

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma /merenkulkualan insinööri

Saila Piippo

LAIVAN KULKU JA POLTTOAINETALOUS

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkualan insinööri

PIIPPO, SAILA

Laivan kulku ja polttoainetalous

Insinööriyö

41 sivua + 36 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Ari Helle

Toimeksiantaja

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Kymi Technology
T&K -osaamiskeskittymä, Neste Shipping Oy

Kevät 2011

Avainsanat

polttoaineet, laivatekniikka, kustannukset, optimointi, konehuoneet, varustamot

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia mahdollisia ajotapoja, joilla pystyttäisiin vähentämään ja säätelemään alusten polttoainekustannuksia. Työn tavoitteena oli tarkastella pääkoneen käytön kannalta tapahtuvaa polttoainekustannussäästöä. Työ tehtiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun SAFGOF-hankkeen toimeksiannosta. Työssä on tarkasteltu vaihtoehtoja ja käytäntöjä käyttäen esimerkkiläivana Neste Shippingin M/T Palvaa. Työ toteutettiin seuraamalla aluksen polttoaineen kulutusta usean vuoden ajalta sekä esimerkkimatkan avulla.

Työssä on käytetty tietopohjana koneenvalmistajan tietoja sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Havainnot ovat pääasiassa laivahenkilökunnan omakohtaisia ja kokemusperäisiä. Johtopäätökset eivät sisällä suoria teknisiä vastauksia. Aluksia tulee tarkastella yksilöllisesti ja jokaiselle alustyypille suorittaa omanlaisensa testiajot ja laskelmat. Työtä varten haastateltiin aluksella työskentelevää henkilökuntaa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Marine Technology

PIIPPO, SAILA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

Spring 2011

Keywords

Ship's running and Economic Fuel Consumption

41 pages + 36 pages of appendices

Ari Helle, Lecturer

Kymenlaakso University of Applied Sciences -Kymi
Technology T&K, Neste Shipping Oy

fuel oil, marine technology, costs, optimization, engine
rooms, ship owners

The aim of this Bachelor's thesis was to study possible drive methods that could reduce and regulate vessel's fuel expenses. The objective of the thesis was to study the conventions of the main engine operation that have an effect on fuel expenses. The thesis was written in co-operation with Kymenlaakson ammattikorkeakoulu SAFGOF project. The alternatives and conventions presented in the thesis were examined the aspect of M/T Palva vessel where her operation territories. The study was accomplished by observing the vessel's fuel consumption during several years and by performing a sample trip.

Machine manufacturer data and documents were used for the thesis. The perceptions are premised mainly vessels crew's experiential and are consequently subjective. There are no direct technical answers in conclusions. Vessels should be considering individually and own trial run and calculations should accomplish to each type of vessels.

ALKUSANAT

Insinööri työ on tehty Neste Shipping Oy:lle osana SAFGOF- hanketta. Työn aiheena oli tutkia polttoaineen kulutuksen optimointia erilaisten ajotapojen avulla.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puolesta työn valvovana ohjaajana toimi Ari Helle.

Haluan kiittää kaikkia työn teossa tukeneita.

Kotkassa 11.4.2011

Saila Piippo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	TAUSTAORGANISAATIO	8
	2.1 Neste Shipping Oy	8
	2.2 M/T Palva	8
3	ALUKSEN SUUNNITTELU	9
	3.1 Aluksen valinta	10
	3.2 Koneiston valinta	10
4	LAIVAN KULKUVASTUS JA TEHONTARVE	11
	4.1 Yleisesti	11
	4.2 Kulkuvastus	12
	4.3 Nopeuspainuma	13
	4.4 Voimakoneiden kehitys	13
5	ULKOISTEN OLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSET	15
	5.1 Sääkartta	15
	5.1.1 Esimerkki reittivalinnasta	16
	5.2 Liikennöintialue	19
	5.3 Ympäristövaikutukset	20
6	LAIVAN POHJAN JA KULKUASENNON VAIKUTUKSET	20
	6.1 Trimmi	20
	6.2 Pohjan likaantuminen	21
	6.3 Kavitaatio	22
	6.4 Maalit	22
7	KONEISTOT	23
	7.1 Propulsio	23

7.1.1	Säätösiipipotkuri	23
7.1.2	Potkurin nousu	25
7.2	Ahtaminen	26
7.3	Polttoaineen käsittely	27
7.3.1	Polttoaineen varastointi	27
7.3.2	Separaatorit	28
7.4	Polttoainelaitteiden kunto ja huollon vaikutukset	29
8	MIHIN LAIVALLA VOIDAAN VAIKUTTAA	30
8.1	Taloudellinen nopeus	30
8.2	Huollon tarve	30
8.3	Telakointi	31
8.3.1	Muutostyöt	32
9	REFERENSSILAIVA	32
9.1	Taulukointi	32
9.2	Esimerkkimatka	35
10	YHTEENVETO	38
	LÄHTEET	
	LIITTEET	
	Liite 1. SMHI Seaware Routing, sääkarttaohjelma	
	Liite 2. Ecdis, karttaohjelma	
	Liite 3. NAPA, lastiohjelma	
	Liite 4. HEMPEL, hinaustutkimusprojektin yhteenveto	
	Liite 5. Separaattorin toimintakuva	
	Liite 6. IMO Technical file, aluksen tiedot	
	Liite 7. MAN B&W, kiertokirjeet 2007, 2008 & 2009	

1 JOHDANTO

Työ käsittelee laivojen polttoaineen kulutusta sekä mahdollisuuksia, joilla saataisiin vähennettyä kulutusta. Lähtökohtana työssä on laivalla työskentelevien omat näkemykset ja kokemukset sekä käytännön esimerkit.

Maailmalla vallitsevan taloudellisen tilanteen takia yhä useampi varustamo haluaa vähentää välttämättömiä päivittäisiä kuluja. Polttoaineen kulutuksen vähentäminen tulee varmasti monelle ensimmäisenä mieleen. Toimenpiteet ja säädöt eivät välttämättä ole yksiselitteisiä ja helppoja, joten ennen toimia on mietittävä seuraukset ja lisäkustannukset. Jos aluksella ei ole säännöllistä liikennettä ja aikataulut ovat joustavat, koneen tehoja laskemalla ja aluksen kulkunopeutta laskemalla voidaan saada aikaan säästöjä polttoaineen kulutuksessa.

Tarkoituksena ei ole puuttua laivan rakenteellisiin seikkoihin eikä tehdä mitään suuria muutoksia. Työssä kuitenkin käsitellään laivan suunnittelua rakennusvaiheessa ja erilaisten muotojen vaikutusta aluksen kulkuun. Lähtökohtana on pohtia tapoja, joita voitaisiin tehdä aluksen miehistön voimin. Nämä asiat liittyvät yleisesti ottaen huoltoihin, niiden tärkeyteen ja ennaltaehkäisevään kunnossapitoon. Näillä pienillä teoilla voi kuitenkin olla suuri vaikutus vuotuisella tasolla.

Yleensä polttoaineen kulutukseen liittyviä asioita voi pohtia vain teoriatasolla, koska rahtaaja usein määrää vauhdin, jolla laivan tulee liikkua lastissa ollessaan. Niin sanottuja testiajoja on mahdollisuus suorittaa, jos alus saapuu takaisin Eurooppaan painolastissa eikä seuraavasta rahtauksesta ole määrätty päivämäärää. Tällöin on mahdollista pienentää kierroksia ja nopeutta ja hakea alukselle taloudellinen ajotapa. Aluksen ollessa lastissa tämä ei ole mahdollista aikataulujen puitteissa.

Pääkoneiden osalta työssä tarkastellaan kaksitahtiristikappalekoneiden toimintaa ja säätöjä.

Työn aihe vaikutti mielenkiintoiselta sitä valitessani. Työn edetessä ongelmaksi muodostui aihepiirin vähäinen saatavilla oleva kirjallinen materiaali. Työskennellessäni kohdealuksella sain koneen valmistajan kirjallisuutta käyttöni ja käytännön esimerkkien avulla todenmukaista kuvaa.

Opinnäytetyö on osa SAFGOF-tutkimushanketta, jonka tarkoituksena on tutkia Suomenlahden meriliikenteen kasvunäkymiä vuosina 2007 - 2015 sekä kasvun vaikutuksia ympäristöön ja kuljetusketjujen toimintaan. Neste Shipping Oy on tilannut työn hankkeen kautta.

Työn lukijalla olisi hyvä olla merenkulullista tietämystä ja ymmärrystä aiheesta, jotta hänen olisi helpompi sisäistää työn sisältö.

2 TAUSTAORGANISAATIO

2.1 Neste Shipping Oy

Neste Oil Oyj on korkealaatuisiin polttoaineisiin keskittyvä jalostus- ja markkinointiyhtiö. Yhtiö toimii sekä öljynjalostuksessa että huippulaatuisen uusiutuvista raaka-aineista valmistetun dieselin tuotannossa. Porvoossa ja Naantalissa sijaitsevien öljynjalostamoiden raakaöljyn jalostuskapasiteetti on yhteensä noin 260 000 tynnyriä päivässä. (1)

Neste Shipping tukee Neste Oilin muita liiketoimintoja hoitamalla raaka-aineiden ja tuotteiden merikuljetukset. Se kuljettaa raakaöljyä, öljytuotteita ja kemikaaleja noin 40 miljoonaa tonnia vuodessa. (1)

Neste Shippingillä on käytössä yli 30 alusta, joiden kokonaiskantavuus on yli miljoonaa tonnia. Kaikki alukset on rekisteröity korkeimpaan suomalais- ruotsalaiseen jääluokkaan. (1)

2.2 M/T Palva

M/T Palvan toimialue on enimmäkseen Euroopan ja Yhdysvaltojen itärannikon sekä Meksikonlahden välillä. Aluksella ei ole mitään vakiolinjaa, joten se kuljettaa lastinsa niin sanotusti hakurahtina. Alus on yhteisomistuksessa ruotsalaisen Stena Bulkin kanssa ja seilaa Suomen lipun alla. Alus on rakennettu Kroatiaassa ja lähtenyt telakasta ulos keväällä 2007. (1)



Kuva 1. M/T Palva

Tyyppi:	tuote-/kemikaalitankkeri
Vetoisuus:	74 999 t
Pituus:	228,50 m
Leveys:	20,45 m
Max. syväys:	14,70 m
Jääluokka:	1A
Pääkone:	Brodosplit-MAN-B&W 6560 MC-C, 13 650 kW, 105 r/min.
Apukoneet:	3 x Brodosplit-MAN-B&W GL 23/30 (H), 910 kW.
Propulsio:	KaMeWa (1)

3 ALUKSEN SUUNNITTELU

Uutta alusta suunniteltaessa ja tilattaessa on helppo heti alkutilanteessa kiinnittää huomiota seikkoihin, jotka vaikuttavat polttoainetalouteen ja aluksen kulkuvastukseen. Telakoiden suunnittelijoilla ja insinööreillä on näkemys ja tietämys siitä, miten asiakkaan toiveisiin ja vaatimuksiin kannattaa vastata.

Lähtökohta suunnittelulle on aluksen tarve yhtiölle. Mihin yhtiö alusta tarvitsee? Liikennöintialue, nopeus sekä lastikapasiteetti ovat tärkeitä tekijöitä. Tiettyjä rajoituksia suunnittelulle tuovat lait. IMO:n myötä rajoituksia on tehty koskemaan alusturvalli-

suutta sekä ympäristön suojelemiseksi. SOLAS ja MARPOL määrittävät tietyt aluksen rakenteita ja putkistoja sekä turvallisuutta koskevat rajoitukset. Määräykset ja lait on otettava laivan rakentamisessa tarkasti huomioon, jotta alus pääsee tarkastuksista läpi ja pystyy harjoittamaan toimintaansa. IMO:n myötä aikaisemmin käytetyistä alusten TBT-pohjaisista runkomaaleista on luovuttu ja käyttöön on kehitelty ominaisuuksiltaan samanlaisia ympäristöystävällisiä maaleja.

3.1 Aluksen valinta

Kun tiedetään tarkoitus, johon alusta aletaan rakentaa, voidaan aloittaa rungon suunnittelu. Telakoilla on yleensä tietyt sarjamallit, joita asiakas voi käyttää. Mallien hyvänä ominaisuutena on, että asiakas tietää valmiiksi, mitä tilaa. Hinta on yleensä tiedossa heti eikä lisäkustannuksia suunnittelusta tule. Jos alukselle halutaan tehdä muutoksia, jokainen muutos maksaa. (2, s. 82)

Vaihtoehtona on myös suunnitella kokonaan uudenlainen alus. Tällöin kaikki halutut ominaisuudet voidaan suunnitella alusta pitäen eikä valmiina olevaa mallia tarvitse muuttaa. (2, s. 82)

Tärkein tieto alusta valittaessa on liikennöintialue. Tieto tulevien väylien koosta ja syväyksistä vaikuttaa aluksen kokoon. Haluttu jääluokka vaatii myös huomiota. Tärkeä tieto on myös lasti. Millaista lastia kuljetetaan ja kuinka suuria määriä? Näiden tietojen pohjalta suunnitellaan rungon muoto. (2, s. 82-83)

Haluttujen ominaisuuksien pohjalta suunnitellaan asiakkaan tarpeeseen tuleva alus ja lasketaan vakavuus sille sekä lastissa että painolastissa. Pienoismallien sekä 3D-mallinnusten avulla voidaan testata aluksen kulkuvastusta ja vakavuutta. (2, s. 86-87)

3.2 Koneiston valinta

Myös koneiston valinnassa liikennöintialue on merkittävä tekijä. Kun tiedossa on, mitä koneelta vaaditaan, voidaan alkaa valita konevaihtoehtojen väliltä. Käyttötarpeen mukaan valitaan hitaan ristikappalekoneen, keskinopean ja nopean dieselkoneen väliltä. Valitaan pääkoneiden sekä potkureiden määrä tarpeen mukaan. Suunnitellaan ja valitaan propulsiojärjestelmä, halutaanko kiinteäsiipinen vai säätösiipinen potkuri, tarvitaanko keulapotkuria vai pärjätäänkö ilman.

Tarpeesta riippuen valitaan haluttu polttoainelaatu, jota käytetään. Dieselöljy on käytöstävällisempää ja vaatii vähemmän oheislaitteita järjestelmään, mutta se on kallista. Raskas öljy on käytössä likaisempaa ja vaatii oheislaitteita, kuten lämmitystä ja useampia suodattimia, mutta on halvempaa. Uudet päästövaatimukset ovat erittäin tiukat, ja niiden rajat on syytä ottaa huomioon polttoaineen laatua valittaessa.

Koneistoa valittaessa on syytä tarkastella koneenvalmistajan intressejä polttoainetalouteen ja mitä se on tehnyt vähentääkseen kulutusta. Koneenvalmistajilla on usein myös lisäpalveluja, joiden avulla voidaan lisämaksusta vaikuttaa kulutukseen. Valinnassa on syytä kiinnittää huomiota myös huoltokustannuksiin.

4 LAIVAN KULKUVASTUS JA TEHONTARVE

4.1 Yleisesti

Polttoaineen kulutukseen vaikuttavat monet tekijät, kuten pääkoneiden määrät ja tehot. Palamisprosessin optimoinnilla ja huippupaineen kohottamisella pyritään korkeaan teholliseen keskipaineeseen ja pieneen ominaiskulutukseen. Polttoaineen ominaiskulutus on polttoaineen massavirran ja akselitehon suhde.

Myös aluksen rakenteella on merkittävä vaikutus esimerkiksi siihen, kuinka alus ottaa vaikutteita vallitsevista sääolosuhteista. Myös vesialueella ja syvyydellä on vaikutusta polttoaineen kulutukseen.

Pääkoneiden lukumääräkin vaikuttaa kulutukseen. Tilanteessa, jossa pääkoneita on esimerkiksi neljä kappaletta, on pohdittava optimaalinen määrä, joita käytetään yhtäaikaisesti.

Polttoaineen kulutuksen vähentämiseen pyritään vaikuttamaan ajotavoilla ja säädöillä, jotka pystytään itse tekemään. Tarkoitus ei ole puuttua tehtaan asettamiin pääkoneen säätöihin. Ei ole myöskään tarkoitus tehdä mitään suuria investointeja ja kalliita muutoksia, kuten potkurin uusimista tai muuta vastaavaa suurta toimenpidettä.

4.2 Kulkuvastus

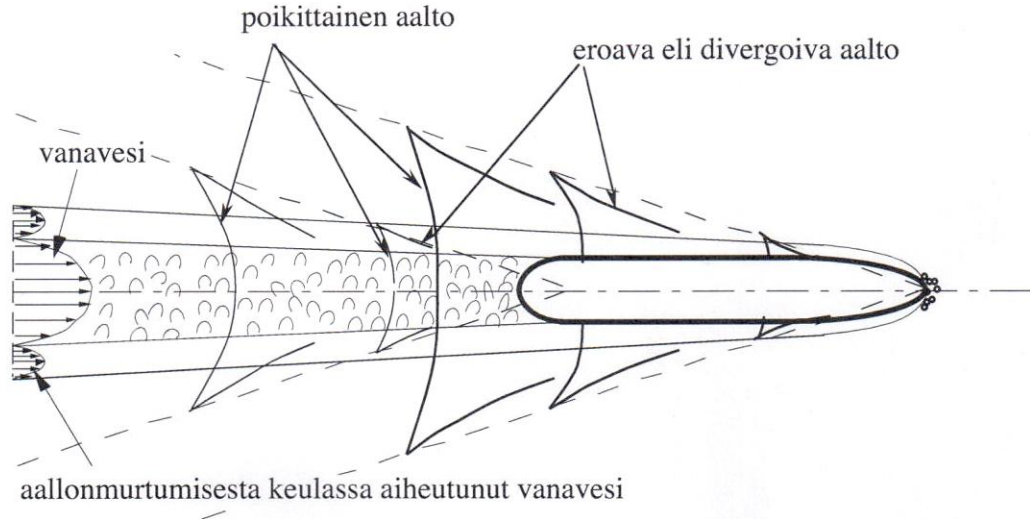
Laivan kulkuvastus muodostuu useista komponenteista ja riippuu voimakkaasti myös sääolosuhteista. Kulkuvastuksen merkittävimmät komponentit ovat kitkavastus ja aallonmuodostusvastus. Laivan kulkuvastuksen suuruuteen vaikuttavat myös laivan vedenpäällisten osien ilmanvastus sekä epäideaalisesti muotoillut laivan osat, kuten esimerkiksi peräsin ja ahteri.

Aluksen liikkussa sen ympärille syntyy aluksen liikesuunnalle vastakkaisuuntainen virtaus. Tämän virtauksen nopeudesta aiheutuu puolestaan veden pinnan lasku aluksen ympärillä, eli käytännössä syväys kasvaa.

Kulkiessaan laiva aiheuttaa monentyyppisiä virtaushäiriöitä, joiden seurauksena aluksen kulkuun liittyy energian häviöt. Aallonmuodostusvastukseksi tai aaltovastukseksi kutsutaan laivan vastuskomponenttia, joka liittyy aallonmuodostukseen. Jos virtauksen kitkallinen luonne jätetään huomioimatta, aaltovastus on aluksen ainoa vastuskomponentti. (3, s. 5-8)

Hitailta aluksilla on yleensä täyteläinen runko, jonka ansiosta märkäpinta ja samalla viskoosivastus ovat pieniä. Ominaista näille aluksille on myös suhteellisen virtaviivainen perän muoto, joka varmistaa että aluksen perässä virtaus ei irtaannu eikä muodostu liian voimakasta vanavettä (virtauksen hidastumaa). Keula on sen sijaan suhteellisen täyteläinen. (3, s. 5-8)

Kun aluksen nopeus kasvaa, aaltovastuksen osuus kokonaisvastuksesta alkaa nopeasti kasvaa. Aaltovastus on ennen kaikkea riippuvainen rungon leveydestä. Pyrkimys aallonmuodostusvastuksen pienentämiseen saattaa johtaa kapeaan runkoon, joka on epävakaa tai muuten epäkäytännöllinen. Kuvassa 2 on esitetty virtaushäiriöt, jotka aiheutuvat aluksen liikkeestä. (3, s. 5-8)



Kuva 2. Laivan aiheuttamat virtaushäiriöt. (3, s. 6)

4.3 Nopeuspainuma

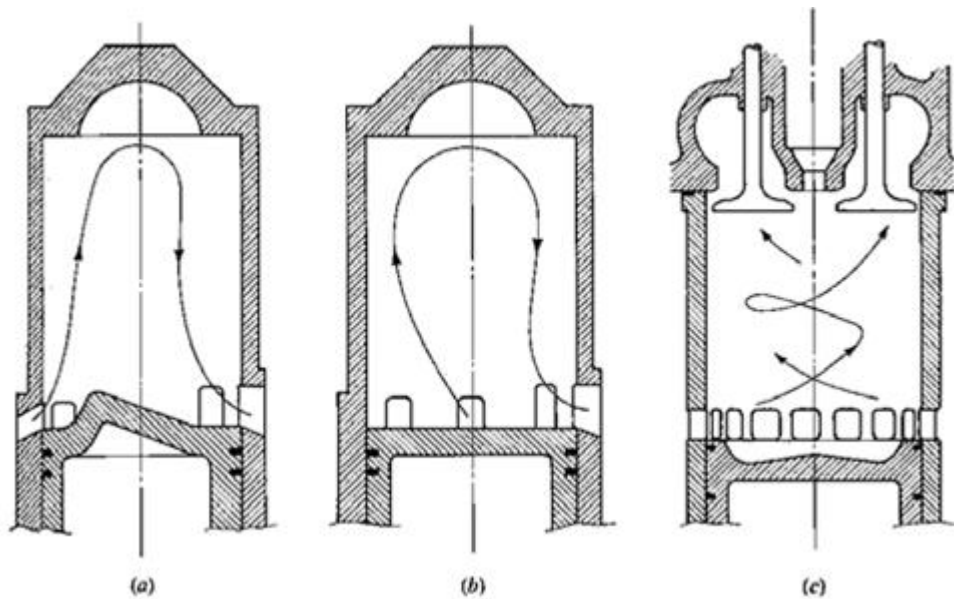
Alusten nopeuspainuma riippuu rungon muodosta ja ennen kaikkea uppouman täyteläisyysasteesta. Täyteläisillä aluksilla painuma on suurimmillaan keulassa, kun taas hoikkarunkoisilla aluksilla maksimi saavutetaan perässä. (4, s. 25-28)

Nopeuspainuma on suoraan suhteessa aluksen nopeuden neliöön, joten aluksen nopeutta puolittamalla nopeuspainuman vaikutus putoaa neljäsosaan aikaisemmasta. Yleisesti voidaan sanoa, että nopeuspainuman vaikutus alkaa tuntua alueella, jossa syvyyden ja syvyyden suhde on alle neljä. (4, s. 25-28)

4.4 Voimakoneiden kehitys

Vuosien varrella käyttäjät ovat tulleet valveutuneemmiksi polttoainetaloudesta ja halunneet pienentää polttoaineen kulutusta. Koneenvalmistajat ovat kehittäneet pitkällä aikavälillä koneita, jotta muutosta tapahtuisi.

Hitaissa ristikkapalekoneissa on yleisesti tehty suuria muutoksia vuosien varrella, jotta polttoaineen kulutus saataisiin hallintaan ja koneet luotettavammiksi. Mutka- ja silmukkahuuhtelusta, jossa sylinteriholkissa on tuloilma-aukkojen yläpuolella pakokaasuaukot, luovuttiin yleisesti 1980-luvulla, ja nykyään yleisesti käytössä ovat pitkittäishuuhtelu ja yksi kanteen sijoitettu pakoventtiili. Haittoina mutka- ja silmukkahuuhtelussa olivat sylinterin voitelun ongelmat ja epätasainen lämpötilajakauma. 1970-luvulta lähtien iskunpituudet ovat pidentyneet ja samanaikaisesti pyörimisnopeudet alentuneet. (5, s. 60–61)



Kuva 3. (a) Poikittais-, (b) mutka- ja (c) pitkittäishuuhtelu (6)

1970-luvulta lähtien moottorien valmistajat ovat kehittäneet elektronista ohjausta, jossa nopeiden solenoidiventtiilien ohjaama hydraulikka käyttäisi ruiskutuspumppuja ja pakoventtiiliä.

Ruiskutustekniikka on kehittynyt vuosien varrella huimasti. Kehittyneen tekniikan avulla paineita on saatu nostettua korkeammaksi ja palamista näin ollen paremmaksi. Tekniikkaa on kehitetty elektroniseksi jo 1970-luvulla, kun Lucas Bryce esitteli ensimmäisen teoreettisen versionsa elektronisesta polttoainesysteemistä.

