

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma/ merenkulkualan insinöörin suuntautumisvaihtoehto

Alexi Törhönen

ENERGIANSÄÄSTÖMANUAALIN SUUNNITTELU PURHA-LUOKAN  
ALUKSIIN

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Merenkulun koulutusohjelma

TÖRHÖNEN, ALEKSI

Energiansäästömanuaalin suunnittelu Purha-luokan aluksiin

Opinnäytetyö

35 sivua + 2 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Ari Helle

Toimeksiantaja

Neste Oil, Sami Niemelä

Maaliskuu 2011

Avainsanat

energia, energiansäästö, alukset, laivat, sähköntuotanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut luoda pohja Purha-luokan aluksille tehtävään energiansäästömanuaaliin. Työn hankkeistajana on Neste Oil ja työn tavoitteena oli etsiä alusryhmäkohtaisesti kohtia, joissa energiaa pystyttäisiin aluksilla säästämään. Tekijän ammatillisesta suuntautumisesta johtuen työ painottuu pääasiassa konepuolen asioihin.

Työ on menetelmältään toimintatutkimus ja siinä käydään kohta kohdalta läpi merkittävimpiä aluksen energiankuluttajia, esitellään aluksen järjestelmiä ja pohditaan, kuinka milläkin osa-alueella pystyttäisiin säästämään energiaa. Työ ei ole täysin sovellettavissa kaikkiin Purha-luokan aluksiin, sillä aluksissa on kuitenkin jonkin verran eroavaisuuksia. Esimerkkialuksena on käytetty M/T Futuraa.

Työn tekemiseen oli käytettävissä melko vähän aikaa, ja siksi työstä jäi pois varmasti paljonkin huomionarvoisia seikkoja. Tulosten näkeminen ja tarkempi analysointi on monilta kohdin hankalaa, sillä alusten energiatase muuttuu huomattavasti vuodenaikojen mukaan. Sen vuoksi tarvittaisiinkin aikaa useampi vuosi, jotta tuloksia pystyttäisiin luotettavasti vertailemaan. Tavoitteet toteutuivat kuitenkin suhteellisen hyvin, ja työ antaa vinkkejä varsinaisen energiansäästömanuaalin tekoa varten.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Technology

TÖRHÖNEN, ALEKSI

Bachelor's Thesis

Commissioned by

March 2011

Keywords

Planning of Energy Conservation Manual for Purha-Class

35 pages + 2 pages of appendices

Neste Oil, Sami Niemelä

energy, energy conservation, ships, vessels, electric generation

The purpose of this thesis was to establish the basis for energy conservation manual for Purha-class vessels. The thesis was commissioned by Neste Oil and the aim was to find how energy could be saved on Purha class vessels. Because of the author's professional orientation a survey focused mainly on the engine room affairs.

The research method used was action research and it included a determination of the ship's main consumer of energy, presentation of the ship's systems and reflection on how energy could be saved on different functions of the vessel. However, the thesis is not fully applicable to all Purha class ships, as ships have some differences. The example ship used in this thesis was M/T Futura.

There was a relatively short time available for this thesis and that is why the thesis could be missing some noteworthy aspects. Observation of the results and further analysis is difficult in many respects because the ship's energy balance changes considerably with the seasons. Therefore, it would require several years to be able to reliably compare the results. The objectives for this thesis were realized relatively well, and the thesis gives actual tips for making an energy conservation manual.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	YHTIÖN ENERGIAPOLITIIKKA	7
3	ALUKSEN OPEROINTI	9
	3.1 Alus-luokan esittely	9
	3.2 Optimaalinen trimmi	10
	3.3 Optimaalinen teho aluksen koneistojen kannalta	11
	3.4 Energiankulutuksen seuranta	13
	3.5 Pohjan puhtaanapito	14
4	PROPULSIO JA SÄHKÖNTUOTANTO	14
	4.1 Pääkone	15
	4.1.1 Sylinterien kunnon tarkkailu	15
	4.1.2 Turboahtimen kunnon tarkkailu	16
	4.2 Ahtoilmanjäähdytin	16
	4.3 Kamewa	17
	4.4 Potkuri	17
	4.5 Apukoneet	18
	4.5.1 Sylinterien kunnon tarkkailu	19
	4.5.2 Turboahtimien kunnon tarkkailu	19
	4.6 Akseligeneraattori	20
5	APULAITTEISTOT	21
	5.1 Lastipumput	22

5.2	Merivesipumput	23
5.3	Ht- ja Lt-pumput	24
5.4	Ilmastointi ja jäähdytys	25
5.5	Paineilmajärjestelmät	26
5.6	Konehuoneen puhaltimet	28
5.7	Ruoripumput	28
6	HÖYRYN JA INERTKAASUN TUOTANTO	28
6.1	Apukattilat	29
6.2	Pakokaasukattila	30
6.3	Höyryputkistot	30
6.4	Inertkaasugeneraattori	31
7	POLTTOAINEET	31
7.1	Bunkraus	31
7.2	Polttoaineen varastointi	32
7.3	Polttoaineiden käsittely	32
8	ASUINTILAT	33
8.1	Keittiö ja proviantti	33
8.2	Hytit ja yleiset tilat	34
8.3	Valaistus	34
9	LOPPUYHTEENVETO	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	
	Liite 1. CBM-raportointikaavake, Wärtsilä	
	Liite 2. DNVPS Quarterly report Neste Shipping	

## 1 JOHDANTO

Polttoaineen hintojen nousu ja viime vuosina tiukentuneet päästömääräykset ovat saaneet varustamot pohtimaan tarkemmin energiataloudellisia seikkoja. Myös ympäristötietoisuuden yleinen lisääntyminen ja pyrkimys entistä päästöttömämpään toimintaan tukee tätä ajatusta.

Keväällä 2010 työnantajani Neste Oil ehdotti minulle opinnäytetyön tekemistä tästä aiheesta. Aihe tuntui mieluisalta ja päätin tarttua tilaisuuteen. Neste Oililla oli jo tehtynä muutamia muihin alusluokkiin energiansäästömanuaalit ulkopuolisen hankkijan toimesta. Purha-luokalta manuaali kuitenkin puuttui, ja tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuoda ideoita käyttäjän näkökulmasta nimenomaan kyseisen alustyyppin energiansäästömanuaalia varten. Näin varsinaiseen manuaaliin pystytään sisällyttämään yksityiskohtaisempia ohjeita ja kuvauksia energiansäästökeinoista. Tarkoituksena on, että manuaalin valmistuttua sitä kehitetään jatkuvasti aluksilta saatujen ideoiden perusteella.

Lyhyt aikaväli työn tekemistä varten pakotti rajaamaan tutkimuksen tekoa melko voimakkaasti. Näin lyhyellä, reilun puolen vuoden ajanjaksolla ei myöskään säästötoimien tuloksia pystytä kovinkaan luotettavasti analysoimaan. Aluksen energiatase nimittäin muuttuu ratkaisevasti eri vuodenaikojen mukaan, ja monien laitteiden käyttämät energiamäärät ovat täysin päinvastaiset vertailtaessa kesä- ja talviolosuhteita. Koska aikaa tehdä työtä oli vähän, työstä jäi pois runsaasti sellaisia seikkoja, jotka olisivat varmasti tulleet ilmi, mikäli työtä olisi tehty useamman vuoden ajan.

Työn tavoitteet toteutuivat kuitenkin suhteellisen hyvin, ja työnantaja voi hyödyntää työstä esille tulleita ideoita. Tärkeimpänä hyötynä itseäni ajatellen on ollut oman ajatteluni muuttuminen energiataloudellisempaan suuntaan. Siksi tulen varmasti urani myöhemmissäkin vaiheissa pohtimaan ja kokeilemaan erinäisiä energiansäästöratkaisuja.

Suurin osa raportissa olevista valokuvista on tekijän omia.

## 2 YHTIÖN ENERGIAPOLITIikka

*Neste Oil Oyj:n energiatehokkuusjärjestelmän hierarkkinen rakenne on seuraavan kaltainen*

### ***I Kestävä kehitys -politiikka***

*Yhtiöllä ei ole erillistä energiapolitiikkaa. Energiatehokkuusasiat sisältyvät Kestävän kehityksen -politiikkaan, joka on yksi yhtiön viidestä voimassaolevasta politiikasta.*

#### ***Kestävä kehitys***

- Toimintamme on sosiaalisesti vastuullista, ympäristöystävällistä ja taloudellisesti kannattavaa.
- Kaikki toimintomme ovat turvallisia yhtiön työntekijöille, naapurustolle, alihankkijoille, asiakkaille ja ympäristölle.
- Toimimme vastuullisesti yhteiskunnassa ja kunnioitamme kaikessa toiminnassamme ihmisoikeuksia.
- Tarjoamme asiakkaillemme tuotteita, jotka tukevat kestävää kehitystä, hidastavat ilmastonmuutosta ja parantavat paikallista ilmanlaatua.
- Olemme sitoutuneet sidosryhmiemme kanssa osallistumaan entistä kestävämpien ratkaisujen kehittämiseen.
- Käytämme luonnonvaroja vastuullisesti ja pyrimme aktiivisesti kehittämään toimitusketjuamme kestäviä tuotantokäytäntöjä kohden.

(Neste Oil 2010)

## **II Energiatehokkuusperiaate**

*Yhtiön voimassaoleva energiatehokkuusperiaate on hyväksytty 5.1.2010.*

*Seitsemänsivuisessa dokumentissa on tämän periaatteen tavoitteeksi kuvattu:*

### **Energiatehokkuuden tavoitteena on:**

- Kustannustehokas kasviuonekaasupäästöjen vähentäminen ilmaston muutoksen ehkäisemiseksi. GHG päästövapaiden energialähteiden käyttöä tehostetaan.
- Kustannustehokkaampien energiaratkaisujen löytäminen GHG-päästöneutraaleissa tilanteissa
- Energiatehokkuuden suunnittelun, toimenpiteiden ja seurannan toteutus noudattaen jatkuvan parantamisen periaatetta
- Energiatehokkuuteen liittyvien lakien ja säästösten noudattaminen
- Ratkaisumme auttavat asiakkaita energiatehokkuuden parantamisessa, mm. kuljetussektorilla. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö on hyvä esimerkki asiasta.

