

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

Joni Kaartinen

ENNAKKOHUOLTO-OHJELMAN ANALYSOINTI MÄÄRÄAIKAISHUOLTOJEN
PERUSTEELLA

Opinnäytetyö 2010

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

| | |
|---|-----------|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 1.1 Työn aihe, taustat ja tavoitteet | 7 |
| 1.2 Tutkimusmenetelmät | 9 |
| 1.3 Työn sisältö | 10 |
| 1.4 Alus ja DAT-konsepti | 11 |
| 1.5 Tutkimuksen aiheeseen liittyvät moottorit | 11 |
| | |
| 2 HUOLTO | 12 |
| 2.1 Ennakoivan huollon periaatteet | 12 |
| 2.1.1 Määräaikaishuollot | 14 |
| 2.1.2 Käyttöikä | 15 |
| 2.2 Moottorin käyttöopas | 15 |
| 2.3 Varaosat | 16 |
| 2.4 Erikoistyökalut | 16 |
| 2.5 Huollonohjausjärjestelmä Amos | 16 |
| | |
| 3 ANALYSOINTI | 17 |
| 3.1 Kulumisrajat | 19 |
| 3.2 Huoltoraportti | 21 |
| 3.3 Mittauspöytäkirjat | 21 |
| 3.4 Suoritusarvomittaus ja Premet-testi | 21 |
| | |
| 4 KOMPONENTIT | 22 |
| 4.1 Sylinterikannet komponentteineen | 23 |
| 4.2 Männät komponentteineen | 28 |
| 4.3 Sylinterivuorit | 30 |
| 4.4 Laakerit | 34 |
| 4.5 Nokka-akseli laakereineen | 38 |
| 4.6 Välihammaspyörä | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7 Joustavakytkin ja sen kunnan määrittely | 39 |
| 4.8 Tärinänvaimennin ja sen toimintaperiaate | 43 |
| 5 PÄÄTELMÄT JA TOIMENPIDESUOSITUKSET | 44 |
| 5.1 Järjestelmä kokonaisuutena | 44 |
| 5.1.1 9-sylinterisen moottorin kiertokangen alapäänlaakeri | 45 |
| 5.1.2 Sylinterikannet | 46 |
| 5.1.3 Venttiilit | 47 |
| 5.1.4 Sylinterivuorit ja jäähdytysnestevuodot | 48 |
| 5.2 Centax-joustava kytkin | 50 |
| 5.3 Käyttöikä ja huoltovälit | 56 |
| 5.4 Suoritusarvot | 56 |
| 5.5 Vuorovaikutus palveluntarjoajan ja asiakkaan kesken | 57 |
| 6 LISÄTUTKIMUKSEN AIHEITA | 57 |
| 7 LOPPUYHTEENVETO | 59 |
| 7.1 Lähtöasetelmat tutkimukseen | 59 |
| 7.2 Tiedonhankinta ja työskentely | 59 |
| 7.3 Opinnäytetyön tavoitteiden täyttyminen | 60 |
| | |
| LIITTEET | |
| 1. DG3 Premet-testidiagrammit | |
| 2. Joustavan kytkimen mittausraportti ja mittausohje | |
| 3. Suoritusarvoraportti DG3 ennen 24 000 h huoltoa | |
| 4. Suoritusarvoraportti DG3 24 000 h huollon jälkeen | |
| 5. Männänrenkaiden urien mittausohje | |

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU Merenkulkualan koulutusohjelma

KAARTINEN, JONI

MÄÄRÄAIKAISHUOLTOJEN

Insinööriyö

Työn ohjaaja

Työn valvoja

Tammikuu 2010

Avainsanat

**ENNAKKOHUOLTO-OHJELMAN
ANALYSOINTI
PERUSTEELLA**

61 sivua +10 liitesivua

**Tekn. tarkastaja Sami Niemelä, Neste Oil
Shipping Oyj**

Lehtori Ari Helle

**huolto-ohjelma, ennakoiva huolto,
kulumisraja, huolto, dieselmoottorit**

Opinnäytetyön lähtökohtana on tutkia merimoottorien huolto-ohjelmaa, sen toteutumista sekä sen mahdollisia vaikutuksia moottorien käyttöön sekä niiden toimintavarmuuteen. Työ on aloitettu keväällä 2007 ja hankkeistajana on Neste Oil Shipping Oyj.

Käytön varmuus asettaa haasteita kiristyvälle kilpailulle öljynkuljetuksessa. Toimituspoikkeamat, jotka aiheutuvat viasta aluksen kuljetuskoneistossa, aiheuttavat mittavia kustannuksia varustamoille sekä takuuhuoltoja valmistajille. Tämä onkin yksi syy tarkastella kokonaisuutena aluksen tyypillisen merimoottorin käyttövarmuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten huolto-ohjelmaa, sen onnistuneisuutta sekä käytännön toteutumista. Yleisesti huollon suunnittelu perustuu ennakointiin. Nimenomaan ennakoiva huolto on muodostunut käsitteeksi järjestelmälle, jolla pyritään varmistamaan laitteistojen katkeamaton toiminta. Ennakoivalla huollolla päästään käytännössä säästöihin, vaikka mitään huollon tarvetta ei olisikaan. Tämä todistetaan helposti vertailemalla odottamattomien ja ennakoivan huollon kokonaiskustannuksia. Ennakoinnilla pyritään vähentämään ennakoimattomia vikaantumisia ja keskeytyksiä laitteiden toiminnassa. Vaikkakaan tässä yhteydessä ei tutkita ennakoivaan huoltoon liittyviä taloudellisia näkökohtia, ovat ne väistämättä ainakin välillisesti yhteydessä aiheeseen laitteistojen toiminnan katkoksen kautta, ja siksi yksi vahva syy turvallisuusnäkökohtien lisäksi tutkia ennakoivaa huoltoa ja itse huolto-ohjelmaa.

Tutkittavan huolto-ohjelman moottorit kuuluvat Neste Oil Shipping-varustamon M/T Tempera -säiliöaluksen diesel-sähköisen voimalaitoksen kokonaisuuteen. M/T Tempera on DAT-konseptiin (Double Acting Tanker) perustuva ensimmäinen jäätä murtava säiliöalus. Dieselmoottorit toimivat generaattoreiden voimanlähteinä, joista tehoa siirretään sähköiselle pääpropulsiomoottorille, joka on ABB:n AZIPOD-ruoripotkuri. Alus on suunniteltu ABB:n ja Kvaernerin yhteistyönä ja sillä on yksi sisaralus, M/T Mastera. W38-moottorien huolto-ohjelman tutkimukset suoritettiin M/T Tempera -aluksella ja ne pohjautuvat huolloista saatuihin tietoihin. Analysointi perustuu ensikädessä tekijän omiin kokemuksiin ja päätelmiin, kuten myös asiantuntijoiden haastatteluihin, huoltoraportteihin sekä muista aiheeseen liittyvistä julkaisuista saatuihin tietoihin. Saatuja tuloksia voidaan käyttää hyödyksi suunniteltaessa moottoreiden huolto-ohjelmaa ja sekä suunniteltaessa itse huoltojen ajoittamisia.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Maritime Engineering

KAARTINEN, JONI

MAINTENANCE PROGRAMME ANALYSIS

Bachelors Thesis

61 pages + 10 pages of appendices

Supervisor

Lector Ari Helle, KyAMK

Commissioned by

Tech. Intendent Niemelä sami Neste Oil Oyj

January 2010

At 24 000 running hours major service of maritime diesel engine, is a good opportunity to analyze its maintenance program. There is enough information about the engine's typical characteristics and the knowledge of the notes on the previous maintenances. This forms a good base to this thesis, which is made in attention to form over-all picture of maintenance program success.

To study one diesel engine model maintenance program, there is made research during overhauling of four 6- and 9-cylinder engines, which include in Neste Oil Oyj Motor Tanker Tempera. In addition of monitoring the condition visually of components removed from the engines, there was also studying of measurement records made by engine manufacturer's maintenance crew.

Condition based maintenance is the word for all service related function in now a days. Actually all service is condition based and this makes it possible to have efficient running of any equipment. When all breakdown situations are predicted, as the most of they are, a ship owner can save a great deal on maintenance costs, in compared to how it is in situation off unexpected off hire.

This thesis was done from the first dry docking of M/T Tempera in summer 2007 to April 2009 and it is commissioned by Neste Oil Oyj. Most of the conclusions are based on the student's own experiences and also on the interviews of engine manufacturer representatives, ship crew, maintenance crew and on published literature on the diesel engine maintenance theory and interned pages of maintenance knowledge providers.

This thesis can be used as guideline in designing the running hour based maintenance of these particular engines.

ALKUSANAT

Tahdon kiittää opinnäytetyön ohjaajaa sekä valvojaa. Lisäksi haluan kiittää arvokkaista tiedoista ja opastuksesta seuraavia henkilöitä ja tahoja:

M/T Tempera;

Konepäällikkö Jaakko Vahala

Konepäällikkö Markku Nykänen

Konepäällikkö Åke Hermansson

1. konemestari Fredrik Lindfors

1. konemestari Jonne Kömi

1. konemestari Seppo Parviainen

Sähkömestari Pekka Virtala

Wärtsilän Turun, Vaasan sekä aluksen telakointien huoltohenkilökunta M/T Temperalla.

Neste Oil Oyj

Wärtsilä Finland ja Wärtsilä Italy

Joni Kaartinen

1 JOHDANTO

1.1 Työn aihe, taustat ja tavoitteet

Turvallisuusnäkökohdat ovat vahvasti esillä merenkulussa. Tähän liittyy ensisijaisesti ympäristön ja ihmisten suojeleminen. Aluksen kuljetuskoneisto esittää tärkeää roolia tässä asiayhteydessä; sen on pystyttävä varmistamaan aluksen asianmukainen ohjailukyky kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Näin päästään kuljetuskoneiston käyttövarmuuteen ja siihen vaikuttaviin seikkoihin. Ennakoiva huolto nimenomaan pyrkii koneiston toiminnan ennakoimiseen: saadaan tietoa siitä, millaisessa kunnossa laitteisto on, sekä voidaan suunnitella tulevia huoltotoimenpiteitä hallitusti. Näin vähennetään yllättäviä koneistojen vikaantumisia sekä niiden aiheuttamia turvallisuusriskejä.

Laivamoottorit, oikein operoituina ja huollettuina, ovat erittäin luotettavia, mikäli kaikki huollon asettamat ehdot täyttyvät. Tosin jatkuva mekaaninen ja terminen rasitus vaatii moottorin jatkuvaa valvontaa sekä käyttäjän että moottorin valmistajan taholta. Kuluminen on suora ja välttämätön seuraus moottorin käytöstä ja näin ollen ajoittaiset vikaantumiset ovat mahdollisia. Vikaantumistapaukset vaarantavat aluksen toimintavarmuutta erityisesti, kun vaarana on polttomoottorin toiminnan lakkaaminen, eli sylinterin kriittisen osan vikaantuminen. Oikeat järjestelyt huollon, henkilökunnan osaamisen ja varaosien suhteen mahdollistavat tällaisten poikkeamien vahingon minimoinnin. (1:536)

Tutkittavassa tapauksessa käyttövarmuus vähentää öljynkuljetusten katkeamisia, jotka aiheuttavat varustamolle kustannuksia, puhumattakaan yllättävistä huolloista ja siten varaosista syntyviä kustannuksia. Käyttövarmuus lisää asiakkaiden kiinnostusta moottoria kohtaan. Taloudelliset näkökohdat on rajattu vähäiselle huomiolle tässä opinnäytetyössä.

Elinkaari liittyy huolto-ohjelman toteutumiseen oleellisesti; moottorilla, josta ei ole pidetty asianmukaisesti huolta, voidaan olettaa olevan lyhyempi elinkaari kuin valmistajan ohjeiden mukaisesti huolletulla moottorilla. Komponenttien kestävyys on samoin tärkeä näkökohta. Komponenttien huoltovälien ja käyttöiän

analysoinnissa tähdätään osaltaan ennakoivan huollon toimivuuden kehittämiseen. Tämä on sekä moottorivalmistajan sekä asiakkaan edun mukaista.

Huolto-ohjelman toteutumista ja onnistuneisuutta voidaan arvioida, kun moottorista on kertynyt käyttökokemusta, eli kun tiedetään ongelma- ja parannuskohtia, sekä tyypillisiä laitteiston piirteitä. Tutkittavien moottoreiden huolto-ohjelmaan tehdäänkin parannuksia ilmenneiden tarpeiden mukaan kaiken aikaa, eli kyseessä on jatkuva prosessi. Tähän moottorivalmistaja saa ensiluokkaista apua asiakkaiden käyttökokemuksista. Tätä kautta asiakas parantelee itse moottorin huolto-ohjelmaa sekä päivittää myös omaa huollonohjausjärjestelmiä.

Opinnäytetyön aiheen tarkennuksena todettakoon, että tutkittavana on huolto-ohjelma, ei itse moottorit tai ainoastaan huoltotoimenpide. Komponenttien tai yleisesti moottorien installaatiosta aiheutuneet poikkeamat ja niiden perimmäiset syyt eivät niin ikään kuulu huolto-ohjelman analysoinnin piiriin, vaikka niihin viitataan tässä opinnäytetyössä asiayhteyksissään.



Kuva 1. M/T Tempera

Taustat

M/T Tempera on valmistunut Yosukan Sumitomo Heavy Industries -telakalla Japanissa 12.8.2002. Aluksen voimalaitos koostuu viidestä dieselgeneraattorista, jotka ovat kaikki Wärtsilän valmistamia. Kaksi 9-sylinteristä ja kaksi 6-sylinteristä W38-moottoria sekä yksi 6-sylinterinen W26-moottorit muodostavat kokonaisuuden, joka toimii tehon lähteenä potkurimoottorille sekä apulaitteille. (2.) Wärtsilä on maailman tunnetuimpia merimoottorien valmistajia. Wärtsilän moottorit ovat tunnettuja lähinnä luotettavuutensa, helpon käytön ja huollettavuutensa puolesta. Tämä opinnäytetyö on hankkeistettu Neste Oil Oyj:n toimesta. Työn valmistelu on tehty alkuvuodesta 2007 ja itse tutkimus suoritettu M/T Temperan moottorien huoltojen edetessä aluksella sekä Kotkassa kesäkuusta 2007 tammikuuhun 2010 asti.

Tavoitteet

Pääasiallisena tavoitteena työssä on analysoida huolto-ohjelmaa, sen onnistuneisuutta sekä käytännön toteutumista. Ennakoivassa huolto-ohjelmassa on tarkoituksena määraaikaishuoltojen yhteydessä määrittää moottorin sen hetkinen kunto sekä nykyinen ja tuleva huollontarve. W38-moottorissa tämä tapahtuu muun muassa mittaustulosten analysoinnilla. Erinäisiä moottorin komponentteja mitataan ja niiden kulumista ja muodonmuutoksia seurataan: Käytännössä tämä tarkoittaa mittaustulosten vertailua aiemmissa huolloissa saatuihin mittaustuloksiin, jolloin voidaan tarkastella esimerkiksi tiettyjen osien kulumisen nopeutta suhteessa moottorin käyttötunteihin. Näin voidaan myös arvioida kyseisen osan tulevaa kulumista. Näitä niin sanottuja kulumisen trendejä tutkittaessa on tärkeää ottaa huomioon se, mihin tiettyjen osien niin sanotut kulumisrajat perustuvat. Kulumisrajoihin palataan tarkemmin opinnäytetyön luvussa 3.1 Kulumisrajat ja kulumisen trendit. Tärkeimpänä tavoitteena on opinnäytetyö, josta on todellista hyötyä elinkeinoelämälle sekä alasta kiinnostuneille.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Analysointimenetelmien suunnitteleminen oli yksi tärkeimmistä valmistelevista

vaiheista ennen työhön ryhtymistä. Aluksen telakoinnissa kesällä 2007 molempiin 9-sylinterisiin W38-moottoreihin tehtiin määräaikaishuolto. 6-sylinteriset W38-moottorit huollettiin helmikuussa 2008. Huolloista kerätyt tiedot analysoitiin pohjautuen asiantuntijoiden haastatteluihin, alalla julkaistuun materiaaliin, laitevalmistajien internet-sivustoilta saatuihin tietoihin sekä opinnäytetyön tekijän omiin päätelmiin.

1.3 Työn sisältö

Opinnäytetyö on jaettu sisällöllisesti kuuteen osaan seuraavasti:

Johdanto-osa sisältää yleistä tietoa aluksesta ja tutkittavan huolto-ohjelman moottoreista sekä työn taustoista.

Huolto-osa sisältää yleistä tietoa huollon periaatteista sekä tutkittavan huolto-ohjelman moottoriin liittyvät perusasiat huollon näkökulmasta. Se sisältää myös kuvauksen aluksella käytössä olevasta huollonohjausjärjestelmästä.

Analysointi-osa sisältää tietoa eräistä komponenttikohtaista huoltoa ja kunnonmäärittystä koskevista asioista. Se sisältää myös kuvauksen moottorivalmistajan huollonraportointijärjestelmästä sekä käytetystä huippupainemittauksesta, joka on myös osa kunnonvalvontaa.

Komponentit-osa sisältää tähän työhön rajatut moottorin komponentit, jotka tutkittiin huoltojen yhteydessä. Mukana on myös lyhyt kuvaus komponentin toiminnasta sekä siitä miten se huollettiin tai tarkastettiin ja mitä tarkastuksissa voitiin kyseisen komponentin kunnosta todeta. Komponenteista huollon ja käytön yhteydessä saadut tiedot muodostavat oleellisen pohjan itse huolto-ohjelman analysoinnille. Opinnäytetyössä ei ole tarkoituksena pääasiallisesti tutkia moottorin kuntoa.

Päätelmät ja toimenpidesuositukset-osa sisältää nimensä mukaisesti edellisessä komponentit-osassa tutkittujen ja saatujen tietojen perusteella tehdyt johtopäätelmät ja suositukset tulevaisuutta varten. Se sisältää moottorin

komponentit, jotka ovat oleellisia työn aiheen kannalta. Osio sisältää ongelmien analysointia sekä huolto-ohjelman yleistä tutkimista. Osio toimii opinnäytetyön toiminnallisena osana, joka sisältää yleisarvion huolto-ohjelmasta, mahdollisia parannuskohteita sekä jatkotutkimuksen aiheita asiayhteyksissään.

Loppuyhteenveto sisältää selvityksen opinnäytetyön lähtökohdista, ongelmien määrittelynä työhön liittyen sekä työn onnistumisen arviointina.

Työssä olevat valokuvat ovat tekijän omia.

1.4 Alus ja Dat-konsepti

M/T Tempera on maailman ensimmäinen jäätä murtava D.A.-säiliöalus (Double Acting). Sen toiminta perustuu kykyyn kulkea jäissä perä edellä jäätä murtaen. Apuna tässä on Azipod ruoripotkuri, joka pienentää jään kantavuutta imemällä vettä jääkerroksen alta. Näin jäävahvistetun perän on helpompi murtaa jäätä. Avovedessä alus kulkee keula edellä, kuten konventionaaliset alukset.

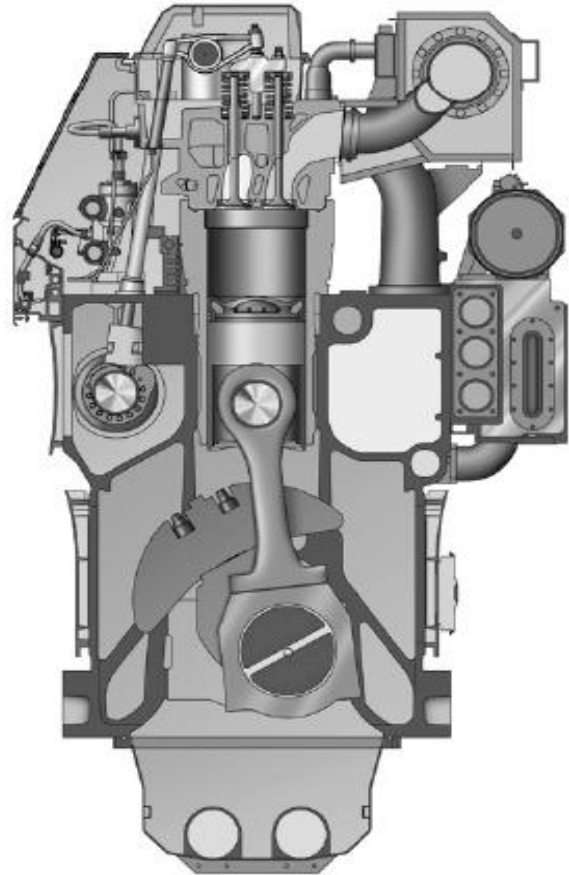
Kova jäätälvi Itämerellä asettaa aluksen etulyöntiasemaan muiden kilpailevien varustamojen alusten kanssa. Öljytoimitukset voidaan taata katkeamatta, kun alus ei joudu odottelemaan murtoapua juututtuaan jäihin.

