variklyje turbo pripūtimo slėgis sumažėjo apie 10%. Malmivaara sako kone kasdien sulaukianti skirtingų pardavėjų pasiūlymų, todėl pasiūlymus vertina itin kritiškai. Palyginimui Malmivaara tiki X-1R priedo galia. (6)

M/S Iso-Puk technikoje X-1R priedas naudojamas šiose dalyse: Wärtsilä 814 TK 1000 AG pagrindiniai varikliai, 2 vnt, karteris + turbo + regulatoriai. (6)

X-1R priedo poveikio patirtis pagrįsta ne moksliniais tyrimais, o „pirštų pojūčiu“ ir matomais reiškiniiais, kuriuos atneša patirtis. Pirmosiomis X-1R naudojimo dienomis (1995 m.) buvo pastebėta, kad įvairių prietaisų lūpų sandarikliuose ir tarpikliuose daugėjo nedidelių alyvos nutekėjimų, tačiau valandoms šie nutekėjimai sumažėjo (arba dar labiau sumažėjo) arba visiškai sustojo. sukaupto naudojimo. Laivapriekio privairavimo dyzelinio variklio (Detroito V-8) tuščiosios eigos greitis padidėjo nuo standartinės vertės, todėl jį teko pakoreguoti iki pradinės vertės. (6)

2000 m. spalio mėn. atliekant pagrindinių variklių (Wärtsilä 814 TK, 2 vnt.) kapitalinį remontą, buvo nustatyta, kad mašinoje (stūmokliai, dangčiai, vožtuvai, įsiurbimo/išmetimo sistemos) buvo žymiai mažiau rūdžių, palyginti su ankstesniu kapitaliniu remontu 1995 m. Taip pat buvo nustatyta, kad sumažėjo alyvos sąnaudos / vairavimo valanda. Karteriai, skirstomojo veleno kanalai ir vožtuvų mechanizmai taip

pat išliko labai švarūs. Per 8000 valandų tepimo intervalą nei cilindruose, nei guoliuose pagal matavimus pastebimo nusidėvėjimo nenustatyta. (6)

#### 5 X-1R PRIEDŲ BANDYMAS HIDRAULINĖJE SISTEMOJE.

Šis tiriamasis darbas buvo atliktas Turku taikomųjų mokslų universiteto hidraulikos laboratorijoje. Darbo tikslas – ištirti alyvos priedo X-1R poveikį atviros sistemos hidraulikoje ir kaip jis veikia sistemoje susidarančias temperatūras. Tuo pačiu metu decibelų matuokliu buvo tiriamas garso lygis, stebint priedo poveikį triukšmo generavimui.

#### 5.1 Bandyimo stendas ir naudojami komponentai

Rexroth siurblio blokas, kurį sudaro mentinis siurblys, pavaros variklis ir bakas.

Hidraulinis siurblys:

Mentelių siurblys: Rexroth tipas: RV2V3-20 / 12R1MC25A1

Elektrinis variklis:

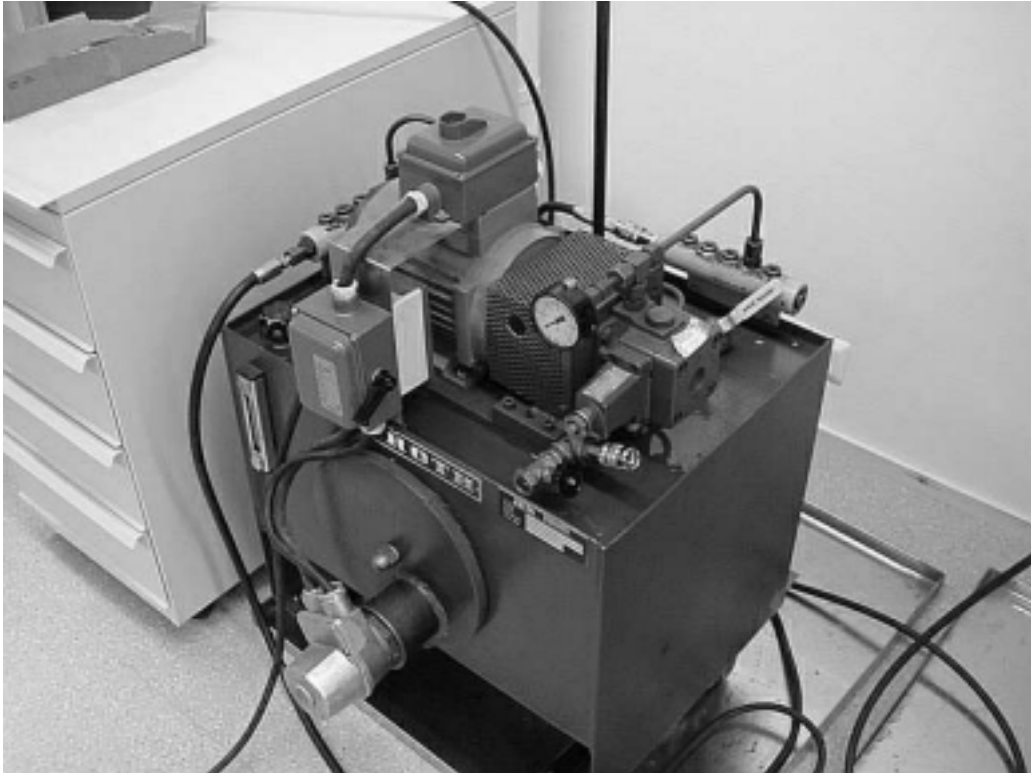
ASEA B klasė IEC 34-1-1969 Kat. ne. MK 110 020-A

3~50 Hz galia: 1,1 kW  $U_{naudoti}=380V$  Sukimosi greitis = 1410 aps./min

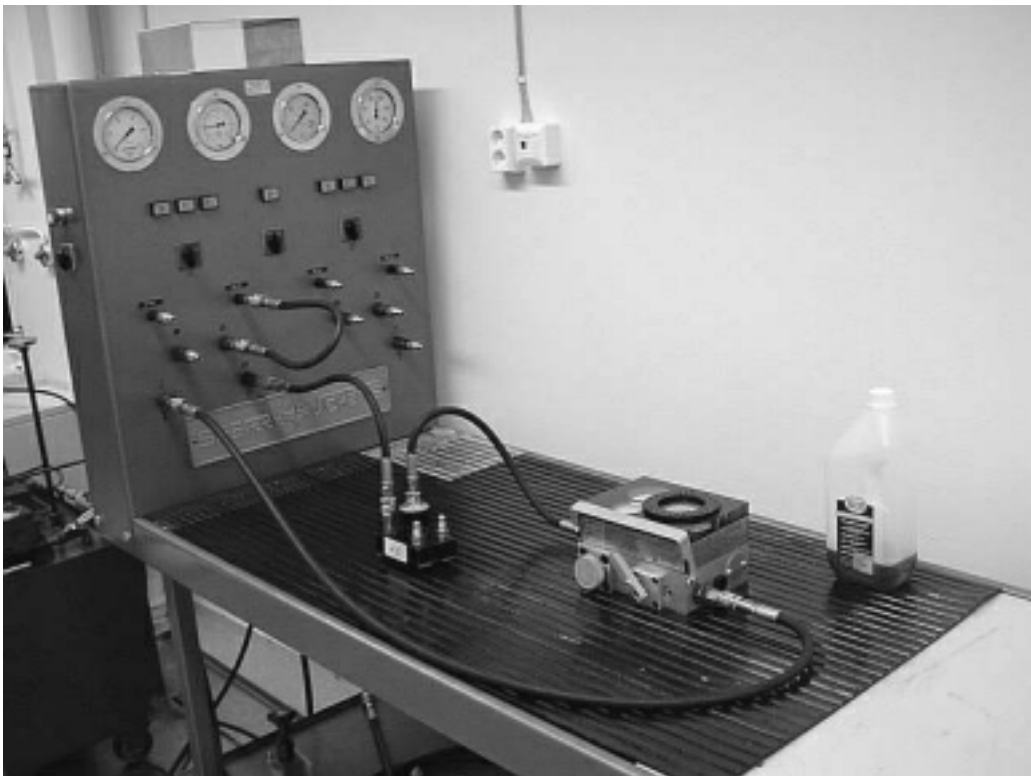
Bakas:

Rexroth Zeta tipas: APTA – 0102 diagrama: HS31 – A 362-4-0

Įrengtas kaitinimo elementas.