*Energiatehokkuusperiaatteessa on lisäksi kerrottu yhtiön energiansäästövelvoitteista Suomen valtiolle sekä määritelty energiantehokkuusjärjestelmän soveltamisen lähtökohdat yhtiön kaikissa toiminnoissa ja toimipaikoissa. Varustamon laivojen energiatehokkuuden mittariksi (KPI) on määritetty polttoaineen kulutus kuljetettua tonnimailia kohden vuositasolla. Varustamon osuus Neste Oil Oyj:n vuonna 2009 kuluttamasta kokonaisenergiasta 15,6 TWh oli 14 %. (Neste Oil 2010)*

## **III Varustamon energiatehokkuussuunnitelma**

*Varustamon energiatehokkuussuunnitelma on hyväksytty 1.10.2010. Siinä on kuvattu, kuinka varustamo pyrkii yhtiön politiikkaa ja periaatteita noudattaen alentamaan energiankulutusta laivoillaan. (Neste Oil 2010)*

## **IV Energiatehokkuusohjeistukset (laivan energiansäästömanuaali)**

*Yhtiön periaatteen mukaisesti kaikille toiminnoille on tehty energiatehokkuusohjeistukset, joita noudattamalla pyritään pääsemään luvattuihin*



*energiansäästöihin. Varustamossa näillä ohjeistuksilla tarkoitetaan laivakohtaisia energiansäästömanuaaleja (Ship Energy Conservation Manual). Näissä manuaaleissa on kuvattu päivittäisiä ohjeita sekä tarkempia tehokkuusmittareita (KPI). Laivan energiansäästömanuaali on ohjekirja, jota kehitetään jatkuvasti saatujen ideoiden perusteella .(Neste Oil 2010)*

### 3 ALUKSEN OPEROINTI

Aluksen operoinnissa voidaan saavuttaa säästöjä. Olennaisimpia tekijöitä ovat aluksen optimaalisen nopeuden löytäminen, pohjan puhtaanapito sekä optimaalinen trimmi. Tarkka kirjanpito kulutetusta energiasta auttaa myös tekemään säästöjä.

#### 3.1 Alus-luokan esittely

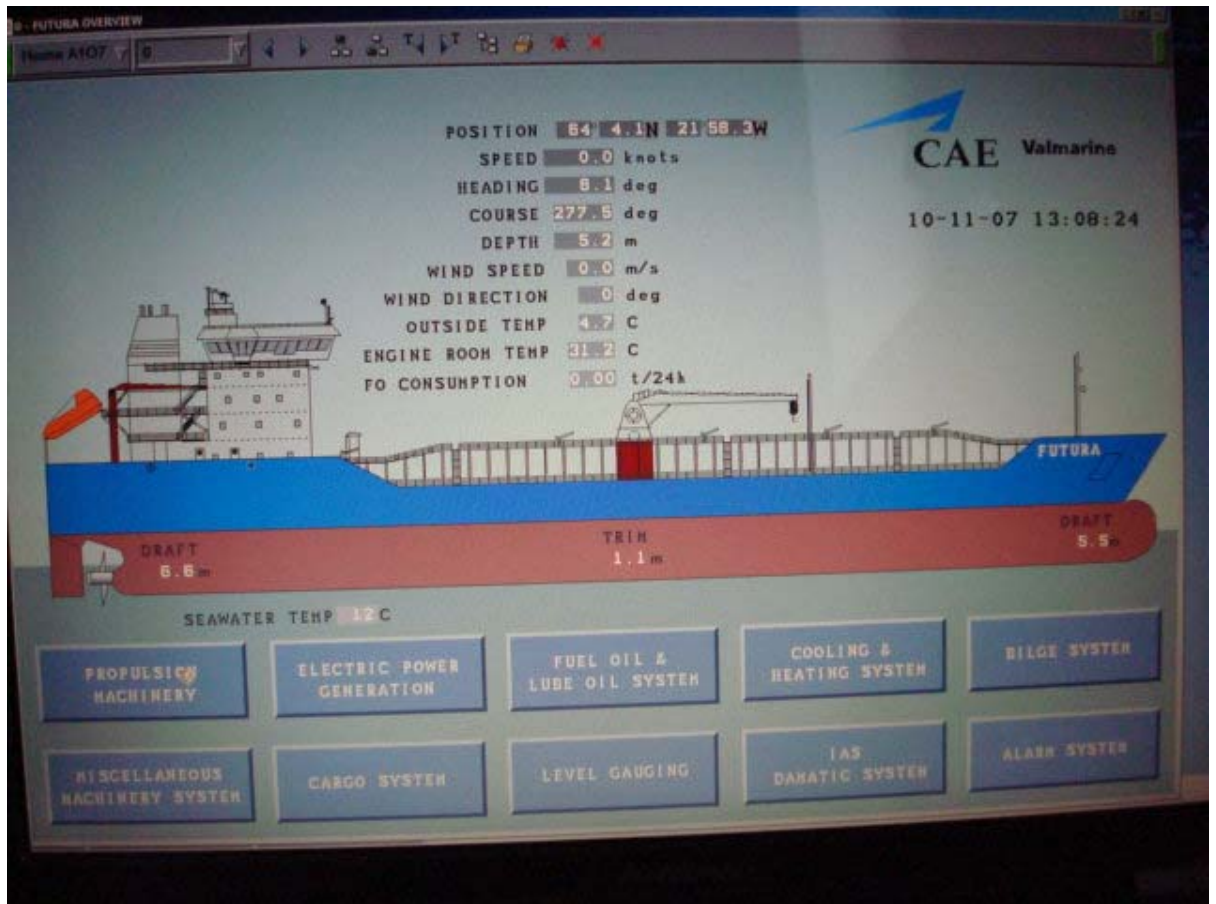
Purha-luokaan kuuluu 4 kappaletta 25000 DWT:n öljytuote- ja kemikaalitankkereita, Purha, Jurmo (kuva 1), Futura ja Neste. Alukset ovat valmistuneet Kiinassa Jingling Shipyardin telakalla vuosina 2003 - 2005. Alukset ovat 169 metriä pitkiä ja 23,75 metriä leveitä. Syväys täydessä lastissa on 10,9 metriä. (Neste Oil 2003.) Alukset operoivat pääasiallisesti Euroopassa sekä Pohjois-Atlantin liikenteessä.



Kuva 1. Jurmo Kålbodagrundissa kesällä 2008

### 3.2 Optimaalinen trimmi

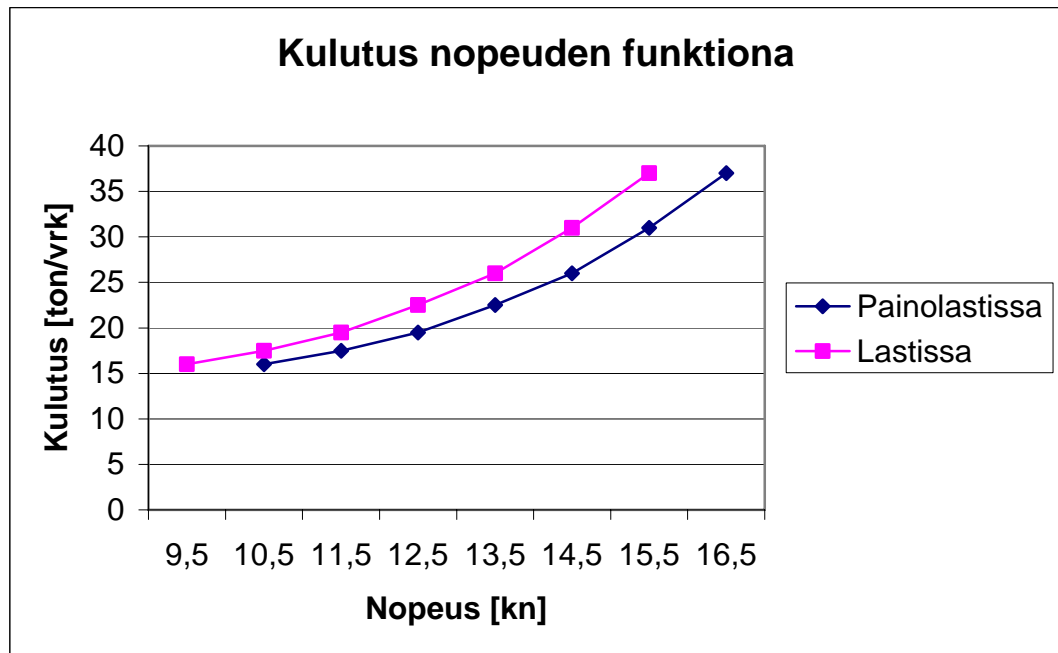
Tankkialuksen trimmiin ei täydessä lastissa ajettaessa pystytä vaikuttamaan kovinkaan paljon. Optimaalisella trimmillä tarkoitetaan tässä tapauksessa ennen kaikkea painolasti- sekä osalastimatkoja, joihin pystytään aluksella vaikuttamaan lähinnä otettavan painolastin sekä bunkkerin määrällä. Trimmausta Purha-luokan aluksissa rajoittavat seuraavat tekijät; potkurin päällä on oltava vettä noin kaksi metriä kavitoimisen ehkäisemiseksi sekä keulapotkurin päällä on oltava vettä noin metri. (Salmi, 2010.) Nämä rajoitukset huomioon ottaen on painolastissa ajettaessa Futuralla noin metrin perätrimmi (kuva 2). Minulla oli käytössä optimaalisen trimmin määrittämistä varten tehty ohje, mutta sääolosuhteet eivät tätä opinnäytetyötä tehtäessä tarjonneet mahdollisuutta sen kokeilemiseen. Aluksiin on vuoden 2011 aikana tulossa potkuriakselille tehon mittaus, josta saadaan tarkka kulutusmittari komentosillalle. Täten optimaalisen trimmin määrittäminen kullekin alukselle muuttuu aikaisempaa helpommaksi.