Viimeisimpänä kehityksessä on Common Rail, yhteispaineruiskutus. Common Rail on vallannut nopeasti markkinat ja useat koneenvalmistajat eivät muita järjestelmiä koneisiinsa enää asenna. Common Railin etuna on muun muassa tasainen polttoaineen ruiskutuspainetta riippumatta ajettavasta konetehosta. Common Railin myötä mekaani-

nen työskentely on polttoainejärjestelmästä saatu poistettua ja tasaisemman laadun takaamiseksi käytetään solenoidiventtiilejä ja elektronista ohjausta. Järjestelmän myötä polttoaineen ruiskutusaineet ovat tasaiset ja samanarvoiset jokaisella venttiilillä, joten kulutus on tasaista. Ympäristön kannalta Common Railin etuna on palamisen savuttomuus. Systemi on turvattu mahdollisen yhden ruiskun vaurioitumisen varalta niin sanotulla get-you-home-systemillä, jossa laite katkaisee polttoaineen saannin vaurioituneelta venttiililtä. Tämän järjestelmän avulla alus voi matalalla teholla jatkaa matkaa. (7, s. 181–186)

Kehityksen myötä myös konekokoja on saatu pienennettyä materiaalin sekä tekniikan avulla. Vaikka koneet fyysiseltä kooltaan ovatkin pienempiä, saadaan niistä silti enemmän tehoja ulos. Tämän myötä sylinterien koot ovat pienentyneet ja iskupituudet suhteessa kasvaneet. Näin ollen saadaan parempi hyötysuhde.

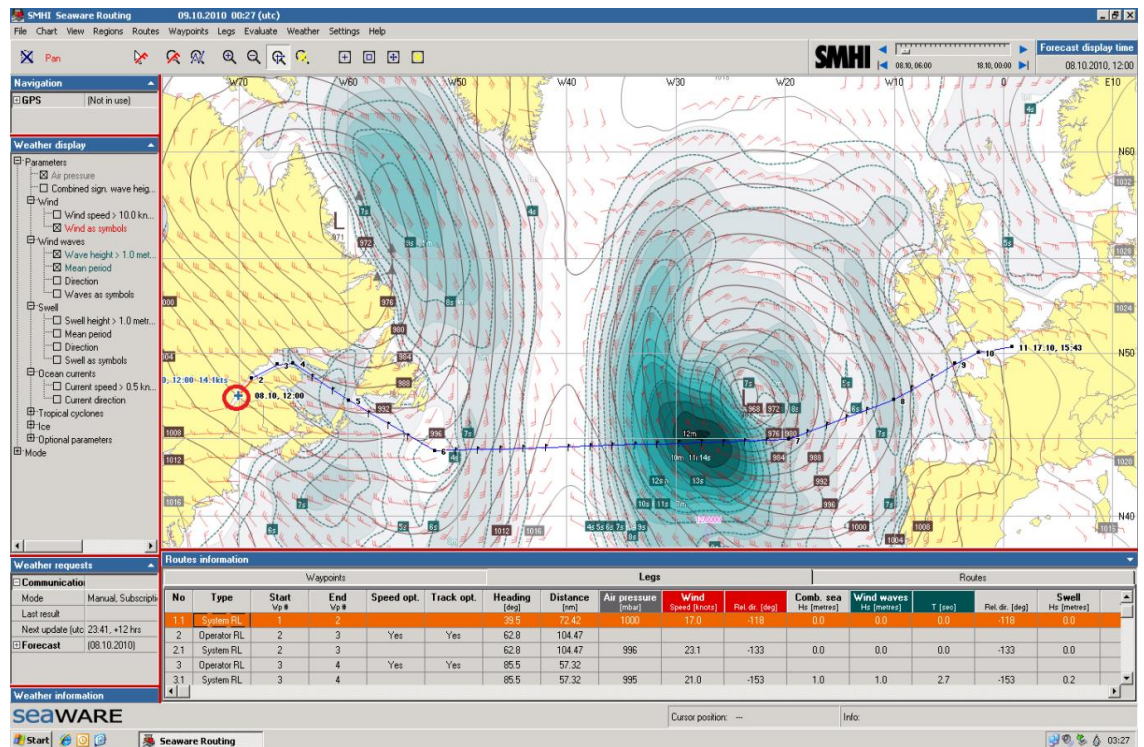
5 ULKOISTEN OLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSET

5.1 Sääkartta

Aluksella tehdään itse reittisuunnitelmat, joten olisi suotavaa, jos apuna olisi sääkarttaohjelma. Palvalla käytetään ruotsalaista SMHI Seaware Routing -sääkarttaohjelmaa. Tämän ohjelman avulla pystyy havainnoimaan sääolosuhteita ja niiden liikkeitä. Tämä on olennaisen tärkeää reittivalintaa tehtäessä. ”Sääkarttaohjelma on tärkein osa reittivalintoja tehtäessä”, sanoo yliperämies V. Intovuori.

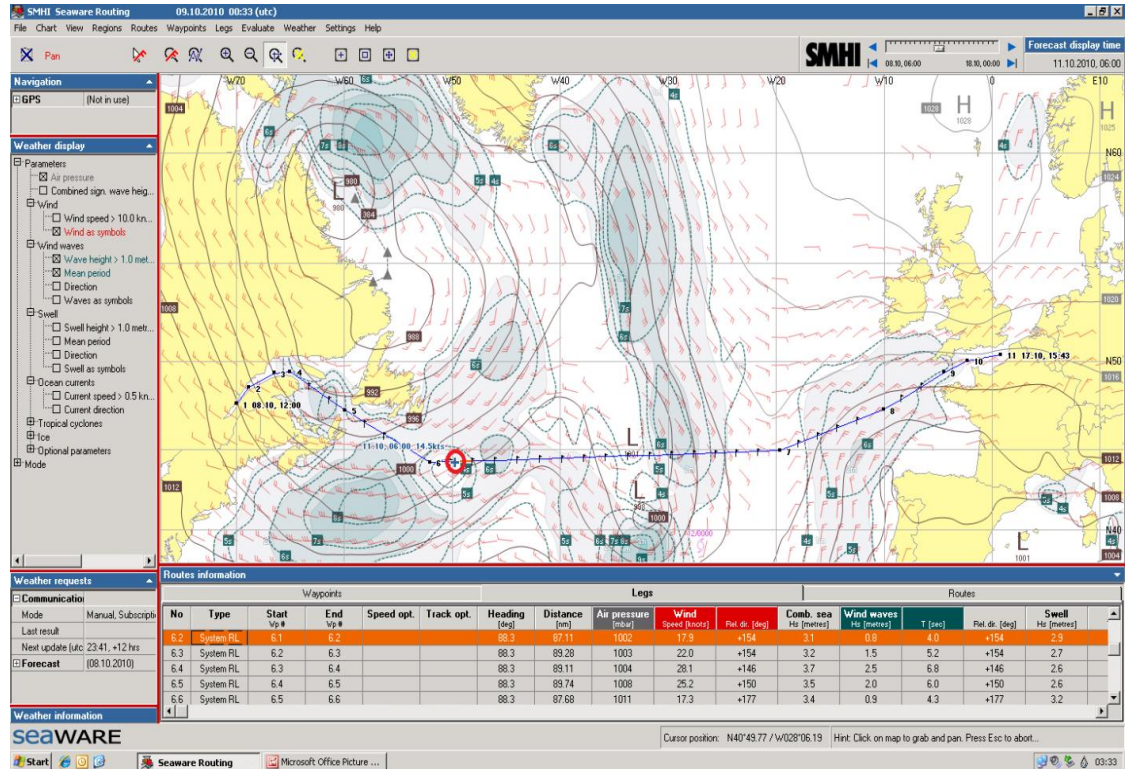
5.1.1 Esimerkki reittivalinnasta

Kuvassa 4 on lähtötilanne, jossa alus on lähdössä Montréalista Eurooppaan. Kuvasta voi havaita Otto-hurrikanin voimakkuuden, tuulten suunnan ja hurrikanin etenemissuunnan. Koska hurrikaani on liikkumassa pohjoisesta etelään eikä ole samalla paikalla muutamien päivien jälkeen, voi reitin tehdä kyseiseltä alueelta. Tässä vaiheessa ei vielä näy muita kehittyviä myrskyalueita, jotka sattuisivat aluksen suunnitellulle reitille. Alus on merkitty punaisella ympyrällä kuviin.



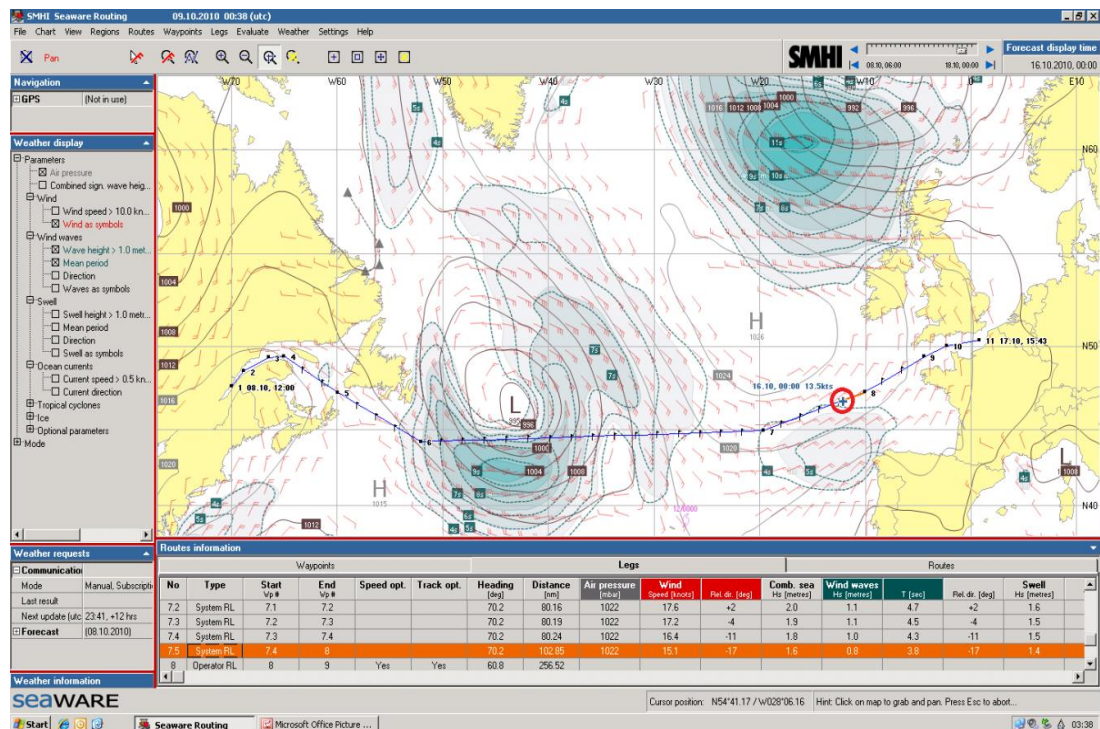
Kuva 4. Atlantin ylityksen aloitus. (SeaWare Routin, screenshot) (8)

Kuvassa 5 alus on päässyt jo Atlantille. Kartasta voi havaita tuulia ja matalapaineita. Tässä tilanteessa tuulet ovat aluksen liikkeelle suotuisat ja niitä voidaan käyttää hyväksi. Myötätuulella ja –virrassa polttoaineen kulutus on vähäistä. Tällaisia säätilanteita tulisi käyttää hyväksi. Kuvasta voi tarkkailla korkea- ja matalapaineita sekä niiden muodostumista ja liikesuuntaa. Tässä vaiheessa on vielä mahdollista muuttaa reitit suunnitelmaa niin, ettei alusta tarvitse viedä myrskyyn. Reitin muuttamiselle ei tässä tilanteessa kuitenkaan ole tarvetta.



Kuva 5. Kolmas päivä. (SeaWare Routin, screenshot) (8)

Kuvassa 6 on Englannin pohjoispuolelle muodostunut myrsky. Normaalisti reitti kulki Englannin pohjoispuolitse, koska matka sieltä on lyhyempi kuin kanaalin kautta. Aallonkorkeus ja tuulen nopeus kyseisellä myrskyllä on niin kova, että se hankaloitaisi aluksen kulkua ja lisäisi vastusta. Näin myös polttoaineen kulutus nousisi ja aika-taulu venyisi. Aluksen kulkunopeus kyseisellä alueella olisi alhainen, mutta pääkoneen kuormitus hyvin korkea. Aallon korkeudeksi kyseisellä myrskyalueella on enustettu neljä metriä, ja se hankaloittaa aluksen kulkua huomattavasti. Tällaisessa tilanteessa hieman pidempi matka tulee todellisuudessa edullisemmaksi.



Kuva 6. Myrskyn muodostuminen. (SeaWare Routin, screenshot) (8)

Karttaohjelman avulla pystyy tarkastelemaan säätilanteita eri päivinä ja näkemään aluksen sijainnin tiettyinä ajankohtina syöttämällä ohjelmaan aluksen kulkunopeuden. (Liite 1)

Reittivalintaa tehtäessä on hyvä ottaa huomioon myös isoympyrä: mitä pidempi matka, sitä suurempi vaikutus sillä on. Lyhyellä matkalla vaikutus voi olla vain muutaman tunnin. Jotta isoympyrä antaisi kaiken hyödyn, tulisi sääolosuhteiden olla erinomaiset. Vaikutus ei ole huomattava, jos reitille sattuu huonoja kelejä.

Kuvassa 7 on laitettu ECDIS -ohjelmaan rinnakkain kuljetut matkat isoympyrää pitkin sekä loksodromi. Kyseisessä tilanteessa isoympyrän vaikutus on vain muutama tunti. Huomattavaa eroa ei siis ole. Kyseisellä ohjelmalla saa tarkan tiedon matkan pituudesta eri etapeilla ja päätepisteessä. (Liite 2)



Kuva 7. Isoympyrä ja loksodromi. (ECDIS) (9)

5.2 Liikennöntialue

On selvää, että aluksen liikennöntialue vaikuttaa paljon polttoaineen kulutukseen. Ei ole sama asia, liikennöikö alus Itämerellä ja käy joka toinen päivä satamassa vai ulotuuko alue Atlantin toiselle puolelle, kahden viikon merimatkan päähän. Alus, jota lähemmin olen tarkastellut, ajaa pääasiassa Atlantin yli menevää liikennettä. Koska lähiliikenteessä satamaan tuloja ja satamasta lähtöjä on huomattavasti enemmän ja manöövereista tarvitaan tiheämmin, ei pitkän linjan ja lähiliikenteen aluksia voi vertailla keskenään. Täytyy siis ottaa huomioon alukset yksilöllisesti rakenteen ja liikennöntialueen mukaan.

Lähiliikenteen aluksilla, joilla aikataulu on tiukka, on hankalampi kokeilla eri nopeuksia aikataulujen takia. On huomioitava, että aikataulusta poikkeaminen rikkoo sopimusta ja saattaa aiheuttaa suuretkin sanktiot.

5.3 Ympäristövaikutukset

Polttoaineen kulutuksen vähentämisellä on myös suora vaikutus luontoon, koska myös päästöt näin ollen pienenevät. Päästöjä pienentämällä säästyy ympäristö ja vesistöt. Kun pääkone tulee valmistajalta, on siihen tehty vaadittavat säädöt suuttimien ja ruis-kutusten ajoituksen suhteen, jotta päästöt olisivat mahdollisimman pienet ja IMO:n määräysten mukaiset. Koneenvalmistajat kehittävät koko ajan lisää koneitaan, jotta niiden kuormitusta saataisiin alhaisemmaksi ja näin myös päästöjä tiukentuvien IMO:n normien mukaisiksi. No_x - ja So_x - päästöille on tällä hetkellä annettu rajoitukset, joita alusten tulee noudattaa. On vain ajan kysymys, milloin muillekin päästöille tulee rajoituksia, ja silloin koneiden valmistajien ja alusten käyttäjien tulee olla valmiita, jotta normeissa pysytään. (10)

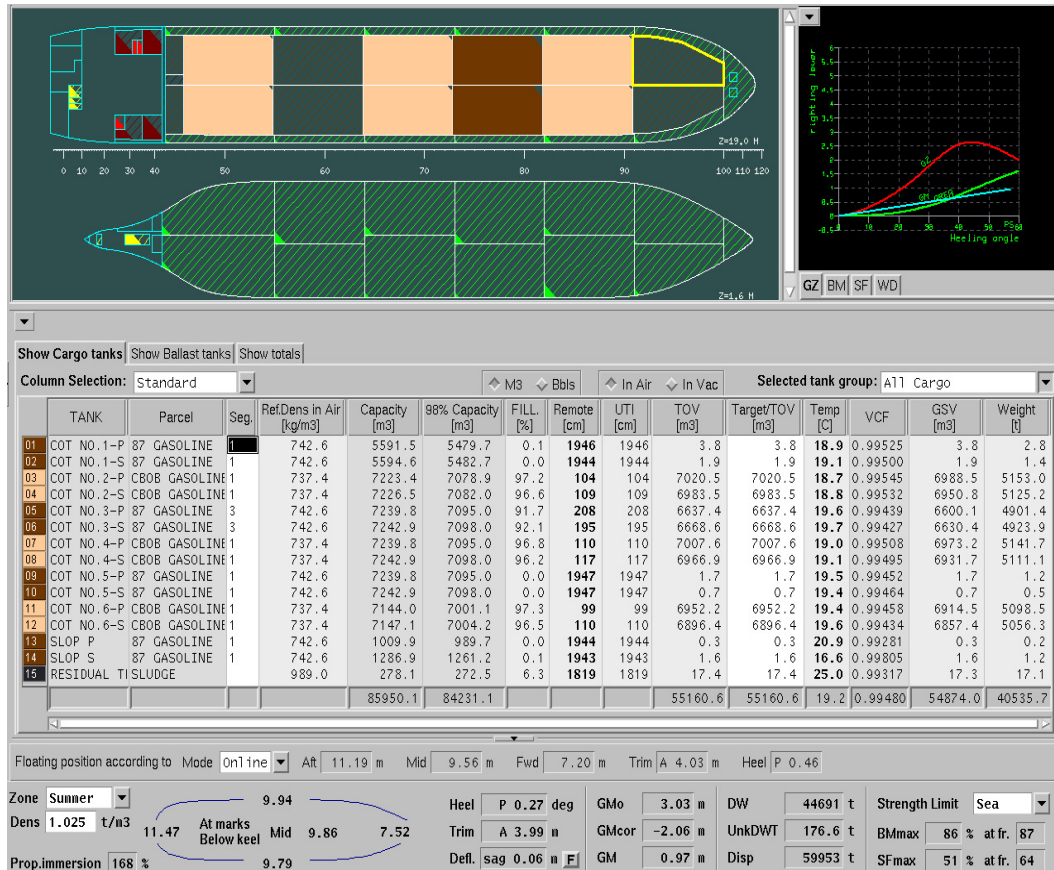
6 LAIVAN POHJAN JA KULKUASENNON VAIKUTUKSET

6.1 Trimmi

Trimmillä tarkoitetaan aluksen keulan ja perän kallistussuhdetta toisiinsa nähden. Aluksen muodosta riippuu, millaisella trimmillä sen kulku on kevyintä. Trimmi, joka on laiturissa, muuttuu aluksen liikkeessä.

Aluksen trimmi vaikuttaa myös polttoaineen kulutukseen. Mitä syvemmillä perä on keulaan nähden, sitä suurempi on myös kulkuvastus. Aluksen trimmiä säädellään painolastivesien sekä mahdollisuuksien mukaan lastin avulla.

Kuvassa 8 on esimerkki siitä, kuinka lasti ja painolastivedet on sijoitettu aluksen kulkiessa neljän metrin trimmillä. Kyseistä trimmiä käytetään vain helpottamaan vesien pumppausta, se ei ole normaali kulkutrimmi. NAPA-ohjelmalla pystyy suorittamaan tarkkoja laskelmia lastin sijoittelusta ja sen vaikutuksesta sekä laatimaan aluksen vakavuuden liittyvän käyrästä. (Liite 3)



Kuva 8. Trimmä 4 metriä. (NAPA) (11)

6.2 Pohjan likaantuminen

Pohjan likaantuminen vaikuttaa huomattavasti aluksen vauhtiin ja näin ollen myös on suoraan vaikutuksessa polttoaineen kulutukseen. Runsas kasvillisuus aluksen kyljissä ja pohjassa tuottaa vastusta aluksen kulkuun, vastus lisää tehon tarvetta ja tuotettu lisäteho lisää polttoaineen kulutusta. Liikennöintivesistä riippuen pohjan pesun suorittamisaikaväli on liukuva. M/T Palvan kyljet pestiin joulukuussa 2009, koska likaantuminen oli jo huomattavaa. Palva oli käynyt jo useaan otteeseen Meksikonlahdella,

jossa meriveden lämpötila on korkea ja kasvillisuus runsasta. Kylkien pesulla oli vaikutusta polttoaineen kulutuksen alentamiseen.

Potkurikäyrät jyrkkenevät, jos aluksen vastus kasvaa pohjan likaantumisen tai merenkäynnin seurauksena. Jotta aluksen pääkoneen toiminta saataisiin mahdollisimman taloudelliseksi, on potkurin kuormitusta kevennettävä. Säätäsiipipotkurissa tilanteen voi ratkaista alentamalla noususuhdetta. (12, s. 34–36)

6.3 Kavitaatio

Kavitaatiolla tarkoitetaan kaasufaasin muodostumista nesteessä seurauksena paineen alentumisesta. Kavitaatio-sanalla tarkoitetaan myös prosessissa syntyviä kavitaatiokuplia. Potkurin suunnittelussa lasketaan potkurille kavitaatioluku esimerkkipaineiden ja –nopeuksien mukaan. Laivapotkurin staattinen paine vaihtelee jatkuvasti, koska potkuri toimii eri syvyyksillä. (12, s. 79)

Muutettaessa pääkoneen kierroksia ja nopeuksia on otettava huomioon myös se, miten muutokset vaikuttavat aluksen runkoon. On mahdollista, että juuri se optimaalinen nopeus polttoaineen kulutuksen kannalta aiheuttaa ylimääräistä tärinää ja värähtelyä ja rasittaa näin aluksen runkoa ja putkistoa. Koneen valmistajalta tulee tiedot optimaalisista koneen käyntikierroksista, jolloin värähtely on minimaalista.

Säätäsiipipotkurissa joudutaan kasvattamaan pinta-alasuhdetta kiinteäsiipiseen nähden 5-10 %, jotta välttyttäisiin kavitaatiolta.

6.4 Maalit

Maali, jolla aluksen runko maalataan, vaikuttaa aluksen kulkuvastukseen ja kitkaan ja näin ollen myös polttoainekulutukseen.

Aikaisemmin käytetyt TBT-pohjaiset antifouling-maalit ovat nykymääräysten pohjalta useissa maissa kiellettyjä aluksen runkomaalina. Maalien valmistajat ovat kehittäneet vanhan ja hyväksi todetun TBT-pohjaisen maalin tilalle uusia silikonipohjaisia maaleja.

FORCE Technologyn Tanskassa tekemän hinaustutkimusprojektin tuloksien mukaan silikonipohjainen maali osoittautui vähemmän kitkaa aiheuttavaksi kaikissa olosuhteissa. Kitka väheni jopa viisi prosenttia. Suuressa konttialuksessa viisi prosenttia parantaa propulsiotehokkuutta 10,6 %, jolloin polttoainetta säästyy vuodessa jopa 2,6 miljoonan Yhdysvaltojen dollarin edestä. (13)

Tutkimuksessa on listattu erilaisten aluksien vuotuiset säästöt polttoaineen kulutuksessa tonneina sekä US dollareina. Tutkimuksesta käy myös ilmi alusten päästöjen väheneminen kyseistä antifouling-maalia käyttämällä. (Liite 4)

7 KONEISTOT

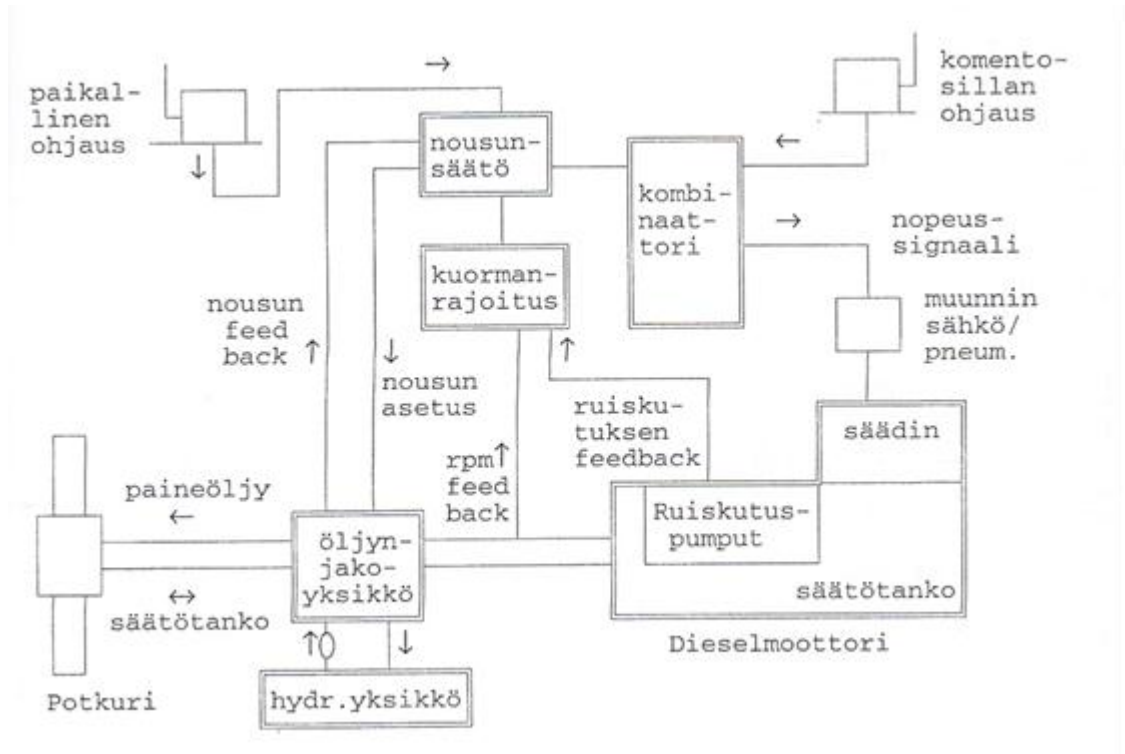
7.1 Propulsio

Propulsiolla tarkoitetaan aluksesta käsin tapahtuvaa kulkuvastuksen kumoamiseen ja kiihdytykseen tarvittavan työntövoiman muodostamista. Veden massavirta kiihtyy taaksepäin propulsiolaitteen avulla, minkä seurauksena syntyy reaktiovoima, joka työntää alusta eteenpäin.