Aluksessa on dieselsähköinen voimalaitos, joka antaa tehon pääpropulsiomoottorille, jonka teho on 16 MW. Itse voimalaitos kykenee tuottamaan tehoa 21,7 MW. Voimalaitoksen muodostavat neljä suurempaa dieselmoottoria ja yksi pienempi, joihin on liitetty generaattorit. Moottorit sijaitsevat suhteellisen korkealla verrattuna konventionaalisen aluksen installaatioon. Potkuriakselin puuttuminen antaa vapautta konehuoneen laitteiden sijoittelulle. (2)

1.5 Tutkimuksen aiheeseen liittyvät moottorit

Tutkittavat moottorit ovat nelitahtisia kuusi- ja yhdeksänsylinterisiä, joiden sylinterin sisähalkaisija on 38cm. Mallimerkinnot ovat 9L38B ja 6L38B. B-kirjain merkitsee moottorin viritystasetta ja L-kirjain kertoo kyseessä olevan rivimoottori. (3.)

| | |
|-------------|------------|
| Teho 9L38B | 6525 kW |
| Teho 6L38B | 4350 kW |
| Nopeus | 600 rpm |
| Polttoaine | HFO380 |
| Voiteluaine | Taro50XL50 |



Kuva2.W38-moottorin poikkileikkaus

2 HUOLTO

2.1 Ennakoivan huollon periaatteet

Kuluminen on väistämätöntä polttomoottoreissa, joskin vaihtelevaa ja jokseenkin hallittavissa. Moottorin jokainen käyntikierto, käynnistys sekä pysäytys jättävät oman jälkensä moottoriin kulumisena. Huonolaatuinen huolto ja käyttö näkyvät väistämättä ennemmin tai myöhemmin moottorin suoritusarvojen alenemisena.

Periaatteessa yksikään vikaantuminen ei ole ennakoimaton. Esimerkiksi vikaantuneen komponentin vaihto uuteen ei ole huoltoa, sillä itse vikaantumisen syy jää selvittämättä. (1., 4.)

Ennakoiva huolto on nykyisin avainsana puhuttaessa kustannustehokkaasta huollosta. Sen ajatus perustuu huoltoihin, joiden tarkoitus on seurata moottorin kuntoa. Ennalta määrätyt, lähinnä käyttötunteihin perustuvat määräaikaishuollot antavat arvokasta tietoa siitä, millä tavoin moottoria tulee huoltaa tulevaisuudessa sekä mitä huoltoja täytyy tehdä, jotta välttyttäisiin yllättäviltä toiminnan katkeamisilta. Määräaikaishuollon ajankohdan voi moottorin käyttäjä sovittaa suhteellisen helposti omaan aikatauluunsa. Tällöin tehdään tarvittavat huollot ja eri osien kuntoa seurataan, ja tällä tavoin on jo estetty tapahtumasta yllättäviä poikkeamia moottorin toiminnassa. Ennakoiva huolto lisää näin myös moottorin käyttövarmuutta huomattavasti. Ennakoivasta huolto-ohjelmasta puhuttaessa useat huoltotoimenpiteet ovat siis lähinnä tarkastuksia ja seurantaa, joilla kartoitetaan varsinaista huollon tarvetta.

Kun jokin laite on uusi, toimii se yleensä moitteettomasti. Kun käyttötunteja kertyy lisää, alkaa tietynlaisia vikaantumisia ilmetä. Mikäli vikaantuminen toistuu uudestaan ja uudestaan, voidaan todeta korjaavan toimenpiteen epäonnistuneen. Tällainen huolto, joka ei ole ennakoivaa huoltoa, voi aiheuttaa laitteiston toiminnan heikkenemistä, lopulta rikkoutumisen jollakin muulla tavalla, eli laite lakkaa toimimasta kokonaan. Ennakoivan huollon periaatteita ja etuja havainnollistavat tällaisessa tapauksessa tietyt toimintamallit. Kun vika ilmenee, sen syy selvitetään sen sijaan, että korvataan osa uudella vastaavalla. Tällainen osien vaihtaminen ei sinänsä ole edes huoltoa, koska siinä mitä todennäköisimmin rikotaan juuri asennettukin osa lähes tieteen tahtoen, kunhan käyttötunteja kertyy jälleen. Kyseessä on kuitenkin osan enneaikainen rikkoontuminen. Joku kuitenkin aiheuttaa tämän ja se aiheuttaja ei ole käyttämättömänä asennettu uusi osa.

Ennakoivalla huollolla periaatteineen pyritään ehkäisemään tällaisia vikaantumisia ja siten ehkäisemään kalliiden huoltojen kustannuksia, jotka tulevat ajankohtaisiksi, kun laite lopulta todella rikkoutuu ja aiheutuu käyttökatkos. Ennakoivan huollon periaatteiden mukaan ongelmaan tartutaan heti. Sen syytä yritetään järkeillä

mahdollisimman pitkälle syy- ja seuraus-periaatteella. Laitteen osan rikkoutumiselle täytyy olla joku selitys ja se todennäköisesti on ennakoitavissa, kuten suurin osa kaikista rikkoutumisista. Ennakoimattomien rikkoutumisten määrä on todellisuudessa häviävän pieni. Mikäli rikkoutuminen toistuu uudestaan ja uudestaan, on havaittavissa selkeä kuvio. Tällöin voidaan nähdä yleensä tarkalleen toistuva tuntimäärällinen käyttöaika, joka ei siis yleensä ehdi täyttyä. Mikäli laitteen kunto huononee vielä entisestään, tulee myöskin sen epäkuntoa todentava, jälleen kerran vaihdettu osa kulumaan todennäköisesti nopeammin joka kerta.

Kuten edellä todettiin, ennakoimattomien rikkoutumisten määrä laitteistossa on häviävän pieni todellisuudessa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ennakoivassa huollossa ei käyttötuntimääristä johtuvia rikkoutumisia juurikaan ole. Todellisten rikkoutumisten syiden analysointi on taloudellista. Päästään ennakoivan huollon etuihin. On helpompaa ja halvempaa korjata laitteiston toimintaa, kuin joutua käyttökatkokseen ja kalliiseen vianetsintään ja huoltoon. Mikäli joku laite tai laitteen osa yleisesti rikkoontuu, voidaan kysyä, olisiko tämä ollut estettävissä. Yleisesti vastaus on helppo. Rikkoutumiset yleisesti tapahtuvat tehottomasta todellisen vian ja juurisyyn etsinnästä tai heikosta laitteiston seurannasta juuri sillä tietyllä vika-alueella koneistossa. (4.)

2.1.1 Määräaikaishuollot

Määräaikaishuollossa tehdään kuntoa arvioivien mittausten lisäksi tarvittaessa myös eri komponenttien vaihtoa ja huoltoa. W38-moottorien ennakoivan huollon toiminnot jaksottuvat seuraavasti eri komponenttien osalta;

Taulukko 1. Huolto-ohjelma eräillä komponenteilla käyttötuntein mukaan.

| TOIMINNON KUVAUS | Käyttötunnit, Polttoaine HFO 380 cSt |
|---|--------------------------------------|
| Polttoainesuutin (testaus) | 3000 |
| Sylinterikansi | 12000 |
| Sylinterivuori | 12000 |
| Kiertokangen alapään laakeri (yhden tarkastus) | 12000 |
| Kiertokangen alapään laakeri (kaikkien tarkastus) | 24000 |
| Runkolaakeri (yhden tarkastus) | 12000 |
| Runkolaakeri (kaikkien tarkastus) | 36000 |
| Nokka-akselin laakeri (yhden tarkastus) | 12000 |
| Nokka-akselin laakeri (kaikkien tarkastus) | 36000 |
| Ahtoilmanjäähdytin (puhdistus) | 1200 |

Mikäli taulukossa ei ole mainittu erikseen, osa huolletaan. Esimerkiksi 12 000 käyttötunnin kohdalla sylinterivuori huolletaan , eli tässä tapauksessa hoonataan.

2.1.2 Käyttöikä

Taulukko 2. Komponenttien käyttöikä käyttötunneittain.

| Komponentti | Elinikä (h), Polttoaine HFO 380 cSt |
|---|-------------------------------------|
| Polttoainesuuttimen kärki | 6000 |
| Imuventtiili | 24000 |
| Imuventtiilin seat | 36000 |
| Imuventtiilin rotator | 36000 |
| Pakovalvinnan seat | 24000 |
| Pakovalvinttiili ja rotator | 36000 |
| Sylinterikansi | 24000 |
| Männän kruunu (sis. Yhden kunnostuksen) | >100000 |
| Männän helma | 72000 |
| Männän renkaat | 12000 |
| Sylinterivuori | 60000 |
| Antipolishing ring | 24000 |
| Männän tappi | 60000 |
| Männän tapin laakeri | 60000 |
| Kiertokangen alapään laakeri | 24000 |
| Runkolaakeri | 36000 |
| Nokka-akselin laakeri | 36000 |
| Ahtoilmanjäähdytin | 36000 |

Käyttöiän ja huoltovälin määrää lähinnä käytön laatu, kuten yleinen kuormitusprofiili, käytettävä polttoaine, käyttöolosuhteet sekä huollon toteuttaminen ja toteutuminen. Käyttöikätaulukko on sinänsä vain suuntaa antava eikä ehdottoman tarkka, koska käyttöikä riippuu hyvin vahvasti tyypillisestä moottorin käyttöprofiilista. (3)

2.2 Moottorin käyttöopas

Moottorivalmistaja toimittaa kattavan käyttöoppaan moottorin mukana. Se sisältää yksityiskohtaiset tiedot moottorin yleisestä toiminnasta, suoritusarvoista sekä tiedot moottorin ja komponenttien rakenteesta. Se sisältää myös huolto-oppaan, jossa kuvataan suoritettavat toiminnot ja niiden aikavälit. Moottorivalmistaja toimittaa aika ajoin alukselle päivityksiä (service bulletin), jotka täsmentävät, tarkentavat tai selkeyttävät käyttöoppaassa kuvattuja toimintoja. Esimerkkinä ovat

kiristysmomenttien päivitykset jonkin tietyn komponentin osalta tai jonkin toiminnon lisääminen huolto-ohjelmaan. Käyttöopas, ns. manuaali, on yksilökohtainen moottorin mukaan, ja se toimitetaan tarvittaessa alukselle sen moottorin sarjanumeroa vastaavana.

2.3 Varaosat

Moottorivalmistajan varaosat ovat lueteltuina varaosaluettelossa, jossa on myös kaaviot osien sijainneista tietyissä komponenteissa. Kaaviot ovat verrattavissa ns. räjäytyskuviin moottorin eri komponenteista. Niistä saa selkeän kuvan osan kokoamisjärjestyksestä ja siitä, että haluttu osa on varmasti oikea. Varaosaluettelo vaatii päivitystä samoin, kuin käyttö- ja huolto-opaskin, moottorin osien muuttuessa moottorin kehitystyön edetessä ja varasosanumeroinnin sitä kautta muuttuessa. Esimerkiksi on tärkeää tunnistaa numeroinnin perusteella onko käsillä vanhan vai uuden mallinen varaosa, vaikkakin molemmat sopivat, voi esimerkiksi kestävyudessa olla eroja. Varaosien toimittajan vaihtuessa on usein päivitettävä myös varaosatietokantoja.

2.4 Erikoistyökalut

Moottorin komponenttien ennakoiva huolto asettaa omat vaatimuksensa ratkaisujensa puolesta työkaluille. Esimerkkinä ovat sylinterikannet, jotka kiristetään momenttiin hydraulitunkkien avulla, ja kiertokangen alapään laakerit, jotka vedetään ulos kampikammista irrotuksen jälkeen erikoisia kiskoja pitkin. Osien suunnittelusta johtuen on moottorivalmistajan valmistettava erikoistyökaluja. Tämä johtuu siitä, että komponentit on optimoitava ensisijaisesti toiminnallisesti, taloudellisesti ja huollettavuutensa puolesta. Itse erikoistyökalujen valmistaminen ei ole ongelma. Lähinnä huomio kiinnittyy helppoon käyttöön huoltotöissä.

2.5 Huollonohjausjärjestelmä Amos

Tärkeänä apuvälineenä aluksella huoltotöiden organisoinnissa on huollonohjausjärjestelmä Amos. Se on järjestelmä, joka välittää myös tärkeää tietoa hoitovarustamolle aluksen teknisestä tilanteesta, kuten esimerkiksi varaosien

määrästä varastossa. Ohjelmasta on huomattava hyöty suunnitellessa aluksen telakointeja. Ohjelman käyttäjät saavat ensiluokkaista tietoa myös huoltohistorioista.(Kettunen 5: s. 21)

Aluksella on käytössä Amos-järjestelmä, johon on sisällytetty aluksen kaikki laitteet ja niiden huolto-ohjelmat. Kyseessä on tietokoneohjelma, joka toimii muunmuassa aluksen työlistana, ohjeistuksena, viestintävälineenä sekä varastokirjanpitoa.

Jokaiselle tietyn toimialan vastuuhenkilölle on oma käyttäjätunnus ohjelmaan. Kirjaututtuaan sisään ohjelmaan käyttäjä voi tarkastella omia työmääräimiään, jotka sisältävät yleensä tiedot kohteen varaosatilanteesta aluksella ja vähintään viittauksen työohjeen löytämiseksi; esimerkiksi viittauksen dieselmoottorin huolto-ohjeeseen. Huollonohjausjärjestelmä sisältää myös tiedot aluksen laitteiden sen hetkisistä käyttötunneista. Kun itse huoltotoimenpide on suoritettu, käyttäjä kuittaa työn tehdyksi ohjelmaan ja näin luo työmääräimen seuraavaan samanlaiseen huoltotyöhön, joka tulee aktiiviseksi, kun valmistajan suositamat käyttötunnit toimenpiteiden välillä täyttyvät. Näin seuraava huoltaja näkee myös itse työmääräimen lisäksi, kuka on edellisen kerran suorittanut samaisen huollon.

Tutkittaessa W38-moottorien huolto-ohjelmaa Amos poikkeaa siitä muutamalla tavalla. Sitä päivitetään reaaliaikaisesti, joten se ei ole sama asia kuin itse moottorin huolto-ohjekansio, joskin siinäkin toimivat eräänlaisina päivityksinä valmistajan huoltotiedotteet. Jokainen käyttäjä voi luoda uuden työmääräimen, mikäli arvioi sen olevan tarpeellista. Myös huolto-ohjelmasta poikkeavat työt kirjataan ohjelmaan ja säilytetään historiatietoina tietyn laitteen kohdalla.

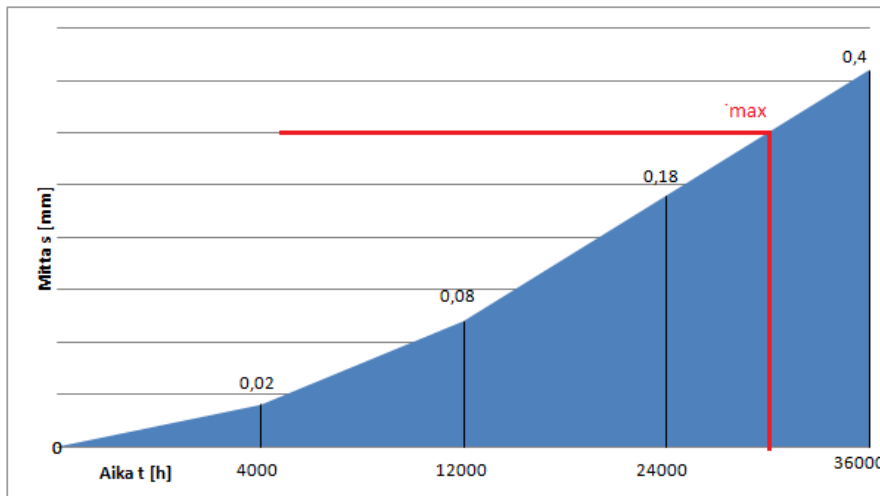
3 ANALYSOINTI

Pohjan tämän päättötyön analysointiosuudelle antoivat moottoriin tehdyistä huolloista saadut raportit sekä kokemus moottoreiden käytöstä. Moottorivalmistajan huoltoraportit käsittelevät kaikkia niitä kohteita, joita on huollettu. Raportteihin sisältyy yleensä mittauspöytäkirjat, kuvia huoltokohteista ja tarvittaessa

moottorivalmistajan kommentit ja suositukset.

Kulumisrajat muodostavat tärkeimmän osan ennakoivaa huoltoa. Kun moottorin kuntoa kartoitetaan huollon yhteydessä, pääasiallinen huomio kiinnittyy juuri kulumisrajoihin. Tietty moottorin komponentti puretaan tai irrotetaan paikaltaan ja se mitataan. Näin saadaan selville osan mitta. Verrattaessa saatua mittausta kulumisen ohjearvoihin, erityisesti kulumisrajaan, tehdään päätös osan suhteen: osa joko vaihdetaan uuteen tai asennetaan takaisin. Nämä saadut mittaustulokset määrittävät tyypillisen osan kunnan ja sen, tuleeko osa vaihtaa. Oleellista on, että saatua mittaustulosta verrataan myös valmistajan ilmoittamiin nimellismittoihin toleransseineen, eikä ainoastaan ilmoitettuun "hylkyrajaan". Mikäli osaa ei tarvitse korvata uudella, saadaan kuitenkin ensiarvoista tietoa osan jäljellä olevasta käyttöajasta.

Kaavio 1. Kulumisen trendimallinnos



On myös muita tapoja määrittellä osan kuntoa. Yhdenlaista mittaamista ennakoivassa huollossa on esimerkiksi paine-erojen mittaus. Tällä tavoin voidaan määrittellä esimerkiksi ahtoilmanjäähdyttimen puhdistuksen tarvetta.

Näytteenotolla taas saadaan tietoa materiaaleista ja vaihdon tarpeesta. Esimerkkinä on tärinänvaimennin, jonka sisällä on vaimennusneste, josta otetulla näytteellä voidaan määrittää vaimentimen kuntoa.

Myös pintojen kunnan tutkiminen on yksi osa ennakoivaa huoltoa. Esimerkiksi sylinterikansien pinnoilla voi esiintyä korroosiota. Nokka-akselin pinnanlaatua

tutkimalla voidaan todeta, onko tapahtunut naarmuuntumista, mistä se johtuu, lisääntyykö se seurattaessa tilannetta käyttötuntien kuluessa, ja näin voidaan muodostaa käsitys osan vaihdontarpeesta.

3.1 Kulumisrajat

Kulumisraja (engl. wear limit) on mitta, joka ei periaatteessa saisi ylittyä. Kulumisrajan määrittely herätti erityistä mielenkiintoa analysointityössä. Mihin se perustuu? Ajatellaan, että tietyn osan kulumisraja on esimerkiksi 0,2 mm. Jos ensimmäisestä suuresta huollosta saatu mittaustulon olisi 0,08 mm ja seuraavasta huollosta vastaava tulos olisi 0,18 mm, voidaan todeta kulumisrajan vielä alittuvan viimeisessä tapauksessa. Sitten päästään seuraavaan huoltoon. Trendi on kasvava, joten jo toisessa huollossa tiedetään jotakuinkin varmuudella kolmannessa huollossa ylittävän. Tällöin tiedetään myös etukäteen se, että kyseinen osa joudutaan vaihtamaan uuteen. Joissakin tapauksissa kulumiselle on tyypillistä kiihtyä käyttötuntien kertyessä. Mutta kuuluuko kulumisrajan ylittyä lainkaan, vai onko kulumisrajassa otettu huomioon mahdollinen ylittyminen seuraavaan huoltoon mennessä? Huoltajat tietävät ensimmäisestä ja toisesta huollosta saaduista mittaustuloksista etukäteen kulumisrajan hyvin todennäköisesti ylittävän kolmanteen huoltoon mennessä. Kestääkö osa siis kulumisrajan ylittävän kulumisen.