Kuva 2. Kuva Futuran trimmistä painolastissa

### 3.3 Optimaalinen teho aluksen koneistojen kannalta

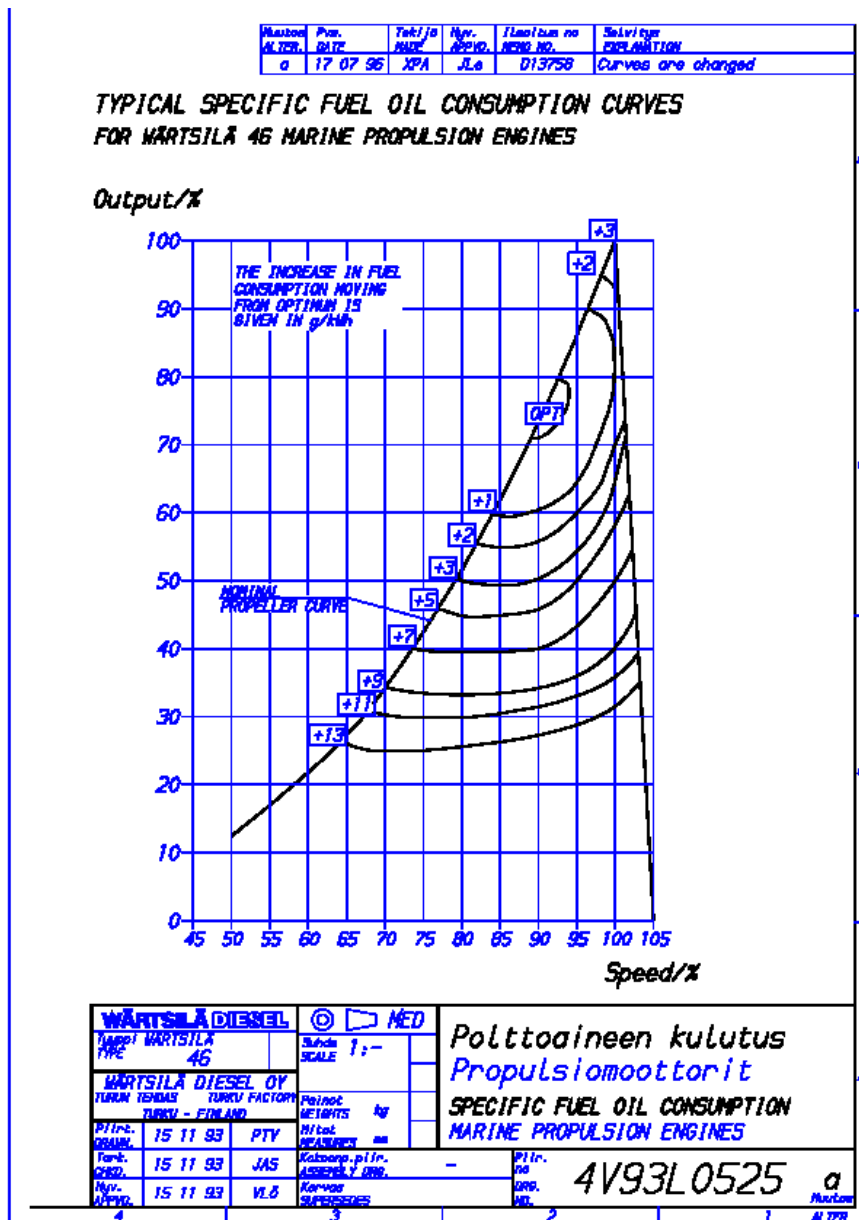
Aluksen nopeuden vaikutus polttoaineen kulutukseen ei ole lineaarinen muuttuja, vaan polttoaineen kulutus kasvaa huomattavasti lähestyttäessä aluksen runkonopeutta (kuva 3).



Kuva 3. Purha luokan alusten polttoaineenkulutus suhteessa nopeuteen (Neste Oil/Sami Niemelä)

Polttoaineen säästämiseksi Neste Shippingin aluksilla on ollut suosituksena ajaa 13,5 solmun säästönopeutta (economy speed). Purha-luokan aluksissa ongelmana on ollut, että tyynissä olosuhteissa 13,5 solmun nopeutta ajettaessa on koneesta otettuna tehoa noin 50 %. Wärtsilä 46 -moottorin taloudellisin toiminta-alue ominaiskulutuksen kannalta olisi 70 - 80 % (kaavio 1). Huonoin tehoalue Wärtsilä 46 -moottoreissa termisten rasitusten kannalta on 30 – 40 % ,ja tätä tulisi välttää. (Wärtsilä, 2008.)

Haalausten yhteydessä on havaittu poikkeuksellisen runsasta karstoittumista ja kulumaa männäntopeissa niissä aluksissa, joilla on ajettu runsaasti matalilla tehoilla (Säntti, 2010). Mikäli tehoa joudutaan esimerkiksi liikennealueesta johtuen pudottamaan 60 %:n alapuolelle pidemmäksi aikaa on erityisen tärkeää, että esimerkiksi ruiskutusennakko ja koneen muutkin säädöt ovat ohjearvoissaan. Koneen mekaanisen kunnan tulee olla myös hyvä. Jos ajo jatkuu matalilla tehoilla pidempään, olisi myös turbiinin pesuväli hyvä puolittaa.



Kaavio 1. Wärtsilä 46 -moottorin ominaiskulutus tehon funktiona (Neste Oil/Sami Niemelä)

### 3.4 Energiankulutuksen seuranta

Neste Oilin aluksissa energiankulutusta seurataan päivittäin täytettävällä energiaraportilla. Siihen kirjataan käytetyt polttoaineet, eri kuluttajien vuorokautta kohden kertyneet käyntitunnit sekä monia muita tietoja. Tällä menetelmällä pystytään seuraamaan aluksen polttoaineenkulusta ja sen mahdollisia muutoksia. Myös puolivuositain suoritettava vauhtikoe antaa informaatiota aluksen energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä, kuten kuljetuskoneiston kunnosta sekä pohjan puhtaudesta.

### 3.5 Pohjan puhtaanapito

Pohjan puhtaudella on suuri merkitys aluksen energiatehokkuuteen. Telakointien yhteydessä pohjat maalataan kasvustonestomaalilla. Suurimmaksi ongelmapaikaksi kasvuston muodostumisen kannalta on havaittu painolastivesiviivan ympäristö (kuva 4).



Kuva 4. Painolastivesiviivaan muodostunutta kasvustoa M/T Nesteessä(Neste Oil/Oskari Sääntti)

Lisäksi pohjalle tulisi pyrkiä tekemään kerran telakointivälissä eli runsaan vuoden välein sukeltajien suorittama harjapuhdistus. Tällä menetelmällä pohja saadaan melko hyvään kuntoon ja näin parannetaan aluksen energiatehokkuutta.

## 4 PROPULSIO JA SÄHKÖNTUOTANTO

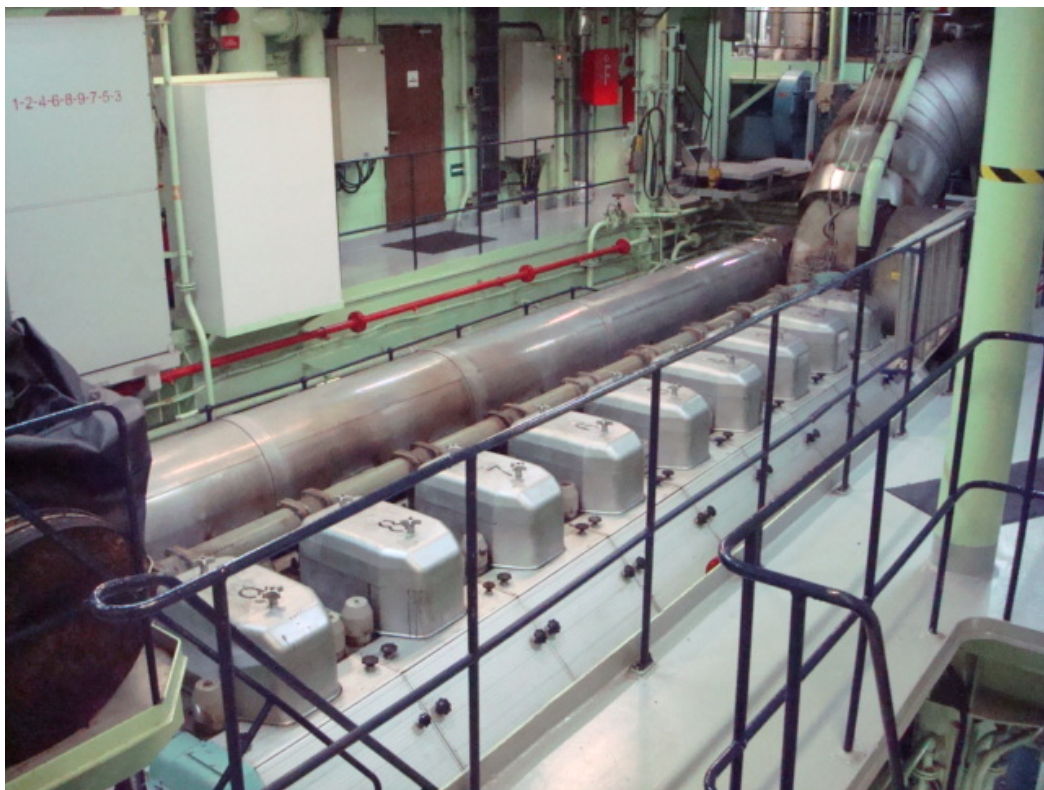
Moottoreiden kunnossapidon kannalta on moottoreiden oikealla käytöllä ja valvonnalla suuri merkitys. Koneiden pitäminen kunnossa sekä oikein säädettynä on ensiarvoisen tärkeää. Koneiden oikeanlaisella käytöllä, kunnontarkkailulla sekä



käytönaikaisella huollolla on tärkeä merkitys niin energiatehokkuuden kuin huoltokustannusten minimoinninkin kannalta. Varmistaakseen koneiden hyvän kunnon Neste Shipping on tehnyt Wärtsilän kanssa huoltosopimuksen sekä pää- että apukoneiden osalta aluksiinsa, joissa on Wärtsilän moottorit. Sopimus kattaa koneiden määräaikaishuollot sekä antaa alusten miehistölle tukea koneiden kunnon kartoituksessa. Kuukausittain lähetettävien raporttien lisäksi Wärtsilä tekee koneille vuosittain suorituskykyanalyysit.

#### 4.1 Pääkone

Purha-luokan alukset on varustettu yhdellä Wärtsilä 9L46C -pääkoneella (kuva 5). Kyseessä on keskinopea dieselmoottori, jonka kierrosluku on 500 kierrosta minuutissa ja maksimiteho 9450 kilowattia.



Kuva 5. Futuran Wärtsilä 9L46C -pääkone

##### 4.1.1 Sylinterien kunnon tarkkailu

Wärtsilä 46 -moottorin sylinterien kuntoa tarkkaillaan 500 tunnin välein suoritettavalla Premet-mittauksella. Mittaus kertoo sylinterissä palotapahtuman aikana

vaikuttavan paineen muutokset eri työtahtien aikana. Mittauksessa otetaan huomioon kymmenen työkiertoa jokaisesta sylinteristä mittausvirheiden minimoimiseksi. Tulokset siirretään mittauslaitteesta tietokoneella olevaan Premet-ohjelmaan, josta saadaan raportti kunkin sylinterin eri parametreista. Näin pystytään vertailemaan niin sylinterikohtaisia eroja kuin eroja aiempiin mittaustuloksiin. Huoltosopimuksen ollessa voimassa lähetetään CBM-raportit (liite 1) Wärtsilälle kuukausittain, ja sieltä tulee vielä oma analyysi koneiden kunnosta. Lisäksi suoritetaan Wärtsilän huoltomanuaalin mukaiset mittaukset ja tarkastukset.