7.1.1 Säätsiipipotkuri

Säätsiipipotkurin ja dieselmoottorin yhteen sovittaminen ei tuota varsinaisesti teknisiä ongelmia. Toivottuihin tuloksiin ja hyvään polttoainetalouteen pyritään tehon ja pyörimisnopeuden yhteisellä ohjauksella.

Kuvassa 9 on esitetty yksinkertainen säätösiipipotkurin ja yhden dieselmoottorin muodostama koneisto ohjaustoimintojen kannalta.

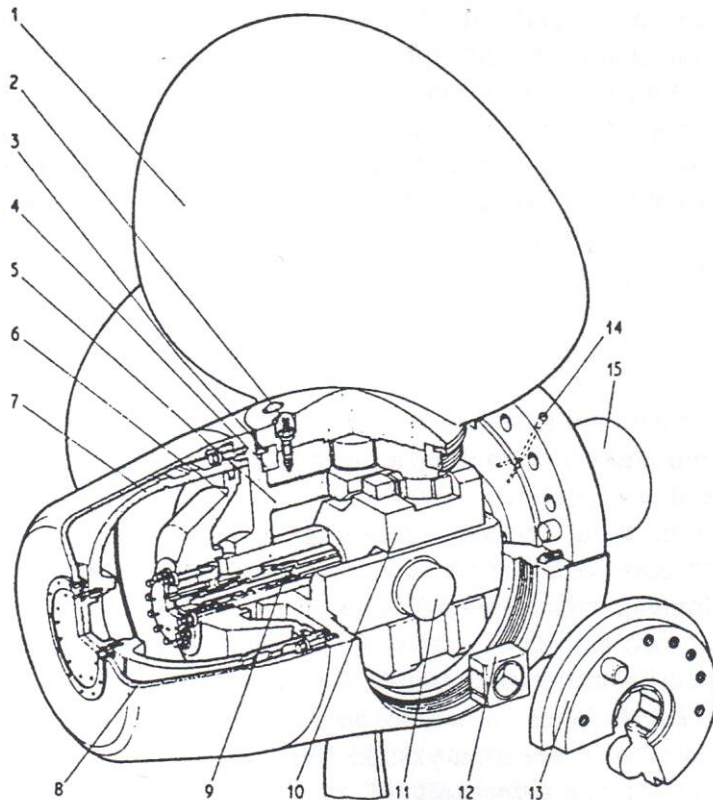


Kuva 9. Nousun ohjaus (5, s.151)

Vaikka säätösiipipotkuri on hankittaessa kalliimpi kuin kiinteäsiipinen, on se käytössä usein taloudellisempi. Säätösiipipotkurin avulla päästään alhaisiin laiturointikustannuksiin. Vielä parempi olisi, jos säätösiipipotkurin käyttöön yhdistäisi keulapotkurin. (12, s. 34, 70–73, 77)

Valittaessa potkuria säätösiipipotkurin ja kiinteäsiipisen potkurin välillä on liikennöintialueella suurin vaikutus päätökseen. Isoilla konttilaivoilla on päädytty yleisesti kiinteäsiipisiin potkureihin, koska laituroinnissa tarvitaan joka tapauksessa hinaajia avuksi. Koska hinaajan tarve on välttämätön, säätösiipipotkurista saatava hyöty näillä aluksilla on huono.

Koska säätösiipipotkurin hyötysuhde meriajossa on huonompi kuin kiinteäsiipisen, on sen manoveeraus-ominaisuuksien oltava niin hyvät, että sen kannattavuus pysyy hyvänä. Säätösiipipotkurin pinta-alasuhteen kasvattaminen vaikuttaa hydrodynaamiseen hyötysuhteeseen, joka on huonoimmillaan 6 % alempi kuin kiinteäsiipisen. (5, s. 26)



Kuva 10. KaMeWa-tyyppisen säätösiipipotkurin napa (14, s. 34)

7.1.2 Potkurin nousu

Potkuri nousun ja pyörimisnopeusasetuksen yhdistelmää kutsutaan *kombinaattoriksi*. Ennen elektronista ohjausta luistimekanismi muodosti sen. Se yhdisti ohjausvivun liikkeet nousun ja pyörimisnopeuden arvoihin. Nykyään kombinaattoria voi muuttaa vapaasti muun muassa merenkäynnin ja moottorien kunnon mukaan. (5, s.151)

Taloudellisin ajotapa voidaan valita, kun tiedetään potkurin ja moottorin hyötysuhdekäyrästä sekä potkurin nousu, akselin nopeus ja vääntömomentti. (5, s.151)

Jos potkurin nousua alennetaan paljon ja myös potkuriakselin pyörimisnopeus pidetään korkealla, syntyy helposti sekä lapojen eroosiota painepuolen kavitaation seurauksena että melua.

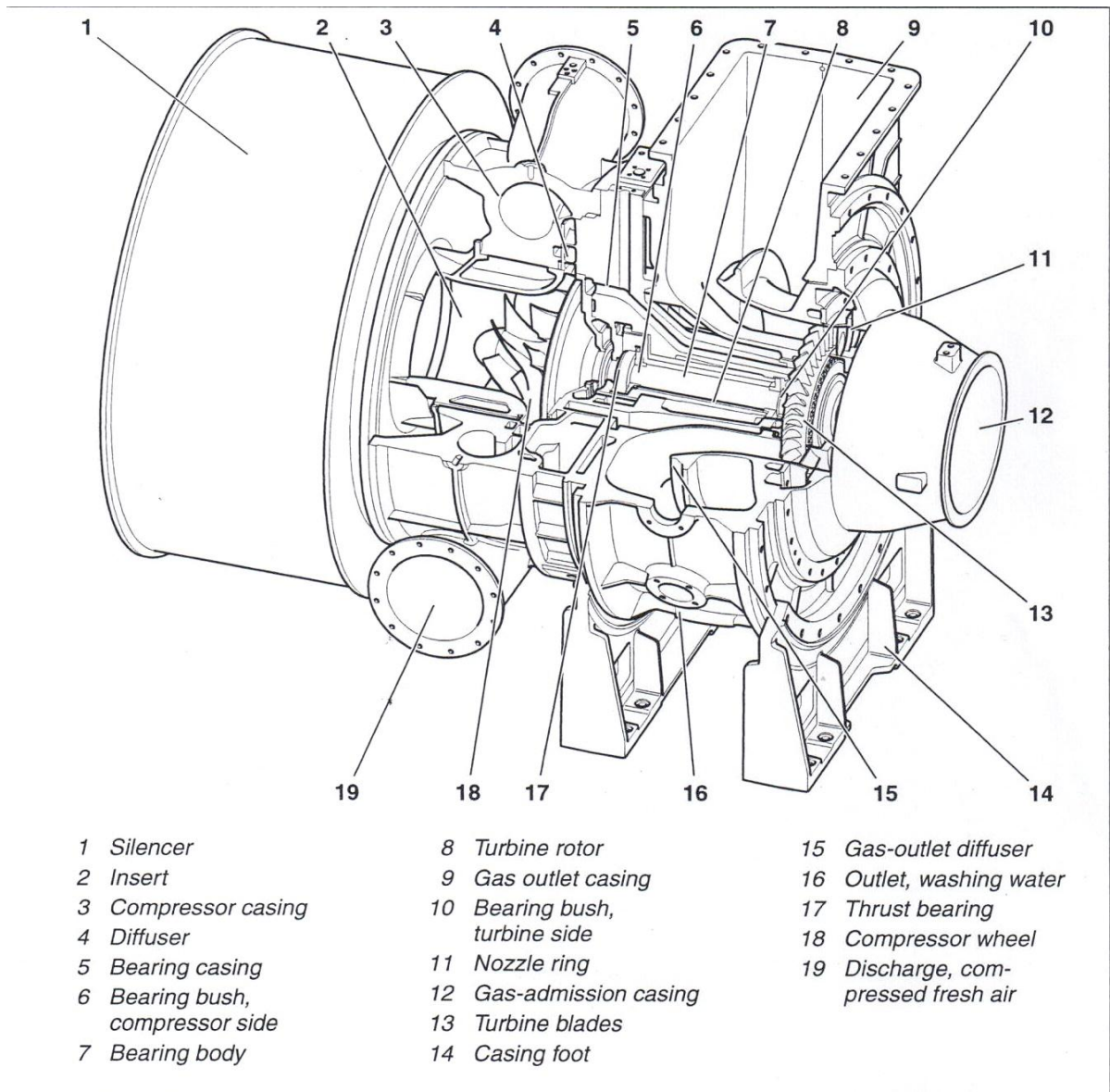
Jotta pääkone ei ylikuormittuisi, on laitteella kuormankontrollintisyteemi. Se seuraa akselin kierroslukuja sekä polttoainepumppujen toimintaa. (15)

Mallikokeisiin perustuvaa käyrästä käytetään apuna alkusuunnittelussa, kun valitaan potkurin nousu. Kyseiset mallipotkurisarjat on kehitetty pitämällä tavoitteena maksimihyötysuhdetta avovedessä ilman kavitaatiota. (12, s. 27)

7.2 Ahtaminen

Tehokas kaasunvaihto on hyötysuhteen kannalta tärkeää, koska kaasunvaihdon tehossa hyötysuhde paranee. Yksi moottorin ahtamisen monista eduista on ominaistehon paraneminen, koska polttoainetta ja palamisilmaa mahtuu enemmän yhteen sylinteriin. Pakokaasuista tehokkaammin talteen saatava lämpöenergia parantaa myös hyötysuhdetta. Turboahdinten kehityksen tarkoitus on nostaa hyötysuhdetta ja painetta. (5, s. 52–54)

Jotta kaasunvaihto pysyy hyvänä, on ahtimen oltava hyvässä kunnossa. Päivittäisenä toimintana on ahtimen pesu. Pesulla pidetään huoli siitä, että ahdin pysyy puhtaana eikä likaisuudesta johtuen toimi aliteholla. Valmistajalta tulee ohjeistus tuntipohjaisista huoltotoimenpiteistä.



Kuva 11. Turbiinin TCA77 poikkileikkaus (MAN) (10)

7.3 Polttoaineen käsittely

Koska polttoaineen kulutuksen optimointi ei ole vain yksiselitteinen asia, joka koskee nopeuden vähentämistä, täytyy huomioida muitakin asioita. Polttoaineen käsittelyllä on merkittävä osa prosessissa.

7.3.1 Polttoaineen varastointi

Polttoaineen varastoinnissa on otettava huomioon tankkien koot ja maksimimäärä, josta tankkeihin voidaan varastoida. Jokaiselle polttoainelaadulle tulee olla oma asianmukainen varastotankki sekä selkeytys- että päivätankki. Tankeissa tulee olla asian-

mukainen lämmitysjärjestelmä sekä tankkien vesitysventtiilit. Tankkien vesitys on tärkeä päivittäinen toimenpide, jotta polttoaineen käsittelyjärjestelmään ei pääsisi suuria määriä vettä. Varastotankit tulisi tarpeen tullen telakoinnin yhteydessä pestä, jotta tankin pohjalle painunut lika saadaan pois eikä se aiheuta vaaraa järjestelmässä. Liikainen polttoaine tankissa aiheuttaa häiriöitä polttoainejärjestelmässä.

7.3.2 Separaattorit

Kun aletaan pohtia polttoaineen kulutusta ja sen vähentämiseen johtavia toimenpiteitä, on hyvä tarkastella muita toimilaitteita, jotka vaikuttavat pääkoneen polttoaineen kiertoon. Pääkoneen separaattoreiden kunto ja toimintakyky vaikuttavat polttoaineen kulutukseen ja esimerkiksi siihen, vuotaako polttoainetta liian suuret määrät sludge-tankkiin. Jos separaattorin kunto on huono tai huoltoja on laiminlyöty, saattaa se niin sanotusti oksentaa polttoaineet läpi. Tämä aiheuttaa pitkällä aikavälillä suuria hukkamääriä polttoaineessa. Separaattoreiden osalta järjestelmällinen ja tarkka huolto on erityisen tärkeää. Laitevalmistajalta tulee tiedot huoltoväleistä, joita olisi syytä noudattaa. Käynninaikaista valvontaa ei ole syytä laiminlyödä. Järjestelmällisellä huollolla on suora vaikutus puhdistustulokseen, jolla on vaikutus sylinterien, kansien ja venttiilien huoltoihin. Huoltovälit saadaan näin pidennettyä, millä on suora vaikutus kustannusten säästöön. (Liite 5)



Kuva 12. Palvan separaattorit ovat Alfa Lavalin

7.4 Polttoainelaitteiden kunto ja huollon vaikutukset

Suutin on ruiskutusventtiilin osista kriittisin ja sen kuluminen riippuu polttoaineen laadusta. Kuluminen ja likaantuminen aiheuttavat polttoaineen kulutuksen kasvun ja termisen rasituksen nousemisen moottorissa. Suuttimen kunnan tarkastus ja haalaus ovat helppo tapa vaikuttaa polttoaineen kulutukseen.

Polttoainepumppu on koko polttoaineruiskutuksen sydän. Sen toiminnasta ja kunnosta riippuu koko pääkoneen polttoaineen syöttö. Jos kaikki monimutkaiset osat eivät toimi yhdessä, ei koko systeemi toimi ollenkaan. Tärkeää on, etteivät polttoaine ja voiteluöljy pääse sekoittumaan toiminnan aikana. Uudenaikaisissa pumpuissa tämä sekoittuminen on pyritty estämään vuotoputkilla, jotka pitävät polttoaineen ja voiteluöljyn erillään. (7, s. 165–174)

Koska polttoaineruiskutuksen säätö on hyvin pikkutarkkaa ja hankalaa, suositellaan, ettei ruiskutusta säädetä pääkoneesta ilman erittäin hyvää syytä. Jos säätöä aletaan tehdä, on oltava varma, että se on todellakin tarpeellista. (7, s.165–174)

Polttoaineenruiskutusjärjestelmän kunnolla voidaan vaikuttaa huomattavasti polttoaineen kulutukseen sekä NO_x -päästöihin. Ruiskutusjärjestelmän tulisi koko prosessin aikana olla 1000–1200 bar. Koko suuttimen alueen tulisi olla niin pieni kuin mahdollista suhteessa sylinterin halkaisijaan, jotta palamisprosessi olisi hyvä. (7, s. 174)

8 MIHIN LAIVALLA VOIDAAN VAIKUTTA

8.1 Taloudellinen nopeus

Polttoainekustannuksilla on suuri merkitys laivojen ja varustamoiden vuosibudjettiin. Polttoaine on välttämätön hankinta, jotta laivat pysyisivät liikkeellä. Jotta kulutus saataisiin mahdollisimman vähäiseksi, on aluksista etsittävä kokeilemalla taloudellinen nopeus, economy speed eli vauhti, jolla kulutus on vähäisin. Telakalta tulee yleensä viitteellinen ohjeistus nopeuksista, mutta ohjeistukset eivät välttämättä ole aina tarkkoja. Ohjeistukset ovat viitteellisiä, koska niitä ei ole testattu laivan ollessa lastissa. (Liite 6)

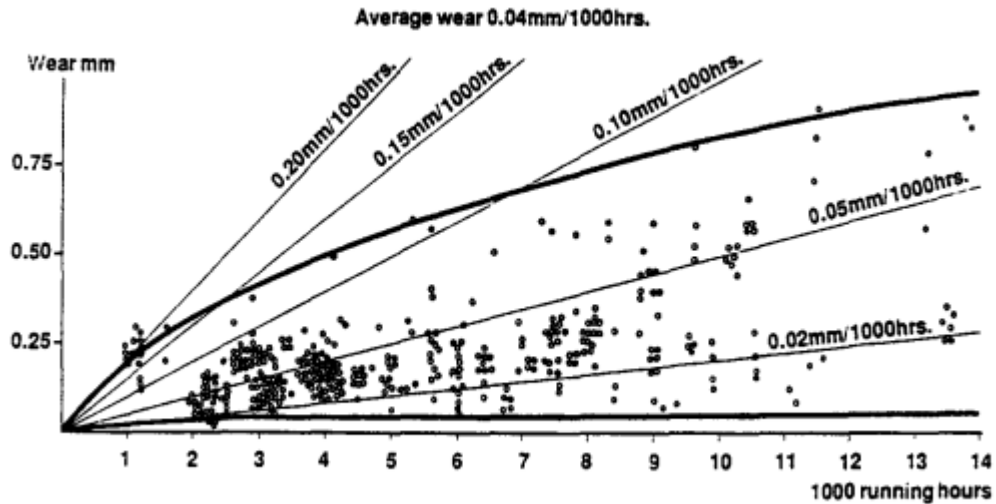
Yhtiöltä ei tule suoranaista ohjeistusta aluksen economy speedistä, koska jokainen laiva on oma yksilönsä. Tapauksesta riippuen voi kuitenkin yhtiöltä tai rahtaaajalta tulla nopeus, jolla halutaan aluksen liikkuvan.

8.2 Huollon tarve

Kun tiedetään polttoaineen koostumus ja arvot, voidaan myös tarkastella kierrosten laskemisen tai nostamisen vaikutusta koneen polttoaineen kanssa yhteydessä olevien osien likaantumiseen. Suurin syy likaantumiseen on jatkuva ajo liian alhaisella teholla.

Kun on löydetty alukselle sopiva economy speed, on ruvettava tarkastelemaan muita asioita, kuten huollon tarvetta. Saattaa olla, että kierrosten laskeminen/nostaminen aiheuttaa pääkoneessa liikkuvien ja kuluvien osien liian aikaista kulumista tai jopa vioittumista.

Taloudelliselta kannalta olisi syytä tehdä laskelmia siitä, miten kierrosten laskeminen ja osien kulumisen vaikutus huollon tarpeeseen. On selvää, ettei säästöä tule, jos toimenpiteellä aiheutetaan lisäkustannuksia huoltoon.



Kuva 13. Hidaskäyntisten moottorien sylinteriholkin kulumisnopeusarvoja. (14, s. 61)

Liian alhaisilla koneen tehoilla ajaminen kuluttaa turhaan konetta. On huomioitava koneen valmistajan suositukset rajoista, joita ei tulisi ylittää tai alittaa. Yleisesti MAN B&W:n kaksitahtiset koneet on suunniteltu ajamaan 100 %:n kuormalla, mutta on tullu siihen tulokseen, että ajaminen jopa 40 %:n kuormalla on mahdollista tekemättä koneeseen muutoksia. Tällöin pakokaasukattilan toiminnan tulee olla erinomainen ja apupuhaltimien kunnossa. Tämä ajotapa tosin lisää apupuhaltimien kulutusta ja näin ollen lisää myös niiden huollon tarvetta. Ennen alhaisella kuormalla ajamista olisi myös syytä konsultoida pakokaasukattilan valmistajaa ja tiedustella, lisääkö alhainen kuorma pakokaasukattilan huoltoa ja pesun tarvetta. MAN:lta on lähetetty aiheeseen liittyen kiertokirjeitä aluksiin. (Liite 7) (16, kiertokirjeet 2007, 2008, 2009)

8.3 Telakointi

Määräaikaistelakoinneilla pystytään pitämään aluksen kulkulaitteistot hyvässä kunnossa, koska telakalla pystytään tekemään huoltotöitä laajemmin kuin aluksen ollessa kulussa. Telakoinnissa voidaan keskittyä pääkoneen ja propulsiojärjestelmän huoltoihin ja kunnossapitoon.

Telakoinnissa on syytä myös tarkastaa rungon maalin kunto sekä tarpeen vaatiessa maalata runko uudelleen. Uuden silikonipohjaisen antifouling-maalin avulla saadaan huomattavia säästöjä polttoainekustannuksiin.

8.3.1 Muutostyöt

Polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi koneenvalmistajalla on lisämaksusta mahdollisuus tehdä muutoksia. Common Rail – polttoaineen ruiskutusjärjestelmä on yksi tällaisista vaihtoehtoista, joita muun muassa Wärtsilä kertoo pystyvänsä asentamaan vanhoihin koneisiin. Muutostyönä tämä lienee kallis, joten on syytä tarkastella aluksen kulkuaikaa ja muutostyön kannattavuutta.

9 REFERENSSILAIVA

Palvalla polttoaineen kulutusta seurataan aktiivisesti ja päivittäiset kulutukset kirjataan ylös. Päivittäin otettavien lukemien avulla pystytään seuraamaan kulutuksen kehittymistä ja erilaisten olosuhteiden sekä toimenpiteiden vaikutusta. Seurannassa otetaan huomioon liikennöintialue sekä koneiden vuorokautiset käyntitunnit. Näiden tietojen pohjalta lukemat syötetään tietokonepohjaiseen ohjelmaan, jonka avulla voidaan kulutuksen kehityksestä piirtää käyrästä. Käyrästä on yksinkertaista havainnoida kulutuksen suunta kuukausittain.

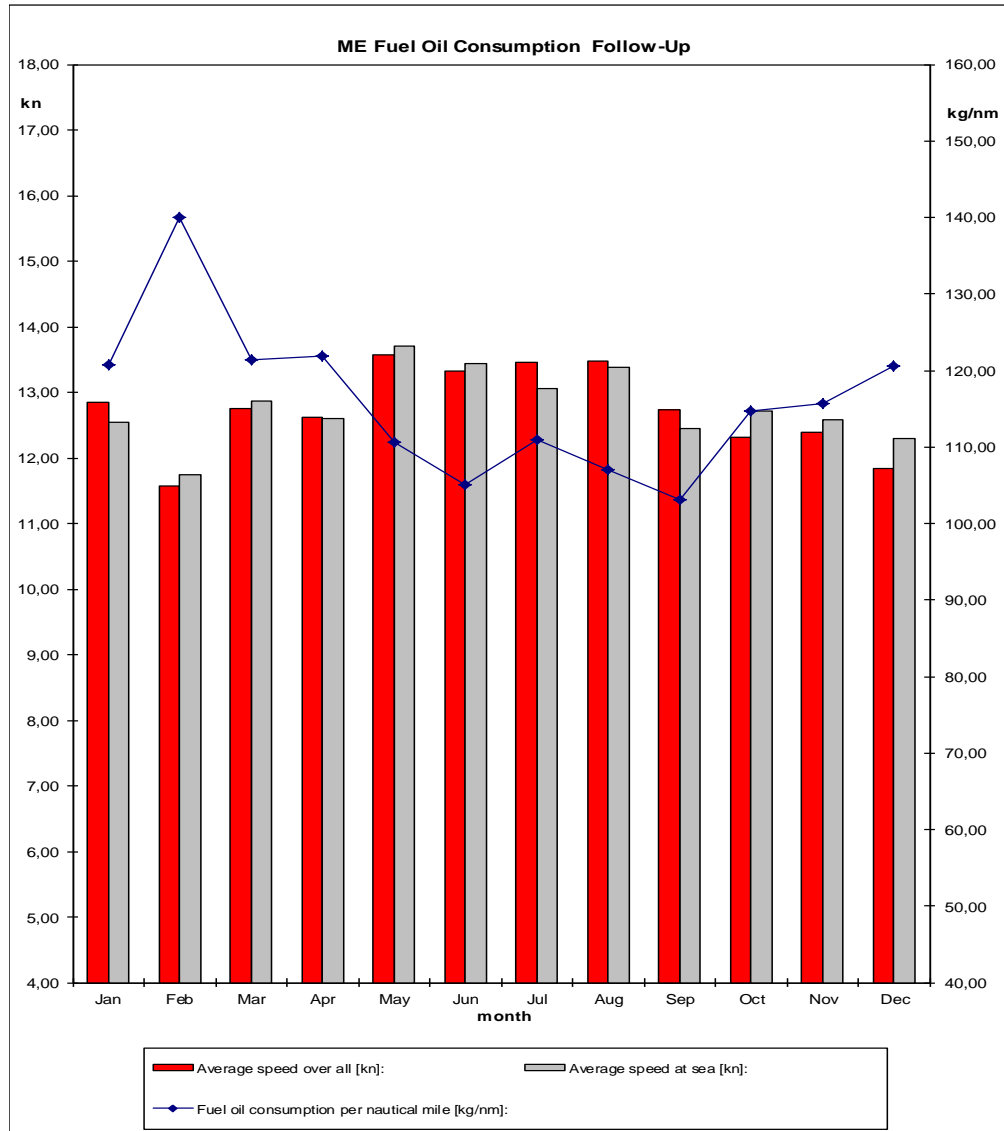
Polttoaineen kulutuksen seuranta kutsutaan nimellä Energy Report ja sen avulla kulutusta on mahdollista seurata koko laivan ajohistorian ajalta. Kyseiset tiedot lähetetään myös konttoriin, jossa aluksen tekniset tarkastajat sekä konetarkastaja pystyy seuraamaan reaaliajassa polttoaineen kulutusta.