Asiaa oli helpointa ajatella järkeilemällä. Mikäli kulumisrajat ovat ehdottomia arvoja, on niissä varattu kulumiselle enemmän materiaalia kuin itse kulumisrajaan asti. Toisaalta päätös osan asentamisesta takaisin moottoriin tai vaihtamisesta uuteen on jokseenkin epämääräinen tässä tapauksessa. Yleisesti moottorihuolloilla pidetään hyvänä periaatteena vaihtaa osa joka tapauksessa, mikäli mieleen tulee kysymys, voisiko osan vielä asentaa takaisin vai pitäisikö se korvata uudella.

Kulumisrajat eivät kuitenkaan ole subjektiivisia. Ensikädessä määrittäviä osatekijöitä ovat kokemukset vastaavista ja edellisistä osamalleista sekä niiden valmistumateriaalit (6). Tietyn osan, esimerkiksi männän, valmistajan arvio osan kulutuksenkestävyydestä sekä itse moottorin valmistajan arvio muodostavat siis ensisijaisen kulumisrajan. Kun osa on käytössä, tulee sen suhteen esiin muitakin tärkeitä tekijöitä. Osan kestävyys vaikuttaa myös käyttötuntimäärä yhdessä

käytön laadun kanssa. Tällaista on esimerkiksi keskimääräinen moottorin kuormitus ja käytettävän polttoaineen ja voiteluöljyn laatu. Käyttötuntimäärän myötä kertyneet kokemukset vaikuttavat arviointiin tietyn osan kestävydestä sekä käyttötuntimäärä itsessään asettaa pohjaa arviolle osan kunnosta perustuen valmistajan antamiin suosituksiin. Lopputuloksena voidaan määrittää suhteellisen tarkka käyttötuntimäärään perustuva huollon ajankohta.

M/T Temperan tapauksessa tapahtuu usein moottoreiden alikuormitusta, mikä teoriassa heikentää taloudellisuutta ja aiheuttaa mm. voiteluaineen BN -luvun laskua. BN -luku (engl. Base Number) kertoo öljyssä olevan ns. hoitoaineen määrän. Matala kuormitus lisää polttoaineen läpivirtausta, joutumista öljyn sekaan, mikä heikentää BN -lukua (5. s.43, 7). Toisaalta M/T Temperan 2007 - 2008 vastaanottamissa voiteluöljyn laadunseurantatiedoissa ei ollut mitään viitettä tällaiseen, vaan voiteluöljy oli pysynyt hyvälaatuisena.

Voiteluöljyanalyysit tarjoavat erinomaisen työkalun kunnonvalvonnassa. Mikäli öljynäytteestä löytyy metallipartikkeleja, voidaan metallin laadun perusteella päätellä, mistä komponentista partikkelit ovat lähtöisin jo siinä vaiheessa, kun muita indikaatioita ei vielä ole olemassa. Tämä on ensiluokkainen tapa puuttua mahdolliseen vikaantumiseen ja helpottavat alkulähteen paikantamisessa.

Valmistajan näkökulmasta on järkevää, että kulumisrajat ovat optimoituja. Tämä tarkoittaa kokonaiskompromissia, jossa osa valmistetaan kohtuullisin kustannuksin ja osan kulumisraja on myös käyttäjän kannalta järkevä. Kiinnostun sellaista moottoria kohtaan on suurinta, joka on helppo ja taloudellinen huoltaa sekä sitä kautta luotettava, turvallinen ja yksinkertainen käyttää. Osat ovat kestäviä, eikä tiheisiin huoltoväleihin kulu varoja liikaa. Nämä asiat ovat sekä valmistajan että asiakkaan etuja. Todellinen kokemus osan kulumisesta lisää valmistajan sekä käyttäjän tietoisuutta pitkällä aikavälillä, ja näin saadaan lisää tietoa, jonka pohjalta voidaan arvioida paranneltujen samanlaisten osien kulutuksenkestävyyttä. Näin ollen uusien osien kulumisrajojen suunnitteluun tulee yksi uusi osatekijä vanhan mallisesta osasta.

3.2 Huoltoraportti

Kun valmistajan huoltoryhmä on tehnyt tilatut huoltotyöt, laaditaan huoltoraportti. Tämä valmistajan laatima dokumentti sisältää erittelyn tehdyistä töistä, osien kunnosta, osien vaihdoista ja valmistajan asiantuntijan kommentit tarvittaessa. Raporttiin on sisällytetty kuvia kohteista ja liitteenä on myös mittauspöytäkirjat.

3.3 Mittauspöytäkirjat

Huolloissa osia mitataan kulumisen määrittämiseksi. Saadut mittaustulokset kirjataan mittapöytäkirjaan, joka on valmistajan laatima kaavake, joka sisältää myös ohjeet mittausten tekemiseksi. Mittapöytäkirja esittää selkeästi, mitkä kohdat tietystä osasta mitataan, mitkä ovat luonnollisia mittaustuloksia, sekä mikä on kulumisraja kyseisessä kohteessa. Näitä huollon yhteydessä eri komponenteista saatuja mittaustuloksia on käytetty tässä opinnäytetyössä analysoinnin yhtenä pohjana. Kyseessä on eräänlainen standardikaavake moottorin valmistajalta. Sitä käyttävät sekä valmistajaa edustavat huoltoryhmät että moottorin käyttäjät, tässä tapauksessa aluksen miehistö. Yhtäläinen mittaustulosten kirjanpito helpottaa tulosten tulkitsemista, olipa mittaajana sitten kuka tahansa. Selkeät mittausohjeet pienentävät järjestelmällisen mittavirheen mahdollisuutta (Liite 1).

3.4 Suoritusarvomittaus ja Premet -testi

Tärkeä osa huollon analysointia on moottorin suoritusarvojen määrittäminen ennen ja jälkeen määräaikaishuollon. Tämän opinnäytetyön osalta se tapahtuu tutkimalla Premet -testitulosta, joka on dieselmootorin peruseräaikaishuollon oleellisesti nojaava mittaustapa. Siinä tutkitaan sylinterikohtaisia painediagrammeja, jotka indikoivat palotapahtuman piirteitä eli muutoksia sylinterin paineessa moottorin männän yhden täyden työkierron aikana. (Liite 2) Perusajatus on luoda jatkuva diagrammi, joka kuvaa sylinterin paineen kaikkien neljän käyntitahdin aikana. (Nämä tahdit ovat imu-, puristus-, työ- ja poistotahti.)

Premet -testi perustuu samannimiseen laitteeseen, joka mittaa sylinterin painetta indikoivien venttiileistä kierrosluvun toimiessa ajanmääräenä. Mittalaite kiinnitetään myös kierroslukuanturiin. Kaikkien sylinterien paineet mitataan yksi kerrallaan

moottorin käydessä vakiokuormalla. Juuri vakiokuormituksen aikaan saaminen aiheuttaa suurimmat ongelmat ja virheet tämän tyyppisissä mittauksissa, olipa sitten kyseessä Premet tai joku vaihtoehtoinen sylinteripaineen mittaustapa.



Kuva 3. Premet -mittalaite yhdistettynä indikointiventtiiliin ja kierroslukuanturiin.

Vakiokuormitus on tärkeä myös, koska lähes kaikki mittaustavat ovat sellaisia, että yksi sylinteripaine mitataan kerrallaan. Siksi mittaustilanne kestää kauemmin kuin kaikkien sylinterien palotapahtumat mahdollisimman pienen ajan sisällä ja virheet tulevat mittausajan pidentyessä todennäköisemmiksi. Mittausjakso sylinteriä kohden on kymmenen kyseisen sylinterin työkiertoa. Mittalaite siirretään seuraavaan sylinteriin, ja tämä toistetaan niin monta kertaa, kuin moottorissa on sylintereitä. Näin ollen myös mittaustapahtuma pitenee moottorin koon mukaan, ja näin mahdollisesti vaikuttaa tuloksien tarkkuuteen.

Mittaustulokset tallentuvat mittalaitteelle ja siitä ne siirretään tietokoneelle, jossa on Premet -testin käsittelyohjelma. Se näyttää jokaisen sylinterin painediagrammin aseteltuina vieretysten. Näin on helppoa vertailla sylinterien ns. tasapainoa. (Liite 2)

4 KOMPONENTIT

Jotta saataisiin konkreettinen perusvaikutelma moottorin huoltoon liittyvistä

tekijöistä, on tarkasteltava huollettavia peruskomponentteja. Perusosien kunnan tarkastelu 24 000 tunnin määräaikaishuollon yhteydessä antaa pohjan huolto-ohjelman analysoinnille. Näin voidaan punnita komponenttien elinikää ja kuluneisuutta moottorin käyttötuntimäärässä, jossa joidenkin tärkeimpien perusosien vaihtaminen tulee jo mahdollisesti ajankohtaiseksi. Näin voidaan myös luoda suhteellisen kattava kuva huolto-ohjelman ajoittumisesta.

Kulumisrajojen ylityksiä ei ollut havaittavissa huoltojen yhteydessä tehdyissä mittausraporteissa, joten näiden raporttien yksityiskohtiin ei juurikaan syvennytä tässä opinnäytetyössä. Lukuun ottamatta männänrenkaita, ei suoranaista tarvetta minkään tärkeän komponentin vaihtamiseksi uuteen ollut. Männänrenkaiden vaihto uusiin on muotoutunut vakiintuneeksi käytännöksi moottorivalmistajan huolloissa. Myös eräät laakerit vaihdettiin asiakkaan päätöksellä, sekä muutama, joissa syynä vaihtoon oli poikkeama kuluneisuudessa.

Tässä luvussa esitetyt tiedot perustuvat Tempera -aluksen huolloista saatuihin tietoihin (7, 8 ja 9) ja huolloissa tehtyihin huomioihin.

4.1 Sylinterikannet komponentteineen

Kaikki sylinterikannet irrotettiin ja huollettiin lukuun ottamatta kahta DG3:n kantta, koska ne oli huollettu aiemmin moottorissa ilmenneiden jäähdytysnestevuotojen vuoksi. Kaikista irrotetuista sylinterikansista irrotettiin polttoaineventtiilit, jotka jäivät aluksen miehistön huollettaviksi. Muut sylinterikansien osat jätettiin paikoilleen huolto varten Wärtsilän Vaasan yksikössä, jonne kaikki sylinterikansien osat lähetettiin huollettaviksi. Osa takaisin asennetuista oli jo aiemmin Vaasassa huollettuja, osa sisarlaiva Masteran huollettuja kansia. (7 ja 9)

Sylinterikannet



Kuva 4. Sylinterikannen pakokanava ennen huoltoon toimittamista

Kansia puhdistettiin kemikaalikylyssä noin kaksi vuorokautta. Suhteellista likaantumista oli havaittavissa sekä imu- että pakupuolen ilmakehässä. Kylvyn jälkeen jäänyt lika irrotettiin mahdollisuuksien mukaan. Kolme sisarlaivasta saapunutta huollettua kantta konepäällikkö lähetti takaisin huoltoyksikköön huonon puhdistustuloksen vuoksi. Sylinterikansien tiivistyspintojen todettiin huolloissa olevan hyvässä kunnossa. Yhdessä DG2:n sylinterikannessa oli havaittavissa korroosiota jäähdytysveden kanavissa. (7) (Kuva 6) Kannet myös koeponnistettiin vedellä 10 barin paineella 30 minuutin ajan.



Kuva 5. Huollosta saapuneen sylinterikannen pakokanava.



Kuva 6. DG2:n jäähdytysvesi kanava.

Polttoaineventtiilit

Aluksen pääkoneiden polttoaineventtiileiden huoltoväli on 3000 tuntia. Aluksen henkilökunta on huoltanut aluksella polttoaineventtiilit aina tarvittaessa, vähintään käyttötuntimäärien täytyessä.



Kuva 7. Polttoaineventtiileitä ja suuttimia

Pääkoneisiin tehdyissä huolloissa polttoaineventtiilit irrotettiin sylinterikansista ja jätettiin alukselle huoltoon, sylinterikansien ollessa moottorivalmistajan huollossa

muualla. Käytetyn polttoaineventtiilin suutinosan päällä on ollut yleisesti noin 0,1 - 1,0 mm:n kerros nokea sekä muita mm. polttoaineesta aiheutuvia epäpuhtauksia kovana kerroksena, joka irtoaa halkeilemalla pinnalta, ja on tahmaista suuttimen pinnan päällä. Aluksella on käytäntönä ollut vaihtaa käytettyyn ja puhdistettuun polttoaineventtiiliin uusi suutin jokaisella huoltokerralla, vanhaa ei asenneta takaisin. Vanhan suuttimen puhdistusta tehdään lähinnä kunnan kartoituksen vuoksi.

Polttoaineventtiilit puhdistetaan yleensä dieselöljyllä tai soveltuvalla puhdistuskemikaalilla. Venttiilien sisäosia ei käsitellä kuivaustarkoituksessa ollenkaan, jottei suuttimien toiminta heikentyisi ylimääräisten sinne joutuneiden partikkelien vuoksi. Tällaisia ovat esimerkiksi jäänteet puuvillaisesta puhdistusliinasta.

Imu- ja pakoventtiilit

Kansien huollon yhteydessä huollettiin moottoreiden imu- ja pakoventtiilit. Kaikkien moottoreiden venttiilien todettiin olevan hyväksyttävässä kunnossa, lukuun ottamatta yhtä poikkeusta. Yksi DG4:n imuventtiileistä oli palanut. Joissakin moottoreiden venttiileissä havaittiin hieman eroosiota ja karstoittumista. Palanut venttiili korvattiin uudella. Pakoventtiilien kosketuspinnat olivat paremmassa kunnossa, kuin imuventtiilien, eikä normaalista poikkeavaa huoltotyötä ollut juurikaan tarpeen tehdä.



Kuva 8. DG4:n palanut imuventtiili



Kuva 9. Imu- ja pakovoventtiileitä huollossa Vaasassa

Eräissä moottoreiden imuventtiileissä todettiin lautasen pinnalla tuhkaantumista, mikä ilmenee vaaleana jälkenä. Karstoittuminen oli hiilijäännös-tyyppistä, ja eroosiota oli venttiilin laskeutumispintaa (engl. valve seat) vastaavassa kohdassa venttiilin lautasessa. Huollossa osassa imuventtiileistä sorvattiin noin 3/10 mm kosketuspinnasta pois, jotta se saatiin haluttuun pinnanlaatuun eli tasaisuuteen.

(8 ja 9)

Luvussa 4.1.3 Venttiilit, käsitellään mahdollisia syitä mm. karstoittumiseen ja venttiilin palamiseen opinnäytetyön osalta.



Kuva 10. Venttiilien laskeutumispinnat

Imu- ja pakoventtiilien sylinterikansissa sijaitsevat laskeutumispinnat puhdistettiin ja koneistettiin.

Venttiiliohjurit

Venttiiliohjurien puhdistus ja mittaus tehtiin, eikä todettu poikkeamia niiden kunnossa. Osat olivat kulumisrajojen sisällä. Ohjureissa mitataan välystä osan ja itse venttiilin varren välillä ja se määrittää ohjurin kunnan.

Venttiilien pyörittäjät (engl. Rotocaps)

Pyörittäjät, jotka aikaansaavat venttiilien pyörivän liikkeen, joka ehkäisee venttiilien palamista, purettiin ja tarkastettiin. Niiden todettiin olevan toimintakunnossa.

4.2 Männät komponentteineen

Männän kruunu

Männän kruunut (ts. männän laki) huollettiin Wärtsilän Turun toimipisteessä. Ne puhdistettiin muovikuulapuhallusmenetelmällä ja niiden männänrenkaiden urat mitattiin. Kruunujen voiteluöljytilat olivat hieman karstoittuneita pinnoiltaan.



Kuva 11. Männien kruunuja huollossa



Kuva 12. Männän öljytila ennen huoltoa

Kruunujen päällä oli huomattavissa polttoaineruiskutuksesta muodostuva kuvio karstassa. Puhdistamisen jälkeen ei ollut missään havaittavissa metallin sävyeroja, jotka voisivat indikoida materiaalin vikaantumista. Myöskään selviä halkeamia tai muita vastaavia jälkiä ei ollut havaittavissa.



Kuva 13. Männän kruunu puhdistuksen jälkeen.

Männänrenkaat ja urat

Männänrenkaita on W38 -moottorissa kolme: kaksi tiivistysrengasta sekä yksi öljyrenkas. Huolloissa mäntiin vaihdettiin uudet renkaat, kuten yleisesti tehdään. Tämä on ns. vakiintunut käytäntö. Männän renkaiden urat mitattiin Wärtsilän toimintaohjeiden mukaisesti Turun yksikössä mäntien kruunujen puhdistuksen jälkeen. (Liite 5) Mitään normaalista poikkeavaa kulumista ei ollut havaittavissa yhdessäkään tutkituista tapauksista.

Männän helma

Mäntien helmat irrotettiin mäntien kruunuista ja puhdistettiin. Epänormaalia likaantumista tai materiaalin eroosiota tms. poikkeavaa ei havaittu.



Kuva 14. Männän helma irrotettuna kiertokangesta.

Huoltojen yhteydessä männät irrotettiin aluksessa kiertokangista. Männän tapin kunto tarkastettiin samassa yhteydessä. Moottoreiden männäntapeissa ei havaittu huoltojen yhteydessä poikkeavaa kulumista.

4.3 Sylinterivuorit

Kaikkien aluksen moottoreiden sylinterivuorit huollettiin. Huolto sisältää mittauksen sekä hionnan (hoonaus), joka tehtiin aluksen omalla paineilmatoimisella

hoonauslaitteella. Sylinterivuorin sisäpinta karhennettiin hionnassa aluksi karkeimmalla hoonauskivellä ja viimeisteltiin vähemmän karkealla niin, että vuoriin jäi suhteellisen karkea pinta. Sylinterivuorin uusiminen tarpeen mukaan tulee ajankohtaiseksi 60 000 käyttötunnin täytyessä. Opinnäytetyöhön liittyvissä huolloissa oli kyse toisesta 12 000 tunnin huollosta eli 24 000 huollosta, jolloin sylinterivuorta ei vielä tarvitse irrottaa moottorin lohkosta. Kuitenkin ilmenneiden jäähdytysnestevuotojen vuoksi yksi sylinterivuorista irrotettiin ja sen tiivistyspinta lohkoa vasten tarkastettiin ja huollettiin.

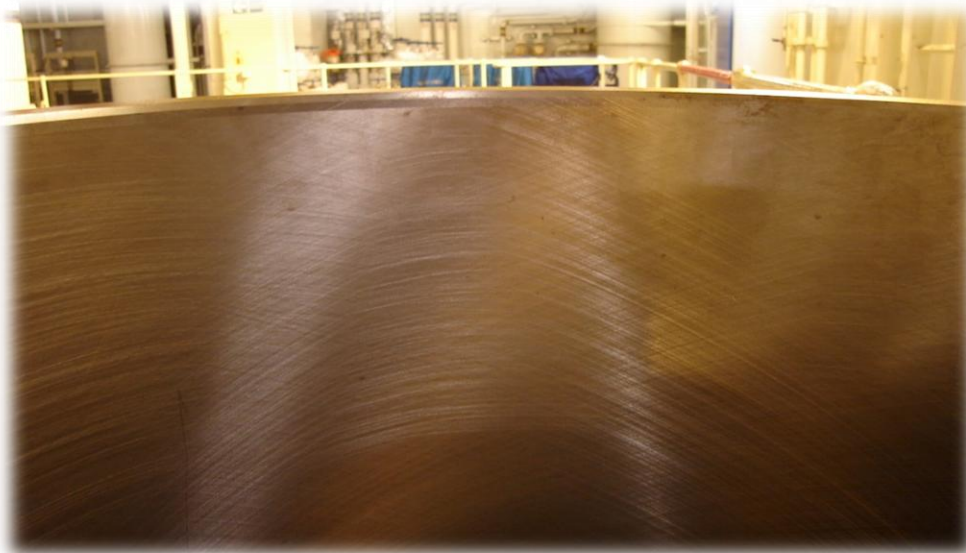


Kuva 15. Sylinterivuori juuri irrotettuna

Hionnan onnistuminen on tärkeää oikeanlaisen pinnan aikaansaamiseksi ja siten männänrenkaiden eliniän kannalta. Tarkoituksena on aikaansaada pintaan oikeanlainen ristikuvio ja -kulma, jotta voiteluöljy muodostaisi oikeanlaisen kalvon sylinterivuorin sisäpintaan moottorin käydessä.