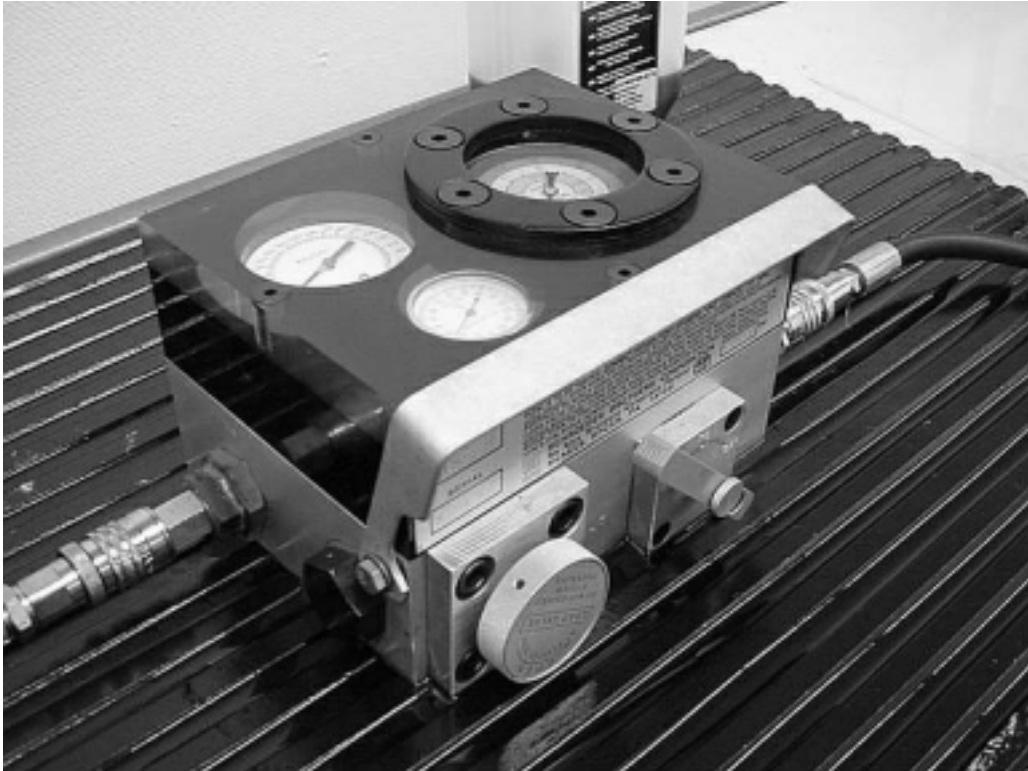


7 pav. Tyrime naudojama įranga, kurią sudaro hidraulinis mentinis siurblys, varomasis variklis ir bakas



### Slėgio matuoklis

8 pav. Sperry-Vickers bandymų stendas. Hidraulinio siurblio sukurtas slėgis buvo nukreiptas į bandymų stendą, kuriame yra išleidimo ir grįžtamojo srauto jungtys



Tūrio srauto  
valdymo  
blokas:

SCHROEDER BROTHERS CORPORATION „Alco Standard“ verslo partneris

McKEES ROCKS, PA. 15136

Malli: PHS.60.6M Sarja: 5847

Tėkmė  
droselio reguliavimo varžtas

9 pav. Tūrinio srauto valdymo blokas su šilumos, slėgio ir tūrio srauto matuokliu

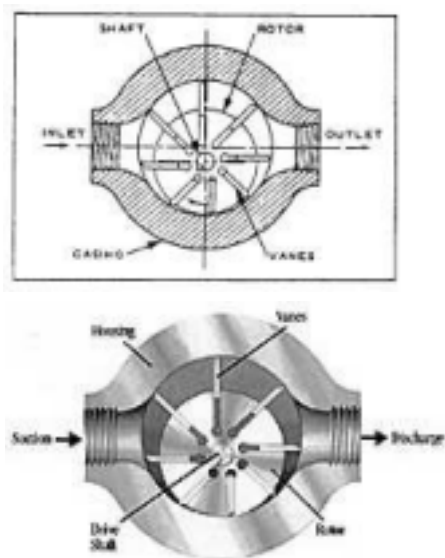
Vamzdynas:

UNIROYAL MANULI SAE 100 R1T ¼"

## 5.2 Vandeninis siurblys

Vienkamerinis mentinis siurblys yra kintamo tūrio siurblys, kuriame tūris tarp fiksuoto rotoriaus ir kameros reguliuojamas keičiant siurblio kameros padėtį. Siurblio kameras sudaro judantis siurblio žiedas, kurį galima perkelti siurblio korpuso viduje. (2, p. 126.)

Siurblio menčių struktūra turi didelę reikšmę siurblio efektyvumui ir ilgaamžiškumui. Mentės turi sandarinti kamerą tiek radialiai, tiek ašine kryptimi. Hidrauliškai subalansuotos šoninės plokštės naudojamos kaip ašiniai sandarikliai, kurie siurblyje susidariusio slėgio prispaudžiami prie mentelių. Pakankamas sandarinimas tarp mentės ir korpuso pasiekiamas žemo slėgio siurbliuose vien išcentrine jėga. Tam reikia pakankamai didelio sukimosi greičio, kad būtų gauta tinkama išcentrinė jėga. Aukšto slėgio siurbliuose papildomai galiai generuoti naudojamos spyruoklės arba alyvos slėgis, veikiantis apatinį mentės paviršių. Jei sparno kėlimo jėga yra per didelė, sparnas ir korpusas susidėvės per greitai. Siurblių problema yra ta, kad siurbimo ir slėgio fazė labai skiriasi, todėl mentės slėgis į korpusą skiriasi gana mažai. (2, p. 126.)



10 pav. Vienos kameros

mentinis siurblys

Konstruktiskai svarbi detalė – sparnų išdėstymas ir jų sandarinimas. Lizdas ir sparnai

pagaminti iš grūdinto plieno. Siekiant išvengti tiek daug nuotėkių iš šonų, aukšto slėgio mentiniuose siurbliuose naudojamos hidrauliškai subalansuotos šoninės plokštės. (1, p.54.)

### 5.3 Atvira sistema

Atviroje hidraulinėje sistemoje siurblys pumpuoja skystį iš bako, po kurio jis grįžta atgal į baką. Sistemoje naudojamas siurblys, veikiantis tūrio principu, kai sistemos slėgis priklauso nuo pasipriešinimo terpės srautui. Jei siurblys pumpuoja skystį tiesiai į baką, sistemoje nesudaromas slėgis, o slėgis susidaro priešinant srautą. (1, p. 3.)

Atviroje sistemoje alyvos bako tūris yra daug didesnis nei sistemos pavarų tūris. Bakas ir vamzdiniai veikia kaip sistemos aušintuvai. (2, p. 256.)

### 5.4 Bandymo metodas.

Kaip X-1R priedo bandymo metodas buvo sukurta hidraulinė sistema, kai sistemos hidraulinis mentinis siurblys buvo įtemptas drosuojant skysčio srautą tūrio srauto valdymo bloku (žr. 9 pav. 18 psl.). Matavimai buvo atlikti trijuose skirtinguose slėgio diapazonuose, kurie buvo 40, 50 ir 60 barų. Sistemos temperatūros buvo stebimos iš 3 skirtingų vietų, bako, tūrinio srauto valdymo bloko ir tiesiai nuo hidraulinio siurblio paviršiaus su temperatūros jutikliu. Matavimai buvo stebimi tam tikrais laiko intervalais. Pirmasis matavimas atliktas iš karto po sistemos paleidimo, kai  $t = 0$ , po to kas 20, 40, 60, 90, 120 minučių. Tais pačiais intervalais garso lygis buvo matuojamas tiksliai garso lygio matuokliu.

1<sup>2</sup>

A

B

M

~Sperry-Vickers bandymų stendas

11 pav. Tyrime naudotos hidraulinės sistemos schema

Praktiškai sistema visada galėjo veikti 1 slėgio diapazone vienu metu, tokiu atveju sistemai buvo leista atvėsti bent parą prieš kitą paleidimą. X-1R priedas buvo pridėtas po to, kai buvo išmatuoti visi 3 slėgio diapazonai baigtas. Po to stebėjimas ir matavimai buvo atlikti dar kartą tose pačiose slėgio srityse.

Skysčio kiekis bako viduje nebuvo žinomas, todėl buvo paskaičiuotas.

Bako plokštės storis yra 5 mm, o bako matmenys yra (l \* d): 600 mm \* 460 mm  
Skysčio matmenys (l \* d): (600 – (2 \* 5)) mm \* (460 – (2 \* 5)) mm =  
265500 mm<sup>2</sup> Skysčio paviršiaus aukštis: 205 mm  
Skysčio kiekis bako: 265500 mm<sup>2</sup>\* 205 mm = 54427500 mm<sup>3</sup>≈54,4 dm<sup>3</sup>

Alyvos X-1R priedo maišymo santykis hidraulikoje yra 3%.

Į hidraulinį skystį buvo įpiltas X-1R priedas:

$$54,4 \text{ dm}^3 * 0,03 = 1,63 \text{ dm}^3$$

5.4.1 Naudotos matavimo priemonės (žr. 11 pav., 20 p.)

Termometrai:

(1) Hidraulinio skysčio rezervuaras: Valmet (analoginis)

(2) Tūrio srauto valdymo blokas: Tel – Tru (analoginis)

Skaitmeninis skaitiklis: Metrix TH 3060

Skausmo matuoklis:

(A) Hidraulinis siurblys: Wika (analoginis)

(B) Sistema: Rexroth (analoginė)

Decibelų matuoklis:

Integruotas tikslus garso lygio matuoklis.

tipas: 7178 (skaitmeninis ir analoginis ekranas)