9.1 Taulukointi

Palvan polttoaineen kulutusta seurataan päivittäin ja arvot kirjataan ylös. Arvojen mukaan laaditaan aluksella omakirjanpitona taulukoinnit, joiden avulla pystytään seuraamaan kulutusta.

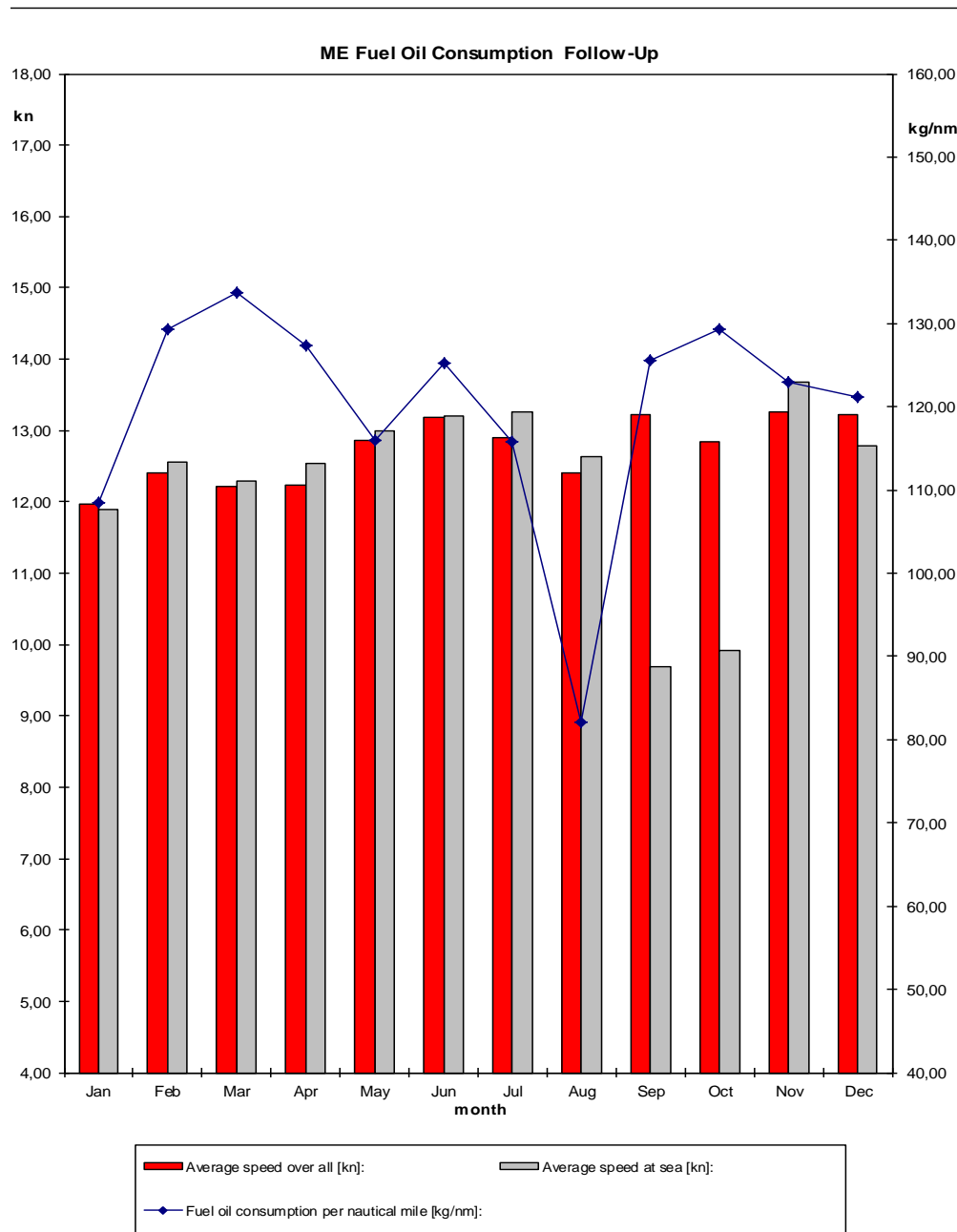
Oheisissa taulukoissa on verrattu Palvan polttoaineen kulutusta suhteessa aluksen nopeuksiin kahden vuoden ajalta. Nopeuksista on eriteltyä meriajossa käytetty nopeus (harmaa palkki) sekä otettu huomioon mm. luotsiajossa, väyläajossa ja satama-ajossa käytetyt nopeudet (punainen palkki).

Taulukko 1. M/T Palvan polttoaineen kulutus vuodelta 2008



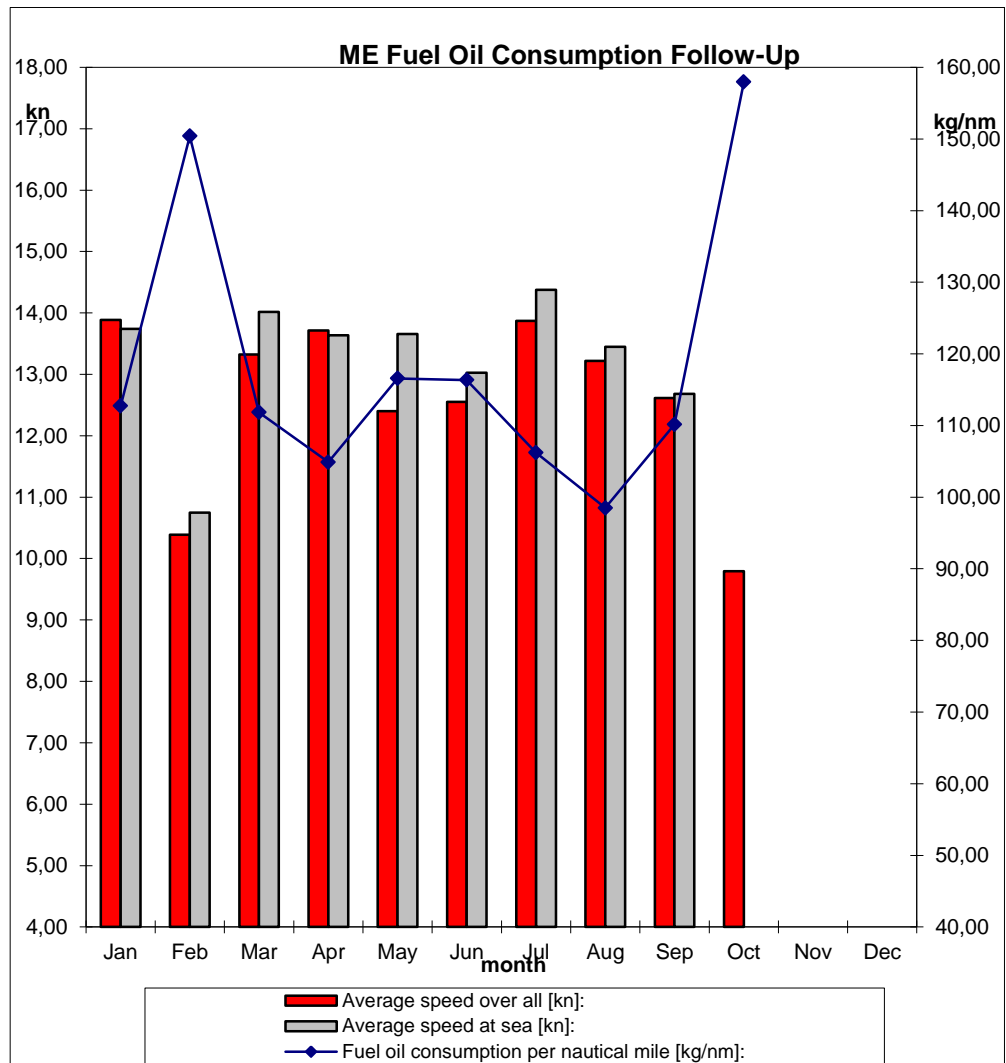
Taulukon avulla on helppo havainnollistaa sään ja kelin vaikutus polttoaineen kulu-
 tukseen. Alkuvuoden myrskyt vaikuttivat aluksen kulkuun nopeuksien ja pääkoneen
 kierrosten osalta. Loppukuussa on väyläajoja ja manoveerausta. Kesäisin kelit ovat
 suotuisimmat ja se vähentää osaltaan polttoaineen kulutusta. Kesäkuukausina on
 myös ollut paljon satamassa oloja ja noin puolet kuusta on kuljettu painolastissa.

Taulukko 2. M/T Palvan polttoaineen kulutus vuodelta 2009



Vuoden 2009 alussa voi havaita jälleen talvimyrskyjen vaikutuksen polttoaineen kulu-
tukseen. Kesän alhainen piikki on tulosta kierrosten alentamisen kokeilusta painolas-
tissa matkalla Amerikasta Jäämerelle. Tämän kokeilun mahdollisti joustava aikataulu.
Tällaista kokeilua ei ole mahdollista suorittaa jos aikataulut ovat tiukat ja viivästymi-
sistä seuraa mahdollisia sanktioita.

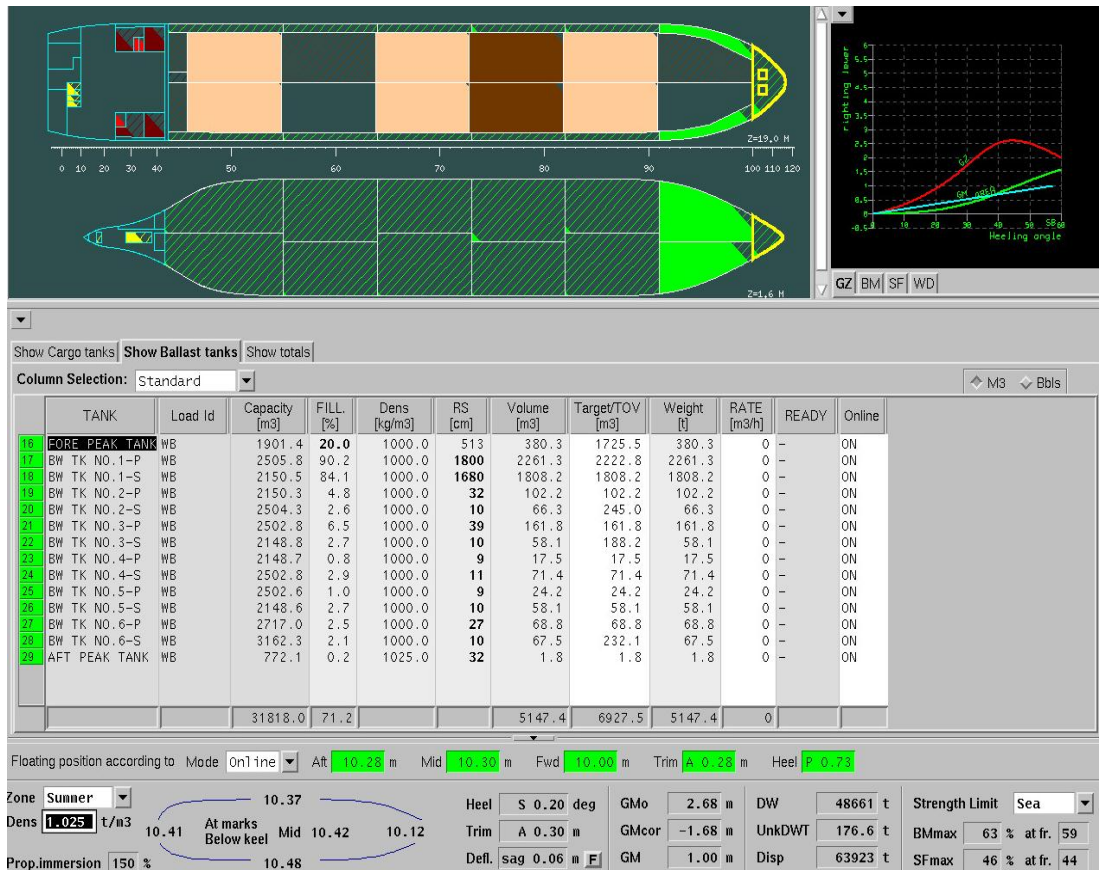
Taulukko 3. M/T Palvan polttoaineen kulutus vuodelta 2010



Helmikuussa 2010 Palva liikennöi lähiliikenteessä jäätilanteen ja aluksen jääluokituksen takia. Tässä kuussa oli paljon jäissä ajoa sekä manoveerausta. Näiden yhteisvaikutuksen pystyy hyvin havainnoimaan taulukosta helmikuun kohdalla olevan piikin avulla. Huhtikuussa ja kesäkuukausina aluksella oli pitkiä merimatkoja kuljettavana Brasiliaan ja sieltä takasin Eurooppaan sekä Argentiinaan. Elokuun alhainen piikki muodostuu aluksen telakoinnista.

9.2 Esimerkkimatka

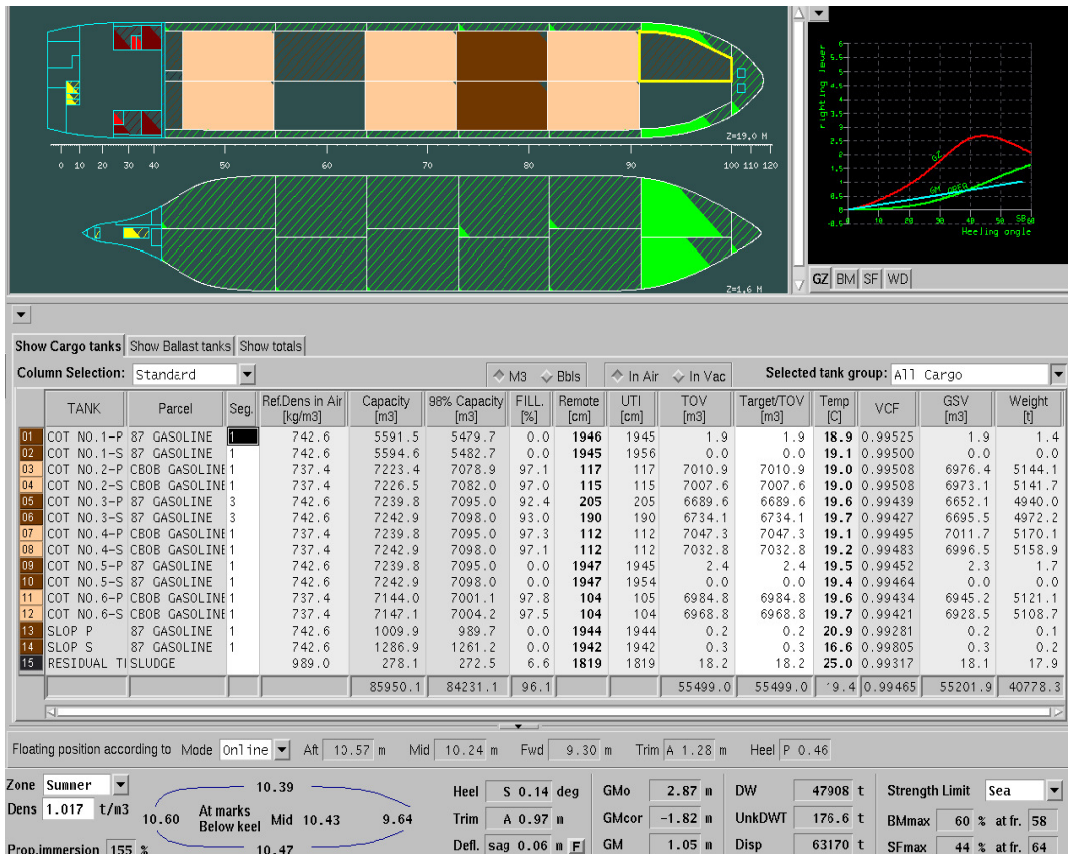
Reitti seuratulla matkalla kulki New Yorkista Montrealiin aluksen ollessa lastissa. Suurin osa matkasta kuljettiin tasakölillä suurimman osan matkasta. Alkupäivinä trimmi muuttui 0 - 4 metrin välillä. Matkalla sääolosuhteet olivat vaihtelevat ja matkan lopussa alus kulki luotsiajossa vuorokauden ajan St. Lawrence -joella.



Kuva 14. Tasaköli (NAPA) (9)

Kuvassa 14 on kuvattu tilanne, jossa lasti on sijoitettu tasaisesti lastitankkeihin ja painolastivettä on tankeissa niin, että laiva on tasaköyllillä. Tällä trimmillä aluksen nopeus rungon suhteen oli 13,3 solmua ja veden suhteen 13,1 solmua. Tällä trimmillä alus pyrkii kulkemaan matkansa.

Kun aluksella on riittävästi painolastivettä ja mahdollisuus sitä pitää, on sillä helppo säädellä aluksen trimmiä. Bunkkeria siirtämällä pystyy vaikuttamaan aluksen kallistukseen, ja siksi sen siirrosta keskustellaan perämiesten ja konemestareiden kesken.

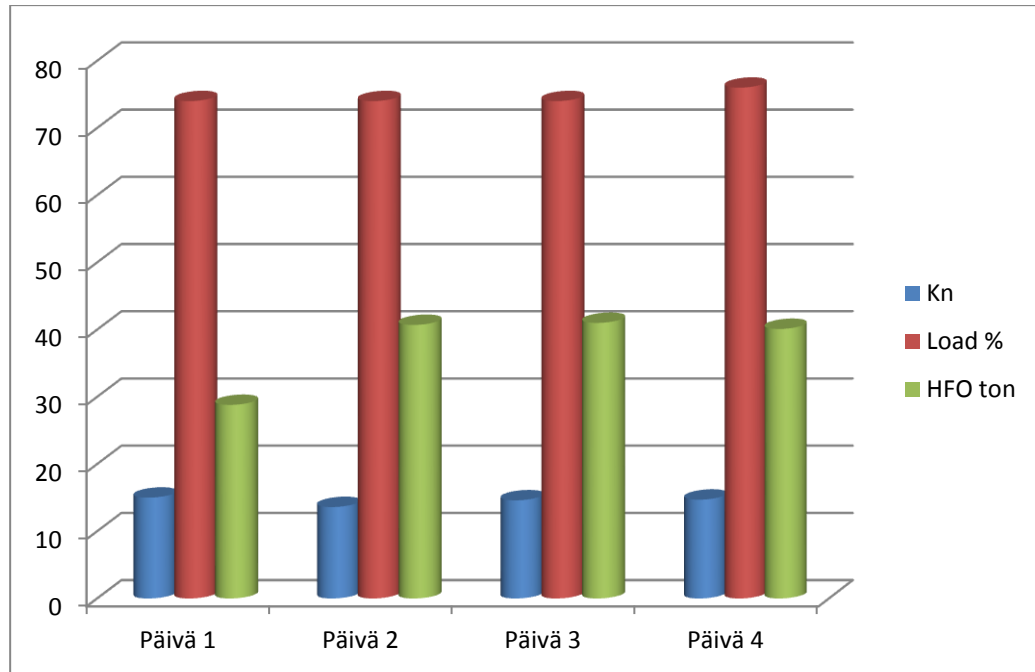


Kuva 15. Trimmiiä 1 metri. (NAPA) (9)

Kuvan 15 mukaan lasti ja painolastivesi on sijoitettu siten, että trimmiä on yhden metrin verran. Tilanteessa nopeus rungon suhteen oli 14,6 solmua ja veden suhteen 13,2 solmua. Nopeustieto ei ole tarkka, koska reitillä oli erilaisia virtauksia. Jotta koe olisi mahdollisimman tarkka, tulisi aluksen kulkea alueella, jossa kaikissa eri trimmitilanteissa olosuhteet olisivat mahdollisimman samanlaiset.

Taulukossa 4 on esitetty aluksen polttoaineen kulutus, nopeus sekä koneen kuormitus päiväkohtaisesti. Kaaviosta voi havaita, että kulutus on pystynyt melko tasaisena ja ollut melko korkea vastavirran takia.

Taulukko 4. Kulutus esimerkkimatalla.



10 YHTEENVETO

Palvan polttoaineen kulutuksen seuranta ei ole yksiselitteistä, koska alus ei ole vakio-liikenteessä ja näin olleen olosuhteet ovat hyvin vaihtelevat. Aluksella ei yleensä ole mitään tarkkoja aikatauluja ja ankkurissa odottelua tulee toisinaan. Näin ollen helpoin ratkaisu polttoaineen kulutuksen optimointiin tällä aluksella on nopeuden ja pääkoneen kierrosten alentaminen. On kuitenkin otettava huomioon tilanteita, joissa esimerkiksi huonon sään takia joudutaan ajamaan pääkonetta kovilla kierroksilla.

Tutkimukset tehtiin polttoaineen kulutusta seuraamalla ja kirjaamalla tiedot muistiin sekä haastatteleamalla aluksella työskenteleviä henkilöitä. Haastatteluilla saatiin kuva henkilöiden kokemuksista kulutuksen ja huollon tarpeen suhteen.

Palvalla pyritään seuraamaan polttoaineen kulutusta aktiivisesti ja vaikuttamaan siihen kulkunopeutta muuttamalla. Liian alhainen nopeus ei ole pääkoneelle hyväksi, joten sekin on huomioitava. Palvalla konehuoneen ja komentosillan välillä toimii yhteys ja

sopiva nopeus pyritään määrittelemään siten, että kulkunopeus on riittävä, polttoaineen kulutus alhainen ja kavitaatio vähäistä.

Palvan kohdalla tosin on otettava myös huomioon Atlantin ylitys ja siellä vallitseva säätilanne. Hyväksi voi myös käyttää virtauksia, jolloin nopeus pysyy hyvänä ja silti polttoaineen kulutus on pientä. Sääohjelmaa hyväksi käyttämällä aluksen reitit voidaan suunnitella siten, ettei turhia kulutuksia tule huonojen sääolosuhteiden takia ja myötätuulia ja –virtoja voidaan käyttää hyväksi.

Nopeusrajan tilalle olisi yleisesti mielekkäämpää määrittää aluksille tehot, joilla ne kulkevat, nopeusrajan tilalle. Jos alukselle määrätään vain tietty nopeus, jolla sen tulisi kulkea, on melko todennäköistä, että pääkoneen kuormitus on epätasaista. Aluksen pitäminen tietyssä nopeudessa erilaisissa sääolosuhteissa vaatii pääkoneelta paljon kiihdytystä ja tehojen alentamisia. Tämän nopeusmääritelmän tilalla olisi hyvä käyttää kuormaviitettä. Tämä olisi pääkoneelle paljon mielekkäämpi ajotapa ja vähentäisi kulutusta.