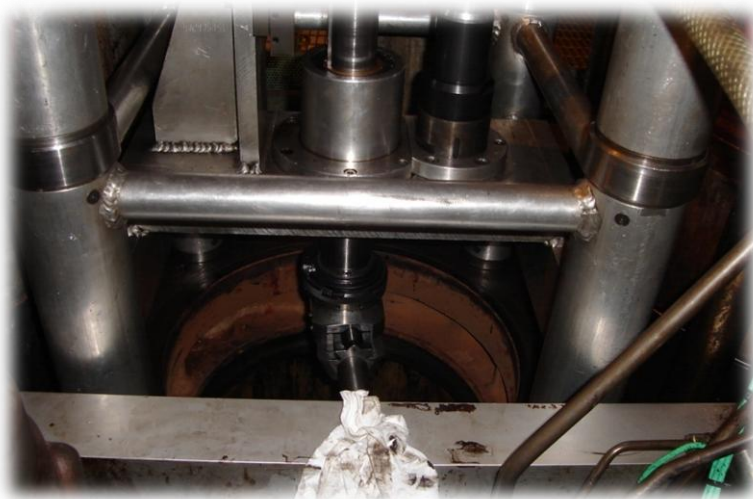
Kuva 16. Sylinterivuori ennen asennusta moottoriin.



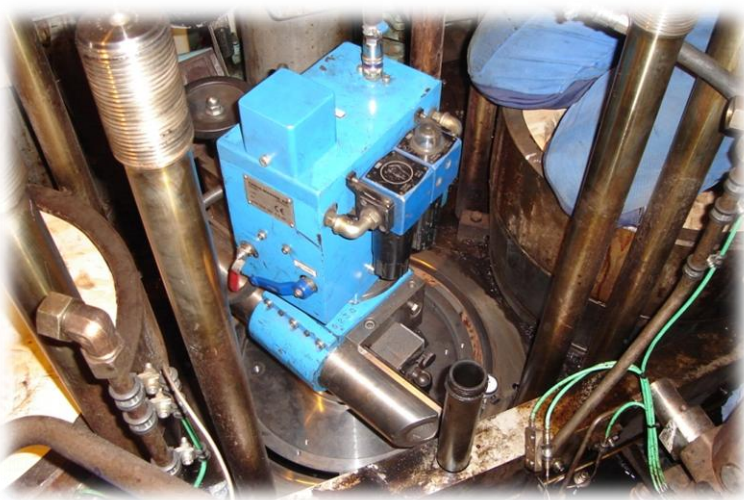
Kuva 17. Hoonausjälki sylinterivuorin sisäpinnassa.

DG3:n kaksi sylinterivuoria nostettiin lohkoista jo ennen itse huoltoja

jäähdytysnestevuotojen vuoksi. Toinen vaihdetuista sylinterivuorista vaihdettiin vielä kertaalleen määräaikaishuollon yhteydessä. Tällöin moottorin lohossa sijaitsevaa tiivistyspintaa täytyi työstää jyrsimällä halutun tiiviyden saavuttamiseksi. Tietyn jyrsimän syvyyden saavuttamisen jälkeen täytyy moottorin lohkon ja sylinterivuorin tiivistyspintaan asettaa väliin tiivistysrenkas.



Kuva 18. Moottorinlohkon ja sylinterivuorin tiivistyspinnan jyrsimistä erikoislaitteella.



Kuva 19. Moottorilohkon tiivistyspinnan hiomista

Kiillottumisenestorengas (engl. anti polishing ring)

Vakiintunut käytäntö on vaihtaa kiillottumisenestorengas jokaisen männän ulosvedon yhteydessä, mikäli tämä tapahtuu määräaikaishuollossa. Aikaisemmin käytäntönä on ollut kääntää rengas ylösalaisin. Kaikkien sylinterien

kiillottumisenestorengaat olivat hyväkuntoisia, eikä niistä ollut huomattavissa epänormaalista moottorin toiminnasta aiheutuneita jälkiä.



Kuva 20. Käytetty kiillottumisenestorengas.

4.4. Laakerit

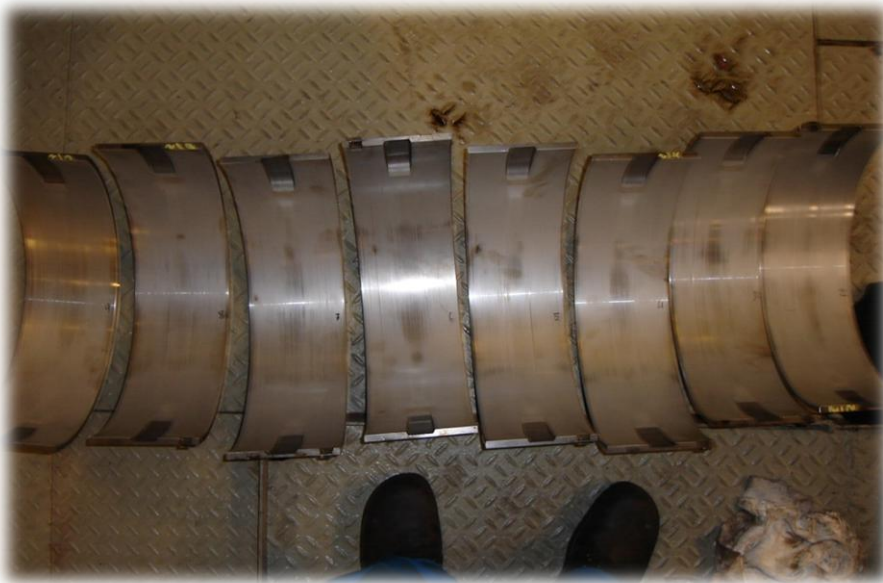
Kiertokangen laakerit

Kaikkien moottoreiden kiertokankien laakerit tarkastettiin huoltojen yhteydessä. Kiertokankien yläpään laakereissa oli havaittavissa keskimäärin jokaisessa kulumista, mikä ilmenee laakerin pinnan värin muutoksena. Tämä värin muutos johtuu esiin tulevasta alemmasta metallikerroksesta, joka on erilainen kuin sen päällimmäinen kerros. Näin pystytään todentamaan helposti kuluminen. Tässä yhteydessä värimuutos indikoi kulumisen olevan kulumisrajojen sisällä eikä aiheuttanut toimenpiteitä yhdessäkään tapauksessa kiertokangen yläpään laakereissa.



Kuva 21. Kiertokangen yläpäänlaakeri.

Kiertokankien alapäiden laakerit tarkastettiin kaikissa moottoreissa. 9-sylinterisiin moottoreihin vaihdettiin uudet alapään laakerit asiakkaan päätöksellä. Irrotetut laakerit olivat yleisesti hyvässä kunnossa. (kuva 22) 9-sylinteristen moottoreiden kohdalla alapään laakereissa oli huomattavissa tyypillinen eroosio laakereissa numero1 (kuva 23). Myös kiertokankien alapäänlaakereiden yhteydessä tarkastettiin kampiakselin kunto laakerin vastapinnasta. Jokainen tarkastettu kohta oli hyväksyttävässä kunnossa. Joissakin kampiakseleissa oli hienoinen jälki alapään laakerin öljykanavien kohdalla (kuva 25).



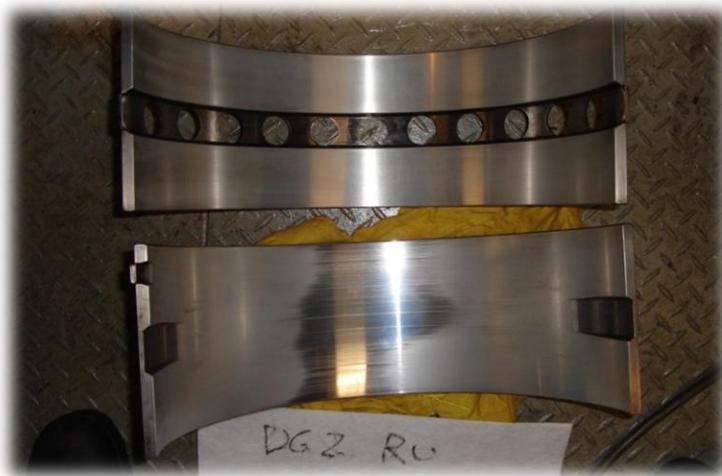
Kuva 22. Kiertokangen alapään laakereita.



Kuva 23. DG2:n alapään laakeri.

Runkolaakerit

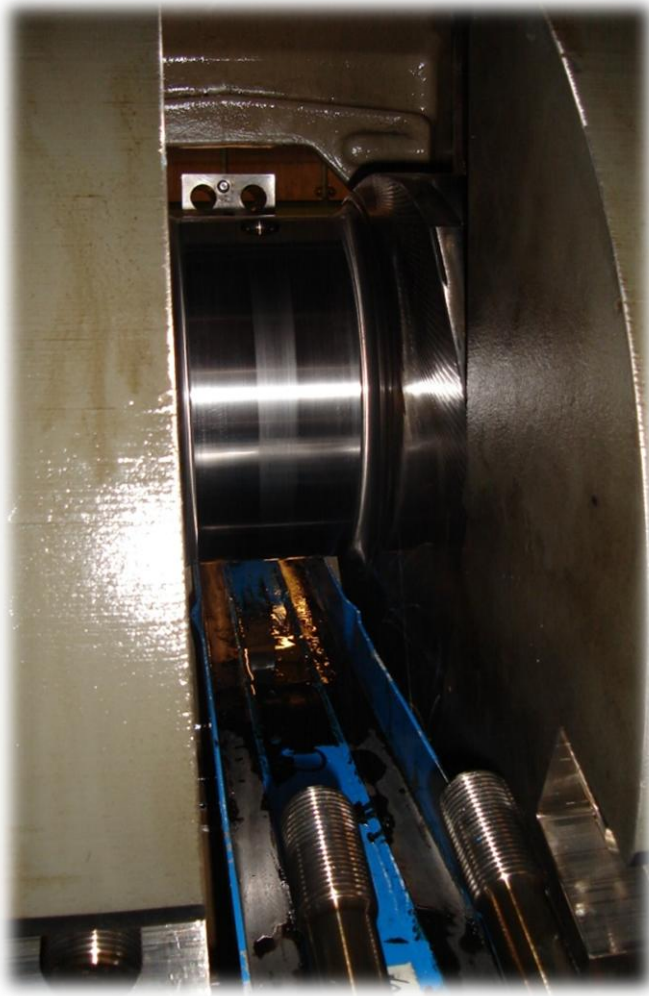
Kaikkien neljän moottorin runkolaakerit tarkastettiin huolto-ohjeen mukaan, mikä tarkoittaa, että moottorin keskimäinen laakeri irrotetaan paikaltaan tarkistusta varten. Tämä laakeri on esimerkiksi 9-sylinterisissä moottoreissa 4. ja 5. sylinterien välissä oleva runkolaakeri. Tarkastus suoritetaan näin laakerin lasketun elinkaaren vuoksi sekä siksi, että keskimäinen laakeri ottaa vastaa suuremmat dynaamiset kuormat kampiakselilta, kuin toiset runkolaakerit. Moottorista siis tarkastetaan mahdollisimman keskellä pituussuunnassa oleva runkolaakeri.



Kuva 24. DG2:n runkolaakeri

Laakereiden ylä- ja alaosat olivat hyvässä kunnossa kaikissa tapauksissa. DG2:n runkolaakeri vaihdettiin asiakkaan päätöksellä (kuva 24).

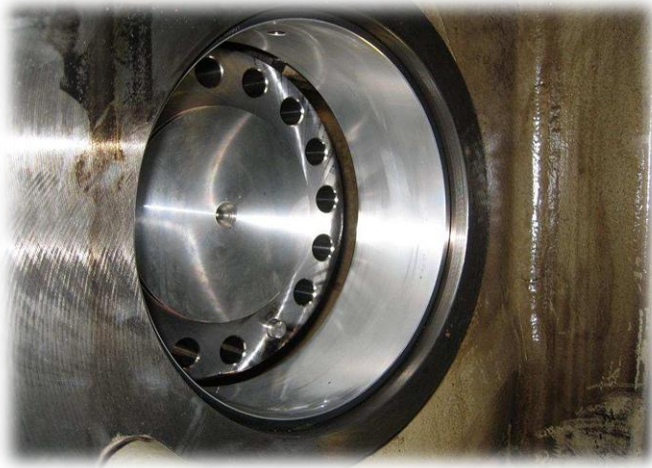
Runkolaakerin tarkastuksen yhteydessä tarkistetaan myös kampiakselin kunto laakerin kohdalta. Kaikissa tapauksissa oli kampiakseli hyvässä kunnossa, eikä poikkeavuuksia ollut havaittavissa (kuva 25). Tässäkin tapauksessa on kuitenkin pidettävä mielessä, että kuten kiertokankienkin laakerointien tapauksessa, on myös runkolaakereiden kohdalla mahdollisesti ilmenevä kuluminen huonosti verrattavissa suoraan kampiakselin kuntoon. Kampiakseli on valmistettu eri materiaalista ja kulumisen jäljet saattavat ilmetä eri tavalla.



Kuva 25. Kampiakseli runkolaakerin kohdalta.

4.5 Nokka-akseli laakereineen

Kaikkien moottoreiden nokka-akselin laakeri tarkistettiin myös sylinterien 8 ja 9 kohdalla, mikä oli tarkoituksenmukaista, koska käynnistysilmajakaja sijaitsee samassa yhteydessä, jolloin myös se voitiin tarkistaa. Laakereiden kunto todettiin hyväksi. Asiakkaan päätöksellä yhtäkään nokka-akselin laakeria ei vaihdettu.



Kuva 26. Nokka-akselin laakeri.

4.6 Välihammaspyörä

Nokka-akselia pyörittävä hammaspyörästä tarkastettiin 9-sylinterisestä DG2:sta. Välihammaspyörä irrotettiin akseleineen ja se todettiin visuaalisessa tarkastuksessa hyväkuntoiseksi. Laakeri vaihdettiin uuteen, koska DG3:ssa oli aiemmin todettu vaurio välihammaspyörän laakerissa.



Kuva 27. Välihammaspyörä irrotettuna.

4.7 Joustava kytkin ja sen kunnan määrittely

Aluksen kaikki W38-moottorit on liitetty kiinteästi joustavalla kytkimellä generaattoreihinsa. Kytkimen materiaali on kumia, jonka elastisuus on määriteltä Shore hardness - asteikolla luvuksi 60, joka on keskiarvoa hieman jäykempi.

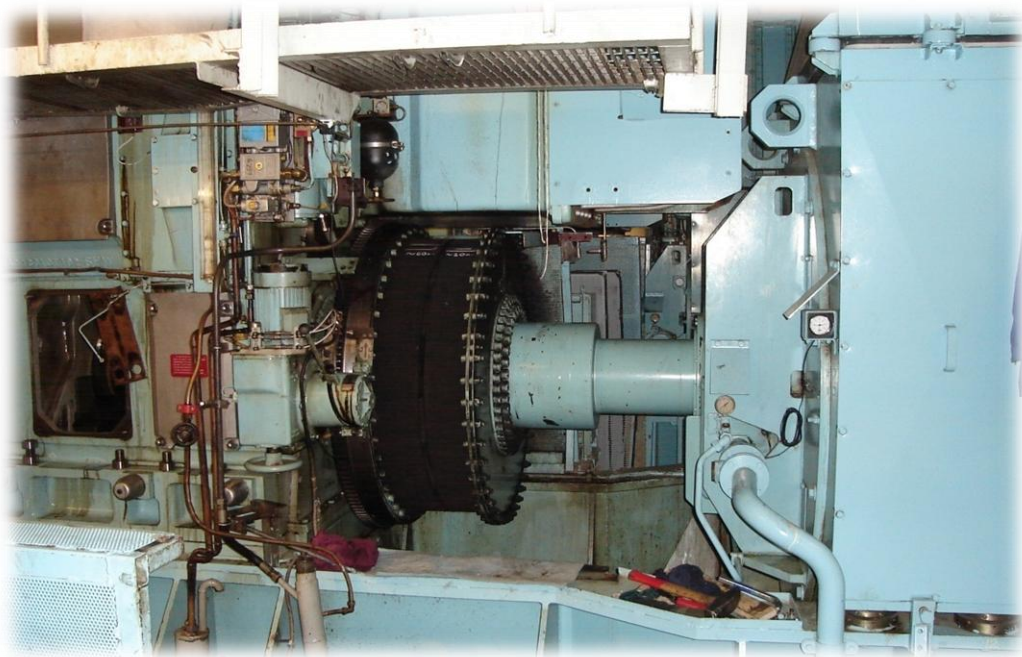
Kytkimen valmistaja on Centax ja mallimerkintä on CX-88GFS2, mikä tarkoittaa, että kytkin on kaksiosainen, eli se on toisesta päästä, tässä tapauksessa vauhtipyörästä, kiinnitetty kumiosan kiinnitysosaan ja toisesta päästä akselille. Kytkimen yksittäinen ympyränmuotoinen kumiosa valmistetaan kolmesta kumisesta sektoripalasta, joiden saumoja käytetään kytkimen kunnanvalvonnassa. Kumpaankin kumiosaan on kiinnitetty metalliset lieriön muotoiset osat itse kytkimen kokonaisuuden molempiin päihin, joihin vetävä ja vedettävä laite kiinnitetään.

Kytkimen perustietoja:

| | |
|----------------------------|------------|
| Nimellisvääntö: | 130 kNm |
| Suurin vääntö: | 375 kNm |
| Suurin nopeus: | 1040 r/min |
| Dynaaminen vääntöjäykkyys: | |
| 450 kNm/rad Energiahäviö | 3,4 kW |

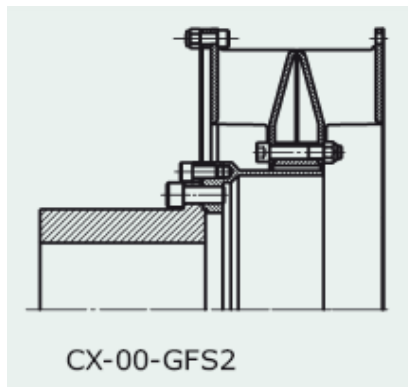
Kytkimen rakenne

Joustava kytkin koostuu kahdesta kumielementistä, jotka taas koostuvat kolmesta samankokoisesta sektoripalasta. Yhdistettynä sektoripalat muodostavat kumisen renkaan. Kaksi kumirengasta on kiinnitetty toisiinsa kytkimen keskiosasta liitoskappaleella. Kytkimen molemmissa päissä on metalliset kiinnitysosat. Kumiosa on valettu kiinni metalliseen kiinnitysosaan. Toinen näistä osista kiinnitetään moottorin vauhtipyörälle ja toinen vedettävän laitteen, tämän opinnäytetyön tapauksessa generaattorin vetoakselille. Kiinnitys moottorin vauhtipyörään ja generaattorin akselille tapahtuu kuusiokoloruuveilla, jotka kiristetään jaksoittain tiettyyn momenttiin. (Kuva 29.)



Kuva 28. Kytin yhdistää dieselmoottorin ja generaattorin

GENERAATTORI



MOOTTORI

Kuva 29. Havainnekuva kytkimen rakenteesta.