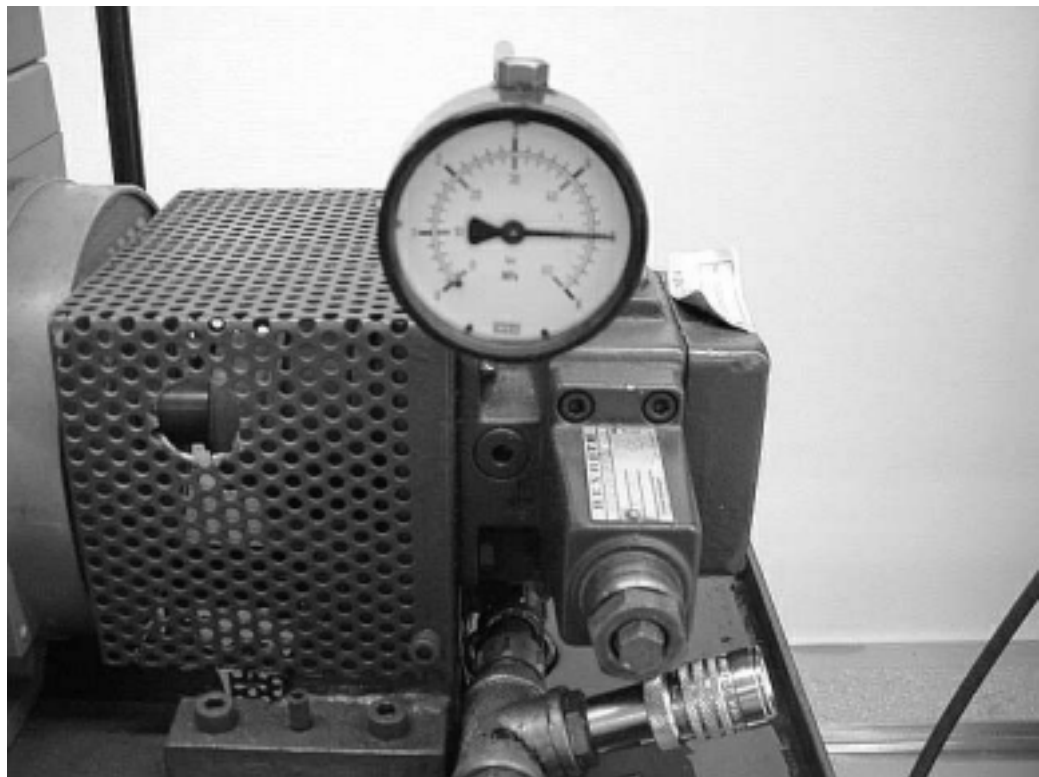
Tikslumo klasė: Pagal rekomendacijas SFS 2881 ir IEC 179 A

#### 5.4.2 Slėgio reguliavimas

1 lentelė Hidraulinės sistemos darbinis slėgis

|                       |    |    |    |                           |
|-----------------------|----|----|----|---------------------------|
| Darbinis slėgis (bar) | 40 | 50 | 60 | painemit<br>ari A         |
| Sistemos slėgis (bar) | 37 | 44 | 50 | slėgio<br>matuokli<br>s B |

Sistemos darbinis slėgis buvo reguliuojamas hidraulinio mentinio siurblio tūrinio srauto reguliavimo varžtu (žr. 12 pav., 22 p.). Sistema pradėta veikti esant 50 barų darbiniam slėgiui, kuris buvo sureguliuotas pagal hidraulinio siurblio manometrą (žr. 11 pav., A priemonė). Po to skysčio srautas buvo drosuojamas (žr. 9 pav., 18 psl.) nuo



reguliavimo varžto taip, kad sistemos manometras (žr. 11 pav., priemonė B) rodytų 44 barus.



Tūrio srautas  
reguliavimo varžtas

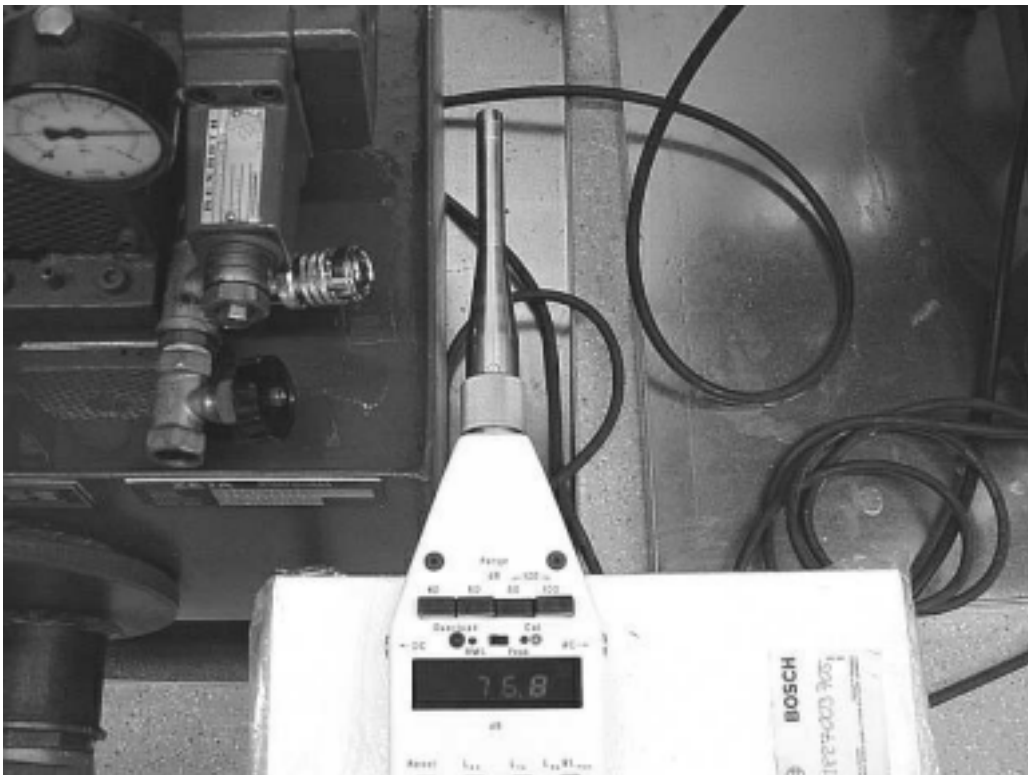
12 pav. Darbinis 50 barų slėgis siurbliui sureguliuotas naudojant tūrinio srauto reguliavimo varžtą



13 pav. 40 barų slėgis "drosuojamas" į sistemą iš tūrinio srauto valdymo bloko

5.4.3 Garso lygio matavimas

Hidraulinio siurblio garso lygis buvo matuojamas su integruotu tiksliu garso lygio matuokliu. Skaitiklis buvo pastatytas maždaug 7 cm atstumu nuo mentės siurblio šono. Matavimas atliktas iš arti, kad sistemos elektros variklis ar kitas bendras foninis triukšmas nebūtų klaidingai paveikęs siurblio garso lygio matavimo rezultatams. Matavimo vertės buvo nuskaitomos iš skaitmeninio ekrano, todėl buvo gauti tikslesni matavimo rezultatai 0,1 dB tikslumu. Matavimas atliktas  $L_{15}$  naudojant lygiavertį lygį, tokiu atveju jis veikia kaip „normalus“ garso lygio matuoklis.



Mikrofonas 14 pav. Garso lygio matavimas su tikslumu garso lygio matuokliu šalia mentinio siurblio

#### 5.4.4 Temperatūros matavimas

Temperatūros matavimai buvo atlikti iš 3 skirtingų sistemos taškų. Su 2 analoginiais temperatūros matuokliais buvo stebimos bake ir sistemoje (tūrio srauto valdymo bloke) susidarančios temperatūros (žr. 11 pav., 1 ir 2 matuokliai, p. 20). Hidraulinio siurblio paviršiaus temperatūra buvo matuojama skaitmeniniu termometru.



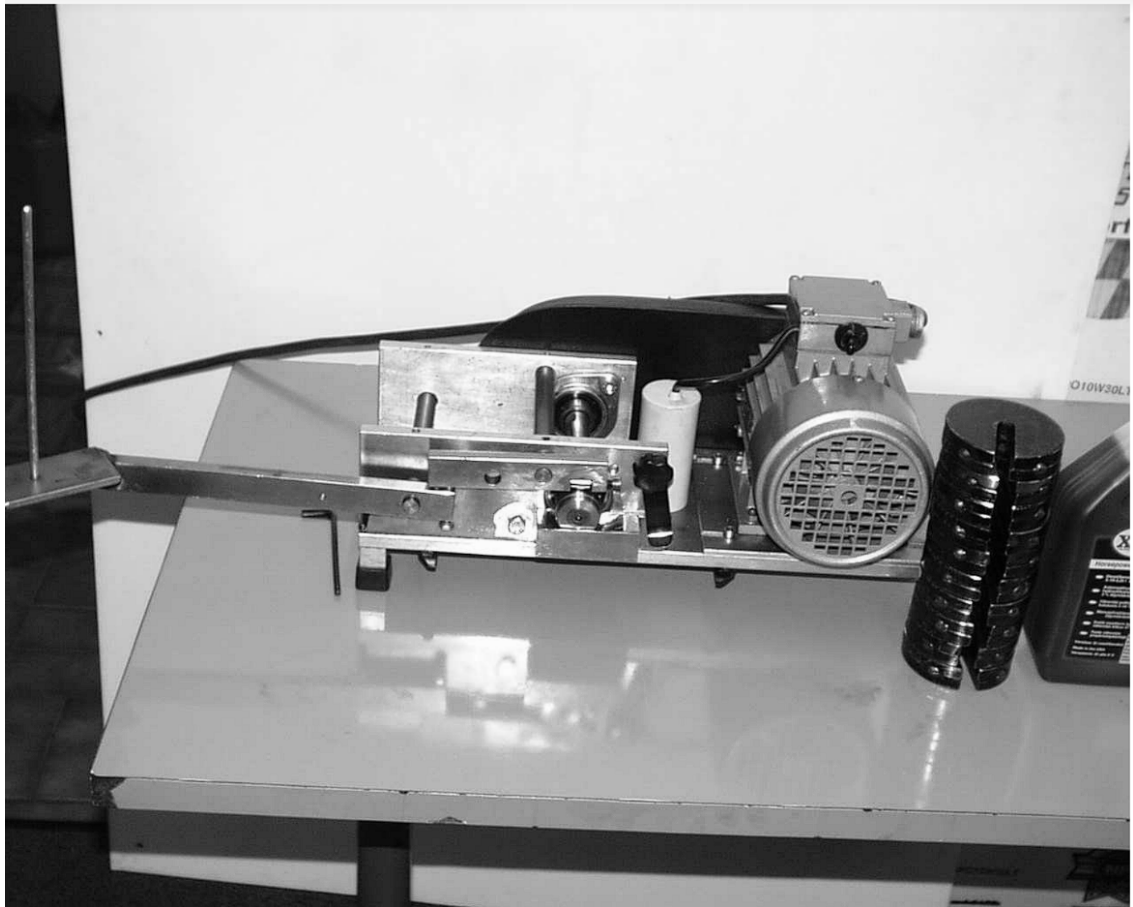
Temperatūra  
matavimo jutiklis

15 pav. Temperatūros matavimas skaitmeniniu matuokliu iš mentelės siurblio korpuso  
6 PRIEDO X-1R BANDYMAS SU DĖVĖJIMO BANDYMU.