LÄHTEET

1. Neste Oil Oyj verkkosivut. Saatavissa <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,107,2999>. (Viitattu 10.02.2011)
2. Van Dokkum, Klaas. 2008. Ship Knowledge. Ship design, construction and operation. 5.; uudistettu painos. The Netherlands: Dokmar.
3. Matusiak, Jerzy. Johdatus kuljetusvälinetekniikkaan. Julkaistu 12/2006. Saatavissa http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva/Opinnot/Kurssit/vanhat/Kul-24.3000/KVTP_hydrodynamiikka.pdf (Viitattu 10.02.2011)
4. Matusiak, Jerzy. 2000. Laivan kelluvuus ja vakavuus. 4.; uudistettu painos. Otaniemi: Otatieto Oy.
5. Häkkinen, Pentti. 1997. Laivan kuljetuskoneistot. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto, laivalaboratorio.
6. Teknillinen korkeakoulu. Kuljetusvälinetekniikan perusteet. Julkaistu 2006. Saatavissa http://www.tkk.fi/Yksikot/Laiva/Opinnot/Kurssit/vanhat/Kul-24.3000/KVTP_Polttomoottorit.pdf (Viitattu 10.02.2011)
7. Pounder's. 1998. Marine Diesel Engines. 7.; uudistettu painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.
8. SeaWare Routin, versio 5.0
9. ECDIS
10. MAN B&W. Manuaalit ja verkkosivut. Saatavissa: <http://www.mandieselturbo.com/0000077/Products/Marine-Engines-and-Systems/Low-Speed.html> (Viitattu 10.02.2011)

11. NAPA

12. Matusiak, Jerzy. 2005. Laivan propulsio. 6.; uudistettu painos. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto, laivalaboratorio.

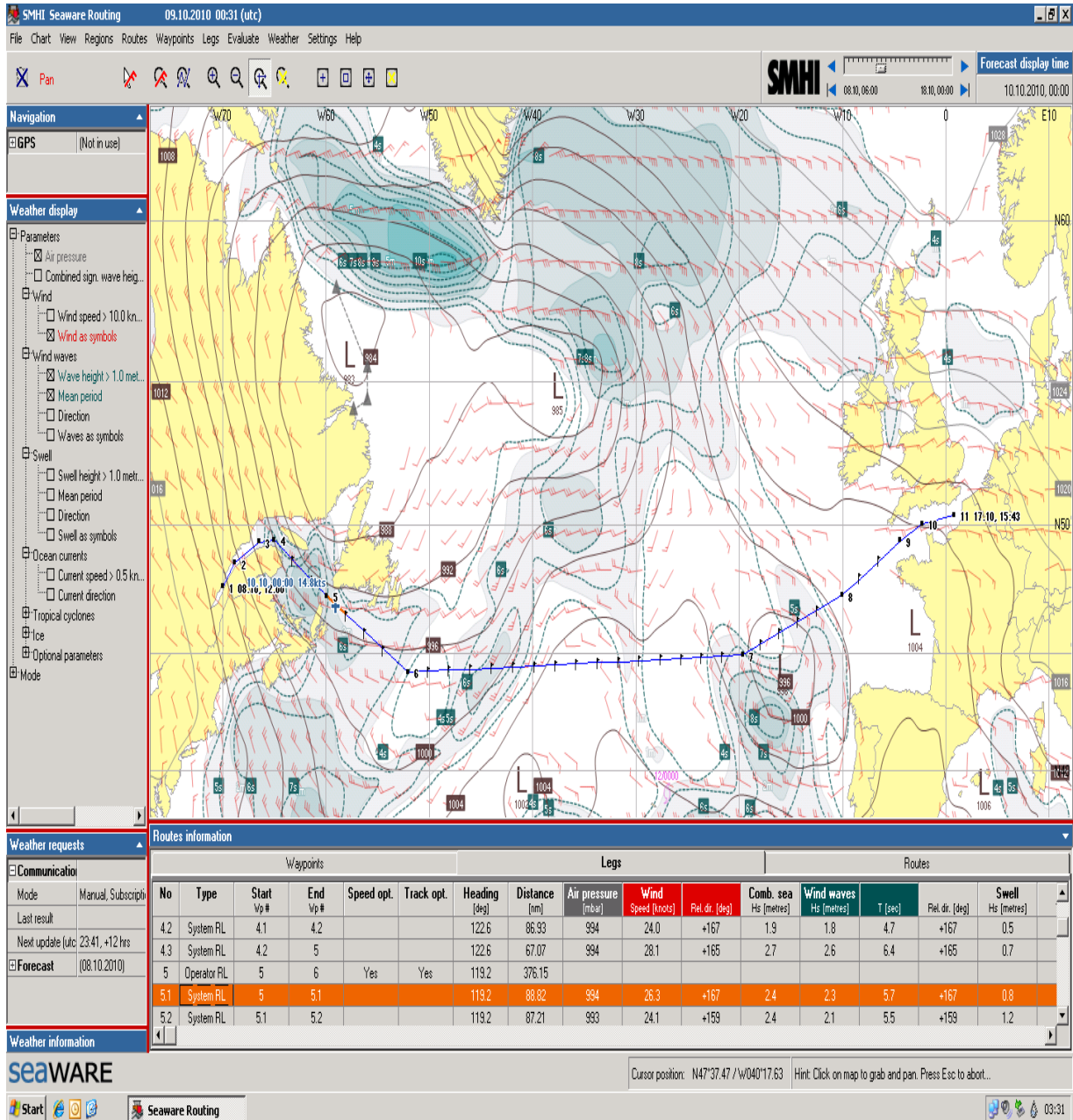
13. HEMPEL verkkosivut. Saatavissa

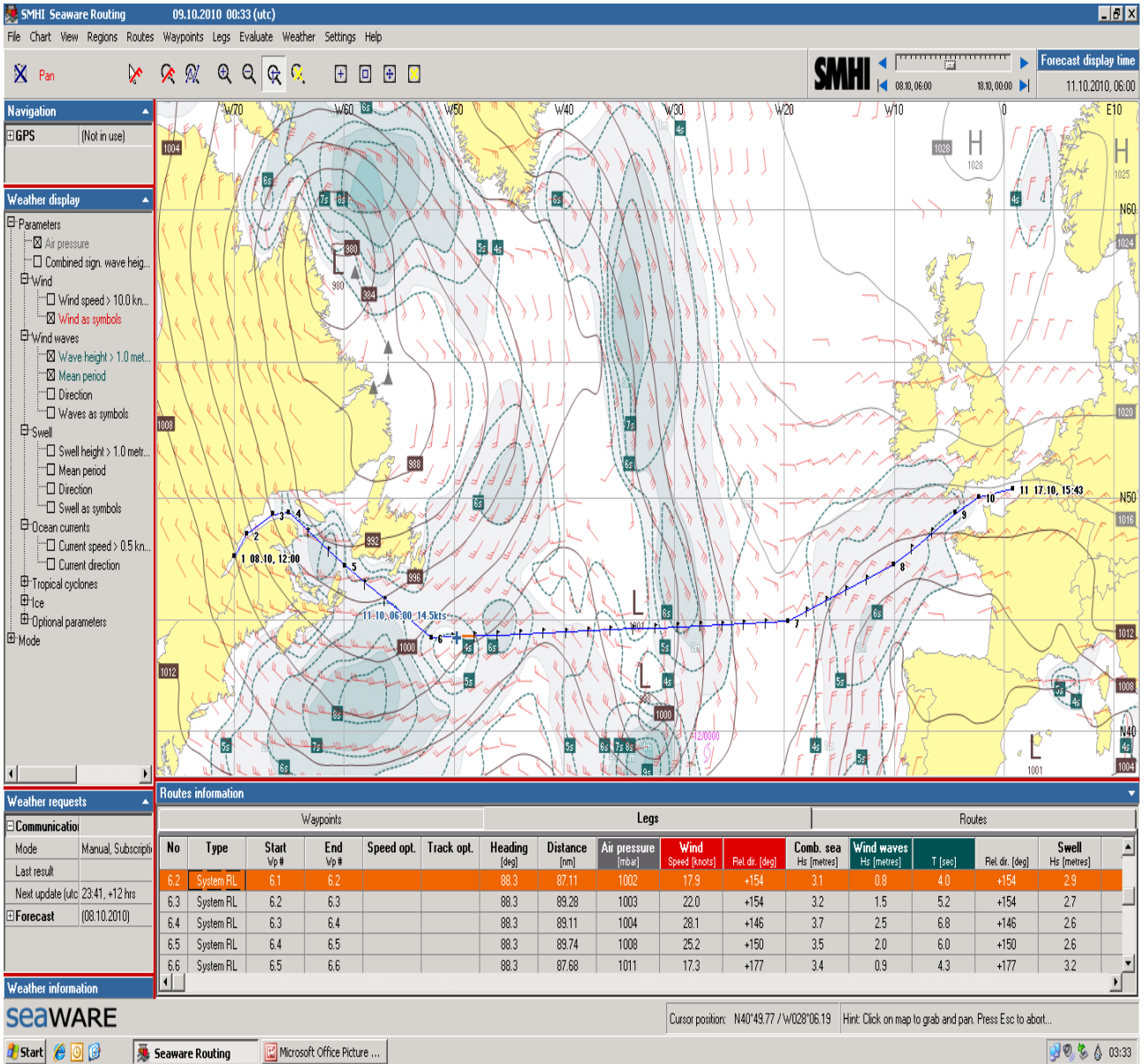
<http://www.hempel.com/internet/inefic.nsf/vHEMPELDOC/5E64FE153E8CB6A9C1256BE400500866?OpenDocument&1> (Viitattu 10.02.2011)

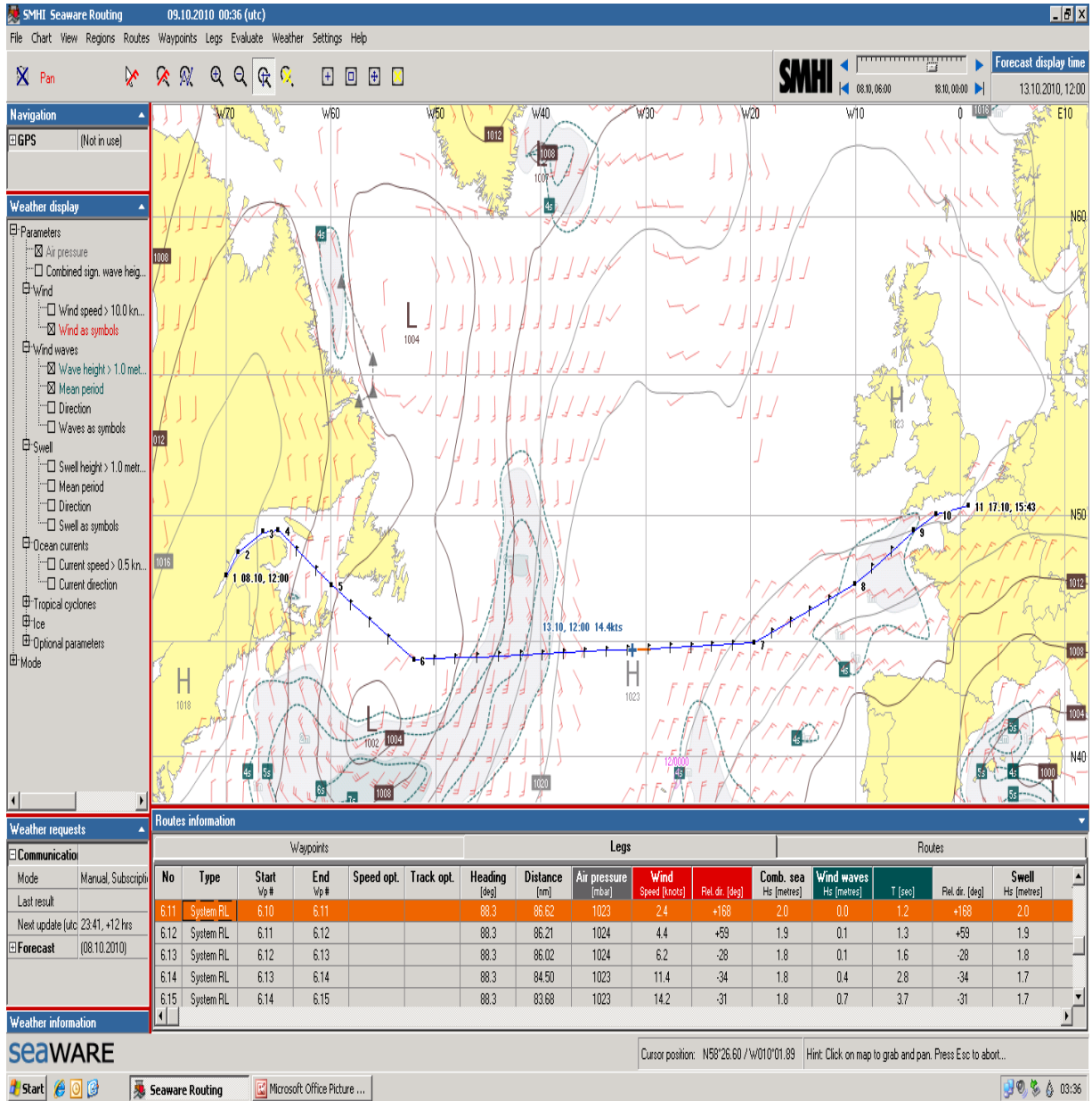
14. Häkkinen, Pentti. 2006. Laivan koneistot. 10.; uudistettu painos. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto, laivalaboratorio.

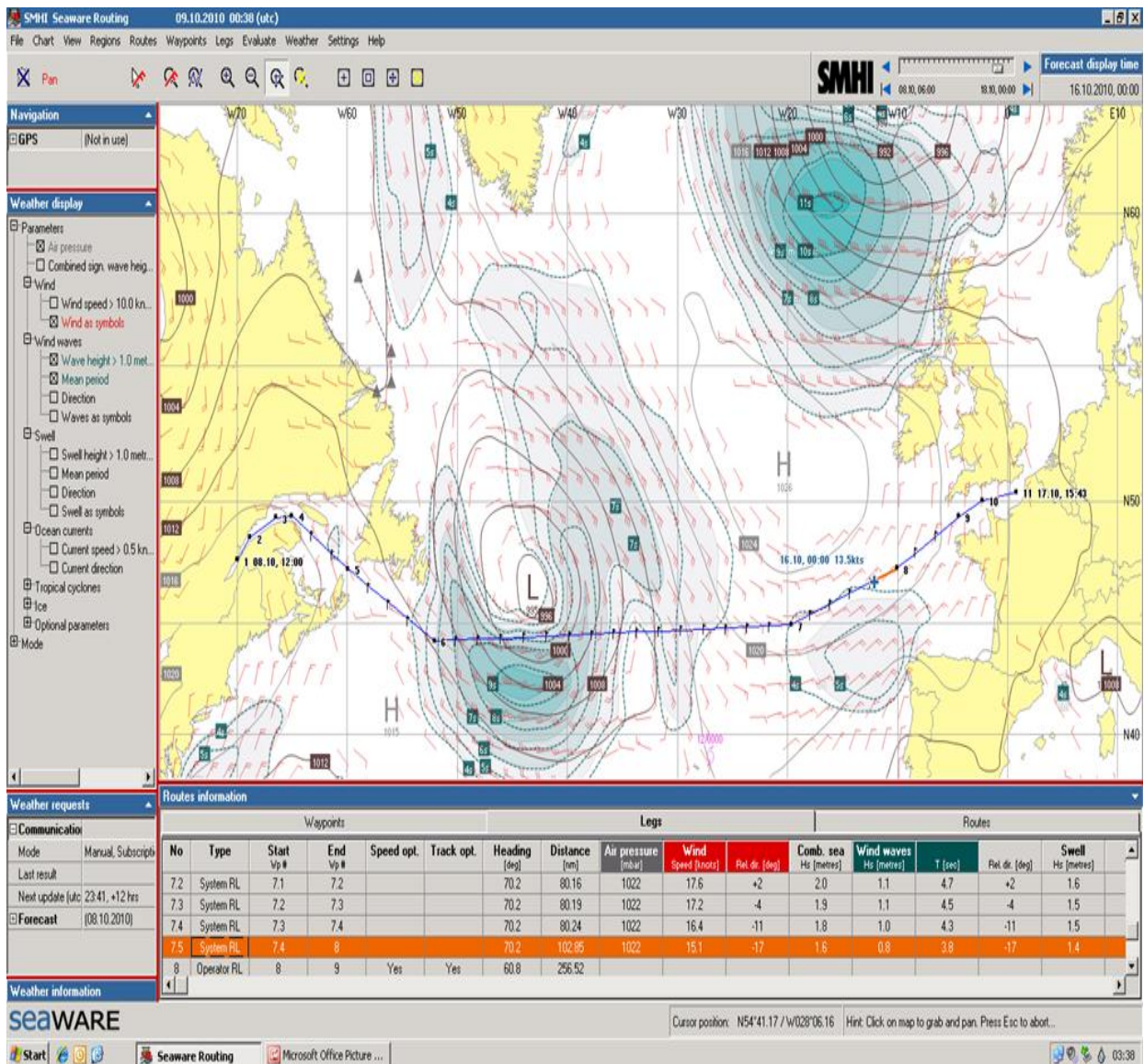
15. Rolls-Royce AB. 2007. KaMeWa-manuaali

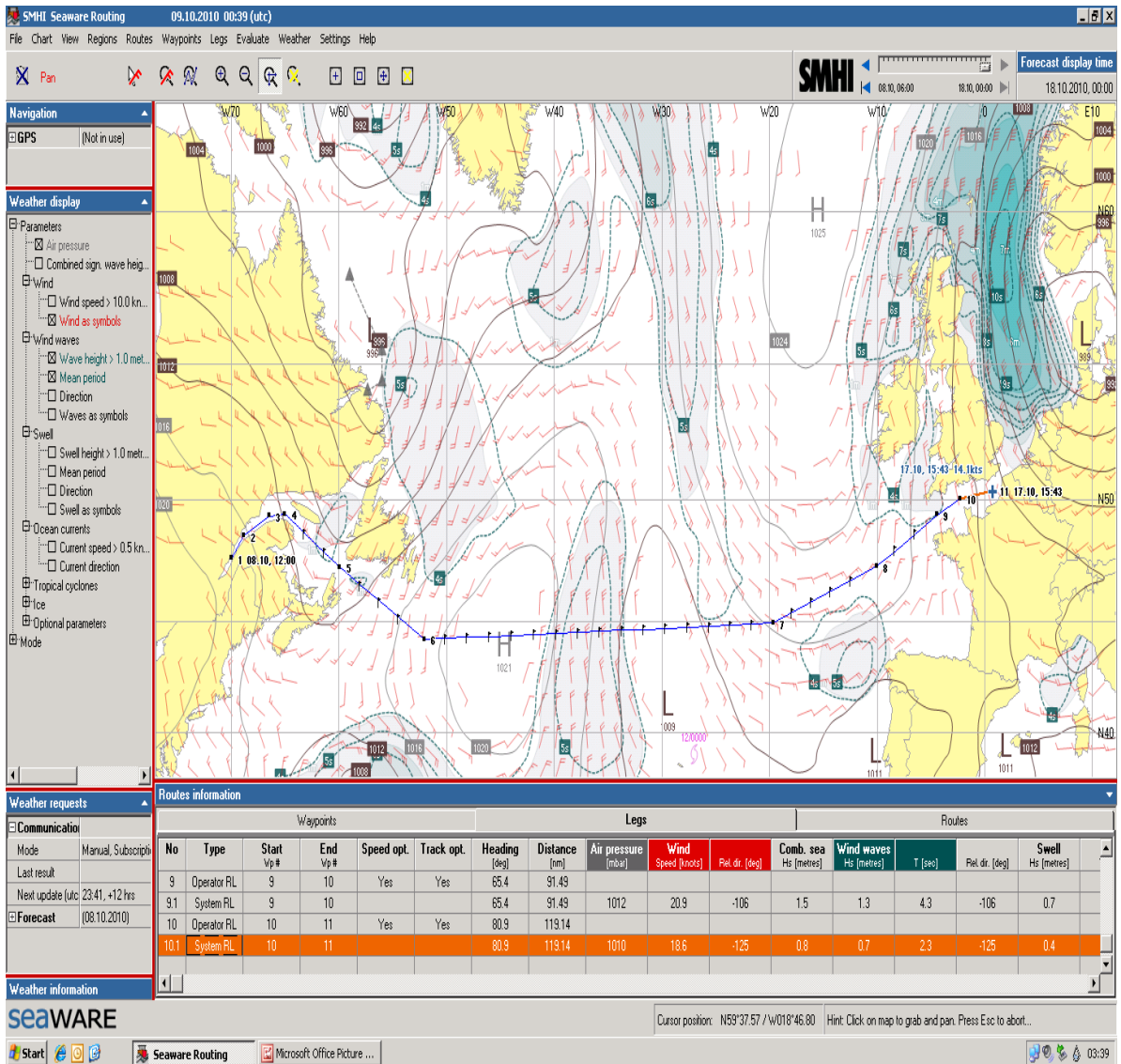
16. MAN B&W. Kiertokirjeet. 2007, 2008 & 2009











WayPoint List for ROUTE: SAILA LOKSODROMI

All Distances in (NM)

Average Speed 12.2 (kt)

The planned speed is used (avg spd is used only if plan spd is 0).

Waypoint	Plan	Brg	Dist.	Dist.	Dist.	TTG		
Num Label	Latitude	Longitude	Spd	Next	Next	Made	To Go	hhh:mm
001	N 43° 21.263' W	052° 59.364'	14.0	081.1	152.8	0.0	0.0	0:00
002	N 43° 44.859' W	049° 31.012'	14.0	081.1	152.8	152.8	152.8	10:55
003	N 44° 08.454' W	046° 01.287'	14.0	081.1	152.8	305.7	305.7	21:50
004	N 44° 32.050' W	042° 30.160'	14.0	081.1	152.8	458.5	458.5	32:45
005	N 44° 55.645' W	038° 57.602'	14.0	081.1	152.8	611.3	611.3	43:40
006	N 45° 19.241' W	035° 23.584'	14.0	081.1	152.8	764.2	764.2	54:35
007	N 45° 42.837' W	031° 48.075'	14.0	081.1	152.8	917.0	917.0	65:30
008	N 46° 06.432' W	028° 11.045'	14.0	081.1	152.8	1069.9	1069.9	76:25
009	N 46° 30.028' W	024° 32.460'	14.0	081.1	152.8	1222.7	1222.7	87:20
010	N 46° 53.624' W	020° 52.289'	14.0	081.1	152.8	1375.5	1375.5	98:15
011	N 47° 17.219' W	017° 10.497'	14.0	081.1	152.8	1528.4	1528.4	109:10
012	N 47° 40.815' W	013° 27.050'	14.0	081.1	152.8	1681.2	1681.2	120:05
013	N 48° 04.410' W	009° 41.913'	14.0	081.1	152.8	1834.0	1834.0	131:00
014	N 48° 28.006' W	005° 55.048'	14.0	000.0	0.0	1986.9	1986.9	141:55

CurrentShip Position, Bearing and Distance to active Wpt.:

N 49° 09.346' W 063° 33.562' 00.00 0000.000

WayPoint List for ROUTE: SAILAN ISOYMPYRA

All Distances in (NM)

Average Speed 12.2 (kt)

The planned speed is used (avg spd is used only if plan spd is 0).