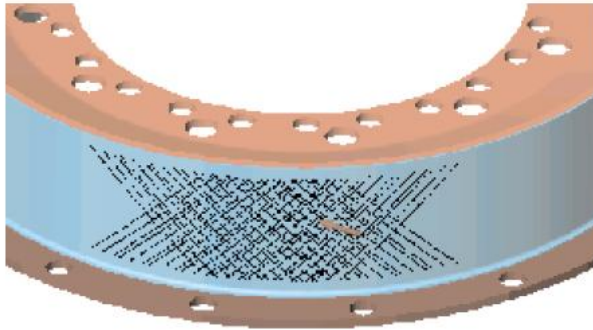
Kuva 30. Yksittäisen kumielementin rakenne.

Kunnon määrittäminen

Pinta

Pinnanlaatu nähdään silmämääräisesti tarkasteltaessa timantinmuotoisina säröinä kumielementin pinnassa. Pintaa heikentäviä tekijöitä ovat lähinnä otsoni, korkeat ilman lämpötilat sekä muut ilman epäpuhtaudet konetiloissa, kuten öljy, rikki ja hiili.

Pinnanlaadun tutkiminen on tärkeää. Joustavan kytkimen tärkein ominaisuus on elastisuus. Tämän elastisuuden määrittää kumielementin kunto, toisin sanoen kumielementin eheys. Pinnanlaadun heikkenemisessä pinnalta poistuu materiaalia. Jos ajatellaan kumielementtiä rakenteellisesti, on ulkopinta suurin joustava alue koko kumielementissä. Jos pinnalta poistuu esimerkiksi noin 1 mm:n kerros materiaalia, poistuu siitä myös elastisia ominaisuuksia. Ulkokehältä rappeutuessaan materiaalin pilaantuminen suhteessa koko materiaalitilavuuteen voi olla yllättävänkin suurta.

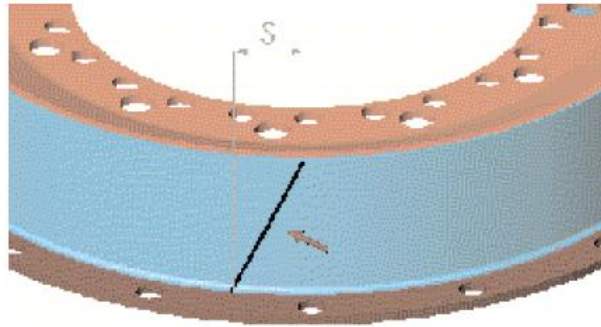


Kuva 31. Pinnanlaadun tutkiminen (10).

S-mitta

Kumielementtien sektoripalojen saumojen muodonmuutosta kutsutaan S-mitaksi. Kytkimen kumin ollessa uusi kumiosien liitossaumat ovat suoria kytkimen akseliin nähden. Kytkimen jostaessa sauma venyy vastapäiseen suuntaan kuin moottorin pyörimissuunta, siis kytkimen kuormituksen suuntaisesti. Käyttötuntien edetessä

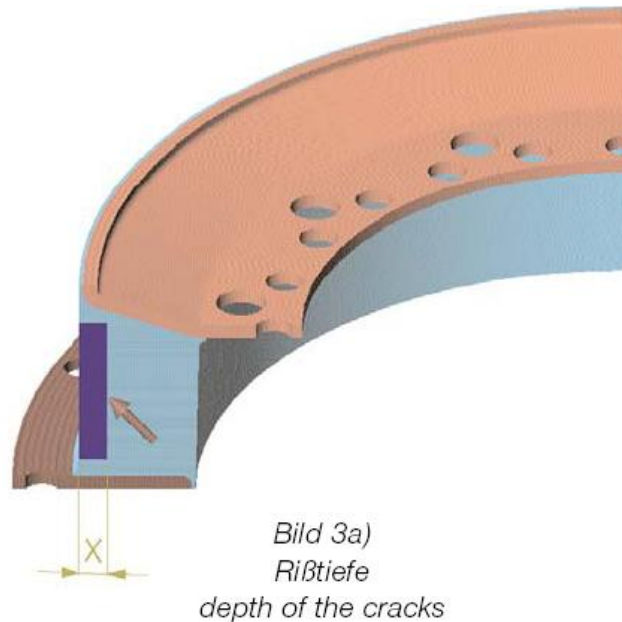
kumiosan muodonmuutos jää pysyväksi ja lisääntyy ajan myötä. S-mitta ei saa olla suurempi kuin 109 mm Centax-88-mallin kytkimessä. Mikäli mitta ylittyy, suosittelee valmistaja koko kytkimen tai sen kumielementtien vaihtoa uuteen (10).



Kuva 32. S-mitta (10).

X-mitta

Käyttötuntien edetessä kytkimen kumielementeissä ilmenee säröjä. Kumiin ilmestyy halkeamia, joiden syvyyden arvo on X-mitta. Tämän mitan suurin arvo on 11,5 mm Centax-88-mallin kytkimessä. Mittaamiseen käytetään yleisesti sopivaa työntömittaa.



Kuva 33. X-mitta (10).

Nämä edellä esitetyt kunnonmäärittävät ovat aluksen miehistölle helpoimmat tavat määrittää joustavan kytkimen kuntoa. Wärtsilä ohjeistaa myös tekemään 8000 tunnin välein kytkimelle mittauksen, jossa sen mahdollisia muodonmuutoksia tarkkaillaan pyörittämällä kampiakselia ja kytkintä hitaasti samalla mitaten sen asettumista heittokellolla. (10.) (Liite 2.)

4.8 Tärinävaimennin ja sen toimintaperiaate

9-sylinteriset moottorit on varustettu dynaamisten ominaisuuksiensa vuoksi tärinävaimentimilla. Vaimentimen toiminta perustuu kykyyn vaimentaa kampiakselille palotapahtuman seurauksena tulevia voimia, jotka toisin sanoen vääntävät kampiakselia. Kyse ei siis ole aksiaalisesta tai radiaalisesta vaan vääntövärähtelystä. Voimien vaimennus tapahtuu viskoosinesteen avulla; tietyn viskositeetin omaava geelimäinen neste on ison sylinterin sisällä, joka on kiinnitetty vauhtipyörän tavoin kampiakselille. vääntövoimat siirtyvät nesteeseen ja saavat sen lämpötilan nousemaan sen absorboidessa värähtelyä. Lämpö siirtyy säteilemällä ja osaksi siirtymällä värinävaimentimen pinnasta ulos. Näin vääntövärähtely muuttuu lämmöksi.

Värinävaimentimen kunnon seuranta tapahtuu viskoosinesteen analyysillä. Värinävaimentimesta otetaan määräajoin näyte, joka voidaan analysoida värinsä puolesta heti; hyvässä kunnossa oleva neste on kirkasta, huonontunut kellertävää tai tummaa. Tarkemmissa laboratorioanalyysissä voi myös paljastua huonolaatuisesta tai kauan käytetystä nesteestä metallipartikkeleja.

Tärinävaimentimen huolto

M/T Temperan DG2:n tärinävaimennin vaihdettiin kokonaan uuteen 24 000 tunnin huollon yhteydessä. Päätös perustui viskoosinesteen analysointiin.

Moottorin vapaa pää puretaan lähes kokonaan, jotta vaimennin saadaan ulos. Se on kiinnitetty samalla periaatteella kampiakselille kuin vauhtipyörä. Tärinävaimennin on omassa kammiossaan koneen päässä. Vaimentimeen on myös mahdollista vaihtaa vaimennusneste, mutta se on toimenpiteenä suhteellisen työläs. Lähes tulkoon samalla vaivalla vaihdetaan koko komponentti.



Kuva 34. Tärinänvaimennin näkyvillä moottorin päässä.

5 PÄÄTELMÄT JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

Tähän viimeiseen lukuun on sisällytetty itse huolto-ohjelman analysointi. Siinä selvitetään huolto-ohjelmasta saatua kokonaisvaikutelmaa toteutumisen ja onnistuneisuuden kannalta.

Aiheena huolto-ohjelman analysointi ei ole helppo mutta sitäkin mielenkiintoisempi. Ongelmaksi muodostuu helposti aihealueen laajeneminen, mikä on teknisen kirjoittamisen ongelmia muutoinkin. Analysointityön aikana ilmeni lukuisia sivuaiheita, joita ei ole tarkoituksenmukaista liittää opinnäytetyön yhteyteen. Lisätutkimuksen aiheita esitellään lyhyesti seuraavassa luvussa.

5.1 Järjestelmä kokonaisuutena

Ennakoivan huollon periaatteisiin kuuluu huoltoajankohtien joustava sijoittaminen asiakkaan toiveiden mukaan. M/T Temperan tapauksessa neljän W38-moottorin suhteen nämä periaatteet toteutuvat helposti. Esiin tulleet eri komponentteihin liittyvät huomionarvoiset asiat, joita tässä luvussa esitetään, eivät sinällään ole

yksikään niin kriittisiä, että niillä olisi vaikutusta huollon käyttötuntimäärällisiin ajankohtiin, eikä siten, että ne antaisivat aiheutta huollon ohjeistuksen dramaattiseen muuttamiseen. Näiltä osin voidaan siis huolto-ohjelman todeta olevan onnistunut.

5.1.1 9-sylinterisen moottorin kiertokangen alapään laakeri

Tärkein havainto huoltojen aikana oli molemmissa 9-sylinterisissä moottoreissa ilmennyt kiertokangen alapään laakerin kuluminen. Kyseessä oli kavitaatiojälki. Tämä johtuu mahdollisesti kiertokankien laakereiden voiteluöljyn jakelun ratkaisusta moottorissa. Molemmissa moottoreissa kavitaatiojälki oli 1. sylinterin laakerissa. Moottorin voiteluöljykanava on ratkaistu siten, että 1. kiertokangen laakeri on etäisimpänä voiteluöljypumpulta. Tämä on saattanut aika ajoin johtaa, etenkin pitkän voiteluöljyn kierron seisauttamisen jälkeen siihen, että pitkään voiteluöljykanavaan on kondensoitunut vettä, joka on ajautunut voiteluöljyn mukana laakerille. Tällaisia voiteluöljyn kierron pysäyttämisen tilanteita, jotka kestävät kauan, on erittäin harvoin, eikä syytä ole helppo selvittää tämän opinnäytetyön puitteissa.

Huolto-ohjelman analysoinnin kannalta kyseinen ongelma liittyy asiaan elinikäodotteen puolesta. Tässä tapauksessa on kyse marginaalisesta viasta, jota ei sinänsä ole todennettu millään tavoin ns. tyyppiviaksi. Päätellen laakerin vastakkaisesta pinnasta, eli kampiakselista, jonka pinnassa ei ollut havaittavissa dramaattista kulumista, ei tästä kavitaatiosta ole ollut haittaa moottorin toiminnan kannalta. Käytön aikana ei myöskään ole ilmennyt ongelmia aluksen moottoreissa kampikammioiden suhteen. Vastaavanlainen laakeriongelma pahempana saattaa aiheuttaa kiinnileikkautumisen ja sen seurauksena kampiakammioräjähdyksen pahimmassa tapauksessa. Tilannetta ennakoi öljysumun muodostuminen kampikammioon. Toisaalta kampiakseli on täysin erilaista materiaalia, kuin laakeri, joka on tarkoitettu kulumaan ja on muutoinkin helpommin vaihdettava osa. Sikäli on vaikea verrata suoraan laakerin jälkeä ja kampiakselin vastaavaa kohtaa. On muistettava, että kestävämmässä materiaalissa pienikin jälki saattaa olla merkki suhteellisen suuresta rasituksesta.

Kiertokangen alapäänlaakereissa ei ole lämpötila-antureita, jotka ovat uutta markkinoilla. Tämä laite korvaa kampiakammion öljysumuanturin ja on hyväksytty

väline useimpien luokituslaitosten puolesta. Öljysumanturi tunnetusti hälyttäessään kertoo hetken, jolloin vika, ja mahdolliset komponenttien tuhoutumiset ovat tapahtuneet. Mikäli öljysumu anturi on toiminut oikein ja hälyttänyt, on todennäköistä, että on tapahtunut tai tapahtumassa kampikammioräjähdyks.

9-sylinteristen W38-moottoreiden suhteen on suositeltavaa kiinnittää huomiota 1.sylinterin kiertokangen alapään laakerin kuntoon aina huollon yhteydessä, sekä suositeltavaa olisi varustaa moottorit kiertokangen alapään laakereiden lämpötilantureilla. Näin luodaan luotettava keino seurata yhtä moottorin mahdollista ongelmatilanteen aiheuttajaa: kiertokankia ja kampiakselia. Myöskin varoitus mahdollisesta öljysumun muodostumisesta tehostuu, kun valvonta kohdistuu itse öljysumun aiheuttajaan. Nämä komponentit ovat nykyaikaisten merimoottorien epäkriittisimpiä, joten suositellut toimenpiteet eivät ole ehdottoman tarpeellisia.

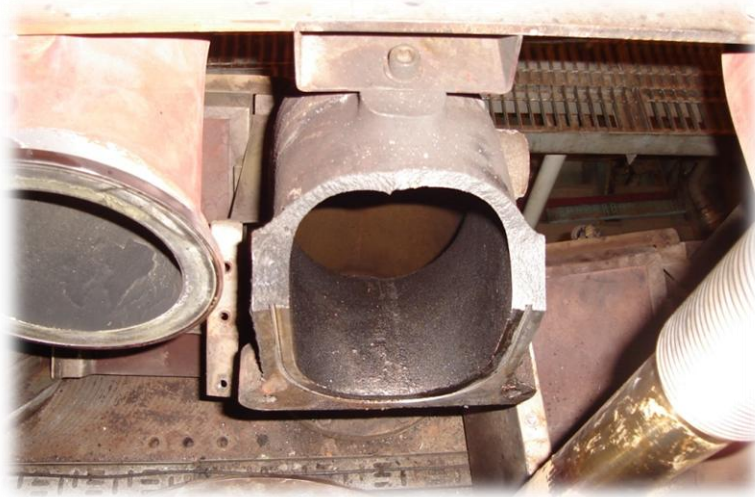
5.1.2 Sylinterikannet

Asiakkaan puolella oli huolenaiheena sylinterikansien huollon taso. Osa aluksen sylinterikansista toimitettiin alukselle moottorivalmistajan huoltopisteestä, johon ne oli toimitettu huoltoon sisaraluksesta. Osa aluksen sylinterikansista huollettiin Wärtsilän Vaasan yksikössä ja asennettiin takaisin ja osa korvattiin aluksen varakansilla.

Huollosta toimituissa sylinterikansissa oli havaittavissa karstaa pakokanavien puolella. Karsta oli tahmeaa, kovaa ja mustaa väriltään. Huollossa sylinterikansi asetetaan pesuainekylpyyn noin vuorokaudeksi. Tässä käsittelyssä yleensä kaikki karsta irtoaa. Jäljelle jäänyt osa on ns. kovaa ainetta, joka irtoaisi lyöntityökaluilla, mutta toimenpide on raju, eikä suositeltava. Sinänsä karstan jäänteet sylinterikansien kanavissa eivät ole vaarallisia, tärkeämpi huomion kohde on mahdolliset eroosiojäljet. Toisaalta eroosion havaitsemista vaikeuttaa pinnalle jäänyt epäpuhtaus.

Suosittelavaa olisi asiakaspalvelun kannalta panostaa sylinterikansien puhdistustöihin ja mahdollisesti kehittää puhdistuksen toimintatapoja. Sylinterikansien imu- ja pakokanavien puhdistaminen käsin esimerkiksi

lyöntityökaluilla on aikaa vievää, työlästä ja riskialtista komponentin kannalta. Siksi olisi järkevää kehittää pesumenetelmiä, esimerkiksi vertailla erilaisten kemiallisten pesuaineiden vaikutuksia, sekä pesuliuksien lämpötilojen ja virtauksien vaikutusta.



Kuva 35. Huuhteluilman yhdysputki.

Erityishuomiota herätti myös DG1:n kohdalla lohjennut yhdysputki huuhteluilmakanavan ja sylinterikannen välillä (Kuva 35). Tällainen lohkeaminen johtuu todennäköisimmin materiaalivirheestä, termisestä rasituksesta tai korroosiosta tai kaikkien näiden syiden yhteisvaikutuksesta. Ilmennyt epäkohta on huomionarvoinen, mutta kaikkien neljän moottorin yhteenlasketun 30 sylinterin lukumäärän suhteen marginaalinen ja mahdollisesti sattumanvarainen vika, koska muissa vastaavissa komponenteissa ei ollut havaittavissa samanlaista lohkeamiseen viittaavaa. Myöskään sisäaruksessa ei ollut tapahtunut vastaavaa. Tässä asiassa suosituksena opinnäytetyön puitteissa on kiinnittää huomiota huuhteluilmakanavan yhdysputkeen ainakin huoltojen yhteydessä. Suosituksena on myös ajoittaiset pistotarkastukset tämän komponentin osalta.

5.1.3 Venttiilit

Moottorin numero 4 imuventtiilin palojälki havaittiin Wärtsilän Vaasan yksikössä sylinterikansien huoltojen yhteydessä. Tällainen palaminen on aiheutunut todennäköisimmin joko venttiilin pyörittäjän toimimattomuudesta tai

huonolaatuisesta huuhteluilmasta. Pyörittäjissä ei havaittu vikaa huoltojen yhteydessä. Huuhteluilman laatu voisi olla syynä tähän mikäli se jatkuu pitkällä aikavälillä. Tempera-aluksella on aiemmin havaittu pakokaasumanifoldissa vuotoja. Tällaisia vuotoja ei aina huomaa, koska moottorin turboahdin imee vuotaneen pakokaasun takaisin moottoriin. Tämä voi olla syynä myös muiden imuventtiilien karstoittumiselle.



Kuva 36. Pakoventtiili Vaasassa.

Venttiileistä nähtävissä oleva karstoittuminen on luonnollista myös ajettaessa moottoria matalalla kuormalla. Pakoventtiilien tumma noki oli helposti puhdistettavaa normaalia tahmeaa kerrostumaa. Imuventtiileissä havaittava valkoinen karstoittuminen johtuu öljyisen palojätteen palamisesta, rikkoontuneesta männänrenkaasta, liian kuluneesta öljyrenkaasta tai venttiiliohjurin öljyvuodosta (11).

5.1.4 Sylinterivuorit ja jäähdytysnestevuodot

Arvioitaessa mahdollisia syy-seurausyhtälöitä jäähdytysnestevuotoihin on olemassa käytännössä kaksi pääasiallista tekijää, jotka vaikuttavat moottorin jäähdytysvesisysteemin tiiviuteen: jäähdytysveden kemikaalipitoisuus eli laatu ja moottorin rakenteelliset tekijät yhdistettyinä sen oikeelliseen käyttöön.

M/T Temperassa käytetään jäähdytysvesikemikaalina Uitorin Dieselguard -kemikaalia. Jäähdytysnesteen kemikaalipitoisuutta ja laatua seurataan Uitorin testijärjestelmällä. Tällöin mitataan veden nitrilipitoisuutta, pH-arvoa ja suolapitoisuutta, toisin sanoen johtavuutta. Testien seurannan mukaan ei jäähdytysnesteen kemikaalipitoisuuksissa ollut mainittavia muutoksia, jotka olisivat saattaneet vaikuttaa moottorin tiiviyyteen heikentävästi. Jäähdytysnesteen kemikaalipitoisuuden laskeminen liian alhaiselle tasolle tunnetusti heikentää jäähdytysjärjestelmän tiiviyyttä, koska se mahdollistaa korroosion esiintymisen systeemissä helpommin. Kemikaalin yksi tärkein tehtävä on poistaa happea nesteestä, joka muutoin on yksi suurin korroosiota aiheuttava tekijä jäähdytysnesteessä.

Testien luotettavuuden kannalta on tärkeää ottaa jäähdytysnestenäyte järkevästä paikasta. Tällainen ei ole paisuntasäiliö, vaan se tulisi ottaa paikasta jossa jäähdytysneste liikkuu paljon, kuten esimerkiksi jäähdytysnesteen pumpuilta ennen moottoria. Tempera -aluksessa toimitaan näin. Väärästä sijainnista otettu näyte vääristää testin tulosta.