Antrojo tyrimo metu alyvos priedas X-1R buvo išbandytas guolių metalo nusidėvėjimo testu jam skirtoje demonstracinėje įrangoje.

#### 6.1 Bandyto įranga

Ši įranga priklauso Oy U.S. Marine Diesel Imp. Ltd. nuosavybė ir tuo buvo iliustruotas priedo X-1R poveikis guolio metalo susidėvimui tirtoje alyvoje.

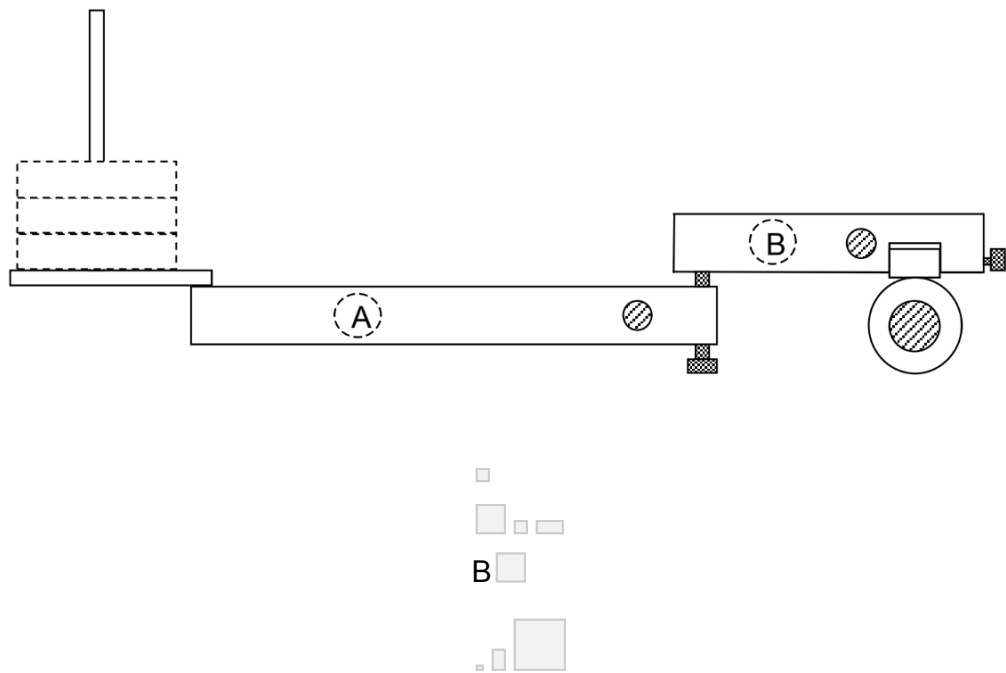


16 pav. Bandymo įranga kaip visuma

Dešinėje matosi juodos plokštės svareliai, kuriais svirties mechanizmo pagalba galima padidinti ritininio guolio apkrovą.

Bandymo įrangoje elektros variklis diržu suka išorinį guolio korpuso perimetrą. Svirties mechanizmas buvo naudojamas norint sukurti apkrovos jėgą, naudojamą spaudimui ritininis guolis rieda prie išorinio guolio korpuso perimetro. Ant ritininio guolio susidėvėjo pėdsakas, kuris buvo ištirtas šiame darbe.

6.2 Svirties mechanizmo sukuriamos jėgos.



A

17 pav. Ritinio guolių apkrovos įrangos svirties mechanizmas

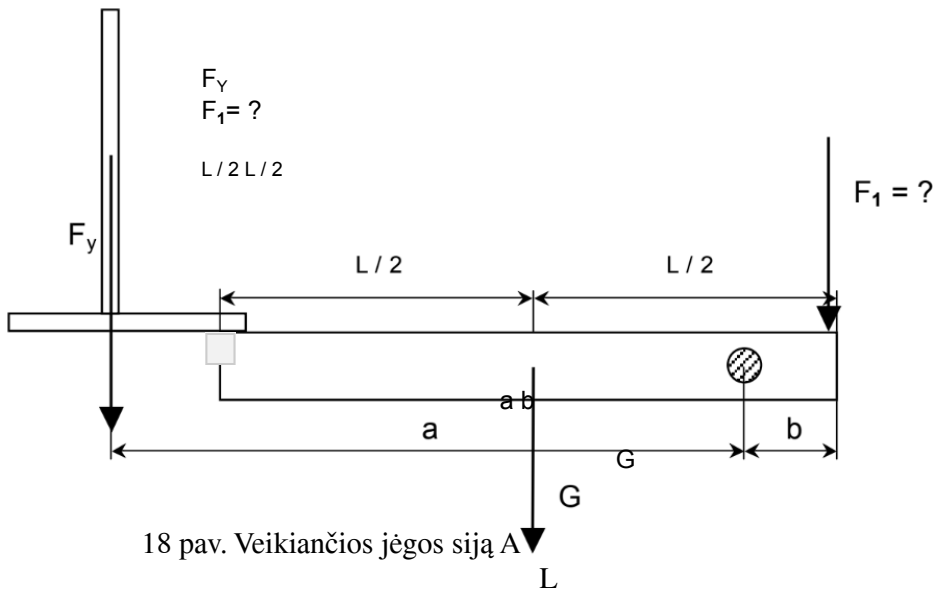
2 lentelė Įvairių krovimo įrangos komponentų masės ir sijų sukuriamos G jėgos

| DALIS                      | masė (g) | G (N)           |
|----------------------------|----------|-----------------|
| Spindulys A                | 538      | 5,28            |
| Spindulys B                | 240      | 2,35            |
| Lėkštės svoris (1 vnt.)    | 560      | =F <sub>γ</sub> |
| Plokštelės spaudos pradžia | 142      |                 |
| Štanga                     | 3        |                 |

3 lentelė Spindulio ilgiai ir jėgos smūgio atstumai

| DALIS       | Ilgis (mm) |
|-------------|------------|
| Spindulys A | 260        |
| Spindulys B | 115        |

|   |     |
|---|-----|
| a | 265 |
| b | 26  |
| c | 69  |
| d | 29  |



$$\begin{aligned}
 & \cdot + \cdot - \\
 & F \text{ ir } G \quad = \cdot \quad = \\
 & (1) \quad b \quad b \quad F \quad b \quad F
 \end{aligned}$$

ir 11

2

Formulė 1 išsprendžia jėgą  $F_1$ . Apskaičiuokime jėgos  $F$  pavyzdį<sub>1</sub>, su 3 plokštelių svareliais.

$$0,260 \text{ m} \quad \text{m} \\
 ( ( ) )$$

+ · + + · -

5,28 N<sub>2</sub>

2

$$\begin{aligned}
 & 0,026 \text{ m} \quad 0,260 \text{ m} \\
 & 9,81 \quad 0,142 \quad 0,003 \quad 3
 \end{aligned}$$

0,560 kg s

=  
0,026 m

$L/2$

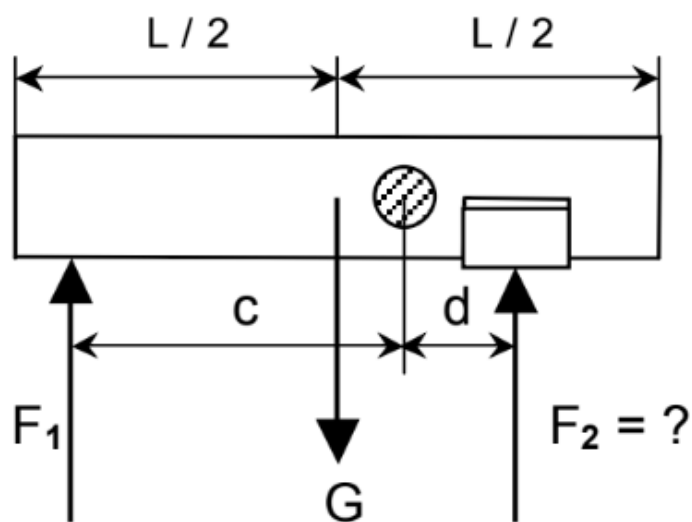


$c$

$F_1 F_2 = ?$

$G$

200,1 N



19 pav. Sija B veikiančios jėgos. Jėga  $F_2$  yra nukreiptas iš ritininio guolio tiesiai į išorinį besisukančio guolio žiedą