Waypoint	Plan	Brg	Dist.	Dist.	Dist.	TTG		
Num Label	Latitude	Longitude	Spd	Next	Next	Made	To Go	hhh:mm
001	N 43° 20.000'	W 053° 00.000'	14.0	065.3	150.4	0.0	0.0	0:00
002	N 44° 22.790'	W 049° 50.503'	14.0	067.6	150.4	150.4	150.4	10:44
003	N 45° 20.175'	W 046° 34.414'	14.0	069.9	150.4	300.7	300.7	21:28
004	N 46° 11.782'	W 043° 11.934'	14.0	072.4	150.4	451.1	451.1	32:13
005	N 46° 57.249'	W 039° 43.408'	14.0	075.0	150.4	601.5	601.5	42:57
006	N 47° 36.235'	W 036° 09.327'	14.0	077.6	150.4	751.9	751.9	53:42
007	N 48° 08.424'	W 032° 30.339'	14.0	080.4	150.4	902.3	902.3	64:26
008	N 48° 33.545'	W 028° 47.241'	14.0	083.2	150.4	1052.6	1052.6	75:11
009	N 48° 51.374'	W 025° 00.965'	14.0	086.0	150.4	1203.0	1203.0	85:55
010	N 49° 01.747'	W 021° 12.557'	14.0	088.9	150.4	1353.4	1353.4	96:40
011	N 49° 04.568'	W 017° 23.137'	14.0	091.8	150.4	1503.8	1503.8	107:24
012	N 48° 59.809'	W 013° 33.867'	14.0	094.7	150.4	1654.2	1654.2	118:09
013	N 48° 47.515'	W 009° 45.900'	14.0	097.5	150.4	1804.5	1804.5	128:53
014	N 48° 27.801'	W 006° 00.342'	14.0	000.0	0.0	1954.9	1954.9	139:38

CurrentShip Position, Bearing and Distance to active Wpt.:

N 49° 09.387' W 063° 33.669' 00.00 0000.000

NESTE SHIPPING OY
M/T PALVA
NESTE OIL

LOADING SUMMARY

Date 2010-10-06
Time 19:14
Onboard-NAPA D.2006.1

M/T PALVA

File Name: SAILA1 Voyage: 10008 Online Drafts
Date: 30/09/2010 Port: New York Draft fwd [m]: 7.20
Time: 21:48 Terminal: KMI Draft Aft [m]: 11.19
Jetty: Carteret Trim [m]: A 4.03
Heel [deg]: P 0.46

Calculated Floating Position

Drafts at marks, measured below the keel.
Trim is the difference of drafts at perpendiculars.
Sea water density 1.017

Mid draft	9.88 m	KM	14.30 m
Aft draft	11.46 m	KG	11.32 m
Fwd draft	7.57 m	GMO	2.98 m
Trim	A 3.92 m	GMcorr	-2.08 m
Heel	S 2.30 deg	GMF	0.91 m

Summary of Loads

LIQUID LOADS	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m	GMcorr m	Fram tm
CARGO	40535.7	117.54	-0.01	11.38	0.55	33289.1
Diesel oil	116.2	21.30	-1.77	15.19	0.00	22.7
Flood water	1.7	32.11	0.00	2.14	0.00	0.0
Fresh water	617.1	2.34	3.12	14.64	0.01	503.0
Heavy fuel oil	1192.7	25.69	-0.80	10.78	0.01	543.3
Lubricating oil	52.2	9.31	1.77	14.35	0.00	36.3
Ballast water	1891.4	120.78	0.51	0.23	1.51	90776.4
TOTAL	44407.0	113.23	0.03	10.95	2.08	125170.7

MASS LOADS

				#Aft	#Fwd	Length
NEWFRAMES	10.3	122.18	0.00	22.32	47	97
SPARES_CREW&EFFECTS	100.0	25.20	0.00	24.00	27	43
STORES	330.0	54.89	3.78	19.00	46	55
UNKNOWN_DWT	176.6	53.24	-0.86	11.67	-0	84
TOTAL	616.9	50.73	1.78	17.77		
Lightweight	15262.0	96.11	0.00	12.12		
Deadweight	45023.8	112.37	0.05	11.04		
Total weight	60285.8	108.26	0.04	11.32		

Intact Stability

HEEL degree	MS m	HPHI m	EPHI rad*m	FSMOM tm	DGZ m
0.00	-0.039	-0.04	0.000	0.0	0.000
5.00	-0.037	0.06	0.001	9607.8	0.159
10.00	-0.018	0.26	0.014	14388.8	0.239
15.00	0.032	0.52	0.048	16964.2	0.281
20.00	0.134	0.85	0.107	18491.6	0.307
25.00	0.307	1.25	0.198	19414.9	0.322
30.00	0.561	1.72	0.327	19922.9	0.330
40.00	0.900	2.48	0.702	20108.2	0.334
50.00	0.488	2.45	1.143	19594.8	0.325
60.00	-0.324	1.95	1.530	18841.7	0.313

Criterion	Description	Required	Attained	UNIT	Status
V.AREA30	Area under GZ curve up to 30 deg	0.055	0.328	mrاد	OK
V.AREA40	Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.703	mrاد	OK
V.AREA3040	Area under GZ curve between 30 and 40.	0.030	0.376	mrاد	OK
V.GZ.2	Min. GZ > 0.2	0.200	2.557	m	OK
V.MAXGZ25	Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	44.180	deg	OK
V.GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.905	m	OK

Longitudinal Strength

	Sea	Harbor	at	#
SHEAR FORCE (MIN)	-5617.0 t		96.0 m	64
SHEAR FORCE (MAX)	4460.0 t		182.4	91
REL. SHEAR FORCE	51.1 %	46.1 %	96.0	64
SAGGING MOMENT	-130050.0 tm		148.5	80
HOGGING MOMENT	71960.0 tm		75.4	57
REL. SAGGING MOMENT	91.0 %	50.4 %	170.2	87
REL. HOGGING MOMENT	42.1 %	26.0 %	32.6	44

NESTE SHIPPING OY
M/T PALVA
NESTEOK

LOADING SUMMARY

Date 2010-10-06
Time 19:14
Onboard-NAPA D.2006.1

M/T PALVA

File Name: SAILA1 Voyage: 10008 Online Drafts
Date: 30/09/2010 Port: New York Draft fwd [m]: 7.20
Time: 21:48 Terminal: KMI Draft Aft [m]: 11.19
Jetty: Carteret Trim [m]: A 4.03
Heel [deg]: P 0.46

Calculated Floating Position

Drafts at marks, measured below the keel.
Trim is the difference of drafts at perpendiculars.
Sea water density 1.017

Mid draft	9.88	m	KM	14.30	m
Aft draft	11.46	m	KG	11.32	m
Fwd draft	7.57	m	GMO	2.98	m
Trim	A 3.92	m	GMcorr	-2.08	m
Heel	S 2.30	deg	GMf	0.91	m

Summary of Loads

LIQUID LOADS	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m	GMcorr m	Frsm tm
CARGO	40535.7	117.54	-0.01	11.38	0.55	33289.1
Diesel oil	116.2	21.30	-1.77	15.19	0.00	22.7
Flood water	1.7	32.11	0.00	2.14	0.00	0.0
Fresh water	617.1	2.34	3.12	14.64	0.01	503.0
Heavy fuel oil	1192.7	25.69	-0.80	10.78	0.01	543.3
Lubricating oil	52.2	9.31	1.77	14.35	0.00	36.3
Ballast water	1891.4	120.78	0.51	0.23	1.51	90776.4
TOTAL	44407.0	113.23	0.03	10.95	2.08	125170.7

MASS LOADS				#Aft	#Fwd	Length
NEWFRAMES	10.3	122.18	0.00	22.32	47	97
SPARES_CREW&EFFECTS	100.0	25.20	0.00	24.00	27	43
STORES	330.0	54.89	3.78	19.00	46	55
UNKNOWN_DWT	176.6	53.24	-0.86	11.67	-0	84
TOTAL	616.9	50.73	1.78	17.77		
Lightweight	15262.0	96.11	0.00	12.12		
Deadweight	45023.8	112.37	0.05	11.04		
Total weight	60285.8	108.26	0.04	11.32		

Intact Stability

HEEL degree	MS m	HPHI m	EPHI rad*m	FSMOM tm	DGZ m
0.00	-0.039	-0.04	0.000	0.0	0.000
5.00	-0.037	0.06	0.001	9607.8	0.159
10.00	-0.018	0.26	0.014	14388.8	0.239
15.00	0.032	0.52	0.048	16964.2	0.281
20.00	0.134	0.85	0.107	18491.6	0.307
25.00	0.307	1.25	0.198	19414.9	0.322
30.00	0.561	1.72	0.327	19922.9	0.330
40.00	0.900	2.48	0.702	20108.2	0.334
50.00	0.488	2.45	1.143	19594.8	0.325
60.00	-0.324	1.95	1.530	18841.7	0.313

Criterion	Description	Required	Attained	UNIT	Status
V.AREA30	Area under GZ curve up to 30 deg	0.055	0.328	mrاد	OK
V.AREA40	Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.703	mrاد	OK
V.AREA3040	Area under GZ curve between 30 and 40.	0.030	0.376	mrاد	OK
V.GZ0.2	Min. GZ > 0.2	0.200	2.557	m	OK
V.MAXGZ25	Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	44.180	deg	OK
V.GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	0.905	m	OK

Longitudinal Strength

	Sea	Harbor	at	#
SHEAR FORCE (MIN)	-5617.0 t		96.0 m	64
SHEAR FORCE (MAX)	4460.0 t		182.4	91
REL. SHEAR FORCE	51.1 %	46.1 %	96.0	64
SAGGING MOMENT	-130050.0 tm		148.5	80
HOGGING MOMENT	71960.0 tm		75.4	57
REL. SAGGING MOMENT	91.0 %	50.4 %	170.2	87
REL. HOGGING MOMENT	42.1 %	26.0 %	32.6	44

NESTE SHIPPING OY
M/T PALVA
FINNTECH

LOADING SUMMARY

Date 2010-10-06
Time 19:18
Onboard-NAPA D.2006.1

M/T PALVA

File Name: SAILA2	Voyage: 10008	Online Drafts
Date: 30/09/2010	Port: New York	Draft fwd [m]: 9.30
Time: 21:48	Terminal: KMI	Draft Aft [m]: 10.57
	Jetty: Carteret	Trim [m]: A 1.28
		Heel [deg]: P 0.46

Calculated Floating Position

Drafts at marks, measured below the keel.
Trim is the difference of drafts at perpendiculars.
Sea water density 1.017

Mid draft	10.43 m	KM	13.97 m
Aft draft	10.60 m	KG	11.10 m
Fwd draft	9.64 m	GMD	2.87 m
Trim	A 0.97 m	GMcorr	-1.82 m
Heel	S 0.14 deg	GMf	1.05 m

Summary of Loads

LIQUID LOADS	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m	GMcorr m	Frsm tm
CARGO	40778.3	117.46	-0.00	11.44	0.52	32917.0
Diesel oil	116.3	21.28	-1.67	15.18	0.00	24.3
Flood water	1.8	32.11	0.00	2.14	0.00	0.0
Fresh water	623.7	2.33	3.10	14.65	0.01	503.6
Heavy fuel oil	1164.0	25.74	-0.87	10.70	0.01	539.9
Lubricating oil	52.2	9.31	1.77	14.35	0.00	36.3
Ballast water	4554.8	183.19	-0.38	3.23	1.28	81122.0
TOTAL	47291.3	119.66	-0.02	10.68	1.82	115143.0

MASS LOADS

	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m	#Aft	#Fwd	Length
NEWFRAMES	10.3	122.18	0.00	22.32	47	97	160.80
SPARES_CREW&EFFECTS	100.0	25.20	0.00	24.00	27	43	12.80
STORES	330.0	54.89	3.78	19.00	46	55	28.80
UNKNOWN_DWT	176.6	53.24	-0.86	11.67	-0	84	159.73
TOTAL	616.9	50.73	1.78	17.77			
Lightweight	15262.0	96.11	0.00	12.12			
Deadweight	47908.1	118.77	0.00	10.77			
Total weight	63170.1	113.29	0.00	11.10			

Intact Stability

HEEL degree	MS m	HPHI m	EPHI rad*m	FSMOM tm	DGZ m
0.00	-0.003	-0.00	0.000	0.0	0.000
5.00	-0.000	0.14	0.005	7246.7	0.115
10.00	0.018	0.35	0.026	10535.9	0.167
15.00	0.067	0.61	0.067	12619.3	0.200
20.00	0.167	0.93	0.134	14026.4	0.222
25.00	0.338	1.31	0.231	15039.5	0.238
30.00	0.601	1.79	0.366	15779.5	0.250
40.00	1.008	2.59	0.756	16819.2	0.266
50.00	0.654	2.56	1.216	18541.7	0.294
60.00	-0.088	2.06	1.623	21486.8	0.340

Criterion	Description	Required	Attained	UNIT	Status
V.AREA30	Area under GZ curve up to 30 deg	0.055	0.366	mrاد	OK
V.AREA40	Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.756	mrاد	OK
V.AREA3040	Area under GZ curve between 30 and 40.	0.030	0.390	mrاد	OK
V.GZ0.2	Min. GZ > 0.2	0.200	2.670	m	OK
V.MAXGZ25	Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	44.298	deg	OK
V.GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	1.049	m	OK

Longitudinal Strength

	Sea	Harbor	at	#
SHEAR FORCE (MIN)	-4837.0 t		96.0 m	64
SHEAR FORCE (MAX)	3272.0 t		67.2	55
REL. SHEAR FORCE	44.0 %	39.7 %	96.0	64
SAGGING MOMENT	-51553.0 tm		155.3	82
HOGGING MOMENT	131107.0 tm		78.9	58
REL. SAGGING MOMENT	38.2 %	21.2 %	169.0	87
REL. HOGGING MOMENT	59.6 %	39.2 %	78.9	58

NESTE SHIPPING OY
M/T PALVA
NESTE OIL

LOADING SUMMARY

Date 2010-10-06
Time 19:32
Onboard-NAPA D.2006.1

M/T PALVA

File Name: SAILA3
Date: 30/09/2010
Time: 21:48

Voyage: 10008
Port: New York
Terminal: KMI
Jetty: Carteret

Online Drafts
Draft fwd [m]: 10.00
Draft Aft [m]: 10.28
Trim [m]: A 0.28
Heel [deg]: P 0.73

Calculated Floating Position

Drafts at marks, measured below the keel.
Trim is the difference of drafts at perpendiculars.
Sea water density 1.025

Mid draft	10.42 m	KM	13.89 m
Aft draft	10.41 m	KG	11.20 m
Fwd draft	10.12 m	GM0	2.68 m
Trim	A 0.30 m	GMcorr	-1.68 m
Heel	S 0.20 deg	GMf	1.00 m

Summary of Loads

LIQUID LOADS	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m	GMcorr m	Frsm tm
CARGO	40935.9	117.51	-0.00	11.47	0.51	32698.9
Diesel oil	115.9	21.27	-1.63	15.17	0.00	24.3
Flood water	1.9	32.11	0.00	2.14	0.00	0.0
Fresh water	625.5	2.35	3.12	14.65	0.01	503.8
Heavy fuel oil	1165.4	25.73	-0.79	10.69	0.01	541.7
Lubricating oil	52.2	9.31	1.77	14.35	0.00	36.3
Ballast water	5147.4	188.00	-0.33	5.14	1.15	73828.0
TOTAL	48044.1	120.99	-0.02	10.83	1.68	107633.0

MASS LOADS					#Aft	#Fwd	Length
NEWFRAMES	10.3	122.18	0.00	22.32	47	97	160.80
SPARES_CREW&EFFECTS	100.0	25.20	0.00	24.00	27	43	12.80
STORES	330.0	54.89	3.78	19.00	46	55	28.80
UNKNOWN_DWT	176.6	53.24	-0.86	11.67	-0	84	159.73
TOTAL	616.9	50.73	1.78	17.77			
Lightweight	15262.0	96.11	0.00	12.12			
Deadweight	48660.9	120.10	0.00	10.91			
Total weight	63922.9	114.37	0.00	11.20			

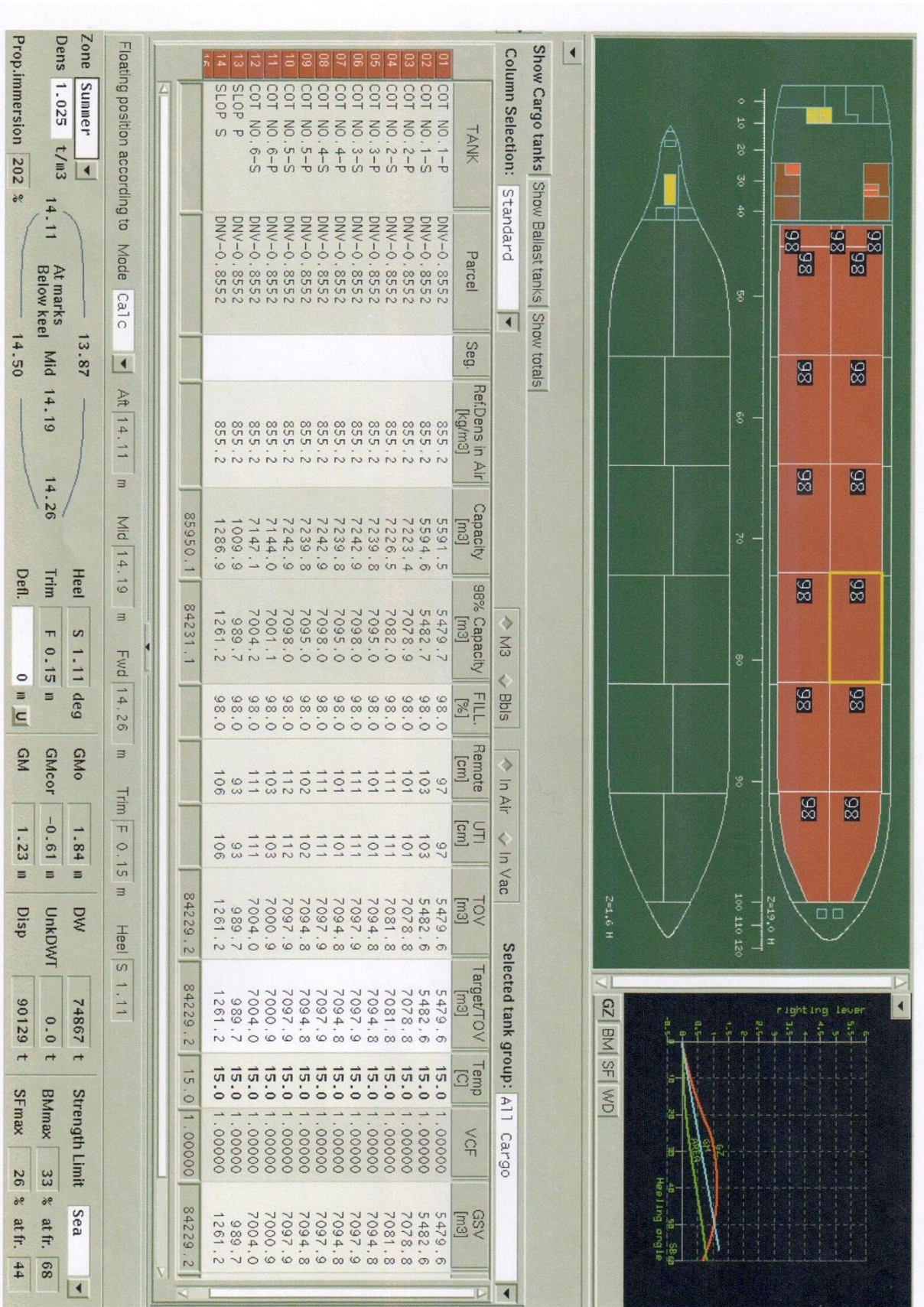
Intact Stability

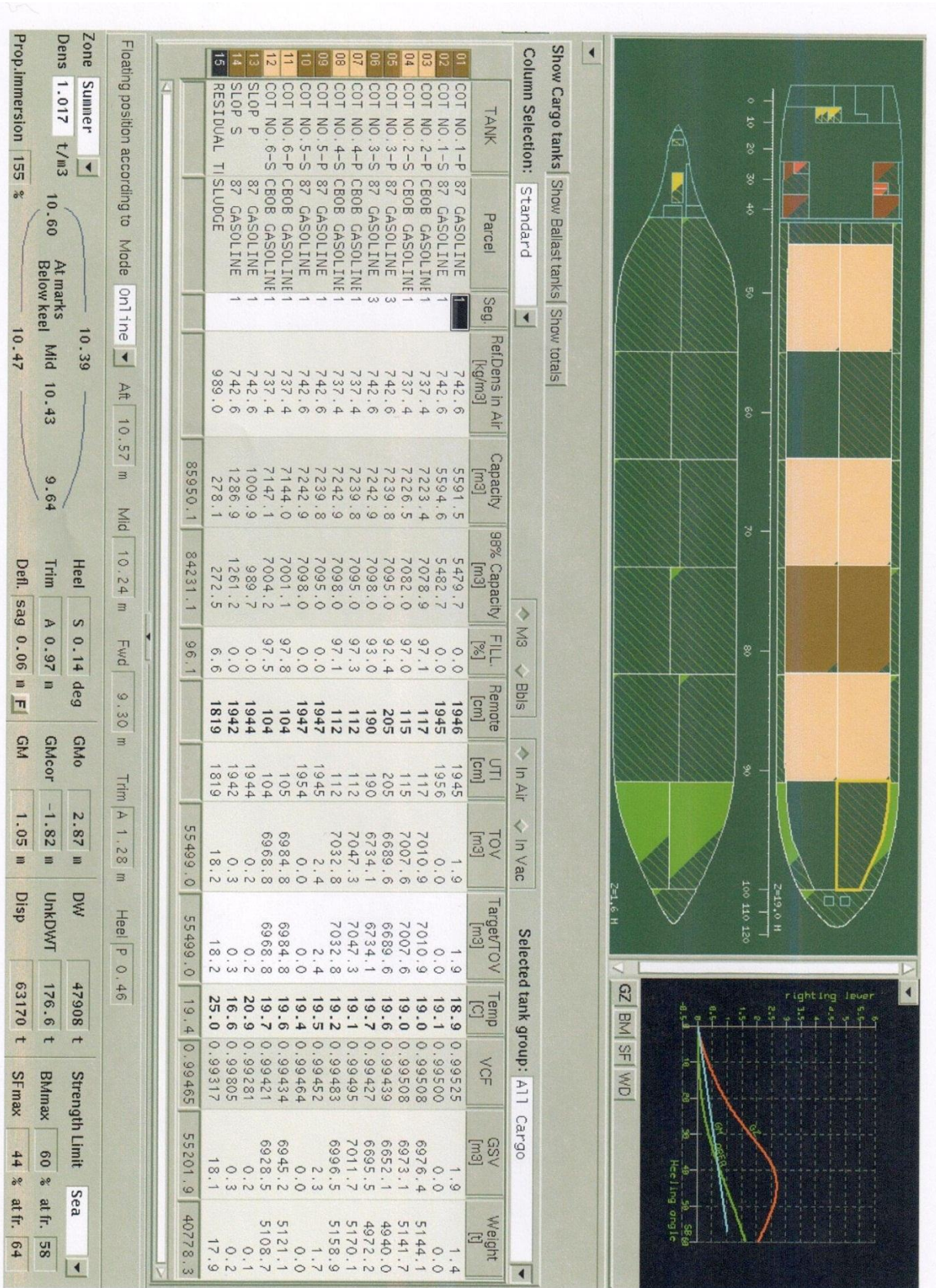
HEEL degree	MS m	HPHI m	EPHI rad*m	FSMOM tm	DGZ m
0.00	-0.004	-0.00	0.000	0.0	0.000
5.00	-0.001	0.13	0.005	6312.1	0.099
10.00	0.017	0.34	0.025	8988.8	0.141
15.00	0.066	0.59	0.066	10690.2	0.167
20.00	0.165	0.90	0.131	11802.9	0.185
25.00	0.336	1.27	0.225	12599.3	0.197
30.00	0.600	1.74	0.356	13154.5	0.206
40.00	1.008	2.52	0.735	13855.7	0.217
50.00	0.661	2.50	1.183	14217.2	0.222
60.00	-0.073	2.00	1.579	15893.5	0.249

Criterion	Description	Required	Attained	UNIT	Status
V.AREA30	Area under GZ curve up to 30 deg	0.055	0.356	mrاد	OK
V.AREA40	Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.735	mrاد	OK
V.AREA3040	Area under GZ curve between 30 and 40.	0.030	0.379	mrاد	OK
V.GZ0.2	Min. GZ > 0.2	0.200	2.599	m	OK
V.MAXGZ25	Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	44.380	deg	OK
V.GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	1.001	m	OK

Longitudinal Strength

	Sea	Harbor	at	#
SHEAR FORCE (MIN)	-4692.0 t		96.0 m	64
SHEAR FORCE (MAX)	3438.0 t		67.2	55
REL. SHEAR FORCE	46.4 %	38.5 %	32.6	44
SAGGING MOMENT	-38404.0 tm		157.5	83
HOGGING MOMENT	139698.0 tm		80.0	59
REL. SAGGING MOMENT	28.9 %	16.0 %	167.9	66
REL. HOGGING MOMENT	63.5 %	41.7 %	80.0	59





NESTE SHIPPING OY
M/T PALVA

STABILITY REPORT

Date 2010-10-06
Time 18:45
Onboard-NAPA D.2006.1

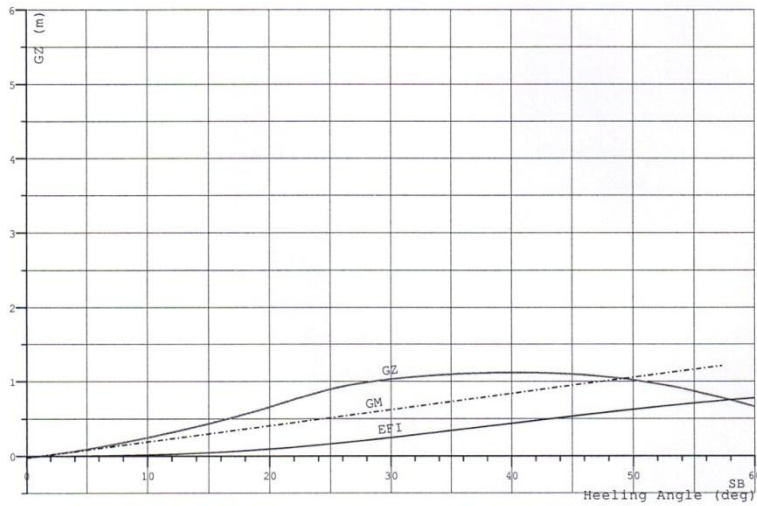
NESTE OIL

M/T PALVA

File Name: LC09
HOMOG.LOADED & 100% STORES
Date:
Time:

Voyage:
Port:
Terminal:
Jetty:

Calculated Drafts at marks,
measured below the keel.
Draft fwd [m]: 14.26
Draft Aft [m]: 14.11
Trim [m]: F 0.15
Heel [deg]: S 1.11



STABILITY CURVE

DISP	RHO	KMT	GM0	XCG	YCG	ZCG				
90128.9	1.025	13.67	1.84	112.30	0.02	11.83				
ANGLE	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0
MS	-0.024	-0.022	-0.008	0.030	0.108	0.196	0.190	0.012	-0.318	-0.864
GM0*SINFI	0.000	0.161	0.320	0.477	0.630	0.779	0.921	1.184	1.411	1.596
DGZ	0.000	0.045	0.064	0.074	0.078	0.081	0.082	0.081	0.076	0.070
GZ	-0.024	0.094	0.248	0.433	0.660	0.894	1.029	1.116	1.017	0.662
EFI	0.000	0.003	0.017	0.047	0.094	0.163	0.247	0.437	0.626	0.776

IMO Stability Criteria

Criterion	Description	Required	Attained	UNIT	Status
V.AREA30	Area under GZ curve up to 30 deg	0.055	0.247	mrاد	OK
V.AREA40	Area under GZ curve up to 40 deg.	0.090	0.437	mrاد	OK
V.AREA3040	Area under GZ curve between 30 and 40.	0.030	0.190	mrاد	OK
V.GZ0.2	Min. GZ > 0.2	0.200	1.116	m	OK
V.MAXGZ25	Max. GZ at an angle > 25 deg.	25.000	40.151	deg	OK
V.GM0.15	GM > 0.15 m	0.150	1.234	m	OK



SKIN FRICTION OF SILICONE BASED FOULING RELEASE COATINGS

Summary

- The present note communicates the documentation of HEMPASILs large potential of saving fuel on various ship types by reducing the hull's skin friction.
- Results of a towing tank project conducted by FORCE Technology, Denmark are reported.
- Power efficiency improvements (fuel savings) above 10% has been documented.