#### 4.1.2 Turboahtimen kunnan tarkkailu

Turboahtimen toiminta on erittäin tärkeä osa moottorin toimintaa ja pienetkin kulumat ja epäpuhtaudet vaikuttavat merkittävästi koneen energiatehokkuuteen. Myös mahdolliset vuodot sekä pako- että imupuolella sekä hukkaportin oikea toiminta vaikuttavat merkittävästi. Purha-luokan alusten pääkoneissa on yksi ABB TPL 77-A30 -tyypin ahdin. Turbon kompressoripuolta pestään päivittäin ja turbiinille suoritetaan vesipesu 250 tunnin välein.

#### 4.2 Ahtoilmanjäähdytin

Ahtoilmanjäähdyttimen (kuva 6) puhtaus ja sen valvonta on tärkeää koneen suorituskyvyn kannalta. Tämä on kriittistä myös siksi, että liian tukkeutunutta välijäähdytintä ei saada enää puhdistettua ja se joudutaan vaihtamaan kokonaan uuteen, mistä luonnollisesti aiheutuu merkittäviä kustannuksia. Jäähdytin pitää puhdistaa, mikäli paine-ero ennen ja jälkeen jäähdyttimen on suurempi kuin 70 mbar(Wärtsilä 2008).



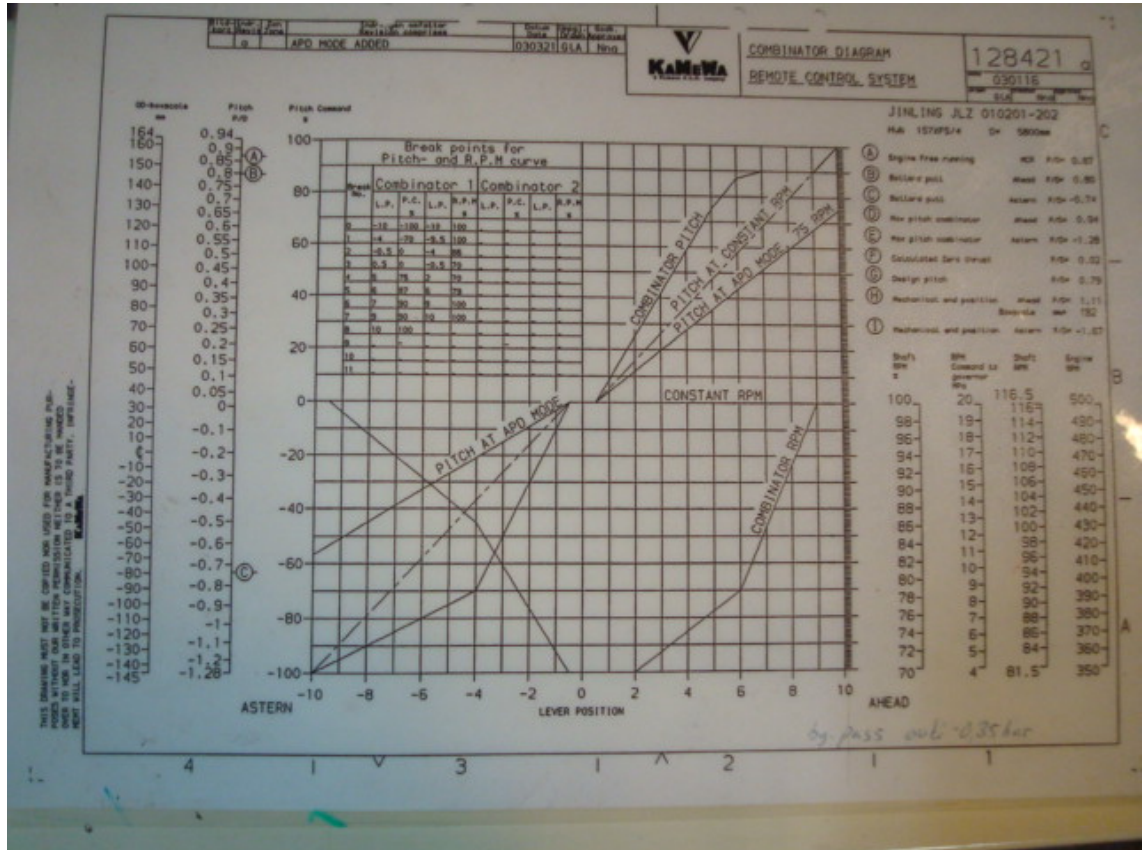
Kuva 6. M/T Nesteen ahtoilmanjäähdytin (Neste Oil/Oskari Säntti)



## 4.3 Kamewa

Alusten säätösiipipotkurijärjestelmä on Rolls-Roycen toimittama.

Energiatehokkuuden kannalta on tärkeää, että todelliset lapakulmat vastaavat tarkalleen koneen säätäjän antamaa pyyntöä (kaavio 2).



Kaavio 2. Purha-luokan alusten KaMeWa-käyrä

Ongelmana on ollut lapakulmien vaeltaminen, jonka ovat aiheuttaneet heikkolaatuiset komponentit ohjausyksikön emolevyssä ja CPU21-kortissa. Vaeltaminen on loppunut, kun on korvattu emolevy sekä kortti uusilla (Säntti.) Käytössä huomattu ominaisuus on myös, että lapakulman asentotieto-potentiometri saattaa kulua, jolloin lapakulmien asento ei enää vastaa pyydettyä arvoa. Lapakulmien asento ja nollakohta voidaan säätää kohdalleen aluksen oman henkilökunnan voimin.

## 4.4 Potkuri

Aluksissa on ruostumattomasta teräksestä valmistettu KaMeWa-säätösiipipotkuri. Sen pyörimisnopeus on noin 115 kierrosta minuutissa vakiokierroksilla ajettaessa ja

nimellishalkaisija on 5,8 metriä. Potkurin pitäminen puhtaana on tärkeä osa aluksen energiatehokkuutta. Ruostumattomasta teräksestä valmistettu potkuri on järkevä ratkaisu verrattuna perinteiseen pronssiseen potkuriin, koska lika ja merieliöt eivät tartu siihen niin herkästi (kuva 7).



Kuva 7. Futuran potkuri ja peräsin

#### 4.5 Apukoneet

Purha-luokan aluksissa on apukoneina kolme Wärtsilä 6L20 -dieselmoottoria yhdistettynä AVK:n generaattoreihin. Koneiden polttoaineena käytetään kaasuöljyä (MGO). Mielestäni tässä tapauksessa ratkaisu on kaikista paras, koska aluksissa on akseligenaattori, mikä johtaa siihen, että apukoneisiin tulee melko vähän tunteja. Myös nykyiset polttoaineen rikkipitoisuusrajat Euroopan unionin satamissa pakottavat käyttämään kaasuöljyä apukoneissa. Apukoneiden ohjausautomaatiikka on merkityksellinen energiansäästön kannalta, sillä alukset on tarkoitettu ajettavaksi siten, että esimerkiksi luotsiajossa on vain kaksi apukonetta käynnissä, ja kun keulapotkuri käynnistetään, automaatiikka käynnistää ensin kolmannen apukoneen. Sen kytkeydyttyä verkkoon automaatiojärjestelmä antaa keulapotkurille luvan käynnistyä.

#### 4.5.1 Sylinterien kunnon tarkkailu

Apukoneiden sylinterien kuntoa kartoitetaan 500 tunnin välein suoritettavalla Premet-mittauksella samaan tapaan kuin pääkoneessa. Pieneksi ongelmaksi apukoneiden Premet-mittauksissa muodostuu riittävän kuorman saaminen koneelle, jotta mittaus voitaisiin suorittaa luotettavasti. Ainoa tilanne, jossa koneita käy tasaisella kuormalla useampia, on purkaus satamassa. Silloin mittaus voidaan tehdä siirtämällä toiselta käyvältä koneelta kuormaa mitattavalle apukoneelle. Tästä on syytä olla yhteydessä kansiosastoon, jotta varmistutaan, että purkausvauhti pysyy tasaisena riittävän pitkän aikaa mittauksen suoritusta varten. Koneiden melko vähäisistä käyntitunneista johtuen tulee kustakin koneesta lähettää raportit Wärtsilään vuorokuukausittain niin, että jokainen kone tulee mitattua vähintään kolmen kuukauden välein.

#### 4.5.2 Turboahtimien kunnon tarkkailu

Apukoneiden turboahtimien kunnon tarkkailuun pätee samat asiat kuin pääkoneenkin ahtimeen. Tosin kaasuöljykäytössä turbiini nokeentuu huomattavasti vähemmän kuin raskasöljykäytössä. Ahtimien kompressoripuolta pestään päivittäin koneiden käydessä ja turbiinipuolen suositeltu pesuväli on 500 tuntia. Wärtsilä W20L6 -sarjan moottoreissa on ABB:n valmistamat TPS 52E 01 -sarjan ahtimet (kuva 8), joiden suositeltu huoltoväli kaasuöljykäytöllä on 14 000 tuntia. Neste Oililla on huoltosopimus ABB:n kanssa näiden ahtimien huolloista. Tätä varten on hankittu myös yksi vaihtoahdin Purha- ja Kiisla-luokan alusten apukoneita varten. Näin apukoneeseen ahtimen vaihto voidaan suorittaa nopeasti ja kustannustehokkaasti alusten operoinnin aikana.