L

$$L \cdot F_1 - G \cdot \frac{L}{2} = F_2 \cdot d$$

(2)d

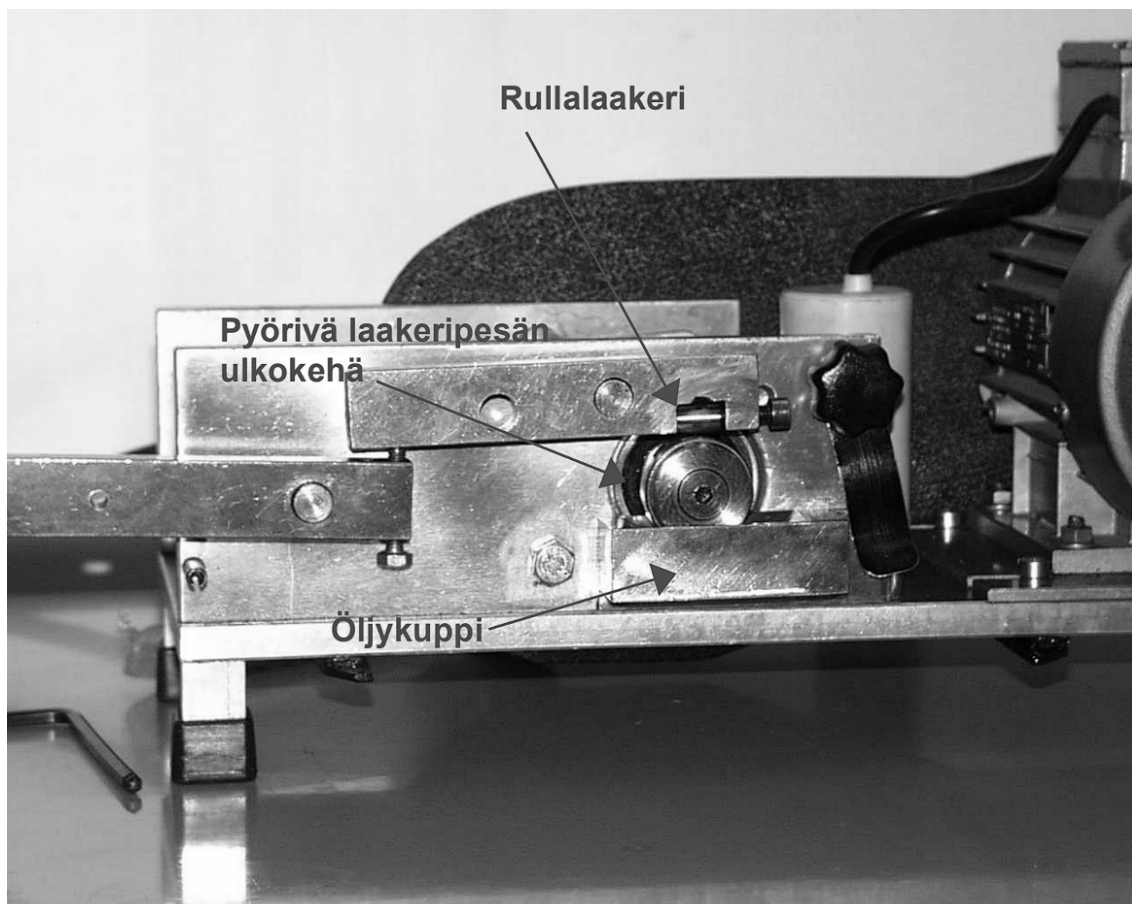
Formulė 2 išsprendžia jėgą  $F_2$ .

Apskaičiuokime jėgos  $F$  pavyzdį, su 3 plokštelių svareliais. Jėga  $F_1$  jau buvo gautas aukščiau.  
0,115 m

$$\begin{aligned}
 & \frac{200,1 \text{ N} \cdot 0,069 \text{ m} - 2,35 \text{ N} \cdot 0,029 \text{ m}}{0,029 \text{ m}} \\
 & = 473,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### 6.3 Bandyto metodas

Darbai pradėti nuo besisukančio guolio korpuso išorinio paviršiaus poliravimo švitrinu popieriumi. Po to į alyvos taurelę buvo įpilta tiek NESTEEN 32 hidraulinės alyvos, kad besisukantis guolio paviršius būtų pakankamai suteptas. Prie svirties mechanizmo buvo pritvirtintas naujas ritininio guolio volas.

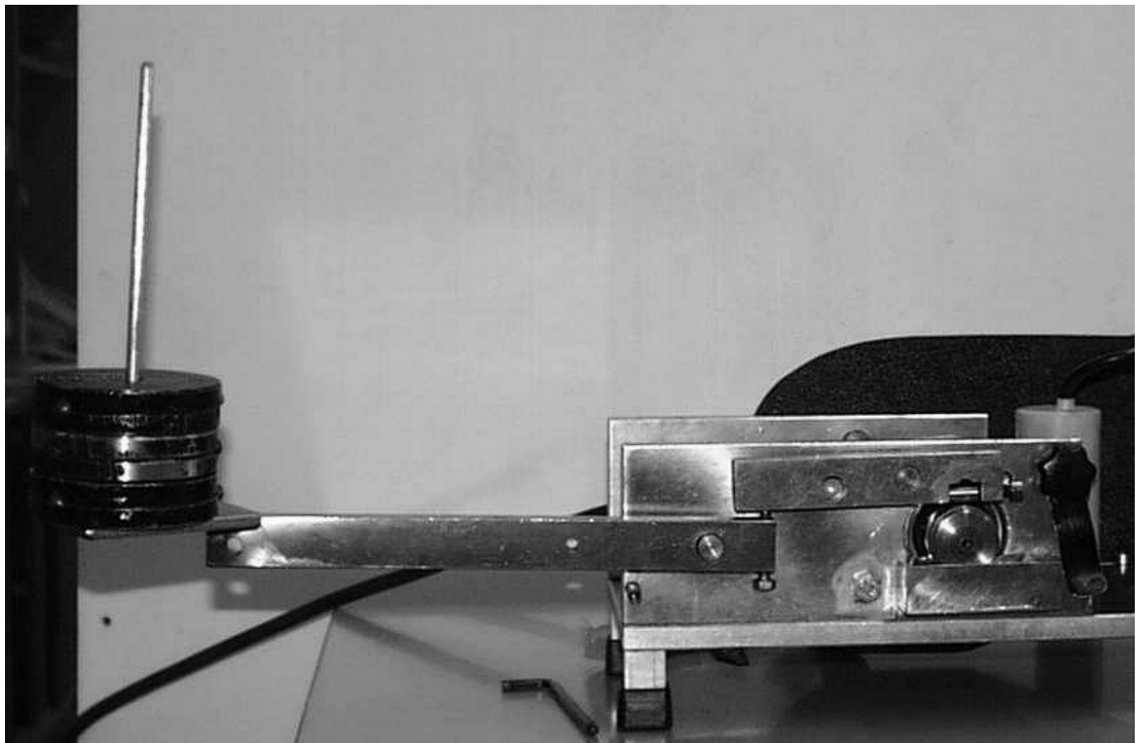




## Aliejaus puodelis

20 pav. Svirties mechanizmas ir bandymo įrangos komponentai

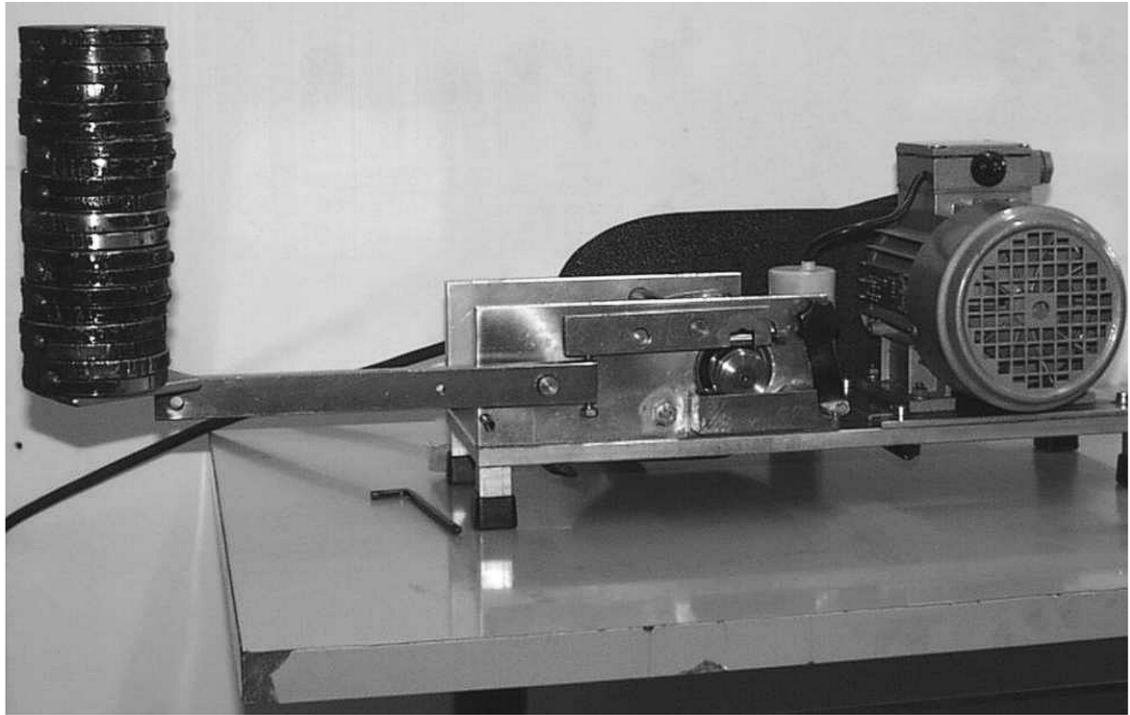
Pirmas apkrovimas atliktas be papildomų svarmenų, tik su savo svirties mechanizmo svoriu. Po to ritininis guolis buvo pasuktas ašine kryptimi, kad būtų gautas naujas protektorius. Krūvis padidintas 1 svoriu, po to bandymas kartojamas. Tai buvo tęsiama didinant apkrovą 1 atsvaru ir kaskart didinant apkrovą buvo sukamas naujas ritininio guolio protektorius. Buvo pridėti 3 atsvarai, kai guolis nutrūko, o elektros variklis negalėjo pasukti guolio korpuso.



