

Jonne Köngäs

MARIEMS

Merenkulun koulutusohjelma

2018

MARIEMS

Köngäs, Jonne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun insinöörin koulutusohjelma
Tammikuu 2018
Sivumäärä: 151
Liitteitä:

Asiasanat: Ilmastonmuutos, MAREMS, Päästöt

Merenkulusta aiheutuvia päästöjä on yritetty pienentää lainsäädännöllä jo pidemmän aikaa, mutta alusmäärän kasvaessa uusien lakien vaikutukset häviävät uusien aluksien aiheuttamien päästöjen määrään. Tästä syystä IMO (International maritime organisation) on tuottanut koulutuspaketin, jonka avulla pyritään lisäämään satamien, laivan miehistön sekä omistajan ja viranomaisten tietoisuutta laivojen energiatehokkuuden parantamiseksi.

Tämä työ pohjautuu kyseiseen IMO:n Train The Trainer pakettiin ja tarkoituksena oli saada paketista tehtyä suomenkielinen koulutuspaketti.

MARIEMS

Köngäs, Jonne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Engineering

JANUARY 2018

Number of pages: 151

Appendices:

Keywords: Global warming, Mariems, emissions

Efforts have been made to reduce emissions from maritime cluster for a longer period of time, but as the number of vessels increases, the effects of new regulations are outweighed by the emissions from the new ships. For this reason, IMO (International Maritime Organization) has produced a training package aimed at increasing the awareness of ports, crew members, owners and authorities to improve ship energy efficiency and reduce total emissions that way.

This work is based on that IMO Train The Trainer package and was intended to get a summary of the package in Finnish.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	10
2	KÄYTETYT LYHENTEET	11
3	ILMANSAASTEET – PAIKALLINEN- JA GLOBAALIONGELMA.....	12
3.1	Yleistä ilmansaasteista	12
3.2	Ilmansaasteiden alkuperä	12
3.3	Perustelut toiminnalle	13
4	ILMASTO JA ILMASTON LÄMPENEMINEN	13
4.1	Yleistä ilmastosta.....	13
4.1.1	Litosfääri	13
4.1.2	Hydrosfääri	14
4.1.3	Biosfääri	14
4.1.4	Atmosfääri	14
4.2	Ilmakehän kerrokset.....	15
4.2.1	Troposfääri	15
4.2.2	Stratosfääri	16
4.2.3	Mesosfääri	16
4.2.4	Termosfääri	16
4.2.5	Ionosfääri	16
4.2.6	Eksofääri	16
4.3	Kasvihuonekaasupäästöt ja ilmaston lämpeneminen.....	17
4.4	Suurimmat kasvihuonekaasut	17
4.4.1	Hiilidioksidi (CO ₂).....	17
4.4.2	Metaani (CH ₄).....	18
4.4.3	Dityppioksidi (N ₂ O).....	19
4.4.4	Halocarbonit (CFC, HCFC).....	19
4.5	Ilmastonmuutoksen vaikutukset meriin	19
5	TAISTELU SAASTEITA VASTAAN: KANSAINVÄLISEN YHTEISÖN ROOLI.....	20
5.1	Historiallinen kehitys	20
5.2	Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelma (UNEP)	22
5.3	Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli (IPCC).....	22
5.4	YK:n ilmastomuutoskonventti (UNFCCC)	23
5.5	Kioton pöytäkirja	24
5.5.1	Raportointi	25
5.5.2	Sopeutuminen	26
5.5.3	Tulevaisuus	26

6	MERIKULJETUKSET	27
6.1	Johdanto	27
6.2	Varustamon rakenne	27
6.3	Laivatyypit	28
6.4	Rahtityypit ja niiden ominaispiirteet.....	29
6.5	Merenkulun jaottelu	29
6.5.1	Jaottelu toiminta-alueen mukaan.....	29
6.5.2	Jaottelu liikennetavan mukaan	30
7	TEHTÄVÄT JA VASTUUUT LAIVALLA	31
7.1	Johdanto	31
7.2	Laivaorganisaation rakenne	31
7.3	Kansiosasto	32
7.4	Koneosasto.....	32
7.5	Talousoosasto.....	33
7.6	Toimet laivalla energiatehokkuuden parantamiseksi.....	33
7.7	Osastojen välisen kommunikoinnin tärkeys	34
8	TRIMMIN OPTIMOINTI.....	35
8.1	Johdanto	35
8.2	Taloudelliset hyödyt.....	35
8.3	Määritelmiä.....	36
8.4	Trimmin luonne	37
8.5	Nykytilanne.....	37
8.6	Esteitä ihanteellisen trimmin käyttöön.....	37
9	RUNGON JA POTKURIN KUNTO	38
9.1	Rungon karheuden vaikutus kulkuvastukseen.....	38
9.2	Pinnankarheutta aiheuttavat tekijät	39
9.3	Rungon karheuden vähentäminen.....	41
9.4	Rungon pinnoitteet.....	42
9.5	Rungon puhdistaminen	43
9.6	Potkurin karheuden vaikutus energiatehokkuuteen	45
9.7	Kuntoon perustuva rungon- ja potkurin huolto.....	46
10	E-NAVIGOINTI JA SÄÄREITITYS	47
10.1	Mitä on E-navigointi	47
10.2	E-navigoinnin vaikutus päästöihin.....	47
10.3	ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).....	49
10.4	ECDIS:n käyttäminen päästöjen vähentämiseksi	49
10.5	Reittisuunnitelma	50
10.6	Toimiminen ruuhkaisilla reiteillä.....	51

10.7	Matalat vedet ja kapeat kanavat	51
11	SÄÄREITITYS	52
11.1	Sään vaikutus polttoaineenkulutukseen	52
11.2	Säätötyksen käyttäminen	53
11.3	Säätötykspalvelut.....	53
11.4	Säätötykseen käytettävät tiedot	54
12	KONEIDEN JA LAITTEIDEN KUORMA JA KÄYTÖN HALLINTA.....	55
12.1	Johdanto	55
12.2	Moottorin kuorman hallinta	56
12.2.1	Apukoneiden kuormanhallinta	58
12.3	Sähkökuorman vähentäminen	58
12.4	Laitteiden käytön vähentäminen huolellisella suunnittelulla.....	59
12.5	Pumput, puhaltimet, kompressorit yms.	59
12.6	Sähkömoottorit.....	61
13	POLTTOAINEENHALLINTA.....	63
13.1	Johdanto	63
13.2	Polttoaineen laadun ja määrän varmistaminen.	63
13.3	Polttoaineen varastointi ja siirto.....	64
13.4	Polttoaineen määrän mittaaminen.....	64
13.5	Polttoaineenkulutuksen mittaaminen sekä -raportointi.....	65
14	POLTTOAINEEN KÄSITTELY – SELKEYTYS JA PUHDISTUS	65
14.1	Selkeytystankit	65
14.2	Polttoaineen puhdistus	66
14.3	Polttoaineen viskositeetin hallinta	67
14.4	Polttoaineen lisäaineet	68
14.5	Polttoaineen hallinnan vaikutus energiatehokkuuteen.....	69
15	KATTILAT JA HÖYRYJÄRJESTELMÄ	71
15.1	Johdanto.	71
15.2	Yleiskatsaus laivan höyryjärjestelmästä.	71
15.3	Kattilan energiatehokkuus	72
15.3.1	Pintojen likaantuminen.....	72
15.3.2	Syöttövesisäiliön lämpötila sekä kattilan puhallus.....	73
15.3.3	Liiallinen palamisilma	73
15.3.4	Pakokaasukattilan hyötysuhde.	74
15.4	Kattilan hyötysuhde ja -kuorma.....	75
15.5	Höyrynjakelujärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen.....	76
15.6	Höyryn loppukäyttäjien energiatehokkuus	76

15.6.1	Lastilämmityksen suunnittelu ja -optimointi.....	77
15.6.2	Höyry lastinpurku- ja painolastitoiminnoissa.....	80
15.6.3	Inerttikaasun tuotanto	80
15.7	Keinoja höyryjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi.....	80
16	SATAMIEN JA SATAMA-ALUEIDEN PÄÄSTÖT	81
16.1	Sataman rooli ja velvollisuudet.....	81
16.2	Satamatoimintojen monimutkaisuus.....	82
16.3	Ilmansaasteet satama-alueella.....	83
16.4	Satama-alueiden päästöjen vähentäminen	85
16.5	Sataman laivoihin liittymättömien päästöjen vähentäminen	85
16.5.1	Sataman maatoiminnot.....	85
16.5.2	Satama-alukset.....	86
16.6	Sataman laivoista riippuvaiset päästöjenlähteet.....	87
16.7	Sataman ja aluksen vuorovaikutus.....	90
17	LAIVAN SATAMASSA VIETTÄMÄ AIKA.....	92
17.1	Johdanto	92
17.2	Satamatoiminnot	92
17.3	Just in time saapuminen/lähteminen sekä parantuneet lastitoiminnot	95
17.4	Satamatoimintojen hallinta	97
17.5	Toimia aluksen odotusajan lyhentämiseksi	100
17.5.1	Virtual arrival	100
17.5.2	Tehokas lastinkäsittely.	100
17.6	Just in time-toimintojen vaikutukset.....	100
18	KEINOJA SATAMAN ILMANLAADUN PARANTAMISEKSI SEKÄ KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI	101
18.1	Johdanto.....	101
18.2	ICCT:n tutkimukset sataman ilmanlaadusta	101
18.3	IMO:n tutkimus.....	103
18.3.1	Tutkimuksen ryhmittely	103
18.3.2	Tutkimuksessa käytetyt merkinnät:.....	104
18.3.3	Tutkimuksen lopputulos olemassa olevista teknologioista	106
18.3.4	Tulevaisuuden teknologiat, polttoaineet sekä toimintatavat	108
18.3.5	Tutkimuksen keskeisimmät havainnot	109
19	LAIVAN SATAMA AIKAISEN TOIMINNAN ENERGIA TEHOKKUUS.....	110
19.1	Johdanto	110
19.2	Apukoneistojen käyttäminen	111
19.3	Apukoneiden käyttäminen.	112
19.4	Kattiloiden käyttäminen satamassa.....	112

19.5	Kylmäkoneiden vaikutukset energiatehokkuuteen	113
20	SÄHKÖN MAISTASYÖTTÖ (OPS)	114
20.1	Johdanto	114
20.2	OPS:n käyttäminen	115
20.3	Vaatimukset infrastruktuurille	116
20.4	Standardisointi	117
20.5	Satamat jotka mahdollistavat OPS:n käyttämisen	117
20.6	IMO:n sääntely.....	118
20.7	OPS:n hyödyt	119
20.8	OPS ja energiatehokkuus	121
20.8.1	Energiatehokkuus	121
20.9	Sataman puhtaanilmanohjelmat.....	121
21	JUST IN TIME (JIT) JA VIRTUAL ARRIVAL (VA).....	122
21.1	Käsitteitä	122
21.2	Nykyiset toimintatavat	123
21.3	Just In Time (JIT).....	124
21.3.1	Parhaat toimintatavat	124
21.3.2	Esteitä JIT:n tiellä.....	125
21.4	Virtual Arrival (VA)	126
21.4.1	Johdanto.	126
21.4.2	Virtual Arrival toiminta.....	126
21.4.3	Muita hyötyjä Virtual Arrivalin käytöstä	128
22	SATAMAN VIHREÄT KANNUSTIMET JA SATAMAN YMPÄRISTÖOHJELMAT	128
22.1	Johdanto	128
22.2	Satamaan liittyvien VOC-päästöjen hallinta.....	129
22.3	Muuttuvat satamamaksut.	130
22.4	Muuttuvat rekisteröintimaksut.	131
22.5	Environmental Ship Index (ESI).....	132
22.6	Norjan NOx-vero ja NOx-rahasto.....	132
23	LAIVAN LASTAAMINEN SEKÄ LASTINHALLINTA	133
23.1	Johdanto	133
23.2	Lastiviivat	133
23.2.1	Kansainvälisen lastiviivayleissopimuksen synty.....	133
23.2.2	Plimsollin merkki	133
23.2.3	Kansainvälinen lastiviivayleissopimus.....	134
23.2.4	Kansainvälinen lastiviivayleissopimus 1966.....	135
23.3	Laivakapasiteetin käyttäminen.....	135

23.3.1	Kuormituskerroin	135
23.3.2	Varastointikerroin irtolastille	136
23.4	Energiatehokkuustoimet ja laivan kapasiteetti.....	136
23.5	Lastausnäkökulmat, trimmi ja painolasti	137
23.5.1	Johdanto	137
23.5.2	Kuormituskerroin ja painolasti.....	138
23.5.3	Toiminta konttilaivoilla.....	138
23.6	Lastivarusteiden päivittäminen energiatehokkuuden parantamiseksi.....	140
23.7	Mittakaavan tarjoamat hyödyt.....	140
24	PAINOLASTIVEDENHALLINTA (BWM) JA ENERGIATEHOKKUUS.....	141
24.1	Johdanto	141
24.2	Satama ja matkasuunnitelma.....	143
24.3	Tyypillinen painolastijärjestelmä ilman puhdistusta.....	143
24.4	Painolastivesisuunnitelma (BWMP).....	144
24.5	Keinoja painolastin vaihtamiseksi.....	145
24.6	Energiatehokkuuden parantaminen painolastitoiminnoissa.....	147
25	YHTEENVETO	148
	LÄHTEET.....	149

1 JOHDANTO

Kansainvälisenkaupan jatkuvan kasvun vuoksi tavaroiden kuljetuksen tarve meriteitse kasvaa jatkuvasti. Tämän vuoksi lainsäädännöllisillä toimilla saavutetut päästöjen vähennykset häviävät kasvaneiden alusmäärien aiheuttamiin päästöihin. Nämä kasvavat päästöt lisäävät ilmastonmuutosta sekä saastuttavat ympäristöä, että vaarantaa ihmisten terveyttä pienhiukkaspäästöjen vuoksi.

Tästä syystä IMO on teettänyt koulutuspaketin, jonka tarkoituksena on parantaa laivojen energiatehokkuutta. Nämä energiantehokkuutta parantavat toimet ovat toimia, jotka voidaan saavuttaa pienillä investoinneilla tai jopa vain tietoisuutta lisäämällä ja asenteita muuttamalla. Näillä pienilläkin toimilla voidaan laivojen energiatehokkuutta parantaa huomattavasti ja tätä kautta pienentää niiden päästöjä, sekä parantaa satama-alueiden ilmanlaatua.

Työssä on kohtia niin laivoille, satamille kuin muillekin maaorganisaatioille kuinka ne voivat parantaa energiatehokkuuttaan sekä kannustaa itseään, että muita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Näillä toimilla voidaan saavuttaa ympäristöhyötyjen lisäksi, myös taloudellisia hyötyjä kaikille osapuolille.

Tämän työn tarkoituksena on tehdä tästä koulutuspaketista suomenkielinen versio, jota voidaan käyttää apuna opetuksessa laivojen energiatehokkuudesta puhuttaessa.

2 KÄYTETYT LYHENTEET

UNCHE	United Nations Conference on the Human Environment
WMO	World Meteorological Organization
UNEP	United Nations Environment Programme
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
CBDR	Common But Differentiated Responsibilities
LNG	Liquefied natural gas
Ro-Ro	Roll-on-Roll-off
IMO	International Maritime Organization
AIS	Automatic Identification System
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
LRIT	Long-Range Identification and Tracking
VTS	Vessel Traffic Service
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
HFO	Heavy Fuel Oil
MPOS	Maritime and Port Operation System
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
INTERTANKO	International Association of Independent Tanker Owners
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
ICCT	International Council on Clean Transportation
OPS	Onshore power supply
VOC	Volatile Organic Compounds
MARPOL	The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
EEDI	Energy Efficiency Design Index
ESI	Environmental Ship Index
WPCI	World Port Climate Initiative
BWMP	Ballast Water Management Plan

3 ILMANSAASTEET – PAIKALLINEN- JA GLOBAALIONGELMA

3.1 Yleistä ilmansaasteista

Kasvaneen teollistumisen seurauksena fossiilisten polttoaineiden kulutus on lisääntynyt räjähdysmäisesti viimeisten vuosikymmenten aikana. Fossiiliset polttoaineet sisältävät vetyä, hiiltä sekä rikkiä jotka muuttuvat poltettaessa vesihöyryksi, hiilidioksidiksi (CO₂), hiilimonoksidiksi (CO) sekä rikin- (SO_x), että typenoksideiksi (NO_x). Nämä kaasut, vesihöyryä lukuun ottamatta, ovat myrkyllisiä.

Ilmansaasteet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: kasvihuonekaasuihin, otsonikerrosta heikentäviin aineisiin sekä muihin ilmansaasteisiin. Kasvihuonekaasut kasvattavat maapallon keskimääräistä lämpötilaa ja aiheuttavat ilmastonmuutosta. Otsonikerrosta heikentävät aineet puolestaan heikentävät otsonikerrosta, joka suojaa maapalloa auringon haitallisilta ultraviolettisäteiltä.

Kasvihuonekaasuja ja otsonikerrosta heikentäviä aineita pidetään syyllisinä kansainvälisiin vaikutuksiin, kun taas muut ilmansaasteet ovat enimmäkseen syyllisiä paikallisiin ja alueellisiin vaikutuksiin.

3.2 Ilmansaasteiden alkuperä

Vaikka ilmakehä koostuukin pääasiassa hapesta ja typestä, on siinä luonnostaankin useita erilaisia kaasuja, höyryjä sekä aerosoleja. Nämä aineet ovat peräisin joko luonnollisista prosesseista tai ihmisen toiminnasta:

- Luonnollisia päästöjä ovat esimerkiksi partikkelit sekä kaasut joita vapautuu tulivuoren purkauksista, metsäpaloista sekä maatuvista eläimistä sekä kasveista.
- Ihmisten aiheuttamat päästöt ovat peräisin esimerkiksi teollisuudesta sekä kuljetuksista ja näiden päästöjen määrä on jatkuvassa kasvussa.

3.3 Perustelut toiminnalle

Maailman teollisuuden määrän kasvu perustuu pääasiallisesti fossiilisista polttoaineista saatavaan energiaan. Tästä syystä päästöjen määrä, joka vapautuu ilmakehään, on niin suuri, että sen voidaan jo havaita aiheuttaneen ilmaston lämpenemistä, jäätiköiden sulamista sekä kohottaneen merenpintaa.

Näiden vaikutuksien pienentämiseksi on erittäin tärkeää, että saasteiden määrä pidetään hallinnassa. Vaikutuksia voidaan vähentää käyttämällä resursseja mahdollisimman energiatehokkaasti, sekä vähentämällä haitallisten aineiden käyttöä.

4 ILMASTO JA ILMASTON LÄMPENEMINEN

4.1 Yleistä ilmastosta

Sää on ilmakehän paikallinen ja hetkellinen mitattava tila lähellä maanpintaa. Ilmasto puolestaan on tilastollinen käsite joka viittaa myös historiaan, koska tähän mennessä jo toteutuneet säät muodostavat ilmaston (Föhr).

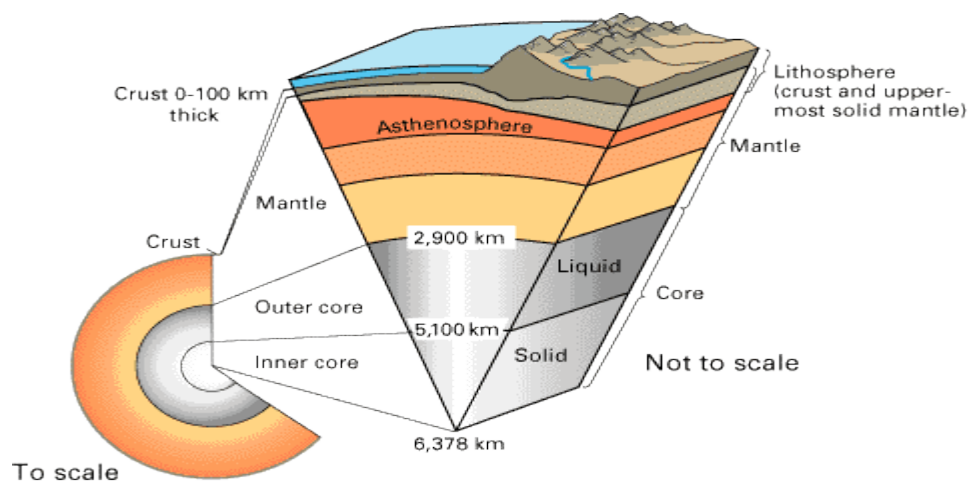
Maan ilmastoon vaikuttavat seuraavien järjestelmien toiminta:

- Litosfääri (Maan kiinteä kerros)
- Hydrosfääri (Vesialueet)
- Biosfääri (eliöt)
- atmosfääri (kaasut)

4.1.1 Litosfääri

Litosfäärillä tarkoitetaan maapallon ulointa kiinteää kehää, joka muodostuu maankuoresta ja sen alla olevasta vaipan ylimmästä osasta. Litosfääri rajoittuu alapuolelleen olevaan astenosfääriin, joka alkaa mannerkuoren alueella 100-200 km:n ja merellisen kuoren alueella 50-100 km:n syvyydessä. (Turunen.)

Kiinteä-, puolikiinteä- ja nestemäinen maa litosäärin kerroksissa ovat fyysisesti ja kemiallisesti hyvin erilaisia. Tästä johtuen, jos maapallo halkaistaisiin kahtia sen keskipisteen kautta, poikkileikkaus näyttäisi aivan sipulin poikkileikkaukselta. Uloimpana litosfäärissä on kerros ravinteikasta maata, happea, ja silikaatteja. Tämän kerroksen alapuolella on ohut puolikiinteä kerros happea, silikaatteja, rautaa ja magnesiumiumia. Seuraavana tulee nestemäinen kerros, jossa on nikkeliä ja rautaa. Aivan maan keskipisteessä on kiinteä ydin, joka on nikkeliä ja rautaa.



Kuva 1. Maapallon kerrokset (USGS, 1999)

4.1.2 Hydrosfääri

Hydrosfääri sisältää kaiken kiinteän-, nestemäisen- sekä kaasumuotoisen veden planeetalla. Hydrosfääri ylettyy maanpinnalta useita kilometrejä alaspäin litosfääriin ja noin 12 kilometrin korkeuteen atmosfäärissä.

4.1.3 Biosfääri

Biosfääri sisältää kaiken elollisen, kuten mikro-organismit, kasvit ja eläimet.

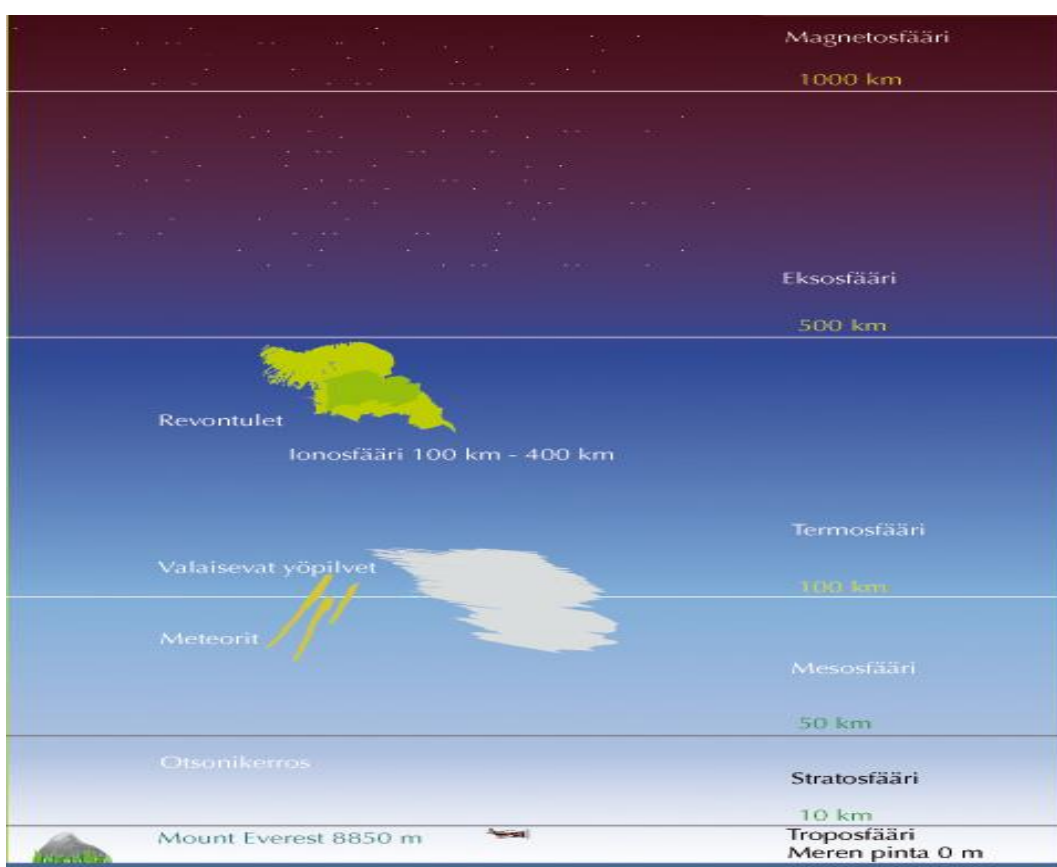
4.1.4 Atmosfääri

Atmosfääri sisältää kaiken ilman maan systeemissä. Se ylettyy alle 1m syvyydestä maanpinnan alta aina yli 10 000km korkeuteen maanpinnan yläpuolelle. Atmosfäärin

yläosassa sijaitseva otsonikerros suojelee biosfääriä auringon haitallisilta ultraviolettisäteiltä. Atmosfäärin yläosa säätelee myös maapallon ilmastoa, lämmittämällä tai jäädyttämällä alapuolella olevaa ilmaa, joka synnyttää paineenvaihteluja. Nämä paineenvaihtelut näkyvät maan päällä pienenä tuulena tai jopa tornadoina.

4.2 Ilmakehän kerrokset

Ilmakehä koostuu erilaisista kerroksista ja saasteet vaikuttavat eri tavalla jokaiseen kerrokseen.



Kuva 2. Ilmakehän kerrokset (Ilmatieteen laitos, 2018)

4.2.1 Troposfääri

Troposfääri alkaa maanpinnalta ja ylettyy aina 8-12 km korkeuteen. Tämä kerros on kaikista tihein ja melkein kaikki sääilmiöt tapahtuvat tässä kerroksessa.

4.2.2 Stratosfääri

Stratosfääri alkaa heti troposfäärin jälkeen ja yltää noin 40km korkeuteen. Maata auringon ultravioletisäteiltä suojaava otsonikerros on tässä kerroksessa.

4.2.3 Mesosfääri

Mesosfääri alkaa stratosfäärin jälkeen ja yltää 85km korkeuteen. Meteoriiitit palavat tässä kerroksessa.

4.2.4 Termosfääri

Termosfääri alkaa mesosfäärin jälkeen ja jatkuu aina 600km korkeuteen. Tässä kerroksessa sijaitsevat revontulet ja satelliitit.

4.2.5 Ionosfääri

Ionosfääri on tiheä kerros elektroneja, ionisoituneita atomeja joka yltää noin 48km korkeudesta aina avaruuden reunalle 965 km korkeuteen. Ionosfääri toimii mesosfäärin sekä termosfäärin kanssa samalla korkeudella ja sen koko vaihtelee auringon aktiivisuuden mukaan. Ionosfääri on tärkeä osa auringon ja maan välisessä toiminnassa ja mahdollistaa samalla radiokommunikoinnin.

4.2.6 Eksofääri

Tämä on ilmakehän uloin osa ja yltää aina 10 000km korkeuteen. (NASA/Goddard, 2017.)

4.3 Kasvihuonekaasupäästöt ja ilmaston lämpeneminen

Kasvihuonekaasut muodostavat tärkeän osan ilmakehässä, koska ne heijastavat aurion infrapunasäteiden tuomaa lämpöä takaisin maahan. Ilman tätä heijastevaikutusta maapallolla olisi liian kylmä elämälle. Luonnollisesti ilmakehä sisältää kasvihuonekaasuja alle 1% ja nämä kaasut ovat luonnollinen osa ilmakehää, poissulkien puhtaasti ihmisen valmistamat yhdisteet freoni (CFC) sekä fluorivedyt (HFC).

Liian suurina pitoisuuksina kasvihuonekaasut lämmittävät ilmakehää liikaa, ja liian pieninä pitoisuuksina ilmakehä jäähtyisi liikaa. Päästöjen kasvaessa ja hiilinielujen, esim. metsät, määrän vähentyessä kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä kasvaa jatkuvasti ja näin ollen aiheuttaa ilmaston lämpenemistä.

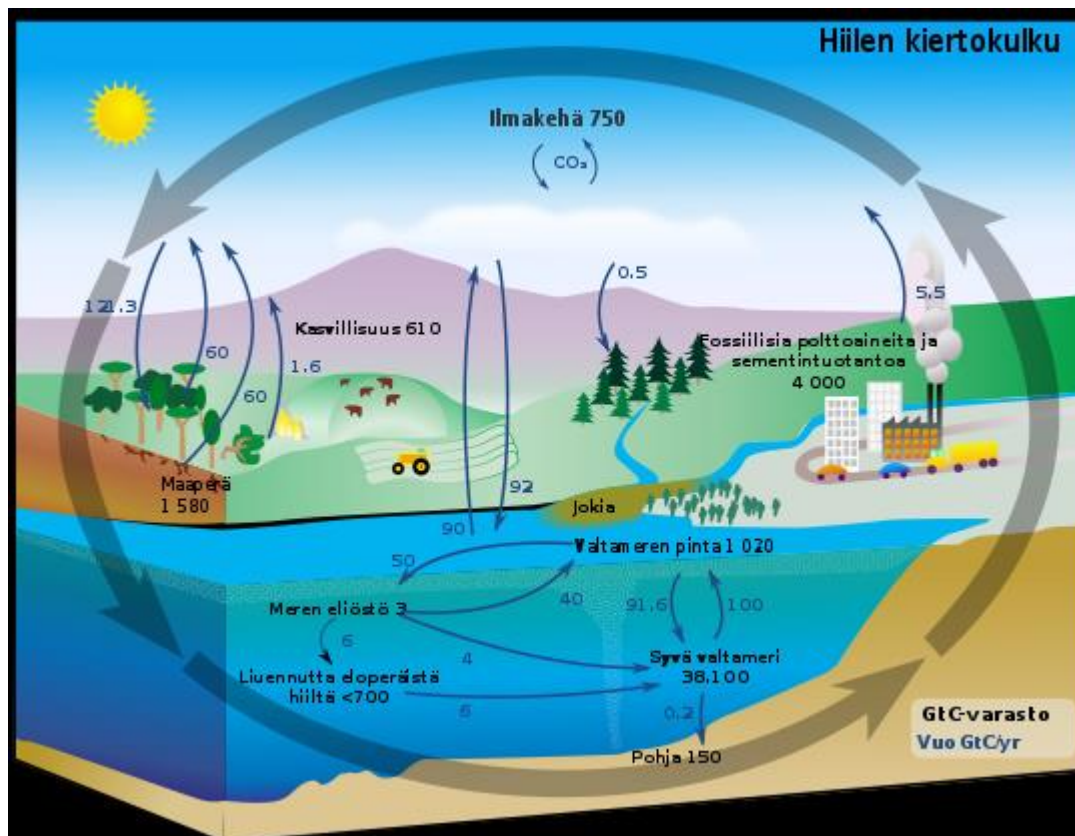
Jääkairauksien avulla on havaittu, että hiilidioksidin, metaanin ja typenoksidien määrä ilmakehässä on kasvanut huomattavasti 1700-luvulta lähtien. Hiilidioksidin määrän kasvu selittyy pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöllä ja metsien vähenemisellä, kun taas metaanin ja typenoksidien määrän kasvu johtuvat pääasiassa maataloudesta. (IPCC AR5.)

4.4 Suurimmat kasvihuonekaasut

Suurimmat lämpöä heijastavat kasvihuonekaasut ovat:

4.4.1 Hiilidioksidi (CO₂)

Hallitustenvälisen ilmastopaneelin (IPCC 2001) mukaan, hiilidioksidi aiheuttaa suurimman osan ilmaston lämpenemisestä, sen suurista määristä ja pitkästä säilymisestä johtuen. Hiilidioksidi kuuluu kuitenkin luonnolliseen hiilen kiertokulkuun maan, ilmakehän ja merien välillä jossa hiililähteet (päästöt) ja hiilinielut (kulutus) toimivat yhdessä.



Kuva 3. Hiilen kiertokulku (Wikipedia, 2018)

”Kansainvälisesti, viimeisten vuosikymmenien aikana, noin 80 prosenttia ihmisten hiilidioksidipäästöistä tuli fossiilisten polttoaineiden käytöstä, kun taas noin 20 prosenttia tuli metsähakkuista ja siihen liittyvästä maataloudesta. Hiilidioksidin määrä ilmakehässä on kasvanut karkeasti arvioiden noin 35 prosenttia teollisesta vallankumouksesta lähtien.” (U.S. Global Change Research Program. 2009, s.14.)

4.4.2 Metaani (CH₄)

Suurimmat ihmisen aiheuttamat metaanipäästöt ovat peräisin maataloudesta, karjasta, kaivostoiminnasta, tiettyjen fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä jätteistä. Vaikka metaanin määrä ilmakehässä on pieni sen lyhyestä elinajasta johtuen, sen lämmittävä vaikutus on suuri. (IPCC AR4.)

4.4.3 Dityppioksidi (N₂O)

Tehoviljelyssä käytetyt lannoitteet ovat suurin dityppioksidipäästöjen lähde. Toiseksi suurin lähde on fossiilisten polttoaineiden polttaminen.

4.4.4 Halocarbonit (CFC, HCFC)

Halocarbonit ovat pelkästään ihmisen valmistamia yhdisteitä. Niitä käytetään pääasiallisesti kylmäaineina. Näiden pienistä pitoisuuksista huolimatta, niiden säteilyä heijastava vaikutus on suuri ja ne voivat pysyä toimintakykyisinä pitkiä aikoja.

”Tästä syystä nämä yhdisteet voivat pieninäkin pitoisuuksina vaikuttaa ilmastoon pitkään tulevaisuudessakin. Esimerkiksi tetrafluorimetaani (CF₄) säilyy ilmakehässä ainakin 50 000 vuotta.” (IPCC TAR.)

Näiden aineiden pitoisuuksissa oli nähtävissä piikki vuonna 1994, ja nyt pitoisuudet ovat pikkuhiljaa pienemässä. Tämä väheneminen on pääosin otsonikerrosta heikentävien aineiden sääntelyn ansiota.

4.5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset meriin

Ilmaston lämpeneminen ja ilmasta imeytyneet hiukkaset vaikuttavat meren ekosysteemeihin ja eliöihin, muuttamalla meren lämpötilaa ja ominaisuuksia. Lisäksi merenpinnan nousu ja meren suolapitoisuuden lasku vaarantavat rannikoiden ekosysteemit ja nopeuttaa rannikoiden eroosiota.

Hiilidioksidilla sekä muilla ilmakehässä olevilla aineilla on toinenkin merkittävä vaikutus, merien happamoituminen. Osana hiilen luonnollista kiertoa, osa hiilidioksidista imeytyy meriin. Samalla kun hiilidioksidin määrä ilmassa lisääntyy, kasvaa myös meriin imeytyneen hiilidioksidin määrä. Meressä hiilidioksidi reagoi veden kanssa ja muodostaa hiilihappoa.

Ilmakehästä imeytyneen hiilidioksidin määrän kasvu on huomattu selkeästi ja se on laskenut merenpinnan pH:ta 0,1 yksikköä, 1700-luvun puolivälistä, mikä vastaa noin 25% lisääntymistä merenpinnan happamuudessa. (GESAMP.)

Ilmaston lämpenemisestä ja ilmakehän muutoksesta huolimatta, tässä monimutkaisessa yhtälössä on vielä monia tuntemattomia tekijöitä.

Esimerkiksi, CO₂:n vaikutuksia on vaikea ennustaa koska se kuuluu osaksi luonnollista hiilen kiertokulkua. Maan ja merien reagointia kasvaneeseen CO₂ pitoisuuteen ei tiedetä ja tulevia CO₂ päästöjä on vaikea ennustaa koska ne ovat riippuvaisia talouden muutoksista sekä ihmisten valinnoista.

5 TAISTELU SAASTEITA VASTAAN: KANSAINVÄLISEN YHTEISÖN ROOLI

5.1 Historiallinen kehitys

Savusumu Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa 1950 ja 1960 luvuilla, Torrey Canyonin (1967) ja Amoco Cadizin (1978) uppoamiset, happosateiden aiheuttamat vahingot 1970-luvulla, Bhopalin onnettomuus (1982) ja Chernobylin ydinvahinko (1986); yms. Antoivat esimerkkiä modernin teollisuuden luomasta, kasvaneesta riskistä aiheuttaa suuronnettomuus. Kyseinen riski sekä kasvanut tietoisuus päästöjen vaikutuksesta ihmisten terveyteen, globaaleihin lämpötiloihin sekä -ekosysteemeihin on muuttanut ihmisten suhtautumista ympäristöön.

70-luvulla esiintyneet happosateet näyttivät saasteiden vaikutuksien laajuuden ja osoittivat tarpeen kansainväliselle yhteistyölle. Happosateet muodostuvat, kun suuria määriä NO_x ja SO_x päästöjä on ilmassa jossa ne reagoivat veden sekä vesihöyryn kanssa ja muodostavat happoa. Happosateita on mahdoton kontrolloida ja tämä johti lainsäätäjien tarpeeseen löytää päästölähteet jotka aiheuttavat happosateita ja säännellä näitä lähteitä.

Vuonna 1972, YK:n ympäristökokous (UNCHE) loi perusperiaatteet joihin tulevat kansainväliset ympäristötoimet pohjautuvat. Näitä periaatteita ovat esimerkiksi:

- Periaate 2 alleviivaa luonnonvarojen säästeliään käytön tärkeyttä.
- Periaatteessa 21 sanotaan, että valtioiden tulisi huolehtia siitä, että niiden lain-säädäntöalueella ja alueilla jotka ovat niiden hallussa ei harjoiteta toimintaa joka voi aiheuttaa tuhoa toisen valtion ympäristölle.