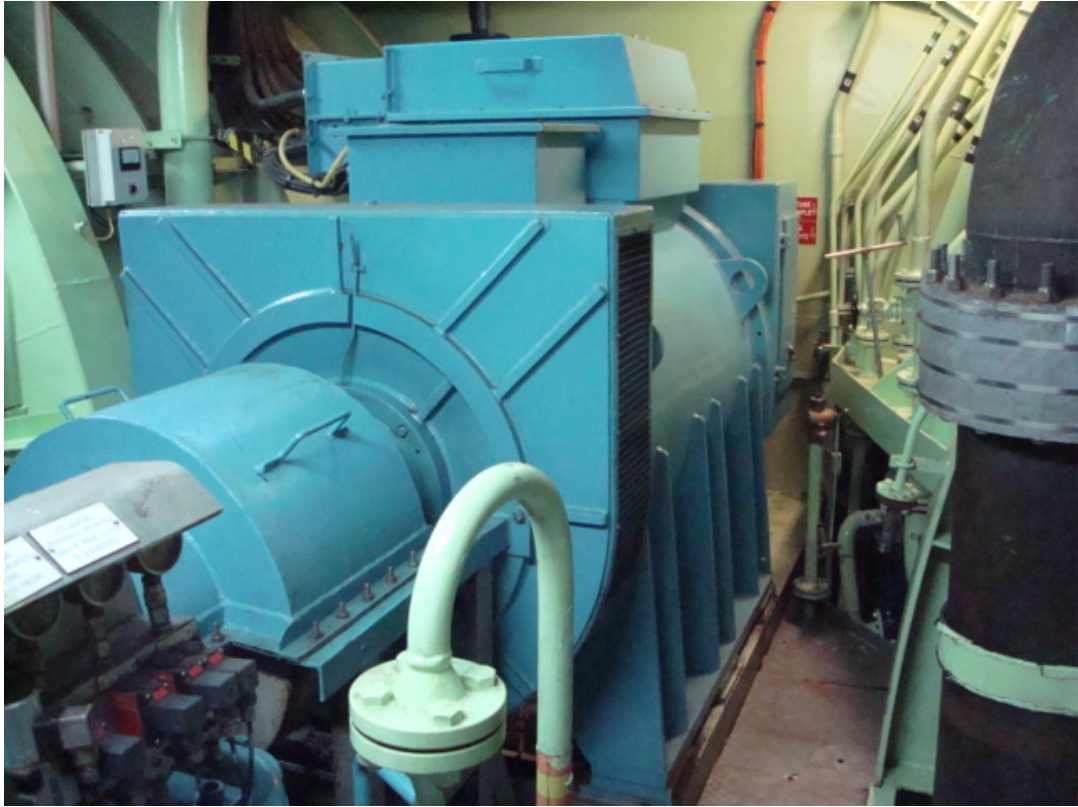


Kuva 8. TPS 52 E1 01 -ahdin huollossa ABB:n toimitiloissa (Neste Oil/Sami Niemelä)

#### 4.6 Akseligeneraattori

Aluksissa on AVK:n valmistama 1850 kilowatin tehoinen akseligeneraattori (kuva 9). Säästön kannalta on luonnollisesti järkevintä maksimoida akseligeneraattorin käyttö. Alusten akseligeneraattorit on varustettu niin kutsutulla Take me home -toiminnolla. Tämä tarkoittaa, että pääkoneen mahdollisessa vikatilanteessa akseligeneraattoria pystytään käyttämään sähkömoottorina ja siten pyörittämään potkuria apukoneiden tuottaman sähköän voimalla





Kuva 9. Futuran akseligeneraattori

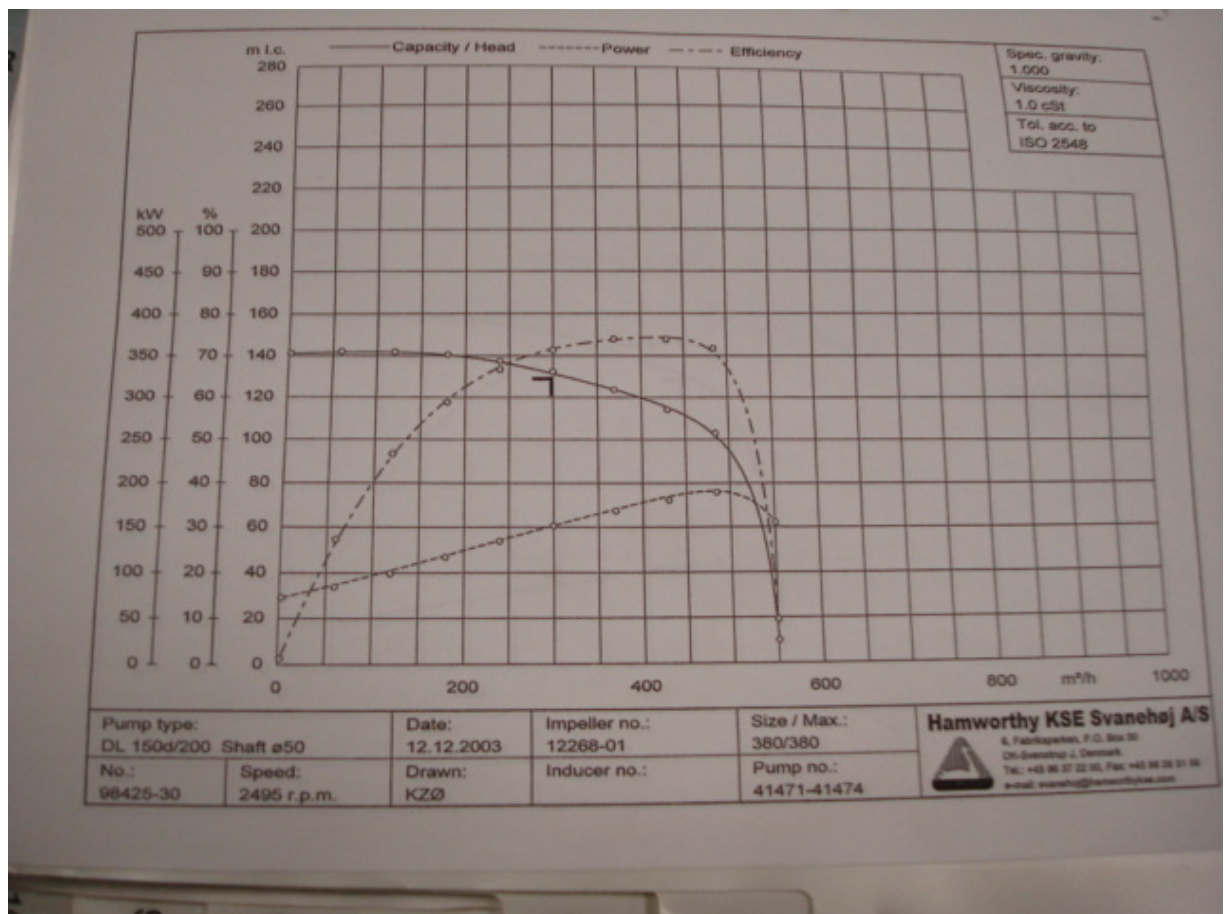
Energiataloudellisesti järkevää olisi käyttää akseligeneraattoria myös manoveeraustilanteissa. Tämä tapahtuu valitsemalla Valmarine-ohjausjärjestelmästä Manouvering spilt bus -ohjelma, jolloin automatiikka kytkee verkkoon kaksi apukonetta ja akseligeneraattorin. Tämä on lisäksi turvallisuustekijä, sillä päätaulu jaetaan kytkimellä kahteen osaan. Näin esimerkiksi keulapotkurin ylikuormitustilanteessa vain akseligeneraattori putoaa pois sähköverkosta apukoneiden jäädessä syöttämään sähköä kuluttajille, eikä tilanne aiheuta totaalista sähkön menetystä.

## 5 APULAITTEISTOT

Apulaitteistoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä aluksen pumppuja, paineilmajärjestelmiä sekä jäähdytysjärjestelmiä. Lastipumput ovat näistä ylivoimaisesti suurimpia energiankuluttajia. Muita merkittäviä kuluttajia ovat koneiden meri- ja jäähdytysvesipumput sekä pääkoneen voiteluöljypumput, jotka ovat Purha-luokan aluksissa sähkökäyttöiset.

## 5.1 Lastipumput

Purha-luokan alusten lastipumppuina on Hamworthy-Svanehoyn valmistamat syväkaivopumput. Ne ovat sähkömoottorikäyttöiset ja sähkömoottorien ohjaus hoidetaan taajuusmuuttajilla. Vaikka taajuusmuuttajakäyttö mahdollistaakin portaattoman pyörimisnopeuden säädön pumpuille, energiataloudellisesti on järkevintä ajaa mahdollisimman suurella kuormalla muutamaa pumppua kerrallaan, mikäli tämä vain on suinkin mahdollista. Näin pumput toimivat lähellä optimaalista toimintapistettä (kuva 10) ja energian kulutus on pienin mahdollinen suhteessa pumpun tuottoon.



Kuva 10. Lastipumppujen pumppukäyrä, josta on havaittavissa pumpun optimaalinen toiminta-alue

## 5.2 Merivesipumput

Alusten merivesijärjestelmässä on omat kahdennetut pumput sekä pää- että apukoneiden keskusjäähdyttäjille. Pääkoneen merivesipumput ovat taajuusmuuttajalla (kuva 11) ohjatut ja apukoneiden suoralla käynnistyksellä olevat.



Kuva 11. Pääkoneen merivesipumppujen taajuusmuuttajat

Pääkoneen merivesipumppujen teho on 42,5 kW ja apukoneiden vastaavasti 19,6 kW. Futurassa pääkoneen merivesipumppujen taajuusmuuttajien lähtöarvo on 66 % nimellistehosta. Tällä teholla yksi pumppu pitää jäähdytyksen kannalta riittävän, noin 1,8 baarin paineen putkistossa.

Seuraavassa on viitteellinen laskelma taajuusmuuttajan kannattavuudesta pääkoneen merivesipumppujen osalta. Taajuusmuuttajan sisäinen hyötysuhde on erittäin hyvä, ja tässä laskelmassa ei taajuusmuuttajan sisäisiä häviöitä ole otettu huomioon.

Ilman taajuusmuuttajaa energiaa kuluisi  $42,5 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 1020 \text{ kWh/vrk}$ .

Taajuusmuuttajan kanssa kulutus on  $(42,5 \text{ kW} \times 0.66) \times 24 \text{ h} = 673 \text{ kWh/vrk}$ .

Vuorokautta kohden energiankulutus pienenee siis 347 kWh. Yhden kilowattitunnin tuotanto aluksella maksaa suurin piirtein yhtä paljon oli kyseessä sitten akseligeneraattoriajo tai apukoneajo. Tämä johtuu siitä, että konetta joudutaan ajamaan vakiokierroksilla akseligeneraattoriajossa ja koneen polttoaineen kulutus on suurempi verrattuna siihen, että ajettaisiin muuttuvalla kierrosluvulla. Laskelmassa käytän apukoneella tuotetun sähkön hintaa.

Tonni MGO:ta maksaa Rotterdamissa 8.12.10 777\$ (Bunkerworld) .

Wärtsilä 6L20 -moottorin polttoaineen kulutus on 190 g/kWh

$$0,19 \text{ kg/kWh} \times 777 \text{ \$/1000 kg} = 0.14763\text{\$/kWh}$$

Kun energiankulutus pienei vuorokaudessa 347 kW, on taajuusmuuttajan tekemä rahallinen säästö 347 kWh/vrk  $\times$  0,14763\$/kWh= 51.2\$/vrk

Vuotta kohden säästö on tämän laskelman mukaan noin 18 700 \$

Yllä olevan laskelman perusteella voisikin olla järkevää rakentaa myös apukoneiden merivesipumppuihin taajuusmuuttajaohjaus. Taajuusmuuttajien hinnat ovat viime vuosien aikana halventuneet paljon, joten investointinakaan tämä ei olisi kovin suuri.

