

Teemu Luukinen

NAANTALIN JALOSTAMON PALOVESIJÄRJESTELMÄ

Palovesipumppujen testaus ja huolto

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Helmikuu 2013

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

| | | |
|--|------------------------------|---|
| Yksikkö Kokkola - Pietarsaari | Aika Helmikuu 2013 | Tekijä/tekijät Teemu Luukinen |
| Koulutusohjelma Kemiantekniikan koulutusohjelma | | |
| Työn nimi Naantalin jalostamon palovesijärjestelmä. Palovesipumppujen testaus ja huolto | | |
| Työn ohjaaja DI Staffan Borg | Sivumäärä 54 + 7 | |
| Työelämäohjaaja Timo Viitanen | | |
| <p>Tässä opinnäytetyössä selvitetään, millaisessa kunnossa ovat jalostamon kolme palovesipumppua. Palovesipumppujen kunnan määrittämiseksi tehtiin useita koemittauksia, joiden perusteella piirrettiin jokaiselle pumpulle oma tuottokäyrä. Kunkin pumpun kunto saatiin selville vertaamalla koemittausten perusteella piirrettyä tuottokäyrää alkuperäiseen pumpunvalmistajan tuottokäyrään.</p> <p>Tämän lisäksi selvitettiin, kuinka suuria vesimääriä saadaan pumpattua Tupavuoreen ja Tuotesäiliöalueelle kaikkien kolmen pumpun avulla. Molemmilla alueella suoritettiin virtausmittaus, jolloin saatiin tietää todellinen vesimäärä näillä alueilla.</p> <p>Pumppujen virtausmittauksissa ei saavutettu haluttuja tuloksia, ja siksi palovesipumppujen piirretyt tuottokäyrät eivät yltäneet samoihin lukemiin verrattaessa valmistajan tuottokäyriin. Tuotesäiliöalueella jäätin hieman tavoitteesta ja Tupavuoressa ei saatu luotettavaa mittaustulosta.</p> <p>Lopuksi pumpuille tehtiin oma kunnossapito- ja huolto-ohjelma.</p> | | |

Asiasanat

palovesipumppu, virtausmittaus, tuottokäyrä, huolto, kunnossapito

ABSTRACT

| | | |
|--|------------------------------|---------------------------------|
| UNIT Kokkola - Pietarsaari | Date February 2013 | Author Teemu Luukinen |
| Degree programme Chemical Engineering | | |
| Name of thesis Fire water system of Naantali Oil refinery. Testing and maintenance of the fire water pumps. | | |
| Instructor DI Staffan Borg | | Pages 54 + 7 |
| Supervisor Timo Viitanen | | |
| <p>The thesis investigated the condition of the three fire water pumps of the refinery. Several flow measurement tests were made to determine the condition of the pumps and on the basis of these results, yield curves were drawn for each pump. The condition of the pumps were defined by comparing the drawn yield curves with the original yield curves.</p> <p>In addition, the amount of fire water that can be pumped into the Tupavuori and product reservoir area with all three pumps, was investigated. Flow measurements were conducted for both areas to find out the actual amount of fire water.</p> <p>The values of flow measurements did not reach the desired quantity and the drawn yield curves of the pumps did not reach the manufacturer's original curves. The product reservoir area remained a little below the target and at Tupavuori reliable flow results were not achieved. Finally, the maintenance and service programs were compiled for each pump.</p> | | |
| Keywords fire water pump, flow measurement, maintenance, servicing, yield curve | | |

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

| | |
|--|-----------|
| 1 JOHDANTO | 1 |
| 2 NESTE OIL OYJ | 2 |
| 2.1 Naantalin jalostamo | 3 |
| 2.2 Jalostamon palovesijärjestelmä | 4 |
| 2.3 Palovesimäärän mitoittaminen jalostamolla | 6 |
| 3 PUTKISTOJEN JA PUMPPUJEN VIRTASTEORIA | 7 |
| 3.1 Virtauksen perusteet | 7 |
| 3.2 Virtaus putkistossa | 8 |
| 3.3 Pumput ja virtausmittaus | 11 |
| 4 PUMPUILLA SUORITETUT MITTAUKSET | 18 |
| 4.1 Tuottokäyrämittaukset | 18 |
| 4.1.1 YGA-33:n ja YGA-34:n koemittaukset osa 1 | 18 |
| 4.1.2 YGA-33:n ja YGA-34:n koemittaukset osa 2 | 20 |
| 4.1.3 YGA-38/II:n koemittaus osa 1 | 21 |
| 4.1.4 YGA-38/II:n koemittaus osa 2 | 24 |
| 4.2 Virtausmittaukset | 26 |
| 4.2.1 Tuotesäiliöalue | 26 |
| 4.2.2 Tupavuori | 28 |
| 5 MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN KÄSITTELY | 31 |
| 5.1 Tuottokäyrämittaukset | 31 |
| 5.1.1 Pumppu YGA-33 | 33 |
| 5.1.2 Pumppu YGA-34 | 38 |
| 5.1.3 Pumppu YGA-38/II | 42 |
| 5.2 Virtausmittaukset | 46 |
| 5.2.1 Tuotesäiliöalue | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.2 Tupavuori | 47 |
| 6 PALOVESIPUMPPUJEN KUNNOSSAPITO | 49 |
| 6.1 Määräaikaiskoestus ja vuosikoestus | 49 |
| 6.2 Määräaikaishuolto | 49 |
| 7 YHTEENVETO | 51 |
| 7.1.Tuottokäyrämittaukset | 51 |
| 7.2. Virtausmittaukset | 52 |
| LÄHTEET | 53 |
| LIITTEET | 54 |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millaisessa kunnossa Neste Oilin Naantalın jalostamon palovesipumput ovat, ja millaisia vesimääriä saadaan siirrettyä palovesijärjestelmän avulla Tuotesäiliöalueelle ja Tupavuoreen. Lisäksi tuli laatia kunnossapito-ohjelma palovesipumpuille YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II.

Palovesipumppujen kuntokartoitus tehtiin tuottokäyrämittausten avulla ja niiden avulla piirrettiin uudet tuottokäyrät, joita verrattiin valmistajan ilmoittamiin tuottokäyriin. Virtausmittausten avulla saatiin selville, kuinka suuria vesimääriä saadaan siirrettyä palovesijärjestelmän avulla Tuotesäiliöalueelle ja Tupavuoreen. Molemmille alueille on ennalta määritelty tarvittava palovesimäärä, ja verrattiin saatuihin virtausmittaustuloksiin. Näiden lisäksi palovesipumpuille laadittiin kunnossapito-suunnitelma, jonka tarkoituksena on pitää pumpit tulevaisuudessa toimintakunnossa.

2 NESTE OIL OYJ

Neste Oil on perustettu vuonna 1948, jolloin sen tehtävänä oli Suomen öljynsaannin turvaaminen. Nykyään Neste Oil tunnetaan korkealaatuisiin puhtaamman liikenteen polttoaineisiin keskittyvänä jalostus- ja markkinointiyhtiönä, joka jakautuu kahteen liiketoiminta-alueeseen, öljy- ja uusiutuviin tuotteisiin sekä öljyn vähittäismyyntiin. Yhtiön kaikkien liiketoiminta-alueiden yhteinen tavoite on tulla maailman johtavaksi puhtaamman liikenteen polttoaineiden toimittajaksi. (Neste Oil 2011,4.)

Neste Oil Oyj:n osake on listattu NASDAQ OMX Helsingissä. Sen suurin omistaja on Suomen valtio. Yhtiön liikevaihto oli 11,9 miljardia euroa vuonna 2010 ja vertailukelpoinen liikevoitto vuonna 2010 oli 240 miljoonaa euroa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. Yrityksen henkilöstömäärä on noin 5000 henkilöä neljässätoista eri maassa. Suomessa on kaksi öljynjalostamo, yksi Porvoossa ja toinen Naantalista. (Neste Oil 2011,1.)

Porvoon jalostamon tuotantokapasiteetti on 12 miljoonaa tonnia ja Naantalin 3 miljoonaa tonnia. Molemmat jalostamot sijaitsevat logistisesti hyvällä paikalla, mikä antaa niille mahdollisuuden hyödyntää Venäjän raakaöljyvarantoja. Näiden kahden jalostamon lisäksi Neste Oililla on maailmalla omia ja yhteistyömistuksessa olevia tuotantolaitoksia. Maailmalla omia tuotantolaitoksia on Singaporessa, Belgian Beringenissä ja Alankomaiden Rotterdamissa. Yhteistyömistuksessa olevat laitokset taas sijaitsevat Bahrainissa, Ruotsin Nynäshamnissa ja Kanadan Edmontonissa. (Neste Oil 2011,1–4,12.)

Yhtiön tuotevalikoimaan kuuluvat erilaiset bensiinit, diesel-, lentokone- ja biopolttoaineet, lämmitys- ja raskaat polttoöljyt, perusöljyt, bitumi, liuottimet, voiteluaineet sekä liikenteen polttonesteiden komponentit. Suurin osa valmistetuista tuotteista myydään Suomeen. Viennin päämarkkina-alueita ovat Pohjoismaat, muu Euroop-

pa ja Pohjois-Amerikka. Toimitukset Suomeen vuonna 2009 olivat 7,6 miljoonaa tonnia ja viennin osuus oli 6,6 miljoonaa tonnia (Neste Oil portaali 2011.)

Neste Oilin tytäryhtiöllä Neste Markkinointi Oy:llä on 1169 jakeluaseman verkosto Itämeren alueella, Suomessa on noin 850 asemaa ja loput asemat ovat Venäjän, Puolan ja Baltian maiden alueilla. (Neste Oil 2011, 4.)

2.1 Naantalin jalostamo

Naantalin jalostamo aloitti toimintansa vuonna 1957. Jalostamon tuotantokapasiteettia on vuosien varrella nostettu, jolloin tuotantoprosesseja on parannettu sekä panostettu puhtaampien vähemmän ympäristöä kuormittavien öljytuotteiden valmistukseen. Jalostamon päiväjalostuskapasiteetti on yli 50 000 barreliä, mikä tarkoittaa vuosituotantona 3 miljoonaa tonnia. Päätuotteita ovat liikennepolttoaineet ja erikoistuotteet, kuten bitumi, liuottimet ja pienmoottoribensiini. Jalostamolla työskentelee noin 400 henkilöä. Jalostamolla tapahtuva öljynjalostamisprosessi on jatkuvaa, joten siellä tehtävä työ on keskeytymätöntä kolmivuorotyötä. (Neste Oil Naantalin erikoistuotejalostamo esite.)

Raakaöljy jalostamolle tuodaan laivoilla. Valmiit tuotteet viedään maa- ja merikuljetuksina. Maakuljetusten osuus on noin 60 % ja merikuljetusten osuus noin 40 %. Jalostamon tuotteista viedään ulkomaille noin 20 %. Tärkeimmät vientikohteet ovat muu Eurooppa ja ns. Itämeren altaan alueen maat. Kaukaisin vientikohde on Yhdysvallat. (Neste Oil Naantalin erikoistuotejalostamo esite.)

Jalostamon pinta-ala on noin 300 hehtaaria, ja alueella sijaitsee 30 jalostusyksikköä. Säiliöitä alueella on yhteensä 147, joista maanpäällisiä säiliöitä on 140 ja

maanalaisia 7. Näiden lisäksi kallioon on louhittu 590 metrin pituinen ja 30 metrin korkuinen kalliosäiliö. (Neste Oil Naantalin erikoistuotejalostamo esite.)

2.2 Jalostamon palovesijärjestelmä

Naantalin jalostamolle on rakennettu oma palovesijärjestelmä, mikä mahdollistaa riittävän määrän vettä palokohteeseen kaikkialla jalostamon alueella. Järjestelmään kuuluu 2 palovesipumppaamaa, putkistot, kiinteitä paloposteja ja vesitykkeitä. Virtaavana aineena käytetään merivettä. Jalostamon alue on epätasaista kallioperää. Tupavuoren ja tuotesäiliön varastoalueilta löytyy korkeimmat kohdat. Ne kohoavat 40 metrin korkeudelle merenpinnasta. (Palovesikartta. Naantalin jalostamoalueen palovesiputkisto. NN-3780-8551R; Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma 2010, 13.)

Palovesipumppuja on yhteensä 4 kpl. YGA-33 ja YGA-34 ovat dieselpumppuja. Molemmilla pumpuilla on sama virtausmäärä eli 375 m³/h. YGA-33 on alkuperäinen pumppu, joka on valmistettu ilmeisesti 1950-luvulla. YGA-34 on uudempi pumppu, jonka valmistusvuosi on 1986. Pumput sijaitsevat jalostusalueella olevassa palovesipumppuhuoneessa. (Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma 2010, 13; Naantalin jalostamo Case 5 2002.)

YGA-42 ja YGA-38/II ovat sähkökäyttöisiä pumppuja. YGA-38/II:n virtausmäärä on noin 1200 m³/h, valmistusvuosi on 2003, ja pumppu sijaitsee satamassa olevassa palovesipumppuhuoneessa. YGA-42:n virtausmäärä on 203 m³/h, valmistusvuosi on 2004, ja pumppu sijaitsee jalostuksessa olevassa palovesipumppuhuoneessa. YGA-42 toimii niin sanottuna ylläpitopumppuna eli tuottaa tietyn paineen palovesijärjestelmään normaalitilanteessa. Muut pumput eli YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II ovat niin sanottuja palopumppuja, eli ne käynnistetään tilanteen sitä vaatiessa. Palopumppujen käynnistäminen tapahtuu joko paikallisesti tai kaukokäynnistä.

tyksellä keskusvalvomosta tai satamanohjaamosta. (Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma 2010, 13.)

Palovesiputkiston kokonaispituus on noin 13,5 km, ja siinä on neljää eri putkikokoa. Päälinja on 12":n putkesta ja sen kokonaispituus on noin 3,4 km. Sivulinjat ovat 10":n ja 8":n putkia. 10":n putken kokonaispituus on 6,6 km ja 8":n putken kokonaispituus on 2,9 km. Neljäs putkikoko on 6", ja sen kokonaispituus on 580 m. (Palovesikartta. Naantalin jalostamoalueen palovesiputkisto. NN-3780-8551R.)

Jalostamon alueelta löytyy 180 kiinteää palopostia. Yhdessä palopostissa on aina neljä ulosottoa. Vanhimmissa paloposteissa on 4 kpl 3":n ulosottoja ja uusimmissa taas 3 kpl 3":n ja 1 kpl 4":n ulosottoja. 3":n ulosotosta saadaan vettä 1,3 m³/min ja 4":n ulosotosta 4 m³/min. Yhdestä palopostista otetaan sammutusvettä enimmillään n. 5 m³/min. Palopostin paine tulisi olla 5–16 baarin välillä. Jokainen paloposti on maalattu punaiseksi ja numeroitu. (Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma 2010, 13; Vuorinen J-P.2008, 5.)

Palovesijärjestelmään on rakennettu noin 25 kpl kiinteitä vesitykkeitä, jotka on asennettu kiinteiden palopostien yhteyteen. Näiden lisäksi satamalaitureilta löytyy yhteensä 4 kpl kiinteitä kauko-ohjattavia vesivaahdotykkeitä. Niitä käytetään satamaohjaamosta. Yhdestä kiinteästä vesitykistä saadaan vettä 4 m³/min ja laitureilla olevista kauko-ohjattavista vesivaahdotykeistä saadaan vettä tai vaahtoa 2,5 m³/min. (Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma 2010, 13.)

2.3 Palovesimäärän mitoittaminen jalostamolla

Jalostamon palovesitarpeet on määritelty standardin SFS 3357 tulkinnan perusteella ja neuvottelemalla Tukesin kanssa. Palotilanteessa tarvittavan sammutusveden tarve määräytyy palavan kohteen ympärillä olevien säiliöiden ja vallitilojen jäähdyttämisen mukaan. Tupavuoren säiliöalueella palovesitarve on laskettu säiliön N22 perusteella. Sammutusvettä tarvitaan vallitilan sammuttamiseen 16 300 dm³/min sekä säiliöiden N21 ja N22 jäähdyttämiseen yhteensä 5 600 dm³/min. Tarvittava vesimäärä on yhteensä 21 900 dm³/min eli 1 314 m³/h. Tuotesäiliöalueella palovesitarve on laskettu säiliön T95 mukaan. Vallitilan sammuttamiseen tarvitaan vettä 13 008 dm³/min ja säiliöiden T91 ja T92 jäähdyttämiseen yhteensä 11 070 dm³/min. Tuotesäiliöalueen yhteenlaskettu veden tarve on 24 078 dm³/min eli 1 445 m³/h. Nestekaasualueen tarvittava palovesimäärä on 1 400 m³/h. (Naantalin jalostamo Case 5 2002; Prosessipalojen sammuttaminen 2007, 3; Säiliöpalojen sammuttaminen 2007, 3.)

3 PUTKISTOJEN JA PUMPPUJEN VIRTAUSTEORIA

3.1 Virtauksen perusteet

Paikallaan olevaan nesteeseen kohdistuva paine voidaan määrittää voimana, joka vaikuttaa kohtisuoraan nesteen pinta-alaa kohti. Sen perusyksikkö on N/m^2 eli Pa (Pascal). Muitakin yksiköitä voidaan käyttää paineenmittauksessa, kuten bar, mmH_2O tai mmHg . (Jokilaakso 1987, 20.)

Nesteen painovoiman aiheuttamaa painetta kutsutaan hydrostaattiseksi paineeksi. Nestekerroksen aiheuttama paine on suoraan verrannollinen vesipatsaan korkeuteen ja nesteen tiheyteen. Astian muoto tai mittaussuunta ei vaikuta mitenkään hydrostaattiseen paineen suuruuteen. (Virtaustekniikka 1 2009, 3.)

$$p = \rho gh$$

p = hydrostaattinen paine (Pa)

ρ = nesteen tiheys (kg/m^3)

g = gravitaatiovoima (m/s^2)

h = nestekerroksen korkeus (m)

Viskositeetillä tarkoitetaan virtausaineen kykyä vastustaa vierekkäisten kerrosten välistä siirtymää. Se on virtaavan aineen sisäisen kitkan mitta. Jos viskositeetti on suuri, on virtaava aine sakeajuoksuista, kun taas pienellä viskositeetillä tarkoitetaan ohutjuoksuista ainetta. (Bohl 1984, 15.)