Periaate 21 loi pohjan kansainväliselle vastuulle valtioiden ympäristönkäyttöön. Tämä periaate on korostettu mm. Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimuksessa (United Nations Convention on the Law of the Sea) artiklassa 194(2), jossa sanotaan:

”Valtiot ryhtyvät kaikkiin tarpeellisiin toimiin, joilla huolehditaan siitä, että niiden lainkäyttövaltaan tai valvontaan kuuluva toiminta ei aiheuta pilaantumisesta johtuvaa vahinkoa muille valtioille tai niiden ympäristölle ja että niiden lainkäyttövaltaan tai valvontaan kuuluvista onnettomuustapauksista tai toiminnasta johtuva pilaantuminen ei lieviä niiden alueiden ulkopuolelle, joilla ne käyttävät täysivaltaisia oikeuksiaan tämän yleissopimuksen mukaisesti.”

Helmikuussa 1979 oli ensimmäinen maailman ilmatieteen järjestön (WMO) järjestämä suuri tieteellinen ilmastokokous, jossa todettiin:

”Maiden ilmastot ovat riippuvaisia toisistaan. Tästä syystä, sekä jatkuvan parempaa elintaso vaativan väestön kasvun sekä kasvavan luonnonvarojen käytön vuoksi on suuri tarve saada suurempi kansainvälinen ymmärrys ja suunnitelma järkevään ilmas-ton käyttöön. [...] On suuri huoli, että jatkuvasti kasvava ihmisten toiminta maail-massa voi aiheuttaa merkittäviä paikallisia ja kansainvälisiä muutoksia ilmastoon. Tämä mahdollisuus lisää ennestään tarvetta kansainväliselle yhteistyölle havaita muu-tokset ilmastossa ja ottaa nämä huomioon suunniteltaessa ihmiskunnan tulevaisuutta.” (Maailman ilmastokokouksen päätöslauselma, 1979)

80-luvun alussa huomattiin päästöjen globaalit vaikutukset, kun aukot otsonikerrok-sessa alkoivat kasvaa. Nämä huomiot johtivat Montrealin pöytäkirjaan otsonikerrosta heikentävistä aineista sekä vuonna 1985 hyväksytyyn otsonikerroksen suojelua kos-kevaan Wienin yleissopimukseen.

Montrealin pöytäkirjan hyväksyminen vuonna 1987 (astui voimaan tammikuun 1. 1989) antoi huomattavat parannukset yleissopimuksen toimille. Näitä toimia pidetään ensimmäisinä globaalin ilmaston tasapainoa hallitsevina toimina. Pöytäkirjassa kieltettiin ihmisen valmistamat yhdisteet, joiden tiedettiin aiheuttavan otsonikatoa. Näillä aineilla on myös huomattava ilmaston lämpenemistä aiheuttava vaikutus, tästä syystä niiden kieltäminen auttoi huomattavasti myös ilmaston lämpenemistä vastaan taistelussa.

”Koska suurin osa otsonikerrosta heikentävistä aineista on myös mahdollisia kasvihuonekaasuja, Montrealin pöytäkirjalla on ollut todella hyvät sivuvaikutukset ilmaston lämpenemisen hillinnässä.” (UNEP.)

5.2 Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelma (UNEP)

Vuonna 1972 perustetun UNEP:n tehtävä” on tarjota johtajuutta ja rohkaista yhteistyöhön ympäristönsuojelussa inspiroimalla, tiedottamalla ja mahdollistamalla valtioiden ja ihmisten parantaa omaa elintasoaan, vaarantamatta tulevien sukupolvien olosuhteita.” (YK:n päätöslauselma 2997)

5.3 Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC)

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) sai YK:n hyväksynnän 1988. Tarkoitus oli luoda kansainvälisesti tunnustettu ryhmittymä, joka kykenee säännöllisesti tarkkailemaan ja arvioimaan ilmaston kehittymistä ja sen seurauksia. IPCC:n tehtäviä ovat (YK, 1988):

- Lisätä tietoisuutta ilmastotieteessä ja ilmastonmuutoksesta.
- Tutkia ilmastonmuutoksen ja ilmaston lämpenemisen sosiaalisia- ja taloudellisia vaikutuksia.
- Valmistella mahdollisia toimia hidastaakseen, rajoittaakseen tai vähentääkseen haitallista ilmastonmuutosta
- Valmistella aiheita käsiteltäväksi mahdollisessa tulevassa kansainvälisessä ilmastokokouksessa

IPCC kerää julkaistua tietoa ympäri maailmaa ja tuottaa raportteja ilmastonmuutoksen tilanteesta. Tuhannet tutkijat osallistuvat IPCC:n toimintaan tuottaakseen paikkaansa pitävää, tarkkaa ja luotettavaa tietoa poliitikoille.

Vuonna 1990 IPCC julkaisi ensimmäisen arviointiraportin (FAR), joka julkaistiin neljässä osassa. Arviointiraportit ovat raporttien sarja jonka tarkoituksena on tuottaa tieteellistä-, teknistä- ja sosioekonomista tietoa ilmastonmuutoksesta, sen mahdollisista vaikutuksista ja vaikutuksien lieventämisestä ja niihin sopeutumisesta. Raportti on laajin ja kaikista yksityiskohtaisin selvitys ilmastonmuutoksen tilanteesta joka on koskaan tehty, sitä ovat tehneet tuhannet kirjoittajat, toimittajat, ja tutkijat kymmenistä maista.

5.4 YK:n ilmastonmuutoskonventti (UNFCCC)

Vuosien kansainvälisen neuvottelun jälkeen YK:n ilmastonmuutoskonventti (UNFCCC) oli allekirjoituksia vaille valmis vuoden 1992 Rion ympäristö- ja kehityskokouksessa.

UNFCCC on kehyssojimus, jonka tavoite on parantaa yhteistyötä tutkimuksessa ja tiedonvaihdossa. Sojimus ei aseta tarkkoja tavoitteita, jonka vuoksi kehyssojimusta täydennetään pöytäkirjoilla, kuten Kioton pöytäkirjalla.

Konventin tarkoitus on estää ilmastonmuutos pitämällä kasvihuonekaasupäästöt vaarattomalla tasolla. Lisäksi UNFCCC Artikla 3 mainitaan seuraavat pääperiaatteet:

- ” yhteiset, mutta eriytetyt velvollisuudet (CBDR)” sekä keskinäinen kapasiteetti. Konventissa jaetaan jokaiselle kehittyneelle maalle, jotka on lueteltu Annex:ssa I & II, obligaatioita päästöihin.
- Ennalta varautumisen periaate korostaa, että tieteellisen näytön puute ei saa estää toimintaa.
- Kestävä kehitys pysyy ohjaavana periaatteena
- Avointa kansainvälistä kauppaa ei saa korostaa ja ilmastonmuutoksen nimissä ei saa asettaa rajoitteita kansainväliselle kaupalle.

Näistä julistuksista huolimatta, sopimus ei vaadi välitöntä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Sopimuksessa määritellään, että valtiot sitoutuvat noudattamaan velvollisuuksia (Artikla 4) ja kommunikointia koskien parannuksia (Artikla 12). Lyhyesti; kaikkien osapuolten on:

- Kehitettävä ja keskusteltava jäsenkokouksen kanssa ”kansallisista päästökiintiöistä ja hiilinieluista”
- Sitoutua kehittämään ja keskustelemaan toimista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi
- Kehitettävä teknologiaa sekä pyrkiä lisäämään hiilinieluja kuten metsiä ja merialueita, sekä näiden kestävä kehitystä sekä suojelua.
- Huomioitava ilmastonmuutos sosiaali-, talous- sekä ympäristöpolitiikassa.
- Tehdä yhteistyötä tieteessä, teknologiassa ja koulutuksessa sekä jaettava tietoa liittyen ilmastonmuutokseen.
- Kehitettävä yleistä tietoa sekä koulutusta ilmastonmuutoksesta
- CBDR:n periaatteiden mukaisesti kehittyneiden maiden on noudatettava lisäksi seuraavia vaatimuksia:
 - Niiden on otettava vastuuta näyttämällä heidän sitoutumisensa kehittämällä toimintatapoja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.
 - Heidän politiikan tavoitteena tulisi olla saavuttaa vuoden 1990 päästötaso.
 - Useat maat voivat tehdä yhteistyötä tavoitteiden saavuttamiseksi.
 - Rikkaimpien maiden tulisi tarjota ylimääräistä rahoitusta ja helpottaa teknologian vaihtoa.

5.5 Kioton pöytäkirja

Kioton pöytäkirja on YK:n ilmastonmuutoskonventtiin liitetty kansainvälinen sopimus, joka määrää sitovia velvoitteita päästöjen vähentämiseksi.

Kioton pöytäkirja astui voimaan 16. helmikuuta 2005. Ensimmäinen sopimuskausi alkoi 2008 ja päättyi 2012.

Dohassa, Qatarissa 8.joulukuuta 2012, hyväksyttiin niin sanottu Dohan muutos Kioton pöytäkirjaan. Muutos sisältää:

- Uusia velvoitteita Kioton pöytäkirjaan Annex I osapuolille, jotka hyväksyvät ottaa velvoitteita toiselle sopimuskaudelle tammikuun 1. päivästä 2013 joulukuun 31.päivään 2020
- Päivitetyt listat kasvihuonekaasuista
- Päivityksiä useisiin kohtiin Kioton pöytäkirjassa, jotka viittasivat erityisesti ensimmäiseen sopimuskauteen ja tarvetta päivittää koskemaan myös toista kautta.

Ensimmäisen sopimuskauden aikana, 37 teollisuusmaata sekä Euroopan unioni sitoutuivat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä keskimäärin viisi prosenttia vuoden 1990 tasosta. Toisen kahdeksan vuotta kestävänsä sopimuskauden aikana jäsenvaltiot hyväksyivät vähentävänsä päästöjä 18 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Kuitenkin toisella sopimuskaudella mukana olevien valtioiden ryhmä on erilainen kuin ensimmäisellä kaudella. (IPCC)

Päästötavoitteiden seuranta

Pöytäkirjan mukaan maiden päästöjä on seurattava ja päästökaupoista pidettävä kirjaa. Järjestelmä seuraa ja pitää kirjaa valtioiden mekanismin puitteissa tekemistä kaupoista. UNFCCC:n sihteeristö pitää kirjaa ja vahvistaa kaupankäynnit ja vahvistaa, että ne ovat suoritettu pöytäkirjan sääntöjen mukaisesti. (Kioton pöytäkirja.)

5.5.1 Raportointi

Raportointi suoritetaan vuosittain jolloin jäsenvaltiot luovuttavat päästö- sekä kansallisen raportin.

Sisäinen valvonta varmistaa, että jäsenvaltiot saavuttavat tavoitteensa sekä auttavat valtioita joilla on vaikeuksia niiden saavuttamisessa.

5.5.2 Sopeutuminen

Kioton pöytäkirja, kuten ilmastosopimuskin, on tarkoitettu avustamaan valtioita sopeutumaan ilmastonmuutoksen negatiivisiin vaikutuksiin. Se helpottaa teknologioiden kehittämisessä sekä käyttöönotossa joiden avulla voidaan vähentää ilmastonmuutoksen haitallisia seurauksia.

Sopeutumisrahasto perustettiin rahoittamaan sopeutumistoimia ja ohjelmia, joilla kehitetään Kioton sopimuksessa mukana olevia valtioita. Ensimmäisellä sopimuskaudella rahastoa rahoitettiin pääasiassa puhtaan kehityksen mekanismista (Clean Development Mechanism, CDM) saaduilla varoilla. Toisella sopimuskaudella kahden prosentin osuus päästökaupan tuotoista ohjataan rahastoon. (IPCC.)

5.5.3 Tulevaisuus

Kioton pöytäkirja on ensimmäinen askel kohti todellista kansainvälistä järjestelmää joka pysäyttää kasvihuonekaasupäästöjen kasvun, ja mahdollistaa kansainvälisen yhteisymmärryksen ilmastonmuutoksesta. (IPCC.)

Kioton pöytäkirja asetti sitovat tavoitteet päästötasoissa Annex I:ssä mainituille kehittyneille maille, jotta UNFCCC:n tavoite saataisiin toteutettua:” Tavoitteena on vähentää kyseisten kaasujen päästöjä vähintään 5 prosenttia vuoden 1990 tasojen alapuolelle sopimuskauden 2008-2012 aikana.” (artikla 3.)

Saavuttaakseen tavoitteensa maat voivat vähentää päästöjä ja/tai hyvittää päästöjään lisäämällä hiilinieluja joka antaa päästövähennyksiköitä. Jotta tämä olisi mahdollista Kioton pöytäkirjassa esitettiin kolme uutta mekanismia:

- Yhteistoteutus (JI)
- Puhtaan kehityksen mekanismi (CDM)
- Kansainvälinen päästökauppa (IET)

Nämä mekanismit kehitettiin rajoittamaan päästövähennyksien kustannuksia, mahdollistamalla sijoitukset muihin maihin joissa päästöjen vähentäminen on mahdollista saa-

vuttaa pienemmillä kustannuksilla. Tällaiset päästöjen vähennykset muissa maissa eivät saa kuitenkaan olla ainoa keino, vaan sen lisäksi vaaditaan myös muita toimia oman maan tavoitteiden saavuttamiseksi.

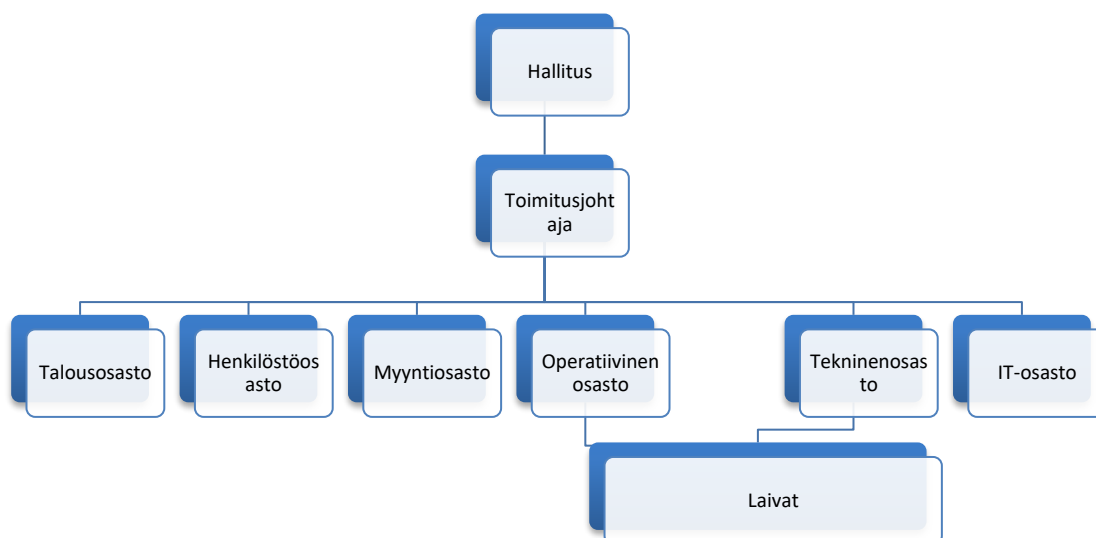
6 MERIKULJETUKSET

6.1 Johdanto

Tämän osan tarkoituksena on antaa yleiskuva laivaston hallinnan ongelmista ja pohtia kuinka parantaa laivaston hallinnan toimintatapoja joiden avulla voidaan pienentää päästöjä sekä alentaa kuljetuskustannuksia.

6.2 Varustamon rakenne

Varustamon rakenne on riippuvainen toiminnan laajuudesta sekä laadusta. Esimerkiksi hakurahtia suorittavan varustamon rakenne on erilainen kuin suuremman linjaliikennettä suorittavan varustamon. Tästä huolimatta varustamon rakenne tulisi olla suunniteltu nopeaan ja hyvään päätöksentekoon.



Kuva 4. Tyypillisen varustamon rakenne (Köngäs)

Operatiivinen osasto on kaikista tärkein osasto varustamossa. Sen tarkoituksena on mahdollistaa laivojen taloudellinen ja turvallinen kulku monilla eri toimilla esimerkiksi: Suunnittelu ja aikataulutus, toisin sanoen päättämällä mihin ja milloin laiva lähetetään. Huomattava määrä suunnitelmista on tämän osaston tekemiä. Suunnitelmat ovat tärkeitä muille varustamon osastoille sekä laivalle, rahtaajalle, satamalle, agentteille yms.

Tekninen osasto vastaa laivojen merikelpoisuudesta sekä hyvästä kunnossapidosta. Se on vastuussa laivan huolloista ja korjauksista kuten, haalaukset, tekniset huollot, rutiini huollot, uusrakennuksista, telakoinneista yms.

6.3 Laivatyyppit

Laivoja on monen kokoisia ja niiden koko ilmoitetaan niiden kuolleenpainon eli kantokyvyn (deadweight) sekä sen tilavuuden (gross tonnage) mukaan. kuollutpaino (DWT) on laivan kantokyky tonneissa, johon kuuluu rahdin, poltto- ja voiteluaineiden, tarvikkeiden sekä kaiken muun laivassa olevan paino. Gross Tonnage (GT) on laivan tilavuus kuutiometreissä.

Tankkeri on laivatyyppi joka tarkoitettu kuljettamaan nesteitä. Suuremmat tankkerit kuljettavat raakaöljyä, kun taas pienemmät kuljettavat tyypillisesti öljyjalosteita, kemikaaleja, hedelmämehua ja muita nesteitä. Irtolastialukset kuljettavat irtolastia kuten, rautamalmia, hiiltä, viljaa, alumiinioksidia, fosfaattia ja muita mineraaleja. Nesteytetyn maakaasun (LNG) tankkerit kuljettavat jäädytettyä maakaasua todella kylmänä noin -162°C lämpötilassa. Konttilaiva kuljettaa standardikokoisia kontteja joihin rahti on pakattu. Yleisrahtialus kuljettaa niiden ruumassa ja kannella pakkaamatonta rahtia. Koska yleisrahdin käsittely on työvoimaa ja aikaa vaativaa, yleisrahtialuksia on muutettu konttialuksiksi menneinä vuosikymmeninä vähentäen näiden aluksien satamassa olo ajan päivistä tunteihin.

Kylmäkuljetusalukset on suunniteltu kuljettamaan rahtia, joka vaatii kylmä- tai lämpötilasäätelyä kuten, kalaa, lihaa, hedelmiä, kukkia, yms. mutta voi kuljettaa myös

yleisrahtia. Roll-on-Roll-off (Ro-Ro) aluksilla on rampit joita pitkin rekat ja autot voivat ajaa laivaan ja sieltä pois. Muita alustyyppisiä ovat, lautat, matkustaja-alukset, kalastusalukset, huoltoalukset, proomut, tutkimusalukset, ruoppaajat, sota-alukset ja muut erityisalukset. Jotkut laivoista on edellä mainittujen alusten yhdistelmiä kuten yleisrahtialukset kylmälaitteilla, Matkustaja ja Ro-Ro aluksen yhdistelmät ja niin edelleen.

6.4 Rahtityypit ja niiden ominaispiirteet

Rahti voi sisältää kulutustavaraa, hedelmiä ja kasviksia, prosessoitua ruokaa, karjaa, teollisuusvälineitä, prosessoituja materiaaleja sekä tietenkin prosessoimattomia materiaaleja kuten raakaöljyä sekä mineraaleja.

Tuotteet voivat olla useanlaisissa pakkauksissa kuten laatikoissa, säkeissä, paaleissa, rullissa sekä voivat tietenkin olla pakkaamattomana irtolastina. Joskus rahtia yhdistellään isompiin standardikokoisiin yksiköihin kuten, lavoille, kontteihin ja trailereille.

6.5 Merenkulun jaottelu

Merenkulku voidaan jaotella useilla erilaisilla tavoilla. Kaikista yksinkertaisimmillaan jaottelun voi tehdä laivatyypeittäin säiliöaluksiin, irtolastialuksiin, konttilaivoihin jne. On olemassa myös muita jaottelutapoja joista tässä lyhyesti kaksi esimerkkiä.

6.5.1 Jaottelu toiminta-alueen mukaan

Laivojen toiminta-alueet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin, Pitkiin merimatkoihin, lyhyisiin merimatkoihin sekä rannikko-, ja sisävesi alueisiin. Taloudellisuuden vuoksi isot alukset kulkevat pitkiä merimatkoja mannerten välisessä liikenteessä, kun taas pienemmät alukset toimivat yleensä lyhyillä merimatkoilla ja rannikkoalueella. Pienet alukset toimittavat yleensä rahtia pienemmistä satamista isoille aluksille kuljetettavaksi. Syväysrajoitusten takia sisävesiliikenne suoritetaan yleensä proomuilla, joita käytetään kuljettamaan rahtia sisämaasta rannikolle.

6.5.2 Jaottelu liikennetavan mukaan

Kaupallisilla aluksilla on yleensä kolme erilaista liikennetapaa.

- Linjaliikenne: Linjaliikenteessä alukset liikkuvat ennalta määrätyn aikataulun mukaisesti, kuten linja-autot. Niiden tarve määräytyy aikataulun sekä reitin mukaan. Linjaliikenteessä olevat varustamot operoivat yleensä yleisrahtialuksia sekä konttialuksia. Risteilyalukset toimivat yleensä samalla periaatteella kuin linjaliikenteessä olevat alukset mutta niitä ei yleensä pidetä linjaliikenteessä olevina aluksina.
- Tilausliikenne: Tilausliikenteessä olevat alukset seuraavat saatavissa olevaa rahtia kuten muuttoauto. Yleensä tilausliikenteessä olevista aluksista tehdään rahtaus sopimus. Nämä ovat sopimuksia jossa tietty määrä rahtia on siirrettävä määrättyyn satamaan ennalta määrättyssä ajassa ja sovittuun hintaan. Tilausliikenteessä olevat varustamot operoivat yleensä tankki- sekä irtolastialuksia.
- Teollisuusliikenne: Teollisuusliikenteessä operaattori yleensä omistaa kuljetettavan rahdin sekä omistaa tai on aikarahdannut kuljetukseen käytetyn laivan. Teollisuusliikenteessä yrityksen tarkoitus on pienentää rahdinkuljetuksesta aiheutuneet kustannukset, jonka vuoksi heidän tavoitteensa kuljetuksessa voivat olla erilaiset kuin linjaliikenteen ja tilausliikenteen varustamoilla. Nämä toimivat yleensä isojen tankkereiden ja irtolastialusten operoinnissa öljy, kemikaali ja malmiteollisuudessa.

Tilanteissa joissa varustamolla on ylimääräistä rahtikapasiteettia laivoillaan, he voivat päättää rahdata (antaa toiselle operoitavaksi), seisottaa tai purkaa ylimääräiset alukset. Kun linjaliikenteessä olevat varustamot pienentävät laivastoaan he muokkaavat aikataulujaan joka johtaa harventuneeseen vuoroväliin tai tietyltä alueelta poistumiseen. Teollisuusliikenteessä yritykset ovat varovaisempia riskeissä ja mitoittavat laivastonsa pienemmäksi kuin heidän tarpeensa on pitkällä tähtäimellä ja ottavat lyhyitä rahtauksia tilausliikenteestä tarpeiden täyttämiseksi.

Ajoittaiset vaihtelut kysynnässä ja epävarmuudet liittyen tulevaisuuden kysyntään sekä rahtikustannuksiin ja laivojen hinnat vaikuttavat päätökseen laivaston koosta. Kuitenkin jos kuljetukset vaativat erikoisaluksia (esim. LNG), jossa ei ole tilausliikenteessä aluksia, teollisuusliikenteen varustamon on varmistettava riittävä kuljetuskapasiteetti pitkillä sopimuksilla. Helppous perustaa oma tilausliikenteen varustamo (jossa

on todella paljon pieniä yrityksiä), johtaa ajoittaiseen ylitarjontaan rahtikapasiteetissa. Josta seurauksena on ajoittain todella alhaiset kuljetuskustannukset ja alusten hinnat. Konttialusliikenteeseen taas on hankala päästä, minkä seurauksena sitä hallitsevat isot yritykset ja rahtihinnat ovat tasaisemmat.

7 TEHTÄVÄT JA VASTUUUT LAIVALLA

7.1 Johdanto

Laivan miehistö on ryhmä ammattilaisia, joilla kaikilla on oma paikkansa komentoketjussa ja he työskentelevät pitääkseen laivan päivittäisen toiminnan turvallisena, tehokkaana ja ympäristöystävällisenä.

7.2 Laivaorganisaation rakenne

Laivan operointia varten laivan miehistö jaetaan kauppamerenkulussa perinteisesti kolmeen osastoon:

- Kansiosasto
- Koneosasto
- Talousosasto

Kapteeni on laivan korkein virka, joka toimii laivan ylimpänä auktoriteettina, sekä toimii laivan omistajan edustajana. Kapteenilla on laillinen vastuu laivan päivittäisestä toiminnasta. Hänen vastuulla on varmistaa, että jokainen osasto toimii lain sekä omistajan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi jokaisella osastolla on oma esimies joka raportoi toiminnasta kapteenille. Kansiosaston esimiehenä toimii yliperämies. Koneosaston konepäällikkö. Stuertti toimii puolestaan talousosaston esimiehenä.

7.3 Kansiosasto

Yliperämies: Yliperämies on kansiosaston päällikkö. Hän on komentoketjussa toisena kapteenin jälkeen ja hänen tehtävänsä ovat lastitoiminnot, laivan vakavuus ja kansimiehistön valvonta. Yliperämiehen vastuulla on laivan turvallisuus ja laivan henkilökunnan hyvinvointi. Yliperämiehen muita tehtäviä ovat varmistaa laivan rungon, lasti välineiden, asuintilojen, pelastusvälineiden ja sammutusvälineiden huollon valvonta. Yliperämies järjestää lisäksi laivalla harjoituksia koskien turvallisuutta, palonsammutusta, ja savusukellusta sekä monia muita aiheita.

Toinen perämies: Vastaa laivan navigoinnista.

Kolmas perämies: kolmannella perämiehellä on usein hoidettavana laivan ja miehistön turvallisuus.

7.4 Koneosasto

Konemestarit ovat vastuussa laivan koneistojen huollosta ja toimintakuntoisena pitämisestä. Nykypäivänä laivat ovat monimutkaisia kokonaisuuksia joissa on paljon teknologiaa pienessä tilassa. Tähän kuuluu koneiden ja propulsiolaitteiden lisäksi sähköntuotanto, laitteita lastaamiseen ja purkamiseen sekä makeanvedentuotantolaitteet. Lisäksi koko ajan tulee lisää ympäristönsuojeluteknologiaa sekä polttoaineen käsittelyä. Kaikkien näiden laitteiden kunnossapito on koneosaston vastuulla.

Konepäällikkö: Konepäällikkö on kauppamerenkulussa arvonimi konemestarille, jolla on pätevyys hallita ja valvoa laivan teknistä osastoa. Konepäällikkö on vastuussa laivan teknisten laitteiden käytöstä ja huollosta aluksella. Hän raportoi suoraan kapteenille kaikista tekniseen osastoon liittyvistä ongelmista.

Ensimmäinen konemestari: Ensimmäinen konemestari on vastuussa laivan päivittäisten huoltotoimenpiteiden ja laitteiden käytön valvonnasta. Hän raportoi suoraan konepäällikölle ja on arvoasteikossa toisena koneosastolla. Hänen huoltovastuunsa ovat yleensä laivan kylmäkoneet, pääkoneet sekä kaikki muut laitteet joita ei ole määrätty toiselle tai kolmannelle konemestarille.

Toinen konemestari: Toisen konemestarin vastuualueena ovat yleensä kattilat, polttoainejärjestelmä, apukoneet sekä monesti myös polttoaineen vastaanotto.

Kolmas konemestari: Hän on vastuussa sähköjärjestelmästä, jätevesienkäsittelystä, voiteluöljyistä sekä pilssivesiseparaattorista. Joissakin varustamoissa pelastusveneidän kunnan valvonnan suorittavat toinen ja kolmas konemestari.

7.5 Talousosasto

Stuertti: Ohjaa ja valvoo henkilökuntaa jonka tehtävinä ovat ruuan valmistus, päällystön tilojen siivous ja huolto sekä varastojen hallinta. Hän tekee myös muita toimia kuten ylitöiden valvonta sekä kirjanpito sekä mahdollisesti ruoka ja laitetilaukset. Stuertti voi myös joutua osallistumaan muihin töihin kuten ruuanvalmistamiseen. apunaan hänellä on kokki ja mahdolliset apukokit sekä messipoika.

7.6 Toimet laivalla energiatehokkuuden parantamiseksi

Edellinen huomioden jokaisella laivan miehistössä on jonkin asteinen rooli laivan energiatehokkuuden parantamisessa. Jokaisella miehistönjäsenellä on eri tehtävä yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. Esimerkiksi:

Kapteenilla on suuri vaikutus kaikkeen laivan toimintaan sisältäen suunnitelman, toteutuksen, valvonnan sekä johtopäätösten tekemiseen. Kapteeni voi vaikuttaa merkittävästi kaikkiin laivan toiminnallisiin ongelmiin. Tästä johtuen ilman kapteenin täyttä ymmärrystä ja halua, laivan energianhallinta ei todennäköisesti tule toimimaan. Kapteenilla on oikeus puuttua aluksen reitinvalintaan sekä nopeuden valintaan jonka avulla voidaan saavuttaa huomattavasti pienempi polttoaineenkulutus ilman merkittävää myöhästymistä.

Yliperämiehen toiminta vaikuttaa huomattavasti lastin lastaamiseen ja purkamiseen, painolastivesien hallintaan, trimmin optimointiin sekä rungon ja potkurin kuntoon ja huoltoon, jne. Kaikilla näillä toimilla on vaikutusta laivan energiatehokkuuteen ja ympäristöhallintaan.

Konepäälliköllä on vastuu laivanteknisistä järjestelmistä, joten hänellä on merkittävä vaikutus siihen, että koneet ja laitteet pysyvät hyvässä kunnossa jolloin energiahäviöt

ovat pienemmät. Konepäällikön tulisi suorittaa laskelmat koneelle ja määritellä nopeus jolloin polttoaineen kulutus ja päästöt ovat vähäisimmillään. Lisäksi konepäälliköllä on paras kokonaiskuva laivan tekniikasta, jonka vuoksi hänellä on avainasema tehtäessä parannuksia energiatehokkuuteen.

Ensimmäisellä konemestarilla on kokonaisuudessaan paras kokonaiskuva konehuoneen päivittäisistä toiminnoista ja monien laitteiden huollosta. Tämän vuoksi hänellä on toiseksi eniten koneosastosta vaikutusta laivan energiatehokkuuteen varmistamalla, että laitteet ovat toimintakuntoisia ja niitä käytetään ohjeiden mukaisesti.

Muulla päällystöllä ja miehistöllä on myös tärkeät roolit huolehdittaessa laivan energiatehokkuudesta. Vahdissa olevat konemestarit pitävät niin vähän laitteita käytössä kuin on tarve säästääkseen energiaa. He voivat tarkkailla apukoneiden kuormaa ja pohdita onko tarpeellista pitää useita koneita päällä. He voivat tarkkailla pääkoneen kuormaa ja ilmoittaa yliperämiehelle, jos on tarvetta muuttaa nopeutta. Samoin kansipuolella vahdissa oleva perämies voi tarkkailla trimmiä, säätä jne. ja muuttaa säätöjä saadakseen energiatehokkuutta paremmaksi.

7.7 Osastojen välisen kommunikoinnin tärkeys

Osastojenvälisen kommunikaation puutteen on havaittu usein olevan syynä ylimääräiseen energian kulutukseen. Esimerkiksi kone- ja kansiosaston välinen kommunikaatio on todella tärkeää koneiden energiatehokkaan käytön kannalta. Laivan energiasuunnitelmissa tulisi korostaa osastojen välisen kommunikaation tärkeyttä, ja kehottaa esimerkiksi päivittäiseen vuoropuheluun energian säästämiseksi. Aiheita voisi olla esimerkiksi, kuinka vähentää sähkön, höyryn, paineilman ja makeanveden kulutusta yms. Kone- ja kansiosastot voivat tehdä yhdessä energiankäyttösuunnitelman aamupalaverissa missä he voivat vaihtaa tietoa esimerkiksi, kuinka monta nosturia lastiooperaatioissa käytetään ja kuinka paljon painolastivettä siirretään. Tämän avulla konemestarit voivat päätellä energian tarpeen ja päättää tarvitseeko toista apukonetta käynnistää. Tämän lisäksi esimerkiksi taloushenkilöstö voi pitää konehuoneen ajan tasalla koska he aikovat käyttää suuria määriä energiaa kuluttavia laitteita niin koneosasto osaa tehdä energiasuunnitelman.

Laivan toimintoja koskevat energiansäästötoimet ovat monimutkaisia ja ei ole kokonaan laivanmiehistön päätettävissä, tästä johtuen tarvitaan hyvää vuoropuhelua laivan, konttorin, rahtiaan, yms. Välillä laivan energiatehokkuuden saavuttamiseksi.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään toimia, joita laivalla voidaan suorittaa energiatehokkuuden parantamiseksi.

8 TRIMMIN OPTIMOINTI

8.1 Johdanto

Jokaisella laivalla on optimaalinen trimmi, jolla sen vastus on pienimmillään. Optimaalinen trimmi on riippuvainen syvyydestä ja nopeudesta. Optimaalinen trimmi voidaan laskea joko laivan operoinnin aikana, pienoismallitestillä tai käyttäen laskennallista tapaa. Nykyään yleisimmin käytetty menetelmä on laskennalliset tavat trimmin määrittämiseen. Jotta laskennallisilla keinoilla saataisiin luotettavia tuloksia, se tarvitsee tuekseen myös tietoja pienoismallikokeista tai todellista mittausdataa aluksen operoinnista. Käytännössä turvallisuusnäkökulmat voivat estää optimaalisimman trimmin käytön, koska trimmillä on vaikutusta aluksen vakavuuteen, ohjailtavuuteen sekä muihin turvallisuus- sekä toimintakohtiin. On kapteenin tai yliperämiehen tehtävä varmistaa, että käytössä olisi paras trimmi jolla saavutetaan kaikki turvallisuus kysymykset sekä optimaalisen trimmin tuomat säästöt energiankulutukseen.

8.2 Taloudelliset hyödyt

Trimmin optimoinnilla voi laivatyyppistä riippuen olla huomattavat taloudelliset hyödyt. Useimmiten puhutaan 2-4% säästöistä polttoaineenkulutuksessa, kuitenkin tämä riippuu laivatyyppistä ja hyödyt voivat olla tätä pienemmät tai jopa tätä suuremmat. Polttoaineenkulutuksen vähentämiseksi tulee aluksen trimmi asettaa jo paikallaan ol-

lessaan (Staattinen trimmi), kun trimmiä on mietitty jo lastausvaiheessa, on matkanai-
kaista trimmiäkin (dynaaminen trimmi) helpompi säätää optimaaliseksi. Seuraavassa
esimerkki trimmin hyödystä:

- Panamax-kokoluokan risteilyalus matkaa 30-40cm väärässä trimmissä. Keski-
määrin tämän kokoluokan aluksissa 25cm virhe vastaa 2% kasvanutta propul-
siotehon tarvetta. Jos laiva käyttäisi optimaalista trimmiä olisi vuosittainen
polttoaineen säästö 700 tonnia. Tämä vastaisi \$660/ton HFO hinnalla vuosit-
tain \$420 000 säästöjä. (ENIRAM, 2012, s.10.)

8.3 Määritelmiä

Trimmi kuvataan yleensä erona aluksenperä- ja keulasyväyksissä:

Trimmi=dA-dF

Jossa dA on aluksen peräsyväys metreinä, ja dF on keulasyväys metreinä

Kun trimmi on positiivinen, niin aluksen peräpää on syvemmällä vedessä kuin keula.
Joten positiivinen trimmi on perätrimmiä ja negatiivinen keulatrimmiä.

Ihanteellinen trimmi: ihanteellinen trimmi on tilanne, jossa vaadittu työntövoima on
pienimmillään halutulla syväydellä ja nopeudella.

Lastisuunnitelma: Lastisuunnitelmassa eritellään lastin määrät ja kuinka painon tulisi
jakautua aluksella. Lastisuunnitelma tulee tehdä kaikkia lakeja noudattaen sekä tietysti
laivan vakavuutta ajatelle. Lastaus ja purkaminen tehdään sataman henkilökunnan
kanssa, mutta kapteeni tai yliperämies on aina viimekädessä vastuussa lastauksesta ja
purkamisesta.

Tasaköli: Tasaköli jossa keula- ja peräsyväys ovat saman suuruiset elikkä toisin sa-
noen, kun trimmi on nolla.

Staattinen trimmi: On aluksen trimmi sen ollessa paikallaan.

Dynaaminen trimmi: on aluksen trimmi sen ollessa liikenteessä. Dynaamiseen trim-
miin vaikuttaa aluksen uppouma keliolosuhteista johtuen.

8.4 Trimmin luonne

Aluksen vastus sekä sen trimmi liittyvät läheisesti toisiinsa. Tämä johtuu siitä, että trimmi muuttaa aluksen hydrodynaamisia ominaisuuksia. Trimmin suuri vaikutus aluksen ominaisuuksiin ja polttoaineenkulutukseen on huomattu etenkin konttialuksissa sekä Ro-Ro aluksissa.

Mahdolliset selitykset trimmin suurelle vaikutukselle aluksen toimintaan voidaan jakaa seuraaviin asioihin. (Force Technology):

- Muutokset aaltovastukseen.
- Muutokset aluksen vedenalaiseen pinta-alaan ja sitä kautta kitkavastukseen.
- Muutokset useisiin työntövoimaan vaikuttaviin muuttujiin kuten:
 - Vastuksen muutos
 - Työntövoiman vähentyminen

Trimmin vaikutukset ovat suurimmillaan nopeissa aluksissa kuten konttilaivoissa ja Ro-Ro aluksissa, mutta trimmin vaikutukset polttoainetehokkuuteen voi nähdä myös tankkereissa ja irtolastialuksissa (Force Technology).