### 5.3 Ht- ja Lt-pumput

Koneiden pumppujen käytössä ovat säästömahdollisuudet luonnollisesti melko vähäiset. Aluksissa on omat kahdennetut pumppunsa kullekin jäähdytyspiirille. Kaikki muut paitsi apukoneiden Ht-pumput ovat suoralla käynnistyksellä olevia, sähkötoimisia keskipakoispumppuja. Pääkoneen Lt-jäähdytyspiirin pumput ovat teholtaan 24,5 kW ja pääkoneen Ht-piirin pumppujen tehot ovat 18,5 kW. Apukoneen Lt-piiri toimii samalla keskusjäähdytyspiirinä, jolla jäähdytetään muun muassa vesijäähdytteisiä ilmastointi- ja provianttikompressoreita. Näiden Aux-Lt-pumppujen tehot ovat 12,6 kW. Apukoneiden Ht-jäähdytyspumput ottavat käyttövoimansa koneiden vapaasta päästä hammaspyörävälityksellä ja pyörivät siksi vain koneiden käydessä. Energiansäästön kannalta Valmarine-ohjausjärjestelmässä olevan pumppujen ryhmäkäynnistyksen käyttö voi olla säästöjä lisäävä tekijä. Tällöin järjestelmä pysäyttää automaattisesti pääkoneen Ht-pumput, kun pääkone on



pysäytetty, ja inhimillisen unohduksen mahdollisuus, eli että pumput unohtuisivat päälle, sulkeutuu pois.

#### 5.4 Ilmastointi ja jäähdytys

Purha-luokan aluksissa on Yorkin toimittamat jäähdytyskompressorit ja ilmankäsittely-yksikkö. Lisäksi hytteihin ja yleisiin tiloihin menevissä ilmakeinavissa on sähköllä toimiva saattolämmitys. Ilmankäsittely-yksikössä on omat lämmönvaihtimet kesä- ja talvikäyttöä varten. Kesällä lämmönvaihtimissa kiertää kompressorin kylmäaine sekä talvella höyry (kuva 12).



Kuva 12. Novencon valmistama ilmankäsittely-yksikkö

Talvikäyttöä varten on ainakin Futuralle asennettu höyrynpaineen säätöventtiili (kuva 13), jolla pystytään suojaamaan yksikön höyrylämmönvaihdinta paineiskuilta sekä myös säästämään energiaa. Käytössä hyväksi havaittu lämmityshöyrynpaineen asetusarvo on 2,5-3 baaria. Ilmastointijärjestelmää käytettäessä on tärkeää pitää takaisinkiertoa päällä, jolloin talvella säästetään lämmitys- ja kesällä jäähdytyskustannuksissa. Hyväksi havaittu ilmankäsittelylaitokselta lähtevän ilman

lämpötila on +17 °C. Jäähdytyskompressoreiden säännöllisillä öljyn ja kylmäaineen määrän tarkastuksilla voidaan säästää. Mikäli esimerkiksi kylmäaine järjestelmässä vähenee, kompressorin käynti lisääntyy merkittävästi. Tämä voi jatkua pitkänkin aikaa, ennen kuin järjestelmästä tulee hälytys. Erittäin tärkeää on muistaa ilmata kompressorin öljynlisäyksen jälkeen.



Kuva 13. Futuralle asennettu ilmastoinnin lämmityshöyryn paineenalennusventtiili

## 5.5 Paineilmajärjestelmät

Aluksissa on normaaliin tapaan erilliset järjestelmät sekä työ- että käynnistysilmalle. Käynnistysilmakompressoreille ei säätösiipipotkurilla varustetuissa aluksissa tule kovin paljon tunteja, ja niiden sähkötehokin on melko alhainen, 7,8 kilowattia, joten energiankuluttajina ne eivät ole merkittäviä. Työilmakompressoreihin (kuva 14) sen

sijaan tunteja tulee reilusti, sillä toinen työilmakompressoreista käy jatkuvasti. Kompressorien tuotot on 300 Nm<sup>3</sup> tunnissa ja sähkömoottorien tehot on 35 kW, joten kyseessä on melko merkittävät energiankuluttajat. Energian säästämiseksi tulee kompressorien huollot tehdä ohjeen mukaan. Kyseessä on ilmajäähdytteiset ruuvikompressorit, ja siksi on erityisen tärkeää puhdistaa työilmakompressorin jäähdytin, joka likaantuu todella herkästi.



Kuva 14. Futuran työilmakompressorit

Jäähdyttimen likaantuminen vaikuttaa merkittävästi kompressorin tuottoon ja energiatehokkuuteen. Ilman riittävydessä saattaa esiintyä pieniä ongelmia Euroopan unionin satamissa, joissa raskasöljyn käyttäminen kattiloiden polttoaineena on vuoden 2010 alussa tulleiden määräysten mukaan kiellettyä. Siksi purkaussatamassa kaikki suuret ilmankuluttajat eli paineilmahajotuksella toimiva kattila, inertkaasugeneraattori sekä typpigeneraattori ovat samaan aikaan käytössä. Purha-luokan aluksissa kompressorit sijaitsevat konehuoneen ylätasolla, joka on niille liian kuuma paikka, vaikka aluksiin onkin rakenneltu lisäilmanvaihtoa. Esimerkkialus Futuralla mitattiin kesällä 2010 +70 °C lämpötiloja työilmakompressoreiden ympäristöstä, vaikka Tamrotorin manuaalin mukaan suurin sallittu asennusympäristön lämpötila on +40 °C. Kun lämpötila on näinkin paljon yli suositusten, näkyy se väkisinikin kompressorin

heikentyneenä tuottona. Ilmanvaihtoa on yritetty parantaa, mutta tulokset ovat olleet heikkoja. Yksi ratkaisu voisi olla jäähdytysilman poistokanavien muokkaus nykyistä paremmiksi. Toinen ratkaisu olisi työilmakompressoreiden sijoittaminen kerrosta alemmaksi, viileään ruorikonehuoneeseen, johon kompressorit mahtuisivat hyvin. Tällöin energiansäästöä syntyisi myös siitä, että esimerkiksi talviaikaan työilmakompressoreiden lämpö riittäisi lämmittämään koko ruorikonehuoneen, eikä nykyistä lisälämmitystä ruorikonehuoneessa tarvittaisi. Muita tärkeitä seikkoja energiataloudellisesti ovat mahdollisten vuotojen korjaus ilmajärjestelmissä sekä ilmankuivaimen säännöllinen tarkastus ja huolto.

## 5.6 Konehuoneen puhaltimet

Konehuoneen tuloilmapuhaltimia on kaikkiaan kolme kappaletta, joista kaksi on pääkonehuoneeseen ja yksi apukonehuoneeseen. Apukonehuoneen puhaltimen sekä toisen pääkonehuoneen puhaltimista saa pyörimään kahdella eri nopeudella. Puhaltimien käyttö tulisi optimoida siten, ettei konehuoneeseen syötetä ilmaa turhan takia. Esimerkiksi satamassa on järkevää sammuttaa toinen pääkonehuoneen puhaltimista, mikäli sääolosuhteet eivät ole poikkeuksellisen kuumat.

## 5.7 Ruoripumput

Ruoripumppuja käytettäessä tulee turha käyttö minimoida. Esimerkiksi ennen satamasta lähtöä pumput tulisi laittaa käyntiin vasta, kun aloitetaan ruoripumppujen testaus. Luotsiajoissa sekä muissa nopeampaa ohjailtavuutta vaativissa tilanteissa käytetään Solas-määräysten mukaan kahta ruoripumppua, ja normaalissa meriajossa on käytössä yksi pumppu.

## 6 HÖYRYN JA INERTKAASUN TUOTANTO

Höyryn ja inertkaasun tuotannot muodostavat merkittävän osan aluksen energiankulutuksesta. Purha-luokan aluksissa on kaksi kappaletta apukattiloita sekä pakokaasukattila. Inertkaasu tuotetaan erillisellä inertkaasun kehittimellä.



## 6.1 Apukattilat

Apukattiloina aluksissa on kaksi kappaletta VKK Standart Kessel -höyrykattiloita, joissa on polttimina Oilonin RT 12S -malliset polttimet. Laitoksen tuorehöyryn tuotto on 10000 kg tunnissa per kattila. Alun perin kattilat on suunniteltu käytettäväksi raskasöljyllä ja höyryhajotuksella. Nykyisten määräysten vuoksi Euroopan unionin alueella kattiloita joudutaan ajamaan kaasuöljyllä ja paineilmahajotuksella. Apukattiloiden paine on kuitenkin edelleen asetettuna höyryhajotuskäytön mukaisesti, ja sen laskeminen olisikin säästömielessä järkevää. Nykyään poltin käynnistyy, kun kattilan paine on 6,2 baaria, ja pysähtyy paineen ollessa 8,5 baaria (kuva 15).



Kuva 15. Kattilan kuormanohjauspaneeli

Paineilmahajotusta käytettäessä ei polttimen sytytys vaadi lainkaan höyrynpainetta. Siksi höyrykattilan minimipaine määräytyy suurimman lämmitystarpeen mukaan. Suurin vaadittava lämmityslämpötila on pääkoneelle syötettävän polttoaineen maksimilämpötila 115 - 120 astetta. Tästä seuraakin että polttimen raja-arvoja voitaisiin laskea alaspäin esimerkiksi niin, että poltin käynnistyisi noin 5 baarissa ja

pysähtyisi esimerkiksi 7 baarin kohdalla. 5 baarin paineisen tuorehöyryn lämpötila on vesihöyrytaulukon mukaan noin 145 astetta, eli se riittää lämmitys- sekä putkistohäviöt huomioon ottaen pitämään polttoaineen riittävän kuumana. Suorittaessani kenttäkokeita Futura-laiivan kattiloilla tulokset olivat erinomaisia. Säädin polttimeen kuormansäätöpaneelista polttimeen arvoihin 5,1 - 7 baaria. Tällä menetelmällä polttimeen käyntiaika väheni 12 tunnista 9 tuntiin vuorokaudessa, eikä mitään haittavaikutuksia ilmennyt. Tiedustelin kattilanvalmistaja Aalborgin jälkimarkkinointipäälliköltä Kim Block Kristenssenilta kattilan paineen alennuksen mahdollisista haittavaikutuksista esimerkiksi kattilan sisäisen korroosioon. Hänen mukaansa paineen alennus tuossa mittakaavassa ei aiheuta ongelmia

## 6.2 Pakokaasukattila

Normaaliarjossa pakokaasukattilan tuottama höyry riittää hyvin aluksen tarpeisiin. Ylijäämähöyry tai oikeammin ylimääräinen lämpöenergia hukataan lämmönvaihtimien kautta meriveteen. Tämä lauhdutin (dumpperi) on esimerkkialus Futuralla säädetty 8.5 baarin paineeseen. Pakokaasujen lämmöntalteenottokattilan pitäminen puhtaana parantaa sen höyryntuottoa ja ehkäisee lisäksi nokipalojen vaaraa. Purha-luokan aluksissa on automaattinen höyrynuohousjärjestelmä, joka Futuralla on asetettu toimimaan 4 tunnin välein 30 sekuntia kerrallaan. Lisäksi pakokaasukattilalle tulee suorittaa vesipesu painepesurilla kerran vuodessa.