Moottorin rakenteelliset ja materiaalitekniset tekijät ovat yhteydessä myös mahdollisesti jäähdytysnestevuotoihin. Sylinterivuorin ja moottorilohkon tiivistyspinnan pinnalaatu, komponenttien aseman muutokset ja terminen rasitus ovat toinen mahdollinen syy vuotoihin. Lämpötilojen muutoksen vaikutus olisi suotavaa tutkia. Vaikka tiivistyspinnat olisivat täydelliset tiiviydeltään vakiolämpötilassa, saattaa niihin vaikuttaa suuret moottorin kuormien muutokset lämpötilojen kautta; tällöin kyseessä voidaan ajatella olevan esimerkiksi pitkään jatkunut alikuormituksen tila, joka muuttuu äkillisesti normaaliin kuormitukseen.

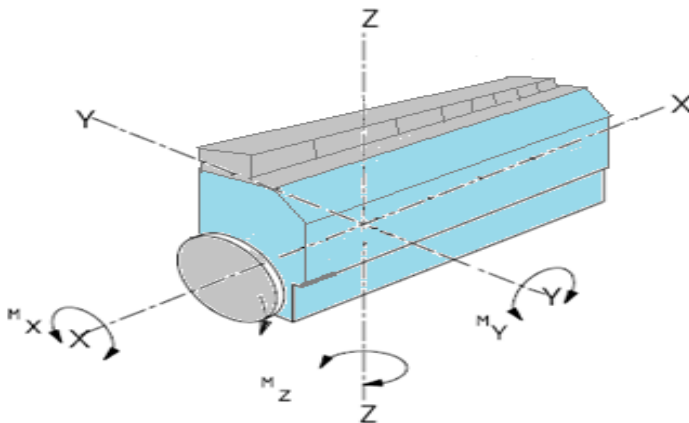
Toinen moottorin lämpötilaan vaikuttava tekijä on jäähdytysneste täytöt ja tyhjennykset. Silloin tällöin erilaisten huoltotöiden vuoksi on jäähdytysnestesysteemiä mahdollisesti tyhjennettävä osaksi tai kokonaan. Silloin moottorin lämpötila laskee ja saattaa aiheuttaa muutoksia komponenttien asemassa. Toinen tilanne on jäähdytysnesteen täyttö. Se olisi suotavaa tehdä aina lämpimällä nesteellä, eikä esimerkiksi aluksen kaksoispohjassa sijaitsevasta kylmästä jäähdytysnestetankista. Tällöin moottorin lämpötila voi laskea entisestään.

Joka tapauksessa, mikäli jäähdytysnestettä on tyhjennetty, riippuen ajasta jolloin systeemistä puuttuu nestettä, on sillä vaikutusta moottorin lämpötiloihin. Lämpö siirtyy aina fysiikan lakien mukaan lämpimästä kylmempään, siksi on suositeltavaa täyttää systeemiä esimerkiksi käyvän moottorin paisuntasäiliöstä. Näin toimien voidaan saavuttaa mahdollisimman pieni komponenttien lämpötiloista aiheutuva aseman muutos toisiinsa nähden ja siten minimoida vuotojen mahdollisuuksia.

5.2 Centax-joustava kytkin

Petiasennus, joustava tai kiinteä, sekä sylinterien lukumäärä ja niiden tilavuus vaikuttavat moottorin dynaamisiin ominaisuuksiin. Tähän lisänä tulee installaatio ja kytkimen tyyppi. Se onko kyseessä irrotettavalla kytkimellä varustettu, kiinteästi petiin asennettu potkuriakselia vetävä moottori vai joustavalla petiasennuksella, kiinteällä joustavalla kytkimellä varustettu generaattoria vetävä moottori, merkitsee tiettyjä installaatiosta johtuvia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat moottorin ja sen pyörittämän laitteen yhdessä muodostaman kokonaisuuden tyypillisiin dynaamisiin piirteisiin.

9-sylinterisen moottorin dynaamiset ominaisuudet ovat yhteydessä joustavan kytkimen toimintaan. 9-sylinterinen moottori on hieman "epävakaampi" verrattuna esimerkiksi parillisen sylinterilukumäärän omaavaan moottoriin pienien epätasapainoisuuksien vuoksi, joita ei voida poistaa kokonaan johtuen siitä tosiasiaista, että kampiakselilla on pariton luku sylintereitä ja vastavoimia ei aina pystytä näin saamaan aikaan.



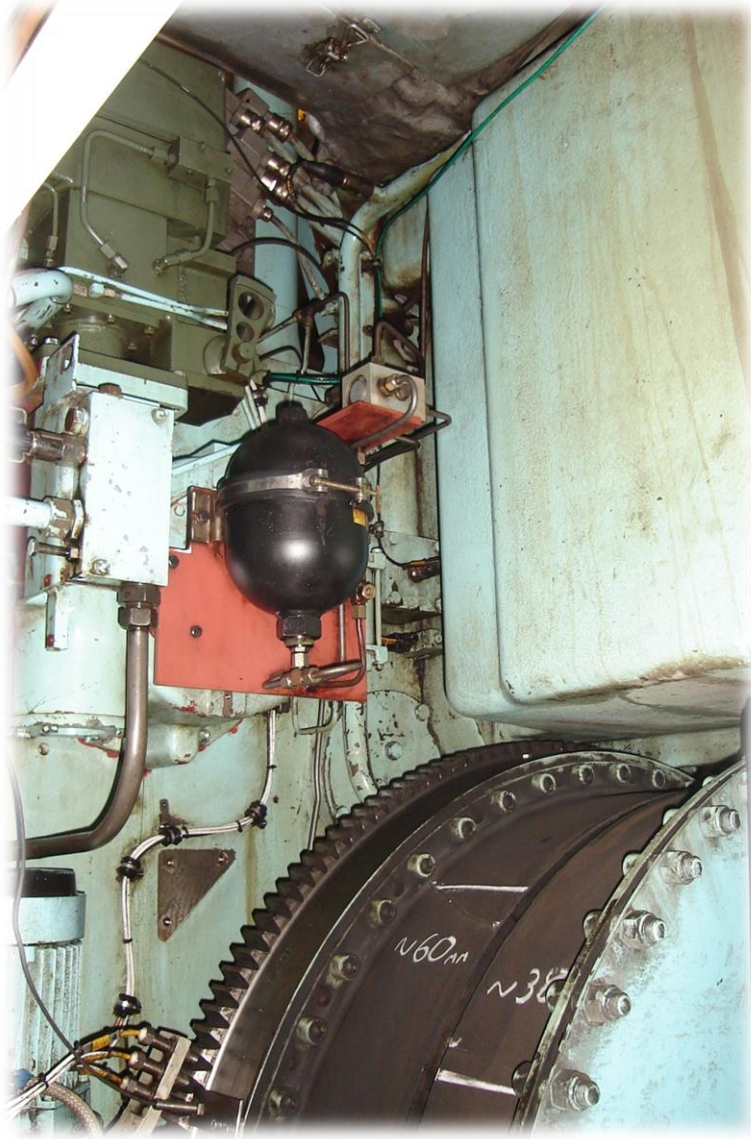
Kuva 37. Havainnekuva voimapareista (12).

Taulukko 3. Ulkoiset voimaparit ja voimat 9-sylinterisessä W38-moottorissa (12).

| ULKOISET VOIMAPARIT | | | | ULKOISET VOIMAT |
|---------------------|------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| MOOTTORI | NOPEUS RPM | M_y [kNm] / taajuus [Hz] | M_z [kNm] / taajuus [Hz] | F_{yz} [kN] / taajuus [Hz] |
| 9L38B | 600 | 10.06.77 | 20.05.43 | 10.09.73 |

Siksi verrattaessa kytkinten kuntoa aluksen 6- ja 9-sylinteristen moottoreiden välillä, voidaan todeta kytkimien s-mittojen välillä suhteellisen suuria eroja, vaikkakin käyttötuntimäärät ovat lähes samaa suuruusluokkaa. Kun 9-sylinteristen moottorien kytkimien s-mitta oli molemmissa tapauksissa kummastakin kumielementistä mitattuna ja yhteenlaskettuna non 98 mm, oli se 6-sylinteristen moottoreiden tapauksissa noin 60 mm. Ulkoisessa kytkimien kunnan tutkimisessa keskityttiin myös kytkimen pinnan kulumisen arviointiin. Kumielementin pinta oli jokaisessa neljässä tapauksessa hieman karstoittunut. Kytkimet sijaitsevat kytkinvalmistajan suositusten vastaisesti liian kuumassa ja likaisessa ympäristössä. Myöskin sijainnin vuoksi kytkimet altistuvat öljyisen ilman vaikutuksille. (Kuva 38)

Lisäksi huollossa vaihdon yhteydessä 9-sylinterisen moottorin yhdessä kytkimessä havaittiin kumielementissä sisäpuolella halkeama, joka jatkui katkeilevana koko sisäkehän ympäri. Tästä halkeamasta mitattu x-mitta ylitti valmistajan antaman raja-arvon, joten kulumisrajan voidaan olettaa ylittyneen. Toisaalta halkeama oli kumielementin sisäpuolella, kun taas kytkimen valmistajan mittausohjeiden mukaan x-mitta otetaan ulkokehältä (10)(Liite 3.). Yhdessäkään aluksen joustavissa kytkimissä ei ollut halkeamia kytkinten ulkokehällä, mikä on hieman hämmentävää kunnan määrityksen kannalta. Tähän liittyen suosituksena on pyytää selvennystä asiaa kytkinvalmistajalta.



Kuva 38. Kytkimen sijainti.

Molempien 9-sylinteristen moottoreiden joustavat kytkimet vaihdettiin uusiin. Molemmissa tapauksissa oli generaattorin D-laakeri (vetolaitteen puoleinen) vioittunut ja se jouduttiin vaihtamaan uuteen.

Joustavan kytkimen osalta opinnäytetyössä suositellaan käytettäväksi kytkinvalmistajan suosittelemaa kumielementin pinnansuojausainetta joka levitetään kumin pintaan. Se suojaa pintaa kulumiselta ja estää sijainnista johtuvaa epäsuotuisien aineiden joutumista kumielementin pinnalle.

Koska kytkinvalmistajan 40 000 käyttötunnin vaihtoväliä ei 9-sylinteristen

moottoreiden kohdalla todettu asiakkaan puolelta järkeväksi vaan päädyttiin kytkinten vaihtoon, on suositeltavaa tutkia mahdollisuuksia löytää jokin sopivampi kytkinmalli käyttökohteeseen. Kyseisten huollettujen moottorien käyttötunnit olivat vaihdon ajankohdassa vain 20 525 ja 20 293 tuntia.

Kytkimen kuluminen on ensisijaisesti kumielementtien elastisten ominaisuuksien heikkenemistä, mitä x-mitta osaltaan indikoi. 9-sylinteristen moottoreiden tapauksissa ylittynyt x-mitta saatiin kumielementin sisäkehältä, joten sikäli on vaikea tarkasti päätellä onko kulumisraja ylittynyt. Toisaalta on ilmiselvää, että tällainen halkeilu heikentää kytkimen elastisia ominaisuuksia oleellisesti. Asia ei näin ollen voi olla täysin merkityksetön.

Valmistajan antamat käyttölämpötilan ja sijainnin suositukset eivät toisaalta ole realistisesti mahdollisia toteuttaa kyseisessä kohteessa täydellisesti, joten siksikin paremman kytkinvaihtoehdon etsiminen olisi suositeltavaa, jolloin otettaisiin myös uudestaan huomioon kytkimen käytön ja sijainnin asettamat vaatimukset.

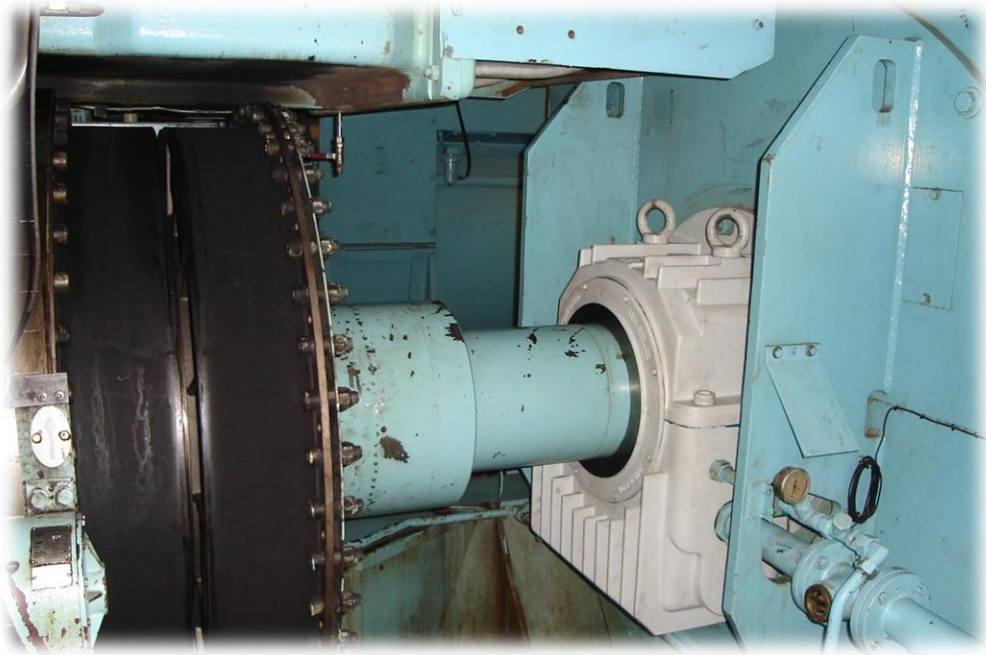
Myöskin moottorivalmistajan ohjeistus mittausraportteineen (10)(Liite 3) kytkintä varten on jokseenkin kyseenalainen. Mittaus tapahtuu vertaamalla kytkimen kehän asemaa kytkimen keskilinjan suhteen. Tämän kaltainen kytkin on suunniteltu toimimaan optimaalisesti sen pyöriessä, tässä tapauksessa noin 600 kierrosta minuutissa. Mittaus seisovasta kytkimestä sen eri asennoissa konetta pyörittämällä pyörityskonetta käyttäen, ei vastaa kytkimen toimintatilaa kovinkaan paljon. Kytkimestä on havaittavissa muodonmuutos sen pyöriessä normaalissa käyntitilassa verrattuna muotoon, jossa se on ollessaan seisovassa tilassa. Tätä mittausmenetelmää käytettäessä päädytäänkin yleisesti hyvin erilaisiin tuloksiin samassa kohteessa eri mittaustapahtumien kesken.



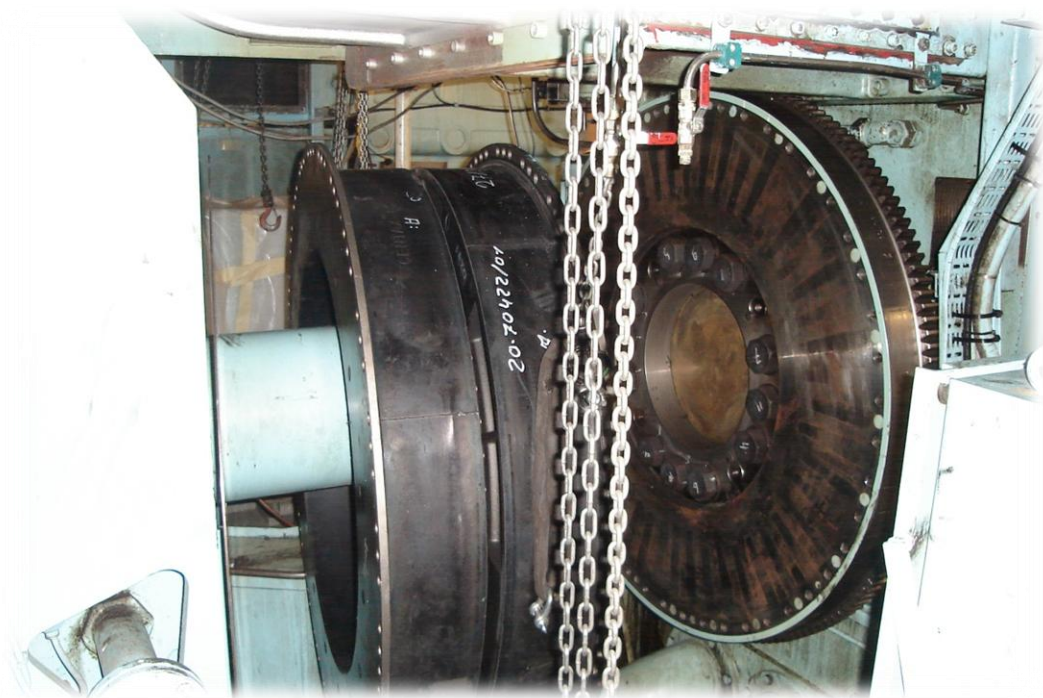
Kuva 39. Käytetty joustavakytkin



Kuva 40. Halkeama kytkimen sisäkehällä.



Kuva 41. Uusi D-laakeri generaattorissa.



Kuva 42. Uuden kytkimen asennusta.

5.3 Käyttöikä ja huoltovälit

Huollosta ja käytöstä saatujen kokemusten perusteella Wärtsilän 38-moottoreiden huolto-ohjelma on kokonaisuudessaan onnistunut. Komponenttien tarkastelussa ei ollut kaiken kaikkiaan havaittavissa aihetta muuttaa ohjeita huolto-ohjelman tuntimäärien tai komponenttien käyttöiän osalta. Tässä tapauksessa ottaen huomioon moottoreiden yleisen kuormitusalueen (5) sekä huolloista ja käytöstä saadut kokemukset voidaan todeta käyttötuntimääräisten huoltojen olevan aavistuksen joustavia, eli huoltoa voidaan lykätä tai vaihtoehtoisesti aikaistaa. Toisaalta sellaisia eroja huoltojen käyttötuntimäärissä ei saavuteta, kuin jos vertaillaan moottoreita, jotka ovat diesel- tai raskasöljykäyttöisiä. Asia on lisäselvityksen arvoinen. Huollosta ja käytöstä saatujen kokemusten perustella noin 2000 käyttötunnin ylitys huolto-ohjelman suosittelemiin ajankohtiin M/T Tempera -aluksessa ei olisi vielä liian suuri ylitys, mutta tämän hetkiseen kokemukseen pohjautuen ehdoton suurin mahdollinen arvo, kunnes asiasta on enemmän olemassa kokemusta.

Poikkeuksena edelliseen mainittakoon Centax-joustavan kytkimen ominaispiirteet 9-sylinteriseen moottoriin yhdistettynä, jossa vaihtoväliä ei saavutettu, vaan kytkin vaihdettiin noin puolessavälissä valmistajan käyttöikäarviota. Toisaalta kytkimen soveltuvuus kohteeseen on lisätutkimusten puutteessa epävarmaa.

Joka tapauksessa ennakoivan huollon joustavuus näkyy M/T Temperan tapauksessa selkeästi. Käyttötuntimäärän kannalta tärkeimmät komponentit, kuten laakerit, männät ja sylinterikannet osineen, eivät olleet huolloista saatujen kokemusten mukaan liian kuluneita. Siten ohjeellisten huollon käyttötuntimäärien ylittyminen ei välttämättä aiheuta ongelmaa komponenttien suhteen. Näin voidaan todeta siis ennakoivan huollon peruseräiteiden toteutuneen osaltaan täydellisesti.

5.4 Suoritusarvot

Oleellinen osa huollon analysointia on arvioida huollon vaikutusta; tutkitaan moottorin suoritusarvoja ennen huoltoa ja huollon jälkeen. Apuna tässä on Premetestitulokset. (Liite 1.) Vertailtaessa ennen ja jälkeen huollon teytyjä

huippupainemittauksia voidaan todeta sylinteripaineiden pysyneen suhteellisen samoissa suuruusluokissa. Tämä saattaa johtua ensisijaisesti sylinterivuorin tiiviyyden säilymisestä hoonauksen ja männänrenkaiden vaihdon käytäntöjen seurauksena, mikä luonnollisesti vähentää läpivirtausta eli palotapahtuman aikaista paineen pakenemista kampikammion puolelle, jolloin myös osa polttoaineesta ja palotapahtuman jätteistä joutuu yhteyteen voiteluöljyn kanssa, mikä ei ole ihanteellista moottorin toiminnan kannalta. (Liitteet 2., 4. ja 5).