8.5 Nykytilanne

Nykyisin useimmissa tapauksissa tasakölillä toimiminen on normaali tapa toimia. Tämä voi olla ihanteellinen tapa toimia suurilla ja hitailla aluksilla (irtolastialukset ja tankkialukset). Pienemmillä ja nopeammilla aluksilla trimmin vaikutus on huomattava ja tästä syystä näillä aluksilla trimmiin tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Nykyisillä energiatehokkuusvaatimuksilla yhä useampi varustamo laskee aluksilleen ihanteellisia trimmejä käyttäen simulointiohjelmiä. Ongelmana tässä on kuitenkin se, että nämä laskelmat ovat analyttisiin ennusteisiin perustuvia ja on todella vaikeaa näyttää näiden laskelmien vaikutuksia polttoaineenkulutukseen toteen. Tästä johtuen ei ole kannattavaa vain luottaa näihin laskelmiin vaan samaan aikaan tulee kerätä palautetta kapteenilta laskelmien paikkansapitävyydestä.

8.6 Esteitä ihanteellisen trimmin käyttöön

Seuraavat asiat voivat vaikuttaa optimaalisen trimmin käyttöön:

Laivan lastaus: aluksen painojakauma pitää tietää trimmin asettamiseksi. Tästä syystä hyvä kommunikointi aluksen ja sataman välillä on avainasemassa. Lisäksi lastitietokoneiden oikeanlainen käyttö auttaa laivan turvallisessa lastauksessa sekä trimmin asettamisessa.

Turvallisuushaasteet: Tässä tulee huomata, että kaikissa aluksissa ei ole reaaliaikaista valvontaa aluksen vääntymisen ja liian suurten leikkausvoimien syntyminen varalta. Lisäksi kaikkea lastia ei voida lastata juuri sinne mikä olisi optimaalinen paikka sille laskennallisesti.

Polttoaineen ja veden siirto laivalla: aluksen päällystöllä voi olla puutteelliset tiedot polttoaineen ja veden siirtojen aiheuttamista muutoksista aluksen trimmiin. Lisäksi tämä korostaa osastojen välisen kommunikoinnin tärkeyttä.

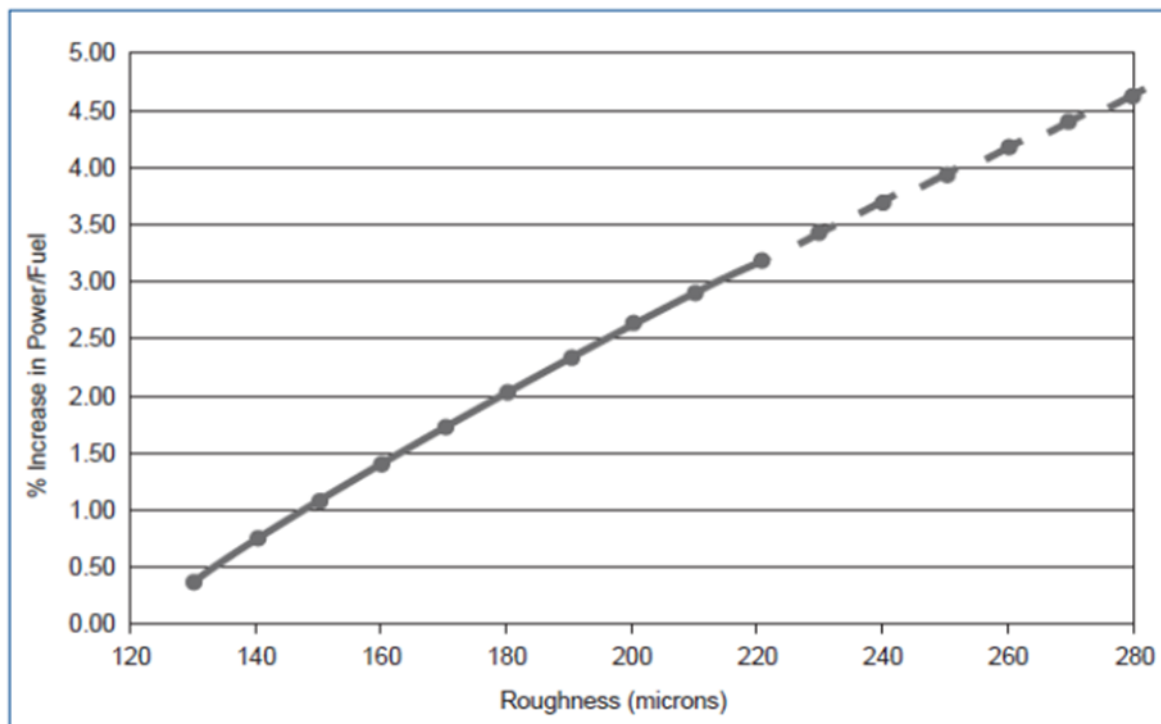
Miehistön vaihdot: joskus miehistöjenvaihdon ja vahdinvaihdon yhteydessä tieto aluksen painolastitilanteesta ei siirry seuraavalle henkilölle. Tämä korostaa aiheen ymmärtämisen ja koulutuksen tärkeyttä ja laivan miehistön sitoutumista aiheeseen.

9 RUNGON JA POTKURIN KUNTO

9.1 Rungon karheuden vaikutus kulkuvastukseen

Kuten aiemmin todettu, laivan vastukset johtuvat aluksen vedenalaisen pinnan kitka- ja aaltovastuksista. Kitkavastuksen osuus laivaa hidastavista voimista on suurin. Esimerkiksi suuret tankkerit käyttävät suurimman osan polttoaineestaan kitkavastuksen kumoamiseen. Kun runko liikkuu vedessä se vetää vettä mukanaan, joka muodostaa vesikerroksen laivan rungon viereen, tätä kerrosta kutsutaan rajakerrokseksi. Laivan keulassa tämä kerros on suhteellisen ohut mutta se kasvaa laivan perää kohti mentäessä. Rajakerros muodostuu myös täysin sileään runkoon mutta karheuden kasvaessa myös rajakerros kasvaa. Aluksen rungon karheuden vaikutus vastukseen riippuu aluksen suhteellisesta nopeudesta veteen sen ympärillä. Tästä syystä rungonkarheus keulassa aiheuttaa enemmän vastusta kuin karheus aluksen perässä tai -pohjassa missä suhteellinen nopeus on hitaampi. Tästä johtuen karheuden tasoittaminen joillakin alueille on tehokkaampaa vastuksen vähentämisessä ja tätä myöten polttoainenkulutuk-

nessa. Epäpuhtaudet laivan rungossa tekevät siitä karheamman, lisäksi jos epäpuhtauksia on paljon se lisää aluksen painoa ja näin ollen vähentää lastinkantokykyä. Nämä vaikutukset tekevät epäpuhtauksista yhden suurimmista energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä. 10 μm - 30 μm lisäys rungon karheudessa lisää aluksen vastusta noin 1%, tähän kuitenkin vaikuttaa myös laivan nopeus. (ABS, 2013)



Source: International Paint 2004

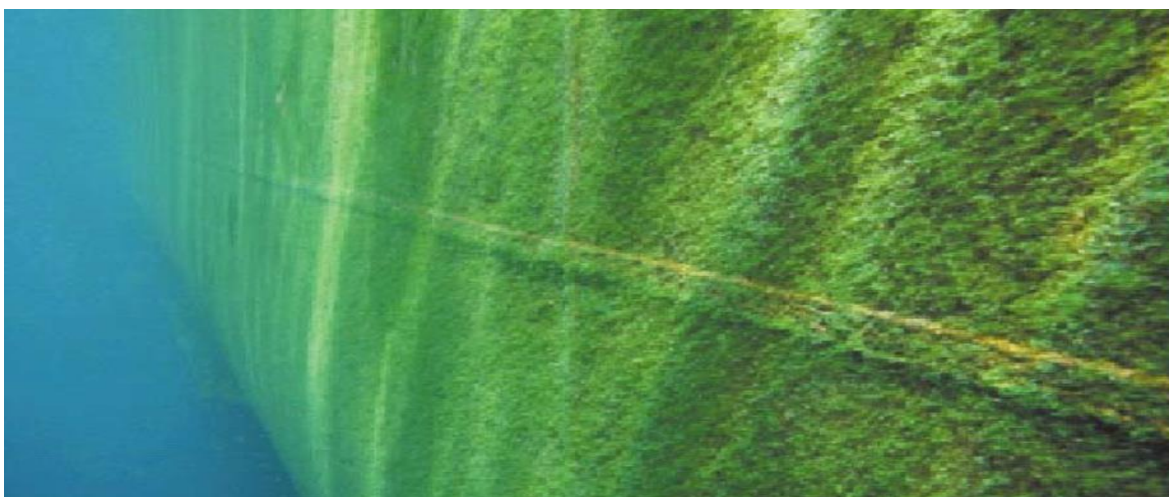
Kuva 5. Nopean aluksen pinnankarheuden vaikutus polttoaineen kulutukseen (international Paint, 2004)

Uuden aluksen rungon karheus on yleensä noin 75 μm ja kun tämä alus tulee telakalle sen karheus voi olla jopa 250 μm . Hyvällä huollolla aluksen rungon karheus kasvaa noin 10-25 μm vuodessa, riippuen käytetyistä pinnoitteista.

9.2 Pinnankarheutta aiheuttavat tekijät

Rungonkarheus aiheutuu useista erilaisista tekijöistä, jotka voidaan karkeasti jakaa fyysisiin ja biologisiin. Nämä ryhmät voidaan jakaa vielä karheuden kokoluokan mukaan mikrokarheuteen (alle 1mm) ja makrokarheuteen (yli 1mm). Fyysistä mikrokarheutta voi toiminnan aikana aiheuttaa mekaaninen vaurio, pinnoitteen toimimattomuus sekä huonosti pohjustettu tai väärinkäytetty pinnoite. Biologisella karheudella on

myös huomattava vaikutus aluksen vastukseen jopa mikrotasolla (levät, siimajalkaiset yms.). Pieni kerros levää voi aiheuttaa 7-9% ja paksu kerros jopa 20-30% kasvun aluksen kokonaisvastuksessa. (ABS 2013.)



Kuva 6. Esimerkkejä rungon epäpuhtauksista (International Paint, 2004)

Biologisten epäpuhtauksien määrä riippuu monesta tekijästä kuten, aluksen toiminta-alueesta, likaantumista ehkäisevän maalin toiminnasta ja ympäristön olosuhteista. Aluksen ollessa jatkuvasti liikkeellä se ei kerää yhtä paljon epäpuhtauksia kuin pitkään

ankkurissa tai satamassa oleva alus. Lisäksi laivan katodisuojaus toimii paremmin liikuvissa aluksissa.

Rungon epäpuhtauksien määrään vaikuttavat tekijät:

- Rungon alkuperäinen karheus.
- Rungon pinnoitteen laatu.
- Pinnoitteen kunto.
- Kohdat rungosta joihin auringonvalo pääsee paistamaan keräävät enemmän epäpuhtauksia.
- Vedenlämpötila (kylmässä vedessä epäpuhtauksia kertyy vähemmän).
- Veden suolapitoisuudesta
- Levänmäärä vedessä.
- Aluksen nopeudesta ja sen toiminta tavoista (onko pitkiä aikoja ankkurissa yms.).
- Rungon kunnossapidosta.

Laivan toiminnan aikana pinnankarheus voi kasvaa murtumasta tai vauriosta pintakäsittelyssä samoin kuin korroosiosta joka myös lisää merikasvustoa. Nykyiset antifoulingmaalit tarvitsee uusia 3-5 vuoden välein koska niiden toimintakyky heikkenee ajan myötä. Runkoa tarvitsee myös pestä tänä aikana, pesu voidaan suorittaa joko sukeltajien avulla tai automaattisesti. Pesu voidaan suorittaa joko koko runkoon vai vain kriittisiin osiin. Pinnoitteen uusiminen lyhyillä väleillä saattaa olla tehokasta energiatehokkuuden kannalta, mutta kalliit telakoinnit voivat olla ongelmallisia.

9.3 Rungon karheuden vähentäminen.

Vedenalaisen osan karheutta voidaan vähentää, sileällä viimeistelyllä, paremmin toimivalla maalilla sekä paremmalla rungon ja potkurin huollolla. Riippumatta valitusta pinnoitteesta, puhdistuksen tulisi olla sopiva kyseiselle pinnoitteelle. Lisäksi on hyvä huomioida, että likaantuminen saattaa vaihdella huomattavasti liikennealueesta ja aluksen toimintatavasta riippuen.

9.4 Rungon pinnoitteet

Nykyään on käytössä kolme erilaista pinnoitetta ja ne kaikki toimivat eri tavalla sekä niiden puhdistus välit ovat erilaiset. Nämä pinnoitteet ovat. [ABS 2013.]:

- **Controlled Depletion Polymer (CDP):** Perinteinen antifouling maali joka perustuu luonnollisen tai keinotekoisien mäntyhartsin kanssa sekoitettuihin biosideihin. Seokseen lisätään liukenematon polymeeri antamaan hartsille paremmat mekaaniset ominaisuudet. Hartsin hallittu liukeneminen vapauttaa biosideja. Ajan myötä pintaan muodostuu liukenematon pinta joka estää biosideja vapautumasta ja tekee uudelleen pinnoituksesta hankalaa. Tämän takia liikkuva vesi (tai peseminen) on tarpeen tämän kerroksen poistamiseksi sekä uuden biosidin kerroksen esiin saamiseksi. Tyypillisesti tämä pinnoite kestää 3 vuotta, mutta liukenemattoman kerroksen muodostumisen ja vähentyneen biosidien vapautumisen vuoksi mikrolikaantuminen voi tuottaa ongelmia jo alle kahdessa vuodessa. Pinnankarheus kasvaa tällä pinnoitteella noin 40 µm vuodessa, mutta tämä voi vaihdella huomattavasti.
- **Itsekiillottuvat antifoulingmaalit (SPC):** liukenematon metalli-polymeeri tai synteettinen-polymeeri (esim. kupari-akrylaatti tai silyyli-akrylaatti) joka sisältää biosideja. Hydrolyysin johdosta polymeeristä tulee liukenevaa ja se vapauttaa biosideja. Kemiallisen reaktion johdosta biosidien vapautuminen tapahtuu tasaisesti eikä pintaan muodostu liukenematonta kerrosta. Tämän vuoksi tämä pinnoite ei vaadi aluksen liikettä toimiakseen ja pinta pysyy sileämpänä kuin CDP:llä. Hyvälaatuisella pinnoitteella saavutetaan noin viiden vuoden toiminta-aika ja pinnan karheus kasvaa noin 20 µm vuodessa.
- **Kasvustoahylyvä pinnoite:** Biosideja sisältämätön pinnoite joka käyttää tartunnanestäviä ominaisuuksia kasvuston hillintään. Yleensä silikoni tai fluori-silikonipohjainen maali joka on suunniteltu tiputtamaan kasvustoa, kun alus on liikkeellä. Hitaammin liikkuvilla aluksilla (alle 15 solmua) tämä ei toimi niin hyvin, joten kevyttä pesua tarvitaan pinnan pitämiseksi hyvässä kunnossa. Pinnoitteen teho perustuu sen todella sileään pintaan, jonka vuoksi sitä on pidettävä kunnossa. Mekaaninen vaurio esimerkiksi hinaajista on todella kriittisiä tämän pinnoitteen toiminnalle koska vaurioituneessa kohdassa ei ole ollenkaan antifouling ominaisuuksia. Keskimääräinen pinnankarheus kasvaa noin 5 µm vuodessa.

Parasta pinnoitetta etsiessä kannattaa valita pinnoite jossa on sileäpinta ja sitä on helppo pitää sileänä, jotta se estäisi likaantumista. Kun pinnoite valitaan huolella sekä sen käyttöön ja ylläpitoon kiinnitetään huomiota, voidaan saavuttaa jopa 4% säästö propulsioon käytetyssä polttoaineessa. Karhean pinnan tasoittaminen (lian poistamisella, pinnan hiekkapuhaltamisella yms.) ja uuden tehokkaamman pinnoitteen lisäämisellä voidaan saavuttaa 10-12% säästöt polttoaineen kulutuksessa. (ABS 2013). Tributyltinin (TBT) kieltämisen jälkeen useimmat antifouling maalit ovat kupari tai tina pohjaisia maaleja, tulisi kuitenkin pitää mielessä, että jotkut maat ovat kieltämässä kuparipohjaiset maalit. Biosidivapaita silikonipohjaisia maaleja on myös saatavissa mutta niiden markkinaosuus on suhteellisen pieni niiden korkean hinnan vuoksi. Näitä pinnoitteita kutsutaan yleensä kasvustoahylkiviksi pinnoitteiksi koska niiden pinta on kasvustolle hankala kiinnittyä. Nykyiset tutkimukset ovat todenneet, että uudet pinnoitteet ovat yhtä toimivia kuin TBT pohjaiset maalit.

9.5 Rungon puhdistaminen

Rungon puhdistaminen on selvästi hyödyllistä, jos se tehdään tavalla joka ei vahingoita pinnoitetta. Polttoainetehokkuuden kannalta tulisi puhua rungon ja potkurin karheuden hallinnasta eikä vain likaantumisen estosta.

Tapauksissa jossa vain rungon osittainen puhdistus on mahdollista, tulisi runko puhdistaa seuraavassa järjestyksessä:

- Ensimmäinen kolmannes rungosta
- Osat keulasta perään päin puhdistuen ensin eniten auringonvalolle altistuneet osat.

Makrokokoisen Likaantumisen puhdistaminen on aina kannattavaa koska sen tuottamat polttoainesäästöt ovat suuremmat kuin niiden puhdistamiskustannukset. Myös mikrolikaantumisen puhdistus on monesti kustannustehokasta, jos käytetään puhdistusmenetelmiä jotka eivät vahingoita pinnoitetta. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi puhdistusaikataulun tulisi pohjautua joko suorituskyvynmittaukseen (tehon suhde nopeuteen) tai säännölliseen rungonkunnan tarkastukseen. Molemmilla tavoilla seurattuna on huomattavissa taso, jossa puhdistus on taloudellisesti kannattavaa. Visuaalisella tarkastuksella tämä taso pitää sisällään rungon likaantumisen määrän sekä sen

laadun. Puhdistustapaa valitessa tulee kiinnittää huomiota lian määrään sekä pinnoitteen puhdistusohjeisiin. Esimerkiksi makrokokoisen likaantumisen poistaminen on todella vaikeaa poistamatta kerrosta maali pinnasta. Itsekiillottuvilla maaleilla on ohuempi suojakerros kuin CDP maaleilla, joten niiden puhdistamiseen tulisi käyttää vähemmän aggressiivisiä puhdistusmenetelmiä. Likaahylkivienpinnoitteiden puhdistamisessa tulee käyttää todella hellävaraisia puhdistusmenetelmiä.

Vähäisen liman puhdistaminen vähentää 7-9% propulsioon käytettyä polttoaineenkulutusta. Paksumman liman puhdistus 15-18% ja makrokokoluokan kasvuston puhdistaminen 20-30%.

Puhdistuksessa huomioon otettavia asioita:

- Sääntely: Rungon puhdistamista suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon myös sääntelyt jotka koskevat pinnoitteita. Osa antifouling maaleista on kielletty tietyillä alueilla.
- Toiminta alue: Antifouling pinnoitteet ovat useimmiten suunniteltu suolaisessa vedessä toimimiseen ja alukset jotka operoivat makeassa tai murtovedessä likaantuvat nopeammin. Kun alus aloittaa liikennöinnin makeanveden alueella, rungon pesujen väliä tulisi lyhentää tai miettiä antifouling maalin vaihtamista. talvikuukausina kasvuston määrä on vähäisempää johtuen kylmästä vedestä, mutta kesällä lämpötilojen noustessa myös kasvuston määrä kasvaa.
- Vedessä suoritettavat tarkastukset: Säännöllinen vedessä suoritettu tarkastus tai telakointi ovat ainoita tapoja kasvuston määrän arviointiin. Aluksen nopeutta sekä tehoa tulisi seurata jatkuvasti, jotta mahdollinen kasvuston aiheuttama suorituskyvyn heikkeneminen huomattaisiin. Tämä auttaa laivan omistajaa päättämään mikä laivan rungon pesujen tai telakoinnin välien tulisi olla. Jos alus on paikallaan pitkän ajan, rungon tarkistaminen ennen liikenteeseen lähtöä on suositeltavaa. Sekä jos kasvuston määrä on suuri, rungon pesu tai antifouling maalin uusiminen on tarpeen.
- Rungon katodinen suojaus: Katodinen suojaus vähentää rungon korroosiota joka taas lisää kitkaa, häiritsee vedenvirtausta rungon ohi ja lisää polttoaineenkulutusta. Lisäksi ruosteen estämisellä on hyötyä rungon kestävyuden kannalta.

- Makuuttaminen: Jos alus on maannut pitkään korkean kasvustonalueella, telakointi ja pesu voi olla tarpeen ennen liikenteeseen lähtöä. Kun alusta makuutetaan, on syytä miettiä mihin aluksen vie ankkuriin ja jos mahdollista välttää korkean kasvuston alueita.

9.6 Potkurin karheuden vaikutus energiatehokkuuteen

Samalla lailla, kun rungossa, myös potkurissa oleva karheus huonontaa suorituskykyä. Potkurinkarheuden vaikutus polttoaineen kulutukseen ei ole aivan yhtä suuri kuin rungonkarheuden vaikutus, mutta vaikutuksen arvioidaan olevan jopa 6%. Karheuden vaikutus on suurimmillaan potkureissa, joilla on suuri pinta-ala sekä suuret kierrosluvut. Potkurin kiillottaminen vähentää pääasiassa kitka häviöitä mutta sillä on vaikutusta myös pyörintävastukseen. Fyysistä karheutta potkurin pintaan aiheuttaa korroosio, kavitaatio sekä iskut. Vääränlainen huolto voi lisätä myös potkurinkarheutta, näitä voivat olla, roiskeet rungon pinnoitteesta tai liian voimakas kiillottaminen.

Potkurin pinnoitus ja kiillottaminen/ puhdistus

Potkurin antifouling pinnoitteissa on tapahtunut huomattavaa edistymistä viimeisen 15 vuoden aikana. Uusilla pinnoitteilla voi olla jopa paremmat ominaisuudet kuin kiillotetulla pinnalla. Pinnoitteet suojaavat potkuria kasvustolta sekä korroosiolta. Vaikka pinnoitteet pysyvät hyvin, kavitaatio aiheuttaa siihen tuhoa. Toisaalta taas kavitaation tuhoamalla pinnoitteella ei ole huomattavia vaikutuksia suorituskykyyn koska kavitaatio estää myös kasvuston pysymisen vioittuneissa kohdissa. (ABS 2013).

Potkurin ollessa jatkuvasti liikkeessä kasvusto aiheuttaa vähäisiä ongelmia, mutta jos katodisessa suojauksessa on puutteita tai potkurin annetaan toimia liian lähellä pintaa, tulee kavitaation aiheuttamista syöpymistä ongelma. Aluksen ollessa pitempiä jaksoja paikallaan alkaa kasvustoa kerääntyä potkuriin, tämän vuoksi potkuria olisi hyvä pyörittää kerran päivässä. Tästä aiheutuneet kustannukset saadaan säästöinä vähentyneen kasvuston tuomilla polttoaineen säästöillä.

Potkurin pinnan tasoituksella voidaan saavuttaa 3% säästöt polttoaineenkulutuksessa. Puhdistamisella ja tasoituksella jopa 6% säästöt. Sukeltajat voivat puhdistaa viiden lavan 10m halkaisijan omaava potkurin noin 3-4 tunnissa noin US\$3 000 hintaan Kaukoidässä, Euroopassa hinta voi olla jopa kaksinkertainen. (ABS 2013)

9.7 Kuntoon perustuva rungon- ja potkurin huolto

Rungon ja potkurin pitäminen puhtaana tuottaa huomattavat polttoainesäästöt, mutta kunnossapidossa on muutama kysymys:

1. Milloin on ihanteellinen aika rungon ja potkurin puhdistuksella?
2. Mikä on paras puhdistustapa pinnoitteen kunnossa pysymisen kannalta?
3. Koska on aika laittaa uusi pinnoite ja mikä?

Kuntoon perustuva rungon ja potkurin huolto on tarkoitettu antamaan vastaus kohdan

1. kysymykseen. Tämä voidaan saavuttaa kahdella tavalla:

- Mittaamalla/tarkkailemalla rungon ja potkurin karheutta ja vertaamalla saatuja arvoja alkuperäisiin arvoihin. Tämän avulla saadaan tietoon koska peseminen on tarpeellista.
- Käyttämällä suorituskykyarvoja mittavaa ohjelmaa joka vertaa polttoaineenkulutusta, akselitehoa ja pääkoneentehoa. Näiden arvojen heikkenemisestä voidaan huomata rungon ja potkurin likaantuminen.

Ensimmäinen tapa seuraa suoraan pinnan kuntoa ja näistä mittauksista omistaja voi tehdä laskelmat tehokkuuden heikkenemisestä, polttoaineenkulutuksen kasvusta ja tehdä taloudellisen päätöksen koska rungon puhdistus on kannattavaa. Toisessa tavassa ongelmia tuottavat muuttujat jotka eivät ole koskaan samanlaisia (sääolosuhteet, virtaukset yms.) ja tämän takia luotettavien tulosten saaminen tällä tavalla on hankalaa. Tästä huolimatta tämä on yleisempi tapa rungon kunnan määrittämiseen koska se ei vaadi erityisiä järjestelyjä satamassa vaan sitä voidaan suorittaa jatkuvasti. Paras tapa rungon kunnan määrittelyyn on tehdä jatkuvaa seurausta suorituskyvyssä ja vertailla niitä vastaavanlaisissa olosuhteissa saatuihin aiempiin tuloksiin ja kun tulokset antavat viitteitä likaantumisen suoritetaan visuaalinen tarkastus.

10 E-NAVIGOINTI JA SÄÄREITITYS

10.1 Mitä on E-navigointi

Uuden luotettavamman navigointi- ja kommunikointijärjestelmän kehitykseen oli tarvetta, jotta saataisiin vahinkoja vähennettyä, etenkin tilanteissa joissa on ihmishenkiä vaarassa tai on suuri mahdollisuus ympäristövahingolle sekä suurille taloudellisille menetyksille. huomattiin myös, että vahingoissa joissa tarvittiin tutkimuksia, suurin yksittäinen vahingon aiheuttaja oli navigointivirhe. tämä johti uusien järjestelmien kuten AIS, ECDIS, ARPA, LRIT, VTS ja GMDSS järjestelmien kehitykseen. Tarkoituksena oli järjestelmällisesti luoda uusia erityisesti sähköisiä työkaluja navigointiin ja näitä ruvettiin kutsumaan E-navigoinniksi. E-navigoinnissa on viisi kohtaa, joiden avulla navigointia pyritään parantamaan. (IMO.)

- Paranneltu, yhtenäinen ja käyttäjäystävällinen komentosillan suunnittelu.
- Toimintatavat standardoitua ja automaattista raportointia varten.
- Paranneltu luotettavuus, vian sietokyky ja paremmin yhteen toimivat komentosilta- sekä navigointijärjestelmät.
- Tietojen yhtenäistäminen, jotta kommunikointivälineillä saatu tieto olisi helposti saatavissa.
- Paranneltu kommunikointi alusliikennepalvelun (VTS) kanssa.

Ratkaisut 2, 4 ja 5 on tarkoitettu parantamaan kommunikointia laivan ja maahenkilöstön välillä. Näillä samoilla ratkaisuilla on myös suuri vaikutus polttoaineenkulutukseen sekä kasvihuonekaasupäästöihin koska kaikki viivästykset mitkä saadaan vähennettyä oikean reittisuunnitelman avulla vähentävät kulutusta.

10.2 E-navigoinnin vaikutus päästöihin

IMO ja kansainvälinen majakkaliitto (IALA) toivovat, että E-navigoinnin avulla voidaan vähentää alusten hiili-, rikki- ja typpipäästöjä. Tämä voidaan saavuttaa tehokkaammalla reittisuunnitelmalla, jolloin vähennetään kuljettua matkaa. E-navigoinnin tuoma suurin muutos on, että komentosillalla vahdissa oleva perämies ja maissa reittisuunnitelmaa tekevä henkilöstö voivat olla paremmin kontaktissa toisiinsa. Tässä on kuitenkin vielä useita laillisia näkökulmia selvitettävänä, etenkin kuka on vastuussa

tilanteessa, joissa maista tehdyllä reittisuunnitelman muutoksella aiheutuu törmäysvaara. E-navigoinnin alueita joiden avulla voidaan saavuttaa polttoainesäästöjä:

- **Matkan suorituskyvyn arviointi:** Tällä voidaan mitata laivan nopeutta, akselitehoa ja ulkoisia olosuhteita kuten tuulta ja aaltoja. Näiden avulla voidaan määrittää laivan suorituskyky ja huomata poikkeamat siinä. Nämä muutokset voivat olla niin positiivisia kuin negatiivisiakin ja niitä tulisi käyttää aluksen ympäristöystävällisempään toimintaan. Tämä systeemi voi pohjautua tietoihin jotka on kerätty osana e-navigointia.
- **ECDIS (Electronic Chart Display and Information System):** ECDIS:n avulla voidaan parantaa navigointitapoja vähemmän kasvihuonekaasuja tuottavaan suuntaan. Tähän voidaan liittää myös sääreititys ja siitä odotetaan tulevan hyödyllisempi työkalu kuin se on tänä päivänä
- **Autopilotin tarkkuus ja tehokkuus:** Uudet autopilotit kehittyvät paremmiksi ottamaan vallitsevat sääolosuhteet huomioon. Nämä laitteet sisältävät nykyään erilaisia toiminta-asetuksia kuten ”tarkkuus” ja ”taloudellisuus”. Taloudellisessa asetuksessa autopilotti vähentää ohjausliikkeiden määrää ja suuruutta peräsimen aiheuttaman vastuksen vähentämiseksi. Paikoissa joissa on tarkka mennä juuri tiettyä linjaa, valitaan tarkkuustila, jossa autopilotti pitää tarkasti valitun linjan turvallisen navigoinnin varmistamiseksi.
- **Ohjailua avustavat välineet:** Nykyisen tiedonvälityksen avulla on välttämättömien navigointivälineiden lisäksi tullut avustavia välineitä ohjailuun. Näissä integroiduissa systeemeissä on välineitä mikro- ja makrotason suunnitteluun ja valvontaan. Makrosuunnittelu pitää sisällään merimatkan välipisteiden suunnittelua matkan varrelle. Mikrosuunnittelulla voidaan suunnitella haastavia ohjailuja satamassa. Käyttämällä edistyneitä apuvälineitä ohjailussa voidaan vähentää tarvittavia ohjausliikkeitä ja tätä kautta säästää polttoainetta ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.
- **Integroitu navigointijärjestelmä:** Tämä teknologia tarjoaa todella tarkan GPS-sijainnin aluksella, tarkkuus voi olla jopa muutamia metrejä sekä tarjoaa tarkan suuntiman. Polttoainetta voidaan säästää vähentämällä reitiltä sivussa ajettua matkaa sekä vähentämällä tarvittuja korjausliikkeitä.

- **Koneistetut ohjailua avustavat työkalut:** Tämä ottaa huomioon vallitsevat olosuhteet kuten tuulen ja virran, laivan kunnon, nykyisen suuntiman, nopeuden, syvyyden ja aluksen trimmin. Järjestelmä pystyy sopeutumaan vallitseviin olosuhteisiin ja muokata ohjausliikkeet näihin sopiviksi polttoainenkulutuksen ja kasvihuonekaasujen vähentämiseksi.

Kuten huomataan, e-navigointi voi tarjota huomattavia uusia mahdollisuuksia navigoinnin optimoimiseksi turvallisuus -ja ympäristökysymykset huomioon ottaen.

10.3 ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)

Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (SOLAS) vaatii, että tulevaisuudessa paperiset kartat korvataan elektronisilla kartoilla, jotka on yhdistetty ECDIS laitteistoon. Paperikartat ovat sallittu ainoastaan varakarttoina tai pienissä alle 500GT laivoissa. Sähköisiä kartoja on kahdenlaisia. ”vektorikartta”, jonka mittakaavaa voidaan muuttaa sen tarkkuuden kärsimättä koska ne ovat puhtaasti digitaalisia. Toinen muoto on ”rasterikartta” jonka mittakaavaa ei voida muokata kartan tarkkuuden kärsimättä koska se on käytännössä kuva paperikartasta. ECDIS laitteessa näkyy kartan lisäksi vähintään, nopeus, veden syvyys ja aluksen sijainti. Useissa ECDIS laitteissa näkyy lisäksi myös tutka, ARPA ja AIS tiedot, joten ECDIS laitteessa voivat näkyä myös muut alukset, mutta tämä ei ole välttämätöntä. ECDIS laitetta ei kuitenkaan saa käyttää tutkan sijasta koska ECDIS ei ole hyväksytty siihen tarkoitukseen, joten sitä saa käyttää vain navigaation apuvälineenä. ECDIS näyttää aluksen suunnitellun reitin ja antaa varoituksia, jos reitiltä poiketaan liikaa. (Bhattacharjee, 2017)

10.4 ECDIS:n käyttäminen päästöjen vähentämiseksi

ECDIS:n suurin etu paperiseen paikanmääritykseen verrattuna on sen kyky seurata aluksen sijaintia reaaliajassa ja seurata sitä, että laiva seuraa optimaalista kurssia määränpäähän. Vanhalla tavalla tehtynä sijainti määritettiin 15minuutin- tunnin välein rannikkoisilla alueilla ja kerran vahdissa avomerellä. Tarvittavat korjaukset kurssiin tehtiin vain näinä aikoina. ECDIS voi olla kytkettynä autopilottiin jolloin tarvittavat korjaukset kurssiin voidaan tehdä heti jolloin kuljettu matka lähtöpisteen ja määränpään

välillä jää mahdollisimman pieneksi ja näin saadaan päästöjä vähennettyä. Näissä automaatin tekemissä kurssimuutoksissa on kuitenkin riskejä etenkin vilkkaasti liikennöidyillä alueilla, koska nämä laitteet eivät vielä ota muita laivoja ja merten liikennesääntöjä huomioon. ECDIS:n avulla on lisäksi helppo määrittää aluksen arvioitu saapumisaika määränpäähän koska siitä saa helposti aluksen sijainnin, jäljellä olevan matkan sekä vuoroveden ilman monimutkaisia laskuja.

10.5 Reittisuunnitelma

Reittisuunnitelma on tärkeää tehdä hyvin oikean reitin ja energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Reittisuunnittelun voi jakaa kolmeen eri vaiheeseen:

1. Arviointi: Koko aiotun matkan läpikäyminen päällikön ja perämiehien välillä jossa käydään läpi mahdolliset vaarapaikat ja lasketaan tarvittu syväys kokomatkalta.
2. Suunnittelu: Kun arviointi on käyty läpi, tehdään suunnitelma koko matkalle satamasta satamaan, sisältäen myös kaikki kohdat joissa luotsi on kyydissä. Suunnitelman tulee sisältää kaikki merkittävät tiedot, jotka on listattu IMO:n ohjeissa. Kaikkiin tarvittaviin karttoihin tulee merkitä kaikki vaaranpaikat sekä suunniteltu reitti.
3. Toimeenpano: Toimeenpanovaiheessa päällikkö tekee suunnitelmiin muutoksia tarvittaessa. Huomioiden muuttuvat sääolosuhteet ja muut seikat jonka takia suunnitelmaa mahdollisesti joudutaan vaihtamaan.
4. Seuranta: Seuranta on jatkuvaa toimintaa, jossa seurataan, että alus kulkee suunniteltua reittiä. Tilanteissa jossa vahtiperämiehellä tulee epäily laivan sijainnin suhteen hänen tulisi konsultoida kapteenia.

Suunnitelmassa tulee huomioida, että IMO:n ohjeet ovat aluksen turvallisuuden tärkeitä. Jotta energiatehokkuus saadaan mukaan suunnitelmaan, tulee siihen ottaa mukaan muitakin näkökulmia kuten Välttää matalia vesiä sekä merivirtoja yms. Sekä yhdistää nämä sääreititykseen. Tästä syystä polttoaineen säästämisen tulisi sisältyä matkasuunnitelmaan ja ottaa huomioon arviointivaiheessa.

10.6 Toimiminen ruuhkaisilla reiteillä

Kun toimitaan alueilla, joissa on paljon liikennettä voi olla tarpeellista poiketa suunnitellusta reitistä törmäyksien välttämiseksi. Lisäksi voi olla tarvetta nopeuden vähentämiseen, pysähtymiseen tai peruuttamiseen. Kaikissa tällaisissa tilanteissa törmäyksen välttäminen on tärkeämpää kuin CO₂-päästöjen vähentäminen. Lisäksi huonossa näkyvyydessä voi olla tarvetta vähentää nopeutta joka voi johtaa polttoaineen kulutuksen kasvuun. Kelit joissa on huono näkyvyys voivat kestää useita päiviä. Tästä herää kysymys voidaanko kyseisen kaltaisia polttoaineenkulutusta kasvattavia tilanteita välttää?

10.7 Matalat vedet ja kapeat kanavat

Matalassa vedessä sekä kitkavastus että aaltovastus kasvavat, syyt tähän ovat:

- Veden virtausnopeus aluksen alla kasvaa samoin kuin aluksen märkápinta-ala. Molemmat näistä kasvattavat aluksen kitkavastusta matalissa vesissä.
- Aallot jotka syntyvät samalla nopeudella matalissa vesissä kuluttavat enemmän aluksen energiaa kuin aallot jotka syntyvät veden ollessa syvempää.

Speed [kn]	Water depth [m]	Fuel consumption increase [%]
10	8	5
10	10	3
10	100	0
17	8	20
17	15	10
17	100	0
20	8	30
20	15	20
20	100	0

Kuva 7. Polttoaineenkulutuksen kasvu (%) nopeuden X (knot) ja veden syvyyden D (m) muuttuessa (ENIRAM, 2012)

Ylläolevien johdosta matalalla vedellä voi olla huomattavat vaikutukset aluksen vastukseen. Matalassa vedessä alukset joilla on iso syväys voivat kokea pohjaimuilmion (pohjaimu on ilmiö jossa nopeasti kulkeva alus aiheuttaa alapuolella olevaan veteen alipaineen ja se imee alusta syvemmälle) tästä johtuen alus voi saada pohjakosketuksen. Pohjaimun merkkejä on aluksen vähentynyt ohjattavuus sekä mutainen vesi aluksen perässä. Pohjaimu kasvattaa huomattavasti polttoaineenkulutusta ja se on mahdollista välttää vähentämällä nopeutta matalissa vesissä, jos se on mahdollista. Aina nopeuden alentaminen ei kuitenkaan ole mahdollista esimerkiksi, jos aluksen on päästävä satamaan vuoroveden aikana syvyyksen johdosta. Tulevaisuudessa parantuneen satelliittijärjestelmän, lisääntyneen vuorovesien tiedon ja ECDIS:n käytön lisääntymisen avulla edellä mainitut ongelmat on mahdollista ratkaista. Laivan operoidessa alueilla joissa satamaan pääsy tai kanavan ohittaminen on vuorovesistä riippuvaista, varustajan voi olla tarpeellista etsiä polttoaineen säästöjä muista kohteista.