Reynoldsin luku on saanut nimensä keksijänsä fyysikko Osborne Reynoldsin mukaan. Reynoldsin luku on dimensioton luku, joka ilmaisee nesteiden inerttien voimien suhdetta viskoosivoimiin. Reynoldsin luvun lyhenne on Re tai N_{Re} . Kun Reynoldsin luku lasketaan, kerrotaan nopeus ja karakteristinen pituus keskenään ja osamäärä jaetaan kinemaattisella viskositeetilla. (Jokilaakso 1987, 24–25; Bohl 1984, 86–87.)

$$Re = \frac{wL}{\nu}$$

Re = Reynoldsin luku

w = virtauksen nopeus

L = karakteristinen pituus

ν = väliaineen kinemaattinen viskositeetti

3.2 Virtaus putkistossa

Virtausnopeus saadaan laskettua, kun tiedetään tilavuusvirtaus ja putken poikkipinta-ala. (Bohl 1984, 52.)

$$v = \frac{V}{A}$$

v = virtausnopeus (m/s)

V = tilavuusvirtaus (m³/s)

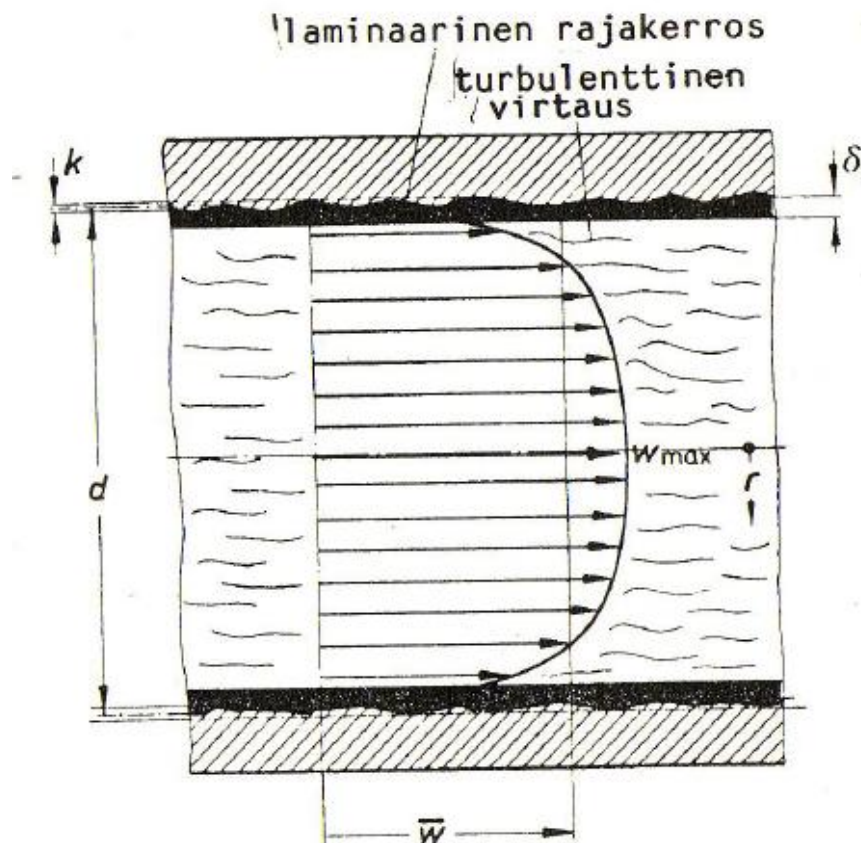
A = putken poikkipinta-ala (m²)

Kun neste virtaa kappaleen läpi tai sen ympärillä, syntyy tiettyjä virtausmuotoja. Putkivirtauksessa nämä virtausmuodot ovat joko laminaarista tai turbulenttista virtausta. Reynoldsin luvun avulla saadaan tietää, onko kyseessä laminaarinen vai turbulenttinen virtaus. (Bohl 1984, 87.)

Laminaarinen virtaus eli kerroksittainen virtaus esiintyy putkissa silloin, kun Reynoldsin luku on alle 2320. Syntyneessä virtauksessa osaset liikkuvat pitkin virtaviivoja, jotka ovat putken pituusakselin suuntaisia. Laminaarisessa virtauksessa osaset eivät sekoitu keskenään. Vaikka putken halkaisija, pituus tai karheus muuttuu, pysyy virtausvastus samana. (Bohl 1984, 87–88.)

Turbulenttinen eli pyörteinen virtaus (ks. KUVIO 1) syntyy, kun Reynoldsin luku on yli 2320. Syntyneessä virtauksessa esiintyy putken akselin suuntaisen siirtymisen ohella myös poikittaista liikettä. Tämä johtaa virtausosasten jatkuvaan sekoittumiseen. Turbulenttisessa virtauksessa virtausvastukseen vaikuttavat putken karheus, halkaisija ja pituus. (Bohl 1984, 87–88.)

Putkivirtaukset ovat käytännössä lähes aina turbulenttisia. Painehäviön ja nopeusjakauman lausekkeiden johtaminen ei ole mahdollista pelkästään teoreettisesti, sillä Reynoldsin luvun ohella pitää myös ottaa huomioon putken sisäseinämän karheus. Turbulenttisessa virtauksessa esiintyy Newtonin kitkahäviöiden lisäksi sekoitushäviöitä. Newtonin kitkahäviöt esiintyvät laminaarisessa rajakerroksessa. Lähellä putken pintaa virtaava neste tarttuu kiinni putken seinämään, jolloin virtausnopeus on nolla. Sekoitushäviöt johtuvat nopeuden heilahteluista virtauksen aikana. (Bohl 1984, 95.)



KUVIO 1. Turbulenttinen putkivirtaus (Bohl 1984, 95.)

Nesteiden sitkeys ja erilaisilla nopeuksilla liikkuvien vesikerrosten välinen hankaus vastustaa virtausta aiheuttaen energiahäviön. Kun virtausnopeutta nostetaan, kasvaa tämä vaikutus turbulenssi-ilmiön vaikutuksesta. Tämä johtuu siitä, että reunalla virtaava vesi syöksyy putken reunoille, jolloin putken seinämän karheus vaikeuttaa virtausta enemmän. (Jokilaakso 1987, 35.)

Kokemusten perusteella turbulenttisessa putkistovirtauksessa painehäviö on suoraan verrannollinen putken pituuteen sekä keskimääräisen virtausnopeuden potopaineeseen ja kääntäen verrannollinen putken halkaisijaan. Verrannollisuuskerroin λ on myös dimensioton virtausvastuskerroin, joka on Reynoldsin luvun ja putken karheuden d/k funktio. Sen voi määrittää joko laskemalla tai taulukon avulla. (Bohl 1984, 98.)

Putkistot muodostuvat erilaisista rakenneosista eli vastuksista, kuten venttiileistä, hanoista ja kuristuselimistä. Muitakin vastuksia voi olla putkilinjassa, kuten esimerkiksi halkaisijan, suunnan ja tilavuusvirran muutos. Nämä aiheuttavat virtaukseen suuria kitka-, kääntö- ja irtoamishäviöitä, jotka näkyvät käytännössä painehäviönä. Virtausvastuksien aiheuttamaa virtausvastusta putkistossa on usein aika hankalaa selvittää teoreettisesti laskemalla. Sen selvittäminen tapahtuu melko usein kokeellisilla menetelmillä. (Bohl 1984, 105.)

Kokonaispainehäviö saadaan, kun lasketaan yhteen dynaaminen ja staattinen painehäviö. Dynaamiseksi painehäviöksi kutsutaan sitä, kun kitkasta ja paikallisvastuksista aiheutuneet painehäviöt lasketaan yhteen. Staattinen painehäviö johtuu alku- ja lopputilan välisestä korkeuserosta. (Jokilaakso 1987, 39.)

3.3 Pumput ja virtausmittaus

Nesteiden siirto voidaan tehdä keskipakovoiman, syrjäytyksen, mekaanisen impulssin, sähkömagneettisen kentän, painovoiman ja momentin siirrolla toisesta nesteestä. Näillä menetelmillä on mahdollista siirtää erilaisia nesteitä ilman, että niiden fysikaaliset ominaisuudet, kokoonpuristuvuudet tai -puristumattomuudet estäisivät nesteiden siirtämistä. Nesteiden siirroille asetetaan erilaisia vaatimuksia. Nämä vaatimukset liittyvät siihen, että lämpötilan, virtausmäärän ja koostumuksen täytyy pysyä vakiona. Tämän lisäksi paineen täytyy olla tietyn suuruinen siirron loppuosassa. (Jokilaakso 1987, 50.)

Oikeanlaisen pumpun valinnassa täytyy ottaa huomioon seuraavanlaisia asioita. Ensimmäinen liittyy nesteen ominaisuuksiin ja ulkoisiin tekijöihin. On tiedettävä siirrettävä ainemäärä, nostokorkeus, aineen lämpötila, viskositeetti ja tiheys. Toinen asia liittyy pumpun sijoituspaikkaan, ympäristöön ja materiaaliin. On hyvä selvittää, sijoitetaanko pumppu kaivoon vai kuumaan tai pölyiseen paikkaan. Näissä

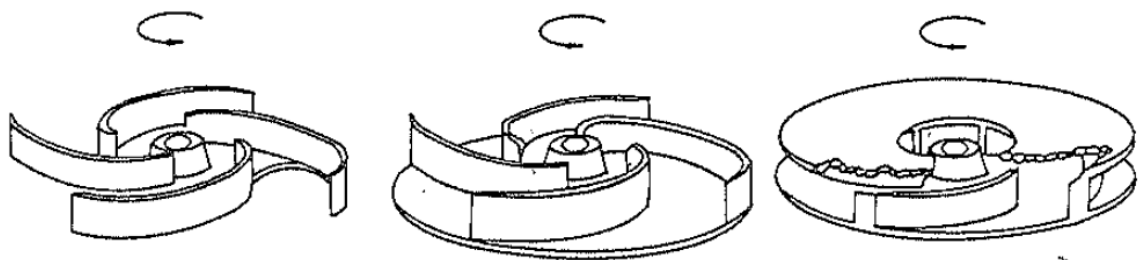
olosuhteissa pumpuilta vaaditaan aivan erilaisia ominaisuuksia esimerkiksi materiaalien suhteen. Kolmas asia liittyy taloudellisiin asioihin, saatavuuteen ja kunnossapitoon. On tärkeä tietää, mikä on pumpun ja varaosien hinta ja saatavuus, kuinka usein pumppua pitää huoltaa sekä millaista kunnossapitoa se vaatii. (Jokilaakso 1987, 51.)

Markkinoilla, käytössä ja kehitteillä on lukuisia erilaisia pumppuja. Kaikki pumput eivät sovellu mihin tahansa käyttöön, vaan jokaiselle pumpulle on olemassa oma toimintaympäristö ja -alue. Teollisuudessa yleisin ja käytetyin pumpputyypä on kuitenkin keskipakopumppu. Keskipakopumpun lisäksi on olemassa myös lukuisia muita pumppuja. Ne jaetaan eri ryhmiin pumppausmenetelmän tai käyttötarkoituksen perusteella. Pumppausmenetelmässä pumput jaetaan kahteen eri ryhmään, kineettisiin ja pakkosyöttöpumppuihin. Kineettisiin pumppuihin kuuluvat keskipakojä sivukanavapumput. Pakkosyöttöpumppuihin kuuluvat taas mäntä-, ruuvi-, hammasratas-, kalvo- sekä vesirengaspumput. Kun pumput jaetaan käyttötarkoituksen perusteella, jaotellaan ne silloin siirto-, syöttö-, tyhjiö- ja annostelupumppuihin. (Jokilaakso 1987, 52.)

Keskipakopumppuja voidaan käyttää monen erilaisen nestemäisen tuotteen siirtämiseen esimerkiksi kemianteollisuudessa. Ne soveltuvat hyvin myös veden pumppaamiseen. Keskipakopumppujen kapasiteettialue on hyvin laaja. Virtausmäärät vaihtelevat 10 l/min – 400 000 l/min. Myös nostokorkeusalue on hyvin laaja. Kun virtausmäärät ja nostokorkeudet vaihtelevat suuresti, käyttöön sopivan pumpun löytää ainoastaan laskemalla. Suurin syy siihen, miksi keskipakopumppuja käytetään niin yleisesti teollisuudessa, on mm. sen halpa hankintahinta, alhaiset ylläpitokustannukset, yksinkertainen rakenne ja tasainen virtaus. (Jokilaakso 1987, 52–53.)

Keskipakopumpun toiminta perustuu keskipakovoimaan, jonka avulla pumpun antama mekaaninen energia muuttuu pumpun läpi virtaavan nesteen liike-energiaksi. Pumpun sisällä neste virtaa imupuolelle juoksupyörän keskelle, josta se siirtyy juoksupyörän kanavien ja pumpun johtokanavaa pitkin paineyhteeseen. (Jokilaakso 1987, 53.)

Keskipakopumpulla on kolme erilaista juoksupyörää. Kuten kuviossa 2, ne voidaan jakaa avoimeen, puoliavoimeen ja suljettuun juoksupyörään. Juoksupyörän valinta määräytyy pumpattavan nesteen mukaan. Jos pumpattava neste sisältää kiinteää ainetta, soveltuu silloin parhaiten avoin tai puoliavoin juoksupyörä. Runsaasti kiinteää ainetta sisältäville nesteille on kehitetty niille soveltuvia juoksupyöriä, jotka eivät tukkeudu kovin helposti. Suljetulla juoksupyörällä yleensä saadaan lisättyä tehokkuutta pumppaukseen. Samalle akselille voidaan asentaa useita juoksupyöriä, jolloin puhutaan monivaiheisesta pumpusta. Juoksupyörän valinnalla vaikutetaan myös virtausmääriin ja paineisiin. Jos muutetaan juoksupyörän kokoa, muotoa tai sen pyörimisnopeutta, se vaikuttaa silloin pumpun tuottamaan virtausmäärään ja paineeseen. (Jokilaakso 1987, 53.)

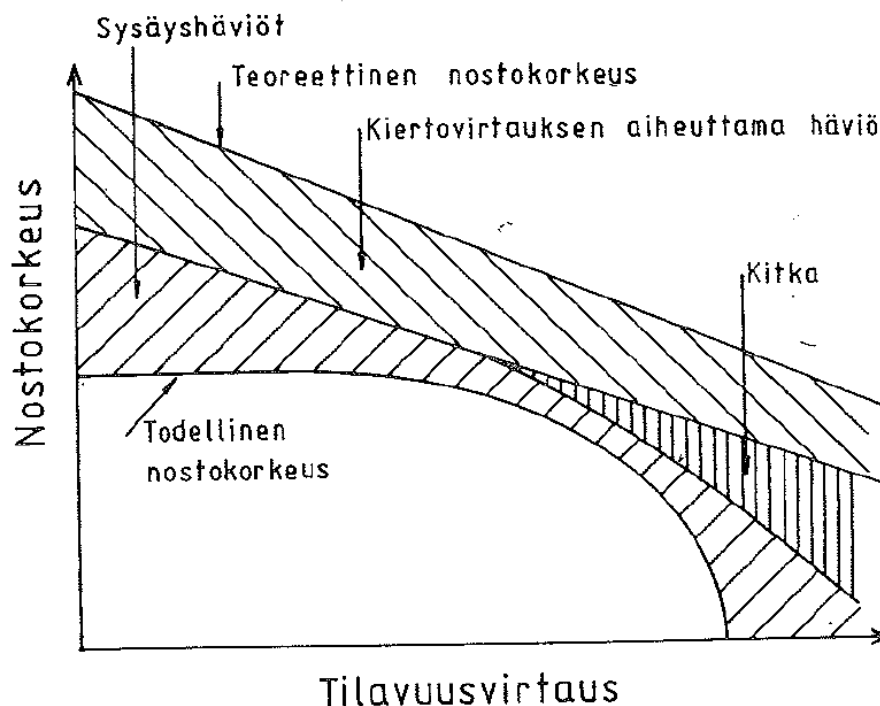


KUVIO 2. Avoin, puoliavoin ja suljettu juoksupyörä (Jokilaakso 1987, 53.)

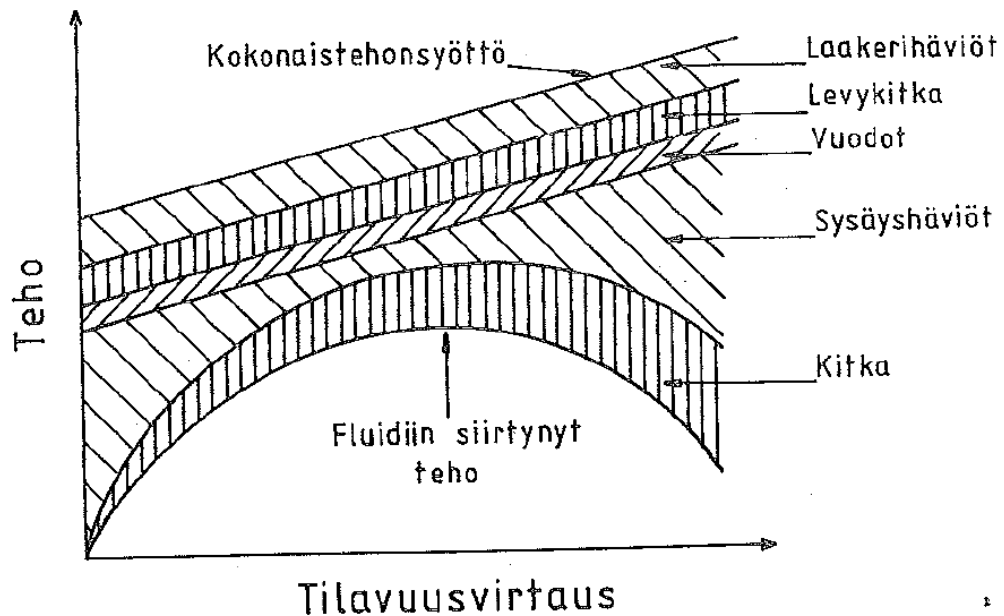
Keskipakopumppua käytettäessä syntyy erilaisia häviöitä, jotka vaikuttavat pumpun toimintaan. Kuviossa 3, näkyy miten kiertävä virtaus, kitka ja sysäykset vaikuttavat käytännössä pumpun nostokorkeuteen ja tehoon. Näiden takia teoreettisesti laskettua nostokorkeutta ja tehoa ei saavuteta käytännössä. Sysäyshäviö vaikut-

taa pumpun nostokorkeuteen ja tehoon. Sysäyshäviö syntyy siitä, kun juoksupyörän siivistä virtaava neste joutuu nopeasti kehämäiseen virtaan. Nesteen liian nopea muutos virtaussuunnassa synnyttää turbulenssia. (Jokilaakso 1987, 54.)

Kuviosta 4 näkyy, miten pumpun tehonkulutukseen vaikuttavat mm. vuoto, kitka, levykitka ja laakerihäviö. Levykitka syntyy siitä, kun pyörivän juoksupyörän kanssa kontaktissa oleva neste lentää juoksupyörien siipien heittämänä johtokanavaan. Sieltä se valuu kuoren sisäpintaa pitkin jälleen siipipyörän noutamaksi ja siirtyy sitten uudelleen pumpattavaksi. Pumpun sisällä tapahtuva vuoto johtuu siitä, että imupuolen ja pesän välinen liitos ei ole täysin tiivis. Tämä johtaa siihen, että tilavuusvirtaus pienenee ja pumppu joutuu tekemään ylimääräisen työn, joka taas muuttuu lämmöksi ja häviöksi. Nesteen kitka ja sysäyshäviöt aiheuttavat yhdessä tehohäviöitä, jolloin osa mekaanisesta energiasta muuttuu lämmöksi. (Jokilaakso 1987, 54–55.)