## 6.3 Höyryputkistot

Kuumien putkistojen hyvällä eristämällä voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä. Purha-luokan alusten putkien eristykset oli alun pitäen tehty melko huonosti, ja vuosien saatossa eristysten likaantuessa ja toisinaan kastuessa on niiden eristyskyky entisestään heikentynyt. Siitä on syntynyt merkittävää lämmönhukkaa ja turhaa lämpöenergian kulutusta. Futuralla höyryputkien eristeitä on uusittu merkittävästi ja saavutettu näin säästöjä ja työolosuhteiden parantumista tilojen jäähtymisen ansiosta. Tärkeää energiansäästön kannalta on luonnollisesti myös höyryvuotojen paikallistaminen ja korjaaminen sekä lauhteenerottimien tarkastus ja tarvittaessa puhdistus tai vaihto uuteen.

## 6.4 Inertkaasugeneraattori

Inertkaasugeneraattori on tankkialuksissa melko suuri energian kuluttaja. Purhaluokan alusten inertkaasugeneraattorina on Air Productsin valmistama laitos, jonka kaasun tuotto on maksimissaan 3250 Nm<sup>3</sup>/ h. Energiatehokkuuden kannalta ongelmallisinta on, ettei kaikkea kaasua saada millään tankkeihin, vaan osa menee joka tapauksessa taivaalle. Purkaus- ja tankintuuletus tilanteissa tulisikin pyrkiä siihen, että inertkaasua ajetaan tankkiin mahdollisimman suurella teholla, jolloin hukka saataisiin minimoitua.

Lisäksi aluksissa on lastilinjojen puhallusta sekä tankkien lopputyhjennystä varten erillinen 50 Nm<sup>3</sup>:n typpigeneraattori, joka tuottaa typpeä paineilmasta erilliseen 10 m<sup>3</sup>:n typpisäiliöön.

## 7 POLTTOAINEET

Käytettävien polttoaineiden laadulla on huomattava vaikutus aluksen moottorien suorituskykyyn sekä luotettavuuteen. Huomioon otettava seikka on myös, että eri bunkkerierien laatu vaihtelut saattavat olla huomattavankin suuria. Esimerkiksi syksyn 2010 vuosineljänneksen aikana Neste Oilin aluksille otettujen HFO 380 -bunkkerien lämpöarvot vaihtelivat välillä 40,11 - 41,59 MJ/kg (liite 2), mikä tarkoittaa noin 3,5 %:n heittoa. Myös oikealla polttoaineen käsittelyllä on suuri merkitys aluksen energiatehokkuudelle.

### 7.1 Bunkraus

Bunkkeria otettaessa tulee saatu polttoainemäärä varmistaa siten, että polttoainetta on tullut varmasti tilattu määrä. Neste Shipping käyttää aluksissaan Det Norske Veritaksen bunker servicea. Se on maksullinen Det Norske Veritaksen varustajille tarjoama laboratoriopalvelu, jota käytetään varmistamaan, ettei bunkkerin laatu poikkea tilatusta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen vieraalta toimittajalta otetun polttoainetäydennyksen jälkeen lähetetään yksi näyte analysoitavaksi DNV:n laboratorioon. Sieltä saapuu laivalle muutaman päivän kuluessa raportti polttoaineen soveltuvuudesta sekä ohjeet kyseisen bunkkerierän käsittelylle. Ennen DNVPS-raportin saapumista polttoainetta ei tule käyttää.

## 7.2 Polttoaineen varastointi

Energiatehokkuuden kannalta on järkevää pitää polttoaineen varastointilämpötila mahdollisimman alhaisena (Lloyds register, 2009). HFO 380 -raskasöljyn ollessa kyseessä minimivarastointilämpötila on aina bunkkerierästä riippuen noin 40 astetta. Ihannetilanne olisi bunkkerin säilyttäminen noin 5 astetta sen ilmoitetun pienimmän pumppauslämpötilan yläpuolella. Erityisesti tällä on merkitystä aluksen ollessa satamassa, jolloin lämmityshöyry tuotetaan apukattilalla ja höyryn tuotanto on siksi kallista. Toinen vaihtoehto on säätää bunkkerin varastointilämpötilaa kulloisenkin ajotilanteen mukaan ja lämmittää bunkkeria lämpimämmäksi ajon aikana, kun höyry tuotetaan pakokaasukattilalla, ja satamaan tultua sulkea tankkeihin menevät höyryt. Tämä on luonnollisesti kaikista edullisin tapa lämmittää polttoainetta, mutta jatkuva höyryjen avaaminen ja sulkeminen rasittaa lämmitysslingoja enemmän ja se saattaa pitkällä aikavälillä aiheuttaa putkirikkoja.

## 7.3 Polttoaineiden käsittely

Raskasöljyn käsittelyä varten aluksilla on kaksi kappaletta Alfa Lavalin SU 400 –separaattoreita (kuva 16). Tärkeintä energiansäästön kannalta on huoltaa ne huolto-ohjelman mukaisesti. Tärkeää huoltojen ohella on suorittaa CIP-pesu separaattoreille 500 tunnin välein. Energiansäästön kannalta kannattaa pitää separaattorin syöttöpumpun tuotto vain hieman pääkoneen kulutuksen yläpuolella. Purha-luokan aluksissa tämä tarkoittaa syöttöpumpun asetusta noin 1,5 kuutioon tunnissa. Näin energiaa ei kulu turhaan polttoaineen kierrättämiseen ja myös separoidun polttoaineen laatu on parempi, kun separaattorin tuotto on pienempi. Myös polttoainekoneikon pumppujen kuntoa on hyvä tarkkailla ja polttoainesuodattimet tulee pitää puhtaina. Erittäin tärkeää on myös pitää koneelle syötettävän polttoaineen viskositeetti sekä polttoaineen lämpötila oikeina ja kunkin bunkkerierän sekä koneiden valmistajan suositusten mukaisina.





Kuva 16. Futuran raskasöljyseparaattorit

## 8 ASUINTILAT

Asuintilojen energiankulutus jää tankkialuksilla vähäisestä henkilöstömäärästä johtuen melko alhaiseksi. Suurimpana kuluttajana asuintilojen osalta voidaan pitää asuintilojen ilmastointia sekä lämmitystä talvisin ja jäähdytystä kesäisin. Proviantin jäähdytys on myös merkittävä energian kuluttaja.

### 8.1 Keittiö ja proviantti

Aluksen keittiössä pystytään energiaa säästämään kytkemällä hellat, uunit ja muut sähkölaitteet pois päältä aina, kun niitä ei käytetä. Odettaessa alukseen provianttitäydennystä, tai kun tehdään provianttihuoneiden inventaariota, tulisi ilmoittaa asiasta konehuoneeseen, jolloin voidaan kytkeä jäähdytys pois kylmätiloista.

Lisäksi mikäli alukselle on asennettu erilliset jää- ja pakastinkaapit, niiden lauhdutinpuhaltimien säännöllisellä imuroinnilla voidaan saavuttaa energiansäästöä.

## 8.2 Hytit ja yleiset tilat

Yleisissä tiloissa on energian säästön sekä paloturvallisuuden takia tärkeää pitää aina kaikkia ulko-ovia suljettuina. Avattavia ikkunoita Purha-luokan aluksista löytyy vain komentosillalta, ja niitäkin tulee pitää suljettuina, ainakin silloin kun komentosillan jäähdytysilmakompressori on toiminnassa.

## 8.3 Valaistus

Aluksen yleisissä tiloissa valot palavat turvallisuustekijöiden takia jatkuvasti. Valaistuksessa säästökohteita on runsaasti energiaa kuluttavista hehkulamputa luopuminen ja niiden korvaaminen energiansäästölamputa tai loistevalaisimilla. Myös erilaisten merkkilamppujen korvaaminen led-valoilla tuo pieniä säästöjä, koska aluksella merkkilamppuja on hyvin runsaasti. Valojen sammutus omasta hytistä sen ollessa tyhjillään on myös hyvä säästökeino.

## 9 LOPPUYHTEENVETO

Työn tekeminen osoittautui monilta osin suhteellisen helpoksi, koska laitteet ja työympäristö, joista työtäni tein, olivat jo valmiiksi tuttuja. Melko pieniin kokonaisuuksiin pirstottu työn rakenne helpotti mielestäni myös työn mekaanista suorittamista. Näin oli helppo keskittyä aina yhteen kokonaisuuteen kerrallaan.

Tavoitteet, joita työlle oli asetettu, toteutuivat suhteellisen hyvin, ainakin työhön käytettävissä olleeseen aikaan nähden. Tosin työn todellinen käytettävyys selviää vasta, kun varsinaista energiansäästömanuaalia aletaan tehdä. Varsinaisten tulosten analysoiminen helpottuu myös pidemmällä aikajänteellä, kun pystytään vertailemaan tuloksia esimerkiksi vuositasolla.

Merkittävimpana säästöideana tässä opinnäytetyössä pidän kattiloiden painerajojen alentamista. Siitä aiheutuneet säästöt eivät ole vielä kovin luotettavia, koska aluksen

höyrynkulutus on kasvanut merkittävästi siitä, mitä se oli syksyllä 2010. Kuitenkin puhutaan useammasta sadasta litrasta vuorokautta kohden, joten säästöä voidaan pitää merkittävänä. Jatkan tämän opinnäytetyönkin jälkeen tutkimustyötä tästä asiasta.

Toisena merkittävänä seikkana pitäisin apukoneen merivesipumppujärjestelmien taajuusmuuttajien hankintaa. Tosin sen kannattavuus täytyy laskea aluksen tulevan käyttöön mukaan, koska investointi on kuitenkin melko kallis, eivätkä alukset ole enää uusia. Uudisrakennusta suunniteltaessa investointi olisi ehdottomasti kannattava. Muita ideoita lähinnä uudisrakennusta ajatellen on työilmakompressorien sijoitus viileämpään paikkaan, ja suosittelisin vesijäähdytteisiä työilmakompressoreita niiden helpon huollettavuuden ja paremman jäähdytystehon ansiosta.

Kaikista suurimpana tähän opinnäytetyöhön liittyvänä hyötynä pidän ajatusmaailmani kehittymistä entistä energiatehokkaampaan suuntaan. Tätä pystyy varmasti hyödyntämään tulevien työvuosien aikana, sillä pienilläkin ideoilla pystytään tekemään suhteellisen isojaikin säästöjä pitkällä aikajänteellä ajateltuna.