11 SÄÄREITITYS

11.1 Sään vaikutus polttoaineenkulutukseen

Laivan polttoaineenkulutus ei ole pelkästään nopeudesta riippuvaista vaan myös veden syvyys sekä sääolosuhteet vaikuttavat siihen. Matalien vesien vaikutuksesta polttoaineenkulutukseen puhuttiin jo edellisessä kappaleessa.

Aalloilla voi olla huomattava vaikutus reitin valintaan. Jotta aallot voitaisiin ottaa huomioon tulisi tietää niiden korkeus sekä suunta nykyiseen sijaintiin nähden. Kyseiset tiedot voivat mahdollistaa reitin ja tehon valinnan aikaa säästäviksi. Kuitenkin kyseiset tiedot voivat vaihtua ajan kuluessa sekä niitä ei välttämättä tiedetä etukäteen.

Useimmilla merialueilla on säännölliset virtaukset joita välttämällä laivat voivat saavuttaa nopeamman etenemisen. Merivirtaukset eivät ole pysyviä vaan vaihtuvat ajansaotossa. Tästä johtuen luotettavan ja ajantasaisen tiedon saaminen merivirroista laivan sijainnissa voi olla hankalaa. Satelliittien avulla voidaan toimittaa paikkansapitävää tietoa merivirroista, jotta aluksen reitti voidaan suunnitella paremmin. Suurin kysymys on kuitenkin se, että ovatko markkinat tarpeeksi isot kyseisten palveluiden kehityksen kannalta.

Ylläolevaan perustuen lavan nopeus ja reitti kannattaa suunnitella kaupallisten ja sopimuksellisten näkökulmien lisäksi myös merivirtaukset, veden syvyys sekä tuuli huomioon ottaen. Aluksen nopeus reitin aikana voidaan laskea, jos on saatavilla sääennusteet. Sääreititystä tarjoavat palvelut perustuvat kyseisiin ennusteisiin ja laivan ominaisuuksiin. Sääreitityksen avulla voidaan saavuttaa polttoainesäästöjä merimatkoihin kuluvaan aikaan vähentämällä, vaikka valittu reitti olisikin pidempi. Sääreitityksen avulla saavutettujen säästöjen on laskettu olevan kahdesta neljään prosenttia, mutta joissain tapauksissa on saavutettu jopa 10% säästöt (Ocean Weather Services). Jotkin sääreitityspalvelut tarjoavat lisäksi tarkkaa tietoa merivirroista sekä vuorovesiennusteista joita voidaan käyttää rannikkoisilla alueilla.

11.2 Sääreitityksen käyttäminen

Laiva joka kulkee merialueilla, joissa on usein huonoa keliä, laivan omistaja voi haluta käyttää sääreitityspalveluita mahdollisten vahinkojen välttämiseksi niin laivalle kuin lastillekin. Esimerkiksi nopeat ja kapearunkoiset alukset kärsivät usein jyskinästä, kun tuuli on edestä. Liiallinen jyskintä voi aiheuttaa vaurioita aluksen keulaan jolloin omistajan voi olla hyvä miettiä nopeuden pudottamista polttoaineenkulutuksen sekä kalliiden telakointien vähentämiseksi. Nämä nopeat alukset ovat usein konttilaivoja tai LNG-aluksia jotka ovat tarkkaan aikataulutettuja ja nopeuden alentaminen sääolosuhteiden takia voi aiheuttaa ongelmia laivaston hallintaan. Sääreitityspalvelut voivat ohjata alukset pois alueilta joissa kyseisenkaltaiset sääolosuhteet ovat todennäköisiä. Todella huonossa kelissä kuten trooppisessa pyörremyrskyssä ja hurrikaanissa voi olla tarpeellista tehdä huomattavia muutoksia reittisuunnitelmaan ja kiertää paljon aiottua pidempi reitti. Sääreitityspalvelut saattavat ohjeistaa aluksia pysymään satamassa tai hakeutumaan ankkuriin polttoaineen säästämiseksi, kun keli aiotulla reitillä on huono.

11.3 Sääreitityspalvelut

Sääreitityspalvelut voivat auttaa aluksen reitin optimoimisessa vallitsevat sääolosuhteet huomioon ottaen. Näitä palveluita käytetään pääasiassa huonon kelin välttämiseen sekä turvallisuusnäkökulmien takia, mutta sitä voidaan myös käyttää matka-aikojen

lyhentämiseen ja polttoaineenkulutuksen vähentämiseen. Säätämistä voidaan suorittaa seuraavilla tavoilla:

- Laivan omat virtaus- ja tuulikartat
- Säätämishjelma jota ylläpidetään maista, mutta aluksen päällikkö tekee reittivalinnat itse tämän tiedon pohjalta.
- Maissa toimiva säätämisyksikkö jossa säätämispalvelun tuottaja antaa päällikölle ohjeita reitin valinnasta säännöllisin väliajoin.

Jos omistaja tai joissain tapauksissa rahtaja käyttää ulkopuolista säätämispalvelua, he joutuvat päättämään millaisella reitillä haluaa aluksen kulkevan. Mahdollisia tarjottuja reittivalintoja voi olla esimerkiksi:

- Nopein reitti
- Reitti pienimmällä polttoaineenkulutuksella
- Reitti pienimmällä mahdollisuudella vahinkoon (lastin turvallisuus, matkustajien mukavuus yms.)
- Näiden reittien yhdistelmä.

Omistajan valitsema reitti riippuu monesta eri asiasta kuten rahdin ja aluksen tyypistä, toiminta-alueesta ja sopimustilanteesta. Esimerkiksi jos alus kuljettaa arvokasta lastia joka voi todennäköisesti vahingoittua kovasta rullauksesta voidaan valita reitti joka ottaa enemmän aikaa ja kuluttaa enemmän polttoainetta. Jos satamaan ei ole kiire sataman ruuhkaisuuden vuoksi voidaan valita vähiten polttoainetta kuluttava reitti. Jos ei ole edellä mainitun kaltaisia rajoituksia omistaja voi valita nopeimman reitin.

11.4 Säätämiseen käytettävät tiedot

Säätämistä tarjoavilla yrityksillä on koko ajan isompi rooli laivojen matkasuunnittelussa sekä reittivalinnassa. He käyttävät palveluidensa tuottamiseen säännusteita sekä aluksen simulaatiota joka on tehty aluksen teknisten tietojen sekä kapteenin kokemuksen perusteella. Palveluntarjoajat tarvitsevat aluksesta seuraavat tiedot. (oceanweatherservices):

- Aluksentyypin.
- Aluksen mitat
- Aluksen lastimerkin sekä painolastisyvyyden
- Aluksen syvyyden kyseisellä matkalla.

- Kansilastin määrän.
- Matkanopeuden.
- Suurimman nopeuden.

Sääreititystä tarjoavat yritykset käyttävät edistyneitä mallinnustyökaluja säärintamien liikkeiden ennustamiseen sekä kuinka se vaikuttaa laivaan tietyllä kurssilla ja nopeudella. Tämän avulla voidaan laskea optimaalinen reitti laivalle, mutta on kuitenkin huomioitava, että ennuste riippuu mittaustulosten tarkkuudesta sekä, että säärintamat käyttäytyvät kuten ne ovat ennenkin käyttäytyneet. Nämä palvelut kehittyvät koko ajan paremmiksi ja tarkemmiksi, mutta koska sää on niin monimutkainen asia niin virheet ennusteessa ovat mahdollisia.

12 KONEIDEN JA LAITTEIDEN KUORMA JA KÄYTÖN HALLINTA

12.1 Johdanto

Laiva on kuin pieni kaupunki ja siellä tapahtuu monia erilaisia toimintoja, kuten:

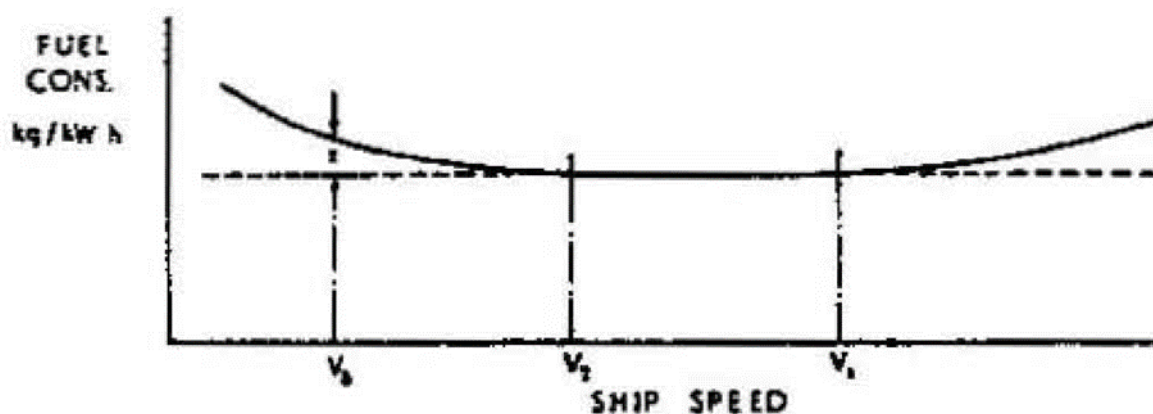
- Lastaus
- Purkaminen
- Painolastin hallinta
- Inerttikaasun tuotanto sekä käyttö tankkereilla
- Bunkraus
- Ohjailu
- Normaalit matkatoiminnot
- Odotus ja ankkurointi
- Makeanveden tuotanto
- Sähköntuotanto
- Höyryntuotanto
- Ilmastointi
- Jätevedenkäsittely

- Yms.

Edellisen listan toiminnot vaihtelevat laivatyyppistä toiseen. Lisäksi ne saattavat olla erilaisia liikennealueesta sekä satamista riippuen. Jotta polttoainetehokkuutta saadaan parannettua, monien toimintojen toimintaa tulee tarkastella ja laivan koneita tulee käyttää ohjeiden mukaisesti. Edellä olevien asioiden suunnittelu vaatii hyvää kommunikointia kone- ja kansiosastojen välillä. Tässä osiossa käydään läpi laivan toimintojen suunnittelua, koneen kuorman hallintaa, sähkön käytön vähentämistä, ja kattiloiden käytön minimoimista. Vaikka suurin osa säästöistä tulee jo laitteiston suunnitteluvaiheessa, myös käytöllä on suuri vaikutus säästöihin.

12.2 Moottorin kuorman hallinta

Laivan polttoainenkulutus on riippuvainen tuotetusta tehosta. Hyötysuhde lasketaan yleensä polttoaineen kulutuksen suhteena tuotettuun tehoon kg/kWh. Hyvällä hyötysuhteella varustetulla koneella tämä on noin 0,180 kg/kWh. Moottorin polttoainenkulutus seuraa oheisen kuvan käyrää.



Kuva 8. laivan polttoainenkulutus nopeuden muuttuessa (IMO TTT, 2015)

Pisteiden V1 ja V2 välissä polttoainenkulutusta (SFC) voidaan pitää käytännöllisistä syistä vakiona, ja jos laivan nopeus vaihtelee vain näiden pisteiden välillä. Niin silloin: Polttoainenkulutus/aika yksikkö \propto tuotettu teho

Tuotettuteho tiedetään akseli tehona (SP)

Silloin, $SFC \propto SP$

Ja koska $SP \propto \Delta^{2/3} V^3$, missä Δ on aluksen uppouma tonneina ja V aluksen nopeus.

Silloin $SFC \propto \Delta^{2/3} V^3$

Tai, Polttoaineenkulutus /päivä = $\Delta^{2/3} V^3$ / (Polttoainekerroin)

Pidetään polttoainekerroin ja uppouma vakioina ja verrataan polttoaineenkulutusta eri nopeuksilla:

Silloin, polttoaineenkulutus/aika yksikkö \propto nopeus³

Tämän vuoksi: $kulutus_1 / kulutus_2 = (V_1 / V_2)^3$

Otetaan esimerkiksi laiva joka kuluttaa 20tonnia polttoainetta päivässä 13 solmun nopeudella. Jos uppouma pidetään vakiona ja vähennetään nopeutta 11 solmuun silloin, Uusi polttoaineenkulutus = $20 \times (11/13)^3 = 12,11$ tonnia

Tästä voimme nähdä, että pudottamalla nopeutta kahdella solmulla säästää huomattavan määrän polttoainetta.

Samalla tavalla voidaan laskea koko matkan kulutukset eri nopeuksilla pitämällä uppoumat samoina kyseisellä laivalla.

jos D on matkan pituus nopeudella V, niin silloin:

päivien määrä $\propto D/V$

mutta päivittäinen kulutus $\propto V^3$

silloin, koko matkan kulutus $\propto V^3 \times D/V$ tai $\propto V^2 D$

Toisin sanoen: $matkakulutus_1 / matkakulutus_2 = (V_1 / V_2)^2 \times (D_1 / D_2)$

Tämän vuoksi minkä tahansa matkan kulutus vaihtuu nopeuden muutoksen neliön mukaan.

Esimerkiksi jos ajatellaan alusta, jonka kulutus on 125 tonnia matkan aikana. Nopeus tällä matkalla oli 16 solmua. Lasketaan nopeutta 15 solmuun ja pidetään uppouma, sääolosuhteet yms. Vakioina, niin voimme laskea uuden kulutuksen kyseiselle matkalle.

Uusi kulutus = $125(15/16)^2 = 110$ tonnia

Polttoaineen säästö on siis $125 - 110 = 15$ tonnia

Yleisesti matkan polttoaineenkulutus voidaan ilmaista seuraavasti:

$(\text{uusi pa. kulutus} / \text{vanha pa. kulutus}) = (\text{uusi uppouma} / \text{vanha uppouma})^{2/3} \times (\text{uusi nopeus} / \text{vanha nopeus})^2 \times (\text{uusi matkan pituus} / \text{vanha matkan pituus})$

V1 ja V2 nopeuksien ulkopuolella polttoaineenkulutus on huomattavasti isompi ja saavutettu nopeuden lisäys on lähestulkoon olematon.

12.2.1 Apukoneiden kuormanhallinta

Apukoneiden kuormanhallinta on tehokas tapa niiden polttoaineenkulutuksen sekä huoltokustannusten minimointiin. Monella laivalla on kaksi tai useampi apukone, joista jokainen on yhdistetty generaattoriin ja näiden yhdistelmää kutsutaan usein diesel-generaattoriksi (DG). Blackoutin välttämiseksi kahta näistä koneista ajetaan yleensä alle 50% kuormalla. Näitä tilanteita joissa toimitaan edellisellä tavalla ovat ainakin, lastin pumppaaminen, tankin pesu, valmiudessa oloaika, liikkuminen rajoitetulla alueella ja painolastin vaihdon aikana. Seurauksena tästä on, huono energiatehokkuus, huono männänrenkaiden tiiveys, turbo toimii pienellä kuormalla, korkea polttoaineenkulutus, lisääntynyt lämpörasitus ja voiteluaineen kulutuksen kasvu. Lyhyesti se johtaa kasvaneisiin polttoaine- ja huoltokuluihin.

12.3 Sähkökuorman vähentäminen

Sähkökuorman vähentäminen on laivoilla usein mahdollista kasvattamalla tietoisuutta ja käyttämällä laitteistoja kuten niitä on tarkoitettu. Nämä voidaan saavuttaa helpommin, jos jokaiseen tilanteeseen on toimintasuunnitelmat. Esimerkkejä toimista joita voidaan tehdä:

- Välttää ylimääräistä sähkönkulutusta sammuttamalla laitteet, kun niitä ei käytetä. Kaikki tarpeettomat laitteet joita ei tarvita aluksen turvallisuuden kannalta tulisi sammuttaa, generaattoreiden kuorman pienentämiseksi.
- Välttää generaattoreiden rinnakkain toimintaa, jos se ei ole tarpeellista.
- Lämmityksen ja ilmastoinnin asianmukainen käyttö. Näitä pitäisi muuttaa sääolosuhteisiin sopiviksi joko automaattisesti tai manuaalisesti. (tärkeämpi ris-teilijöillä)
- Kommunikointi kone- ja kansiosastojen välillä sähköntuotannon sovittamiseksi tilanteeseen sopivaksi, kun käytetään pilssi ja palopumppuja, vinssejä ja kiinnitys välineitä, nostureita sekä paineilmaa jne.

12.4 Laitteiden käytön vähentäminen huolellisella suunnittelulla.

Laivalla on huomattava määrä kahdennettuja järjestelmiä, tämän avulla laivaa voidaan operoida, vaikka toinen näistä järjestelmistä vikaantuisi. Käytännössä monia kahdennettuja järjestelmiä käytetään samanaikaisesti, vaikka se ei olisi tarpeellista. Tällaisia laitteita on etenkin monet pumput ja puhaltimet, näiden laitteiden käytön vähentäminen parantaa energiatehokkuutta.

Laitteiden turhaa käyttöä voidaan vähentää huolellisella suunnittelemisella. Esimerkiksi kun alus on satamassa, voidaan konehuoneesta sammuttaa yksi tai kaksi puhallinta koska pääkone ei ole enää käytössä. Tai kun kiinnitäytyminen laituriin on tehty, voidaan siihen käytetyt pumput ja laitteet sammuttaa, kun niitä ei enää tarvita.

12.5 Pumput, puhaltimet, kompressorit yms.

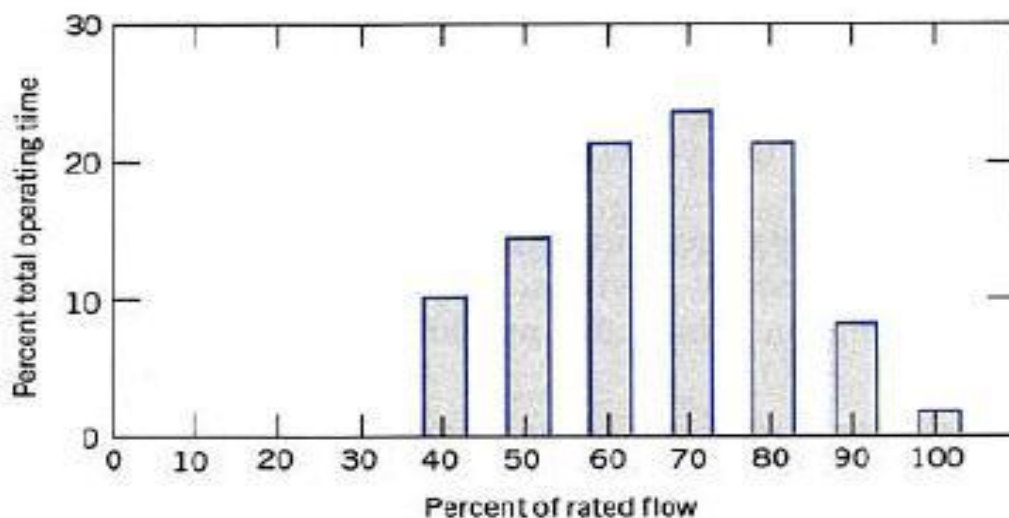
Laivassa on useita laitteita joiden energian kulutuksesta puhutaan harvoin, näitä ovat esimerkiksi pumput, puhaltimet, kompressorit jne. Tässä kappaleessa käydään lyhyesti läpi keinoja, joilla näiden laitteiden kulutusta voidaan pienentää.

Koon valinta: Laitteiden koko tulee valita oikein, jotta se toimisi valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kun laite on valittu väärän kokoiseksi se:

- On käynnissä koko ajan vastatakseen tarpeeseen
- Käy vain hetken aikaa, kun se toimii automaattilla. Esimerkiksi liian suuri kompressori täyttää paineilmapullon lyhyemmässä ajassa kuin oikean kokoinen kompressori.

Toimintaprofiili: toimintaprofiili kuvaa laitteen kuormaa tietyllä ajanjaksolla. Jatkuvasti toiminnassa oleva laite tietyllä kuormalla kuvaa vakaata toimintaprofiilia.

Laitteet vaihtelevalla kuormalla kuvaavat vaihtelevaa toimintaprofiilia.

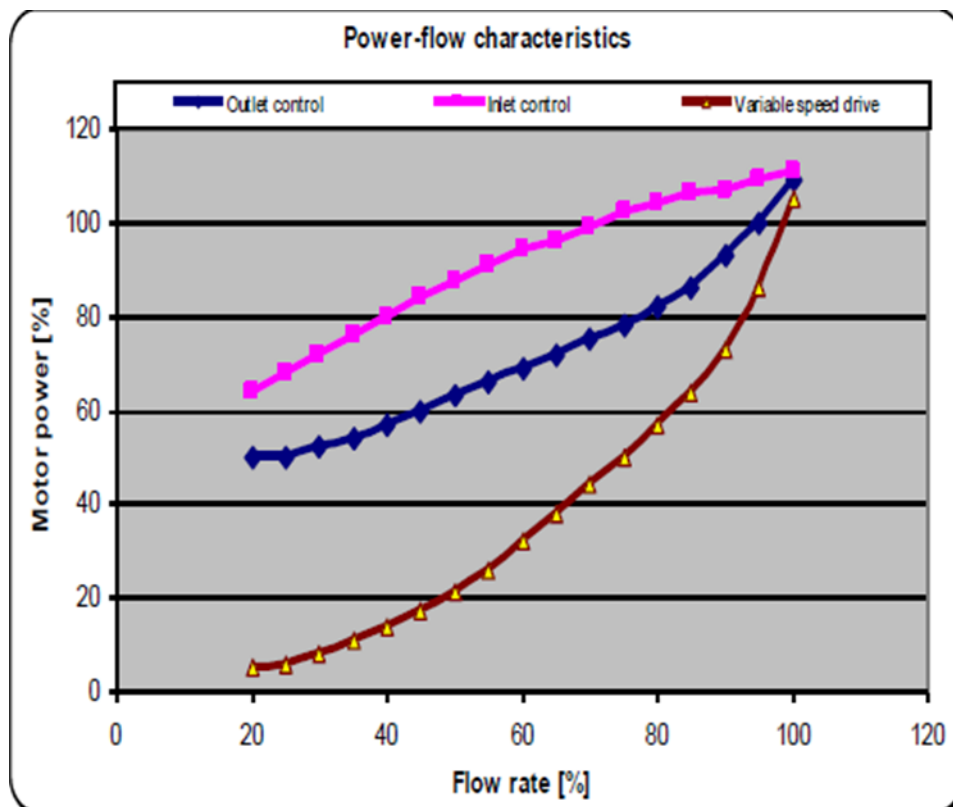


Kuva 9. Pumpun tyypillinen toiminta profiili (shipsbusiness, 2015)

Kuormaa ja toimintaprofiilia seuraamalla voidaan valita kuinka laitetta tulisi käyttää.

Laitteen kuormaa voidaan säätää kahdella tavalla:

- Venttiileitä säätämällä. Tämä on perinteinen tapa säätää, mutta se on tehoton energian säästämisen kannalta.
- Taajuusmuuttajalla voidaan säätää energiatehokkaasti laitetta toimimaan pienemmällä kuormalla.



Kuva 10. Virtauksen säätämisen vaikutukset tehon tarpeeseen (shipsbusiness, 2015)

Toimintaprofiili usean laitteen kokoonpanossa voi tarjota hyödyllistä tietoa, kuinka kuormaa tulisi jakaa eri laitteiden kesken.

Perustuen yllä olevaan näiden laitteiden kannalta parhaita energian säästökohteita ovat:

- Likaantumisen vähentäminen: näissä laitteissa likaantuminen on yleinen energistehokkuutta vähentävä tekijä. Likaantumista voidaan vähentää oikeanlaisella huollolla.
- Usean laitteen toiminta: Yleisesti usean laitteen kokoonpanossa (esim. jäähdytyskompressorit), pienimmällä mahdollisella määrällä koneita saavutettu tulos on kaikista energiatehokkain.
- Tyhjäkäynnin vähentäminen: Laitteiden energiatehokkaan toiminnan lisäksi tulee vähentää aikaa, jolloin laite on käynnissä ilman kuormaa.
- Virtauksen säätäminen: Kuten aiemmin todettu virtausta säätämällä voidaan saavuttaa huomattavat säästöt:
- Säästöventtiilit: Pumpussa jonka virtausta ohjataan säästöventtiilillä, voidaan saada säästöjä:
- Vaihtamalla pumpun ohjaus vakiokierroksilta taajuusmuuttajakäytölle.
- Vaihtamalla säästöventtiili on-off kytkimen tilalle, etenkin jos järjestelmään voidaan lisätä jonkinlainen varastointi.
- Ylimääräinen virtaus: esimerkiksi pumpun liian suuret virtausmäärät johtavat energiahäviöihin. Tämän välttämiseksi:
 - Varmista että pumppu toimii järjestelmän vaatimusten mukaisesti.
 - Tarkista ja säädä ohjausasetukset.
 - Kulutuksen hallinta ja vähentäminen: Kulutusta voidaan vähentää esimerkiksi vuotoja paikkaamalla.

12.6 Sähkömoottorit

Sähkömoottorit pyörittävät suurinta osaa laivan apujärjestelmistä. Tämän lisäksi nykyään sähkömoottorit pyörittävät usein myös aluksen potkureita. Laivassa on useita järjestelmiä, joiden avulla laiva pysyy toimintakuntoisena. Näitä ovat esimerkiksi:

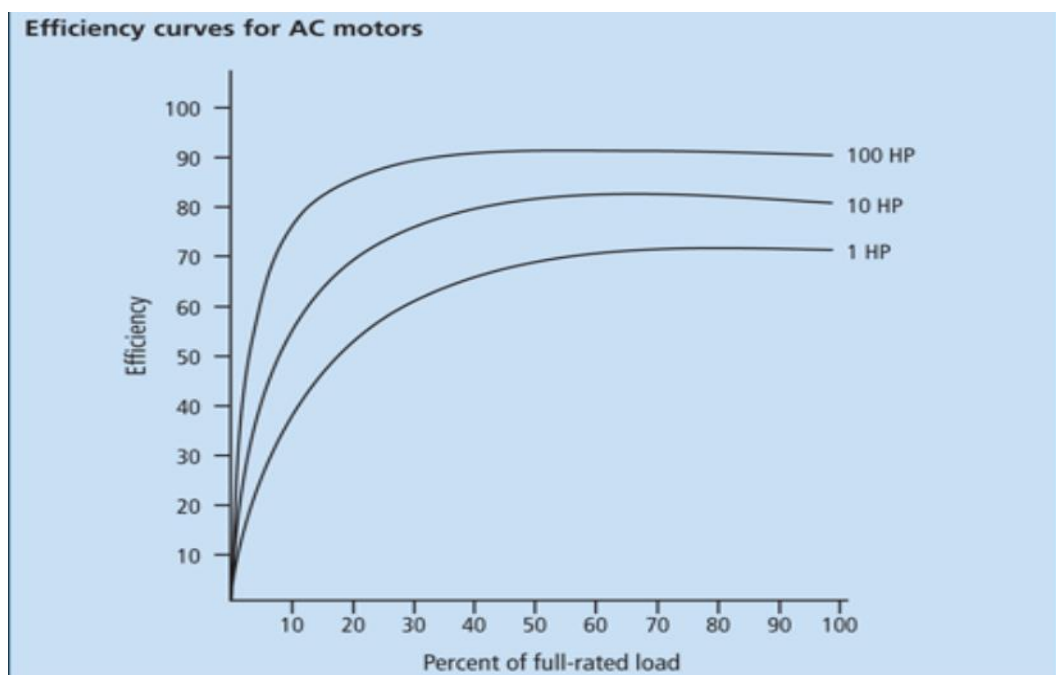
- Jäähdytysvesijärjestelmä

- Polttoainejärjestelmä
- Voiteluöljyjärjestelmä
- Paineilmajärjestelmä
- Ilmastointijärjestelmä
- Höyryjärjestelmä
- Makeanvedentuotanto
- Jätevesijärjestelmä
- Vaihteisto
- Yms.

Sähkömoottorit, käyttävät suurimman osan laivan sähköstä. Tästä syystä niiden tehokas toiminta on tärkeä osa laivan energiatehokkuutta.

Sähkömoottorin perusominaisuudet

Laivoilla käytetyt sähkömoottorit toimivat pääsääntöisesti vaihtosähköllä (AC). Sähkömoottorin hyötysuhde on noin 80-90% riippuen moottorin koosta, isommalla moottorilla tulee lämpöhäviöitä enemmän. Moottorin hyötysuhde on parhaimmillaan, kun se toimii nimellistehollansa. Tästä huolimatta hyötysuhde ei laske merkittävästi, jos teho pysyy yli 40% nimellistehosta. Mitä suurempi moottori sitä pienemmällä teholla se voi toimia hyötysuhteen kärsimättä huomattavasti.



Kuva 11. Tyypillinen sähkömoottorin toiminta (shipsbusiness, 2015)

13 POLTTOAINEENHALLINTA

13.1 Johdanto

Polttoaineenlaadulla on huomattava vaikutus koneiden ja kattiloiden toimintaan ja luotettavuuteen. Kun polttoainetta tilataan, tulee ottaa huomioon polttoaineen laatu sekä sen lämpöarvo ja sopivuus laivan koneille. Korkeamman tiheyden, vesimäärän sekä rikkipitoisuuden omaavilla polttoaineilla tiedetään olevan huonompi lämpöarvo, joka vastaa polttoaineen energiasisältöä. Lisäksi rikkipitoisista polttoaineista tulee SO_x-päästöjä, joita halutaan vähentää.

13.2 Polttoaineen laadun ja määrän varmistaminen.

Polttoaineita on usean laatuista ja jotta ne olisivat kansainvälisen laatustandardin sekä lainsäädännön mukaisia, meripolttoainetta sekoitetaan parempien laatuisten sekä muiden komponenttien kanssa. Käyttämällä parempilaatuisia polttoaineita voidaan parantaa koneiden hyötysuhdetta, turvallisuutta sekä vähentää niiden vikaantumista. Toisaalta taas, jotta polttoaine täyttäisi lainsäädännölliset, etenkin rikkivaatimukset sitä jalostetaan koko ajan enemmän sekä sekoitetaan muiden ainesosien kanssa. Tämä saattaa lisätä sen alumiini- ja silikonipitoisuutta tai muuttaa polttoaineen kemiallisia ominaisuuksia ajan saatossa. Tämä on herättänyt myös kysymyksen, kuinka se vaikuttaa polttoaineen syttyvyyteen ja palamisen puhtauteen sekä sen vakauteen ja yhteensopivuuteen toisten polttoaineiden kanssa.

Tästä syystä polttoaineista tulee ottaa näytteet, jotta seuraavat asiat voidaan varmistaa:

- Oikea varastointi sekä käsittelytoimenpiteet varastoinnin ja käytön välissä.
- Polttoaineen turvallisuus ja tehokkuus
- Yhteensopivuus ympäristölainsäädännön kanssa
- Maksimoida palamisominaisuudet
- Oikeat toimintatavat haitallisten ominaisuuksien välttämiseksi
- Vähentää kaupallisia, teknisiä sekä toiminallisia riskejä joita voi tulla, kun käytetään usean laatuista polttoainetta.

13.3 Polttoaineen varastointi ja siirto

On tärkeää huomioida, että eri eristä olevia polttoaineita ei kannata sekoittaa keskenään. Yhteensopimattomien polttoaineiden sekoittaminen voi tukkia koko polttoainejärjestelmän. Tämä auttaa myös tilanteissa joissa toimitettu polttoaine osoittautuu tutkimusten jälkeen huonolaatuiseksi, jos polttoaine-erät on sekoitettu keskenään, on koko tankillinen tämän jälkeen käyttökeltotonta.



Kuva 12. tukkeutunut polttoainelinja (shipsbusiness, 2015)

Jos polttoaineiden sekoittamista ei voida välttää tulisi ne sekoittaa vasta niiden yhteensopivuuden määrittämisen jälkeen. Idealisessa tilanteessa tämä tehdään laboratorio olosuhteissa, mutta se voidaan tarvittaessa suorittaa myös laivalla.

13.4 Polttoaineen määrän mittaaminen.

Normaalisti polttoaineen määrä mitataan ennen ja jälkeen bunkrauksen. Mittauksen suorittaa konepäällikkö tai hänen valtuuttamansa henkilö, polttoaineen oikean määrän varmistamiseksi. Mittaus sisältää:

- **Tankkien manuaalinen peilaus ennen bunkrausta ja sen jälkeen:** Kun mittaamalla saatu mittaustulos korjataan trimmin aiheuttamalla vaikutuksella, saadaan polttoaineen tilavuus tankeissa selville. Kun käytetään saatua tilavuutta, lämpötilaa ja polttoaineen toimittajan antamaa tiheyttä voidaan laskea polttoaineen määrä painon mukaan. Tässä laskutoimituksessa oletetaan, että toimittajan antama tiheys polttoaineelle on oikea ja siinä ei ole mukana ylimääräistä vettä.

- Massavirtausmittarin käyttäminen: riippuen käytössä olevasta teknologiasta, Coriolis massavirtamittareiden on huomattu olevan toimiva väline polttoaineen määrän mittaamiseen bunkrauksen aikana.

13.5 Polttoaineenkulutuksen mittaaminen sekä -raportointi.

Pääkoneiden, apukoneiden sekä kattiloiden polttoaineen kulutusta mitataan päivittäin ja niistä pidetään kirjanpitoa. Nämä mittaukset merkitään konepäiväkirjaan ja ne raportoidaan varustamolle kuukausiraporteissa tai matkaraporteissa. Polttoaineen kulutusta voidaan seurata seuraavilla tavoilla:

- Pääkoneille, apukoneille sekä kattiloille asennetuilla massavirtausmittareilla.
- Tankkien manuaalisella peilaamisella.

Energiatehokkuuden valvonnan kannalta kulutuksen mittaaminen kaikilla pääkuluttajilla on tärkeää. Tämä vaatii ymmärrystä polttoainejärjestelmästä, jotta massavirtausmittarit olisivat sijoitettu oikein sekä toimisivat järkevällä tarkkuudella. Lisäksi lämpötilaa tulee seurata mittalaitteen lähellä ja korjata mittarin virhettä lämpötilalla. Mittareiden luotettavan toiminnan kannalta on äärimmäisen tärkeää, että mittalaitteet tarkastetaan säännöllisin väliajoin.

14 POLTTOAINEEN KÄSITTELY – SELKEYTYYS JA PUHDISTUS

14.1 Selkeytystankit

Selkeytystankin tehtävä on erotella raskaat partikkelit ja vesi pois polttoaineesta luonnollisen selkiytymisen avulla. Tällä tavalla kyseiset partikkelit laskeutuvat tankin pohjalle. Parhaan toiminnan saavuttamiseksi:

- Selkeytystankin lämpötilan tulee olla HFO-polttoaineella 60 ja 70°C välissä, jotta polttoaineen tiheys ja viskositeetti laskevat tasolle jossa painovoimainen selkiytyminen on mahdollista.

- Kun polttoainetta lisätään selkeytystankkiin tulisi se tehdä pienissä määrissä, jotta tankin lämpötila ei laske liian alhaiseksi
- Veden ja kiintoaineksen poistaminen selkeytystankin pohjalta on tärkeää tehdä säännöllisin väliajoin. Säännöllinen pienien määrien poistaminen tankista on kaikista luotettavin tapa kiintoaineksen poistamiseksi.
- Jotkin selkiytystankit on varustettu ylä- ja alapoistoputkilla. Normaaleissa olosuhteissa alemman poistoputken käyttäminen on tarpeellista, jotta kertynyt kiintoaines saadaan poistettua sekä mahdolliset häiriöt huomataan ajoissa. Ylempää poistoputkea tulee käyttää vain tilanteissa, joissa tankissa on todella suuria määriä vettä seassa.

(Gard, 2014)

14.2 Polttoaineen puhdistus

Separaattorin päätarkoitus on poistaa vettä ja muita epäpuhtauksia polttoaineesta. Separaattorin toiminta perustuu keskipakoisvoimaan ja siihen tietoon, että eri tiheyden omaaviin aineisiin keskipakoisvoima vaikuttaa eri tavalla.



Kuva 13. Tyypillinen Separaattorilaitteisto (shipsbusiness, 2015)

Keskipakoiseseparaattorin toiminnan tehokkuus riippuu useista asioista kuten polttoaineen koostumuksesta (laadusta sekä epäpuhtauksien määrästä ja poishaluttujen partikkeleiden koosta), nesteen hydrodynaamisissa ominaisuuksista (homogenisaatiosta, turbulentsisuudesta sekä polttoaineen lämpötilasta), separaattorin puhtaudesta sekä yleisestä toimintakunnosta.

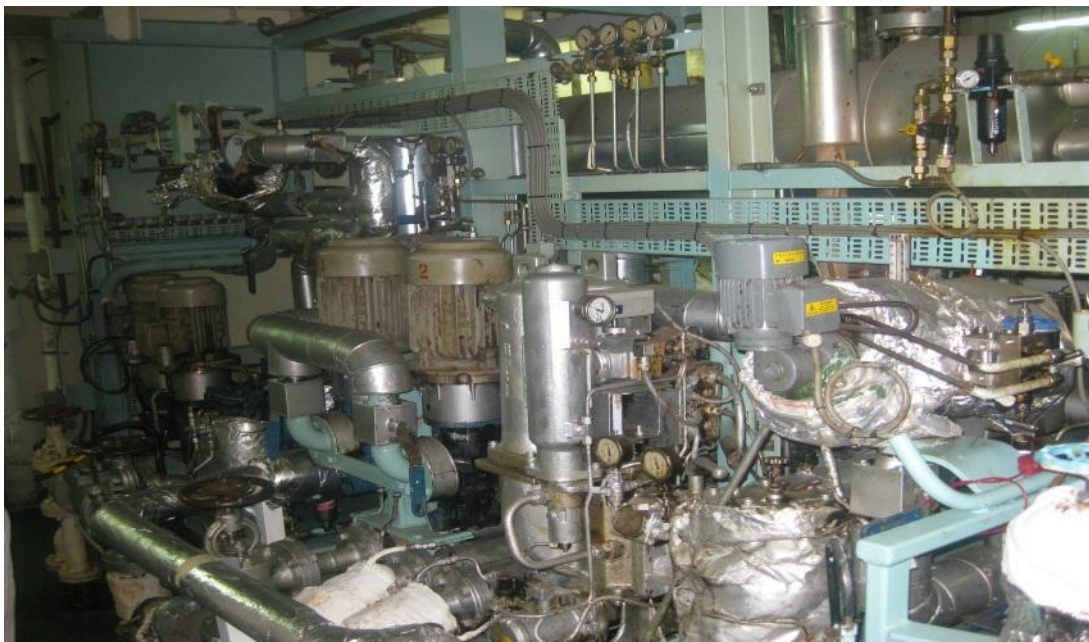
Jäteöljyksi luetaan aluksen normaaleissa toiminnoissa syntynyt öljy kuten poltto- ja voiteluaineen puhdistuksessa, suodattimista tuleva likainen öljy sekä vuotokaukaloihin valuva poltto- hydraulikka- sekä voiteluöljyt. Ylimääräinen polttoaineen määrä jäteöljyssä huonontaa aluksen polttoainetehokkuutta kasvattamalla polttoainenkulutusta. Tästä syystä aluksen jäteöljyn määrää on tarpeen seurata polttoaineen kulutuksen ohella, jotta mahdolliset virheet voidaan korjata.