KUVIO 3. Pumpun teoreettista nostokorkeutta pienentävät tekijät (Jokilaakso 1987, 55.)



KUVIO 4. Pumpun tehon jakautuminen nesteeseen, laakeri- ja sysäyshäviöihin, levykitkaan ja vuotoihin (Jokilaakso 1987, 55.)

Yksi perinteisimmistä tavoista on säätää virtausta kuristussäädöllä. Käytännössä se tapahtuu siten, että pumppu käy tietyllä kierrosluvulla ja painepuolella olevaa venttiiliä väännetään jonkin verran kiinni. Pienten virtausmäärien kohdalla kuristussäätötapa on melko usein taloudellisempi vaihtoehto kuin pumpun kierrosluvun säätäminen. (Virtaustekniikka 3 2009, 13.)

Toinen tapa säätää virtausta on muuttaa pumpun kierroslukua. Se on energiaa säästävää tapa, joka on viime aikoina yleistynyt. Energiaa säästyy, koska ei pumpata osittain suljettua venttiiliä vasten. Kun muutetaan pumpun kierroslukua, muuttuu samalla pumpun omaiskäyrä. Affiniteettisäännön avulla voidaan laskea pumpulle uusi ominaiskäyrä. (Virtaustekniikka 3 2009, 14.)

Nostokorkeus saadaan seuraavan kaavan avulla:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1}{n_2}^2$$

H_1 = vanha nostokorkeus (m)

H_2 = uusi nostokorkeus (m)

n_1 = vanha kierrosluku (1/min)

n_2 = uusi kierrosluku (1/min)

Tilavuusvirtaus saadaan seuraavan kaavan avulla:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

V_1 = vanha tilavuusvirtaus (m³/min)

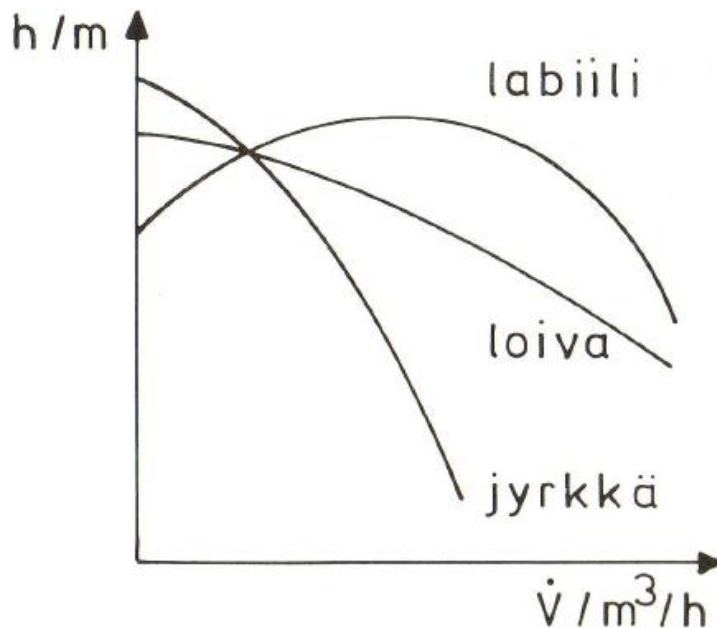
V_2 = uusi tilavuusvirtaus (m³/min)

n_1 = vanha kierrosluku (1/min)

n_2 = uusi kierrosluku (1/min)

Ominaiskäyrän avulla pumpun valmistaja esittää ostajalle sen millaisiin suoritusarvoihin pumpulla päästään. Pumpun ominaiskäyrästä ilmenee sen aikaansaama nostokorkeus tilavuuden funktiona. Kuten kuviosta 5 huomataan, pumpun ominaiskäyrä voi olla joko labiili, jyrkkä tai loiva. Jos pumpun ominaiskäyrä on jyrkkä, silloin nestemäärän muuttuessa saavutettu nostokorkeus vaihtelee voimakkaasti. Tämän tyyppinen pumpu soveltuu parhaiten sellaisiin kohteisiin, missä halutaan samansuuruisia nestemääriä vaihtelevissa paineoloissa. Loivakäyräisellä pumpulla asia menee toisin päin. Eli nostokorkeuden muutos aiheuttaa suuren muutoksen

virtausmäärässä. Tällainen pumppu soveltuu parhaiten sellaiseen käyttöön, jossa pumpattava nestemäärä vaihtelee. (Jokilaakso 1987, 58.)



KUVIO 5. Pumpun ominaiskäyrä (Jokilaakso 1987, 58.)

Ultraääneksi nimitetään sellaista ääntä, joka ylittää kuuloalueen. Ultraäänen taajuusalue jaetaan kahteen alueeseen. Matala ultraääni on 20–100 KHz:n taajuusalueella, kun taas korkea ultraääni on 1–10GHz:n taajuusalueella. Korkeaa ultraäänitaajuusalueita käytetään kiinteän aineen ja nesteiden tutkimisessa. (Inkinen, Manninen & Tuohi 2009, 282–283.)

Ultraäänellä on useita teknillisiä sovelluksia, jota voidaan käyttää muun muassa nesteen virtausmittaukseen. Useimmat perustuvat äänen kulkuajan mittaamiseen. Käytännössä ultraäänellä mitataan siten, että ultraäänipulssi suunnataan haluttuun kohteeseen. Pulssi heijastuu rajapinnoista, jolloin osa äänestä palaa vastaanottiin. Laitteisto mittaa ajan, joka kuluu lähetetyn pulssin ja vastaanotetun pulssin välillä. Jos mitattavan alueen läheltä löytyy liikkuvia tai painehäviötä aiheuttavia osia, haittaavat ne mittaamista, jolloin mittaustulos ei ole luotettava. (Inkinen, Manninen & Tuohi 2009, 282–283; Kukkonen 2012.)

4 PUMPUILLA SUORITETUT MITTAUKSET

4.1 Tuottokäyrämittaukset

4.1.1 YGA-33:n ja YGA-34:n koemittaukset osa 1

Kaikissa tuottokäyrämittauksissa ja virtausmittauksissa Tuotesäiliöalueella ja Tuvavuoreen käytetään samaa virtausmittaria eli Flexim Fluxus F601:tä. Kyseinen virtausmittari on kannettava ja soveltuu yleisesti teollisuusympäristöön. Laitteen toiminta perustuu ultraääneen. Mittausantureita on 2 kappaletta, jotka tulevat kiinni putken kylkeen ulkopuolelle.

Tuottokäyrämittauksissa ja virtausmittauksissa käytettiin 4:ää erimallista vesitykkiä, jotka olivat lavettivesitykki, TR 75, Partner ja TFT Vector. Lavettivesitykki ja TR 75 ovat vanhempaa mallia, ja niissä tykinpää muodostuu suorasta osuudesta. Lavettivesitykin virtausmäärä on 5 000 l/min ja TR 75:n virtausmäärä on noin 2 500 l/min. Partner- ja TFT Vector-vesitykit ovat uusinta mallia, ja niissä tykin päässä on säädettävä suutin, jolla saa aikaiseksi sumu- tai suorasuihkun. Partnerin virtausmäärä on noin 2 000 l/min ja TFT Vectorin taas noin 4 000 l/min. Näiden vesitykkien huonona puolena on se, että säädettävä suutin voi mennä tukkoon veden likaisuuden vuoksi.

Koemittausten tarkoituksena oli selvittää pumppujen YGA-33 ja YGA-34 virtausmääriä eri kierrosluvuilla. Mittaustulosten ja affiniteettisäännön avulla piirrettiin pumpuille tuottokäyrät, joita verrattiin valmistajan antamiin tuottokäyriin. Koemittaukset suoritettiin 22.9.2011.

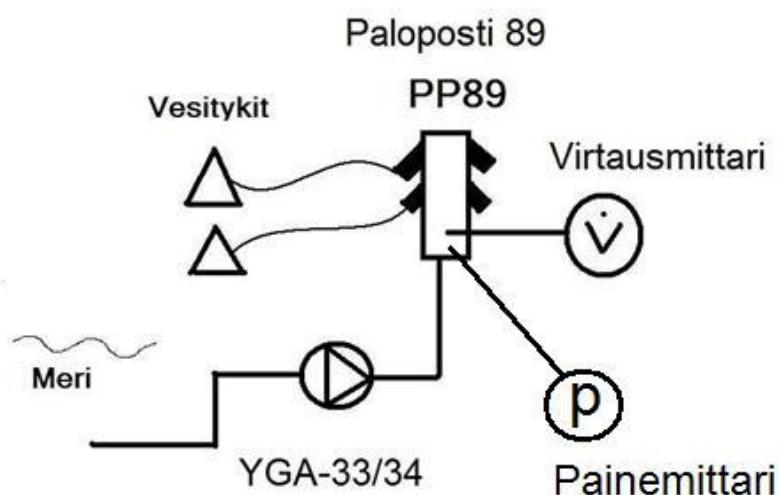
Ennen koemittausten alkamista rakennettiin koelaitteisto kuviossa 6 esitetyllä tavalla mittauksia varten. Palovesilinjasta suljettiin linjaventtiilit 1, 14 ja 90, jolloin vesi pääsi virtaamaan pumpulta suoraan palopostille 89. Toinen tarkoitus linjaventtiilien sulkemiselle oli se, ettei aiheuteta mittauksen aikana ylimääräistä räsitusta palovesiputkistoon. Palopostiin 89 runkoon oli asennettu Flexim Fluxus-F601 vir-

tausmittarin anturit kuvion 7 mukaisesti. Vesi ohjattiin palopostilta 4":n ja 3":n letkuja pitkin Vector- ja Parner-vesitykeille.

Ensimmäinen koemittaus suoritettiin YGA-33:lla. Ennen pumpun käynnistymistä avattiin koestuslinjanventtiili osittain. Sitten käynnistettiin itse pumpun ja odotettiin hetken. Sen jälkeen vaihdettiin dieselmoottorin kauko-ohjaus käsiohjaukselle. Dieselmoottorin kierrosluku oli 1 240 1/min. Tässä vaiheessa oli aika sulkea koestuslinjaventtiili ja kirjattiin ensimmäinen virtauslukema ylös.

Jostain syystä veden virtausmäärä oli aivan liian alhainen. Myöskään kierrosluku ei muuttunut säädettäessä ollenkaan. Hetken kuluttua huomattiin ohjauksen olevan edelleen kauko-ohjauksella. Nyt ohjaus muutettiin käsiohjaukselle, jolloin dieselmoottorin kierrosluvut lähtivät nousemaan, mikä aiheutti pienen paineiskun Vector-vesitykkiin. Paineiskun jälkeen kyseisestä vesitykistä alkoi huomattavasti paremmin virrata vettä. Näiden jälkeen kaikki sujui hyvin.

Kierroslukua nostettiin 1 200 1/min–1 800 1/min noin 100 1/min jaksoissa ja jokaisen kierrosluvun noston jälkeen otettiin ylös tarvittavat lukemat. Sitten valmistautttiin suorittamaan samanlainen koemittaus YGA-34:lla. Tällä kertaa koemittaukset onnistuivat ilman ongelmia, ja ne saatiin nopeasti tehtyä.



KUVIO 6. YGA-33:n ja YGA-34:n tuottokäyrän koejärjestelyt ensimmäisessä ja toisessa koemittauksissa



KUVIO 7. Virtausmittarin anturit kiinnitettynä palopostin runkoon

4.1.2 YGA-33:n ja YGA-34:n koemittaukset osa 2

Pumppujen YGA-33 ja YGA-34 tuottokäyrämittaukset tehtiin 1.11.2011 toisen kerran, koska ensimmäisen koemittausten perusteella piirretty tuottokäyrä jäi todella kauas valmistajan antamasta tuottokäyrästä. Toisella koemittauksella haluttiin varmistaa ensimmäisten kokeiden luotettavuus.

Tällä kertaa koemittaus tehtiin kuristussäätöperiaatteella, jolloin virtausmäärää pienennetään venttiiliä sulkemalla. Tämä on toinen tapa laatia pumpulle tuottokäyrä. Koemittausten perusteella piirrettiin uusi tuottokäyrä, jota verrattiin valmistajan tuottokäyrään ja ensimmäisen kokeen perusteella piirrettyyn tuottokäyrään.

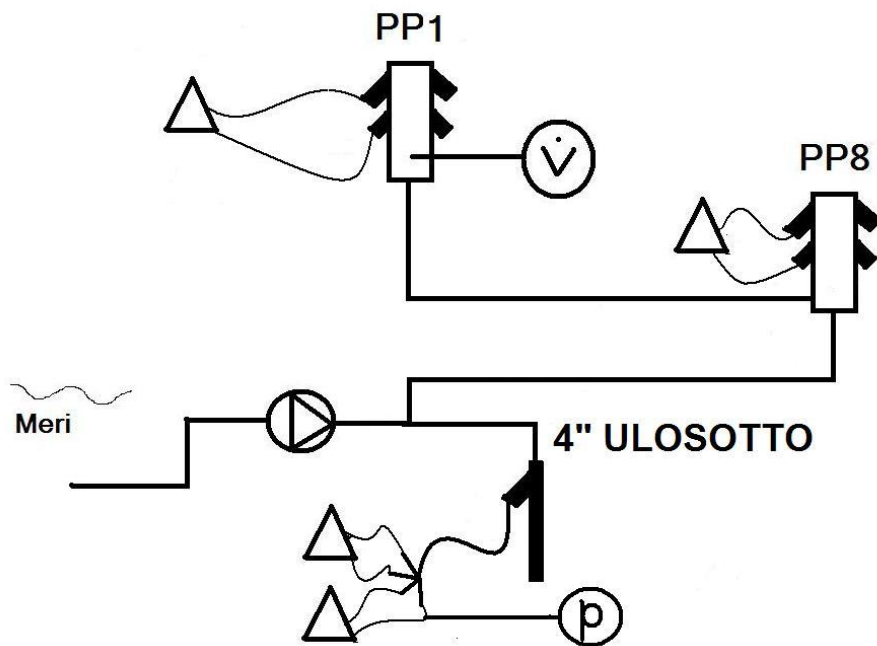
Toinen koemittaus suoritettiin melkein samalla tavalla kuin ensimmäinen koemittaus. Tälläkin kertaa suljettiin linjaventtiilit 1, 14 ja 90. Nyt vesi pääsi suoraan virtaamaan pumpulta palopostille 89. Sieltä vesi ohjattiin 4":n ja 3":n letkuja pitkin lavettivesitykille. Ensimmäisellä kerralla käytettiin Vector- ja Partner-vesitykkeitä, mutta joidenkin koemittauksen yhteydessä ne on todettu epävarmoiksi. Varsinkin Vector-vesitykki tarvitsee tietyn minimipaineen, ennen kuin se toimii kunnolla. Siksi nyt päätettiin ottaa käyttöön lavettivesitykki, joka on aina toiminut todella hyvin.

Ennen kuin YGA-33 käynnistettiin, avattiin koestussuutinta hieman, jotta välttyttäisiin paineiskulta lavettivesitykillä. Koestussuuttimen kautta vesi lentää takaisin mereen. Sitä käytettiin YGA-33:n ja YGA-34:n koestuksissa. Sitten käynnistettiin dieselmoottori, jonka kierrosluku oli 1 244 1/min. Dieselmoottorin kierrosluku oli koko mittauksen ajan vakio. Pumpun annettiin käydä jonkin aikaa, ennen kuin koestussuutin suljettiin kokonaan. Koemittaukset suoritettiin siten, että palopostilla molempia 3":n ja 4":n venttiilejä suljettiin yhtä aikaa aina yksi kierros. Venttiilin asennot olivat nollasta kymmeneen eli nollakohdassa molemmat venttiilit olivat kokonaan auki ja kohdassa kymmenen 3":n venttiili oli kokonaan kiinni ja 4":n melkein kokonaan kiinni. Jokaisen venttiilin asennon kohdalla kirjattiin virtausmäärä palopostilla sekä paineet pumpulla ja palopostilla. Kun oli yksitoista mittaustulosta saatu kirjattua, oli aika suorittaa samanlaiset mittaukset YGA-34:lla. Tällä kertaa molemmat mittaukset onnistuivat hyvin molemmilla pumpuilla. Ei ollut minkäänlaisia ongelmia ennen koetta tai kokeen aikana.

4.1.3 YGA-38/II:n koemittaus osa 1

YGA-38/II:lla suoritettiin 2.12.2011 koemittauksia ja saaduilla mittaustuloksilla piirrettiin sille tuottokäyrä, jota verrattiin valmistajan laatimaan tuottokäyrään. Koemittausmenetelmänä käytettiin kuristussäätöperiaatetta. Ennen koemittauksen alkamista rakennettiin jälleen koelaitteisto kuvio 8:n mukaisesti. Linjaventtiili 72 suljettiin, jolloin vesi pääsi virtaamaan suoraan pumpulta neljälle eri mittaustaikalle. Mittauspaikkoina toimivat palopostit 1, 8, 6 ja palovesipumppaamon seinässä ole-

va 4":n ulosotto. Paloposteilta vesi ohjattiin 3":n letkuja pitkin vesitykeille. Koska kaikki 4":n jakoliittimet olivat käytössä, oli palovesipumppaamon 4":n ulosotosta hieman erilainen järjestely. Siinä vesi ohjattiin 4":n letkua pitkin jakoliittimelle ja sieltä 3":n letkuja pitkin vesitykeille. Paloposteissa 1 ja 8 olivat lavettivesitykit kiinni, palopostilla 6 oli 3 kpl Partner-vesitykkeitä ja palovesipumppaamon 4":n ulosotossa 2 kpl TR 75-vesitykkeitä. Kuviossa 9 on nähtävillä, miten lavettivesitykki on kiinnitetty palopostiin.



KUVIO 8. YGA-38/II tuottokäyrän koejärjestelyt useammilla koemittauskerroilla



KUVIO 9. Lavettivesitykki ja virtausmittari kiinnitettynä palopostiin 1

Virtausmittarina oli käytössä Flexim Fluxus F601. Alussa oli tarkoitus siirtää virtausmittaria paloposteilta toiselle. Palovesipumppaamon 4":n ulosotossa ei kuitenkaan voinut käyttää virtausmittaria, koska siinä oli liian paljon mutkia jotka aiheuttaisivat häiriöitä mittauksen aikana. Ainoa tapa mitata virtausmäärä oli asentaa painemittari toiseen vesitykkiin kiinni. Virtausmäärä saatiin selville taulukosta, kun tiedettiin paine ja suuttimen halkaisija. Ennen pumpun käynnistymistä kaikki neljä palopostia sekä koestussuutin olivat auki. Sen lisäksi säädettiin varolinjan xcv-venttiilin toimintaa siten, että pumpulla paineen ollessa yli 18 bar alkaa xcv-venttiili päästää vettä varolinjaa pitkin merelle.