Introduction

Silicone based fouling release coatings (HEMPASIL) were compared to tin free selfpolishing coatings. The coatings were applied 2.5 m long test panels with different surface texture (roughness). The panels were towed at speeds corresponding to 20 knots in the 240 m long towing tank.

Three different levels of roughness's, measured as Average Hull Roughness with BMT gauge, were used to emulate a :

- 1) newbuilding situation with relative smooth hull plates
- 2) condition after some years in service with "medium" roughness and
- 3) a surface with relative high roughness (approximately 500 micron)

Skin friction have been estimated in comparison to the total ship resistance including wave, wake, air resistance in order for the results to be evaluated as realistic as possible.

The skin friction results have been translated into power, fuel and environmental savings and the full scale effect on fuel consumption, CO₂, NO_x & SO₂ emissions have been calculated for four different shiptypes .

Results

The results were highly reproducible and show a consistent positive difference between all HEMPASIL surfaces and selfpolishing tinfree antifouling. The graph below show that skin friction for HEMPASIL at all speeds (represented by Reynolds numbers with respect to length of vessel) and all three roughness's tested are significantly lower than the corresponding skin friction values for the antifouling. (Alu is the hydraulic smooth reference)

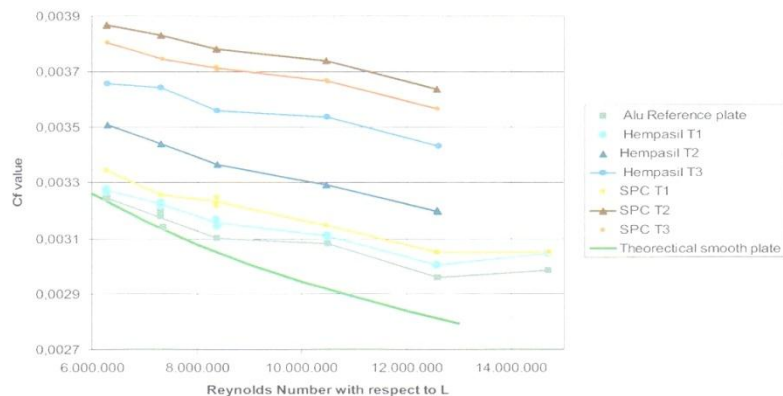


Fig 1. Resulting skin friction coefficient at different speeds (represented by Reynolds numbers with respect o L).

The difference in skin friction between the two coating technologies varied also with the AHR. For the medium roughness HEMPASIL showed a 5% lower skin friction compared to the tinfree antifouling (Fig 1)



Influence on ship propulsion efficiency - fuel consumption

The towing tank experiments were according to guidelines of ITTC (International Towing Tank Conference) which allows for up scaling to higher Reynolds numbers found on ships. In Fig 2. ITTC's roughness penalty has been substituted by the measured differences in skin friction between the two coating types.

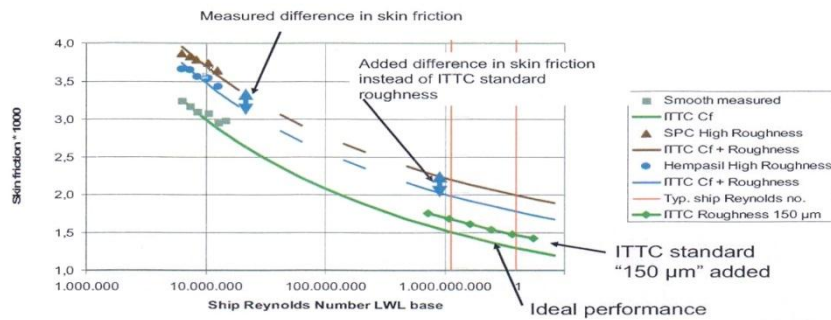


Fig 2 ITTC smooth reference curve and roughness penalty. Reynolds numbers for ships fall between the two red vertical lines.

A prediction of the power consumption for different ship types was calculated using FORCE Technology's ResPro performance program. The results are summarized in the tables below:

Vessel type	Power efficiency improvement of HEMPASIL *	Service speed (Knots)	Typical displacement (t)
ROPAX	1.7% - 7.5%	22	16.000
Large container vessel	2.4% -10,6%	24	115.000
Aframax tanker	2.5% -11,3%	15	95.000
Bulk carrier	2.0% - 8.8%	15	40.000

* Variation due to different roughness values (AHR)

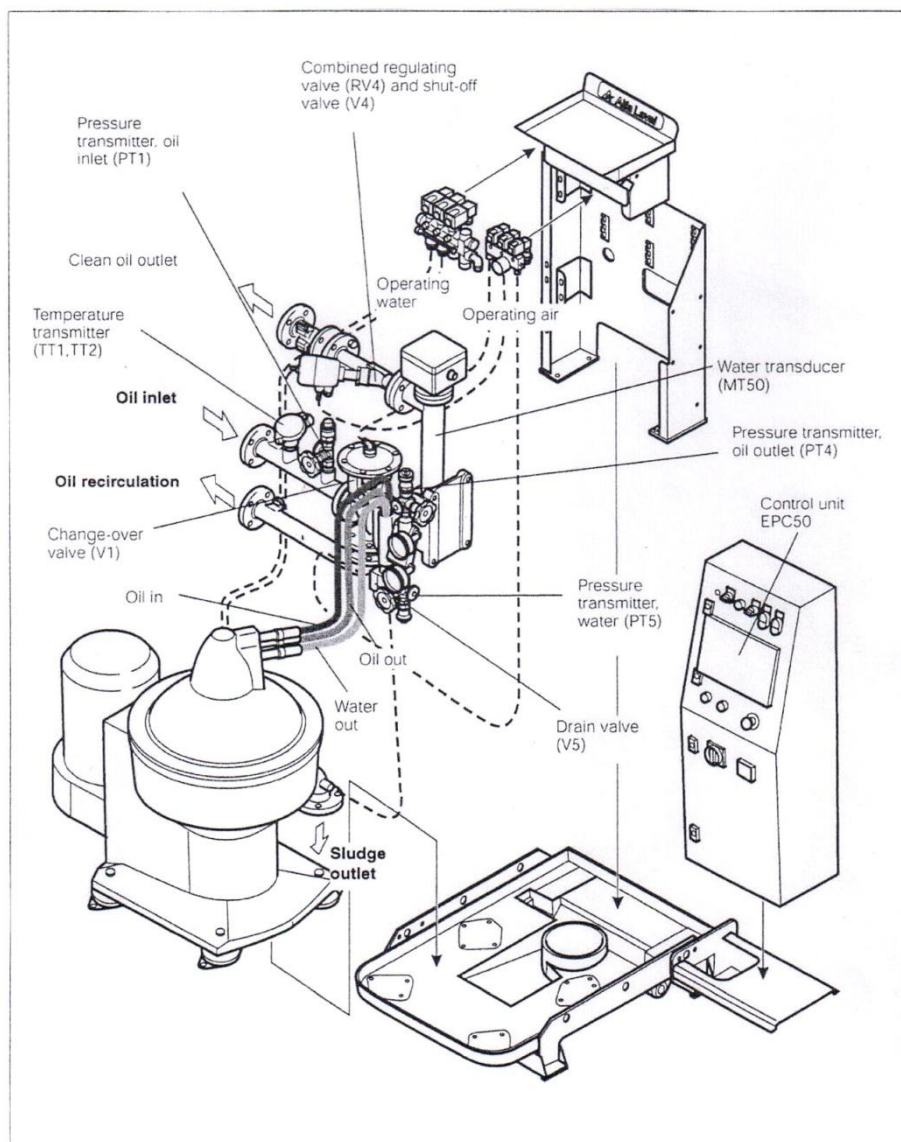
Vessel type	Fuel savings per year (t)	Annual fuel savings (USD)*	Annual reduction in CO ₂ emission (t)	Annual reduction in NOx emission (t)	Annual reduction in SO ₂ emission (t)
ROPAX	200-875	288.750	650-2.800	20-90	15-55
Large container vessel	1.750-7.775	2.565.750	5.500-24.500	170-780	110-490
Aframax tanker	325-1.500	495.000	1.050-4.700	30-150	20-95
Bulk carrier	225-1.000	330.000	700-3.150	20-100	15-65

* indicated at the highest improvement in power efficiency

Conclusion

- HEMPASIL showed for all roughness scenarios a significantly lower skin friction than the reference self polishing antifouling. The improvement in skin friction compared to antifouling was up to 5%.
- For a large container vessel a skin friction improvement of 5% corresponds in propulsion efficiency to an improvement of 10.6% or a fuel saving of up to 2.6 million USD annually.

Download the complete FORCE Technology report on www.HEMPEL.COM



MAN B&W Diesel A/S

ENCLOSURE 1

Engine description

Engine type:	6S60MC-C	MCR Power	13560 kW	VIT:	NO	430000
Test cycle:	E2	MCR Speed	105 r/min	Cooling system:	Central cooling	
Engine group:	Brodosplit-S60C-06	Vessel name/data for:	Hull no.448 Parent engine		Survey code ver. 5-3-3	

Test bed survey

-Fill in yellow cells

Table 1: Input		Measured data				
		Load (%)				
Date:		100	75	50	25	
Ambient pressure	mbar	1024	1025	1025	1025	
Compression pressure	bar	140	110.5	76.7	51.2	
Maximum pressure	bar	153.7	128.2	96.3	64.2	
Compressor inlet temperature	°C	21.5	20	20	20	
Scavenging air temperature	°C	29	23	20	23	
Sea water inlet temperature	°C	12	12	12	12	
Turbine back pressure	mmWC	95	65	40	10	
Scavenging air pressure	bar	2.75	2	1.08	0.39	
Power	kW	13556	10185	6783	3402	
Engine speed	r/min	105	105	105	105	
Turbocharger speed	r/min	12100	10650	8600	5220	

Table 2: Output		Measured values				
		Load (%)				
		100	75	50	25	
Pscav @ ISO ambient	barabs	3.76	3.02	2.10	1.42	
Pmax @ ISO ambient	barabs	152.8	127.6	96.3	64.8	
Pcomp @ ISO ambient	barabs	139.4	110.2	77.0	52.0	
Tscav	°C	29.0	23.0	20.0	23.0	
Pback	mmWC	95	65	40	10	
ΔPower	%	0.0	0.1	0.0	0.1	
Limit values						
Pmax, maximum	barabs	154.0	129.0	98.0	68.0	
Pcomp, minimum	barabs	135.0	107.0	75.0	49.0	
Tscav, maximum (at ISO ambient)	°C	47.0	37.0	32.0	37.0	
Pback, maximum	mmWC	450.0	340.0	225.0	115.0	
ΔPower, maximum	%	2.2	2.2	2.2	2.2	
Compliance						
Pmax		yes	yes	yes	yes	
Pcomp		yes	yes	yes	yes	
Tscav						
Pback		yes	yes	yes	yes	
Power deviation < 2.2%		yes	yes	yes	yes	
IMO NOx						E2 cycle value
Member engine site NOx	g/kWh	11.92	12.87	12.37	11.44	12.46
Parent engine ISO corr. NOx	g/kWh	12.38	13.10	12.34	11.89	12.75
ISO NOx at max tolerances	g/kWh	13.50	14.14	13.19	12.72	13.77

Approval:

Performed date	
Performed by	
Approval	

k-219

MAN B&W Diesel							
						IMO Technical File	
MBD Info No. 3 00 041		A 4		Engine type 6S60MC-C, Plant spec 0908982-5		← Identification No. → 3099019-2	
Suppl. Drwg.:						Page No.: E2 - 1	
Date	Des.	Chk.	Appd.	A.C.	Change/Replacement	C. No.	
2005-12-20	CHL	CHL	CHL	-		1	


Enclosure 2

E2 cycle – Summary Performance Data

Test no		1	2	3	4
Date		08.06.2006.	08.06.2006.	08.06.2006.	08.06.2006.
Time		14:45	13:10	12:30	11:45
Load	%	100	75	50	25
Engine power	kW	13535	10133	6720	3427
Engine speed	r/min	105	105	105	104.8
Ambient pressure	mbar	1018	1018	1019	1018
Ambient temperature *)	°C	26	25	24	23
Ambient relative humidity *)	%	35	38	41	43
Scavenge-air pressure	bar	2.74	1.92	1.03	0.35
Cylinder maximum pressure	bar	150.0	124.7	93.2	62.0
Cylinder compression press.	bar	138.7	108.0	74.8	49.5
MIP pressure	bar	20.1	15.2	10.3	5.7
Exhaust gas pressure	bar	2.40	1.63	0.85	0.26
Turbine back pressure	mmWC	85	60	35	10
Central cooler, coolant inlet temp. (or sea-water temperature)	°C	19.5	19	19	19
Air cooler, coolant inlet temp	°C	19.5	19	19	19
Air cooler, coolant outlet temp.	°C	46	36	27	21
Compressor inlet temp.	°C	27	26	25	24
Scavenge-air temp. (receiver)	°C	35	28	25	27
Cylinder exhaust temp.	°C	344.5	304.8	286.2	268.2
Turbine inlet temp.	°C	407	362	340	319
Turbine outlet temp.	°C	233	220	243	259
Turbocharger speed	r/min	12230	10670	8470	5050
SFOC (actual)	g/kWh	175.02	172.57	175.89	182.17

*) MBD data used for calculation.

6.25

MAN B&W Diesel			
IMO Technical File			
MBD Info No. 3 00 041	A 4	Engine type 6S60MC-C, Plant spec 0908982-5	← Identification No. → 3099019-2
Suppl. Drwg.		Page No. 2	
Date	Des.	Chk.	Appd.
2005-12-20	CHL	CHL	CHL
A.C.			Change/Replacement
-			
			C. No. 1

Particulars of the engine

Two-stroke, uni-flow scavenged, turbo-charged, charge-air cooled, in-line, cross-head, water cooled, open-chamber, direct-injection diesel engine, with pump-line-nozzle fuel injection for each cylinder, and for operation on heavy fuel oil.

1	Name and address of manufacturer	Brodosplit – Diesel Engine Factory d.o.o Put Supavla 21, 21000 Split Croatia
2	Date of engine build and pre-certification survey	8 th June 2006
3	Parent engine responsible	Brodosplit – Diesel Engine Factory d.o.o
4	Built at manufacturer (name and address)	Put Supavla 21, 21000 Split, Croatia
5	Date of parent engine build and pre-certification survey	14 th February 2006
6	Engine type	S60MC-C
	Number of cyl.	6
	Bore (mm)	600
	Stroke (mm)	2400
	Cooling system	Central
	Parent	Member
7	Engine number	430000
8	Plant spec. number	908981-3
		908982-5
9	If applicable, the engine is:	an Individual engine a Parent engine a Member engine X
	of the following engine Group:	Brodosplit-S60C-06-1
	On-board survey code name	Survay-Split-S60C-06-1
	version(s)	E2, both TB and on-board, ver 5-3-3
10	Test cycle(s) (see chapter 3 of the Technical Code)	E2
11	Rated MCR Power (kW) and Speed (r/min) *)	13560 kW at 105 r/min
12	Layout MEP (bar) / max. cylinder pressure (barabs) *)	19 bar / 151 barabs
13	Specification(s) of test fuel (and/or Certification no. of fuel sample analysis)	SGS certificate HH06-00295
14	NOx reducing device designated approval number (if installed)	Not applicable (N/A)
15	Applicable NOx Emission Limit (g/kWh) (regulation 13 of Annex VI)	17.0
16	Parent Engine's actual NOx Emission Value (g/kWh)	12.7
17	NOx Emission at maximum allowed tolerances (g/kWh)	13.8

*) See group definition in Chapter 2.

MAN Diesel

MAN Diesel A/S • Denmark



Service Letter

SL07-480/SBE
June 2007

**Low Load Operation for MC and ME engines
Long Term Operation Mode
Action Code: WHEN CONVENIENT**

In connection with requests from shipowners asking for guidelines for operating engines with reduced load in order to save fuel, we have prepared this new Service Letter on this issue.

The recommendations are to be considered as overall guidelines based on engine performance including the exhaust gas boiler in general. In case permanent low-load operation of the engine is required, the exhaust gas boiler manufacturer should be consulted for advice, as well.

Low-load operation with MC/MC-C engines

With the introduction of slide fuel valves, engine conditions for service at low loads for long term operation have been significantly improved.

With slide valves, satisfactory continuous running conditions can be obtained down to 50-60% of MCR rpm (10-20% engine load) without making any changes on the engine itself, but obeying certain procedures in this range below 40%.

The engine load can be reduced to 40% without taking any particular precautions in the systems and procedures. At any load above 40%, the auxiliary blower has generally switched off, and the exhaust gas has a velocity which is sufficient for transporting soot away during normal operation and soot blasting.

HEAD OFFICE (& postal address)
MAN Diesel A/S
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 30
manbw@dk.manbw.com
www.manbw.com

PrimeServ
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 49
diesel-service@dk.manbw.com

PRODUCTION
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 17
manufacturing/cph@dk.manbw.com

FORWARDING & RECEIVING
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 16

MAN Diesel A/S
Denmark
Reg. No.: 39661314

MAN Diesel – a member of the MAN Group

MAN Diesel

- 2 -



However, with a few engine lay-outs, the auxiliary blowers switch off at a load slightly above 40%. If so, the actual cut-out level determines the load level.

At a permanent load below 40% for long term operation, preparations should be evaluated in accordance with the conditions described below.

It is our experience that long-term low-load operation increases the risk of exhaust gas boiler fouling caused by a build-up of carbon and hydrocarbons in the exhaust gas boiler at low temperatures. Furthermore, the exhaust gas velocity is so low at low load that deposits from soot blasting cannot be removed.

The increased fouling can generally be related to the more difficult operation conditions for the fuel system at low load, with relatively small injection amounts at lower injection pressure (due to the low RPM).

Depending on boiler configuration, it may be recommendable to install a by pass of the exhaust gas boiler, so that the exhaust gas, at proper velocities, can be sent through this by pass connection at low loads.

Uncontrolled building up of soot in the exhaust gas boiler can lead to fires and, in the worst case, melting of the boiler tubes!

Even with a by pass of the exhaust gas boiler at low loads, the depositing of soot which settles in the gas ways should always be reduced to ensure a safe operation of the engine and turbocharger.

Measures to improve the fuel valve performance at low load:

- 1) Introduction of slide valves (i.e. fuel valve atomizers with no sac volume). Slide valves are our standard today and can be installed as retrofit on MC/MC-C engines in service. In the slide valve, the sac volume is omitted and the combustion is improved during all load steps.
- 2) Cylinder cut-out system. The cylinder cut-out system, to be used at rpm's below 40% of MCR rpm, allows the engine to operate with only half of the cylinders, resulting in increased load on the operating cylinders with improved operating conditions for the fuel system as a result and, thereby, ensuring stable running conditions down to 20-25% of nominal rpm. The speed limits for the actual plant should be evaluated by MAN Diesel on a case-to-case basis

Furthermore, in some special cases, it can be relevant to introduce auxiliary blowers with increased capacity in order to reach a higher load before they switch off. In such case, the auxiliary blowers are running permanently at relatively high part loads in accordance with the increased setting point for "cut out".

MAN Diesel

- 3 -



To avoid continuous start/stop of the auxiliary blowers, the permanent low-load operation should be set to a level outside cut in/cut out of the auxiliary blowers.

The MC/MC-C engines can be operated below 20% load without special measures for improvement of slow steaming conditions for short periods (12-24 hours). However, it is recommended to increase the engine load above 75% load for approx. one hour every 12 hours in order to increase the velocity of the gas and thereby clean the gas ways.

In relation to the expected increased depositing of soot in the internal parts of the engine and turbocharger, special attention should be given to turbocharger cleaning, which should be carried out more frequent than stated in the instruction for normal operation.

Optimisation of the part load service conditions by turbocharger re-matching and change of fuel nozzles will change the IMO NO_x certification and require a new IMO certification of the engine.

If the desired ship speed is at very low loads (i.e. below 20% load), turbocharger matching has only marginal influence on the engine performance, and only marginal improvements can be obtained by re-matching.

In previous Service Letters on low-load operation, it has been recommended to change fuel valve nozzles to new nozzles with smaller nozzle holes, this recommendation is not valid for slide fuel valves. If previous standard fuel valve types are used, MAN Diesel recommends to change to slide fuel valves. A change of nozzle hole size and a change to slide fuel valves have the same impact on the IMO NO_x certification of the engine, which is merely that the new configuration has to be amended to the technical file of the engine.

MAN Diesel is able to assist with IMO certification when new modes on board the vessels are defined.

Operation modes for MC/MC-C engines

Engine Load	Exh. boiler by-pass	Slide valves	Cylinder cut out
> 40%	No	Recommended Not necessary	No
20 – 40%	Yes	Yes	No
< 20%	Yes	Yes	Yes*

*Only at extreme low load (less than 40% MCR-rpm). This is mainly relevant for tankers during so-called lightering service, or low load leaving/entering harbour of container ships.

MAN Diesel

- 4 -



Low-load operation with ME/ME-C engines

With the introduction of ME and ME-C engines as well as the slide fuel valves, the engine conditions for service on low loads for long term operation have improved considerably.

However, the general description of low-load operation given in the section "Low-load operation with MC/MC-C engines" of this Service Letter remains valid for ME/ME-C engines. However, the need for an intermittent load increase is reduced to twice a week.

ME/ME-C engines are equipped with slide fuel valves as standard. The injection pressure is independent of the engine load and creates an optimised injection on all load levels and, accordingly, makes cylinder cut out less relevant for securing stable running conditions at very low loads.

Further optimisation possibilities exist for the ME/ME-C engines. These will be described in the following.

The ME/ME-C engines are delivered in economy mode as standard, ensuring optimal SFOC in the high load area. The economy mode is of course fulfilling the requirements with regard to the IMO NO_x emission limits.

In the economy mode, the engine is fully capable of operating continuously for long periods at part load and low load without making any special adjustments of the engine.

However, the ME/ME-C engine also offers opportunities for implementing other operating modes than the economy mode described briefly above. The most common alternative operating mode installed on the ME/ME-C engines is the so-called emission mode, where the NO_x emission cycle value is lowered by 10% to 25% by special adjustment of engine parameters mainly in the high load area (75% and 100%).

Also in the emission mode, the engine is fully capable of operating continuously for long periods also at part load and low load without making any special adjustments of the engine.

The ME/ME-C engine does, however, offer four different operating modes, and lately there have been increasing requirements for investigating the possibilities of applying a low-load or part-load operating mode.

How the low-load or part-load operating mode is applied will very much depend on the specific requirements to the operation profile of the engine and vessel.

MAN Diesel

- 5 -



Application of a special low or part load operation mode can include different options.

The most low and part-load oriented optimisation of the ME/ME-C engine can include special matching of turbochargers, installation of variable by pass, turbocharger cut-out systems, optimisation of compression volume and special fuel valve nozzles. This option should only be used if most of the operating time for the entire lifetime of the ship is expected to be in the low and part-load area.