14.3 Polttoaineen viskositeetin hallinta

Polttoaineen oikean viskositeetin saavuttamiseksi ruiskutuksessa joudutaan polttoainetta lämmittämään. Väärä ruiskutusviskositeetti johtaa huonoon pisaroitumiseen joka vaikuttaa polttoaineen palamisen laatuun.



Kuva 14. Polttoaineen lämmitin (shipsbusiness, 2015)



Kuva 15. Viskositeetin hallintalaitteisto (shipsbusiness, 2015)

Viskositeetin hallintalaitteet on parempi laittaa viskositeetin mukaan ohjautuviksi kuin lämpötilan säädön mukaan. Viskositeettimittarin toiminta tulee varmistaa joka kerta kun polttoainetta vaihdetaan korkean viskositeetin polttoaineesta matalan viskositeetin polttoaineeseen ja päinvastoin.

Koska merenkulussa on niin paljon erilaisia polttoaineita, on vaikea ennustaa polttoaineen palamista, vaikka polttoaine olisi samanlaista arvoiltaan kuin edellinen. Ja koska huonolaatuinen polttoaine voi johtaa huomattaviin vahinkoihin on tärkeää seurata palamista sylinterilämpötilojen avulla etenkin silloin kun uusi erä polttoainetta otetaan käyttöön. Jos arvoista näkyy viitteitä huonosta palamisesta, tulee moottorin säätöjä muuttaa paremman palamisen saavuttamiseksi.

14.4 Polttoaineen lisäaineet

Lisäaineet ovat kemiallisia yhdisteitä joiden on tarkoitus parantaa polttoaineen laatua ja tehokkuutta. Päästöjen vähentämiseen sekä polttoainetehokkuuden parantamiseen tähtäävillä lainsäädännöllisillä keinoilla on huomattava vaikutus polttoaineiden koostumukseen sekä koneiden suunnitteluun. Vähärikkisten polttoaineiden vaatimus on li-

sännyt huomattavasti polttoaineiden kehittelyä sekoittamalla ja rikinpoistotapoja kehittämällä. Näihin polttoaineisiin lisäaineita lisäämällä saadaan parannettua niiden säilyvyyttä.

Polttoaineiden toimittajat vakuuttavat tuovansa koko ajan muuttuville markkinoille joustavia ja edistyneitä keinoja luonnonsuojelun ja polttoaineen laatuongelmiin. Lisäaineet ovat olleet tärkeässä osassa jo vuosia meriliikenteen tehokkuuden parantamisessa.

Meripolttoaineissa lisäaineet tuovat suurimmat hyödyt parantamalla palamisen laatua sekä vähentämällä pienhiukkasten muodostumista. Samat lisäaineet vähentävät pakokaasujärjestelmän ja pakokaasukattilan likaantumista sekä tuottavat puhtaamman palamisen kokonaisuudessaan. Tämän takia voidaan sanoa, että lisäaineet ovat todistaneet toimintansa seuraavilla alueilla:

- Parantaa polttoaineen palamista sekä vähentää pienhiukkasia ja näkyvää savua.
- Vähentää tuhkan kertymistä pakokaasujärjestelmään ja näin ollen parantaa pakokaasujärjestelmän tehokkuutta, mukaan luettuna pakokaasukattila sekä vähentää nokipalon riskiä.
- Vähentää männän, suuttimien ja venttiilien likaantumista.
- Voitelee polttoainepumppuja etenkin vähärikkisiä polttoaineita käytettäessä.
- Pidentää moottorin huoltoväliä ja näin säästää aikaa ja rahaa.

(Bell Performance)

Markkinoilla on useita polttoaineen lisäaineita. Lisäainekemikaaleja tulisi käyttää varovaisesti ja huolellisen testauksen sekä moottorin valmistajan konsultoinnin jälkeen. Polttoaineen puhdistus tulee suorittaa myös valmistajan ohjeiden mukaisesti, jotta polttoaineesta saadaan ihanteellinen hyöty.

14.5 Polttoaineen hallinnan vaikutus energiatehokkuuteen

Energiatehokkuuden parantamiseksi on useita keinoja jotka liittyvät suoraan polttoaineen hallintaan. Näitä keinoja ovat:

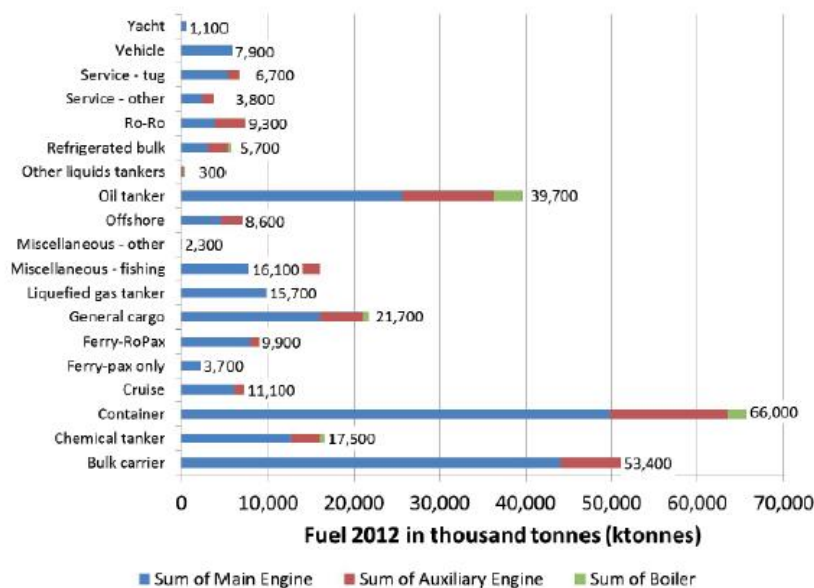
- Alusten tulisi kuljettaa mukanaan mahdollisimman vähän polttoainetta, koska ylimääräinen polttoaine lisää aluksen massaa ja näin ollen lisää polttoaineenkulutusta.
- Energiaa käytetään myös polttoaineen lämmittämiseen ja siirtoon. Polttoainetehokkuuden varmistamiseksi varastoinnissa ja siirrossa, tulisi varastoinnissa käyttää alinta lämpötilaa jossa polttoaine on pumpattavassa muodossa. Lisäksi polttoaineen saattolämmityksen tulisi olla päällä vain silloin kuin sille on tarvetta.
- Varmistaa että polttoainetankkien luukut ja lämmitysvastukset ovat tiiviit, jotta niistä ei pääse vettä polttoaineen sekaan.
- Varmistaa että tankkien pinnoite on hyvässä kunnossa, jotta tankin pinnasta ei pääse epäpuhtauksia polttoaineeseen.
- Selkiytystankkien lämpötilan tulisi olla tasolla jolla puhdistimien lämmönvaihtimet jaksavat lämmittää polttoaineen oikeaan käsittelylämpötilaan
- Kun päivätankki ei ole käytössä sitä ei tarvitse pitää korkeassa lämpötilassa
- Lämmittimien toiminta tulee testata ja lika lämmityselementeistä tulisi poistaa.
- Viskositeetin hallintalaitteiden toiminta tulee testata säännöllisesti.
- Polttoaineesta erottuneen kiintoaineen määrää tulee seurata, jotta voidaan varmistaa puhdistuslaitteiden oikea toiminta.
- Mahdollisimman tarkka polttoaineenkulutuksen valvonta mahdollistaa vikojen aikaisemman havaitsemisen ja niiden korjaamisen.

Vaikka kaikilla polttoaineenhallintaan liittyvillä tekijöillä on vaikutusta energiatehokkuuteen, suurin osa toimista laivalla tehdään moottoreiden ja kattiloiden suojaamiseksi vahingoilta. Tästä syystä samalla kun parannetaan laivan turvallisuutta, niin samalla parannetaan myös energiatehokkuutta.

15 KATTILAT JA HÖYRYJÄRJESTELMÄ

15.1 Johdanto.

Höyryjärjestelmällä on merkittävä vaikutus tiettyntyyppisten (kuten höyryllä toimiva LNG-laiva) alusten energiatehokkuuteen ja huomattava vaikutus myös tankkereissa joissa lastia tarvitsee lämmittää tai lastipumput ovat höyrykäyttöisiä.



Kuva 16. Polttoaineenkulutukset alustyypeittäin (IMO, 2014)

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että keskimäärin noin 7% käytetystä polttoaineesta kuluu kattiloissa. Höyrykäyttöisissä LNG-aluksissa taas yli 80% polttoaineesta kuluu höyryntuotantoon.

15.2 Yleiskatsaus laivan höyryjärjestelmästä.

Kaupallisilla aluksilla höyryjärjestelmä koostuu yleensä seuraavista laitteista.

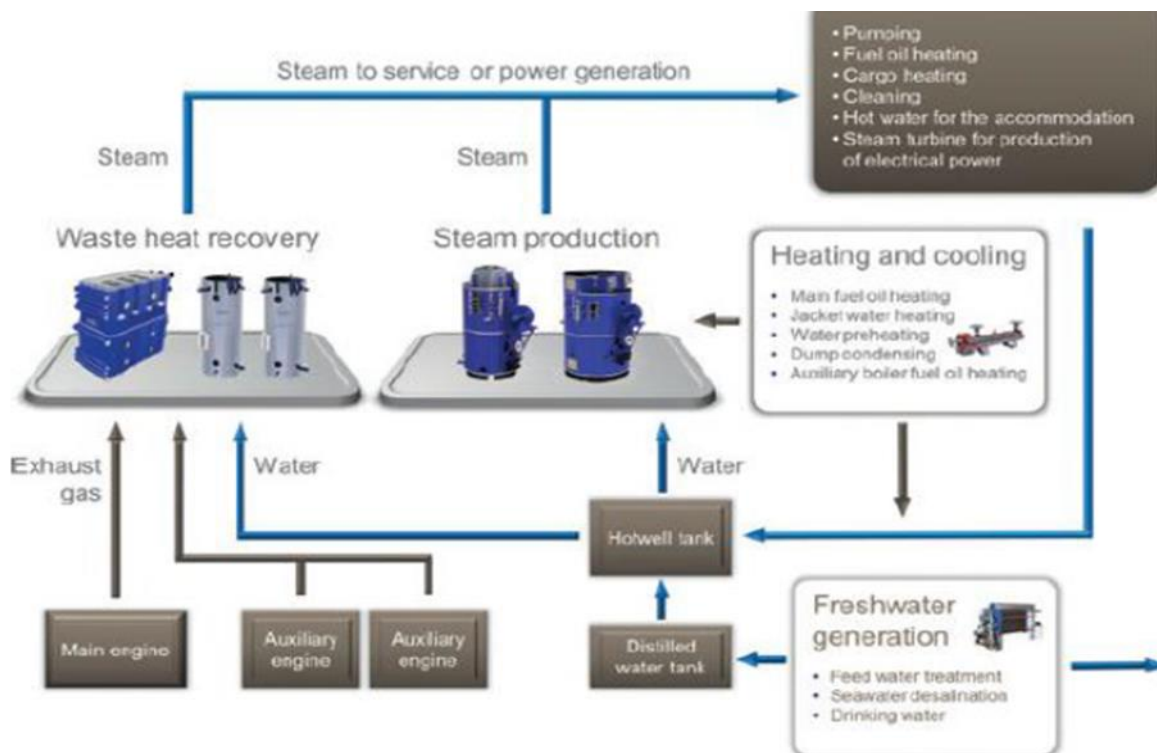
- Kattilat
- Pakokaasukattilat

Kuten pakokaasukattilan nimestä voi päätellä sen tarkoituksena on tuottaa höyryä laivan pää- sekä apukoneiden pakokaasusta eikä näin ollen käytä polttoainetta. Mitä enemmän kyseistä järjestelmää voidaan käyttää, niin kattiloiden käytön tarve pienenee

tästä syystä pakokaasukattilan huolto ja käyttö tulisi aina sisällyttää energiansäästö suunnitelmaan.

Energiätehokkuuden esittämiseksi, laivan höyryjärjestelmä jaetaan seuraaviin osiin:

- Kattilat: Tällä tuotetaan höyryä käyttämällä polttoainetta.
- Pakokaasukattila: Tällä tuotetaan höyryä hukkalämpöä hyödyntämällä.
- Höyrynjakelujärjestelmä: Tällä viitataan putkistoon ja siihen liittyviin laitteisiin joita tarvitaan höyryn kuljetukseen.
- Loppukäyttäjät: Tällä viitataan kaikkiin höyryä kuluttaviin järjestelmiin kuten höyryturbiineihin, makeanveden tuotantolaitteisiin, lämmittimiin, yms.



Kuva 17. Laivan höyryjärjestelmä (Machinery Spaces, 2010)

15.3 Kattilan energiatehokkuus

15.3.1 Pintojen likaantuminen.

Kattilan tarkoitus on tuottaa höyryä oikean lämpöisenä ja oikeassa paineessa niin energiatehokkaasti kuin mahdollista. Ihanteellisessa tilanteessa polttoaineen lämpöenergiasta saadaan välitettyä energiaa veteen useiden lämmityspintojen kautta. Tätä lämmönsiirtymistä vähentää:

- Putkien sekä lämmityspintojen likaantuminen kaasupuolella.
- Likaantuminen tai kattilakivi kattilaputkissa vesipuolella.

Nämä asiat heikentävät lämmön siirtymistä pakokaasuista veteen jolloin hukkalämmön määrä kasvaa. Tästä syystä pakokaasujen lämpötilan mittaaminen pakokaasukattilan jälkeen on hyödyllinen tieto kattilan likaantumisen tasosta. Kattilan huolto-ohjelman tulisi sisältää kattilan nokittamisen, kalkinpoiston, vedenlaadun ylläpidon, palamisen säätämisen (noen muodostumisen vähentämiseksi) ja niin edelleen.

Tätä varten, lämmönvaihtimien pinta-alojen kuntoa tulisi seurata. Kattilan nokittaminen täytyy tehdä säännöllisesti koska noki toimii eristeenä ja vähentää lämmönvaihtumista. Sama pätee myös kattilakiven muodostumiseen vesiputkissa.

15.3.2 Syöttövesisäiliön lämpötila sekä kattilan puhallus

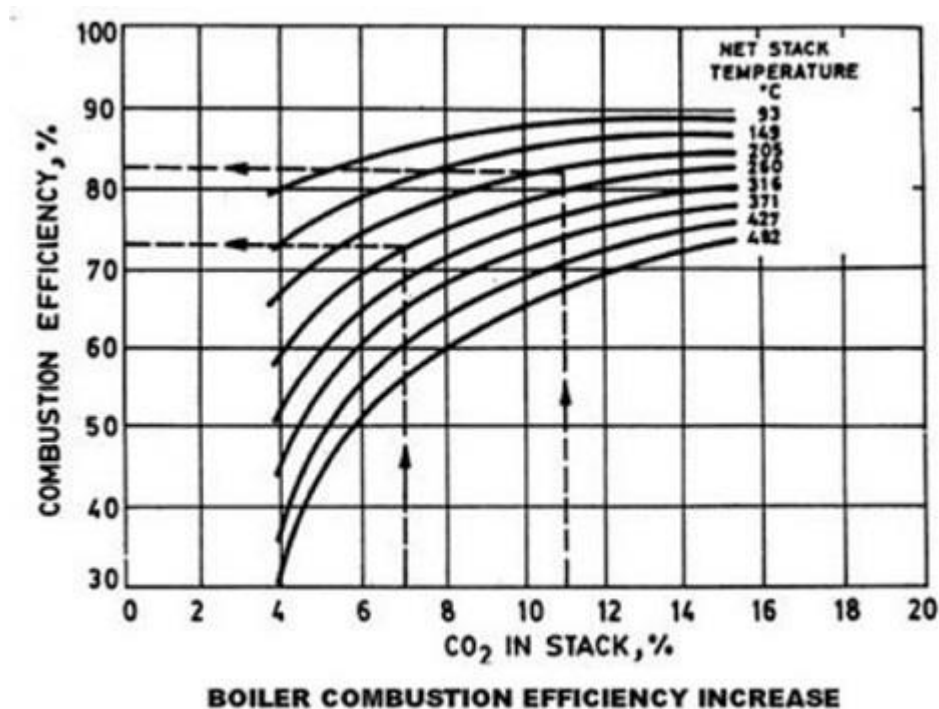
Syöttövesisäiliöön kerätään lauhteet järjestelmästä ja vedenlaadun seuranta tapahtuu tässä säiliössä. Syöttövesisäiliöstä vettä syötetään kattilaan ja sen lämpötila tulee olla sallituissa rajoissa, jotta kattila toimii mahdollisimman energiatehokkaasti. Jos vesi on liian kylmää (esim. alle 80-85 C) aiheuttaa lisää lämmityksen tarvetta kattilassa eli lisää polttoaineenkulutusta. Liian kuuma vesi aiheuttaa veden höyrystymistä syöttövesipumpun imupuolella (kavitaatio) sekä aiheuttaa höyrylukon pumppuun ja näin ollen imun menettämiseen. Lämpöeristyksellä syöttövesisäiliön lämpöhäviöitä voidaan pienentää. Lisäksi vedenpintaa tulisi seurata syöttövesisäiliössä ja havaita mahdolliset vuodot, jotta järjestelmään ei tarvitse lisätä vettä niin usein, joka aiheuttaa lisääntynyttä lämmityksen tarvetta.

Kattilan puhaltamisella saadaan järjestelmästä poistettua kiintoaineita, jotka ovat kertyneet kattilan pohjalle veden sekä kemikaalien epäpuhtauksien johdosta. Puhaltamisen tarvetta tulee seurata liunneen materiaalin mukaan sekä välttää puhaltamasta vettä pois kattilasta, koska se lisää tarvetta lisätä kylmää vettä järjestelmään.

15.3.3 Liiallinen palamisilma

Jotta polttoaineen palaminen olisi mahdollista kattilaan tarvitsee tuoda myös palamisilmaa. Ylimääräinen palamisilma lämpenee ja kuljettaa lämpöä hukkalämpönä ulos

korsteenista. Tästä syystä ylimääräinen palamisilma on energiahäviöitä ja sitä tulisi välttää.



Boiler efficiency as a function of CO₂ level in the exhaust gas

Kuva 18. Kattilan hyötysuhde, Pakokaasun CO₂-pitoisuuden suhteen (Machinery spaces, 2010)

Kattiloissa on normaalisti jonkin verran ylimääräistä palamisilmaa ja ilmansyöttö tulisi säätää tälle tasolle. Ylimääräinen ilma voidaan havaita korkeina O₂ pitoisuuksina tai alhaisina CO₂- pitoisuutena kattilan pakokaasuissa. Näitä kahta arvoa tulisi seurata osana kattilan valvontaa energiatehokkuuden parantamiseksi. Kattilan valmistajan ohjeissa annetaan halutut CO₂ ja O₂ arvot kattilan oikealle toiminnalle.

15.3.4 Pakokaasukattilan hyötysuhde.

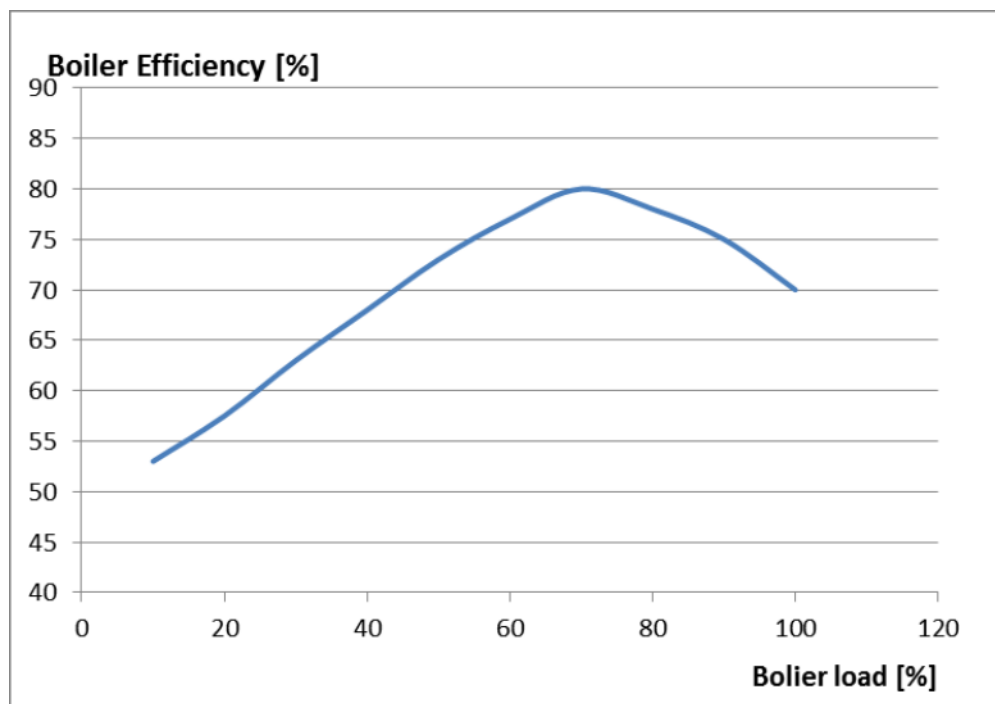
Pakokaasukattila on kuin suuri lämmönvaihdin joka hyödyntää pakokaasujen lämpöenergiaa ja siirtää sen veteen höyryn tuottamiseksi samoihin kohteisiin kuin kattila. Pakokaasukattilan tuottama höyry on useimmille aluksille riittävä ja niiden ei tarvitse käyttää kattilaa matkan aikana. Pakokaasukattilaan pätee samat energiatehokkuutta parantavat toimet kuin kattilassakin.

Pakokaasukattilan hyötysuhdetta voidaan parantaa vähentämällä nokitusväliä (kerran tai kaksi päivässä merimatkan aikana). Pakokaasujen lämpötilaa ja paineen alenemista seuraamalla voidaan saada selville pakokaasukattilan likaisuuden määrä. Pakokaasukattilan vesipesun tulisi sisältyä huolto ohjelmaan, jotta se suoritetaan tasaisin väliajoin. Pakokaasukattilan huolto ei lisää ainoastaan kattilan hyötysuhdetta vaan se myös vähentää kattilan kokonaishuoltokustannuksia sekä vähentää nokipalon riskiä. Joissakin tilanteissa polttoaineissa käytettävät lisäaineet voivat parantaa pakokaasukattilan puhtautta.

Laivaa suunniteltaessa tavoiteltavaa on maksimaalinen lämmön talteenottaminen. Pakokaasukattiloissa poistuvan pakokaasun lämpötilan on kuitenkin pysyttävä riittävän korkeana, jotta vältetään rikkikorroosiota. Yleisesti 165-195C lämpötilaa pidetään optimaalisena öljypolttoaineita käytettäessä.

15.4 Kattilan hyötysuhde ja -kuorma

Kattilan hyötysuhde on parhaimmillaan määritetyllä kuormalla ja hyötysuhde laskee kuorman muuttuessa tästä määrästä. Esimerkiksi kattilan hyötysuhde 70% kuormalla on 80% ja kun kuormaa lasketaan 30% hyötysuhde laskee jopa 63%: n.



Kuva 19. Kattilan hyötysuhde eri kuormilla (Machinery spaces, 2010)

Tästä syystä kattilan käyttäminen matalalla kuormalla on syytä välttää. Usean kattilan järjestelmissä jossa kattilat voivat syöttää samoja kuluttajia tulisi käyttää yhtä kattilaa täydellä kuormalla ennen toisen kattilan käyttöönottoa.

15.5 Höyryjakelujärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen

Höyryjakelujärjestelmän kunnossapidolla on suuri vaikutus höyryjärjestelmän energiatehokkuuteen. Huomioitavia asioita on esim.:

- Ohitusventtiilien kautta tulleet höyryn menetykset.
- Höyryhäviöt viallisesti toimivan höyrylukon kautta.
- Lämpömenetykset väärin tai huonosti eristetyn putkiston ja laitteiden kautta.

Höyryjärjestelmän kuntoa tulee seurata säännöllisin väliajoin, jotta saadaan selville mahdolliset huoltoon tarvitsevat kohteet. Tarkistuksiin tulisi sisältyä putkien, eristeiden, höyrylukkojen, ja höyryn tulo- sekä lähtöputket lämmönvaihtimilla. Säännöllisessä tarkistuksessa tulee kiinnittää huomiota ainakin seuraaviin asioihin:

Höyryvuodot: Höyryvuotojen tarkkailu tulisi sisällyttää päivittäisiin rutiineihin ja mahdolliset vuodot tulisi paikata heti kun ne on havaittu.

Eristeiden kunto: Kattilan ja höyrylinjojen, sisältäen myös lauhdeputket, tulisi olla kunnolla eristettyjä. Ajansaatossa eristeet kuluvat ja vahingoittuvat, tästä syystä eristeiden kuntoa olisi hyvä tarkkailla esimerkiksi lämpökameran avulla. Havaitut huonot eristeet tulisi vaihtaa ja näin saadaan aikaiseksi energiasäästöjä.

Höyrylukot: höyrylukkoja käytetään lauhteen poistamiseen, kun sitä muodostuu ja samalla estää höyryä poistumasta putkistosta. Höyrylukot jotka ovat jumittuneet auki päästävät höyryä karkaamaan järjestelmästä joka aiheuttaa lämpöhäviöitä.

15.6 Höyryn loppukäyttäjien energiatehokkuus

Höyryn loppukäyttäjät vaihtelevat alustyypeittäin. Esimerkkejä näistä ovat:

- Tankkereissa höyrykäyttöiset lastipumput
- Höyrykäyttöiset painolastipumput
- Lastin lämmitys
- Polttoaineenhallinta

- Makeanveden tuotanto
- Ilmastointi erityisesti risteilyaluksilla
- Höyryturbiini sähköntuotantoon

15.6.1 Lastilämmityksen suunnittelu ja -optimointi

Joissakin aluksissa rahti voi vaatia erillistä lämmittämistä kuten öljytuotteet, raakaöljy ja raskaat polttoaineet yms. Tästä lämmöstä osa voidaan tuottaa pakokaasukattilalla, mutta monesti höyryä tarvitsee tuottaa myös kattiloilla. Useimmilla aluksilla pakokaasukattilan tuottama höyry on riittävä käytettävän polttoaineen lämmittämiseksi, mutta satamassa joudutaan käyttämään kattiloita. Aluksilla joissa lasti vaatii lämmittämistä pitäisi tehdä huolellinen suunnitelma, kuinka lastia lämmitetään, jotta saadaan parannettua energiatehokkuutta. Suunnitelmassa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Aluksen tankkien kokoonpano
- Millainen lämmityslaitteisto aluksella on.
- Lämmittimien määrä ja pinta-ala.
- Lastin tiedot sisältäen jäähmepisteen, samepisteen, viskositeetin sekä vaha pitoisuuden
- Reitin sääennusteen sisältäen meriveden lämpötilat
- Arvioitu lämpöhäviön määrä
- Suositellun lauhteen paluu lämpötilan
- Arvioidun päivittäisen lämmityksen tarpeen

Useat arvot kuten ilman ja meren lämpötilat, sää, lastin lämpötila eri kerroksissa, höyrynpaine, lauhteen paluulämpötila, todellisen ja suunnitellun lastilämpötilan ero ovat asioista joista konttorihenkilökunnan sekä laivahenkilökunnan tulisi keskustella keskenään. Tämän keskustelun avulla voidaan arvioida lämmityssuunnitelmaa ja tehdä siitä tarkempi tulevilla kerroilla.

Lämpötila johon lasti tulisi lämmittää kuljettamista ja purkamista varten on riippuvaisia seuraavista asioista:

- Jähmepiste: Jähmepiste on lämpötila, jossa neste muuttuu niin paksuksi, että sitä ei voi pumpata. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että lastia kuljetetaan 10C yli jähmepisteen lämpötilassa.

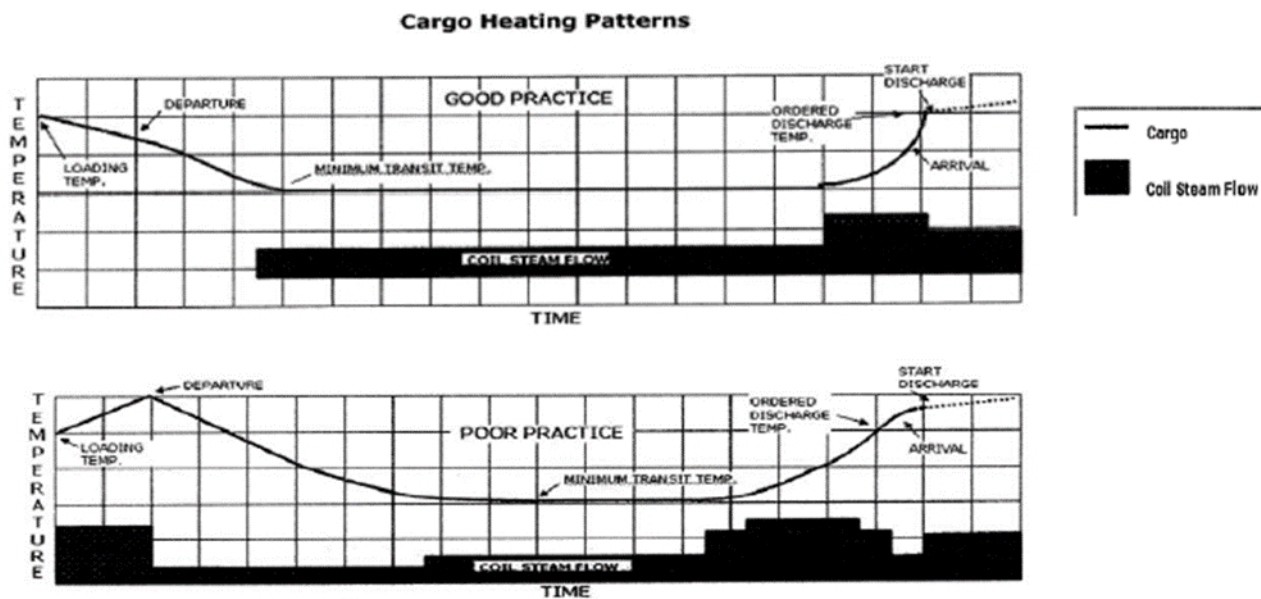
- Samepiste: on lämpötila jossa nesteessä olevat kiinteät aineet alkavat erkaantua. Jotta vaha saadaan taas liukenemaan nesteeseen, vaaditaan yli 80C lämpötilaa. Lastin lämpötilaa ei saa päästää alle samepisteen.
- Vahapitoisuus: korkean vahapitoisuuden omaavista raakaöljyistä erkaantuu kiintoainesta ja tämän takia ne vaativat korkeampia lämpötiloja vahan erkaantumisen estämiseksi.
- Viskositeetti: korkean viskositeetin öljyt eivät välttämättä ole ongelmallisia vahan ja kiintoaineen takia ja voidaan näin ollen kuljettaa alemmissa lämpötiloissa. Lastin liikuttelemista varten lasti tulee kuitenkin lämmittää lämpötilaan, jossa sen viskositeetti on pumpuille sopiva.
- Vallitsevat sääolosuhteet ja meriveden lämpötila: nämä vaikuttavat myös lastin sekä polttoainetankkien lämpöhäviöihin.

Lastilämmityssuunnitelman tulisi huomioida ainakin edellä mainitut asiat. Lastilämmityssuunnitelman tulisi sisältää myös ohjeet lämmityksen suorittamiseksi. Ohjeiden sopivuus tulee tarkistaa jokaisen lastin omistajan vaatimusten mukaiseksi. Lastin rahaaajalta tai omistajalta tulee kysyä lupa lastin käsittelemiseksi eri lämpötilassa, jos se on käsittelemisen kannalta helpompaa. Suunnitelmaa tulisi arvioida päivittäin sekä muokata tarvittaessa.

Arviointia varten tulisi pitää kirjaa ainakin seuraavista asioista:

- Todellinen sekä suunniteltu lämpötila
- Todellinen sekä suunniteltu polttoaineenkulutus
- Todellinen sekä suunniteltu lämmityksen tarve

Aluksen tulisi pitää kirjaa lastin lämmityksestä päivittäin ja lähettää se matkan päätteeksi maihin arvioitavaksi.



Kuva 20. Esimerkki lastinlämmitys toimista (OCIMF, 2011)

Parhaan mahdollisen hyödyn saamiseksi lastinlämmityssuunnitelmassa tulisi huomioida seuraavat asiat:

- Aluksella tulee olla ymmärrys lastin rahtaajan tai omistajan ohjeista koskien lastin lämmittämistä.
- Vastaanottajan/rahtaajan tulee hyväksyä lastin kuljetuslämpötila.
- Lämmittämistä tulee välttää kuumalla säällä.
- Luo ja seuraa kunnollista lastinlämmityssuunnitelmaa tehokkaan lämmitysprosessin varmistamiseksi
- Lämmitysraportteja seuraamalla voidaan havaita poikkeamat lämmityksessä.
- Lämmittämistä pienellä kuormalla ja lyhyitä aikoja tulisi välttää.
- Seuraa lauhteen lämpötilaa tehokkaan lämmityksen aikaan saamiseksi.
- Aluksen ja lastin rahtaajan välillä tulee olla hyvä kommunikaatio lastin lämmityksen suunnittelusta ja seurannasta.

Kunnolliset eristeet parantavat lastinlämmityksen energiatehokkuutta. Esimerkiksi huonot eristeet meno- ja paluuputkissa kannella heikentää energiatehokkuutta huomattavasti. Eristeiden valinnassa tulee olla myös tarkkana huonoa materiaalia olevilla eristeillä ei todennäköisesti saavuteta samoja tuloksia kuin hyvälaatuisella eristeellä.

15.6.2 Höyry lastinpurku- ja painolastitoiminnoissa

Tietynlaiset alukset kuten raakaöljytankkerit ja öljytuotetankkerit sekä alukset joilla on suuret painolastipumput voivat käyttää höyryturbiineja pumppujen pyörittämiseen. Näillä aluksilla on ylimääräinen kattila tuottamassa höyryä turbiinille ja inerttikaasu järjestelmälle. Lastipumput jotka toimivat höyryturbiineilla ovat hyötysuhteeltaan todella huonoja (noin. 10-15%) ja näitä tulisi käyttää niin vähän kuin mahdollista.

Lastinpurkuoperaatioiden aikana, tyhjiötä tulisi pitää silmällä. Tämä parantaa höyryturbiinin toimintaa parantaen turbiinin tehoa samalla kattilan kuormalla. Purkamisen aikana kommunikaation on toimittava niin satamasta laivalle kuin myös laivalla eri osastojen välillä, jotta voidaan välttää kattilan liiallinen tyhjäkäynti.

15.6.3 Inerttikaasun tuotanto

Useilla raakaöljy sekä tuotetankkereilla tarvitaan inerttikaasua tankin pesuun sekä lastin purkamiseen ja lastaamiseen turvallisesti. Inerttikaasujärjestelmä tuottaa kaasua jossa on matala O₂-pitoisuus. Inerttikaasun tuotanto kuluttaa polttoainetta ja tästä syystä inerttikaasujärjestelmän käyttöön tulee kiinnittää huomiota energiatehokkuutta parannettaessa.

15.7 Keinoja höyryjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi

Kattiloiden sekä pakokaasukattiloiden lämmönvaihtopintojen puhtaudesta tulee pitää huolta. Pakokaasukattilan paine- sekä lämpötilaeroa tulee tarkkailla ja tarvittavat toimenpiteet tulee suorittaa, jos arvot eivät ole halutulla tasolla.

Lisäksi, höyrylukkojen toimintaa sekä höyryvuotoja tulee tarkkailla sekä korjata tarvittaessa. Kattilan asetukset kuten polttimeen käynnistys/pysäytys sekä vedenpinnan taso, syöttöpumpun käynnistymiseksi/pysähtymiseksi tulee valita tavalla joka olisi mahdollisimman energiatehokas.

Lastitankkien lämmitys (jos mahdollista) tulisi hoitaa lastin vaatimusten mukaisesti, mutta pitää lämpötila niin alhaisena kuin mahdollista. Lisäksi, polttoaineen lämpötilaa eri tankeissa tulee seurata ja pitää sallituissa rajoissa.

Lämpökamera on hyödyllinen apuväline lämpöhäviöiden sekä höyrylukkojen toiminnan tarkkailuun.

Tässä kappaleessa mainittujen asioiden saavuttamiseksi, tulee seuraavat asiat suorittaa:

- Höyryputkien eristeet tulee pitää hyvässä kunnossa
- Kattilan eristeet tulee pitää hyvässä kunnossa
- Höyrylukkojen toiminta tulee tarkastaa säännöllisesti.
- Höyryvuotoja tulee tarkkailla sekä paikata tarvittaessa.
- Kattilan paineasetukset polttimen käynnistymiseksi sekä sammumiseksi tulee asettaa mahdollisimman laajaksi.
- Tankkien lämmitys tulee pitää sallitun lämpötila-asteikon alapäässä.
- Kun kattiloita joudutaan käyttämään esimerkiksi ankkurissa ja muissa vastaavissa tilanteissa, kattiloiden liian aikaista käynnistämistä tulisi välttää.