5.5 Vuorovaikutus palveluntarjoajan ja asiakkaan kesken

Kommunikointi Wärtsilän, Tempera -aluksen ja Neste Oil -varustamon välillä toimi kohtuullisesti. Erityisesti huomioitavaa on se, että tietoa sai suhteellisen helposti Wärtsilän tekniseltä puolelta, myöskin tämän opinnäytetyön osalta. Tarpeellista olisi kehittää järjestelmä tehokkaampaan kokemuksen jakamiseen. Tällainen voisi olla esimerkiksi eräänlainen vikaantumiskysely tai muuton kommunikoinnin kehittäminen entistä tehokkaammaksi asiakkaan ja teknisen palvelun välillä. Käyttäjät saavat ensiluokkaisia kokemuksia moottoreiden käytöstä. Tämä kokemus voisi hyödyttää entistä paremmin moottorin valmistajaa, jos keskustelua voitaisiin käydä tehokkaammin ja välittömämmin. Usein käytöstä kertyneet kokemukset ja mielipiteet saattavat jäädä konehuone puheiden tasolle tai korkeintaan mielipiteiden vaihdoksi aluksen miehistön ja moottorivalmistajan huoltoryhmän välillä. Silloin tällöin olisi suositeltavaa, että asiakkaalta kysyttäisiin konkreettisesti, mitä mieltä hän on tuotteesta, miten se hänen nähdäkseen toimii ja voisiko sitä kehittää. Tämä asia on myös yksi opinnäytetyön lisätutkimusaihe-ehdotuksista.

6 LISÄTUTKIMUKSEN AIHEITA

Tässä luvussa käsitellään jatkotutkimuksen aiheita ja esitetään pohjustuksia mahdollisesti toteutuville tutkimuksille. Aiheet tulivat esiin työn edetessä eri vaiheissa ja liittyvän siihen syventäen aihetta.

Dynaamiset voimat 9-sylinterisessä moottorissa

Joustavan kytkimen toiminta ja 9-sylinterisen moottorin petiasennus sekä näiden

yhteisvaikutus toimintaan laitekokonaisuutta ajatellen olivat oleellisesti esillä koko opinnäytetyön tekemisen ajan. Tästä aiheesta ei erityisemmin ole olemassa käytännössä mitattua ja tutkittua tietoa, lukuun ottamatta Wärtsilän aluksella suorittamia värinämittauksia

Dynaamiset voimat joustavassa kytkimessä

Edelliseen aiheeseen liittyen olisi myös mielenkiintoista tutkia joustavan kytkimen vaikutusta moottorin ja generaattorin muodostamaan kokonaisuuteen ja sen ominaisuuksiin. Tämä tutkimus olisi ns. kytkinlähtöinen ajattelumalli.

Joustavan kytkimen valinta laskennallisesti

Tämäkin aihe liittyy laitekokonaisuuden värähtelyyn. Tutkimuksen tarkoitus olisi selvittää mahdollisia kytkinvaihtoehtoja tämän hetkisten kytkinten tilalle aluksen dieselgeneraattoreihin.

Pakokaasukarstan poisto komponenteista liuotusmenetelmillä

Osissa sylinterikansien huolloista havaittiin tämän opinnäytetyön osalta ongelmalliseksi poistaa kaikkea karstaa pako- ja imukanavista. Tämän vuoksi olisi hyödyllistä selvittää ja kehitellä tehokkaampia koneosien liuotus- tai jonkin muunlaisia puhdistusmenetelmiä.

Asiakaspalvelunäkökohdat huoltojen yhteydessä

Yleisesti kaikkien tämän päivän suurimpien moottorivalmistajien huolto- ja asiakaspalvelu toimii erinomaisesti, sillä onhan kyseessä asiakkaan kannalta suuri sijoitus, puhumattakaan moottorin valmistajan eduista. Siltikin aluksilla puhutaan miehistön kesken paljon moottoreiden toiminnan ja käytön erilaisista piirteistä, mikä ei välttämättä kantaudu ikinä moottorivalmistajien tietoon. Tämän vuoksi olisikin hyödyllistä tutkia ja kehitellä nykyistäkin tehokkaampia kommunikointitapoja moottorivalmistajan ja asiakkaan välillä. Mm. jonkinlainen vikaantumiskysely saattaisi tulla kyseeseen tässä tapauksessa.

Liukulaakerin eliniän materiaali- ja laskennallistekniset määrittäysperusteet

Yksi tämän opinnäytetyön kulminoitumiskohdista oli kulumisrajat. Niiden määrittämisen syvällisemmät perustelut jäivät kuitenkin vähemmälle huomiolle. Esimerkiksi materiaalitekniseltä näkökannalta olisi hyödyllistä ja mielenkiintoista selvittää, mihin kulumisrajat todellisuudessa perustuvat.

7 LOPPUYHTEENVETO

7.1 Lähtöasetelmat tutkimukseen

Käytyäni keskusteluja useamman merenkulun piirissä toimivan teknisen palveluntarjoajan kesken, sain aihe-ehdotuksen ja hankkeistamissopimuksen tätä opinnäytetyötä varten. Työskentelin M/T Tempera -aluksessa, jonka määräaikaishuollot pääkoneiden osalta olivat alkamassa. Tämä tarjosi hyvän mahdollisuuden tutkia huolto-ohjelmaa ja osallistua huoltotöihin ja samalla tehdä empiirisiä tutkimuksia. Olisi tietysti ollut suhteellisen helppoa tutkia itse moottoreiden kuntoa. Silloin olisi täytynyt vain kerätä huolloista saadut tiedot ja kommentoida mahdollisia vikaantumisia ja poikkeamia komponenttien kunnossa. Oli paljon mielenkiintoisempaa tutkia suurempaa kokonaisuutta: huolto-ohjelmaa, jonka tutkimukset lähtivät etenemään työnimikkeellä: huolto-ohjelman analysointi.

7.2 Tiedonhankinta ja työskentely

Tiedonhankinta perustui ensisijaisesti huolloista saatuihin huoltoraportteihin ja niiden tietoihin. Koska moottorivalmistajien palveluksessa ei juuri ole henkilöstöä palvelemaan opinnäytetyöntekijöitä, kesti joskus raporttien saaminen käyttöön hieman liian kauan hidastaen tutkimusten edistymistä. Muutoin itse huoltotapahtumissa mukana olleena tekijä sai ensiarvoisia tietoja huoltoon liittyvistä asioista, mutta suuri osa tiedoista oli suhteellisen käyttökelvotonta tämän opinnäytetyön suhteen. Osa saaduista tiedoista oli vaikea todentaa mistään lähteestä, vaikkakin julkaistu materiaali on tarjonnut suuren avun tämän opinnäytetyön tekemisessä. Kaikkein käytyyn keskusteluun ja tiedonsaantiin täytyi

tällaisessa yhteydessä sisällyttää eräänlainen peruskriittisyys.

Kirjallisuutta, joka liittyisi suoraan huollonohjaukseen tai vastaaviin aiheisiin merenkulkualaani liittyen on myös saatavissa harmillisen vähän. Suurin osa julkaistuista teoksista käsittelee merimoottoreita yleisellä tasolla ja hyvin kokonaisvaltaisesti, ehkä korkeintaan sivuten tämän opinnäytetyön aihetta. Toisaalta opinnäytetyön yksi tarkoitus on kartoittaa tätä aihetta ja siinä se onnistuu kohtalaisen hyvin.

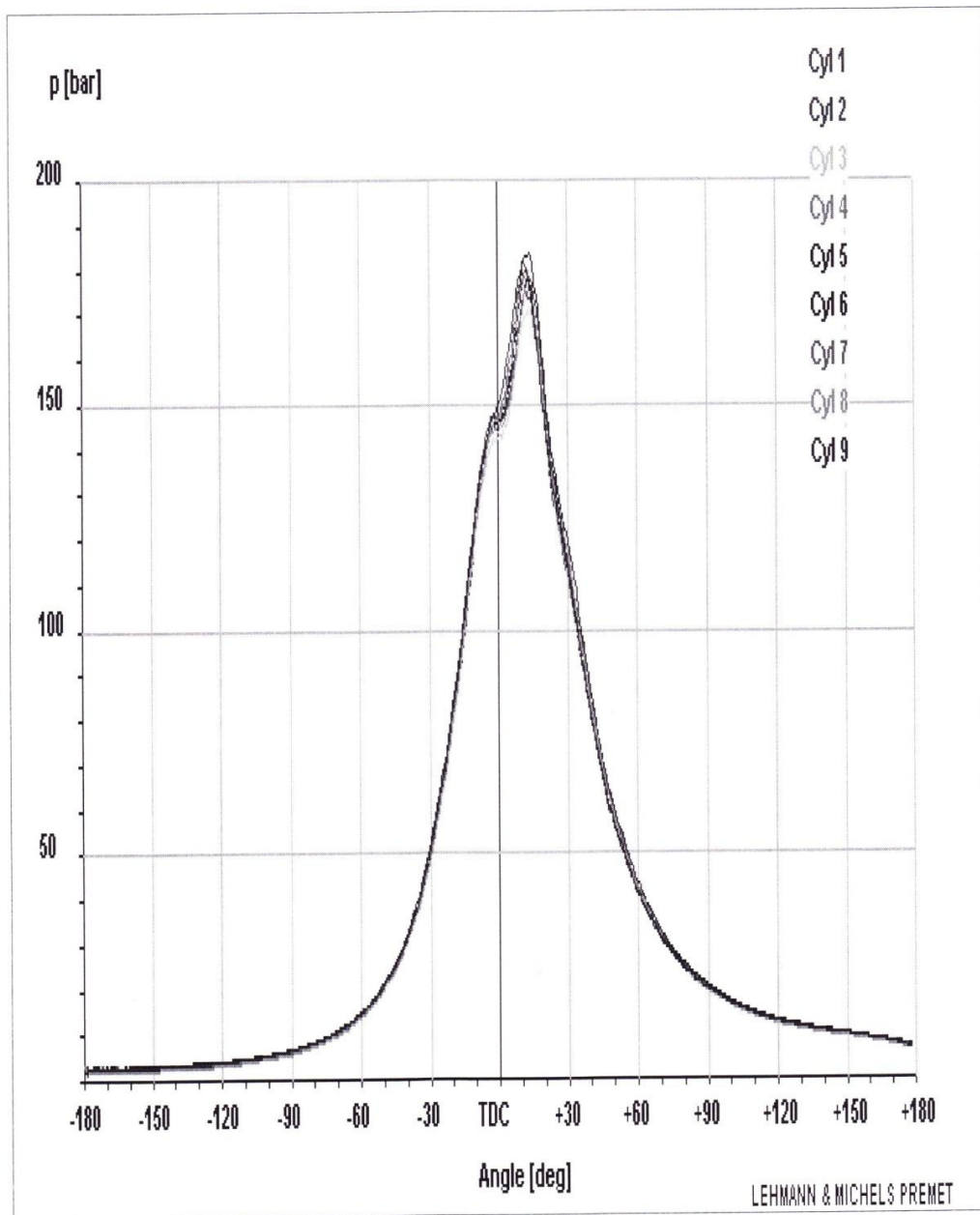
7.3 Opinnäytetyön tavoitteiden täytyminen

Huomioon ottaen lähtökohdat tämän aihepiirin opinnäytetyön tekemiselle katson onnistuneeni tavoitteissani kohtuullisen hyvin. Palatakseni perustavoitteeseeni, mikä oli tehdä opinnäytetyö, josta on todellista hyötyä elinkeinoelämälle, todettakoon aiheen hetkittäisen ongelmallisuuden verottaneen sisältöä. Sisältö voisi olla monin verroin laajempi. Tällöin toisaalta sisältö olisi mahdollisesti kärsinyt selkeytensä puolesta. Tietyissä mielessä sisältö voisi olla laajempi, mutta siihen täytyisi perehtyä päätoimisesti ja mahdollisesti useampien vuosien ajan ja tuloksena saattaisi olla jotain täysin muuta, kuin ammattikorkeakoulutason opinnäytetyö. Perehtyessäni opinnäytetyön ns. kasaamiseen, huomasin keränneeni useita itseäni kiinnostaneita jatkotutkimuksen aiheita. Nämä aiheet tulivat osin vääristä tutkimuksen suunnista, jotka karsin pois myöhemmin valmistuneesta versiosta epäolennaisuutena. Osa lisätutkimuksen aiheista syntyi harhaudduttuani opinnäytetyön osalta sivuraiteille. Lopulta huomasin keränneeni tärkeitä aiheita, joista en kovinkaan helposti löytänyt itse tietoutta. Aiheita joista varmasti voisi löytyä paljonkin materiaalia, mutta joka on hajallaan eri tekniikan alueella ja tarvitsisi kasata merenkulkualan tekniikkaa palvelevaksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi se, miten laakerin käyttöikä todellisesti määritellään suunnitteluvaiheessa. Pidänkin lisätutkimuksen aiheiden löytämistä yhtenä tämän opinnäytetyön hyvistä saavutuksista, ja mikäli jatkan joskus opintojani, tulen todennäköisesti myös käyttämään jotakin niistä tulevassa opinnäytetyössäni. Toivon myös jonkun muun löytävän mieleisensä tutkimusaiheen tästä joukosta.

LÄHTEET

1. Pounder, C.C.. 1972. Marine Diesel Engines. Butterworth & Co.
2. Neste Oil Oyj. 2007. Alusesittely M/T Mastera/Tempera. [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.4.2009] Saatavissa: www.nesteoil.com/binary.asp?GUID=F99A62D5-7115-48BA-AB24-7898A10DDA51 –.
3. Management WNL. 22.1.2002. Wärtsilä 38 manual. Wärtsilä Nederland B.V.
4. Lifetime reliability [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.4.2009] Saatavissa: www.lifetime-reliability.com/condition_based_maintenance.html - 17k -
5. Kettunen, A. 5.3.2007. DI-työ: Voimalaitoksen ajotavan vaikutus DAT-aluksen elinkaaritalouteen ja turvallisuuteen avovedessä. Teknillinen korkeakoulu. Konetekninen osasto.
6. Häkkinen, P. Kevät 2008. Haastattelu.
7. WFI-Services. 14.9.2007. Service report, M/T Tempera W38B 24 000h overhauls DG2 & DG3. Wärtsilä Finland Oy.
8. Molgren, Jonny. Kevät 2008, Vaasa. Haastattelu Wärtsilä Wasa.
9. WFI-Services. 20.3.2008. Service report, M/T Tempera 6L38B Overhaul of cylinder heads. Wärtsilä Finland Oy.
10. Service, Wärtsilä Finland. 18.11.2005. Operating instruction, Inspection of Centa Centax-SEC couplings. Wärtsilä Finland.Liite
11. Technical Service, BP. Causes of engine failure and their effect. Tehnical services branch-marketing department-London.
12. Wärtsilä 38b, Marine Project Guide W38B - 1/2002, Wärtsilä Nederland B.V.

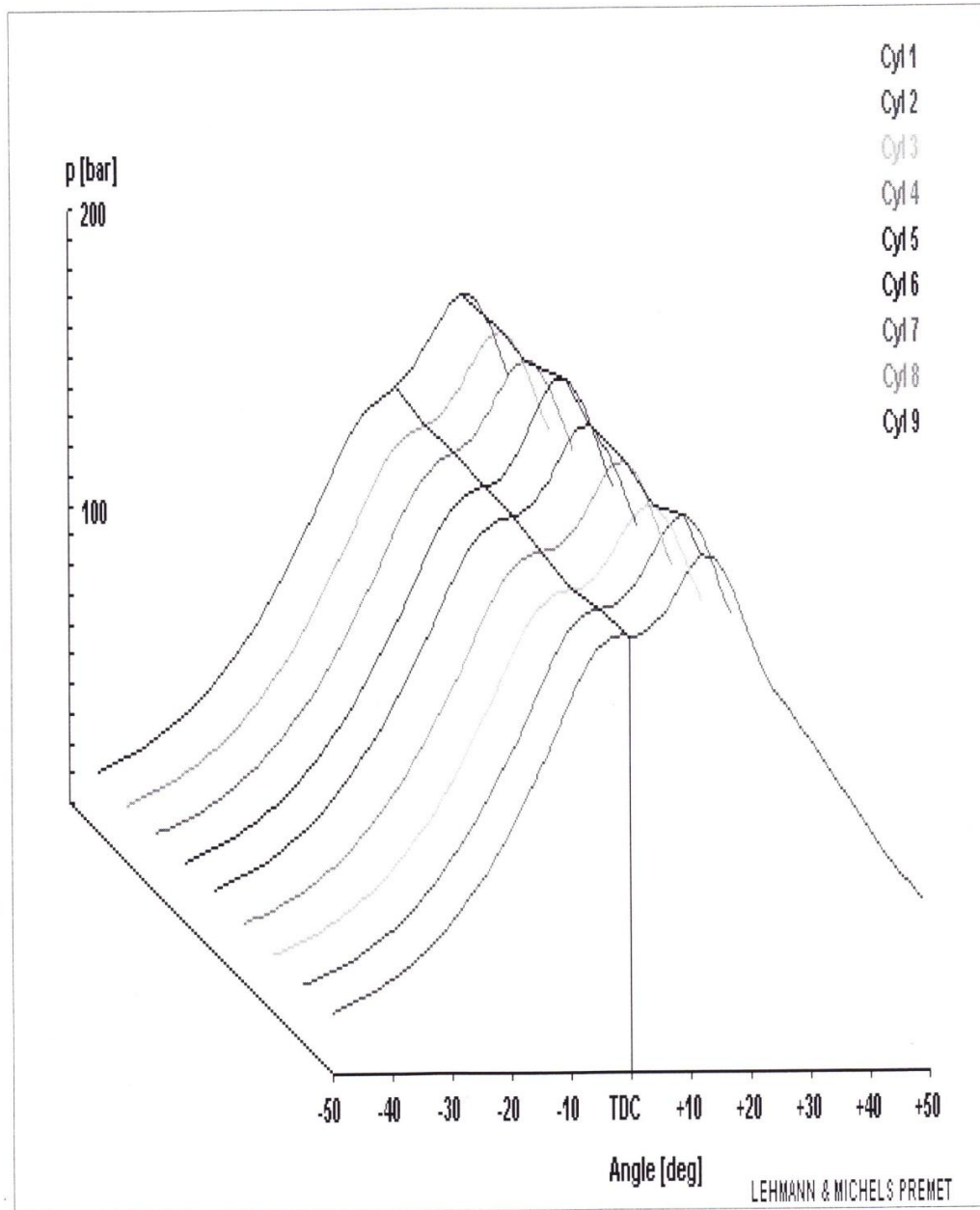
Liite 1/1.



File : 5.DG3 25.05.2007 20253hXL Date : 25.05.2007 Time : 09:20

Ship : tempera

Liite 1/2.



File : 5.DG3 25.05.2007 20253hXL Date : 25.05.2007 Time : 09:20

Ship : tempera

Liite 2.