Kun tarvittavat alkutoimenpiteet oli tehty, koestus voitiin aloittaa. Aluksi oli pieniä ongelmia pumpun käynnistymisen kanssa. Syy selvisi nopeasti, koska se oli tehnyt tämän aikaisemminkin. Jokin ylivirtasuojarele oli lauennut. Sähköpäivystäjä kävi kuittaamassa releen, ja sitten pumppu käynnistettiin uudelleen. Nyt pumppu lähti käyntiin normaalisti. Koestussuutin suljettiin, ja vesi pääsi virtaamaan pumpulta tykeille. Jostain syystä vettä ei tullut riittävästi tykeistä. Virtausmäärä oli aivan liian pieni palopostilla 1 ja painelukema palovesipumppaamon 4":n tykeissä oli todella alhainen. Pumpun paine oli noin 6 bar, eikä sitä saatu nostettua. Ainoaksi vaihto-

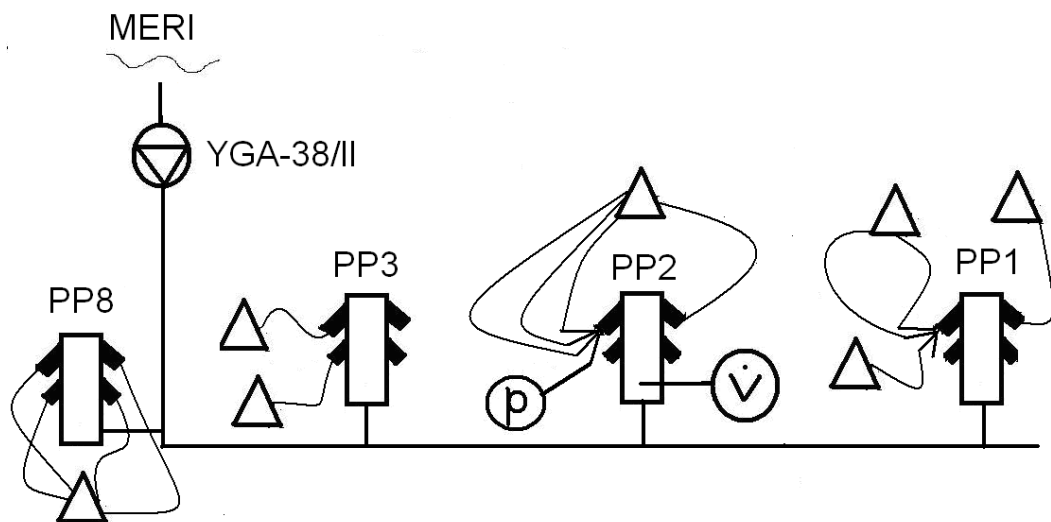
ehdoksi jäi yhden palopostin sulkeminen. Paloposti 6 suljettiin kokonaan. Vaikka paine pumpulla nousi, ei edelleenkään palopostilla 1 veden virtausmäärä kasvanut juuri ollenkaan. Sama ongelma oli paineen suhteen palovesipumppaamon 4":n vesitykeillä. Pumpun käymisäänessä ei havaittu mitään normaalista poikkeavaa, joten toinen paloposti suljettiin vaiheittain. Eli palovesipumppaamon 4":n ulosoton venttiiliä suljettiin pikkuhiljaa kiinni ja samalla tarkkailtiin palopostin 1 virtausmäärää ja pumpun painetta. Venttiilin sulkemisella saatiin virtausmäärä kasvamaan, ja lopussa vain paloposti 1 ja 8 olivat auki. Vaikka paine oli pumpulla 15 bar, virtausmäärässä ei päästy palopostin teoreettiseen virtausmäärään. Yksi syy olisi voinut olla vuoto putkistossa, mutta sellaista ei havaittu alueella. Koestus suoritettiin kuitenkin loppuun asti. Suunnitelmiin tuli sen verran muutoksia, että virtausmittari oli koko ajan paloposti 1:ssä kiinni. Palopostin 8 virtausmäärä oletettiin samaksi kuin palopostin 1, koska siinä oli myös lavettivesitykki kiinni. Palovesipumppaamon 4":n ulosoton vesimäärä määritettiin paineen ja suuttimen halkaisijan avulla. Aikaisemmin oli suljettu palopostin venttiiliä mutta nyt toimittiin vähän toisella tavalla. Eli palovesipumppaamon 4":n ulosoton venttiiliä aukaistiin sen verran, että joko pumpulla oli tietty paine tai palopostilla 1 oli tietty paine. Tällä menetelmällä otettiin neljä eri mittaustulosta.

4.1.4 YGA-38/II:n koemittaus osa 2

YGA-38/II:lla suoritettiin toinen koemittaus 12.8.2012, koska ensimmäisen koemittauksen tulokset jäivät liian kauas valmistajan antamasta tuloksesta. Koemittaus suoritettiin edelleen kuristussäätöperiaatteella. Tällä kertaa ei käytetty palovesipumppaamon 4":n ulosottoa, koska siihen ei voi asentaa mittausantureita. Aikaisemmin virtausmittari oli vain yhdessä palopostissa kiinni, mutta nyt virtausmittari siirrettiin aina seuraavalle palopostille.

Ennen koemittausten alkamista rakennettiin jälleen koelaitteisto kuviossa 10 esitetyllä tavalla. Linjaventtiili 72 suljettiin, jolloin vesi pääsi virtaamaan suoraan pumpulta neljälle eri mittauspaikalle. Mittauspaikkoina toimivat palopostit 1, 2, 3 ja 8.

Paloposteissa 2 ja 8 olivat lavettivesitykit kiinni, palopostilla 1 olivat Partner- ja TR 75-vesitykit kiinni ja palopostilla 3 Partner- ja TFT Vector-vesitykit kiinni. Vesitykki- en lisäksi kaikkiin neljään palopostiin oli kiinnitetty painemittarit. Virtausmittarina käytettiin Flexim Fluxus F601:tä. Varolinjan xcv-venttiilin toimintaa muutettiin siten, että pumpulla paineen ollessa yli 18 bar alkaa xcv-venttiili päästää vettä mereen linjaa pitkin. Pumpun asetusarvoksi valittiin satama.



KUVIO 10. YGA-38/II:n tuottokäyrän koejärjestelyt viimeisellä koemittauskerralla

Ennen pumpun käynnistystä avattiin koestussuutin, jotta välttyttäisiin paineiskuilta vesitykeillä. Se suljettiin heti, kun vettä alkoi tulla vesitykeistä.

Koska käytössä oli vain yksi virtausmittari, aloitettiin virtausmittaus palopostilta 1, siitä käytetään lyhennettä pp. Samalla otettiin ylös paine palopostilla ja pumpulla. Pp:lla 1 otettiin 5 eri virtauslukemaa, koska se oli auki kokonaan kokeen aikana. Ensimmäinen mittauslukema kirjattiin kaikkien palopostien ollessa auki. Toinen lukema otettiin, kun pp 8 oli kokonaan kiinni ja muut postit olivat auki. Kolmas lukema otettiin, kun pp 8 oli kokonaan kiinni ja pp 3:lla oli suljettu 4":n ulosotto. Nyt olivat pp:t 1 ja 2 kokonaan auki ja pp 3:lla oli yksi 3":n ulosotto auki. Neljäs lukema otettiin, kun pp:t 8 ja 3 olivat kokonaan kiinni ja pp:t 1 ja 2 olivat edelleen kokonaan

auki. Viides lukema otettiin, kun pp:t 8 ja 3 olivat kiinni ja pp:lla 2 oli 4":n ulosotto puoleksi suljettu. Paloposti 1 oli auki, pp 2:lla oli yksi 3":n ulosotto auki ja 4":n ulosotto puoliksi auki.

Sitten virtausmittari siirrettiin palopostille 2. Siinä toimittiin samalla tavalla kuin pp:lla 1. Tällä kertaa kirjattiin myös 5 mittauslukemaa. Ensimmäinen lukema otettiin kaikkien palopostien ollessa auki ja toinen lukema, kun pp 8 oli suljettu. Kolmas lukema otettiin, kun pp 8 oli kokonaan suljettu ja pp 3:lla oli 4":n ulosotto suljettu. Neljäs lukema otettiin, kun pp:t 8 ja 3 olivat kokonaan kiinni. Viides lukema otettiin, kun pp:t 8 ja 3 oli kiinni ja pp 2:lla oli 4":n ulosotto puoliksi suljettu.

Seuraavaksi virtausmittari siirrettiin palopostille 3. Siinä kirjattiin 3 virtauslukemaa. Ensimmäinen lukema otettiin kaikkien palopostien ollessa auki ja toinen lukema, kun pp 8 oli suljettu. Kolmas lukema otettiin ylös, kun pp 8 oli kokonaan suljettu ja pp 3:lla oli 4":n ulosotto suljettu.

Viimeisellä palopostilla numero 8:n kirjattiin vain yksi virtauslukema, koska paloposti 8 oli vain ensimmäisessä mittauksessa kokonaan auki.

Kokeen aikana ei ilmennyt suurempia hankaluuksia. Vesitykkien, virtausmittarin ja xcv-venttiilin kanssa ei ollut suurempia ongelmia. Xcv-venttiili päästi hieman vettä valumaan mereen, mutta se ei vaikuta koetuloksiin juuri ollenkaan.

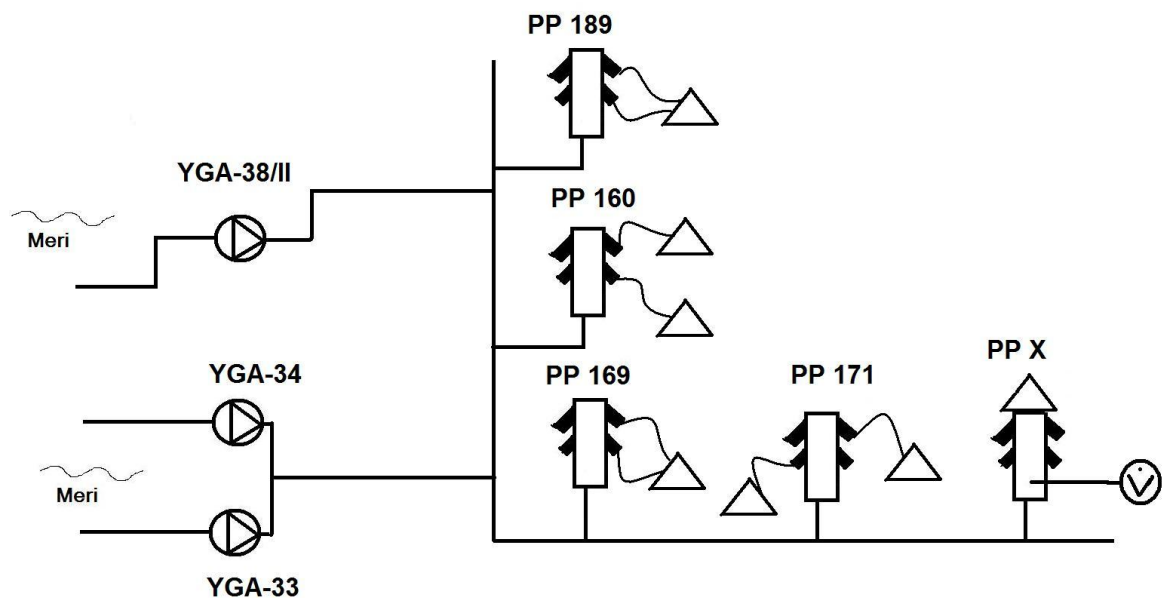
4.2 Virtausmittaukset

4.2.1 Tuotesäiliöalue

Tuotesäiliöalueella suoritettiin 20.10.2011 virtausmittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon saadaan vettä alueen paloposteista, kun pumput YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II ovat yhtä aikaa päällä. Saatuja tuloksia verrattiin NA-

CA:ssa, eli Naantalin jalostamo, palovesijärjestelmän tehostaminen, perussuunnittelu CASE 5:ssä olevaan laskettuun tuotesäiliöalueen palovesitarpeeseen.

Kokeen suorittamista varten käytössä olivat 2 kpl lavettivesitykkeitä, 2 kpl Vector-vesitykkiä, 2 kpl Partner-vesitykkiä, yksi kiinteävesitykki, 3":n ja 4":n letkuja sekä palopostit 171, 160, 169, 189 ja X. Paloposti X sijaitsee palopostin 171 vieressä. Kyseistä palopostia ei ole vielä numeroitu joten tulen jatkossa käyttämään siitä kirjainta X. Vesitykit aseteltiin kuvion 11 mukaisesti Tuotesäiliöalueelle.



KUVIO 11. Virtausmittauksen koejärjestelyt Tuotesäiliöalueella

Painemittaus tapahtui palopostilla 160, johon oli kiinnitetty painemittari. Virtausmittaus suoritettiin siten, että mittarin kalibrointi suoritettiin palopostilla X. Tämän jälkeen mittausanturit siirrettiin aina seuraavaan palopostiin kiinni.

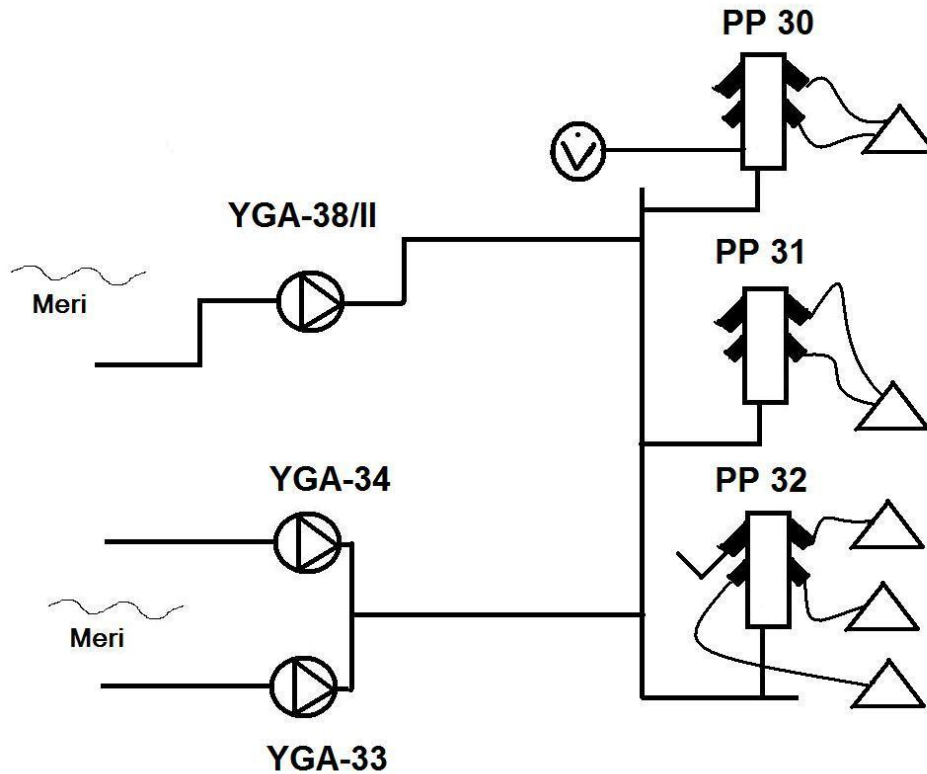
Ennen palopumppujen käynnistystä avattiin kaikki viisi palopostia ja huuhtelimme palopostit, jotta vedessä olevat epäpuhtaudet eivät tukkisi vesitykkien suuttimia. Tämän jälkeen käynnistettiin ensin dieselpumput YGA-33 ja YGA-34. Kun dieselpumput olivat saavuttaneet kierrosluvun 1 650 1/min, käynnistettiin sataman pumppu YGA-38/II. Kun sataman pumppu oli saavuttanut 10 baarin paineen, oli

tarkoitus nostaa paine 16 baariin mutta se ei onnistunut, joten YGA-38/II paine oli kokeen aikana 10 bar. Pumput käynnistettiin keskusvalvomosta. Hetken odottelun jälkeen alettiin mitata virtausmääriä. Ensimmäinen mittaus tapahtui palopostilla X. Tässä käytettiin ainoastaan kiinteää vesitykkiä, jolloin mittaustulokseksi saatiin 2,3 m³/min. Seuraavaksi siirryttiin vieressä olevalle palopostille 171. Tähän palopostiin oli liitetty Vector- ja Partner-vesitykit. Tällä palopostilla saavutettiin kokeen aikana paras tulos muihin paloposteihin verrattuna eli 5,5 m³/min. Kolmanteen palopostiin 169 oli kiinnitetty lavettivesitykki. Virtausmittari näytti 4,1 m³/min. Neljännelle palopostille 160 oli kiinnitetty Vector- ja Partner-vesitykit sekä painemittari. Virtausmääräksi saatiin 4,1 m³/min, ja paine oli 8 bar. Viimeisellä palopostilla 189 oli kiinnitetty lavettivesitykki. Virtausmääräksi saatiin 4 m³/min.

4.2.2 Tupavuori

Tupavuoressa suoritettiin 20.10.2011 virtausmittauksia. Tulosten tarkoituksena oli selvittää kuinka paljon vettä saadaan alueen paloposteista. Saatuja tuloksia verrattiin NACA:ssa, eli Naantalın jalostamo, palovesijärjestelmän tehostaminen, perusuunnittelu CASE 5:ssä olevaan laskettuun Tupavuoren palovesitarpeeseen.

Koemittauksia häirtasi Tupavuoressa oleva iso palovesivuoto. Vuodon takia linjaventtiilit 46, 32, 87 ja 35 oli suljettu, jolloin toista 12":n linjaa ei voitu käyttää. Koemittaukset suoritettiin, vaikka käytössä oli vain yksi 12":n linja. Virtausmittauksia varten tarvittiin 2 kpl lavettivesitykkeitä, 3 kpl Partner-vesitykkeitä, 2 kpl 3":n käyriä, 1 kpl 3":n suoraa, 3":n ja 4":n letkuja. Virtausmittaukset suoritettiin paloposteilla 30, 31, 32. Vesitykit aseteltiin kuvion 12 mukaisesti Tupavuoreen.



KUVIO 12. Virtausmittausten koejärjestelyt Tupavuoressa

Painemittaus tapahtui palopostilla 32, johon oli kiinnitetty painemittari. Virtausmittaus suoritettiin siten, että mittarin kalibrointi suoritettiin palopostilla 30. Tämän jälkeen mittausanturit siirrettiin aina seuraavaan palopostiin kiinni. Koska vain yksi linja Tupavuoreen oli käytössä, aiheutti se hieman muutosta koejärjestelyihin. Aikaisemmin oli tullut ilmi, että pelkästään yksi 12":n linja ei pystyisi kuljettamaan riittävästi vettä Tupavuoreen. Tämän vuoksi suoritettiin kaksi koemittauskertaa. Ensimmäisellä kerralla oli päällä pelkästään vain YGA-33 ja YGA-34, toisella kerralla YGA-38/II.