16 SATAMIEN JA SATAMA-ALUEIDEN PÄÄSTÖT

16.1 Sataman rooli ja velvollisuudet

Satamat ovat huomattava osa kansainvälistä logistiikkaverkostoa. Kuten muuallakin kuljetusalalla sekä sataman, että varustamoiden toiminta riippuu monesta ulkopuolisesta tekijästä kuten, kuinka kuljetusketju toimii maissa.



Kuva 21. Yksinkertaistettu kaavio merikuljetuksista (IMO TTT, 2015)

Merikuljetusten ketju koostuu kolmesta pääkomponentista:

- Puhtaasti merenkululliset näkökulmat, jotka pääasiassa liittyvät laivan ope-
rointiin.

- Lastin käsittely ja varastointi satamassa.
- Maissa tapahtuvat kuljetukset.

Riippuen lastin laadusta sekä kuljetusketjun hallinnasta, tämä rakenne saattaa tulla huomattavasti monimutkaisemmaksi ja sisältää mahdollisesti myös muita toimijoita sekä useita toimitussatamia. Huomioiden ainoastaan satamaan liittyvät toiminnot edellisessä yleiskatsauksessa, yksi keskeisimmistä ja tärkeimmistä satamaan liittyvä toiminto on alusten lastaaminen ja purkaminen.

Ajan saatossa satamat ovat alkaneet tarjota useita niin sanottuja arvoa lisääviä lisäpalveluita lastin lastaamisen, purkamisen sekä muiden ydintoimintojen lisäksi. Nämä sisältävät useita palveluita kuten bunkraaminen, huolto sekä välityspalvelut satamissa. Tämä satamien kehittyminen osoittaa satamien kasvavan monimuotoisuuden nykypäivänä.

16.2 Satamatoimintojen monimutkaisuus

Satamassa toimivat niin satamaviranomaiset sääntelyä toteuttavana elimenä sekä muita toimijoita kuten varustamot suurimpina asiakkaina ja terminaaliyhtiöt palveluiden ja tavaroiden päätoimittajina. Siellä on myös useita, monesti pienempiä toimijoita jotka huolehtivat tyypillisesti polttoaineen toimituksesta sekä ruoppauksesta. Ensimmäinen näistä on tärkeä osa laivakuljetusten toimivuutta, kun toinen on taas tärkeä osa sataman palveluiden parantamisessa. Tehokas polttoaineen jakelu saattaa vakuuttaa varustajan reitittämään laivat kyseisen sataman kautta sekä olla satamassa pidempiä aikoja. Molemmat tapaukset johtavat lisääntyneeseen lastaukseen ja purkamiseen. Kasvanut lastimäärä taas johtaa ruoppauksen kasvaneeseen tarpeeseen.

Sataman hallinta on usein monimutkaista koska se koostuu monesta erillisestä toimijasta. Näillä ketjun eri osilla on usein omat hallinnot, mutta joitakin toimintoja joudutaan tekemään myös yhteistyönä. Tästä syystä satamilla voi olla suhteellisen monimutkainen hallinto ja päätöstentekojärjestelmä.

Ei ole olemassa kahta fyysisesti sekä taloudellisesti samanlaista satamaa. sataman toiminta koostuu niiden lastinkäsittelytoiminnoista, laivaston hallinnasta ja yhteyksistä maakuljetuksiin. Nämä ovat hyvin erilaisia toimintoja joiden yhdistelmä tekee satamista hyvin erilaisia ja monimutkaisia.

Satamatoiminnot sisältävät useita toimijoita, niin hallinnollisella kuin toiminnallisellakin tasolla. Satamien hallinto vaihtelee maasta toiseen. Satamaa hallinnoi satamaviiranomainen jossa valtio voi olla osaomistaja. Lisäksi sataman koosta riippuen sataman alueella voi toimia useita palveluntarjoajia. Varustamot käyttävät paljon kolmannen osapuolen palveluita (esim. luotsit, hinaus, huoltopalvelut, tavarantoimittajat, jätehuolto sekä bunkraus toimijoita) jotka ovat osittain, mutta ei kokonaan satamaan sidoksissa.

Satamassa olevien toimijoiden suuresta määrästä johtuen, niin satamien sisällä kuin myös niiden välillä on suuriakin eroja. Tästä syystä satamien täydellinen vertailu ei ole mahdollista. Lisäksi satamien vertailusta tekee vaikeampaa se, että ne toimivat erilaisilla taloudellisilla, laillisilla, sosiaalisilla ja verotuksellisilla alueilla. Satamat ajatellaan usein kansalliseksi omaisuudeksi ja tästä syystä niillä ei ole samanlaista kansainvälistä hallintoa kuin mitä IMO on merenkulussa.

Ongelmat hallinnossa, ohjailussa ja omistuksessa ovat kriittisiä keskusteltaessa satamien ympäristön hallinnasta. Suurin osa satamista on pieniä yksityisiä satamia joiden hallinta ja ohjailu riippuvat kyseisen alueen omistajasta.

16.3 Ilmansaasteet satama-alueella

Luonnonsuojelun kannalta satamien suurin ongelma on huono ilmanlaatu paikallisesti. Satamissa, ilmansaasteet ja energian kulutus aiheutuvat pääosin laivoista, mutta satamassa on muitakin päästöjen lähteitä, kuten:

- Lastinkäsittelylaitteet
- Trukit ja muut kuljetusvälineet satamassa, kuten veturit.
- Rakennukset ja niiden energiankulutus.
- Satamapalvelut jotka tarjoavat palveluja satamalle ja varustamoille.

Näistä toiminnoista suurin osa toimii dieselmootoreilla, joista aiheutuu seuraavia päästöjä:

- Typenoksidit (NO_x)
- Pienhiukkaset (PM)
- Rikinoksidit (SO_x)
- Jonkin verran hiilimonoksidia ja palamattomia hiilivetyjä voi päästä ilmaan, jos laivan koneet on huonosti säädetty.

Päästövähennykset satamissa keskittyvät pääasiallisesti NO_x, SO_x, ja pienhiukkaspäästöjen vähentämiseen näiden huonojen terveysvaikutusten takia. Kansallisen sääntelyn tavoitteena on vähentää edellä mainittuja päästöjä, joten tämä sama koskee myös satamia ja merenkulkua. Kasvihuonekaasut ovat vasta hiljattain nousseet huolenaiheeksi sääntelyä tekevissä tahoissa kuten IMO:ssa, mutta terveysvaikutukset ovat paikallisesti vakavampia kuin kasvihuonekaasut, tämän takia ne nousevat monesti tärkeämmiksi kuin kasvihuonekaasut.

Olaf Merkin (2014) mukaan, laivojen aiheuttamat päästöt satamissa ovat huomattavat, noin 18miljoonaa tonnia CO₂ päästöjä (vastaa noin 6miljoonan tonnin polttoaineen polttamista), 0,4 miljoonaa tonnia NO_x, 0,2 miljoonaa tonnia SO_x, ja 0,03 miljoonaa tonnia PM₁₀(pienhiukkaset joiden koko on alle 10 mikrometriä) päästöjä vuonna 2011. noin 85% päästöistä tulee konttilaivoista ja tankkereista. Konttilaivat ovat satamassa lyhyen aikaa, mutta niiden päästöt tänä aikana ovat korkeat.

Samassa lähteessä todetaan myös, että suurin osa satamissa aiheutuneista CO₂-päästöistä aiheutuu Aasian ja Euroopan satamissa (58%), mutta tämä on suhteellisesti pieni määrä, kun huomioidaan satamassakäyntien kokonaismäärä (70%). Euroopan satamilla on huomattavan pienet SO_x (5%) ja PM (7%) päästöt kun huomioidaan satamakäyntien määrä (22%), tämä voidaan selittää EU:n asettamalla pakolla käyttää vähärikkistä polttoainetta satamissa. Tulevaisuuden ennusteet näyttävät, että päästöt satamissa nelinkertaistuvat vuoteen 2050 mennessä. Tämä vastaa noin 70miljoonaa tonnia CO₂, 1,3 miljoonaa tonnia NO_x päästöjä. Suurimmat kasvut päästöissä nähdään Aasiassa ja Afrikassa suuren liikennemäärän kasvun ja vähäisen sääntelyn johdosta.

Yllä oleva osoittaa, että erilaisia toimia tarvitaan satamien päästöjen pienentämiseksi. Useat satamat ovat kehittäneet infraa, sääntelyä sekä kannustimia päästöjen vähentämiseksi. Nämä toimet pitäisi saada laajempaan käyttöön, jotta satamissa aiheutuneet päästöt saataisiin huomattavasti alhaisemmiksi.

16.4 Satama-alueiden päästöjen vähentäminen

On olemassa useita erilaisia keinoja päästöjen vähentämiseksi sekä energiatehokkuuden parantamiseksi. Kokemukset päästöjen vähentämisestä alkavat 90-luvulta ja ovat kasvaneet kiihtyvällä tahdilla viimeiset vuodet. Nykypäivänä yhä useampi toimija on alkanut keksiä yhä innovatiivisempia toimia päästöjen vähentämiseksi niin merellä kuin satamassakin.

Satamien mahdollisuudet alusten päästöjen vähentämiseksi ovat rajoitettuja, mutta niillä on useita keinoja satama-alueella tapahtuvien päästöjen vähentämiseksi:

- Satama voi ottaa käyttöön Just in time toiminnot ja näin ollen vähentää aluksen satamassa oloaika
- Satamat voivat suoraan tai epäsuoraan tarjota kannustimia varustamoille päästöjen vähentämiseksi laivalla.
- Satamat voivat tarjota laivoille päästöjä vähentäviä palveluita kuten OPS.
(Starcrest Consulting Group s. 51):

16.5 Sataman laivoihin liittymättömien päästöjen vähentäminen

16.5.1 Sataman maatoiminnot

Maatoimintoihin kuuluu lastin käsittelyvälineet, kiinteät sähköliitännät, veturit sekä rekät jotka toimivat satama-alueella. Nämä kaikki ovat laivoista riippumattomia päästöjä satamassa. Kyseisten päästöjen vähentämiseksi seuraavia asioita voidaan harkita (Corson, Fisher)

- Puhdas polttoaine: polttoaineen vaihtaminen edistyneeseen, matalarikkiseen polttoaineeseen (LSD), bio-dieseliin, maakaasuun ja niin edelleen. Kaikilla näillä saavutetaan parempi ilmanlaatu satama-alueella sekä samalla pienennetään kasvihuonekaasupäästöjä.
- Jälkiasentaminen: Asentamalla nykyisiin dieselmootoreihin Suodattimia yms. Päästöjä vähentäviä laitteita.
- Uudet teknologiat: käyttämällä hybridi-sähköisiä laitteita dieselmootoreiden tilalla ajoneuvoissa ja laitteissa.

- Toimintojen hallinta: Tähän sisältyy useita toimia, joiden avulla polttoaineenkulutusta ja päästöjä saadaan pienennettyä. Näitä ovat esimerkiksi:
 - Kehittämällä toimintatapoja pienemmän tyhjäkäynnin saavuttamiseksi.
 - Sisällyttämällä päästöjen vähennystavoitteen vuokralaisten ja alihankkijoiden sopimuksiin.
 - Laajentamalla toiminta-aikoja ruuhkien ja tyhjäkäynnin välttämiseksi.
 - Edistämällä muita toimia jotka vähentävät liikenneruuhkia ja päästöjä.

Edelliset asiat ovat esimerkkejä tärkeistä päästöjä vähentävistä toimista. Energian kulutusta pienentääkseen sataman tulee noudattaa energianhallintatoimia ja parantaa energianhallintasuunnitelmaa johon on sisällytetty kaikki satamatoiminnot. ISO50001 on hyödyllinen työkalu energian kulutuksen suunnittelemiseen satamassa.

16.5.2 Satama-alukset

Satamassa on laivojen lisäksi myös paljon aluksia jotka tarjoavat palveluita satamalle ja laivoille. Vaikka kyseiset alukset eivät ole suoraan yhteydessä kansainvälisen merenkulun päästöihin, mutta ne vaikuttavat sataman ilmanlaatuun koska ne ovat pääosin dieselmootorilla varustettuja.

Satama-aluksilla polttoaineen säästämiseksi ja päästöjen pienentämiseksi voidaan käyttää samoja toimia kuin isommillakin laivoilla. Päästöjen vähentämiseksi käytetyt toimet satama-aluksissa ovat usein samoja kuin tieliikenteen ajoneuvoilla. Näitä ovat esimerkiksi:

- Moottorin vaihtaminen: satama aluksen moottorin vaihtaminen ei ole helppo vaihtoehto koska se vaatii monenlaisia apulaitteita, tilaa ja polttoainevaatimuksia. Jälkiasentaminen voi kuitenkin olla hyödyllinen vaihtoehto päästöjen vähentämiseksi, esimerkiksi hybridi-sähköisen tai vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävällä moottorilla saadaan päästöjä pienemmiksi. Satama-aluksilla propulsiojärjestelmän vaihtamisella voidaan saada isojakin päästövähennyksiä aluksen elinkaaren aikana, koska satama alukset voivat toimia jopa 30-40 vuotta. Puhtaammat moottorit ovat kuitenkin kalliita ja pääomakustannuksista voi tulla suurin este (ICCT, 2012).
- Puhtaammat polttoaineet: toinen vaihtoehto joka vaatii vähemmän pääomaa mutta jolla on vaikutusta toimintakuluihin, on puhtaiden polttoaineiden käyttö.

Kaikista yleisin vaihtoehto on käyttää matalarikkistä polttoainetta samalla tavalla kuin tieliikenteessä on käytössä nykyään ultramatalarikkiset polttoaineet. Lisäksi muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi biodiesel ja LNG. LNG-laitteisto vaatii aluksi paljon pääomaa, mutta alentuneiden toimintakustannusten johdosta se voi olla kannattava pitkänaikavälin sijoitus. Puhtaampia polttoaineita käyttämällä saadaan vähennettyä päästöjä ja näin ollen parannettua sataman ilmanlaatua sekä hidastettua ilmastonmuutosta.

- Teknologian päivittäminen: tämä vaihtoehto liittyy olemassa olevan moottorin muokkaamiseen niin, että se on sopiva edistyneemmille ohjauksille, polttoaineille sekä päästöjen jälkikäsittelylle.
- Hybridi-sähköinen järjestelmä: satama-aluksissa hyvä vaihtoehto on käyttää edistyneitä teknologioita, kuten hybridi-sähköistä järjestelmää johon kuuluu akut ja sähkömoottorit samalla tavalla kuin maajoneuvoilla olevat hybridi-järjestelmät. Lisäksi satama-alukset voivat satamassa ollessaan olla koko ajan kiinnitettynä maasähköön jolloin voidaan ladata akkuja. Hybridijärjestelmän suurimmat hyödyt tulevat esille silloin kun satama-alus on satama-alueen ulkopuolella ja sillä on todellista tehon tarvetta. Hybridi-järjestelmistä satama-aluksissa on tullut huomattavasti halutumpaa, kun useammat kokeet osoittavat tämän järjestelmän hyödyt. Esimerkiksi, Long Beachilla toimiva Foss tugboats jälkiasensi hinaajaansa LI-Ion akut ja edistyneet laturit ja kokonaisprojektikustannukset olivat \$2,1 miljoonaa (ICCT, 2012).

Ylläolevia asioita koskien sataman päästöjä lastinkäsittelystä, rakennuksista, maakuljetuksista, satama-aluksista yms. ei käsitellä tässä työssä enempää vaan jatkossa keskitytään vain sataman laivapuolen päästöihin sekä laivoihin liittyviin päästöihin.

16.6 Sataman laivoista riippuvaiset päästöjenlähteet.

Päästölähteet satamassa jotka ovat suoraan laivoista riippuvaisia sisältäen propulsio moottorit, apukoneet, kattilat sekä VOC- päästöt jotka aiheutuvat nestemäisistä las-teista sekä otsonikerrosta heikentävistä aineista jotka vapautuvat kylmäkoneista. Ilmansaasteiden näkökulmasta, alukset voivat tuottaa huomattavia määriä NO_x, SO_x ja pienhiukkaspäästöjä polttamalla polttoainetta pääkoneissa, apukoneissa ja kattiloissa.

Riippuen sataman maantieteellisistä olosuhteista näiden kolmen päästölähteen päästötasot voivat vaihdella. Aluksen on tärkeää tietää, että mikä näistä aiheuttaa eniten päästöjä. Suurin osa laivojen päästöistä satamassa aiheutuu koneissa poltettavasta raskaasta polttoöljystä. Maa-ajoneuvoihin verrattuna, merimoottorit ei ole niin tiukasti säänneltyjä kuin niiden maakäyttöiset vastineet. Kansallisilla viranomaisilla on rajoitetut mahdollisuudet vaikuttaa kansainvälisten alusten päästöihin. He voivat säännellä vain aluksia sen oman lipun alla sekä aluksia joilla on pidennetyt vierailut kyseisen maan satamissa. Tästä syystä laivojen dieselmootoreiden päästöjen rajoituksessa on suuria haasteita. Aluksen päästöt satamassa riippuu sen toiminnallisesta tilasta, satamassa aluksilla on kaksi normaalia toimintatilaa (Starcrest Consulting):

Liikkeessä ja ohjailtavana: tässä tilassa, laiva on tyypillisesti rajoitetuilla reiteillä ja ovat tulossa tai poistumassa satamasta. tämän matkan pituus on erilainen jokaisessa satamassa ja vaihtelee sataman maantieteellisistä ominaisuuksista. Tämän tilan aikana:

- Laiva kulkee hitaasti ja tästä syystä pääkone toimii matalalla kuormalla.
- Apukoneiden kuorma on normaalisti niiden korkeimmalla kuormalla koska tarvittavien laitteiden määrä on korkeimmillaan, kuten thrusterit yms. Laitteet.
- Ylimääräinen apukone (dieselgeneraattori) on käynnissä turvallisuussyistä, jos toinen apukone pettää niin ei aiheudu turvallisuusriskiä blackoutin takia.
- Kattilat ovat käytössä koska pakokaasukattila ei tuota tarpeeksi höyryä, pääkoneen matalan kuorman ja tästä syystä alentuneiden pakokaasulämpötilojen takia.

Kyseisessä tilassa suurin osa polttoaineenkulutuksesta tapahtuu pääkoneiden toimesta mutta kattilat ja apukoneet kuluttavat enemmän kuin normaalilla merimatalla. Lisäksi kyseisessä tilassa koneet toimivat suunniteltujen kuormien ulkopuolella. Tämä ei ole hyvä, koska koneet kuluttavat tuolloin enemmän ja päästöt ovat suuremmat verrattuna normaaliin tilanteeseen.

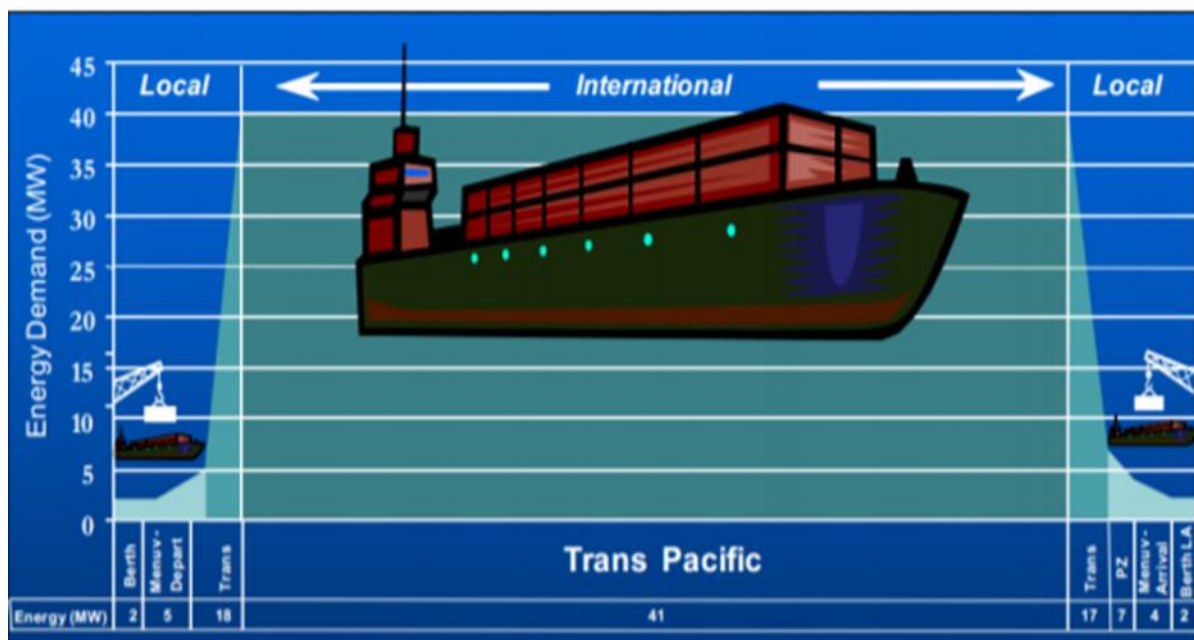
Laiturissa tai ankkurissa: tässä tilassa alus on kiinnitetty ja paikallaan. Normaalisti tässä tilassa:

- Propulsiokoneet on pysähdyksissä
- Apukoneiden kuormat voivat olla korkea, jos alus on purkamassa lastia omalla voimalla, kuten yleisrahtialuksissa, autolautoilla, Ro-Ro-aluksilla sekä öljytankkereilla.

- Kattilat ovat käytössä, jotta koneet ja polttoainejärjestelmä pysyvät lämpimänä siltä varalta, että alus joutuu lähtemään satamasta lyhyellä varoitusaajalla. Joilakin tankkereilla, höyryä käytetään myös lastin purkamiseen turbiinikäyttöisillä pumpuilla.

Aluksen apukoneiden polttoaineenkulutus voi olla matala tai korkea sekä kattilan polttoaineenkulutus voi olla jotakin matalasta todella korkeaan (esimerkiksi tankkereilla purkamisen aikana), riippuen alustyypistä ja siitä käyttääkö alus energiaa lastitoimintoihin. Tässäkin tilanteessa apukoneet sekä kattilat toimivat osittaisella kuormalla huonolla hyötysuhteella sekä korkeilla päästötasoilla.

Suurin osa laivojen omistajista, rahtaajista sekä koneiden valmistajista kuten myös lainsäätäjistä ovat lisänneet toimia päästöjen vähentämiseksi sekä energiatehokkuuden parantamiseksi merellä sekä satamassa. Tyypillisesti, suurin osa laivoista kulkee satamasta toiseen ja näillä aluksilla suurin osa energiankulutuksesta tapahtuu merellä. Tutkimukset osoittavat, että laivan kokonaishiilidioksidipäästöistä 2% tapahtuu Los Angelesin satama-alueella (Starcrest Consulting) kun tarkastellaan aluksen koko matkan päästöjä. Vastaava luku Rotterdamissa on 6%, kun tarkastellaan pohjanmeren liikennettä. Nämä luvut osoittavat kuinka paljon suurempia alusten päästöt ovat merellä verrattuna satama-alueella toimimiseen.



Kuva 22. Esimerkki laivan energiankulutuksesta (Starcrest Consulting, 2015)

Ei ole tavatonta, että alukset toimivat alle 50% kuormalla satama-alueella ja jopa alle 25% kuormalla huomattavia aikoja satama-alueella. Ohjailutilassa pääkone toimii

muuttuvalla kuormalla ja saatetaan jopa sammuttaa ja käynnistää uudelleen riippuen alueesta jonka läpi ollaan kulkemassa. Päästöjen määrä vaihtelee koneen kuorman mukaan ja päästöt ovat normaalisti korkeammat matalilla kuormilla. Tästä syystä voidaan todeta, että satama-alueilla:

- Laivan koneet toimivat matalilla ja vaihtelevilla kuormilla
- Pää- ja apukoneet toimivat niiden normaalin toiminta-alueen alapuolella
- Kattilat toimivat myös normaalin toiminta-alueen alapuolella
- Koneiden ja kattiloiden päästöt ovat suuremmat kuin suunnitellut päästöt johtuen matalista kuormista.

16.7 Sataman ja aluksen vuorovaikutus

Kuten aiemmin todettu voidaan satama-alueen päästöt jakaa seuraavasti:

- Laivoista riippumattomat päästöt
- Laivoista riippuvaiset päästöt

Satamien laivoista riippumattomat päästöt ovat peräisin sataman rakennuksista, maakuljetuksista ja satama-aluksista ja pääasiat näistä kerrottiin kohdassa 17.5. ja koska nämä eivät ole tämän työn pääaiheena niistä ei kerrota sen enempää.

Laivasta riippuvaiset päästöt voidaan jakaa ohjailun aikaisiin päästöihin sekä laiturissa oloaikaisiin päästöihin. Näiden vähentämiseksi voidaan:

- **Vähentää satamassa oloaikaa:** sillä ei ole mitään merkitystä kuinka paljon laiva aiheuttaa päästöjä, koska kokonaispäästöjen määrä satamassa on riippuvainen siitä, kuinka kauan alus on satamassa. Tästä johtuen, jos alus on satamassa 50% kauemmin, niin alukseen aiheuttamat päästöt satamassa on myös noin 50% suuremmat. Tästä syystä alusten satamassa oloajan lyhentämistä voidaan pitää tärkeimpänä tekijänä sataman ilmanlaadun parantamisessa.
- **Vaihtoehtoisten teknologioiden ja polttoaineiden käyttö:** kuten todettu, nykyiset dieselmoottorit käyttävät raskasta polttoöljyä joka aiheuttaa suuria päästöjä. Lisäksi moottoreita voidaan päivittää ja vaihtaa hyötysuhteeltaan parempiin, vähemmän kuluttaviin sekä pienempi päästöisiin. Lisäksi voidaan siirtyä käyttämään uusia polttoaineita. Nämä ovat aika uusia tekniikoita ja voivat olla käyttökelpoisempia uusissa laivoissa, kuin jo olemassa olevissa.

- **Laivan toimintojen hallinta satamassa:** kun laiva on satamassa tai ankkurissa, useita koneita, kattiloita sekä laitteita tarvitaan silloinkin ja ne kuluttavat energiaa. Näiden laitteiden huolellisella käyttämisellä voidaan pienentää polttoaineenkulutusta sekä pakokaasupäästöjä.
- **Maasähköverkon käyttö:** tällä keinolla sammutetaan laivan moottorit satamassa. Tämä keino vaatii kunnollista liitäntää maista, joka kykenee syöttämään tarpeeksi virtaa laivan toimintojen ylläpitämiseen. Tämä on hyödyllinen keino, mutta vaatii investointeja sekä satamalta että laivalta.
- **Aluksen lastaaminen energiatehokkuus huomioiden:** aluksen lastaamista koskevia asioita kuten trimmin ja painolastin optimointi käsiteltiin aiemmin ja näitä ei voida saavuttaa, jos lastauksessa ei ole otettu näitä asioita huomioon. Tällä ei ehkä ole suoraa vaikutusta aluksen polttoaineenkulutukseen satamassa, mutta on esimerkki satamatoimintojen vaikutuksesta aluksen energiatehokkuuteen.
- **Ympäristöystävälliset kannustimet:** Kannustimet, lainsäädäntö ja markkinoiden vaatimukset ovat toimivia keinoja laivan omistajien sekä rahtaajien kannustamiseksi tekemään parhaansa päästöjen vähentämiseksi. IMO ja kansalliset viranomaiset ovat jo alkaneet säännellä laivoja esimerkiksi: polttoaineen rikkipitoisuudelle rajat tietyillä alueilla ja satamissa. Joillakin satamilla on taloudellisia kannustimia ympäristöystävällisten alusten tukemiseksi ja niin edelleen. Satamissa on paljon mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseksi ja ilmanlaadun parantamiseksi satama-alueilla. Satamien toimet ilmansaasteiden vähentämiseksi on myös toimiva keino kasvihuonekaasujen vähentämiseksi koska ilmansaasteilla ja kasvihuonekaasuilla on suora yhteys toisiinsa

17 LAIVAN SATAMASSA VIETTÄMÄ AIKA

17.1 Johdanto

Kansainvälinen merenkulku on kaikista energiatehokkain kuljetusmuoto, mutta valitettavasti se on myös suurin lähde NO_x, SO_x ja CO₂-päästöille. Nykyiset keinot energiatehokkuuden mittaamiseksi ovat EEDI (Energy Efficiency Design Index) uusille laivoille sekä SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) kaikille laivoille. Satamista puhuttaessa, on hyvin rajallisesti tutkimuksia satamatoimintojen /hallinnan vaikutuksista laivan energiatehokkuuteen. Suurin syy tähän puutteeseen voi olla IMO:n vähäinen puuttuminen satamien toimintaan, koska IMO:n päätavoitteena on laivojen ja kansainvälisen merenkulun sääntely, kun taas satamat ovat pääosin kansallisen sääntelyn piirissä. Sääntelyn vähäisyydestä huolimatta satamilla on suuri vaikutus alusten energiatehokkuuteen ja ne ovat tärkeässä roolissa energiatehokkaan merikuljetuksen saavuttamisessa.

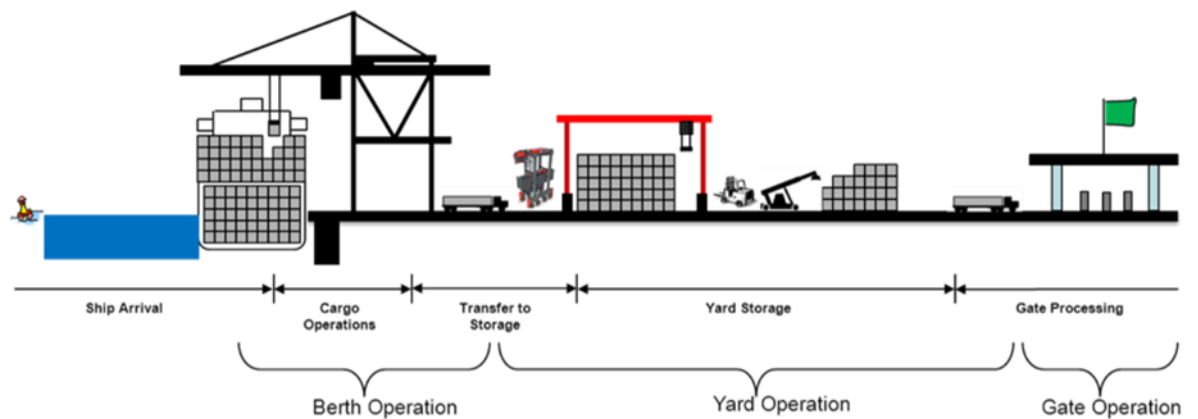
Kuten aiemmin on todettu, on olemassa muutama toimiva keino aluksen polttoainekulutuksen vähentämiseksi. Kaksi keskeisintä asiaa ovat:

- Toimimalla hitaammilla nopeuksilla käyttäen Just in time toimintoja. Aiemmin osoitettiin jo kuinka paljon nopeuden alentamisella, voidaan saada huomattavia energiansäästöjä.
- Trimmien optimointi sekä painolastiveden hallinta voivat tuoda huomattavia energiansäästöjä.

Satamatoiminnoilla on vaikutusta molempiin tapauksiin. Esimerkiksi, matkustaminen alemmilla nopeuksilla vaatii nopeampia satamatoimintoja. Tästä syystä kaikki keinot aluksen satamassa oloajan lyhentämiseksi tulisi huomioida.

17.2 Satamatoiminnot

Satamatoiminnot ovat suurelta osin jakautunut kahteen ryhmään: laivoihin liittyvät toiminnot ja lastiin liittyvät toiminnot. Lastin kuljetuksessa lastiin liittyviä toimintoja ovat esimerkiksi kontin vastaanotto, siirtäminen varastoon, varastointi sekä lastaus alukselle.



Kuva 23. Konttisataman toiminnot (IMO TTT, 2015)

Kun laiva saapuu sataman sisääntuloalueelle, luotsi tulee laivaan avustamaan päälliköä laivan ohjailussa haluttuun paikkaan. Jos saavuttaessa ei ole laituriapaikkaa vapaana, laiva siirretään ankkurointialueelle. Jos laituri on vapaana, laiva ajetaan siihen hinaajien avustamana, riippuen laivan koosta sekä sataman ohjeista ja määräyksistä. Tässä vaiheessa aluksen kiinnitysköydet kiinnitetään maihin ja kun ensimmäinen köysi on kiinni alkaa aluksen satama aika. Satama aika päättyy, kun viimeinenkin köysi on irrotettu ja alus poistuu satamasta.

Kun alus on saatu satamaan tulli ja muut viranomaiset voivat tulla käymään laivalla. Normaalisti lastinkäsittelyä ei aloiteta ennen kuin viranomaiset ovat suorittaneet heidän tehtävänsä, poikkeuksena on konttialustoiminnot.

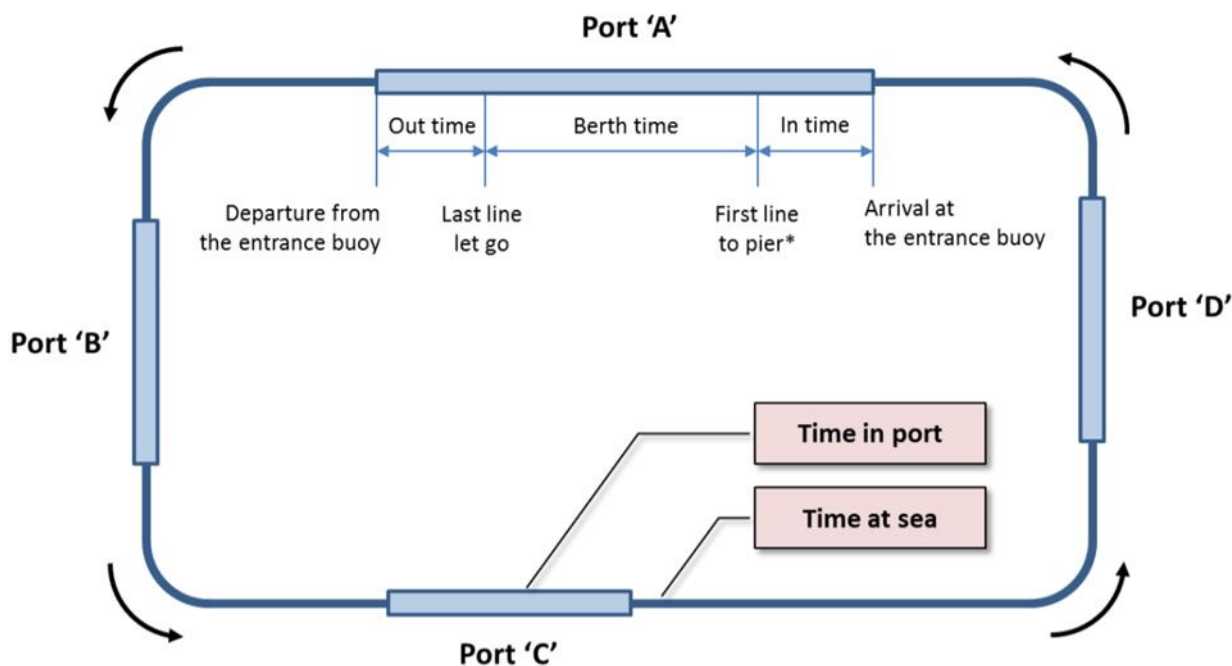
Konttisatamissa kontit puretaan satamaan käyttäen nosturia, josta ne kuljetetaan varastoon. Kun konttilasti on purettu, se kuljetetaan tiettyyn paikkaan; tämä on alue, jossa varastointitoimenpiteet suoritetaan. Kontit varastoidaan, kunnes ne on tarkastettu ja noudetaan tilaajan toimesta. Sieltä kontit toimitetaan niiden määränpäähän käyttäen rekkoja. Pois vietäessä kontit käyvät vielä läpi punnituksen, paperityöt sekä turvallisuustarkistuksen.

15.3 satama ajan vaikutus tehokkaaseen laivan toimintaan

Laivan matka-aika

Kova kilpailu on aiheuttanut viime vuosikymmeninä sen, että konttilaivoilla voidaan saada kilpailuetua ainoastaan kasvattamalla kuljetusmääriä. Tämä on johtanut suurempiin aluskokoihin, lyhyempiin lastausaikoihin sekä lyhyempiin paikallaan oloaikoihin. Tänä päivänä, säästöjä voidaan saada enää ainoastaan toiminta- sekä polttoainekuluja

pienentämällä. Tämän saavuttamiseksi on kaksi vaihtoehtoa, hidastamalla matkanopeutta jolloin polttoainenkulutus pienenee tai kasvattamalla aluskokoa jolloin kasvanut polttoainenkulutus katetaan ylimääräisellä rahtikapasiteetilla. Tästä huolimatta, kasvavat ympäristövaatimukset rajoittavat koneiden kokoa ja näin ollen laivojen kokoa. Konttaliikenteestä puhuttaessa laivoilla on tiukat aikataulut ja jos laiva on kerran myöhässä satamasta, joutuu se nostamaan nopeutta seuraavalla merimatalla.