21 pav. Ritininio guolio apkrova 3 su atsvaru

Elektros variklio sukamas guolio paviršius buvo nuvalytas švitrinu popieriumi, po to į hidraulinę alyvą įpiltas X-1R alyvos priedas. Ritininis guolis taip pat buvo pakeistas

nauju. Pakrovimas buvo pradėtas nuo pradžių ir tęsiamas taip pat, kaip ir anksčiau. Atsvara buvo pridėta iki 10 vnt., o besisukantis guolis neįsijovė.



22 pav. Ritinio guolio 10 apkrova su atsvara su X-1R priedu

#### 6.4 Ritinio guolio matavimas ir kietumas.

Ant ritinių guolių blokelių (2 vnt.) susidariusios nusidėvėjimo žymės ir kietumas išmatuoti Turku taikomųjų mokslų universiteto metalo laboratorijoje. Susidėvėjimo žymės buvo išmatuotos matavimo mikroskopu 0,005 mm tikslumu. Susidėvėjimo žymės buvo lyginamos tarpusavyje pagal papildomą svorio apkrovą, be X-1R ir su šiuo alyvos priedu. Ritinių guolių kietumas buvo nustatytas Rockwell C kietumo bandymu. Suportu buvo išmatuotas ritinio guolio skersmuo ir ilgis.

Naudojami matavimo įrankiai:

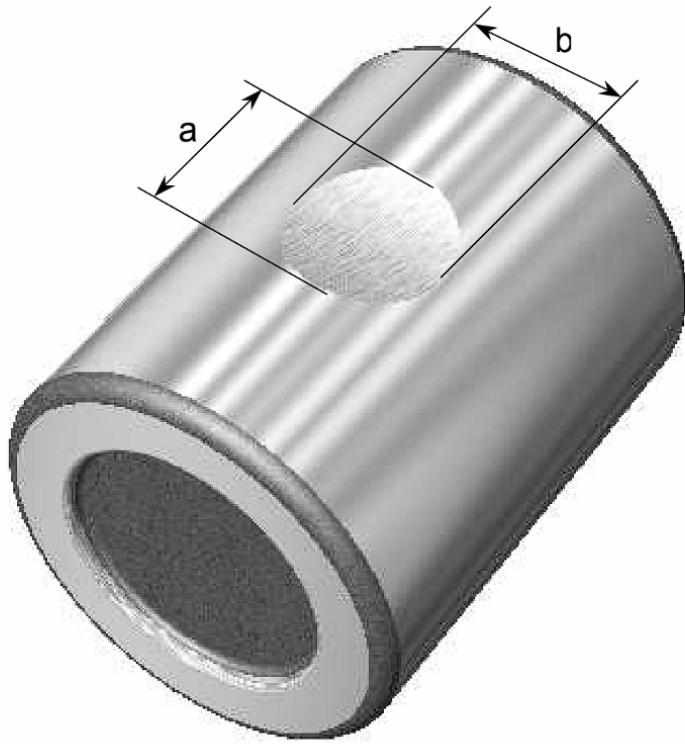
Kietumo matuoklis:

ERNST, 1992 m., Gamybos šalis: Šveicarija

Matavimo mikroskopas:

8074-71, Gamybos šalis: Rusija

Tikslumas: 0,005 mm



23 pav. Ritininio guolio nusidėvėjimo žymių matavimo

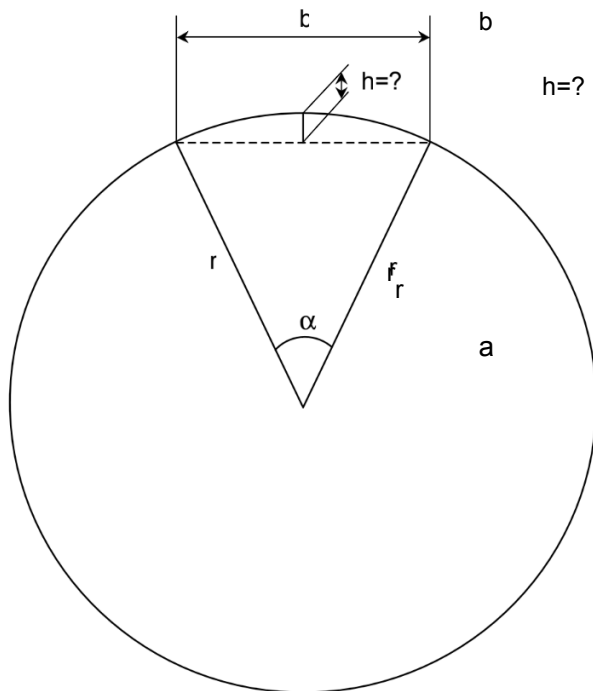
taškai Ritininio guolio skersmuo: 10,5 mm ilgis: 14,5

mm Ritinio guolio metalo kietumas:

Atliekant Rocwell C kietumo testą, abiejų ritininių guolių paviršiaus kietumas buvo 62 HRC.

6.5 Susidėvėjimo aukščio nustatymas.

Apytiksliai matematiškai išspręstas guolio metale susidariusios nusidėvėjimo žymės gylis. B matmuo jau apibrėžtas aukščiau (žr. 23 pav.).



24 pav. Ritinio guolio nusidėvėjimo taško nustatymo geometrinis skerspjūvis

b

2

nuodėmė<sup>-1</sup>.

(3)2

$$h = r \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

=(4)

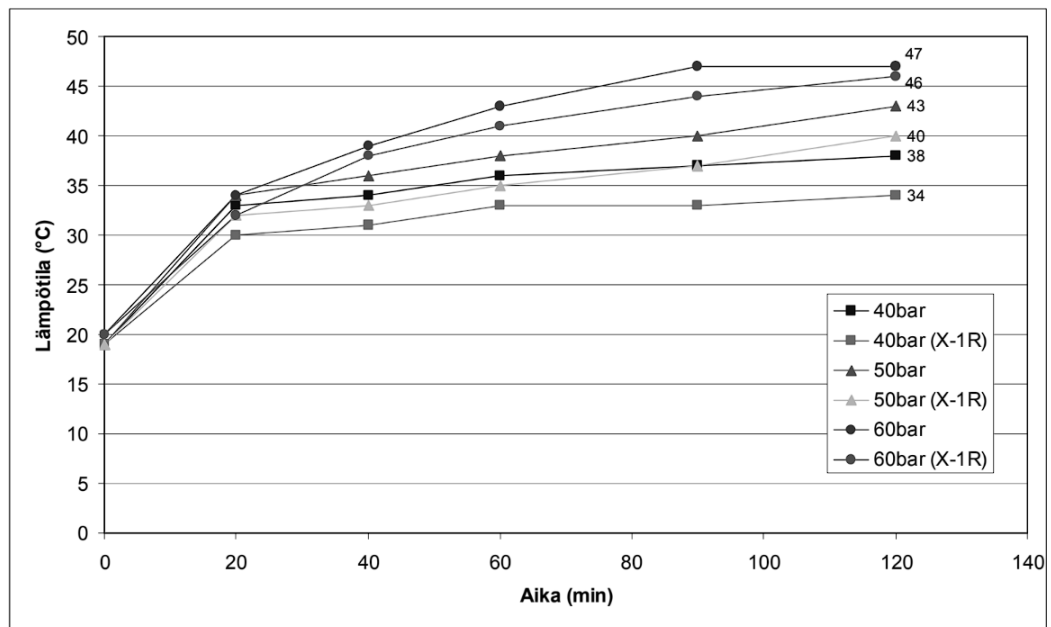
r

Formulė 3 išsprendžia kampą, kurio reikia norint nustatyti aukštį  $h$  naudojant 4 formulę.

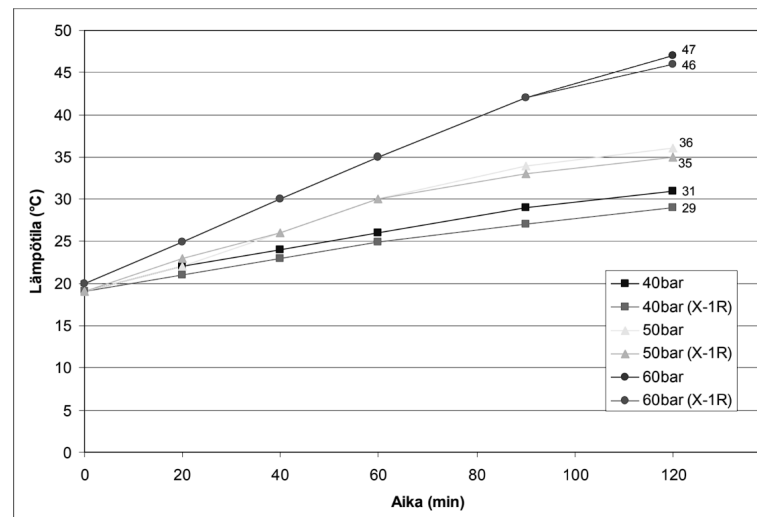
## 7 REZULTATAI

### 7.1 Hidraulinės sistemos temperatūros ir garso lygiai.

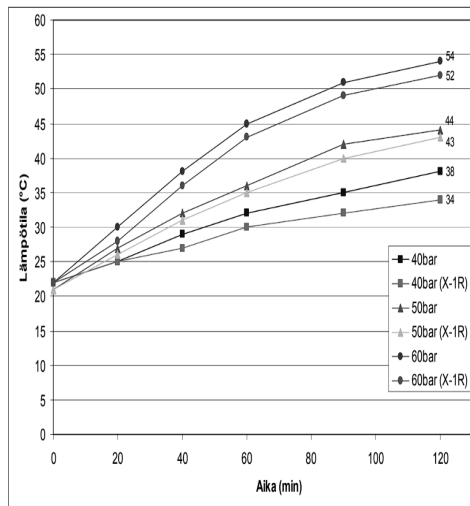
Šiuose rezultatuose rodomi slėgio lygiai yra hidraulinės sistemos darbinis slėgis. (žr. 1 lentelę, p. 21). Temperatūros ir triukšmo matavimo rezultatai visuose slėgio intervaluose pateikiami priede.20