Ensimmäinen virtausmittauskoe tapahtui siten, että avattiin kaikki kolme palopostia. Sitten käynnistettiin YGA-33 ja YGA-34. Molempien kierrosluvut olivat 1 650 1/min, ja paine pumpulla oli 10 bar. Virtausmittaus aloitettiin palopostilta 30. Siihen oli liitetty 3 kpl Partner-vesitykkiä ja tehty "käyräviritelmä", joka muodostui kahdesta putken osasta, suora- ja käyräosuudesta. Putken halkaisija oli 3". Virtaustulokseksi saatiin 3,75 m³/min. Toisella palopostilla nro. 31 oli lavettivesitykki. Tältä mittauspisteeltä virtausmääräksi tuli 2,5 m³/min. Viimeisellä palopostilla nro. 32 oli

myös lavettivesitykki. Palopostilla 32 mitattiin virtausmäärän lisäksi paine. Virtausmäärä oli $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$, ja paine oli 2 bar.

Toinen mittaus suoritettiin saman kaavan mukaan. Ainoana erona olisi se, että tällöin käynnistettiin YGA-38/II. Paine pumpulla oli 10 bar. Virtausmäärissä ei päästy edes ensimmäisen kerran tuloksiin. Virtausmäärät palopostilla 30 olivat $1,16 \text{ m}^3/\text{min}$, palopostilla 31 $2,64 \text{ m}^3/\text{min}$ ja palopostilla 32 $2,4 \text{ m}^3/\text{min}$. Paineluku sentään kasvoi. Nyt se oli 4 bar.

Koska saadut tulokset olivat heikompia kuin ensimmäisen kerran, suoritettiin toinen koe uudelleen. Tällä kertaa pumpun paine oli tarkoitus nostaa 16 baariin, ja lavettivesitykkien letkujen paikkoja muutettiin siten, että mutkat eivät olisi niin jyrkkiä. Paineita lähdettiin nostamaan 16 baariin. Jostain syystä järjestelmä ei suostunut nostamaan painetta niin paljon, vaan paine jäi $10,3$ baariin. Virtausmittauksissa ei tullut suuria muutoksia ja paine pysyi melko samana. Näin oli kaikki virtausmittaukset suoritettu Tupavuorella.

5 MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN KÄSITTELY

5.1 Tuottokäyrämittaukset

Pumpun kierrosluku:

Testien aikana ei huomattu, että dieselmoottorissa on alennusvaihte alennussuhteella 1,4. Pumpun kierrosluku oli kuitenkin lähes sama kuin dieselmoottorin, koska dieselmoottorin alennusvaihteen lisäksi pumpussa on erillinen kulmavaihte ylennysvälityssuhteella 1,387.

$$n_{pumppu} = n_1 \times \frac{i_2}{i_1}$$

n_1 = dieselmoottorin kierrosluku (1/min)

i_1 = dieselmoottorin alennussuhde

i_2 = kulmavaihteen ylennysuhde

Esimerkiksi YGA-33:n pumpun kierrosluvun laskeminen

$$n_{YGA-33} = 1\,240 \frac{1}{\text{min}} \times \frac{1,387}{1,4} = 1\,228 \frac{1}{\text{min}}$$

Nostokorkeuden ja virtausmäärän laskeminen affiniteettisäännöllä

Jotta ensimmäisen koemittausten tulosten perusteella piirrettyä tuottokäyrää voidaan verrata alkuperäiseen tuottokäyrään, on mittaustulokset muutettava affiniteettisäännöllä.

Nostokorkeus: (m)

$$H_1 = \frac{p}{\rho g} [m]$$

p = paine pumpulla (bar)

r = veden tiheys (kg/m³)

g = gravitaatiovoima (m/s²)

Esimerkiksi YGA-33:n nostokorkeuden laskeminen

$$H_1 = \frac{700\,000\text{ Pa}}{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 71,36\text{ m}$$

Nostokorkeus affiniteettisäännöllä:

$$H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times H_1\text{ m}$$

H₂ = nostokorkeus affiniteettisäännöllä (m)

n₁ = pumpun kierrosluku (1/min)

n₂ = laitetoimittajan tuottokäyrän kierrosluku 1 730 1/min

H₁ = nostokorkeus (m)

Esimerkki YGA-33:n nostokorkeuden laskeminen affiniteettisäännöllä

$$H_2 = \frac{1\,730 \frac{1}{\text{min}}}{1\,228 \frac{1}{\text{min}}}^2 \times 71,36\text{ m} \approx 141,5\text{ m}$$

Virtausmäärä affiniteettisäännöllä:

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} \times V_1 \times 60 \text{ min} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

V_2 = virtausmäärä affiniteettisäännöllä (m^3/h)

n_1 = pumpun kierrosluku (1/min)

n_2 = laitetoimittajan tuottokäyrän kierrosluku 1 730 1/min

V_1 = virtausmäärä (m^3/min)

Esimerkiksi YGA-33:n virtausmäärän laskeminen affiniteettisäännöllä

$$V_2 = \frac{1\,730 \frac{1}{\text{min}}}{1\,228 \frac{1}{\text{min}}} \times 1,07 \times 60 \text{ min} \frac{m^3}{h} = 90,4 \frac{m^3}{h}$$

5.1.1 Pumppu YGA-33

Ensimmäisen kokeen aikana pumpun kierrosluku määritettiin laskemalla. Ensimmäinen koemittaus tehtiin dieselmoottorin kierroslukua muuttamalla, koska tässä vaiheessa ei ollut vielä varmuutta, voidaanko venttiiliä kuristamalla suorittaa mittaukset. Koemittauksen tulokset ovat nähtävissä taulukossa 1. Mittausulosten perusteella ei voitu suoraan piirtää tuottokäyrää, vaan pisteet piti laskea affiniteettisäännöllä. Lasketut arvot ovat taulukossa 2, ja niiden perusteella piirrettiin YGA-33:lle tuottokäyrä ja sitä verrattiin sitten valmistajan tuottokäyrään. Tuottokäyrät jäivät kauas toisistaan, joten tulosten luotettavuus piti varmistaa uudella koemittauksella.

TAULUKKO 1. Ensimmäisen koemittauksen tulokset pumpulla YGA-33

| Mittaus | Virtaus | | Paine | |
|---------|-----------------------|---|---------------------|-------------------------|
| | Dieselm. n (1/min) | palopostilla Q (m ³ /min) | pumpulla p (bar) | palopostilla p (bar) |
| 1 | 1 240 | 1,07 | 7 | 7,7 |
| 2 | 1 407 | 2,67 | 8,5 | 8,9 |
| 3 | 1 479 | 3,74 | 9,5 | 9,1 |
| 4 | 1 549 | 4,04 | 10,5 | 9,6 |
| 5 | 1 646 | 4,58 | 11,5 | 10,7 |
| 6 | 1 810 | 5,44 | 13,5 | 12,2 |

TAULUKKO 2. Ensimmäisen koemittauksen perusteella pumpun YGA-33 nostokorkeus ja virtaus affiniteettisäännöllä

| Mittaus | Virtaus | | Paine | | Nostokorkeus affinit. H ₂ (m) | Virtaus affinit. Q (m ³ /h) |
|---------|-----------------------|---------------------|---|---------------------|--|--|
| | dieselm. n (1/min) | pumppu n (1/min) | palopostilla Q (m ³ /min) | pumpulla p (bar) | | |
| 1 | 1 240 | 1 228 | 1,07 | 7,0 | 141,5 | 90,4 |
| 2 | 1 407 | 1 394 | 2,67 | 8,5 | 133,5 | 198,8 |
| 3 | 1 479 | 1 465 | 3,74 | 9,5 | 135,0 | 264,9 |
| 4 | 1 549 | 1 535 | 4,04 | 10,5 | 136,0 | 273,3 |
| 5 | 1 646 | 1 631 | 4,58 | 11,5 | 131,9 | 291,5 |
| 6 | 1 810 | 1 793 | 5,44 | 13,5 | 128,1 | 314,9 |

Toinen koemittaus suoritettiin venttiiliä kuristamalla. Tällä kertaa dieselmoottorin kierrosluku pidettiin vakiona, 1 250 1/min. Tässä vaiheessa ei vielä ollut tiedossa, että dieselmoottorissa on alennusvaihe suhteella 1,4. Kun kulmavaihteen ylennyssuhde on 1,387, oletettiin että kokeet tehdään pumpun pyörimisnopeudella 1 730 1/min. Toisen koemittauksen tulokset ovat nähtävissä taulukossa 3.

Taulukon 4 koemittautulosten perusteella piirrettiin uusi tuottokäyrä. Tälläkin kerralla tulos oli lähes sama kuin ensimmäisellä kerralla. Koska molemmilla kerroilla koetulosten perusteella saatiin lähes samanlaiset tuottokäyrät, tultiin siihen tulokseen, että pumppu on huonossa kunnossa eikä vastaa sille asetettuja tuottotavoitteita.

TAULUKKO 3. Toisen koemittauksen tulokset pumpulla YGA-33

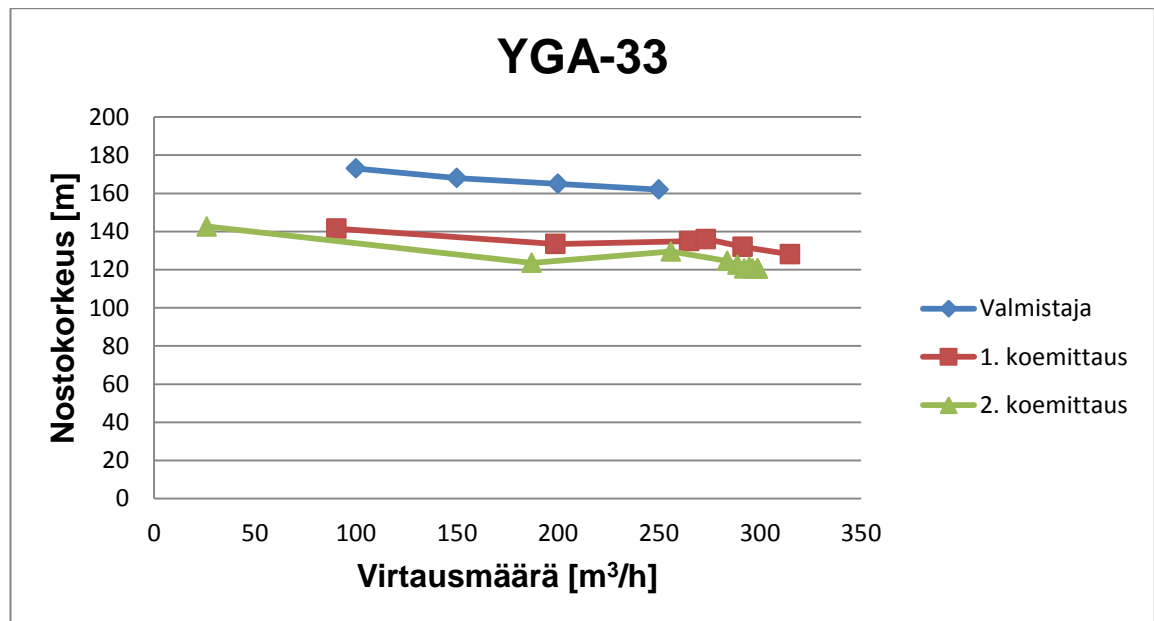
| Mittaus | Venttiilin asento % | Dieselm. n (1/min) | Virtaus palopostilla Q (m ³ /min) | Paine pumpulla p (bar) | Paine palopostilla p (bar) |
|---------|---------------------------|-----------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 100 | 1 244 | 3,55 | 6,0 | 6,7 |
| 2 | 90 | 1 244 | 3,55 | 6,0 | 6,7 |
| 3 | 80 | 1 244 | 3,55 | 6,0 | 6,7 |
| 4 | 70 | 1 244 | 3,52 | 6,0 | 6,7 |
| 5 | 60 | 1 244 | 3,50 | 6,1 | 6,7 |
| 6 | 50 | 1 244 | 3,47 | 6,0 | 6,7 |
| 7 | 40 | 1 244 | 3,43 | 6,1 | 6,7 |
| 8 | 30 | 1 244 | 3,37 | 6,2 | 6,8 |
| 9 | 20 | 1 244 | 3,04 | 6,5 | 7,0 |
| 10 | 10 | 1 244 | 2,22 | 6,2 | 7,9 |
| 11 | 0,5 | 1 244 | 0,31 | 7,1 | 8,4 |

TAULUKKO 4. Toisen koemittauksen perusteella pumpun YGA-33 nostokorkeus ja virtaus affiniteettisäännöllä

| Mittaus | dieselm. n (1/min) | pumppu n (1/min) | Virtaus palopostilla V (m ³ /min) | Paine pumpulla p (bar) | Nostok. affinit. H2 (m) | Virtaus affinit. V (m ³ /h) |
|---------|-----------------------|---------------------|--|------------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,0 | 120,5 | 299,0 |
| 2 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,0 | 120,5 | 299,0 |
| 3 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,0 | 120,5 | 299,0 |
| 4 | 1 244 | 1 232 | 3,52 | 6,0 | 120,5 | 296,5 |
| 5 | 1 244 | 1 232 | 3,50 | 6,1 | 121,5 | 294,8 |
| 6 | 1 244 | 1 232 | 3,47 | 6,0 | 120,5 | 292,3 |
| 7 | 1 244 | 1 232 | 3,43 | 6,1 | 122,5 | 288,9 |
| 8 | 1 244 | 1 232 | 3,37 | 6,2 | 124,5 | 283,8 |
| 9 | 1 244 | 1 232 | 3,04 | 6,5 | 129,6 | 256,0 |
| 10 | 1 244 | 1 232 | 2,22 | 6,2 | 123,5 | 187,0 |
| 11 | 1 244 | 1 232 | 0,31 | 7,1 | 142,6 | 26,1 |

Mittaustulokset ja tuottokäyrät annettiin Neste Oilille. Siellä tultiin siihen tulokseen, että on syytä pitää palaveri ja miettiä, miten toimitaan pumppujen suhteen. Tässä palaverissa tuli ilmi, että dieselmoottorista löytyy alennusvaihe. Koemittauksissa pumppua oli pyöritetty liian pienellä kierrosnopeudella, joten koemittauksista ei voitu suoraan piirtää vertailukelpoista tuottokäyrää, vaan tulokset piti laskea

uudelleen affiniteettisäännön avulla. Kun uudelleenlaskennan jälkeen piirrettiin tuottokäyrät, ne olivat melko lähellä valmistajan ilmoittamaa tuottokäyrää. Kuvion 13 perusteella voitiin arvioida, ettei pumppu ollutkaan niin huonossa kunnossa kuin alussa testien perusteella arvioitiin.



KUVIO 13. Pumpun YGA-33 koemittausten perusteella piirretyt tuottokäyrät affiniteettiperiaatteella laskettuna sekä valmistajan ilmoittama tuottokäyrä

Helmikuussa 2012 pumppu YGA-33 nostettiin ylös huoltoa varten (KUVIO 14). Tarkastuksen yhteydessä kävi ilmi, että yhdessä pesässä oli reikä, akseli oli vioittunut ja pumppu oli likainen. Nämä asiat ovat vaikuttaneet jonkin verran pumpun nostokorkeuteen ja virtausmäärään.

Pesässä oleva reikä tai kahden pesän välissä olevan liitoksen vuotaminen pienentää pumpun paineen tuottoa. Pumpun ulkopuolella vallitsee hydrostaattinen paine, ja pumpun sisällä vallitsee hydrostaattisen paineen lisäksi siipipyörien aiheuttama paine. Jos pesään tulee vuoto, purkautuu pumpun sisällä oleva korkeampi paine pumpun ulkopuolella olevaan matalampaan paineesaan. Akselin vioittuminen saattaa johtua pumpun kavitoinnista.



KUVIO 14. Pumppu YGA-33 ylösnostettuna huoltoa varten

Kuviosta 15 on havaittavissa pumpun likaisuus, joka taas vaikuttaa alentavasti pumpun toimintaan. Se aiheuttaa suuremman kitkan, jolloin osa dieselmoottorin energiasta menee kitkan voittamiseen.



KUVIO 15. Pumpun YGA-33 juoksupyörä

5.1.2 Pumppu YGA-34

Pumpun kierrosluvun laskeminen

Pumpussa YGA-3 on samanlainen kulmavaihte kuin pumpussa YGA-33, joten kierrosluku lasketaan kuten edellä. YGA-34:n nostokorkeus ja virtausmäärä lasketaan samoilla kaavoilla kuin YGA-33:n nostokorkeus ja virtausmäärä. Ensimmäisen koemittauks tulokset ja affiniteettisäännöllä lasketut nostokorkeudet ja virtausmäärät löytyvät taulukoista 5 ja 6. Ensimmäisen testin tuloksista saatiin vain ryhmä pisteistä eikä niistä muodostu varsinaista tuottokäyrää. Tämän takia päätettiin tehdä toinen koemittaus pumpulla.

TAULUKKO 5. Ensimmäisen koemittauksen tulokset pumpulla YGA-34

| Mittaus | Virtaus | | Paine | Paine |
|---------|-----------------------|---|---------------------|-------------------------|
| | Dieselm. n (1/min) | palopostilla Q (m ³ /min) | pumpulla p (bar) | palopostilla p (bar) |
| 1 | 1 250 | 3,8 | 6,5 | 6,3 |
| 2 | 1 347 | 4,1 | 8,0 | 7,4 |
| 3 | 1 447 | 4,3 | 9,0 | 8,6 |
| 4 | 1 507 | 4,6 | 10,5 | 9,8 |
| 5 | 1 647 | 5,0 | 12,0 | 11,2 |
| 6 | 1 755 | 5,5 | 14,0 | 12,6 |

TAULUKKO 6. Ensimmäisen koemittauksen perusteella pumpun YGA-33 nostokorkeus ja virtausmäärä affiniteettisäännöllä

| Mittaus | dieselm. n (1/min) | pumppu n (1/min) | Virtaus | Paine | Nostok. affinit. H2 (m) | Virtaus affinit. V (m ³ /h) |
|---------|-----------------------|---------------------|---|---------------------|-------------------------------|--|
| | | | palopostilla V (m ³ /min) | pumpulla p (bar) | | |
| 1 | 1 250 | 1 238 | 3,8 | 6,5 | 129 | 319 |
| 2 | 1 347 | 1 334 | 4,1 | 8,0 | 137 | 319 |
| 3 | 1 447 | 1 434 | 4,3 | 9,0 | 134 | 311 |
| 4 | 1 507 | 1 493 | 4,6 | 10,5 | 144 | 320 |
| 5 | 1 647 | 1 632 | 5,0 | 12,0 | 138 | 321 |
| 6 | 1 755 | 1 739 | 5,5 | 14,0 | 141 | 328 |

Toisen testin tulosten kanssa kävi samoin kuin YGA-33:lla. Taulukon 7 perusteella piirrettyä tuottokäyrää verrattiin valmistajan antamaan tuottokäyrään. Käyrä jäi todella kauas alkuperäisestä.