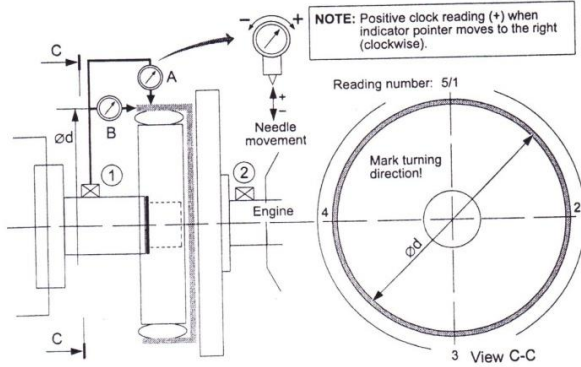
SERVICE REPORT

Installation (ship): M/T TEMPERA Engine type: W9L38B Engine No: 24021
 Coupling type: CENTAX 88 Ambient temp (°C): 35 Engine running hours: 5355
 Connected from: ENGINE Foundation temp (°C): 45 Engine speed (RPM): 600
 Connected to: ALTERNATOR

Alignment of flexible coupling

Limits given by coupling manufacturer:
 Axial deviation (1/100 mm) _____
 Radial deviation (1/100 mm) _____
 Reference diameter (mm) _____

"Radial position" of Indicator B:
 Equals diameter $\varnothing d$:



Gearbox type: Twin in single out Single in single out **NOTE:** Please indicate location of indicator. Position: 1 or 2 X
Clutch: Engaged Disengaged
Alternator: X

| Ship unloaded | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
|----------------|--|-------|-------|-------|---|---|-------|------|-------|---|
| Ship loaded | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |
| Eng. Number(s) | Radial indicator readings / Position (Indicator A) | | | | | Axial indicator readings / Position (Indicator B) | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24021 | 0 | -0.50 | -0.80 | -0.50 | 0 | 0 | -0.90 | -100 | -0.20 | 0 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Readings in 1/100 mm

Remarks (specially regarding ship loading and sun conditions):

Date of measurement: 12/09/03 Place: TEMPERA AT SEA Name: MARKO SVAHN W-FI

File:SD/C2/

File Name: 63202841
TEMPERA.doc

Wärtsilä NSD
Service

Address
Address

Telecop. +
Telecop. +

Tel. +
Telex

Liite 3/1.



Wärtsilä Italy, Service

Subject
Operating Data SheetEngine type
W38BRef.
WIT-SDate
17.11.03Document No.
M-W38.0015.GBDLC
860Issue
01Page
1/3

DG3 ennen huoltoa

MEASUREMENT RECORD

Performance data sheet

| | | | | | |
|--------------|---------------------------|---------------|--------------------|----------------|--------------|
| Owner: | Neste Oyj Shipping | Installation: | M/T Tempora | | |
| Engine type: | 9L38B | Serial no: | 24021 | Position: | DG 3 |
| | | | | Running Hours: | 20253 |

| | | | | | |
|-------------|----|-----------------|-----------------------------|-----|------------|
| DATE / TIME | | <u>25.05.07</u> | Engine speed | rpm | 600 |
| Engine load | % | 90 | Load index (governor index) | - | 7,4 |
| Engine load | MW | 5,35 | | | |

| A-bank | | | | | | B-bank | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|-----|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|----|
| Cylinder | Exhaust temp. | Rack position | Firing pressure | Cylinder liner temp. | | Cylinder | Exhaust temp. | Rack position | Firing pressure | Cylinder liner temp. | |
| | °C | | | 1 | 2 | | | | | 1 | 2 |
| | | mm | bar | °C | °C | | | | mm | bar | °C |
| 1 | 411 | 46 | 175 | 121 | 117 | 1 | | | | | |
| 2 | 416 | 46 | 179 | 114 | 119 | 2 | | | | | |
| 3 | 409 | 46 | 172 | 117 | 117 | 3 | | | | | |
| 4 | 410 | 46 | 174 | 121 | 113 | 4 | | | | | |
| 5 | 412 | 46 | 177 | 120 | 119 | 5 | | | | | |
| 6 | 427 | 46 | 181 | 116 | 113 | 6 | | | | | |
| 7 | 384 | 46 | 178 | 120 | 119 | 7 | | | | | |
| 8 | 407 | 46 | 181 | 118 | 121 | 8 | | | | | |
| 9 | 387 | 46 | 181 | 117 | 126 | 9 | | | | | |
| Mean | 407 | | 177,6 | | | Mean | | | | | |
| Exhaust temp. before turbocharger | | | °C | 551 | | Exhaust temp. before turbocharger | | | °C | | |
| Exhaust temp. after turbocharger | | | °C | 402 | | Exhaust temp. after turbocharger | | | °C | | |
| Turbocharger speed | | | rpm | 18782 | | Turbocharger speed | | | rpm | | |

| | | | |
|----------------|----------|--------------------|-------------|
| Done by | Date | Company | Approved by |
| 1/E F Lindfors | 25.05.07 | Neste Oyj Shipping | |

Validity : This general instruction is valid until further notice.

Wärtsilä Italia SpA
Service

Bagnoli della Rosandra, 334
34018 San Dorligo Della Valle (TS) ITALY

Telephone : +39 040 319 5000
Fax : +39 040 319 5647

R:\EngineOffs\Engineers\DG PERFORMANCE DATA\DG 3\2007\DG3 90% 25.05.2007 20253 h.doc

Liite 3/2.



WÄRTSILÄ

Wärtsilä Italy, Service


**MEASUREMENT
RECORD**


| | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Subject</i> Operating Data Sheet | <i>Engine type</i> W38B | <i>Ref.</i> WIT-S | <i>Date</i> 17.11.03 | <i>Document No.</i> M-W38.0015.GB | <i>DLC</i> 860 | <i>Issue</i> 01 | <i>Page</i> 2/3 |
|--|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------|-------------------------------|------|--|
| Δp air cooler | mmWG | 1050 | Δp air cooler | mmWG | |
| Air intake temp. | °C | 33 | Air intake temp. | °C | |
| Charge air temp | °C | 52 | Charge air temp before cooler | °C | |
| Exh. WG / Ch. Air Bypass position | % on/off | 0 off | Exhaust gas back pressure | mmWG | |
| Receiver pressure | bar | 2,54 | Receiver air temperature | °C | |
| Barometric pressure | mbar | 1050 | Relative Humidity | % | |

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|------|------|
| Fuel oil pressure b engine | bar | 8,5 | Fuel oil temp. b/a engine | °C | 115 |
| Fuel oil density (@ 15°C) | kg/dm ³ | 0,981 | Fuel viscosity before engine | cSt | 23 |
| | | | HT water temperature, engine outlet | °C | 84 |
| Lube oil pressure, engine inlet | bar | 4,5 | HT water temperature, CAC outlet | °C | 91 |
| Lube oil temperature, engine inlet | °C | 62 | LT water pressure, CAC inlet | bar | 4 |
| Lube oil temperature, cooler inlet | °C | | LT water temperature, CAC inlet | °C | 38 |
| Lube oil temperature, TC A outlet | °C | 87 | LT water temperature, CAC outlet | °C | 42 |
| Lube oil temperature, TC B outlet | °C | | Starting air pressure | bar | 23,4 |
| HT water pressure, engine inlet | bar | 4,9 | Control air pressure | bar | 23,4 |
| HT water pressure, CAC outlet | bar | 3,7 | Vibration level | % | |
| HT water temperature, engine inlet | °C | 79 | Crankcase pressure | mmWG | 5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Main bearing no. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Thrust |
| Temperature | °C | 78 | 82 | 85 | 86 | 85 | 87 | 86 | 87 | 88 | 88 | 82 |

GEARBOX, CLUTCH AND SHAFT LINE

| | | | |
|------------------------------|-----|----------------------------------|----|
| Maker | | Type | |
| Output shaft speed | rpm | Input shaft, engine side bearing | °C |
| Output shaft, thrust bearing | °C | Lubricating oil temperature | °C |

| | | | |
|----------------|----------|--------------------|-------------|
| Done by | Date | Company | Approved by |
| 1/E F Lindfors | 25.05.07 | Neste Oyj Shipping | |

Validity : This general instruction is valid until further notice.

Wärtsilä Italia SpA
Service

Bagnoli della Rosandra, 334
34018 San Dorligo Della Valle (TS) ITALY

Telephone : +39 040 319 5000
Fax : +39 040 319 5647

Liite 3/3.



Wärtsilä Italy, Service


**MEASUREMENT
RECORD**


| Subject | Engine type | Ref. | Date | Document No. | DLC | Issue | Page |
|----------------------|-------------|-------|----------|---------------|-----|-------|------|
| Operating Data Sheet | W38B | WIT-S | 17.11.03 | M-W38.0015.GB | 860 | 01 | 3/3 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----|--|---|-----|---|--|
| Output shaft, prop. side bearing | °C | | Lubricating oil pressure | bar | | |
| Output shaft, engine side bearing | °C | | Clutch control oil pressure | bar | | |
| Input shaft, prop. side bearing | °C | | Propeller pitch position local / remote | ° | % | |

GENERATOR

| | | | |
|------------|------|------|----------------------|
| Maker | | Type | |
| Voltage | V | 6600 | Current |
| Cos Φ | °deg | 0,75 | Efficency |
| Net Power | MW | 5,35 | Wrapping Temperature |
| | | | °C |

SITE INFORMATION

| | | | | | |
|------|-----------------|--|------------|---------|------|
| Sea | scale / bearing | | Ship route | bearing | |
| Wind | scale / bearing | | Ship speed | knots | 15,3 |

Notes

Laiva lastissa

| Done by | Date | Company | Approved by |
|----------------|----------|--------------------|-------------|
| 1/E F Lindfors | 25.05.07 | Neste Oyj Shipping | |

Validity : This general instruction is valid until further notice.
Wärtsilä Italia SpA
 Service

 Bagnoli della Rosandra, 334
 34018 San Dorligo Della Valle (TS) ITALY

 Telephone : +39 040 319 5000
 Fax : +39 040 319 5647

Liite 4/1.



Wärtsilä Italy, Service

Subject
Operating Data SheetEngine type
W38BRef.
WIT-SDate
17.11.03

MEASUREMENT RECORD

Document No.
M-W38.0015.GBDLC
860Issue
01Page
1/3

Performance data sheet

| | | | | | |
|--------------|---------------------------|------------|---------------|--------------------|-------------|
| Owner: | Neste Oyj Shipping | | Installation: | M/T Tempora | |
| Engine type: | 9L38B | Serial no: | 24021 | Position: | DG 3 |
| | | | | Running Hours: | 20679 |

| | | | | | |
|-------------|----|------------|-----------------------------|-----|------|
| DATE / TIME | | 18.09.2007 | Engine speed | rpm | 600 |
| Engine load | % | 90 | Load index (governor index) | - | 7, 5 |
| Engine load | kW | 6164 ??? | | | |

| A-bank | | | | | | B-bank | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|-----|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|----|
| Cylinder | Exhaust temp. | Rack position | Firing pressure | Cylinder liner temp. | | Cylinder | Exhaust temp. | Rack position | Firing pressure | Cylinder liner temp. | |
| | °C | | | 1 | 2 | | °C | | | 1 | 2 |
| | | mm | bar | °C | °C | | | mm | bar | °C | °C |
| 1 | 425 | 46 | 173 | 124 | 122 | 1 | | | | | |
| 2 | 422 | 46 | 172 | 118 | 117 | 2 | | | | | |
| 3 | 424 | 47 | 170 | 120 | 129 | 3 | | | | | |
| 4 | 433 | 46 | 173 | 124 | 129 | 4 | | | | | |
| 5 | 431 | 46 | 174 | 125 | 123 | 5 | | | | | |
| 6 | 442 | 45 | 174 | 116 | 116 | 6 | | | | | |
| 7 | 407 | 46 | 176 | 119 | 125 | 7 | | | | | |
| 8 | 400 | 46 | 182 | 116 | 126 | 8 | | | | | |
| 9 | 405 | 46 | 177 | 121 | 122 | 9 | | | | | |
| Mean | 421 | | 174, 6 | | | Mean | | | | | |
| Exhaust temp. before turbocharger | | | °C | 570 | | Exhaust temp. before turbocharger | | | °C | | |
| Exhaust temp. after turbocharger | | | °C | 426 | | Exhaust temp. after turbocharger | | | °C | | |
| Turbocharger speed | | | rpm | 18827 | | Turbocharger speed | | | rpm | | |

| | | | |
|---------------------------------------|------------|--------------------|-------------|
| Done by | Date | Company | Approved by |
| 1 st Eng. Parviainen Seppo | 18.09.2007 | Neste Oyj Shipping | |

Validity : This general instruction is valid until further notice.

Wärtsilä Italia SpA
Service

Bagnoli della Rosandra, 334
34018 San Dorligo Della Valle (TS) ITALY

Telephone : +39 040 319 5000
Fax : +39 040 319 5647

R:\EngineOffs\Engineers\DG PERFORMANCE DATA\DG 3\2007\DG3 90% 18.09.2007 20679 h.doc

Liite 4/2.



Wärtsilä Italy, Service

MEASUREMENT RECORD

| | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Subject</i> Operating Data Sheet | <i>Engine type</i> W38B | <i>Ref.</i> WIT-S | <i>Date</i> 17.11.03 | <i>Document No.</i> M-W38.0015.GB | <i>DLC</i> 860 | <i>Issue</i> 01 | <i>Page</i> 2/3 |
|--|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|--------|-------------------------------|------|--|
| Δp air cooler | mmWG | 1130 | Δp air cooler | mmWG | |
| Air intake temp. | °C | 34 | Air intake temp. | °C | |
| Charge air temp | °C | 52 | Charge air temp before cooler | °C | |
| Exh. WG / Ch. Air Bypass position | % | on/off | Exhaust gas back pressure | mmWG | |
| Receiver pressure | bar | 52 | Receiver air temperature | °C | |
| Barometric pressure | mbar | | Relative Humidity | % | |

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|------|------|
| Fuel oil pressure b engine | bar | 8,6 | Fuel oil temp. b/a engine | °C | 119 |
| Fuel oil density (@ 15°C) | kg/dm ³ | 0,953 | Fuel viscosity before engine | cSt | 17 |
| | | | HT water temperature, engine outlet | °C | 85 |
| Lube oil pressure, engine inlet | bar | 4,40 | HT water temperature, CAC outlet | °C | 91 |
| Lube oil temperature, engine inlet | °C | 62 | LT water pressure, CAC inlet | bar | 4,00 |
| Lube oil temperature, cooler inlet | °C | | LT water temperature, CAC inlet | °C | 38 |
| Lube oil temperature, TC A outlet | °C | 86 | LT water temperature, CAC outlet | °C | 42 |
| Lube oil temperature, TC B outlet | °C | | Starting air pressure | bar | 22,5 |
| HT water pressure, engine inlet | bar | 4,50 | Control air pressure | bar | 21,4 |
| HT water pressure, CAC outlet | bar | 3,40 | Vibration level | % | |
| HT water temperature, engine inlet | °C | 79 | Crankcase pressure | mmWG | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|
| Main bearing no. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Thrust |
| Temperature | °C | 77 | 80 | 83 | 85 | 85 | 84 | 86 | 84 | 85 | 85 | 80 |

GEARBOX, CLUTCH AND SHAFT LINE

| | | | |
|----------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| Maker | | Type | |
| Output shaft speed | rpm | Input shaft, engine side bearing | °C |
| Output shaft, thrust bearing | °C | Lubricating oil temperature | °C |
| Output shaft, prop. side bearing | °C | Lubricating oil pressure | bar |

| | | | |
|--|--------------------|-------------------------------|-------------|
| Done by 1 ST Eng. Parviainen Seppo | Date 18.09.2007 | Company Neste Oyj Shipping | Approved by |
|--|--------------------|-------------------------------|-------------|

Validity : This general instruction is valid until further notice.

Wärtsilä Italia SpA
Service

Bagnoli della Rosandra, 334
34018 San Dorigo Della Valle (TS) ITALY

Telephone : +39 040 319 5000
Fax : +39 040 319 5647

R:\EngineOffs\Engineers\DG PERFORMANCE DATA\DG 3\2007\DG3 90% 18.09.2007 20679 h.doc

Liite 4/3.



Wärtsilä Italy, Service

MEASUREMENT RECORD

| Subject | Engine type | Ref. | Date | Document No. | DLC | Issue | Page |
|----------------------|-------------|-------|----------|---------------|-----|-------|------|
| Operating Data Sheet | W38B | WIT-S | 17.11.03 | M-W38.0015.GB | 860 | 01 | 3/3 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|----|--|---|-----|---|--|
| Output shaft, engine side bearing | °C | | Clutch control oil pressure | bar | | |
| Input shaft, prop. side bearing | °C | | Propeller pitch position local / remote | ° | % | |

GENERATOR

| | | | | | |
|------------|------|------|----------------------|----|-----|
| Maker | | Type | | | |
| Voltage | V | 6588 | Current | A | 640 |
| Cos Φ | °deg | 0,74 | Efficiency | % | |
| Net Power | Kw | 5402 | Wrapping Temperature | °C | |

SITE INFORMATION

| | | | | | |
|------|-----------------|--|------------|---------|--|
| Sea | scale / bearing | | Ship route | bearing | |
| Wind | scale / bearing | | Ship speed | knots | |

Notes PREMENT mittalaite laskenut varmaankin väärin koneen kuorman, joka on pienempi kuin verkon kuorma.

| Done by | Date | Company | Approved by |
|---------------------------------------|------------|--------------------|-------------|
| 1 st Eng. Parviainen Seppo | 18.09.2007 | Neste Oyj Shipping | |

Validity : This general instruction is valid until further notice.

Wärtsilä Italia SpA
Service

Bagnoli della Rosandra, 334
34018 San Dorligo Della Valle (TS) ITALY

Telephone : +39 040 319 5000
Fax : +39 040 319 5647

R:\EngineOffice\Engineers\DG PERFORMANCE DATA\DG 3\2007\DG3 90% 18.09.2007 20679 h.doc

Liite 5.



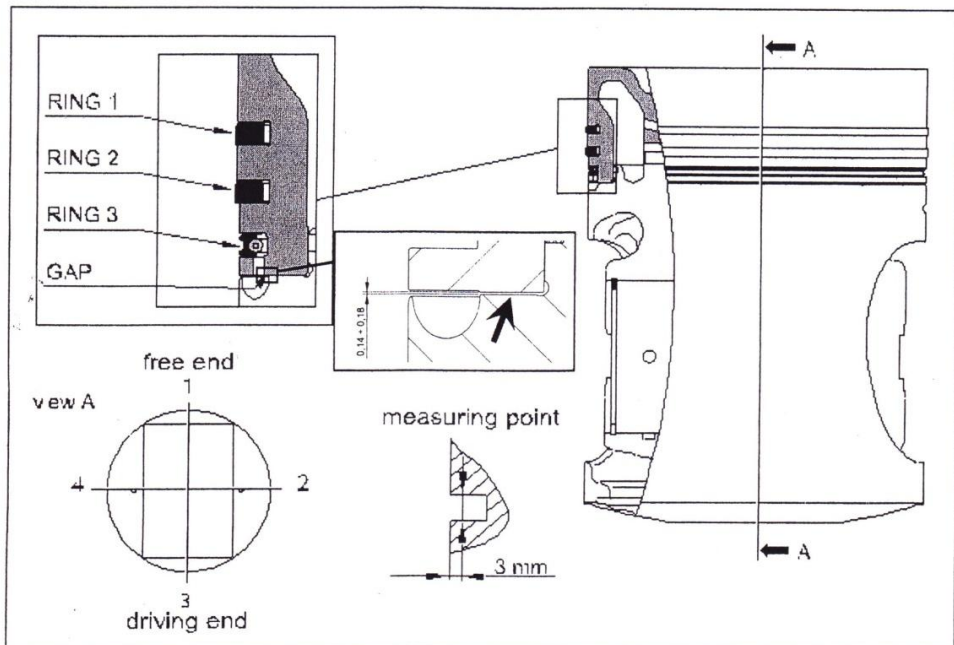
Service, Wärtsilä Corporation

MEASUREMENT RECORD

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------|------------|-------|----------------|-----|------|
| Subject | Engine type | Ref. | Date | Issue | Document No. | DLC | Page |
| 1421 Piston | W38B | WIT-S | 08-11-2006 | 01 | M-W38B.0010.GB | 114 | 1(3) |

Piston overhaul

| | | | | | |
|--------------|--|---------------|-------------|-----------|----------------|
| Owner: | | Installation: | Temperature | | |
| Engine type: | | Serial nbr: | | Position: | Running Hours: |



| Position | Nominal height (mm) | Wear limit (mm) | Clearance with NEW piston ring | Wear limit (mm) |
|--------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| 1 st groove | 10.20 - 10.23 | 10.50 | 0,20 - 0,25 | 0,50 |
| 2 nd groove | 10.15 - 10.18 | 10.50 | 0,15 - 0,20 | 0,50 |
| 3 rd groove | 10.06 - 10.09 | 10.20 | 0,10 - 0,15 | 0,25 |
| Skirt / piston crown gap | 0.14 - 0.18 | >0.5 | - | - |