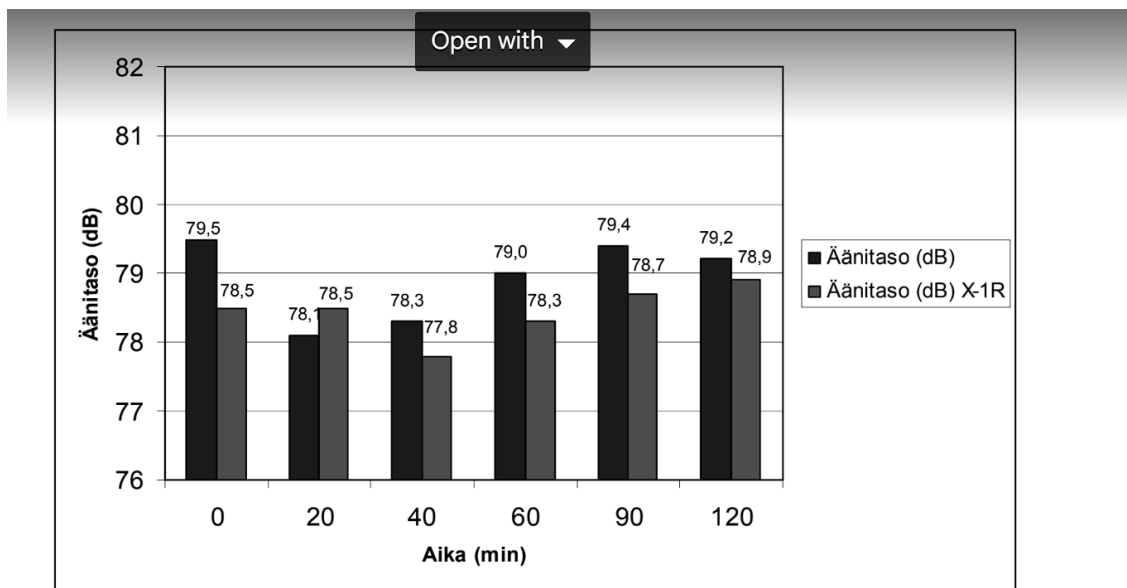
25 pav. Hidraulinio siurblio temperatūra kaip laiko funkcija



26 pav. Bako temperatūra kaip laiko funkcija



27 pav. Sistemos temperatūra kaip laiko funkcija



28 pav. Hidraulinio siurblio triukšmo lygis esant 40 barų slėgiui

+++++

79,5 78,1 78,3 79,0 79,4 79,2  
= +++++

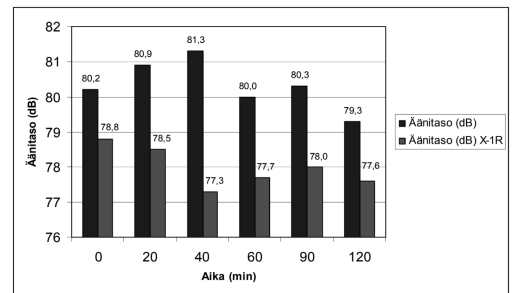
6

-

78,5 78,5 77,8  
78,3 78,7 78,9 6

0,46

Vidutinio garso lygio sumažinimas esant 40 barų darbiniam slėgiui su X-1R priedu: ≈ 0,5 dB



29 pav. Hidraulinio siurblio triukšmo lygis esant 50 barų slėgiui

+++++

80,5 79,3 79,9 79,9 80,4 80,3  
= +++++

6

-

78,6 78,3 79,1

78,2 78,6 78,0 6

1,58

Vidutinio garso lygio sumažinimas esant 50 barų darbiniam slėgiui su X-1R

priedu:≈1,6 dB



30 pav. Hidraulinio siurblio triukšmo lygis esant 60 barų slėgiui

+++++

80,2 80,9 81,3 80,0 80,3 79,3 =

+++++

6 - 78,8 78,5 77,3 77,7  
78,0 77,6 6  
2,35

Vidutinio garso lygio sumažinimas esant 60 barų darbiniam slėgiui su X-1R priedu: ≈ 2,4 dB

7.2 Jėgos ir susidėvėjimas, veikiančios ritininį guolį.

4 lentelė Svirties mechanizmą veikiančios jėgos. Jėga  $F_2$  yra nukreiptas tiesiai į ritininį guolį

| Plokščių svorių<br>skaičius | Jėga (N) |     |
|-----------------------------|----------|-----|
|                             | F1       | F2  |
| 0                           | 35       | 82  |
| 1                           | 90       | 212 |
| 2                           | 145      | 343 |
| 3                           | 200      | 474 |
| 4                           | 255      | 605 |
| 5                           | 310      | 735 |

|    |     |        |
|----|-----|--------|
| 6  | 365 | 866    |
| 7  | 420 | 997    |
| 8  | 475 | 1127   |
| 9  | 530 | 1258 m |
| 10 | 585 | 1389 m |

5 lentelė Ritininio guolio matmenys a ir b matmenys išmatuoti matavimo mikroskopu ir apskaičiuotas aukštis h

| Disko svoris (vnt.) | Šiame 32 + X-1R |               | aukštis h (mm) | Šiame 32          |               | aukštis h (mm) |
|---------------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|---------------|----------------|
|                     |                 | (mm) b<br>nm) |                |                   | (mm) b<br>nm) |                |
| 0                   | 1 110           | 0 600         | <b>0,009</b>   | 1 550             | 0 550         | <b>0,007</b>   |
| 1                   | 1 350           | 0,725         | <b>0,013</b>   | 3 910             | 2 020         | <b>0,102</b>   |
| 2                   | 1 430           | 0,730         | <b>0,013</b>   | 4 390             | 2 335         | <b>0,139</b>   |
| 3                   | 1 525           | 0,745         | <b>0,013</b>   | 4 820             | 2 605         | <b>0,176</b>   |
| 4                   | 1 535           | 0,820         | <b>0,016</b>   | Nepavyko užbaigti |               |                |
| 5                   | 1 565           | 0,755         | <b>0,014</b>   | -                 | -             | -              |
| 6                   | 1 660           | 0 850         | <b>0,017</b>   | -                 | -             | -              |
| 7                   | 1 735           | 0,915         | <b>0,020</b>   | -                 | -             | -              |
| 8                   | 1 805           | 0,910         | <b>0,020</b>   | -                 | -             | -              |
| *) 9                | 2 085           | 1 060         | <b>0,027</b>   | -                 | -             | -              |
| 10                  | 1 870           | 0,935         | <b>0,021</b>   | -                 | -             | -              |

\*) Plokštės 9 svorio nusidėvėjimo žymė yra didesnė nei 10 svorio, nes apkrovos metu ritininis guolis galėjo sukintis, o susidėvėjimo žymė padidėjo ilgio ir pločio kryptimi. Taigi apskaičiuotas gylis tapo didesnis nei yra iš tikrųjų.

#### 8 Rezultatų peržiūra

Tyrimas parodė, kaip alyvoje esantis priedas X-1R veikė hidraulinėje sistemoje ir ritininių guolių apkrovos bandyme. Tyrimu pavyko pasiekti tuos pačius rezultatus, kuriuos žada produkto gamintojas, importuotojas ir gauta vartotojų patirtis.

Tyrimuose buvo stebimos hidraulinės sistemos temperatūros ir hidraulinio siurblio keliamas triukšmas. Temperatūra buvo matuojama 3 skirtinguose taškuose ir šis tyrimas nebuvo reiklus. Tai suteikė rezultatams patikimos informacijos kaip palyginimo tašką.

Hidraulinės sistemos temperatūros sumažėjo kiekviename tiriamame komponente, nors galutinių temperatūrų skirtumų nebuvo. Tačiau darbinės temperatūros buvo palyginti žemos, tad taip pažiūrėjus efektas nemažas. Visų pirma, naudojant X-1R priedą, buvo didelių temperatūrų skirtumų hidrauliniam siurblyje. Tai reiškia trinties sumažinimą hidrauliniam siurblyje, kuris turi tiesioginį poveikį gaminamai šilumai. Jei tyrimas būtų atliktas dar kartą, darbo laikas galėtų pailgėti maždaug 60 minučių, kai siurblys būtų visiškai pasiekęs savo darbinę temperatūrą.

X-1R priedo poveikis kuriamam triukšmui buvo didelis. Didžiausias garso lygio sumažėjimas pasiektas esant 60 barų hidraulinio siurblio darbiniam slėgiui, kuris buvo 2,4 dB. Rezultatas pats savaime reikšmingas, nes padvigubėjus maitinimo šaltiniui, garso lygis pakyla 3 dB. Lyginant reikšmes, gautas esant 40 ir 60 barų, naudojant X-1R priedą, rezultatai, gauti naudojant 60 barų slėgį, kai kuriais taškais yra dar mažesni. Taip gali būti dėl pasikeitusio garso dažnio, todėl garso lygio matuoklis skirtingai reaguoja į hidraulinio siurblio keliamą triukšmą.