Kuva 24. Konttialuksen tyypillinen matka (IMO TTT, 2015)

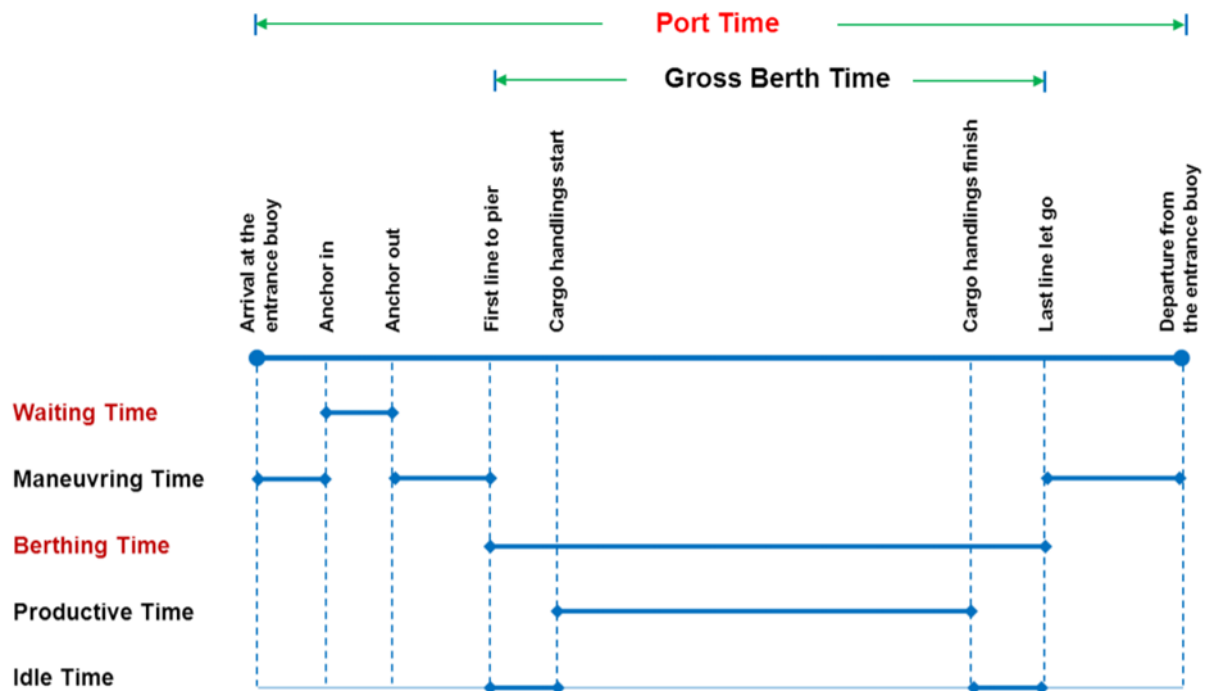
Satama aika

Laivan tehokkaan toiminnan kannalta on tärkeää, että alus pääsee satamaan annettuna aikana ja pois mahdollisimman nopeasti. Mitä lyhyempi satamassa vietetty aika sitä taloudellisempaa se on. Satama-ajalla tarkoitetaan laivan saapumisesta sataman sisään-tuloalueelle kulunutta aikaa siihen, kun laiva on samalla alueella menossa pois-päin. Tämä aika voidaan jaotella seuraaviin tilanteisiin:

- **Odottelu-aika:** aika jolloin alus odottaa laiturin vapautumista
- **Ohjailuun kuluva aika:** aika jolloin alus on matkalla ankkuri paikalle tai laituriin ja kun alus on poistumassa laiturista.
- **Laituriaika:** todellinen aika laiturissa. Laituriaika koostuu normaalisti kahdesta osasta. Tuottava aika ja tuottamaton aika (valmistautumisaika sekä järjestelyaika) valmistautumisaika on aika siitä, kun alus on laiturissa siihen, kun

lastitoiminnot aloitetaan, kun taas järjestelyaika on aika aluksen lastauksen valmistumisesta siihen, kun alus lähtee laiturista. Jotta tuottavuutta laiturissa voidaan parantaa, tulee näitä tuottamattomia aikoja vähentää.

- **Tuottava aika:** aika lastitoimintojen aloittamisesta niiden lopettamiseen
- **Tuottamaton aika:** aika jolloin ei ole lastitoimintoja käynnissä



Kuva 25. Laivan satama aika (IMO TTT, 2015)

Minkä tahansa edellä olevan ajan pienentäminen kasvattaa laivan kokonaistuottavuutta satamassa. Näitä aikoja, etenkin odottelu-aikaa sekä laituriaikaa tulee seurata, koska ne ovat tärkeä mittari sataman ruuhkaisuuden arviointiin.

Tiivistetysti, aika jonka alus viettää satamassa on tärkein osoitus sataman palveluiden laadusta.

17.3 Just in time saapuminen/lähteminen sekä parantuneet lastitoiminnot

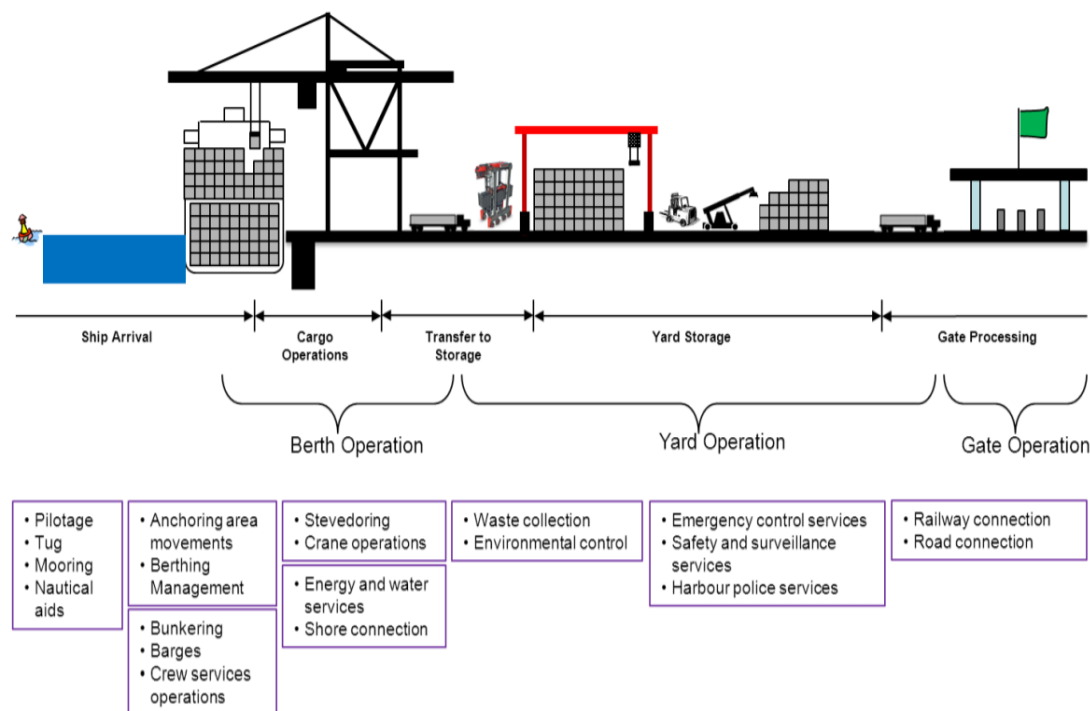
Koko kuljetusketjun tehokkuuden parantamiseksi vaaditaan paljon muidenkin toimijoiden toimia kuin vain laivan omistajan/rahtaajan. Lista mahdollisista toimijoista joilla on vaikutusta yhden matkan tehokkuuteen, on pitkä; selviä osallisia ovat aluksen suunnittelijat, telakat ja koneiden valmistajat, käyttäjät, rahtaajat, satamat sekä alusliikenteen hallintapalvelut yms. Kaikkien osallisten tulisi sisällyttää energiatehokkuuden huomioiminen päätöksenteossaan.

Jos laiva saa laituriapaikan heti saapuessaan satamaan niin silloin ei ole ollenkaan odotelu-aikaa. Tämä on mahdollista just in time-toiminnoilla. 2012 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP) mukaan ajoissa suoritettu kommunikointi seuraavan sataman kanssa, antaa tietoa sataman tilanteesta ja tällöin alus voi matkata ihanteellisella nopeudella saapuakseen perille juuri oikeaan aikaan. Satamia tulisi rohkaista maksimoimaan tehokkuus ja minimoimaan viivästyksset.

Just in time saapuminen sekä poistuminen

Konttisataman toiminnot voidaan jakaa seuraaviin toimintoihin:

- Laituritoiminnot
- Kenttätoiminnot
- Porttitoiminnot



Kuva 26. Satamatoiminnot tehtävittäin (IMO TTT, 2015)

Laituritoiminnot sisältävät pääasiassa laivojen saapumisen, aikataulutuksen, vapaan laituriapaikan järjestämisen sekä riittävän määrän nostureita alukselle. Laituritoimintojen päähuolenaihe on laivojen satama-aika. Tämä sisältää niin lastin purkamisen kuin lastaamisenkin. Jotta nostureilla saavutettaisiin mahdollisimman tehokas työtahti, nosturin käyttösuunnitelman tulee olla kunnolla tehty. Kenttätoiminnot ovat ehkä kiireisin

satamatoiminnoista. Toiminnot sisältävät alusten lastin purkamisen, aluksen lastaamisen sekä konttien siirtelemisen alukselta varastoon, varastosta alukselle sekä alukselta toiselle. Porttitoiminnot sisältävät lastin sisään, että ulostoimittamiset.

17.4 Satamatoimintojen hallinta

Jokaisella satamalla on omanlainen hallintajärjestelmä taloudellisille, että tehokkaille satamatoiminnoille, joita kutsutaan Maritime and Port Operation System (MPOS). Tämän avulla satamassa toimivat tahot voivat suunnitella toimintoja, valvoa niitä ja analysoida mikä olisi paras tapa vähentää kustannuksia/aikaa. Kaikkien osapuolien, myös laivojen, tulee käyttää MPOS järjestelmää hetkestä ennen laivan saapumista satamaan aina siihen saakka, kun laiva poistuu satamasta. Kun laiva haluaa saapua satamaan, laituri paikan kysely tehdään yleensä internetin välityksellä hyvissä ajoin ennen saapumista. Tämä kysely vahvistetaan MPOS:n kautta sen jälkeen, kun on todettu, että alus täyttää ISPS (International Ship and Port Facility Security) ja IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code) vaatimukset.

Ennen luvan myöntämistä, MPOS tarkistaa tilanteen ankkurointipaikalla sekä satamassa tapahtuvat toimet kuten laituri huolto, laitureissa olevien laivojen tilanteen sekä satamassa liikkuvat laivat ja antaa näistä tiedot alukselle sekä luotsipalvelulle.

Yleisesti ottaen MPOS ohjailee sataman toimintoja liittyen merenkulun turvallisuuden sekä suojellakseen meriympäristöä. Tyypillisesti MPOS on osa satamaviranomaisorganisaatiota ja se on vastuussa liikenteen sujuvuudesta satamassa ja rannikolla sekä koordinoi merenkulkua. Suurimmat satamapalvelut jotka liittyvät MPOS järjestelmään ovat seuraavat:

- Luotsauspalvelut: nämä ovat merenkulun luotsien tarjoama tärkeä palvelu merenkulkuteollisuudelle. Heidän tärkein tehtävänsä on tarjota paikallistunteesta sekä tarjota korkealaatuista apua laivan ohjaamiseen satamaan/satamasta. Luotsit osallistuvat ympäristönsuojeluun tarjoamalla laivalle tietoa turvallisista reiteistä rannikkoalueella.
- Hinauspalvelut: nämä ovat pienten ja tehokkaiden hinaajien tarjoamia palveluita joita käytetään isojen laivojen avustamisessa satamaan ja sieltä pois, proomujen hinauksessa, ruoppauksessa sekä pelastustoimissa. Hinaajat ovat normaalisti yksityisten yhtiöiden palvelu. Jos sataman toiminta ei ole tarpeeksi

suurta, jotta olisi taloudellisesti järkevää tarjota hinauspalveluita voi myös satama tarjota näitä palveluita.

- Köysiveneiden tarjoamat köysipalvelut: näitä palveluita tarjoavat veneet ottavat aluksesta köydet ja vievät ne laiturille kiinnitettäväksi.
- Kiinnityspalvelut: näiden palveluiden avulla laiva kiinnitetään halutulle paikalle, esimerkiksi laituriin tai poijuun. Pienemmissä satamissa kiinnityspalvelut voivat olla satamayhtiön tarjoamia palveluita, suuremmissa satamissa on yleensä näihin palveluihin erikoistunut yksityinen yhtiö. Erityisesti erityisissä tilanteissa (esimerkiksi erityisissä kemikaali tai kaasu satamissa tai suuren vuorovesialueen satamissa), kiinnitystoimet vaativat erityistä ammattitaitoa sekä varusteita. Satamaviranomaiset voivat säännellä näitä toimia, kun vain yksi erikoistunut yhtiö tarjoaa näitä palveluita.
- Alusliikennepalvelu (VTS) sekä navigoinnin avustajat: tämä on meriliikenteen seurantapalvelu, joka on satamaviranomaisten järjestämä. VTS:n tarkoitus on parantaa laivaliikenteen turvallisuutta ja tehokkuutta sekä suojella ympäristöä. Se tarjoaa mahdollisuuden puuttua vaarallisiin tilanteisiin. VTS on yleensä sataman tai merenkulkuviranomaisen palvelu. Näitä palveluita tarjotaan satama-alueilla, vilkkaasti liikennöidyillä väylillä tai rannikolla. VTS:n toimintaa valvotaan viranomaisten toimesta. Navigoinnissa avustaminen kuuluu satamaa lähestyttäessä sekä rannikkoalueilla kansalliselle merenkulkuviranomaisille ja satamassa satamaviranomaisille. Poijujen asettaminen sekä huolto on taas yleensä tuotettu alihankkijoiden toimesta. Koska navigoinnissa avustaminen on yleensä osa merenkulunrakennetta, niin näiden palveluiden kulut katetaan normaaleista satamamaksuista.
- Vaarallisten aineiden hallinta: tätä toimintaa suorittaa yleensä erillinen ryhmä satamaviranomaisista. Maakuljetuksissa valvonta sekä sääntely ovat valtion viranomaisten vastuulla.
- Jätteidenkeräys palvelu: nämä ovat yksityistettyjä toimia jotka toimivat satamaviranomaisten tai muun vastaavan tahon valvonnassa. Oikeanlainen jätteiden käsittely on kallista varustamoille. Kalliiden hintojen vuoksi jätteiden heittäminen mereen voi olla laivoille houkuttelevaa. Jotta jätteiden keräystä voidaan hallita, niin satamat voivat sisällyttää osan tai kaiken keräyksestä aiheu-

tuneista kustannuksista satamamaksuihin. Jätteiden kuljetus laivasta keräyspisteille on myös haastavaa, erityisesti suurissa satamissa. Jotta jätteet saataisiin kuljetettua helposti, satamaviranomaisten tulisi tarjota proomuja tai kuorma-autoja tätä tarkoitusta varten. Koko jätteidenhallintajärjestelmän, sisältäen henkilöstön sekä palvelut tulisi olla tarkkaan valvottuja oikean viranomaisen toimesta. Kun jätteidenkäsittelyssä on mukana yksityisiä yrityksiä, viranomaisten tulisi asettaa asiantuntijoita varmistamaan, että kaikkia lakeja ja sääntöjä noudatetaan.

- Pelastuspalvelut: näitä palveluja tarjoavat useat toimijat, kuten satamaviranomaiset, puolustusvoimat, pelastuslaitos sekä poliisi. Joissakin satamissa on erityiset välineet kriisinhallintaan kuten suunnitelmat kaasupilville. Kyseisenkaltaiset välineet ovat yleensä yhdistetty paikalliseen vessel traffic management system (VTMS) ohjelmaan. Yksityiset yhtiöt (esimerkiksi hinausyhtiöt) voivat olla avustavassa roolissa kriisinhallinnassa kuten tulipalojen sammuttamisessa. Suuremmissa satamissa on käytössä myös partioveneitä sekä autoja erilaisten tilanteiden varalle ja ne ovat usein varustettu myös palosammutuskalustolla. Jos satamassa ei ole partioveneitä käytössä tulisi näissä olla sopimus palosammutuksesta hinausyhtiöiden kanssa, jotta palosammutuskalustoa olisi saatavissa myös merellä.
- Ruoppaustoimintojen hallinta. Nämä ovat yleensä satamaviranomaisten tehtäviä. Yleensä satamaviranomaisilla tai merenkulkuviranomaisilla ei ole riittävää ammattitaitoa ruoppauksen valvontaan. Isolla vesialueella toimivien satamaviranomaisten tulisi palkata ammattitaitoinen henkilö valmistelemaan ruoppaus-sopimuksia ja valvomaan yksityisen yhtiön suorittamia ruoppaustoimia. Joillakin satamilla saattaa olla kannattavaa omistaa omat ruoppaajat erityisesti, jos tarvitaan jatkuvaa ja välttämätöntä huoltoruoppausta

Laivoilla voi olla tarvetta käyttää kyseisiä palveluita satamassa joka sitten vaikuttaa aluksen satamassaoloaikaan.

17.5 Toimia aluksen odotusajan lyhentämiseksi

17.5.1 Virtual arrival

Virtual arrival on just in time- toimintoihin liittyvä käsite jonka avulla pyritään vähentämään laivan odottelu-aikaa satamassa.

17.5.2 Tehokas lastinkäsittely.

Konttisatamissa kaikki toimet lastinkäsittelyssä tulisi suunnitella ja aikatauluttaa jotta kontteja saadaan liikuteltua mahdollisimman nopeasti sekä vähennettyä kustannuksia.

Lastinkäsittelyn parantamiseksi, seuraavia suunnitelmia tarvitaan:

- Suunnitelma laiturinkäytöstä
- Nostureiden käytön aikataulutus
- Konttien kuljetuksen aikataulutus
- Toimintojen suunnitelma, normaalisti päiviksi eteenpäin.

Nämä toimet liittyvät läheisesti lastinkäsittelyyn satamassa jossa tehokkaat toimet voivat vähentää laivojen satamassaoloaikoja sekä lisätä ympäristöllisiä hyötyjä. Hyvin suunniteltu lastinkäsittely, niin satamassa kuin laivallakin voi vähentää laivan koneiden päästöjä ja näin ollen pienentää energiankulutusta kuljetettua rahtiyksikköä kohden.

17.6 Just in time-toimintojen vaikutukset

Useat tutkimukset kuten INTERTANKO:n ja OCIMF:n tutkimukset osoittavat Just in time-toimintojen hyödyt. INTERTANKO:n ja OCIMF:n vuoden 2010 tutkimuksen mukaan Virtual arrival vähentää aluksen polttoainekulutusta tavallisesti noin 20%. Tämä luku riippuu tietysti aluksen mallista, koosta, matkan ominaisuuksista sekä satamassa vietetystä ajasta. Tästä huolimatta kaikki mittarit osoittavat säästöjen olevan ainakin kaksinumeroisissa luvuissa. Kun satama aika vähenee, niin polttoainekulutus sekä CO₂-päästöt vähenevät huomattavasti (olettaen, että kokonaismatka-aika pysyy samana). Tämä tarkoittaa sitä, että satama-ajalla on suuri vaikutus tehokkaaseen

laivan toimintaan. Satama-ajan vähentäminen, tai odotusajan väheneminen Just in time-saapumisen ja poistumisen avulla, lisää sataman tuottavuutta ja yksinkertaistaa hallinnollisia prosesseja, sekä johtaa pienempiin toimintakustannuksiin sekä parantaa koko merenkulkualan ympäristöystävällisyyttä. Toisin sanoen, jos varustamo valitsee sataman, jossa rahdinkäsittely on nopeaa, niin silloin he voivat parantaa aluksiensa tehokkuutta sekä vähentää päästöjä.

18 KEINOJA SATAMAN ILMANLAADUN PARANTAMISEKSI SEKÄ KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI

18.1 Johdanto.

Satamatoiminnot sisältävät paljon muitakin toimintoja kuin vain laivatoiminnot näitä ovat esimerkiksi lastin lastaaminen sekä purkaminen, maakuljetukset sekä satama-alusten tarjoamat palvelut laivoille (esim. ruoppaus, hinaajat, bunkraus yms.). suurin osa näistä toiminnoista toimii dieselmootoreilla, vaikka sähköistyminen sekä vaihtoehtoiset polttoaineet ovatkin yleistymässä. Tässä kappaleessa käydään läpi keinoja satama-alueen päästöjen sekä kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Tästä on tehty useita erilaisia tutkimuksia, joista ICCT20 ja IMO:n tekemät ovat kaikista suurimpia. Tässä materiaalissa käydään näiden tutkimusten pääkohdat läpi.








18.2 ICCT:n tutkimukset sataman ilmanlaadusta



Suurin osa tutkimuksista keskittyvät sataman päästöihin eivätkä energiatehokkuuteen. Yksi näistä tutkimuksista on ICCT:n joulukuussa 2012 valmistunut tutkimus. Tässä tutkimuksessa ICCT korostaa teknologioita joilla voitaisiin korvata dieselmootorit laivojen ja sataman kulkuneuvojen pääasiallisena voimanlähteenä. Suurin huomio tässä tutkimuksessa on ilmansaasteissa kuten pienhiukkaset (PM), hiilimonoksidi, SO_x, NO_x ja VOC- päästöissä.

Huomioituja teknologioita päästöjen vähentämiseksi ovat:

- Diesel-hapetuskatalysaattori: tämä on laite, joka asennetaan moottorin pakoputkeen ja se hapettaa saasteita kuten CO, PM ja HC
- Hiukkassuodatin: tätä laitetta käytetään poistamaan pienhiukkasia pakokaasusta, jotta ne eivät pääsisi vapautumaan ilmaan.
- Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen (SCR): tämä on hyvin tunnettu tekniikka NO_x-päästöjen huomattavaan vähentämiseen. Tässä suihkutetaan pakokaasun sekaan lisäainetta joka muuttaa NO_x-päästöt takaisin N₂ ja O₂ muotoon.
- Pakokaasupesurit: tämäkin on jo hyvin tiedetty keino, jonka avulla pakokaasuista saadaan poistettua SO_x-päästöjä.
- pakokaasun takaisinkierrätys (EGR): hyvin tunnettu keino jonka avulla pyritään pienentämään moottorin palamislämpötilaa ja näin vähentää NO_x-päästöjä kierrättämällä osan pakokaasuista takaisin sylinteriin.
- Maasähkö: tällä tarkoitetaan laivan kiinnittämistä sataman sähköverkkoon jolloin laivan moottorit voivat olla sammutettuina.
- Puhtaat polttoaineet: tähän sisältyy useita erilaisia vaihtoehtoja kuten matalarikkinenpolttoaine, LNG, CNG, biopolttoaineet jne. suurin osa näistä polttoaineista vähentää SO_x-päästöjen lisäksi myös NO_x-päästöjä.

Näillä keinoilla voidaan saada parannettua ilmanlaatua satamissa. Monia näistä keinoista pidetään myös CO₂-päästöjä vähentävinä keinoina, vaikka todellisuudessa useimmat näistä keinoista kasvattaa hiukan kokonaispolttoaineenkulutusta.

Type	Technology Name	Application	Potential Emissions Reduction	Cost (US\$)
General Emissions Control Technologies	Diesel Oxidative Catalysts (DOC)		PM 20-30% HC 50-90% CO 70-90%	\$1,000-2,000 (Truck, CHE) \$3,000-4,000 (Marine) Variable Cost (Locomotive)
	Closed Crankcase Ventilation (CCV)		PM 15-20%	\$700 (\$48-50 filter replacement)
	Diesel Particulate Filters (DPF)		PM up to 90% HC, CO 60-90%	\$6-18K (Truck) up to \$40K (Marine, Locomotive)
	Selective Catalytic Reduction (SCR)		NO _x 70-90%	\$36K (Truck & CHE) \$60K-120K (Marine)
	Lean NO _x Catalyst (LNC)		Moderate NO _x Reductions	\$14K (On-road) \$40K (Off-road (limited))
	Exhaust Gas Scrubbers		SO _x 90-99% PM 60-80%	\$5M (Marine)
	Shore Power		Net emissions reductions	\$1-15M

On-Engine Modification	Exhaust Gas Recirculation (EGR)	                                             
------------------------	---------------------------------	---

Laitteisiin liittyvät toimenpiteet:

Laitteisiin liittyvät toimenpiteet koostuvat seuraavista ryhmistä joita voidaan käyttää pääasiassa dieselmoottoreissa ja kattiloissa:

- Moottoritekniikat
- Kattilatekniikat
- Jälkikäsittelytekniikat

Energiaan liittyvät toimenpiteet:

Energiaan liittyvät toimenpiteet liittyvät laivoilla käytettäviin energialähteisiin, vaikka ne eivät fyysisesti sijaitsisikaan laivalla tai satamassa (esim. maasähkö). Energiaan liittyvät toimenpiteet jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- Vaihtoehtoiset polttoaineet
- Vaihtoehtoiset energialähteet

Toiminnalliset toimenpiteet:

Toiminnalliset toimenpiteet viittaavat toimiin jotka vaikuttavat laivan tai sataman toimintoihin ja joita voidaan käyttää aluksen päästöjen pienentämiseen. Toiminnolliset toimenpiteet jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- Laivan toiminnallinen tehokkuus
- Sataman toiminnallinen tehokkuus
- VOC häviöt

18.3.2 Tutkimuksessa käytetyt merkinnät:

IMO:n raportissa on lyhyt kuvaus jokaisesta toimesta sisältäen tietoa jokaisesta toimesta, seuraavana on tietoa, kuinka nämä toimet vaikuttavat sataman toimintaan. Raportissa on myös yhteenveto, jossa käytetään seuraavia symboleita:

- Sovellettavat päästölähteet- selvittävät mihin päästölähteisiin nämä toimet vaikuttavat:
 - Pääkoneet (P)
 - Apukoneet (A)
 - Kattilat (B)
 - Muut koneet moottorit ja kattilat (all)
 - Käytössä olevat VOC tankit (tank)

- Jälkiasennettavat: tämä tarjoaa tietoa, voidaanko kyseisiä järjestelmiä asentaa nykyisiin laivoihin kolmeportaisella asteikolla: kyllä (Y) tai vain uudisrakennuksiin (N), tai ei käytettävissä (na)
- Terminaali/laiva: näiden toimintojen mittaaminen on jaettu seuraaviin ryhmiin:
 - Terminaali (T)
 - Laiva (V)
- Sovellettavat toimintatilat: Tämä kertoo aluksen toiminnallisen tilan, jossa tätä keinoa voidaan käyttää: toimintatilat on jaettu seuraaviin ryhmiin:
 - Avomeri (S)
 - Siirtymässä (T) tai ohjailtavana (M)
 - Satamassa (B) tai ankkurissa (A)
 - Kaikki tilat (all)
- Päästöt ja energiatehokkuus: tässä listataan ilmansaasteiden määrän muutoksia käytettäessä kyseistä keinoa ja tarjoaa tiedon mahdollisen muutoksen määrästä. IMO raportti korostaa, että päästöjen vähenemisen vaikutukset perustuvat yleiseen tietoon ja julkaistut arvot eivät välttämättä ole samoja kuin viranomaisten hyväksymät arvot. Tapauksista joissa tiedot ovat olleet saatavina on seuraavat symbolit kuvaamassa vaikutusta päästöihin.
 - ↑ nostaa päästöjen määrää
 - ↓ laskee päästöjen määrää
 - ⇕ joko nostaa tai laskee päästöjen määrää riippuen useista tekijöistä

Jos tutkimuksessa on annettu prosenttimäärä se tarkoittaa suurinta mahdollista vähennystä. Jos julkaistu tieto ei ole riittävän tarkkaa, että kyseisen menetelmän päästövähenyksiä ei ole vielä voitu laskea on sen viereen merkitty, ”määritetään myöhemmin” (TBD)

Tässä tulisi kuitenkin huomioida, että päästöjen vähentäminen johtuu käytössä olevasta toimintatilasta, moottorin kuormasta, laivan energiavaatimuksesta, polttoaineesta, toiminnallisista muuttujista, laitteiden ominaisuuksista ja monesta muusta seikasta. Tyypillisesti jokaisen keinon käyttäminen vaatii tapauskohtaista arviointia (cbc).

18.3.3 Tutkimuksen lopputulos olemassa olevista teknologioista

Tutkimuksessa on jokaisesta kategoriasta yhteenvetotaulukko, jossa on listattu toiminto (ensimmäinen sarake) sekä tieto käytettävyydestä, jälkiasennettavuudesta, mahdollisista toimintatiloista ja päästöjen vähentämispotentiaalista NO_x, SO_x, PM sekä HC päästöjen osalta sekä viimeisenä muttei vähäisimpänä ”energiankulutus” joka osoittaa jollakin tasolla energiatehokkuutta. Seuraavaksi on lyhyt yhteenveto näistä kategorioista.

Moottoritekniikoissa käsiteltävien asioiden voidaan todeta olevan hyvin linjassa ICCT:n tutkimuksen kanssa.

Engine Technologies	Applicable Emission Source	Retrofitable?	Applicable Operational Modes	NO _x	PM	SO _x	HC	Energy Consumption
Repower	P/A	Y	All	≤80%↓	↓ cbc	–	–	↕ cbc
Remanufacture Kits	P/A	Y	All	↕ cbc	↓ cbc	–	↕ cbc	↕ cbc
Propulsion Engine Derating	P	Y	STM	↑ cbc	↕ cbc	–	tbd	↕ cbc
Common Rail	P/A	Y	All	≤25%↓	↓ cbc	–	–	≤5%
Exhaust Gas Recirculation	P/A	Y	All	≤60%↓	tbd	–	tbd	tbd
Rotating Fuel Injector Controls	P	N	STM	≤25%↓	≤40%↓	cbc	cbc	cbc
Electronically Controlled Lubrication Systems	P	Y	STM	–	≤30%↓	–	≤30%↓	–
Automated Engine Monitoring/Control Systems	P/A	N	ALL	≤20%↓	tbd	≤3%↓	–	≤5%↓
Valve, Nozzle, & Engine Timing NO _x Optimization	P	Y	STM	↓ cbc	↕ cbc	–	↓ cbc	↑ cbc
Slide Valves	P	Y	STM	↓ cbc	↓ cbc	–	↓ cbc	↕ cbc
Continuous Water Injection	P/A	Y	All	≤30%↓	≤18%↓	–	–	–
Direct Water Injection	P/A	Y	All	≤60%↓	↕ cbc	–	↕ cbc	–
Scavenging Air Moistening/Humid Air Motor	P/A	Y	All	≤65%↓	↑ cbc	↑ cbc	–	↑ cbc
High Efficiency Turbochargers	P/A	Y	All	↓ cbc	↓ cbc	–	↕ cbc	↓ cbc
Two Stage Turbochargers	P/A	Y	All	≤40%↓	tbd	–	–	↓ cbc
Turbocharger Cut Off	P	Y	STM	≤40%↓	tbd	–	tbd	↓ cbc
Crank Case VOC Leakage	P	Y	STM	–	tbd	–	≤100%↓	–

Kuva 28. Yhteenveto Moottoritekniikoista (IMO, 2015)

Kuten yhteenvedosta voidaan nähdä monet näistä tekniikoista ovat jälkiasennettavissa, ne sopivat suurelta osin niin pääkoneille kuin apukoneillekin, sekä niiden vaikutuksia energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin ei voitu selvittää. Joillakin näistä tekniikoista voi olla negatiivinen vaikutus energiatehokkuuteen.

Jälkikäsittelyteknologiat

Jälkikäsittelyteknologiat käsittävät pääasiassa dieselmootoreiden pakokaasujenkäsittelyjärjestelmät. Nämä teknologiat sisältävät pesurit, SCR yms. Ja niiden tarkoitus on vähentää ilmansaasteita, ei niinkään CO₂-päästöjä.

	Applicable Emission Source	Retrofittable?	Applicable Operational Modes	NOx	PM	SOx	HC	Energy Consumption
After-Treatment Technologies								
Selective Catalytic Reduction (SCR)	All	Y	All	≤95%↓	–	–	–	↑ cbc
Exhaust Gas Scrubbers - Wet	All	Y	All	≤5%↓	≤80%↓	≤98%↓	–	↑ cbc
Exhaust Gas Scrubbers - Dry	All	Y	All	≤5%↓	≤80%↓	≤98%↓	–	↑ cbc
Barge-Based Systems	AB	na	B	≤95%↓	≤95%↓	≤95%↓	tbd	↑ cbc

Kuva 29. yhteenveto pakokaasunkäsittelyjärjestelmistä (IMO, 2015)

kuten kuvasta voidaan havaita, monet näistä tekniikoista ovat jälkiasennettavia ja ne voivat vähentää laivan pakokaasupäästöjä huomattavasti. Valitettavasti, nämä tekniikat lisäävät laivan energiankulutusta, ja näin ollen kasvihuonekaasupäästöjä. Energiankulutuksen nousua ei voitu määrittää ja se on tapauskohtaista.

Vaihtoehtoiset polttoaineet

	Applicable Emission Source	Retrofittable?	Applicable Operational Modes	NOx	PM	SOx	HC	Energy Consumption
Fuels								
Low Sulfur Fuels	All	NA	All	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	–	↓ cbc
Liquefied Natural Gas - gas only	All	N	All	≤88%↓	≤98%↓	100%↓	↑ cbc	↓ cbc
Liquefied Natural Gas - dual-fuel	All	Y	All	↓ cbc	≤78%↓	97%↓	↓ cbc	↓ cbc
Water in Fuel	All	Y	All	≤30%↓	–	–	–	–
Methanol	All	Y	All	↓ tbd	tbd	100%↓	tbd	↓ cbc
Biofuels	All	Y	All	↑	tbd	↓ cbc	tbd	tbd

Kuva 30. Yhteenveto vaihtoehtoisista polttoaineista (IMO, 2015)

Monet polttoaineista ovat käytettävissä nykyisillä teknologioilla. Jotkut vähentävät huomattavasti pakokaasupäästöjä ja voivat johtaa vähentyneeseen energiankulutukseen sekä kasvihuonekaasupäästöihin. Vaihtoehtoiset polttoaineet ovat hyvin tunnettu merenkulussa ja sääntelyt kuten ECA (Emissions Control Area) pakottaa laivoja siirtymään vähärikkisen polttoaineen tai muiden vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttämiseen.

Vaihtoehtoiset teholähteet

Alternative Power Systems	Applicable Emission Source	Retrofittable?	Applicable Operational Modes	NOx	PM	SOx	HC	Energy Consumption
On-Shore Power Supply	A	Y	B	≤95%↓	≤95%↓	≤95%↓	≤95%↓	≤95%↓
Barge Power Supply	A	Y	B	↕ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↑ cbc	↕ cbc
Solar Power	A	Y	B	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc

Kuva 31. Yhteenvedo vaihtoehtoisista energialähteistä (IMO, 2015)

Maasähkö on kaikista tehokkain keino laivan päästöjen vähentämiseksi. Muut tekniikat ovat hyvin tapauskohtaisia.

18.3.4 Tulevaisuuden teknologiat, polttoaineet sekä toimintatavat

Toimet jotka ovat sisällytetty tähän:

- Omaavat selvän teoreettisen mahdollisuuden päästöjen vähentämiseksi tai tehokkuuden parantamiseksi joita ei ole vielä testattu käytössä ja ovat pääasiassa prototyyppi vaiheessa.
- Ovat valmiina käytettäväksi ja ovat vielä vähän käytettyjä, mutta omaavat potentiaalia kasvamiseen, kunhan suurimmat esteet on saatu ohitettua kuten hinta.
- Käytetään maapuolella ja voivat olla käytettävissä tai muokattavissa merenkulkuun.

	System Applicability	Retrofittable	Market Maturity	NO _x	PM	Efficiency Improvement	Cost
Measures from Existing List							
Engine Optimization Technologies	P	Y	M/E	↓	↓	↑	↕
Engine Automation and Data Collection	P/A	Y	M/E	↓	↓	↑	↓
Turbocharger technologies	P	Y	M/E	↓	↕	↑	↕
Combustion Water Technologies	P	Y	M/E	↓	↕	↕	↑
Shore-based exhaust treatment systems	P/A	Y	L/E	↓	↓	↕	↑
Automated Berthing	O	Y	M	↓	↓	↑	↓
Alternative Fuels	P/A	Y	M/E	↕	↕	↕	↕
Solar Power	E	Y	M	↓	↓	↑	↓
"New" Measures							
Variable camshaft timing	P	Y	L/E	↓	↓	↕	↓
Selective non-catalytic reduction (SnCR)	P	Y	L/E	↓	↕	↕	↑
Low-Temperature SCR	P	Y	L/E	↓	↕	↕	↑
Low NO _x Burners	B	Y	L/E	↓	↕	↕	↑
Electrical System Improvements	E	Y	M	↓	↓	↑	↓
Low energy lighting	E	Y	M	↓	↓	↑	↓
Multi-mode propulsion	P	N	M/E	↓	↓	↑	↕
Battery Hybrids	P/E	Y	L/E	↓	↓	↑	↓
Fuel Cells	P/E	N	L/E	↓	↓	↑	↓
Vessel size increase	O	N	M	↓	↓	↑	↓
Megaboxes	O	N	T	↓	↓	↑	↓
Alternative cargo Loading	O	N	T	↓	↓	↑	↓
Mid-stream operations	O	Y	L/T	↓	↓	↑	↓
Virtual Arrival and Alternative Berth Policies	O	Y	M/E	↓	↓	↑	↓

Kuva 32. Yhteenvedo suunnitteilla olevista tai kasvavista teknologioista (IMO, 2015)

Kuten yhteenvedosta on nähtävissä nämä keinot vähentävät ilmansaasteita (NO_x sekä PM) ja sen lisäksi parantavat energiatehokkuutta ja vähentävät kustannuksia.

18.3.5 Tutkimuksen keskeisimmät havainnot

Edellä mainituista teknisistä ja toiminnallisista toimenpiteistä ja tutkimuksista voidaan tehdä seuraavia tämän kappaleen kannalta oleellisia havaintoja, jotka on mainittu edellä olevassa tutkimuksessa.

- Saatavilla on useita keinoja jotka vähentävät tehokkaasti päästöjä ja parantavat energiatehokkuutta. Jotkin keinoista ovat olleet käytössä jopa kymmenen vuotta ja niiden määrä on jatkuvassa kasvussa. Saatavissa olevien keinojen skaala on melko laaja, sisältäen moottori -ja kattilateknologiat, jälkikäsitellyn, polttoainevaihtoehdot, vaihtoehtoiset tehölähteet sekä lastikaasujen keräys.

- Ei ole olemassa kaikille sopivaa ratkaisua. Useista muuttujista johtuen kuten päästöistä joita koitetaan vähentää, käsiteltävästä lastista, käyttäjästä yms. Joten jokainen toiminto pitää arvioida tapauskohtaisesti.
- Useita teknologioita on kehitteillä, joilla on potentiaalia laivan päästöjen pienentämiseksi satama-alueella.

19 LAIVAN SATAMA AIKAISEN TOIMINNAN ENERGIATEHOKKUUS

19.1 Johdanto

Kun laiva saapuu satamaan, sillä on mahdollisuus vähentää hieman polttoaineen kulu- tusta, kun se on ankkurissa tai laiturissa. Vaikka tällä vähentämisellä ei ole merkittävää vaikutusta laivan vuosittaiseen polttoaineenkulutukseen sillä voi olla huomattava vai- kutus sataman ilmanlaatuun. Tästä syystä tässä kappaleessa käydään läpi keinoja joilla laivan miehistö voi tehostaa aluksen toimintoja satamassa.