## LÄHTEET

Bunkerworld. Polttoaineen hintatiedot. Saatavissa:  
<http://www.bunkerworld.com/prices/> . [Viitattu 8.12.2010].

Det Norske Veritas. 2010. DNVPS Quarterly report Neste

Lloyds Register. 2009. Kiisla Energy Conservation manual

Neste Oil. 2003. Futura/Neste alustietolomake

Neste Oil. 2010. Yhtiön Energiapolitiikka. Sami Niemelä

Wärtsilä. 2008. Neste technical day 3.12.2008 report

## Haastattelut:

Salmi, Jussi. Kapteeni M/T Futura, Merellä 30.9.2010

Säntti, Oskari, Konetarkastaja Neste OIL, Espoo 30.11.2010



# OPERATION DATA RECORD

Cr

Service, Wärtsilä Finland Oy

Engine section: 01 Main and Operating Data      Engine type: **All**      Ref.: WNSFI-S      Date: 21.9.2000      Issue: 3      Document No.      Page: 1(1)

Date:	Time:	Installation / ship:	MT Futura	Engine type:	6L20	Engine number:	22143
Output % of nominal %:	Alternator load [kW]:		Methane number (gas):				
Engine speed (Rpm):	Operating h [hrs]:		Gas demand (GD) [%]:				
Load indicator position:		Fuel demand (GD) [%]:					

Cylinder values:	Cyl.	Exh. Temp [°C]	Fuel rack pos. [mm]	Firing pressure		Cylinder liner temp [°C] <sup>1)</sup>	Gas timing [°] BTDC	Main gas valve dur. % of nominal	Knock margin [°]	Main bearing temp. °C		
				[bar]	[Δp] (GD)					No. 0		
Cylinders A-bank (or in-line engine)	A1									1		
	A2									2		
	A3									3		
	A4									4		
	A5									5		
	A6									6		
	A7									7		
	A8									8		
	A9									9		
	A10									10		
Mean values A-bank											11	

Cylinder values:	Cyl.	Exh. Temp [°C]	Fuel rack pos. [mm]	Firing pressure		Cylinder liner temp [°C] <sup>1)</sup>	Gas timing [°] BTDC	Main gas valve dur. % of nominal	Knock margin [°]	Main bearing temp. °C		
				[bar]	[Δp] (GD)					No. 0		
Cylinders B-bank	B1											
	B2											
	B3											
	B4											
	B5											
	B6											
	B7											
	B8											
	B9											
	B10											
Mean values B-bank												

Exh. Temp b/a turbocharger [°C]											1) Highest cylinder liner temperature value	
Turbocharger speed A/B [Rpm]											LT-water pressure/ Static pressure [bar]	
Turbocharger air inlet temp. [°C]											HT-water pressure/ Static pressure [bar]	
Charge air temp. [°C]											Lube oil pressure [bar]	
Charge air pressure (receiver) [bar]											Pressure drop lube oil filter [bar]	
LT-water temp. b/a air cooler (A/B) [°C]											Crankcase pressure [mbar]	
LT-water temp. after lube oil cooler [°C]											Charge air cooler pressure drop A [Pa or mm H2O]	
LT-water temp. b/a central cooler/radiator [°C]											Charge air cooler pressure drop B [Pa or mm H2O]	
Raw water temp. b/a cooler [°C]											Nozzle coolant temp. b/a engine [°C]	
HT-water temp. b/a engine [°C]											Nozzle coolant pressure b/a engine [bar]	
HT-water temp. b/a turbocharger A [°C]											Starting air pressure on engine [bar]	
HT-water temp. b/a turbocharger B [°C]											Barometric pressure [mm Hg]	
HT-water temp. b/a central cooler/radiator [°C]											Air temp. at radiator [°C]	
HT-water temp. b/a air cooler (A/B) [°C]											Alternator winding temp. [°C]	
Lube oil temp. before engine [°C]											Alternator bearing temp. DE/NDE [°C]	
Lube oil temp. b/a cooler [°C]											Alternator coolant temp. b/a [°C]	
Fuel oil temp. in to engine [°C]											Gas temp. before compressor/ before engine [°C]	
Fuel oil pressure [bar]											Gas pressure before compressor/ before engine [bar]	
Fuel viscosity at 50°C before engine [cSt]											Gas pressure before gas regulating unit [bar]	
Fuel density at 15°C [kg/l]											Seal oil pressure [bar]	
Charge air filter pressure drop (A/B) [mBar]											Wastegate pos. [%]	

a= after, b= before, A= A-bank, B= B-bank, DE= driving end, NDE= non-driving end

Date of measurement: \_\_\_\_\_ Place: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_

## Liite 2

Vessel	Sample Number	ST	Port	Bunker Date	Supplier	Grade	Qty	BDR Sul	BDR Den	Den	Visc @50	H2O	MCR	S	TSP	Ash	V	Na	Al	Si	Fe	Ni	Ca	Mg	Pb	Zn	P	NSE	IGN	Den Diff
FUTURA	OSL1010703	V	MUUGA	#####	BOMINFLOT	RMG380	350	1,00	983,0	984,0	369,9	0,1	11,7	1,00	<0.01	0,04	30	11	10	12	13	10	35	2	<1	1	<1	40,91	845	0,36
FUTURA	OSL1011871	V	OFF SKAW	10-elo-10	STENA	RMG380	200	2,23	990,0	990,9	391,8	<0.10	16,5	2,20	0,04	0,04	152	24	1	2	20	49	1	<1	<1	<1	<1	40,48	852	0,18
FUTURA	OSL1011877	V	OFF SKAW	10-elo-10	STENA	RMG380	190	0,99	990,0	988,6	369,9	<0.10	11,8	0,99	0,02	0,02	29	17	13	13	8	17	6	2	<1	<1	<1	40,91	850	-0,27
FUTURA	OSL1013157	V	GOTHENBURG	08-syys-10	TOPOIL	RMG380	220	2,23	990,0	990,3	369,9	<0.10	16,1	2,29	<0.01	0,04	135	19	3	4	22	43	2	<1	<1	1	1	40,46	852	0,07
FUTURA	OSL1013158	V	GOTHENBURG	08-syys-10	TOPOIL	RMG380	380	0,98	990,0	988,0	370	<0.10	11,7	0,96	0,01	0,02	20	12	16	14	8	14	4	1	<1	<1	1	40,93	849	-0,77
JURMO	OSL1009729	V	PRIMORSK	#####	GAZPROM	RMG380	350	0,94	960,8	961,2	295,7	0,2	9,3	0,96	<0.01	0,02	28	13	10	15	13	18	5	<1	<1	<1	<1	41,20	825	0,15
JURMO	OSL1010255	V	MONGSTAD	#####	STATOIL	RMG380	300	0,96	989,6	990,2	376,8	<0.10	12,1	0,96	0,01	0,01	35	6	5	6	14	20	4	<1	<1	<1	<1	40,90	851	0,18
JURMO	OSL1011121	V	OFF SKAW	#####	TOPOIL	RMG380	301	0,98	990,0	988,5	354	<0.10	11,4	0,97	0,01	0,03	27	14	18	17	9	16	7	2	<1	<1	<1	40,91	850	-0,46
JURMO	OSL1012287	V	GOTHENBURG	17-elo-10	TOPOIL	RMG380	412	0,98	990,0	991,3	335,2	<0.10	10,8	0,96	0,03	0,03	28	14	25	21	10	20	6	2	<1	<1	<1	40,88	854	0,54
JURMO	OSL1013224	V	ST. PETERSBURG	30-elo-10	COMTRADE	RMG380	165	0,98	943,0	947,2	138,3	0,2	7,1	0,95	0,06	0,03	22	17	5	8	17	12	29	2	<1	1	2	41,38	820	0,73
JURMO	OSL1013821	V	ST. PETERSBURG	19-syys-10	LUKOIL	RMG380	400	0,97	940,5	940,0	114,1	0,1	6,5	1,00	0,02	0,03	29	21	4	6	40	16	10	1	<1	1	1	41,50	815	-0,21
KIISLA	OSL1010446	V	PORVOO	#####	NESTE	RMG380	210	0,97	989,3	987,9	328,1	<0.10	11,2	0,96	0,04	0,03	36	14	16	13	17	20	9	7	<1	1	<1	40,92	850	-0,30
KIISLA	OSL1013537	V	NAANTALI	15-syys-10	NESTE	RMG380	207	0,96	986,8	984,9	347,4	<0.10	11,3	0,99	0,03	0,02	34	11	8	6	16	18	4	11	<1	<1	1	40,96	847	-0,40
MASTERA	OSL1009658	V	PRIMORSK	#####	UNKNOWN	RMG380	400	1,44	950,5	951,4	247,7	0,2	6,9	1,24	<0.01	0,02	26	17	1	3	25	12	5	1	<1	<1	<1	41,26	817	0,38
MASTERA	OSL1010712	V	PRIMORSK	#####	LUKOIL	RMG380	600	0,97	946,3	938,4	109,3	0,2	5,4	1,01	<0.01	0,02	22	20	2	3	28	11	5	<1	<1	<1	<1	41,49	814	-5,01
MASTERA	OSL1011477	V	PRIMORSK	06-elo-10	GAZPROM	RMG380	300	0,95	954,2	955,6	262,3	0,2	8,0	0,97	0,01	0,02	26	10	4	6	10	16	15	<1	<1	<1	<1	41,30	821	0,44
NESTE	OSL1009089	V	ST. PETERSBURG	25-kesä-10	LUKOIL	RMG380	450	0,97	935,0	935,2	104	0,1	6,2	1,00	<0.01	0,01	27	22	2	3	36	16	4	<1	<1	<1	<1	41,59	811	0,10
NESTE	OSL1010551	V	ST. PETERSBURG	#####	TRANSB. NOVO	RMG380	350	0,95	956,9	957,6	271,3	0,2	8,9	0,98	0,01	0,02	28	12	3	7	14	19	5	<1	<1	1	<1	41,26	822	0,26
NESTE	OSL1012302	V	ST. PETERSBURG	22-elo-10	GAZPROM	RMG380	600	0,90	950,6	951,5	236,6	<0.10	7,6	0,92	<0.01	0,02	24	8	2	4	10	16	4	<1	<1	<1	<1	41,44	818	0,57
NESTE	OSL1013719	V	OFF SKAW	17-syys-10	O.W.BUNKER	RMG380	400	0,92	989,4	985,1	324,5	0,1	11,1	0,90	<0.01	0,03	27	10	16	14	13	20	10	1	<1	<1	<1	40,94	848	-1,74