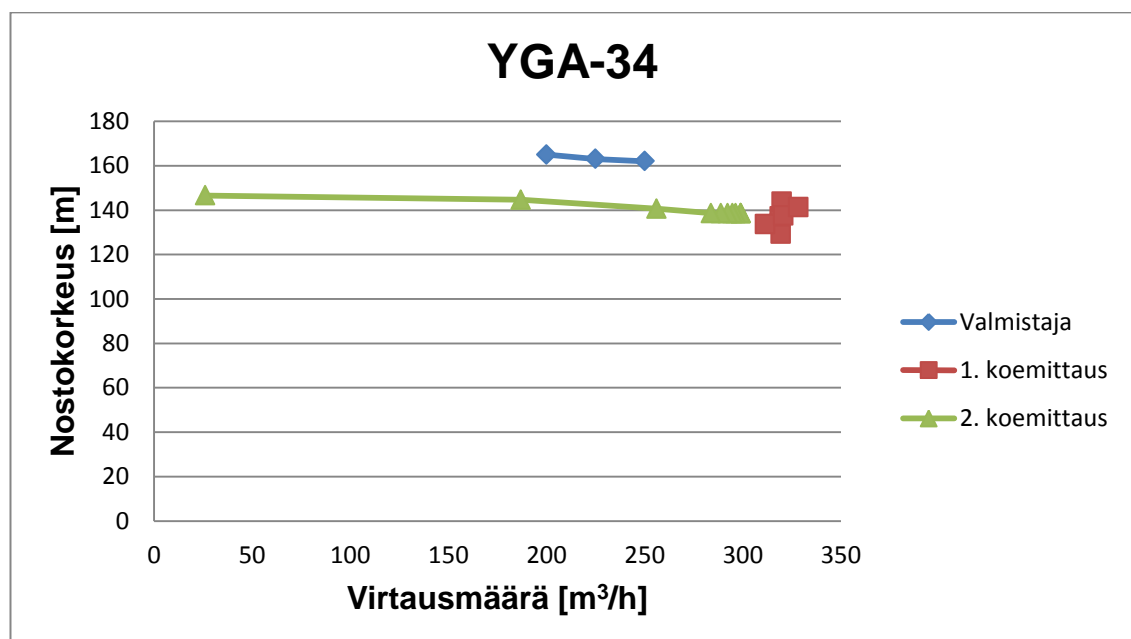
TAULUKKO 7. Toisen koemittauksen tulokset pumpulla YGA-34

| Mittaus | Venttiilin asento % | Dieselm. n (1/min) | Virtaus palopostilla Q (m ³ /min) | Paine pumpulla p (bar) | Paine palopostilla p (bar) |
|---------|---------------------------|-----------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 100 | 1 244 | 3,68 | 6,9 | 6,4 |
| 2 | 90 | 1 244 | 3,68 | 6,9 | 6,4 |
| 3 | 80 | 1 244 | 3,71 | 6,9 | 6,4 |
| 4 | 70 | 1 244 | 3,61 | 6,9 | 6,4 |
| 5 | 60 | 1 244 | 3,60 | 6,9 | 6,3 |
| 6 | 50 | 1 244 | 3,56 | 6,9 | 6,3 |
| 7 | 40 | 1 244 | 3,49 | 6,9 | 6,4 |
| 8 | 30 | 1 244 | 3,37 | 6,9 | 6,5 |
| 9 | 20 | 1 244 | 3,14 | 7,0 | 6,6 |
| 10 | 10 | 1 244 | 2,24 | 7,2 | 7,0 |
| 11 | 0,5 | 1 244 | 0,30 | 7,3 | 7,0 |

Nämäkin tulokset annettiin Neste Oilille. Seuranneessa palaverissa todettiin sama kuin aiemminkin, eli myös tästä dieselmoottorista löytyy alennusvaihe. Tuottokäyrät laskettiin ja piirrettiin uudelleen affiniteettisäännöllä (TAULUKKO 8). Nyt tuloksissa huomattiin sama muutos kuin YGA-33:n kohdalla, eli uudet tuottokäyrät eivät jääneetkään enää kovin kauas alkuperäisestä tuottokäyrästä. Kuten kuviosta 16 huomaa, YGA-34:n ominaisuudet ovat kuitenkin hieman laskeneet alkuperäisestä.

TAULUKKO 8. Toisen koemittauksen perusteella pumpun YGA-34 nostokorkeus ja virtausmäärä affiniteettisäännöllä

| Mittaus | dieselm. n (1/min) | pumppu n (1/min) | Virtaus palopostilla V (m ³ /min) | Paine pumpulla p (bar) | Nostok. affinit. H2 (m) | Virtaus affinit. V (m ³ /h) |
|---------|-----------------------|---------------------|--|------------------------------|-------------------------------|--|
| 1 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,9 | 139 | 299 |
| 2 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,9 | 139 | 299 |
| 3 | 1 244 | 1 232 | 3,55 | 6,9 | 139 | 299 |
| 4 | 1 244 | 1 232 | 3,52 | 6,9 | 139 | 296 |
| 5 | 1 244 | 1 232 | 3,50 | 6,9 | 139 | 295 |
| 6 | 1 244 | 1 232 | 3,47 | 6,9 | 139 | 292 |
| 7 | 1 244 | 1 232 | 3,43 | 6,9 | 139 | 289 |
| 8 | 1 244 | 1 232 | 3,37 | 6,9 | 139 | 284 |
| 9 | 1 244 | 1 232 | 3,04 | 7,0 | 141 | 256 |
| 10 | 1 244 | 1 232 | 2,22 | 7,2 | 145 | 187 |
| 11 | 1 244 | 1 232 | 0,31 | 7,3 | 147 | 26 |



KUVIO 16. Pumpun YGA-34 koemittauksen perusteella piirretyt tuottokäyrät affiniteettiperiaatteella laskettuna sekä valmistajan ilmoittama tuottokäyrä

5.1.3 Pumppu YGA-38/II

Kun vertaa koemittausten perusteella piirrettyjä tuottokäyrämittauksia, huomaa, että ne jäävät kauas valmistajan ilmoittamasta tuottokäyrästä. Ensimmäisen koemittauksen tulokset eivät ole kovin tarkkoja, koska silloin vain palopostista 1 mitattiin virtauslukema. Palopostin 8:n virtauslukema arvioitiin samaksi kuin palopostin 1. Pumppaamon 4":n ulosoton virtausmäärät saatiin selville taulukon 20 avulla (LIITE 7), kun tiedettiin paine suuttimella ja suuttimen halkaisija. Suuttimen halkaisija oli 38 mm. Ensimmäisen koemittauksen palopostikohtaiset tulokset löytyvät taulukoista 9, 10 ja 11. Taulukoon 12 on laskettu palopostien virtausmäärät yhteensä ja niiden perusteella on piirretty ensimmäisen koemittauksen tuottokäyrä.

TAULUKKO 9. 2.12.2011 koemittauksen tulokset palopostilla 1

| PP 1 | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| Paine pumpulla p (bar) | Virtaus palopostilla V (m ³ /min) | Paine palopostilla p (bar) |
| 15 | 4,6 | 13,5 |
| 10,5 | 3,94 | 10 |
| 9,5 | 3,7 | 8,7 |
| 8 | 3,44 | 7,6 |

TAULUKKO 10. 2.12.2011 koemittauksen tulokset palopostilla 8

| PP 8 | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| Paine pumpulla p (bar) | Virtaus palopostilla V (m ³ /min) | Paine palopostilla p (bar) |
| 15 | 4,6 | Ei mitattu |
| 10,5 | 3,94 | Ei mitattu |
| 9,5 | 3,7 | Ei mitattu |
| 8 | 3,44 | Ei mitattu |

TAULUKKO 11. 2.12.2011 koemittauksen tulokset pumppaamon 4":n ulosotolla

| Pumppaamon 4"n ulosotto | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------|
| Paine pumpulla p (bar) | Virtaus palopostilla V (m ³ /min) | Paine palopostilla p (bar) |
| 15 | kiinni | 0 |
| 10,5 | 1,2 | 1,5 |
| 9,5 | 1,5 | 2,5 |
| 8 | 1,7 | 3 |

TAULUKKO 12. 2.12.2011 koemittauksen tulokset yhteensä

| Mittauskerta | Virtaus yht. V (m ³ /min) | Virtaus yht. V (m ³ /h) | Paine pumpulla p (bar) | Nostokorkeus H (m) |
|--------------|---|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 9,2 | 552 | 15 | 153 |
| 2 | 9,1 | 546 | 10,5 | 107 |
| 3 | 8,9 | 534 | 9,5 | 97 |
| 4 | 8,6 | 516 | 8 | 82 |

Viimeisen koemittauksen tulokset ovat aiempia luotettavammia, koska tällä kertaa kaikista posteista mitattiin virtauslukema. Toisen koemittauksen palopostikohtaiset tulokset löytyvät taulukoista 13, 14, 15 ja 16. Taulukoon 17 on laskettu palopostien virtausmäärät yhteensä ja niiden perusteella on piirretty toisen koemittauksen tuotokäyrä.

TAULUKKO 13. Viimeisen koemittauksen tulokset palopostilla 1

| PP1 | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Mittauskerta | Paloposti auki % | Virtaus V (m ³ /min) | Paine postilla p (bar) | Paine pumpulla p (bar) |
| 1 | 100 | 2,18 | 3,5 | 3,5 |
| 2 | 100 | 3,48 | 5,2 | 6 |
| 3 | 100 | 3,71 | 5,6 | 6,5 |
| 4 | 100 | 3,93 | 6,2 | 7,2 |
| 5 | 100 | 3,97 | 6,4 | 7,2 |

TAULUKKO 14. Viimeisen koemittauksen tulokset palopostilla 2

| PP2 | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Mittauskerta | Paloposti auki % | Virtaus V (m ³ /min) | Paine postilla p (bar) | Paine pumpulla p (bar) |
| 1 | 100 | 2,31 | 3,2 | 3,5 |
| 2 | 100 | 2,98 | 5,1 | 6 |
| 3 | 100 | 3,12 | 5,6 | 6,5 |
| 4 | 100 | 3,22 | 6 | 7,2 |
| 5 | 50 | 3,26 | 6 | 7,2 |

TAULUKKO 15. Viimeisen koemittauksen tulokset palopostilla 3

| PP3 | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Mittauskerta | Paloposti auki % | Virtaus V (m ³ /min) | Paine postilla p (bar) | Paine pumpulla p (bar) |
| 1 | 100 | 0,65 | 3,4 | 3,5 |
| 2 | 100 | 1,3 | 4,5 | 6 |
| 3 | 25 | 0,94 | 5,4 | 6,5 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 7,2 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 7,2 |

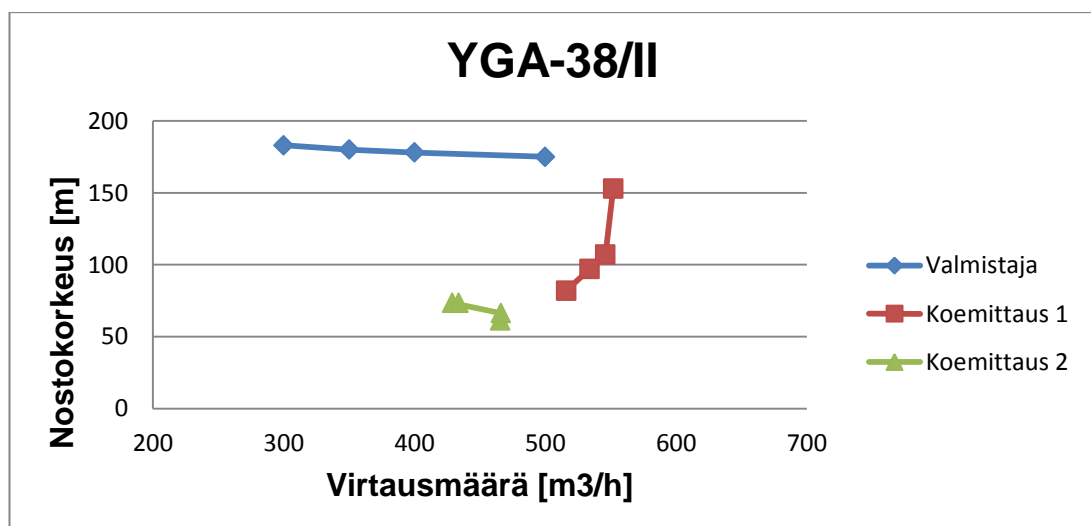
TAULUKKO 16. Viimeisen koemittauksen tulokset palopostilla 8

| PP8 | | | | |
|--------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Mittauskerta | Paloposti auki % | Virtaus V (m ³ /min) | Paine postilla p (bar) | Paine pumpulla p (bar) |
| 1 | 100 | 2,5 | 3,3 | 3,5 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 6,5 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 7,2 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 7,2 |

TAULUKKO 17. Viimeisen koemittauksen tulokset yhteensä

| Mittauskerta | Virtaus yht. V (m ³ /min) | Virtaus yht. V (m ³ /h) | Paine pumpulla p (bar) | Nostokorkeus H (m) |
|--------------|---|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | 7,64 | 458 | 3,5 | 36 |
| 2 | 7,76 | 466 | 6 | 61 |
| 3 | 7,77 | 466 | 6,5 | 66 |
| 4 | 7,15 | 429 | 7,2 | 73 |
| 5 | 7,23 | 434 | 7,2 | 73 |

Kuten kuviosta 17 huomaa, jäävät molemmat tuottokäyrät kauaksi valmistajan ilmoittamasta tuottokäyrästä. Kokeen aikana tai sen jälkeen ei havaittu palo-vesivuotoja. Xcv-venttiili pysyi melko hyvin kiinni kokeen aikana. Hieman vettä valui mereen mutta ei kuitenkaan kuutioittain. Linjaventtiili 72 suljettiin, jotta vesi ei pääse satamasta muualle jalostamoon. Sukeltaja on käynyt puhdistamassa pumpun imuaukon lähiaikoina. Pumpun kierrosluku mitattiin kokeen jälkeen, ja se oli 1 493 1/min. Valmistaja on ilmoittanut pumpun kierrosluvuksi 1 450 1/min, joten pumpu pyörii oikealla kierrosluvulla. Pumpun asetusarvoksi oli valittu satama. Pumpu on n. 10 vuotta vanha, eikä sille ole tehty suurempia huoltoja tuona aikana. Näiden tulosten perusteella pumpu on todella heikossa kunnossa. Asiasta on raportoitu Neste Oilille ja siellä on ryhdytty toimenpiteisiin.



KUVIO 17. Pumpun YGA-38/II koemittauksien perusteella piirretty tuottokäyrät sekä valmistajan ilmoittama tuottokäyrä

YGA-38/II nostettiin ylös syyskuussa huoltoa varten. Syy siihen, miksi pumpun tuotto oli noin huono, johtui siitä, että roskat olivat tukkineet imusihdin. Muuten pumpun kunto oli hyvä.

5.2 Virtausmittaukset

5.2.1 Tuotesäiliöalue

Tuotesäiliöalueen palovedentarve on mitoitettu säiliön T95 perusteella, jolloin tarvittava paloveden määrä on 1 445 m³/h. Virtausmittaukset suoritettiin 20.10.2011 alueella seuraavin tuloksin (TAULUKKO 18).

TAULUKKO 18. YGA-33:n, YGA-34:n ja YGA-38/II:n tuottama veden määrä tuotesäiliöalueella

| Tuotesäiliöalue | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------|----------------|---------------------------------------|
| Pumppu | Moottorin kierrosl. n 1/min | Pumpun kierrosl. n 1/min | Paine p bar | Paloposti | Paine p bar | Virtaus V (m ³ /min) |
| YGA-33 | 1 650 | 1 635 | 11,0 | X | ei mitattu | 2,3 |
| YGA-34 | 1 650 | 1 635 | 11,0 | 171 | ei mitattu | 5,5 |
| YGA-38/II | n. 1 450 | n. 1 450 | 10,0 | 160 | ei mitattu | 4,1 |
| | | | | 169 | ei mitattu | 4,1 |
| | | | | 189 | 8,0 | 4,0 |

Mitattu virtaus yht.

m³/min 20

Mitattu virtaus yht. m³/h 1 200

Tarvittava virtaus m³/h 1 445

Kokonaisvirtauksen määräksi saatiin 20 m³/min eli 1 200 m³/h. Haluttuun tulokseen ei ihan päästy, vaikka uudistuksia on tehty pumppuihin ja putkistoon CASE 5-suunnitelman mukaan. Uskoisin, että mitoitettuun palovesimäärään on mahdollis-

ta päästä, mutta seuraavat asiat ovat voineet vaikuttaa saatuun mitattuihin tuloksiin.

Ensimmäinen asia liittyy YGA-33:n ja YGA-34:n kierroslukuihin. Molemmilla pumppuilla kierrosluku oli 1 650 1/min, kun niiden olisi pitänyt olla noin 1 750 1/min. Toinen syy liittyy YGA-33:sta löytyneisiin vaurioihin, jotka ovat saattaneet vaikuttaa sen toimintaan. Pumppu ei ole pystynyt tuottamaan niin paljon vettä kuin on oletettu. Tämä asia korjaantuu huollon avulla. Kolmas syy voisi hyvin olla putkistossa, koska jalostamon palovesiputket ovat vanhat. On hyvin mahdollista, että putken sisäpintaan ja venttiilien lähelle on muodostunut tukkeutumia tai kuristuskohtia ja sisäpinta on saattanut karhentua.

Viime vuosien aikana on jalostamolla suurennettu putkilinjan kokoa ja rakennettu uutta linjaa. Varsinkin satamasta on rakennettu uutta 12":n linjaa tuotesäiliö- ja nestekaasualueelle. Prosessin palovesipumppaamolta lähtevää putkilinjaa on suurennettu 12":n putkeksi ja nestekaasualueella on myös suurennettu putken kokoa. Paljon on tehty uudistuksia sen takia, että päästäisiin niihin mitoitettaviin palovesimääriin.

5.2.2 Tupavuori

Tupavuoressa mittaukset tehtiin 20.11.2011 kahdessa osassa siten, että ensin mitattiin dieselkäyttöisten pumppujen tuottama vesimäärä ja sitten sähköpumpun tuottama vesimäärä, katso TAULUKKO 19. Aluksi oli tarkoitus laskea pumppujen virtaustulokset yhteen, mutta se ei olisi antanut luotettavaa tulosta virtausmäärästä.