Kaip dar vienas atskiras tyrimas, buvo pastebėtas guolio metalo susidėvėjimas jam pastatytoje įrangoje. Su ritininių guolių krovimo įranga buvo įspūdingai imituojamas guolio metalo susidėvėjimas. Šis tyrimas aiškiai parodė, kaip X-1R priedas sumažino trintį tarp guolių metalų dilimo paviršių. Bandymo įranga yra mažo dydžio, paprastas naudoti, todėl yra puikus demonstravimo prietaisas, rodantis X 1R priedo poveikį bandomoje alyvoje.

Tyrimo rezultatai yra realistiški ir patenka į gamintojo žadėtas ribines vertes. Šio darbo rezultatai yra visiškai publikuojami ir bus pateikti internete Suomijos X-1R importuotojo tinklalapyje.

Alyvos priedas X-1R buvo tiriamas atliekant daugybę skirtingų nusidėvėjimo bandymų ir skirtingomis sąlygomis. Rezultatai visada buvo teigiami aptariamo priedo atžvilgiu. Atliekant tolesnį tyrimą, būtų galima iširti, kaip X-1R priedas turi

ekonominį poveikį, pvz., degalų sąnaudoms vidaus degimo variklyje. Tyrimai turėtų būti atliekami ilgalaikėje perspektyvoje, tokiu atveju būtų pasiekiamos realios ekonominės sąnaudos. Be to, būtų galima ištirti, ar šis priedas turi įtakos aliejuje susidarančių dalelių kiekiui.

#### ŠALTINIAI

1 Fonselius, M. Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1995, Mašinų automatikos hidraulika II. Švietimo taryba. Helsinkis

2 Keinänen, T. Kärkkäinen, P. & Söderström, W. 2000, Hidraulika ir pneumatika, 2 leidimas. WS Bookwell Oy. Porvoo

3 Kauranne, H. Kajaste, J. Vilenius, M. & Söderström, W. 1996, Hidrotechnikos pagrindai, 1-asis leidimas. WSOY. Porvoo

4 Keskinen, R. 1983, Hidraulinė vibracija ir triukšmas, Tampere's technikos universitetas, studijų dalomoji medžiaga 94. Tampere

5 Borenus, J. & Pyykkö, I. 1981, Akustikos pagrindai. Insinöörtieto Oy.

Interneto šaltiniai:

6 Oy U.S. Marine Diesel Imp. Ltd. 2000. X-1R alyvos priedo importas. Galimas www formatu: <URL:http://www.x1r.fi> (2002 m. rugsėjo 5 d.)

7 Medifast Oy. Gamina hidraulinės mašinas ir variklinę įrangą. Galimas www formatu:

<URL:http://www.kolumbus.fi/medifast/fin/hydra/tpd.htm> (2002 8 27)

1

1/1 (2)

Žemiau pateiktose lentelėse pateikiamos tikslios skaitinės hidraulinio siurblio darbinių verčių reikšmės tiek be X-1R priedo, tiek su jomis. Rezultatuose jie pateikiami kaip grafinės lentelės be siurblio ir sistemos slėgio verčių.

6 lentelė Hidraulinis siurblys darbinės vertės esant 40 barų slėgiui be X-1R priedo

|                           | 40 barų     |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | t (min.)    |             |             |             |             |             |
|                           | 0           | 20          | 40          | 60          | 90          | 120         |
| Siurblio slėgis (bar)     | 40          | 39          | 39          | 39          | 38          | 38          |
| Sistemos slėgis (bar)     | 37          | 36          | 36          | 35          | 35          | 35          |
| Bako temperatūra (°C)     | <b>19</b>   | <b>22</b>   | <b>24</b>   | <b>26</b>   | <b>29</b>   | <b>31</b>   |
| Sistemos temperatūra (°C) | <b>22</b>   | <b>25</b>   | <b>29</b>   | <b>32</b>   | <b>35</b>   | <b>38</b>   |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>19</b>   | <b>33</b>   | <b>34</b>   | <b>36</b>   | <b>37</b>   | <b>38</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>79,5</b> | <b>78,1</b> | <b>78,3</b> | <b>79,0</b> | <b>79,4</b> | <b>79,2</b> |

7 lentelė Hidraulinio siurblio darbinės vertės esant 50 barų slėgiui be X-1R priedo

|                           | 50 barų     |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | t (min.)    |             |             |             |             |             |
|                           | 0           | 20          | 40          | 60          | 90          | 120         |
| Siurblio slėgis (bar)     | 50          | 49          | 49          | 49          | 49          | 49          |
| Sistemos slėgis (bar)     | 44          | 44          | 44          | 44          | 44          | 44          |
| Bako temperatūra (°C)     | <b>19</b>   | <b>22</b>   | <b>26</b>   | <b>30</b>   | <b>34</b>   | <b>36</b>   |
| Sistemos temperatūra (°C) | <b>21</b>   | <b>27</b>   | <b>32</b>   | <b>36</b>   | <b>42</b>   | <b>44</b>   |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>19</b>   | <b>34</b>   | <b>36</b>   | <b>38</b>   | <b>40</b>   | <b>43</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>80,5</b> | <b>79,3</b> | <b>79,9</b> | <b>79,9</b> | <b>80,4</b> | <b>80,3</b> |

8 lentelė Hidraulinio siurblio darbinės vertės esant 60 barų slėgiui be X-1R priedo

|                       | 60 barų   |           |           |           |           |           |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                       | t (min.)  |           |           |           |           |           |
|                       | 0         | 20        | 40        | 60        | 90        | 120       |
| Siurblio slėgis (bar) | 60        | 59        | 58        | 58        | 57        | 56        |
| Sistemos slėgis (bar) | 50        | 50        | 50        | 49        | 49        | 48        |
| Bako temperatūra (°C) | <b>20</b> | <b>25</b> | <b>30</b> | <b>35</b> | <b>42</b> | <b>47</b> |
| Sistemos temperatūra  | <b>22</b> | <b>30</b> | <b>38</b> | <b>45</b> | <b>51</b> | <b>54</b> |

|                           |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| (°C)                      |             |             |             |             |             |             |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>20</b>   | <b>34</b>   | <b>39</b>   | <b>43</b>   | <b>47</b>   | <b>47</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>80,2</b> | <b>80,9</b> | <b>81,3</b> | <b>80,0</b> | <b>80,3</b> | <b>79,3</b> |

9 lentelė Hidraulinio siurblio darbinės vertės esant 40 barų slėgiui su X-1R priedu

|                           |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | 40 barų     |             |             |             |             |             |
|                           | t (min.)    |             |             |             |             |             |
| <b>X-1R</b>               | 0           | 20          | 40          | 60          | 90          | 120         |
| Siurblio slėgis (bar)     | 40          | 38          | 38          | 38          | 38          | 38          |
| Sistemos slėgis (bar)     | 37          | 36          | 36          | 36          | 36          | 36          |
| Bako temperatūra (°C)     | <b>19</b>   | <b>21</b>   | <b>23</b>   | <b>25</b>   | <b>27</b>   | <b>29</b>   |
| Sistemos temperatūra (°C) | <b>22</b>   | <b>25</b>   | <b>27</b>   | <b>30</b>   | <b>32</b>   | <b>34</b>   |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>19</b>   | <b>30</b>   | <b>31</b>   | <b>33</b>   | <b>33</b>   | <b>34</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>78,5</b> | <b>78,5</b> | <b>77,8</b> | <b>78,3</b> | <b>78,7</b> | <b>78,9</b> |

2

1/2 (2)

10 lentelė Hidraulinio siurblio darbinės vertės esant 50 barų slėgiui su X-1R priedu

|                           |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | 50 barų     |             |             |             |             |             |
|                           | t (min.)    |             |             |             |             |             |
| <b>X-1R</b>               | 0           | 20          | 40          | 60          | 90          | 120         |
| Siurblio slėgis (bar)     | 50          | 49          | 49          | 49          | 49          | 49          |
| Sistemos slėgis (bar)     | 44          | 44          | 44          | 44          | 44          | 44          |
| Bako temperatūra (°C)     | <b>19</b>   | <b>23</b>   | <b>26</b>   | <b>30</b>   | <b>33</b>   | <b>35</b>   |
| Sistemos temperatūra (°C) | <b>21</b>   | <b>26</b>   | <b>31</b>   | <b>35</b>   | <b>40</b>   | <b>43</b>   |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>19</b>   | <b>32</b>   | <b>33</b>   | <b>35</b>   | <b>37</b>   | <b>40</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>78,6</b> | <b>78,3</b> | <b>79,1</b> | <b>78,2</b> | <b>78,6</b> | <b>78,0</b> |

11 lentelė Hidraulinio siurblio darbinės vertės esant 60 barų slėgiui su X-1R priedu

|                           | 60 barų     |             |             |             |             |             |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | t (min.)    |             |             |             |             |             |
| <b>X-1R</b>               | 0           | 20          | 40          | 60          | 90          | 120         |
| Siurblio slėgis (bar)     | 60          | 59          | 59          | 58          | 57          | 57          |
| Sistemos slėgis (bar)     | 50          | 50          | 50          | 49          | 48          | 48          |
| Bako temperatūra (°C)     | <b>20</b>   | <b>25</b>   | <b>30</b>   | <b>35</b>   | <b>42</b>   | <b>46</b>   |
| Sistemos temperatūra (°C) | <b>22</b>   | <b>28</b>   | <b>36</b>   | <b>43</b>   | <b>49</b>   | <b>52</b>   |
| Siurblio temperatūra (°C) | <b>20</b>   | <b>32</b>   | <b>38</b>   | <b>41</b>   | <b>44</b>   | <b>46</b>   |
| Sulenkti (dB)             | <b>78,8</b> | <b>78,5</b> | <b>77,3</b> | <b>77,7</b> | <b>78,0</b> | <b>77,6</b> |