The SFOC gain in the low and part-load area will be 3-4 g/kWh compared to the obtainable reference economy mode SFOC, and the SFOC increase in the high and full-load area will also be 3-4 g/kWh when compared to the obtainable reference economy mode SFOC. It should be mentioned that the obtainable reference economy mode can only be obtained if the engine is rebuilt to standard with regard to matching of turbochargers, permanent closing of variable by pass, resetting of compression volume and special fuel valve nozzles. The engine settings will, however, secure that full load (MCR) operation can be obtained.

The simplest possible low and part-load optimisation of the ME/ME-C engine is limited to such action as special parameter settings of the exhaust valve actuation and fuel injection timing and profile in the low and part-load area. This option can be applied if the vessel has schedules planned where low and part-load operation is foreseen. An example could be a container vessel requiring low load on certain "legs" of its route.

The SFOC gain in the low and part-load area will be 1-2 g/kWh compared to the obtainable reference economy mode, and the SFOC increase in the high and full-load area will also be 1-2 g/kWh when compared to the obtainable reference economy mode. The engine will, however, be able to operate in the reference economy mode by pushing a button on the ME engine control panel.

Operation modes for ME/ME-C engines

Engine Load	Exh. boiler by-pass	Slide valves	Cylinder cut out	Slow steaming mode relevant
> 40%	No	Standard	No	Yes
20 – 40%	Yes	Standard	No	Yes
< 20%	Yes	Standard	No	Yes

Questions regarding this Service Letter should be directed to our Operation Dept. LEO.

Yours faithfully
MAN Diesel A/S

Carl-Erik Egeberg

Stig B. Jakobsen

Service Letter SL09-511/MTS



Dear Sirs

Our Service Letter SL08-501 has triggered an interest for continuous running of MAN B&W engines below 40% engine load. This service letter outlines our recommendation for MC/MC-C and ME/ME-C engine operation in the load area 10% to 40% engine load. In this load area, ME/ME-C engine performance parameters will be superior to those of the MC/MC-C engines, thanks to the hydraulically actuated fuel injection and variable exhaust valve timing.

MAN B&W two-stroke engines are designed for continuous operation at 100% engine load, but with the appropriate precautions, safe and reliable continuous engine operation down to 10% engine load is possible.

However, more frequent inspections, and appropriate reaction to these, must be accepted by operators, as not one recommendation or solution is applicable to all two-stroke propulsion plants.

Basic requirements:

- Slide-type fuel valves
- Monitoring of exhaust gas ways for fouling.

Furthermore, electronically controlled cylinder lubrication is advisable.

An important factor during low-load operation is that the operators give sufficient attention to the condition of engine, turbocharger and exhaust gas boiler. For further advice and information, operators are welcome to contact MAN Diesel in Copenhagen by e-mail at Primeserv-cph@mandiesel.com.

Yours faithfully

Mikael C Jensen
Vice President, Engineering

Stig B Jakobsen
Senior Manager, Engineering

Encl.

Head office (& postal address)
MAN Diesel
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 30
mandiesel-cph@mandiesel.com
www.mandiesel.com

PrimeServ
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 49
Primeserv-cph@mandiesel.com

Production
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 17
manufacturing-dk@mandiesel.com

Forwarding & Receiving
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 16

MAN Diesel
Branch of MAN Diesel SE, Germany
CVR No.: 31611792
Head office: Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV, Denmark
German Reg.No.: HFB 22056
Amtsgericht Augsburg

MAN Diesel – a member of the MAN Group

Action code: **WHEN CONVENIENT**

Low Load Operation

10% to 40% Engine Load

SL09-511/MTS
May 2009

Concerns

Owners and operators of MAN B&W two-stroke marine diesel engines.
Type: MC/MC-C and ME/ME-C

Summary

Long-term low load operation down to 10% engine load is generally possible with appropriate precautions and without major modifications.

For application with 3-4 turbochargers, MAN Diesel recommends installation of a turbocharger cut-out system.



Service Letter SL09-511/MTS



Contents:

Introduction	page 2
Benefits	page 2
Operation recommendation	page 2
Performance optimisation	Page 3

Introduction

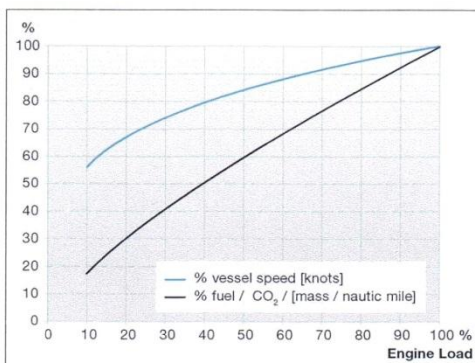
This Service Letter is issued in continuation of SL08-501 and is a supplement to SL07-480.

Until recently, engine operation down to 10% load has not been significantly practiced. However, based on the latest service feed back from engine operators, we find low-load operation acceptable, in the general case, in order to adapt vessel operation to market conditions.

Benefits

Low-load operation between 10% to 40% engine load is possible, with a few exceptions, for ME/ME-C and MC/MC-C engines without any engine modification. Appropriate precautions must be taken to monitor the engine and exhaust system condition closely, and the operator, based on such observation, must take the necessary action.

As described in SL08-501, a power reduction will decrease fuel consumption to a higher extent than the actual vessel speed reduction. A further reduction in engine power will decrease fuel consumption and speed as illustrated in the graph below. The reduction in fuel oil consumption corresponds to an equivalent reduction in greenhouse gasses (CO₂).



Generally, exhaust gas emissions (i.e. NO_x and SO_x) will decrease proportionally to the fuel/CO₂ per nautical mile.

A load reduction will also decrease the cylinder lube oil consumption per nautical mile.

The graphs will differ depending on vessel type and layout of vessel, but the tendency will be the same.

The possibility to reduce engine load down to 10% will further increase the operator's possibility to optimise fuel consumption and fleet capacity, in order to adapt to market conditions.

When long-term operation at between 20% to 40% engine load is expected, it is recommended, and beneficial, to install a flexible turbocharger cut-out system to improve engine performance in this load area. This will also be beneficial in the load range 40-60% engine load. Applications with 3 or 4 turbochargers, in particular, would benefit from a turbocharger cut-out system, while other solutions should be evaluated for applications with 1 or 2 turbochargers.

Part-load optimisation and engine de-rating will not have significant relevance in these load areas.

Operation recommendation

Continuous operation at low engine load will require more attention from the operator. Frequent inspections are paramount to follow the fouling condition of the engine. Certain load areas may have to be avoided so as not to thermally overload engine components and increase fouling due to lack of air for the combustion.

If turbocharger efficiency drops significantly in the load area above auxiliary blower cut-in, continuous operation in this area should be avoided, or the auxiliary blower should be forced in 'Manual On'. Indication for this will be increased exhaust gas temperatures.

Below approx. 30% engine load, excessive cylinder lubrication can occur and may require adjustment of the cylinder lubrication.

When operating engines in the range between 10% power and 40% power, the following recommendations and prerequisites apply:

- The engine must be equipped with slide-type fuel valves in good working order and overhauled according to recommendations.
- The engine should preferably be with an electronically controlled lubrication system.

Service Letter SL09-511/MTS

MAN Diesel



- Installation of asymmetric piston cleaning rings should be considered in connection with installation of new cylinder liners. This in order to minimise oil film scrape down during engine load up.
- Frequent inspection of the scavenge air receiver and cylinder condition must be performed. Early detection and removal of soot build up, coke and unburned fuel and lubricating oil is important to avoid scavenge air fires and jeopardising of the cylinder running condition. Residues inside the scavenge air receiver should be removed frequently.
- The exhaust gas receiver, exhaust valves and turbocharger inlet grids must be inspected frequently.
- Auxiliary blowers running continuously during operation are subject to more wear than anticipated by designers. Consequently, the bearings should be frequently lubricated, if not of the closed-type, and should be inspected for wear (further information in section below).
- Cleaning of turbochargers:
Fouling of the turbocharger gas side must be avoided by regular loading up of the engine according to the TC maker's recommendations, and the turbine side must be cleaned with soft blast (i.e. nutshells) according to the maker's instructions.
- Cleaning of exhaust gas boilers:
Boiler maker's recommendations must be followed with regard to cleaning. Special attention should be made with water tube boilers, as this type of boiler is more sensitive to soot build up. An exhaust gas boiler by-pass installation could be necessary based on the maker's recommendation.
- The cylinder lube oil feed rate should preferably be kept below 1.2 g/kWh in order to avoid over-lubrication and fouling of the scavenge air space. Increased feed rate only applies during load changes and manoeuvring, or if the cylinder condition deteriorates.
- The exhaust gas temperature must be kept below the alarm limits. It might be necessary to avoid engine load areas just above auxiliary blower cut-in/out. If the desired engine load is in this area, it is recommended to switch the blowers into 'Manual on', so as to reduce the exhaust gas temperatures.

Inspections

The operator must monitor the engine condition closely and take the necessary precautions if excessive fouling is observed.

Enclosed is a proposal for a 'Two-stroke Low-load Operation – Inspection report template'. The intention of this template is to make a standard reporting tool to be used in the communication between the vessel and the operator's office, thereby gathering information and experience from the specific vessel during its low-load operation.

Engine load-up/down

Engine load up must be minimised when running on low-load. Based on experience from the specific vessel, engine load-up frequency to clean the exhaust gas ways should be minimised as much as possible. Frequent load-up could jeopardize the cylinder condition.

When it is necessary to increase the engine load significantly, after an extended period of low-load running, the following procedure should be followed.

Manual load-up procedure	Duration
Load up, 10 → 40% load	30 minutes
Load up, 40 → 75% load	60 minutes (SL08-501)

In addition, the latest MAN Diesel recommendation regarding the load-up program under normal running conditions must be followed (SL09-503).

Auxiliary blowers

If the engine is to be operated in the start/stop area of the blowers, avoid frequent start, stop of the auxiliary blowers, and activate the blowers in 'Manual On'.

For continuous engine operation in the load area 35% to 45% it should be considered to operate the auxiliary blower in 'Manual On' in order to decrease exhaust temperatures. Maximum current for the auxiliary blowers must be considered in this running condition.

Basically, the auxiliary blowers are not designed for continuous running, but service experience obtained so far shows reliable performance. Bearings with lubrication nipple must however be lubricated more frequently and checked for wear.

As a safety precaution, it is recommended to have a complete spare auxiliary blower on board. A spare electric motor alone may be sufficient, but the disassembly of blower wheel and motor could be troublesome and time consuming due to sticking parts.

Performance optimisation

Running condition in the load range between 20-60% engine load can be improved significantly by increasing the scavenge air pressure.

Service Letter SL09-511/MTS

MAN Diesel 

Turbocharger cut-out is applicable for engines with 3 or 4 turbochargers and, in special cases, for engines with 2 turbochargers.

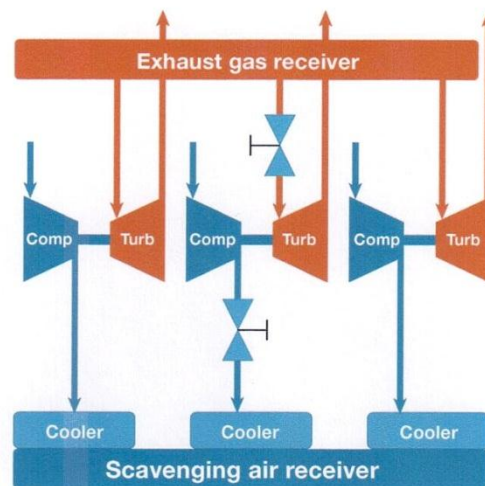
The turbocharger cut-out will improve the specific fuel oil consumption, and can reduce the heat load on, especially, the exhaust valves. The installation will also move auxiliary blower cut in/out to a lower load area and, thereby, reduce the electrical power consumed by the blowers.

MAN Diesel can, in most cases, provide a package solution for a flexible turbocharger cut-out with necessary classification, specifications and hardware. The flexible turbocharger cut-out makes it possible to manually activate and deactivate the turbocharger cut-out for optimal operation of the vessel.

For engines with 1 or 2 turbochargers other solutions are available to increase the scavenge air pressure. The installation of a variable nozzle ring could be applicable. Depending on the current turbocharger installation, a possible retrofit on existing turbocharger application may be possible. Alternatively, new turbocharger(s) must be installed. Re-matching of existing turbochargers, in combination with an exhaust bypass, could also be beneficial.

Please contact PrimeServ-cph@mandiesel.com for further information and a quotation for specific applications.

Below is shown a layout drawing of a turbocharger cut-out system for a 12K98ME with three turbochargers.



Example:

Turbocharger cut-out will save 2-3% in specific fuel oil consumption on a 12K98ME engine, with three turbochargers, running in the load area of 25-50% engine load.

MAN Diesel



Encl. for SL09-511

Two-stroke low-load operation – Inspection report template

The purpose of this report is to define the necessary inspection areas in order to follow and document the service experience gained during continuous engine operation below 50% engine load.

The report should be used to optimise low-load operation procedures with regard to engine load-up for cleaning of boiler and turbocharger, cleaning of scavenge and exhaust space, and cylinder lubrication optimisation.

The report should be made, preferably, before and after the low-load operation period, or 3 to 4 times a month. This may be reduced based on experience and unchanged load pattern.

As a minimum, the below items should be noted and inspected:

Date of inspection	: 2000-01-01
Vessel name	: M/V xxxx
IMO number	: 90xxxxx
Engine Builder / Number	: xxxx / xxxx
Engine Type:	: 12K98MC-C
Main engine running hours:	: 50,000 hours
Load range [%]:	: 22%

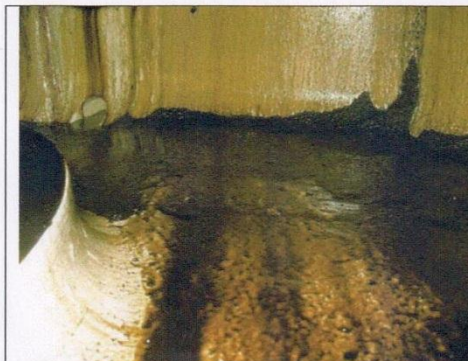
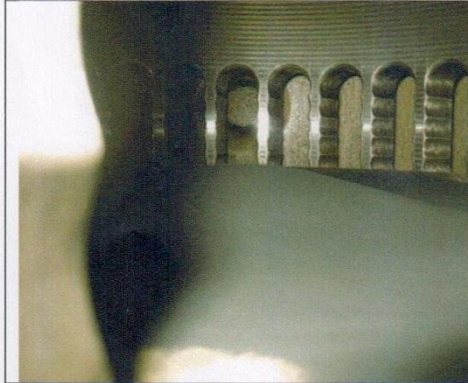

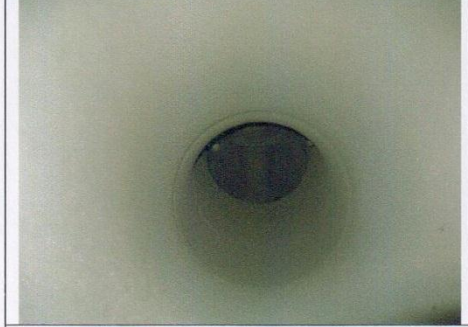

Photos, shown as examples, should be inserted in the report, and relevant comments should be added.

<p>Inspection area No. 1: take photo of non-return valves in scavenge air receiver. <i>Comment:</i></p>	<p>Inspection area No. 2: take photo of buffer space area. <i>Comment:</i></p>

MAN Diesel



Encl. for SL09-511

	
<p>Inspection area No. 3: take photo of drain line from the buffer spaces. <i>Comment:</i></p>	<p>Inspection area No. 4: take photo of piston ringlands and topland. <i>Comment:</i></p>
	
<p>Inspection area No. 5: take photo of piston crown. <i>Comment:</i></p>	<p>Inspection area No. 6: take photo of exh. receiver. <i>Comment:</i></p>
	
<p>Inspection area No. 7: take photo of exh. valves from the exh. gas receiver side. <i>Comment:</i></p>	<p>Inspection area No. 8: take photo of top part of the exhaust gas boiler. <i>Comment:</i></p>

MAN Diesel



Encl. for SL09-511

Photo examples from turbochargers are not available, but in some cases, it is possible to get a view of the nozzle ring, and maybe the turbine blades from the exh. gas receiver side, through the safety grid. Include such photos when possible.

Information regarding operation, maintenance and observations during low-load operation:

- During low-load operation for extended periods, were changes in engine load made to 'clean' the engine and exhaust gas ways?
Answer: aa
- Was it necessary to increase maintenance intervals during low-load operation? (Cleaning of receivers, turbochargers, boilers, etc.)
Answer: bb
- If temperature indication is available after the boiler, this should be reported in order to evaluate acid corrosion in the boiler and funnel.
Answer: cc
- What was the specific cylinder lube oil consumption, and was the level of cylinder lubrication satisfactory?
Answer: dd
- Are the auxiliary blower(-s) running at the stated engine load?
Answer: ee
- Were any changes made to HFO temperature/viscosity?
Answer: ff
- Were any problems experienced during low-load operation?
Answer: gg
- Based on your experience, do you have any recommendation regarding low-load operation?
Answer: hh

A performance observation at the stated load and a full scavenge port inspection (photo report of all cylinders) would be expedient for further evaluation, however, this should be based on the time available and the necessity as judged by the crew.

Service Letter SL08-501/SBE



Dear Sirs

Generally, MAN B&W MC/MC-C and ME/ME-C engines can operate down to 40% load without any engine modifications. As an example, a 24% speed reduction can cut a container vessel's fuel consumption per travelled nautical mile in half.

Today, the only issue with long-term low load operation is to avoid soot fouling of the gas ways, turbocharger and boiler/economiser in particular.

Slide type fuel valves provide the optimal protection against soot development at any load level. By delivering efficient injection at all load levels, slide type fuel valves set new and very excellent fuel injection standards.

Our low load recommendations boil down to two:

- Retrofit slide type fuel valves, if not already installed
- Monitor the gas ways for fouling

Part load optimisation and engine de-rating can reduce fuel consumption further, also at loads below 40%. Questions and requests concerning part load optimisation and long-term operation below 40% load can be directed to our Technical Service Department at ae-cph@mandiesel.com

Yours faithfully

Mikael C Jensen
Vice President, Engineering

Stig B Jakobsen
Senior Manager, Operation

Action code: WHEN CONVENIENT

Low Load Update Down to 40% load

SL08-501/SBE
October 2008

Concerns

Owners and operators of MAN B&W two-stroke marine diesel engines.
Types: MC/MC-C and ME/ME-C

Summary

Long-term low load operation down to 40% load is generally feasible without any engine modifications.

A 24% speed reduction may cut a container vessel's fuel consumption in half!



Long-term low load operation is feasible for most ME/ME-C and MC/MC-C engines

Head office (& postal address)
MAN Diesel
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 30
mandiesel-cph@mandiesel.com
www.mandiesel.com

PrimeServ
Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 49
PrimeServ-cph@mandiesel.com

Production
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 17
manufacturing-dk@mandiesel.com

Forwarding & Receiving
Tegholmegade 35
2450 Copenhagen SV
Denmark
Phone: +45 33 85 11 00
Fax: +45 33 85 10 16

MAN Diesel
Branch of MAN Diesel SE, Germany
CVR No.: 31611792
Head office: Tegholmegade 41
2450 Copenhagen SV, Denmark
German Reg.No.: HRB 22056
Amtsgericht Augsburg

MAN Diesel – a member of the MAN Group

Contents

Low Load Benefits	page 2
Soot	page 2
Slide Type Fuel Valves	page 3
Other Issues	page 3
Further Information	page 3

Low Load Benefits

Operation down to 40% load is feasible for all ME/ME-C and most MC/MC-C engines without any engine modifications.

The container vessel example in Fig. 1 shows the benefits of low load operation: A 24% speed reduction can reduce fuel consumption per travelled nautical mile to approximately 50%.

A further 3g/kWh fuel, approximately, can be saved by part load optimisation and by de-rating the engine. Such engine component alterations require a new IMO NO_x certificate.

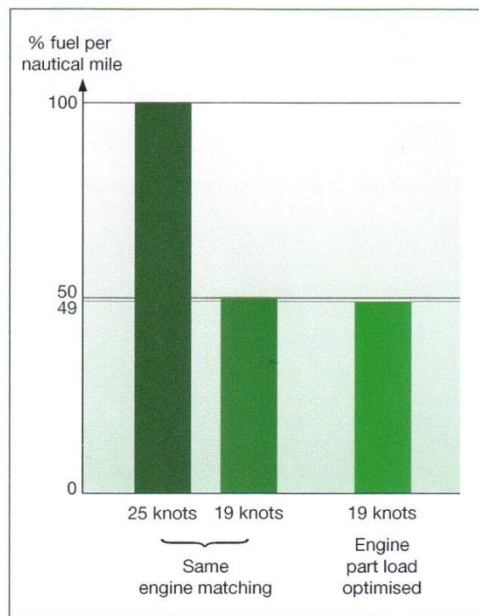


Fig. 1: Example showing a container vessel's fuel consumption in relation to its speed

Soot

Soot formation in the gas ways constitutes a potential risk when operating at low load. Soot deposits may impair turbocharger performance, and imply a risk of boiler soot fires. Always ensure that turbocharger and boiler heat surfaces are clean and soot free!

Boiler types

Soot formation is in general very limited in modern smoke tube exhaust gas boilers/economisers.

In water tube boilers with fins, more soot may be deposited at low load operation. Thus, water tube boilers may require extra attention and more cleaning during long-term low load operation.



Fig. 2: Smoke tube boiler inside, after 7 days below 40% load. Limited soot deposits.

Inspections

We generally recommend operators to follow the boiler and turbocharger manufacturers' instructions for monitoring and cleaning.

However, during an introductory low load period, we recommend increasing the gas way and turbocharger inspection frequency. If no or limited fouling is observed, inspection intervals may be re-extended and/or adjusted to the general service routines on board.

A gas way soot inspection includes:

- exhaust gas boiler/economiser
- exhaust gas receiver with turbine inlet grid

Blow back and reduced scavenge air velocity may increase sludge deposits in the scavenge air receiver during long-term low load operation. This increased fouling is harmless; no action is required to prevent or remove it.

Service Letter SL08-501/SBE

**Load ups**

From an engine point of view, regular load ups are not necessary when operating at 40% load and above.

However, boiler manufacturers and some turbocharger manufacturers recommend regular load ups during low load operation as part of the cleaning procedure. In such cases, we recommend this procedure:

Manual load up procedure	Duration
Load up, 40 → 75% load	60 minutes
Load down	30 minutes

Slide Type Fuel Valves

The risk of soot development during long-term low load operation depends on engine type and fuel valve type.

Engine type	Soot development
ME/ME-C engines	Very low
MC/MC-C engines with slide valves	Generally low
MC/MC-C, former standard or mini sac valves	Higher

All ME/ME-C engines are equipped with slide type fuel valves. Slide type fuel valves were introduced in MC/MC-C engines in the late 1990s, and have been standard on all new MC/MC-C engines since 2005.

Compared to former fuel valve types, slide type fuel valves have improved injection quality dramatically, thereby reducing soot development in the gas ways. Slide type fuel valves have also proved to be very well suited for low load operation.

Before initiating long-term low load operation on MC/MC-C engines fitted with our former standard or mini-sac valves, we recommend retrofitting slide type fuel valves.



Fig. 3: Slide type fuel valve and HIP-compound nozzle

Other Issues**Auxiliary blowers**

Generally, auxiliary blowers are switched off automatically well below 40% engine load. However, in a few cases the engine rating differs from the standard rating, which may cause the blowers to switch off around 40% engine load.

If the blowers switch off near or at the desired load level, e.g. 42%, the blowers may continuously switch on/switch off while operating at 42% load. To avoid this unfortunate condition, we recommend adjusting the engine load, in this example to 40% or 44%, so that the blowers are either continuously running or permanently switched off.

Combustion chamber components

Combustion chamber components are generally lower loaded when operating at low load. We have observed minor exhaust valve temperature elevations during low load, but none above our recommended range.

Please note, that a higher average exhaust valve temperature may increase the valve spindle wear, thereby reducing the time between overhaul.

Further Information

In this service letter, emphasis is on what to expect and consider when initiating long-term low load operation of ME/ME-C and MC/MC-C engines, down to 40% load.

For further information on long-term low load operation, please refer to the following:

Paper: *Low Container Ship Speed Facilitated by Versatile ME/ME-C Engines, 2008*

The paper can be downloaded here:
www.mandiesel.com/article_008410.html

Service letter: *SL07-480*

Our service letters are available online.
 Please register here to get online access to service letters:

www.mandiesel.com/sl-registration

By registering, you get online access to our service letters, and you will be notified by e-mail when new service letters are published.