Syitä siihen, miksi virtausmäärät jäivät näin pieniksi, on vaikea löytää. Palovesivuotoja ei alueella ilmennyt, ja samat vesitykit olivat käytössä koko ajan pois lukien "käyräviritelmä", joka muodostui kahdesta putken osasta, suora- ja käyräosuudesta. Putken halkaisija oli 3". Vaikka tätä käyräviritelmää ei käytetty koko aikaa, sen virtausmäärä tuskin näkyy tuloksissa. Sen kautta vettä virtaa noin 1 200

l/min. Kun YGA-38/II oli käynnissä, painelukema palopostilla oli suurempi kuin YGA-33:n ja YGA-34:n. Paineen ollessa suurempi olisi virtausmäärän pitänyt olla myös suurempi. Näin ei ollut. Yksi vaihtoehto voisi olla se, että tykkien säädettävät suuttimet olisivat tukossa. Kolmesta palopostista kahdessa oli lavettivesitykit käytössä ja kolmannessa palopostissa 3 kpl Partner-vesitykkeitä. Lavettivesityksissä ei ole tällaisia säätimiä, jotka voisivat tukkeutua. Partner-tyksissä tämä on hyvin mahdollista. Kun Tuotesäilöalueella tehtiin samanlainen virtausmittaus ja käytettiin samoja vesitykkeitä, ei siellä ilmennyt tällaisia ongelmia. En usko, että Partnerien säädettävät suuttimet olisivat olleet tukossa ja sen takia virtausmäärät pieniä Tupavuoressa.

TAULUKKO 19. YGA-33:n ja YGA-34:n sekä YGA-38/II:n tuottamat vesimäärät Tupavuoressa

| Tupavuori | | | | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------|----------------|------------------------------------|
| Pumppu | Moottorin kierros- n 1/min | Pumpun kierros- n 1/min | Paine p bar | Paloposti | Paine p bar | Virtaus V (m ³ /min) |
| YGA-33 | 1 650 | 1 635 | 11,2 | 30 | ei mitattu | 3,8 |
| YGA-34 | 1 650 | 1 635 | 11,2 | 31 | ei mitattu | 2,5 |
| | | | | 32 | 10,0 | 2,5 |
| Mitattu virtaus yhteensä m ³ /min | | | | | | 8,8 |
| YGA-38/II | n. 1 450 | n. 1 450 | 10,3 | 30 | ei mitattu | 2,0 |
| | | | | 31 | ei mitattu | 2,7 |
| | | | | 32 | 3,5 | 2,7 |
| Mitattu virtaus m ³ /min | | | | | | 7,4 |

Virtausmittaukset kannattaa suorittaa uudelleen Tupavuoressa, kun toinen 12":n linja on korjattu ja YGA-38/II painemittausanturi säiliön 9 vieressä on taas käytössä. Silloin saadaan todellinen kuva siitä, miten vesi pääsee virtaamaan satamasta ja prosessista Tupavuoreen.

6 PALOVESIPUMPPUJEN KUNNOSSAPITO

6.1 Määräaikaiskoestus ja vuosikoestus

Nykyinen käytäntö pumppujen YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II määräaikaiskoestukseen on ihan hyvä, kun siihen tekee hieman tarkennuksia. Mielestäni määräaikaiskoestuksia tulisi suorittaa kaksi kertaa kuukaudessa ja käyntiajan tulisi olla vähintään 30 min. Valmistajan esitys on, että pumppuja tulisi käyttää säännöllisen väliajoin. Jos pumppuja ei käytetä pitkään aikaan, tulisi ne valmistajan mukaan purkaa ja varastoida. YGA-33:n ja YGA-34:n kierrosluku pitää valmistajan ohjeen mukaan olla 1 730 1/min. Nykyisen määräaikaiskoestusohjeen mukaan on pumpun kierrosluku on 1 650 1/min. Jatkossa pumpun kierrosluku nostetaan, niin että se on 1 730 1/min. Kun pumppuihin tulevaisuudessa asennetaan virtausmittarit, kannattaa niitä hyödyntää määräaikaiskoestuksissa. Niiden avulla on helppo seurata pumpun maksimivirtausmäärää, ja samalla saadaan tietoa pumpun kunnosta. Tarkemmat ohjeet määräaikaiskoestuksen tekemiseen löytyvät liitteistä 1, 2 ja 3. Vuosikoestuksen yhteydessä on tarkoitus tehdä pumpuilla tuottokäyramittaukset.

6.2 Määräaikaishuolto

Pumpun valmistajan suositus on, että pumput huolletaan tietyn ajan välein. Tällä toimenpiteellä varmistetaan, että pumpun hyötysuhde pysyy korkeana. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että pumppu nostetaan ylös ja kuluneet osat vaihdetaan uusiin tai kunnostetaan. Valmistajan mukaan huolto pitää tehdä viimeistään 30 000 käyttötunnin välein. Myös paikalliset olosuhteet vaikuttavat huoltojakson pituuteen.

Koska valmistajan suosittelemaan huoltoväliin (30 000 h) pääseminen saattaa mennä koko pumpun elinikä, ehdotan, että määräaikaishuolto tehtäisiin noin 5 vuoden välein. Silloin huollettaisiin kaikki palovesipumput yksi kerrallaan. Jatkossa huoltoväliä voidaan myös muuttaa, jos tilanne sitä vaatii. Tarkemmat määräaikaishuolto-ohjeet löytyvät liitteistä 4, 5 ja 6.

7 YHTEENVETO

7.1.Tuottokäyrämittaukset

Kuten johdannossa todettiin, pumpuille YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II piirrettiin koetulosten perusteella uudet tuottokäyrät. YGA-33:n ja YGA-34:n kohdalla tuottokäyrät jäivät toisistaan hieman erilleen. YGA-38/II:n tilanne oli taas toinen. Siinä tuottokäyrät jäivät kauaksi toisistaan.

Kuten pumppujen YGA-33 ja YGA-38/II kohdalla huomattiin, on palovesipumppujen säännöllinen seuranta tarpeellista. Jos näitä tuottokäyrämittauksia ei olisi tehty, pumppujen huonontuneet tuotto-ominaisuudet olisivat jääneet huomaamatta.

Pelkästään kerran kuukaudessa tehtävät määräaikaistoestukset eivät kerro kaikkea pumppujen kunnosta. Helppo tapa seurata pumppujen kuntoa on tehdä niille vuosittain tuottokäyrämittaus. Tällä tavalla saadaan ajoissa selville pumpuissa tapahtuneet tuotto-ominaisuuksien huononemiset ja voidaan varmistaa kunnollinen toimintavarmuus hätätilanteessa.

Tulevaisuudessa määräaikaistoestusten yhteydessä kannattaisi tehdä jokaiselle pumpulle tuottokäyrämittaus. Saatua tulosta verrataan alkuperäiseen tuottokäyrään ja kaikkien aikaisempien kokeiden tuottokäyriin, jolloin nähdään pumpun kunnan muutos ja voidaan tarvittaessa alkaa suunnitella isompaa huoltoa ajoissa.

Kun YGA-33, YGA-34 ja YGA-38/II on seuraavan kerran huollettu ja asennettu takaisin paikoilleen, kannattaisi niille tehdä uudet tuottokäyrämittaukset ja piirtää niille huollettua kuntoa vastaavat tuottokäyrät. Näin kannattaisi tehdä joka kerta, kun pumput on nostettu ylös ja huollettu. Tämän avulla voidaan seurata huollon vaikutusta pumpun toimintaan. Jos huollon tarve tihenee, silloin on hyvä olla dokumentoitua kunnonseurantaa mahdollista uutta hankintaa varten.

7.2. Virtausmittaukset

Kuten johdannossa todettiin, suoritettiin Tuotesäiliöalueelle ja Tupavuoreen virtausmittauksia. Tuotesäiliöalueella tavoitevesimäärästä jäätii hieman. Tupavuoren virtausmittauksissa oli ongelmia, joten alueelle saatavasta todellisesta vesimäärästä ei ole tietoa.

Virtausmittauksilla on hyvä kartoittaa palovesiputkiston kuntoa ja riittävyttä tarvittaviin kohteisiin. Jatkossa virtausmittauksia kannattaisi tehdä säännöllisin määräajoin, esimerkiksi vuosittain, eri paikkoihin, jolloin tiedettäisiin, miten paljon vettä saadaan palotilanteessa eri säiliöiden kohdalle. Tällaisten mittausten perusteella olisi helppo seurata saatavan veden määrää kullakin alueella.

Jos veden määrän tarve kasvaa tai veden määrä vähenee edelliseen mittaukseen nähden, voidaan ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin.

LÄHTEET

Bohl W. 5. Tekniikan virtausoppi. painos, 1982. Jyväskylä: Gummerus Oy

Inkinen P., Manninen R. & Tuohi J. 2.–3. painos, 2009 Momentti 2 Insinöörifysiikka. Helsinki: Otavan kirjapaino Oy

Jokilaakso A. 1987. Virtaustekniikan, lämmönsiirron ja aineensiirron perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Kukkonen A. BAFF Perus- ja sovellustietoja, Instrumentointi, Virtausmittausmenetelmiä.

Www-dokumentti. Saatavissa

http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/4_1_2_04.pdf. Luettu 30.11.2012

Naantalin jalostamon sisäinen pelastussuunnitelma. OQD-4395. 2010

Naantalin palovesijärjestelmän tehostaminen. Toimintakuvaus NACA/SAM-4. 20.10.2003.

Naantalin jalostamo, Palovesijärjestelmän tehostaminen, Perussuunnittelu, Case 5, NASA. 28.2.2002

Neste Oil:

Www-dokumentti. Saatavissa

<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,12271,12282>. Luettu 1.6.2011

Neste Oil Naantalin erikoistuotejalostamo esite

Neste Oil esitelehti 3/2011

Neste Oil portaali. 2011

Palovesikartta. Naantalin jalostamoalueen palovesiputkisto. NN-3780-8551R

Prosessipalojen sammuttaminen. OQD-2885. 2007

Säiliöpalojen sammuttaminen. OQD-2894. 2007

Vesimäärä 1/min ja suuttimenpaine kp/cm^2 . 26.3.1969 AMT/IHK. Neste Oy. Porvoon jalostamo. Palokunta.

Virtaustekniikka 1 perusteet -moniste. 2009

Virtaustekniikka 3 pumppaus -moniste. 2009

Vuorinen J-P. Selvitysmallit jalostamolla. Tehdaspalokunnan yleisimmät vedenkuljetustavat ja niiden suorittaminen. 13.10.2008

LIITTEET

- LIITE 1 Palovesipumppu YGA-33 koestuspöytäkirja
- LIITE 2 Palovesipumppu YGA-34 koestuspöytäkirja
- LIITE 3 Palovesipumppu YGA-38/II koestuspöytäkirja
- LIITE 4 Palovesipumppu YGA-33 määräaikaishuoltolomake
- LIITE 5 Palovesipumppu YGA-34 määräaikaishuoltolomake
- LIITE 6 Palovesipumppu YGA-38/II määräaikaishuoltolomake
- LIITE 7 Virtauksen määrittäminen paineen ja suuttimen halkaisijan avulla.

LIITE 1. Palovesipumppu YGA-33 koestuspöytäkirja

| | | |
|---|-------|--------------------------|
| pvm | _____ | |
| Koestuksen suorittajat: | _____ | |
| Kunnossapito | _____ | |
| Jalostus | _____ | |
| Palokunta | _____ | |
| Avaa koestussuutin | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Veden korkeus | _____ | |
| Polttoainemäärä | _____ | |
| YGA-33 | | |
| Tarkasta moottoriöljyn määrä | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Akun lataus (Tee merkinnät akun tarkastuslomakkeeseen) | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Varmista, että moottoriventtiili on kiinni | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Ohjaamo käynnistää pumpun (1750 rpm parilliset kuukaudet) | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Kenttäoperaattori käynnistää pumpun (1750 rpm parittomat kuukaudet) | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Käyntiaika 30 min | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Paine pumpussa | _____ | |
| Öljyn paine lämpimänä | _____ | |
| Kulmavaihteen öljyn lämpötila alussa | _____ | |
| Kulmavaihteen öljyn lämpötila lopussa | _____ | |
| Kulmavaihteen öljyn paine | _____ | |
| Tärinämittaus | _____ | |
| Avaa 2 kpl paloposteja | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Sulje vähitellen koestussuutin | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Pumpun virtausmäärä | _____ | |
| Pumpun paine | _____ | |
| Avaa koestussuutin | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Sulje avatut palopostit | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Tyhjäkäynti 5 min ja pysäytys | _____ | <input type="checkbox"/> |
| Käyntitunnit | _____ | |

LIITE 2. Palovesipumppu YGA-34 koestuspöytäkirja

| YGA-34 | |
|---|--------------------------|
| Tarkasta moottoriöljyn määrä | <input type="checkbox"/> |
| Akun lataus (Tee merkinnät akun tarkastuslomakkeeseen) | <input type="checkbox"/> |
| Varmista, että moottoriventtiili on kiinni | <input type="checkbox"/> |
| Ohjaamo käynnistää pumpun (1750 rpm parittomat kuukaudet) | <input type="checkbox"/> |
| Kenttäoperaattori käynnistää pumpun (1750 rpm parilliset kuukaudet) | <input type="checkbox"/> |
| Käyntiaika 30 min | <input type="checkbox"/> |
| Paine pumpussa | |
| Öljyn paine lämpimänä | _____ |
| Kulmavaihteen öljyn lämpötila alussa | _____ |
| Kulmavaihteen öljyn lämpötila lopussa | _____ |
| Kulmavaihteen öljyn paine | _____ |
| Tärinämittaus | _____ |
| Avaa 2 kpl paloposteja | <input type="checkbox"/> |
| Sulje vähitellen koestussuutin | <input type="checkbox"/> |
| Pumpun virtausmäärä | _____ |
| Pumpun paine | _____ |
| Avaa koestussuutin | <input type="checkbox"/> |
| Sulje avatut palopostit | <input type="checkbox"/> |
| Tyhjäkäynti 5 min ja pysäytys | <input type="checkbox"/> |
| Käyntitunnit | |
| Veden korkeus lopussa | _____ |
| Sulje koestussuutin | <input type="checkbox"/> |

Muuta huomioitavaa:

LIITE 3. Palovesipumppu YGA-38/II koestuspöytäkirja

| | | |
|--|-----------|--------------------------|
| pvm | _____ | |
| Koestuksen suorittajat: | | |
| Kunnossapito | _____ | |
| Palokunta | | |
| Ilmoita säiliöalueen ohjaamo-operaattorille (p. 86360) | | <input type="checkbox"/> |
| Ilmoita satamaan(p. 86288) | | <input type="checkbox"/> |
| Ota yhteys sähköpäivystäjään (50-86433) | | <input type="checkbox"/> |
| Sulje linjaventtiili 72 | | <input type="checkbox"/> |
| Sulje yhteys palovesiverkoston sulkemalla linjaventtiili 29 | | <input type="checkbox"/> |
| Keskusvalvomo käynnistää pumpun (parittomat kuukaudet) | | <input type="checkbox"/> |
| Satamaohjaamo käynnistää pumpun (parilliset kuukaudet) | | <input type="checkbox"/> |
| Tee seuraavat havainnot: | | |
| Paine pumpulla | _____ bar | |
| Venttiilin asento | _____ % | |
| Tuleeko poksista pieni vesinoro? | _____ | |
| Anna pumpun käydä 20 min | | <input type="checkbox"/> |
| Pyydä ohjaamo-operaattoria muuttamaan paineen asetusta asentoon Tupavuori | | <input type="checkbox"/> |
| Palaako pumppaamalla Tupavuori-merkkivalo? | _____ | |
| Pyydä ohjaamo-operaattoria muuttamaan asetus asentoon satama ja säätämään | | |
| paine arvoon 16 bar | | <input type="checkbox"/> |
| Paine pumpulla | _____ bar | |
| Venttiilin asento | _____ % | |
| Avaa paloposti ja koestusuutin | | <input type="checkbox"/> |
| Kysy ohjaamo-operaattorilta onko XCV-venttiilin kokonaan auki | | <input type="checkbox"/> |
| Avaa linjaventtiili 29 | | <input type="checkbox"/> |
| Pumpun virtausmäärä | _____ | |
| Pumpun paine | _____ bar | |
| Ilmoita pysäytyksestä säiliöalueen ohjaamo-operaattorille ja pysäytä pumppu kenttäkytkimellä | | <input type="checkbox"/> |
| Sulje koestusuutin | | <input type="checkbox"/> |
| Sulje paloposti | | <input type="checkbox"/> |
| Avaa linjaventtiili 72 | | <input type="checkbox"/> |

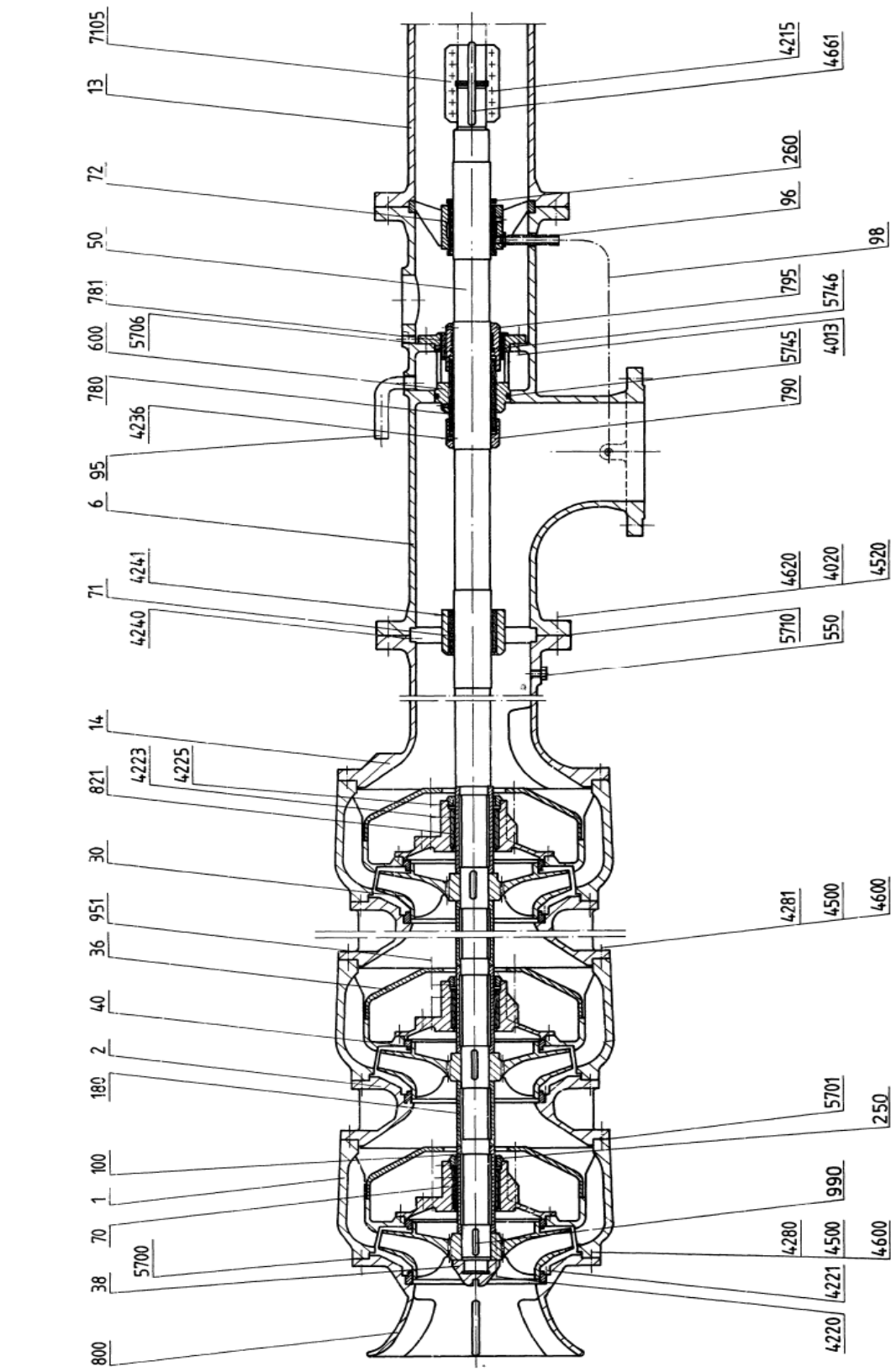
Muuta huomioitavaa:

LIITE 4. Palovesipumppu YGA-33 määräaikaishuoltolomake

| | |
|---------------------------------|-----|
| YGA-33 Määräaikaishuolto | |
| Pvm: _____ | 1/2 |
| Huoltaja: _____ | |

| No | Nimitys | Kunnossa | Huolto | Vaihto |
|------|--------------------------------|-----------------|--------------------|--------|
| 1 | Pesä | | | |
| 2 | Välipesä | | | |
| 30 | Juoksupyörä | | | |
| 40 | Tiivistysrenkas | | | |
| 70 | Laak. Pesä Ferob. Laak. | | | |
| 71 | Välilaakerin pesä | | | |
| 100 | Akseliholkki | | | |
| 180 | Väliholkki | | | |
| 600 | Tiivistepesä | | | |
| 780 | Sokkeloholkki | | | |
| 781 | Sokkeloholkki | | | |
| 821 | Laakeriholkki | | | |
| 5706 | Tiiviste 0,5X190/130 | | | |
| 5745 | O-renkas 119,3X5,7 sms 1586 | | | |
| 5746 | O-renkas 64,5X3 sms 1586 | | | |
| 5700 | Levytiiviste S=0,5XD435/370 | | | |
| 5701 | Levytiiviste S=0,5XD477/410 | | | |
| 5710 | Tiiviste 0,5XD340/220 | | | |
| No | Nimitys | Puhdas | Puhdistus | |
| 95 | Vuotoputki | | | |
| 800 | Imusuppilo | | | |
| | | Rasvattu | Ei rasvattu | |
| | Laakerien rasvaus | | | |

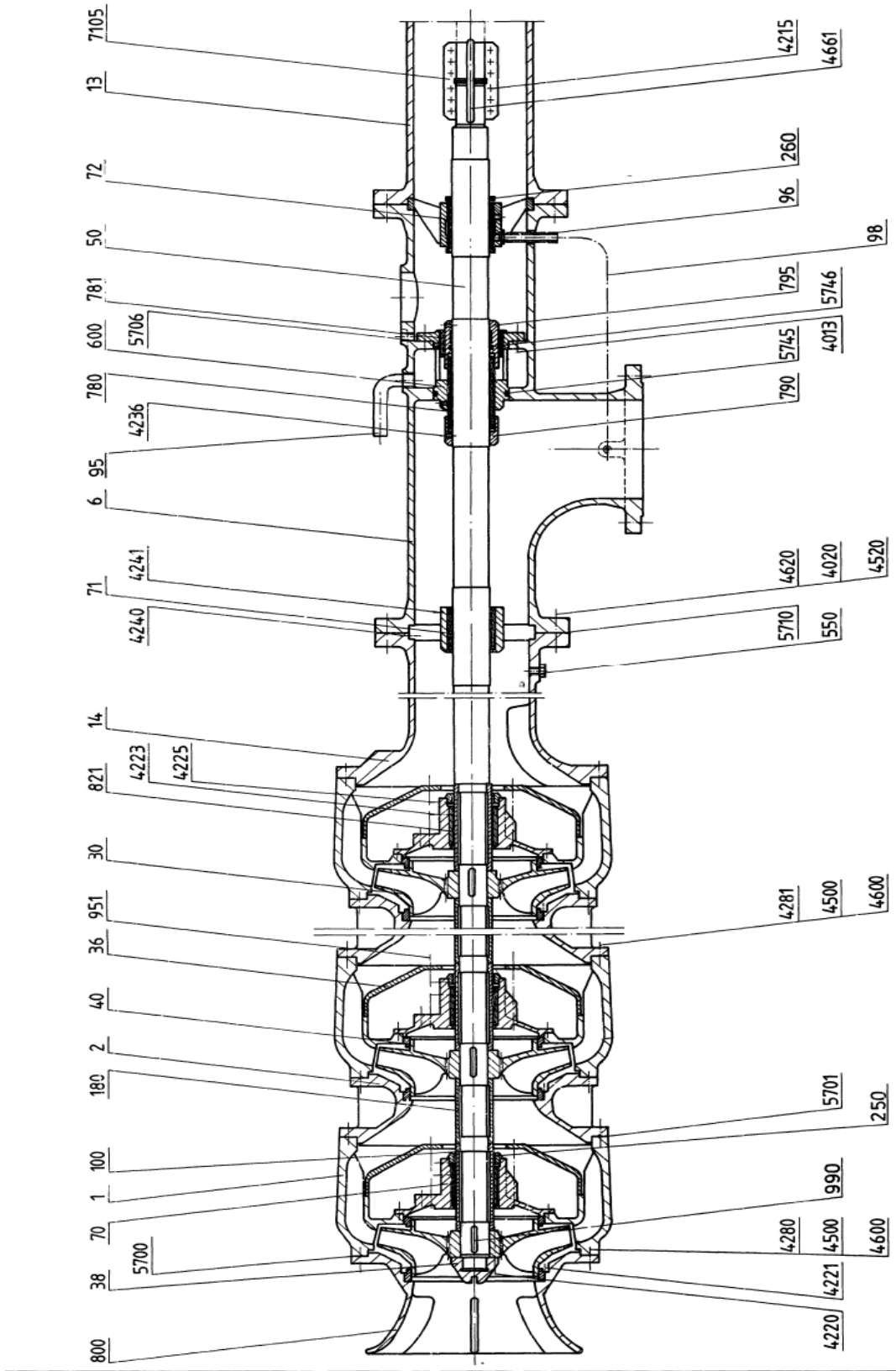
| |
|---------------------------------|
| Muuta huomioon otettavaa |
| |



LIITE 5. Palovesipumppu YGA-34 määräaikaishuoltolomake

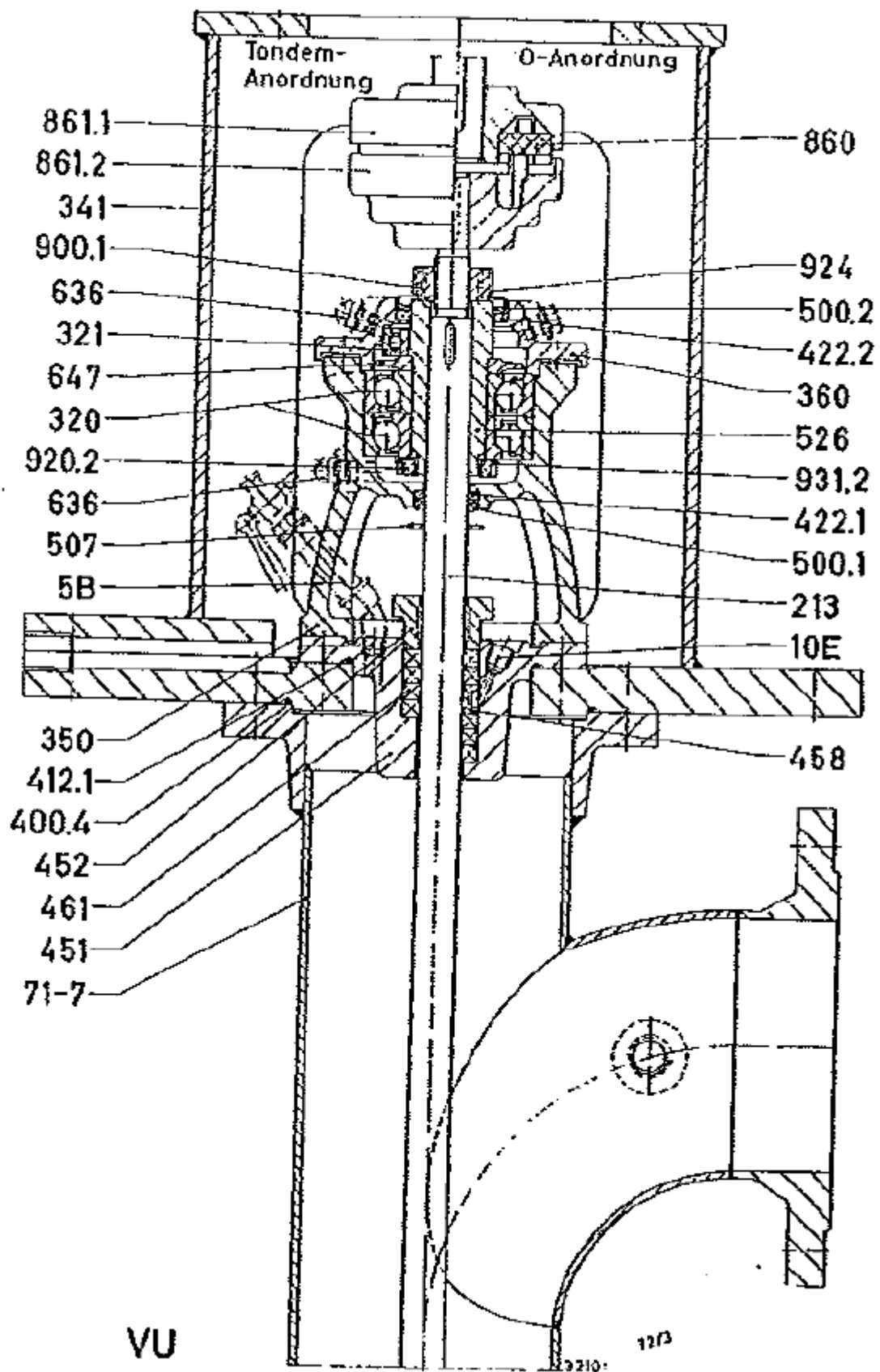
| YGA-34 Määräaikaishuolto | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|--------|
| | | | | 1/2 |
| Pvm: _____ | | | | |
| Huoltaja: _____ | | | | |
| No | Nimitys | Kunnossa | Huolto | Vaihto |
| 1 | Pesä | | | |
| 2 | Välipesä | | | |
| 30 | Juoksupyörä | | | |
| 40 | Tiivistysrengas | | | |
| 70 | Laak. Pesä Ferob. Laak. | | | |
| 71 | Välilaakerin pesä | | | |
| 100 | Akseliholkki | | | |
| 180 | Väliholkki | | | |
| 600 | Tiivistepesä | | | |
| 780 | Sokkeloholkki | | | |
| 781 | Sokkeloholkki | | | |
| 821 | Laakeriholkki | | | |
| 5706 | Tiiviste 0,5X190/130 | | | |
| 5745 | O-rengas 119,3X5,7 sms 1586 | | | |
| 5746 | O-rengas 64,5X3 sms 1586 | | | |
| 5700 | Levytiiviste S=0,5XD435/370 | | | |
| 5701 | Levytiiviste S=0,5XD477/410 | | | |
| 5710 | Tiiviste 0,5XD340/220 | | | |
| No | Nimitys | Puhdas | Puhdistus | |
| 95 | Vuotoputki | | | |
| 800 | Imusuppilo | | | |
| | | Rasvattu | Ei rasvattu | |
| | Laakerien rasvaus | | | |

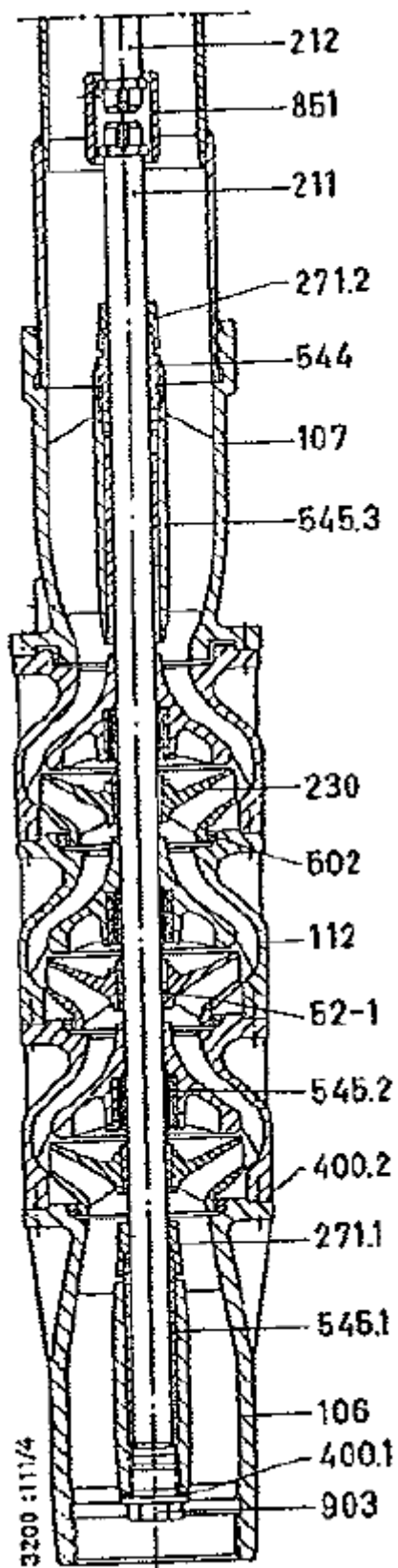
| |
|---------------------------|
| Muuta huomioitavaa |
| |
| |



LIITE 6. Palovesipumppu YGA-38/II määräaikaishuoltolomake

| YGA-38/II Määräaikaishuolto | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------|-------------|--------|
| | | | | 1/3 |
| Pvm: _____ | | | | |
| Huoltaja: _____ | | | | |
| No | Nimitys | Kunnossa | Huolto | Vaihto |
| 106 | Imupesä | | | |
| 107 | Painepesä | | | |
| 112 | Johtosiipipesä | | | |
| 211 | Pumppuakseli | | | |
| 212 | Väliakseli | | | |
| 230 | Juoksupyörä | | | |
| 400.1 | Tasotiiviste | | | |
| 400.2 | Tasotiiviste | | | |
| 544 | Kierreholkki | | | |
| 545.1 | Laakeriholkki | | | |
| 545.2 | Laakeriholkki/kumi | | | |
| 545.3 | Laakeriholkki | | | |
| 213 | Käyttöakseli | | | |
| 320 | Vinokuulalaakeri | | | |
| 321 | Urakuulalaakeri | | | |
| 350 | Laakeripesä | | | |
| 412.1 | O-rengas | | | |
| 400.4 | Tasotiiviste | | | |
| 451 | Tiivisteholkkipesä | | | |
| No | Nimitys | Puhdas | Puhdistus | |
| 271.1 | Hiekkasuoja | | | |
| 271.2 | Hiekkasuoja | | | |
| 903 | Sulkuruuvi | | | |
| 5 B | Ilman poisto imukori | | | |
| | | Rasvattu | Ei rasvattu | |
| | Laakerien rasvaus | | | |
| Muuta huomioitavaa | | | | |
| | | | | |
| | | | | |





LIITE 7. Taulukko 20. Virtauksen määrittäminen paineen ja suuttimen halkaisijan avulla.

Seute Oy
 Porvoo, Jämskämäki
 P.O. Oksanen

$$v = 0,2 \cdot \sqrt{H} \cdot \sqrt{H}$$

VEISTÄMÄÄN VÄLITÄN VÄ SUUTTIMAPAINEN MP/CM²

$d =$ aukon \varnothing mm

$H =$ paine v to

| Suuttimen paine MP/cm ² | Suuttimen halkaisija \varnothing mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 33 | 35 | 38 | 40 | 45 |
| 1.0 | 41 | 55 | 64 | 73 | 82 | 91 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
| 1.5 | 50 | 66 | 77 | 88 | 99 | 110 | 121 | 132 | 143 | 154 | 165 | 176 | 187 | 198 | 209 | 220 | 231 |
| 2.0 | 58 | 76 | 89 | 102 | 115 | 128 | 141 | 154 | 167 | 180 | 193 | 206 | 219 | 232 | 245 | 258 | 271 |
| 2.5 | 65 | 85 | 100 | 115 | 130 | 145 | 160 | 175 | 190 | 205 | 220 | 235 | 250 | 265 | 280 | 295 | 310 |
| 3.0 | 71 | 92 | 108 | 125 | 142 | 159 | 176 | 193 | 210 | 227 | 244 | 261 | 278 | 295 | 312 | 329 | 346 |
| 3.5 | 77 | 100 | 118 | 136 | 154 | 172 | 190 | 208 | 226 | 244 | 262 | 280 | 298 | 316 | 334 | 352 | 370 |
| 4.0 | 82 | 106 | 125 | 144 | 163 | 182 | 201 | 220 | 239 | 258 | 277 | 296 | 315 | 334 | 353 | 372 | 391 |
| 4.5 | 87 | 112 | 132 | 152 | 172 | 192 | 212 | 232 | 252 | 272 | 292 | 312 | 332 | 352 | 372 | 392 | 412 |
| 5.0 | 92 | 118 | 139 | 160 | 181 | 202 | 223 | 244 | 265 | 286 | 307 | 328 | 349 | 370 | 391 | 412 | 433 |
| 5.5 | 97 | 124 | 146 | 168 | 190 | 212 | 234 | 256 | 278 | 300 | 322 | 344 | 366 | 388 | 410 | 432 | 454 |
| 6.0 | 101 | 129 | 152 | 175 | 198 | 221 | 244 | 267 | 290 | 313 | 336 | 359 | 382 | 405 | 428 | 451 | 474 |
| 7.0 | 109 | 138 | 162 | 186 | 210 | 234 | 258 | 282 | 306 | 330 | 354 | 378 | 402 | 426 | 450 | 474 | 498 |
| 8.0 | 116 | 146 | 171 | 196 | 221 | 246 | 271 | 296 | 321 | 346 | 371 | 396 | 421 | 446 | 471 | 496 | 521 |
| 9.0 | 124 | 155 | 181 | 207 | 233 | 259 | 285 | 311 | 337 | 363 | 389 | 415 | 441 | 467 | 493 | 519 | 545 |
| 10.0 | 130 | 162 | 189 | 216 | 243 | 270 | 297 | 324 | 351 | 378 | 405 | 432 | 459 | 486 | 513 | 540 | 567 |
| 11.0 | 137 | 170 | 200 | 228 | 256 | 284 | 312 | 340 | 368 | 396 | 424 | 452 | 480 | 508 | 536 | 564 | 592 |
| 12.0 | 143 | 177 | 208 | 237 | 266 | 295 | 324 | 353 | 382 | 411 | 440 | 469 | 498 | 527 | 556 | 585 | 614 |
| 13.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

26.3-59
 mm/cm²