On useita keinoja, joita käyttämällä voidaan vähentää polttoaineenkulutusta ja näin ollen parantaa laivan energiatehokkuutta ja sataman ilmanlaatua. Näitä keinoja analy- soidaan olettamalla, että laiva ei ole kytkettynä maasähköverkkoon tai polttoainetyyp- piä ei vaihdeta, koska nämä toimet tekevät osan näistä toimista tarpeettomiksi.

Tässä osiossa käsitellyt asiat ovat laivan päivittäisiä toimia joita voidaan tehdä kaikilla laivoilla. Joitakin näistä keinoista voidaan käyttää myös satama-aluksissa. Suurimmat laivan järjestelmistä jotka ovat käytössä, kun laiva on ankkurissa tai satamassa ovat:

- Apukoneistot
- Apukoneet
- Kattilat

Lisäksi joitakin laivan lastinkäsittelyjärjestelmiä voi olla käytössä jolloin on enem- mänkin keinoja energian säästämiseksi. Tästä huolimatta tässä kappaleessa keskity- tään vain yllä oleviin kolmeen kohtaan.

19.2 Apukoneistojen käyttäminen

Laivan dieselgeneraattorit tuottavat laivalle sähköä satamassa, jotta laivalla voidaan käyttää monia erilaisia laitteita konehuoneessa, kannella ja asuintiloissa. Näitä ovat esimerkiksi konehuoneessa tuulettimet, pumput ja muut laitteet. Asuintiloissa valaistus, ilmastointi ja keittiö kuluttavat sähköä. Energian säästämiseksi ja päästöjen pienentämiseksi, apulaitteiden käyttöä satamassa tulisi vähentää, turvallisuus huomioiden.

Näitä laitteita käytetään satamassa usein liikaa. Laivan henkilökunta saattaa toteuttaa samoja toimenpiteitä kuin aluksen ollessa merellä ja pitää kaikkia laitteita päällä. Tätä laitteiden ylimääräistä päällä pitoa voidaan myös pitää keinona poistua satamasta nopeasti tai sitten varustamalla ei ole toimintaohjeita, kuinka laitteita tulisi käyttää satamassa.

Tämän ei ole pakko olla näin ja se voidaan muuttaa oikeanlaisella suunnitelmalla, kuinka konehuoneen koneita käytetään satamassa/ankkurissa jotta voidaan varmistaa energiatehokkuus ja turvallisuus. Suunnitelman päätarkoitus tulee olla energian säästäminen turhia laitteita sammuttamalla. Esimerkiksi, seuraavia asioita voidaan tehdä:

- Minimoida käynnissä olevien apulaitteistojen käyttäminen satamatoimintojen vaatimukset huomioiden. Laivalla on useita pumppuja, kuten peräsinkoneikon pumput, pääkoneen jäähdytysvesipumput, voiteluöljypumput yms. Sataman vaatimuksista riippuen monia näistä voidaan sammuttaa satamatoimintojen ajaksi.
- Vähentää ilmastointikoneiden määrää, kun ympäristö antaa siihen mahdollisuuden. Lämpötilan sisätiloissa ei tarvitse olla alle 24 °C.
- Konehuoneen puhaltimien määrää tulisi myös vähentää satamassa tai asettaa hitaammalle nopeudelle. Koska pääkone ei ole toiminnassa satamassa, ei ole tarvetta pitää kaikkia konehuoneen puhaltimia päällä.
- Polttoaineen käsittelylaitteiden ei tarvitse toimia samalla teholla kuin merellä koska pääkone ei ole päällä.
- Paineilman käytön vähentäminen on myös toimiva energian säästämiskeino.

Näillä toiminnoilla voidaan vähentää sähköenergian tarvetta joka johtaa myös pienentyneeseen polttoainenkulutukseen. Lisäksi koneiden käyntitunnit vähenevät jolloin sillä on myös hyötyä huollontarpeessa.

Lisäksi asuintiloissa on mahdollista säästää energiaa aluksen ollessa satamassa. Tästä huolimatta nämä toimet ovat käyttökelpoisia myös merimatkan aikana, mutta ne ovat tehokkaampia satamassa.

- Valaistus: valaistuksen käyttämistä paikoissa joissa sille ei ole käyttöä, sekä kansivalaistuksen käyttämistä päivällä tulisi välttää.
- Keittiö: keittiössä voidaan myös säästää energiaa valaistusta ja muita sähkölaitteita sammuttamalla.
- Kansivalaistus: valaistukselle ei ole tarvetta päivällä.

19.3 Apukoneiden käyttäminen.

Satamassa monet laivat käyttävät kahta apukonetta rinnakkain turvatakseen sähkön tuotannon. Tämä on tarpeetonta useimmissa satamissa tai ankkurissa. Kun kaksi konetta toimii rinnakkain, molemmat toimivat todella pienellä kuormalla ja näin ollen niiden päästöt ovat korkeat, kuluttavat enemmän energiaa ja tämä ei ole koneen osille suunniteltu ja näin ne vaativat enemmän huoltoa.

Tästä syystä kahden koneen käyttämistä tulisi välttää, jos se ei ole välttämätöntä, näin voidaan samalla parantaa sataman ilmanlaatua.

Jotta tämä voidaan tehdä turvallisesti, kansi- ja koneosastojen välinen kommunikaatio on välttämätöntä. Jos kyseinen kommunikointi on tehokasta, konemestarit voivat tehdä oikeanlaisen generaattoreiden käyttösuunnitelman satamia varten.

19.4 Kattiloiden käyttäminen satamassa.

Kattilat muodostavat suurimman osan laivan energiankulutuksesta satamassa erityisesti öljytankkereilla. Tästä huolimatta kattilat aiheuttavat vähemmän haitallisia päästöjä kuin dieselmoottorit (vähemmän NO_x-päästöjä), tästä huolimatta niiden energiankulutuksen hallinta on hyödyllistä satama-alueen päästöjen hallinnassa.

Seuraavat toimet voivat vähentää kattiloiden käyttöä satamassa:

- Kahden kattilan rinnakkaiskäyttöä tulee välttää. Tämä ei ainoastaan paranna käytössä olevan kattilan tehokkuutta vaan myös toisen kattilan sähköntarve poistuu.

- Painolastitoimintojen suunnittelulla ja parantamisella, jos käytössä on höyrykäyttöiset painolastipumput. Monissa laivoissa painolastipumput ovat nykyään sähkökäyttöisiä tai sekoitus höyry -sekä sähkökäyttöisiä pumppuja.
- Kaikki mahdolliset kohdat höyrynkulutuksessa tulee huomioida höyrynkäytön vähentämiseksi. Toisin sanoen höyryn käyttöä tulee tarkkailla ja käyttö tulee päättää sataman vaatimusten mukaisesti.

Joillakin laivoilla kuten öljytankkereilla, kattiloita saatetaan käyttää inerttikaasun (IGG) tuotantoon. Inerttikaasun tuotanto sekä käyttö tulee olla tehokasta koska sen tuotannossa kattila toimii alhaisella kuormalla (monesti on käytössä erillinen inerttijärjestelmä kattiloiden käytön välttämiseksi).

19.5 Kylmäkoneiden vaikutukset energiatehokkuuteen

IMO:n tilaamasta tutkimuksesta laivojen satamatoiminnoista [MEPC 68/INF.16] keskusteltiin aiemmin, lisäksi oli lista toiminnallisista toimenpiteistä

	Applicable Emission Source	Retrofittable?	Applicable Operational Modes	NOx	PM	SOx	HC	Energy Consumption
Ship Operational Efficiencies								
Vessel Speed Reduction/Slow Steaming	All	Y	STM	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc
Optimization of Ship Reefer Systems	All	Y	All	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc
Optimization of Ship Systems	A	Y	All	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc
Optimization of Fleet Sizing to Maximize Vessel Efficiency	All	Y	All	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc	↓ cbc

Kuva 33. Yhteenveto laivan toiminnoista (IMO, 2015)

Kuten ylläolevasta kuvasta näkyy, myös kylmäkoneiden käyttöä tulee tarkkailla tästä näkökulmasta.

20 SÄHKÖN MAISTASYÖTTÖ (OPS)

20.1 Johdanto

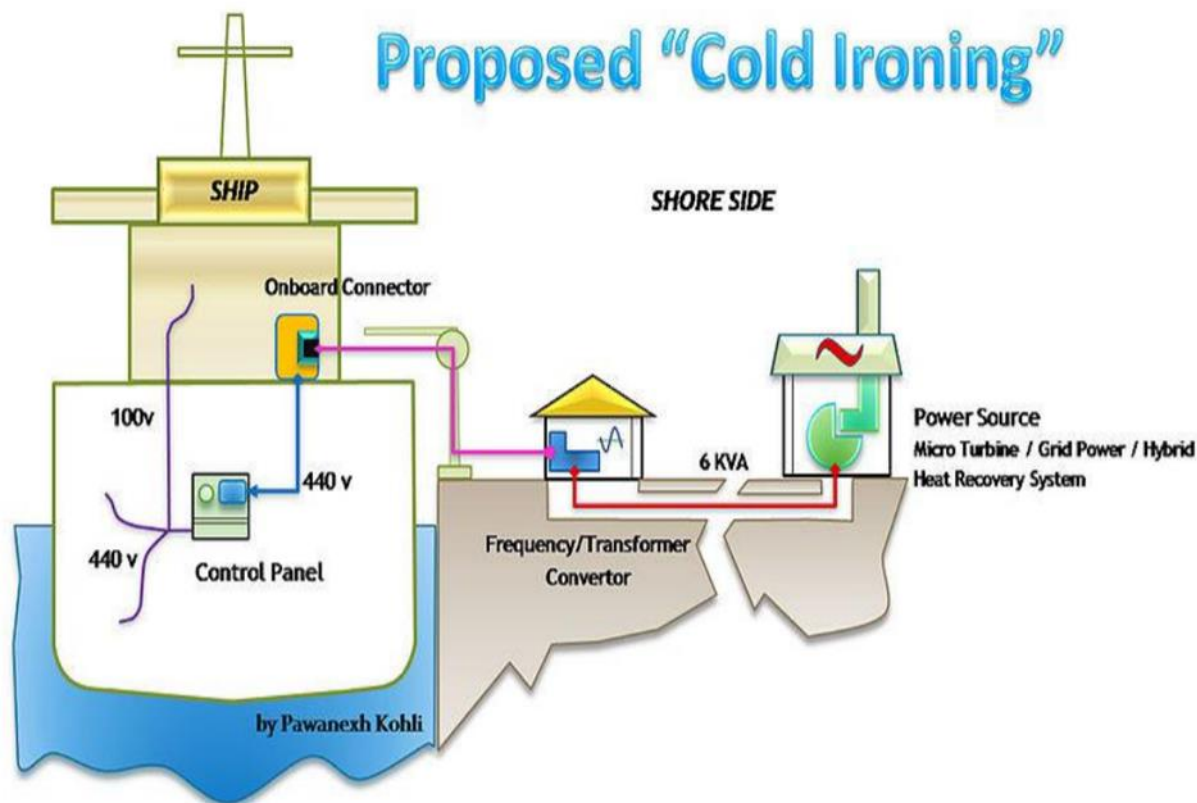
Laivan satamatoimintojen aikana, apukoneet tuottavat sähköä laivan toimintojen ylläpitämiseksi kuten myös lastinkäsittelylaitteille. Nykyään, tämä teho on tuotettu pääosin apukoneilla jotka aiheuttavat CO₂-päästöjä sekä ilmansaasteita, vaikuttaen paikalliseen ilmanlaatuun ja lopulta satamatyöntekijöiden ja paikallisten asukkaiden terveyteen.

Vaihtoehtona laivalla tuotettavalle sähkölle, laiva voidaan myös kytkeä maasähköverkkoon. Tällä tavalla laivan toiminnot voivat jatkua katkoitta samalla kun minimoidaan haitalliset sivuvaikutukset. Sähköntuotannon ja polttoaineen kulutuksen määrä ovat riippuvaisia aluksen koosta ja se voi olla jotain muutaman sadan kW:n ja useiden MW:n välillä.

Sataman ilmanlaadusta huolehtiminen on johtanut kasvaneeseen paineeseen pienentää satamatoimintojen aiheuttamia ilmansaasteita erityisesti SO_x, NO_x sekä PM-päästöjä. Sähkön syöttäminen satamasta laivalle on yksi suositeltava keino tätä tarkoitusta varten. Käyttämällä tätä keinoa voidaan laivan sähköntuotanto sammuttaa satamassa olemisen ajaksi.

Tuloksena, sataman ilmanlaadun paranemisen lisäksi on muitakin positiivisia vaikutuksia laivan satamatoimintoihin. On todettu, että tällä keinolla on ympäristövaikutusten lisäksi myös sosiaalisia hyötyjä sekä se voi tarjota taloudellisia hyötyjä kaikille osapuolille. Viimeinen asia on kuitenkin vielä varmistamatta.

Sähkön maistasyöttö (OPS), on ollut tiedossa jo pitkänaikaa merivoimienaluksilla, joissa laivat pysyvät yleensä pidemmän aikaa satamassa. Kyseisessä tilanteessa on laivalle taloudellista ottaa sähkö maista. Tämä oli alun perin US Navy:lla käytössä nimellä “cold ironing”.



Kuva 34. Tyypillinen OPS järjestelmä (Wikipedia)

20.2 OPS:n käyttäminen

Laivat käyttävät normaalisti tasaisen määrän sähkövirtaa ollessaan satamassa. Keski-kokoisella tankkerilla energiankulutus satamassa voi olla n. 400kW (pois lukien sähkövirta joka tarvitaan lastitoimintoihin sekä painolastitoimintoihin). Kyseisellä tankkerilla 30 tunnin satamassa olemisen aikana kulutetaan 12MWh sähköä; mitä kauemmin alus on satamassa sitä suuremmaksi tämä luku kasvaa. Keskikokoisella risteilyaluksella energiankulutus on noin 8MW. Kyseisellä risteilyaluksella 12 tunnin satamassa olon aikana tarvitaan 96MWh. Tämän tehon tuottaminen laivalla tuottaa NO_x, SO_x, PM ja CO₂-päästöjä, jotka voivat olla merkittäviä, jos laivan satamassaoloaika tai vierailu määrät kasvavat. Maissa tuotettu sähkö on ympäristön kannalta parempi kuin laivalla dieselmootoreilla tuotettu sähkö. Maavoimalaitoksilla sähköä voidaan tuottaa suurella hyötysuhteella suurissa voimaloissa puhtailla polttoaineilla tai kaasujen puhdistusjärjestelmillä varustetuilla voimaloilla. Lisäksi sähkö on yleensä tuotettu syrjäisillä seuduilla, jolloin sillä on vähäiset vaikutukset asutuilla alueilla. Kun taas laivalla tuotettu sähkö ei ole yhtä suurella hyötysuhteella tuotettua sekä pakokaasut

päästetään suoraan ilmaan jolloin se huonontaa sataman ja ympäröivien alueiden ilmanlaatua. Laivalla tuotetun sähkön hyötysuhde on huonompi koska käytössä on pienemmät koneet (teho on noin 2000kW) sekä koneita ajetaan pienellä kuormalla (Koneiden kuorma satamassa menee harvoin yli 50%). Maasähkön käyttäminen vähentää paljon laivan SO_x-päästöjä, mutta laivalla tarvitsee tuottaa höyryä satamassa, niin näitä päästöjä esiintyy hiukan tästä huolimatta. Tästä huolimatta, sähkön maistasyöttö on laajasti käytetty hyödyllinen keino vähentämään laivoista aiheutuneita paikallisia ilmansaasteita. Esimerkiksi California Air Resource Board vaatii varustamoita vähentämään niiden alusten aiheuttamia päästöjä Kalifornialaisissa satamissa noin 80% vuoteen 2050 mennessä joko käyttämällä maasähköä tai jotakin vaihtoehtoista keinoa jolla päästään kyseisiin vähennyksiin. Suuret satamat Euroopassa kuten Antwerpen ja Göteborg ovat myös tuomassa maasähkön saataville. Myös kiinassa joissakin satamissa kuten Shanghai ja Lianyungang on tulossa tämä mahdollisuus. On odotettavissa, että alentunut hinta kysynnän kasvaessa sekä standardisointi tekee OPS:n käyttämisestä entistä houkuttelevampaa tulevaisuudessa (ICCT joulukuu 2012).

Satamille mahdollisuus energian tarjoamiseksi laivoille tarjoaa niille mahdollisuuden parantaa niiden sähkönsiirtoa sekä mahdollisuuden toimia kuin sähköyhtiö joka myy sähköä laivoille. Tästä on lisäksi hyötyä työntekijöille niin satamassa kuin laivallakin tärinän ja metelin vähentyessä. Laivan henkilökunnalle tämä järjestelmä tarjoaa lisäksi ylimääräistä aikaa huoltojen sekä muiden satamatoimintojen suorittamiseen. Maasähkö on hyödyllisintä aluksille jotka vierailevat säännöllisesti samassa satamassa useita vuosia. Suurimpia hyötyjiä maasähkön käytöstä olisivat konttilaivat, lautat, Ro-Ro ja risteilyalukset koska ne toimivat säännöllisessä liikenteessä ja tarvitsevat sähköä satamassa.

20.3 Vaatimukset infrastruktuurille

Uuden maasähköjärjestelmän asentaminen vaatii infrastruktuurin päivittämistä satamassa ja se voi olla kallista, mutta sillä voidaan saada aikaiseksi huomattavat parannukset sataman päästöihin. Satamassa tarvittava infrastruktuuri on tyypillisesti verkon päivittäminen sähkölaitokselle, muuntajia, kytkimiä, kaapelointia, synkronointivälineet sekä kytkennät laivoille. Laivalla vaadittavat investoinnit ovat myös kalliita,

mutta hinta on tulossa alaspäin tekniikan yleistyessä. Hintaero sähkössä sekä polttoaineessa ovat pääosassa OPS:n kannattavuuden kannalta. Pieni hintaero sähköllä HFO:n verrattuna tarjoaa hyvän kannustimen maasähkön käyttämiselle.

Maasähkön käyttämisestä aiheutuu kustannuksia molemmille osapuolille niin satamalle kuin laivallekin. Koska sähkön toimittaminen laivalle on sataman tehtävä, satamassa vaadittavat investoinnitkin ovat suurempia. Ylimääräisiä kustannuksia tulee turvallisuusjärjestelmien rakentamisesta sekä mahdollisesti vaadittavasta verkon kapasiteetin kasvattamisesta.

20.4 Standardisointi

Jotta OPS:n käyttäminen yleistyisi useiden satamien sekä varustamojen keskuudessa, tulee liittimien sekä liitännäprosessien olla standardisoituja. Satamat eivätkä varustamot halua tehdä kalliita investointeja, jos he eivät voi olla varmoja, että samoja kytkentöjä voidaan käyttää muuallakin. OPS:n standardisointityö alkoi jo vuonna 2005. Suurimpia tekijöitä tämän työn eteenpäin viemisessä ovat teknologian toimittajat, valtiot, satamat, varustamot (erityisesti risteily, tankkeri ja konttilaiva yhtiöt), luokituslaitokset ja joitakin muita. IEC, ISO ja IEEE ovat yhdistäneet voimansa ja luoneet kansainvälisen standardin " ISO/IEC/IEEE 80005-1:2012 ISO/IEC/IEEE 80005-1 Utility Connections in Ports - Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems -- General requirements" tässä standardissa käsitellään sataman ja laivanvälistä liitännää sekä toimenpiteitä turvallista toimintaa.

20.5 Satamat jotka mahdollistavat OPS:n käyttämisen

Kansainvälinen satamajärjestö on toimittanut IMO:lle tietoa maailman satamia koskevista aloitteista, lisäksi he ovat perustaneet nettisivun (<http://wpci.iaph-worldports.org/onshore-power-supply/environment-and-health/climate.html>) tarjotakseen tietoa OPS:n käyttämisestä laivoille sekä satamille. Nettisivu tarjoaa tietoa useisiin OPS:n käyttämiseen liittyviin ongelmiin kuten sähköntuotantoon, jännitteeseen ja taajuuteen, turvallisuuteen, kustannuksiin sekä käyttöön ottamiseen.

Port	Country	High Voltage	Low voltage	Frequency
Antwerp	Belgium	6.6 kV		50 Hz/60 Hz
Goteborg	Sweden	6.6 kV/10 kV	400 V	50 Hz
Helsingborg	Sweden		400 V/440 V	50 HzV
Stockholm	Sweden		400 V/690 V	50 Hz
Piteå	Sweden	6 kV		50 Hz
Kemi	Finland	6.6 kV		50 Hz
Oulu	Finland	6.6 kV		50 Hz
Kotka	Finland	6.6 kV		50 Hz
Lübeck	Germany	6.6 kV		50 Hz
Zeebrugge	Belgium	6.6kV		50 Hz
Los Angeles	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Long Beach	U.S.A	6.6 kV	480 V	60 Hz
San Francisco	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
San Diego	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Seattle	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Juneau	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Pittsburgh	U.S.A		440 V	60 Hz
Vancouver	Canada			
Oslo	Norway	6.6 kV		50 Hz
Rotterdam	Netherlands	6.6 kV		50 HZ

Kuva 35. satamat joissa on OPS käytössä (WPCI, 2018)

20.6 IMO:n sääntely

Tällä hetkellä IMO:lla ei ole sääntelyä koskien OPS: sää. Oikeastaan, IMO:lla on todella vähän sääntelyä koskien satamien kehitystä/toimia jos niitä ei suoraan vaadita laivojen operointiin (kuten jätteiden keräys). Tästä syystä on tehty ehdotuksia uusien sääntelyiden lisäämiseksi MARPOL Annex VI, sääntelemään tulevaa kehitystä OPS:n käyttämiseksi. Esimerkiksi on ehdotettu, että laivojen tulisi suorittaa arviointia ympäristön kannalta samalla tavalla kuin ne tekevät arviointia taloudelliselta kannalta.

Osana tätä tulisi myös huomioida kuinka sähkö on tuotettu maissa ja samalla ympäristöhyötyjä saavutetaan pienemmillä kustannuksilla.

Osana ruotsin tekemää ehdotusta MEPC 55/4/13, on ehdotettu, että:

- Laivat jotka voivat osoittaa, että heidän tuottamansa sähkö on puhtaampaa kuin maista tarjottu sähkö, voivat toimia satamassa omalla sähköntuotannolla eikä niiden tarvitse käyttää OPSia.
- Laivojen ei tarvitsisi käyttää OPSia, jos niiden satamassaoloaika on alle kaksi tuntia.
- Satamilla tulee olla kapasiteettia ylläpitää laivojen normaaliin toimintaan vaadittava sähköverkko, huomioiden myös laskettavissa olevat kulutushuiput.
- Sähkön hinta ei saisi olla huomattavasti kalliimpaa kuin muutkaan satamamaksut, eikä sähkön hinta saisi olla kalliimpaa kuin sähkön keskihinta asiakkaille jotka toimivat sataman ympäristössä.

Näiden ehdotusten keskeinen sisältö näyttää olevan laivan omistajan suojeleminen sataman painostukselta käyttää OPS ilman hyvää kaupallista tai ympäristöllistä syytä.

20.7 OPS:n hyödyt

OPS:n käytössä on useita kohtia, joita tulee miettiä kuten ICCT:n raportissa [ICCT kesäkuu 2012] todetaan, josta suurin osa tämän kappaleen tekstistä on otettu. Nämä sisältävät infrastruktuurin kehittämisen, sähköntuotannon sekä kustannukset. Jotta OPStekniikka saadaan satamiin ja laivoille, tulee ensin arvioida tarvittavan sähköenergian määrä sekä varmistaa sopeutumiskyky muutoksiin. On tärkeää harkita paikallisen sähkölaitoksen käyttämistä, sähkön ympäristövaikutuksia sekä sähkönsiirtohäviöitä. Paikallinen sähkölaitos joka käyttää puhtaita energialähteitä sekä päästöjenhallinta tekniikoita tarjoaa suurimmat hyödyt maasähkön käyttämisestä.

OPS ei ole automaattisesti hyödyllistä kaikille laivoille ja laivatyypeille. OPS toimii parhaiten, kun laiva toimii samalla linjalla pitkiä aikoja ja vieraillee samoissa satamissa useita vuosia. Linjaliikenteessä olevia laivoja ovat tyypillisesti risteilyalukset, konttilaivat, kemikaali ja tuotetankkerit, LPG-tankkerit, LNG-tankkerit, lautat, Ro-Ro ja jotkin yleisrahtialukset.

Samassa satamassa säännöllisesti vierailun lisäksi, toinen tärkeä tekijä on laivan sähkönkulutus satamassa. Risteilyalukset ovat äärimmäinen esimerkki koska niillä on lyhyet satamassa oloajat, mutta niiden satamassakäyntien määrä sekä energian kulutus satamassa ovat suuria. Muilla alustyypeillä on pienemmät energiankulutukset satamassa, mutta ne ovat satamassa pidempiä aikoja. Satamakäyntien määrän lisäksi aluksen tulee käyttää samaa satamaa useiden vuosien ajan, jotta OPS:n käyttämisestä tulee kannattavaa.

Kaikista kallein osa OPS:stä on maainfrastruktuuri. Olemassa olevan sataman muuttaminen käyttämään OPS järjestelmää voi olla huomattavan kallista ja hinta vaihtelee satamien välillä. Yksi kaikkein kalleimmista konttisataman muutosprojekteista oli China Shippingin sataman muutostyö Los Angelesissa, joka maksoi noin \$7 miljoonaa. Yhdysvalloissa ja Kanadassa tehtyjen tutkimusten mukaan sataman muutostyöt maksavat noin US\$ 1-15 miljoonaa. Kustannukset vaihtelevat huomattavasti riippuen sataman laajuudesta, sopivan sähköliitännän etäisyydestä sekä monesta muusta tekijästä. On olemassa myös halvempia väliaikaisia ratkaisuja kuten käyttää suuria LNG- generaattoreita jotka sijoitetaan laiturille ja laiva kytketään siihen. Tämä maksaa noin \$200 000 alusta kohden sekä noin \$1 000 tunnissa generaattoria kohden. Oaklandin satama jonka muuttaminen perinteiseksi OPS satamaksi olisi maksanut noin \$90 miljoonaa, on osoittanut tämän tavan toimivuuden ja aikoo ottaa sen käyttöön kaikille aluksille tulevaisuudessa.

Laivan muuttaminen käyttämään OPS-järjestelmää maksaa noin \$400 000-\$2 miljoonaa laivaa kohden, laaja hintaskaala johtuu laivojen erilaisuuksista. Nämä hinnat ovat jatkuvassa laskussa jälkiasennusmäärien kasvaessa. Monet uusista laivoista on varustettu OPS-järjestelmällä tai suunnittelussa on otettu kyseinen järjestelmä huomioon, joten sen jälkiasentaminen on halvempaa.

Sähkönhintaa on myös tärkeä tekijä kustannustehokkuutta arvioitaessa. Lisäksi polttoaineiden hinnankehityksellä on vaikutusta kustannustehokkuuteen. Mitä korkeampi polttoaineen hinta ja matalampi sähkönhintaa sitä kannattavampaa on investoida maasähkön käyttämiseen. Yhdysvalloissa maasähköprojektit Kaliforniassa ovat saaneet apurahoja Carl Moyer apurahaohjelmasta. Ensimmäinen oli San Franciscon satama ja seuraavana San Diegon satama. Nämä palkkiot osoittavat, että OPS voi olla kustannustehokasta joissakin olosuhteissa. Kustannusarvioinnit vaihtelevat laitureittain, satamittain sekä alueittain. Yksityiskohtainen kustannusarviointi tulee tehdä jokaiselle projektille erikseen oikeiden kustannusten selvittämiseksi.

Ilman täysimittaista arviointia, on myös mahdollista tehdä arvio mahdollisista kustannuksista sekä hyödyistä, käyttämällä kolmea pääkohtaa:

1. Energianhinta; polttoaineen hinta satamassa sekä maasähkön hinta.
2. Jälkiasentamisen hinta niin laivoilla kuin satamassakin
3. Järjestelmän käyttötiheys sekä käyttöaika.

20.8 OPS ja energiatehokkuus

Ei ole epäilystäkään, että OPS vähentää huomattavasti ilmansaasteita satama-alueella ja niiden läheisyydessä. Kuitenkin, OPS:n kokonaisenergiatehokkuus siirtohäviöt sekä CO₂-päästöt huomioiden ei ole selvillä. Lisäksi OPS:n käyttämisen vaikutukset laivojen kustannuksiin eivät ole selvillä ja todennäköisesti ne vaihtelevat tapauskohtaisesti.

20.8.1 Energiatehokkuus

OPS:n energiatehokkuutta verrattaessa laivan sähköntuotannon tehokkuuteen tulee ottaa huomioon kaikki siirtohäviöt siirtomatkalla. Lisäksi maavoimalaitoksen terminen hyötysuhde verrattuna laivan vastaavaan tulee ottaa huomioon.

Yleisesti arvioidaan, että sähkönsiirtohäviöt ovat noin 10-25% riippuen siirtoverkosta (toisin sanoen keskiarvo on 17,5%). Tämä tarkoittaa, että maissa tuotetun sähkön CO₂-päästöjen tulee olla 10-25% pienempi kuin laivalla.

Toisaalta taas satamassa apukoneet toimivat yleensä pienellä kuormalla jolloin ne kuluttavat enemmän ja aiheuttavat päästöjä enemmän kuin optimaalisessa tilanteessa. Maissa toimiva voimalaitos taas voi toimia jatkuvasti optimaalisella kuormalla josta se saa hyötyjä päästöjen suhteen.

20.9 Sataman puhtaanilmanohjelmat.

Sataman puhtaanilmanohjelmat ovat kannustimia, joita käytetään joissakin satamissa alusten- sekä satamanpäästöjen vähentämiseksi. Kyseiset ohjelmat ovat yleensä satamaviranomaisten tekemiä johon on kerätty mielipiteitä myös muilta toimijoilta. Näiden ohjelmien tarkoituksena on asettaa tietty päästötavoite satamalle sekä ohjeet

kuinka kyseinen tavoite on saavutettavissa. Tavoitteiden saavuttaminen vaatii jatkuvaa parannusta, edistymisen seuraamista sekä arviointia Plan – Do – Check – Act (PDCA) prosessikierrolla [ICCT joulukuu 2012]. Kuten mikä tahansa jatkuva kehitys myös nämä ohjelmat voivat toimia vain, jos sataman henkilökunta sekä lainsäätäjät ovat sitoutuneita alueen ilmanlaadun parantamiseen. Lisäksi muiden toimijoiden ja satamassa toimivien organisaatioiden osallistuminen kyseisiin ohjelmiin lisää niiden tehoa. Näiden ohjelmien onnistuminen riippuu oikeiden toimintatapojen etsimisestä, arvioinnista sekä käytöstä. Suunnitteluvaiheessa on välttämätöntä löytää päästöjä vähentäviä toimia ja muiden vaiheiden aikana, näitä toimia tulee käyttää ja niiden vaikutuksia seurata. Lopuksi lopputulosta tulee tutkia ja verrata alkuperäisiin tavoitteisiin.

21 JUST IN TIME (JIT) JA VIRTUAL ARRIVAL (VA)

21.1 Käsitteitä

Just In Time (JIT):

Just in Time (JIT) on alun perin teollisuudessa käytetty käsite, jossa parannetaan liiketoiminnan kannattavuutta vähentämällä varaston kokoa ja siihen liittyviä kustannuksia. Sen jälkeen tämä käsite yleistyi ja tarkoittaa yleensä toiminnan parantamista vähentämällä tarpeetonta pääoman tuottamattomuutta. Merenkulussa JIT tarkoittaa normaalisti toiminnan parantamista vähentämällä tarpeetonta odottamista sekä laivatoimintojen keskeytyksiä.

Reitin optimointi:

Laivan reitin optimointi tarkoittaa parhaan aikataulun valintaa tiettyyn tarkoitukseen matka-aikoja muuttamalla, ja näin ollen laivan keskinopeuteen vaikuttamalla. Reitin optimointi energiansäästämiseksi tarkoittaa yleensä aikataulun suunnittelua jossa laivalla olisi pienempi keskinopeus ja polttoaineenkulutus. Reitin optimointi energiansäästämiseksi saattaa olla ristiriidassa markkinoiden ja asiakkaiden odotusten kanssa (lastinomistajat tai matkustajat)

Matkanhallinta:

Matkanhallinta tarkoittaa kaikkia laivan hallintaan liittyviä toimia jotka johtavat ihan-teelliseen matkansuunnitteluun ja toteutukseen. Varmistaakseen parhaat toimintatavat

matkanhallinnassa, kaikkia suunnittelun, toteutuksen, seurannan ja arvioinnin työkaluja tulee käyttää.

21.2 Nykyiset toimintatavat

Kuten kappaleessa 3 on todettu, nopeutta vähentämällä voidaan saada aluksen kuluista pienennettyä. Nopeutta voidaan alentaa matkan aikana, jos matka-ajassa on tilaa, tai reittiä voidaan optimoida. Tästä syystä reitin optimointia ja matkanhallintaa pidetään tärkeimpinä asioina, joita voidaan käyttää polttoainekulutuksen vähentämiseksi. Laivan kaupalliseen toimintaan vaikuttaa useat tekijät kuten:

- Rahdin omistajan vaatimukset koska ja missä lasti tulisi lastata ja purkaa. Tämä on yleisin syy laivan reittien ja aikataulujen muutoksiin.
- Joillakin satamilla voi olla aikataulu jonka mukaisesti satamasta pääsee ulos tai sisälle. Jolloin menetetty aika joudutaan ottamaan myöhemmin kiinni ajamalla nopeampaa.
- Tekniset ongelmat jotka vaativat korjaamista satamassa tai ankkurissa.
- Lastin puute voi johtaa pitkiin seisona-aikoihin.

Reitin optimointi, kunnollinen matkansuunnittelu ja matkan suorittaminen ovat maahenkilökunnan ja laivan päällikön välisen vuorovaikutuksen tulos. Kyseinen vuorovaikutus maahenkilökunnan ja laivan päällikön välillä on tärkeää toimivan laivantointojen hallinnan saavuttamiseksi. Esimerkiksi maahenkilökunta päättää satamat ja aikataulut koska laivan tulisi olla niissä. Joissakin tapauksissa ohjeet saattavat muuttua, kun alus on jo matkalla. Tällöin aluksen päällikön on tehtävä päätökset, kuinka suorittaa kyseinen matka, jotta laiva pysyisi aikataulussa. Normaalisti päälliköt pyrkivät saapumaan satamaan niin pian kuin mahdollista sopimuksen puitteissa. Tämä toimintatapa johtaa usein seuraaviin lopputuloksiin:

- Laivan matkanopeus on normaalisti maksimoitu ja satamaan saavutaan liian aikaisin.
- Laivan kokonaisaika satamassa ja ankkurissa kasvaa

Tämä toimintatapa ei ole energiatehokas. Jotta siitä saataisiin tehokasta, maahenkilökunnan sekä laivan päällikön tulisi saada lupa tehdä päinvastoin, maksimoida matka-

aika ja minimoida odotusajat. Valitettavasti reitin optimointi sekä matkanhallinta voidaan menettää helposti huonolla suunnittelulla, huonolla toteutuksella kaupallisista tai muista ei teknisistä syistä.

21.3 Just In Time (JIT)

Toisin kuin nykyiset käytännöt, Just-In-Time (JIT) toiminnoissa edellä mainitut asiat laivanhallinnassa toimivat ihanteellisesti. JIT toiminnot eivät suoraan tarkoita hitaasti ajamista vaan pyritään löytämään paras matkanopeus matkaolosuhteet (esim. sää, Rahtaus sopimukset yms.) huomioiden ja näin säästää polttoainetta.

JIT toimintojen pääasiallinen tavoite on varmistaa, että laivan toiminnot suoritetaan suunnitelmien ja optimaalisen reittisuunnitelman mukaisesti mahdollisimman pienillä aika häviöillä. Tämä tarkoittaa, että laivan ei koskaan pitäisi poistua satamasta myöhässä eikä myöskään saapua sinne ennen kuin reittisuunnitelmaan on merkitty. Tämä johtaa kokonaisvaltaiseen tehokkuuteen laivalla ja satamatoiminnoissa sekä parantaa laivan energiatehokkuutta huomattavasti. JIT toimintojen hyödyt tulevat esiin vähentyneinä odotusaikoina sekä lisääntyneellä matka-ajalla, näin ollen matkaa voidaan tehdä hitaammilla nopeuksilla ja säästää polttoainetta.

21.3.1 Parhaat toimintatavat

JIT toimintojen aikaansaamiseksi on olemassa hyviä toimintatapoja joita laivan ja laivan reitittäjien tulisi noudattaa. Seuraavassa on ohjeita tämän tavoitteen saavuttamiseksi:

- Odotusaikoja tulisi välttää kaikissa matkan sekä toimintojen vaiheissa. (lastaus, purkaminen, bunkraus, ajoissa saapuminen, myöhäinen lähtö yms.)
- Seuraavaan satamaan tulisi ottaa yhteyttä hyvissä ajoin laituripaikan varmistamiseksi sekä ihanteellisen nopeuden saavuttamiseksi.
- Rohkaiskaa hyvään kommunikaatioon laivastonhallinnan, päällikön ja rahtiaan välillä JIT toimintojen tueksi.
- Parempi lastinkäsittely ehkäisee viivytyksiä satamassa. Lastinkäsittely on useimmissa tapauksissa sataman hallinnassa ja parempia toimintatapoja laivan ja sataman vaatimusten täyttämiseksi tulee tutkia.

- Matkan aikana tulisi käyttää vakiokierrosnopeutta.
- Satamasta poistuttaessa kierrosnopeutta tulisi kasvattaa pikkuhiljaa aluksen nopeuden kasvaessa.
- Matalikoissa tulisi välttää suuria nopeuksia.
- Mittaa, tarkkaile ja raportoi aluksen toimintavaiheiden pituuksia, sisältäen ajat matkalla, satamassa, odottamassa, bunkraamassa yms.
- Vertaile aikoja laivaston muihin samanlaisiin aluksiin toimintojen jatkuvaksi parantamiseksi.

21.3.2 Esteitä JIT:n tiellä.

JIT toimintojen tiellä on useita rajoittavia tekijöitä. Seuraava antaa listan haasteista joita päälliköllä on matkansuorittamisen kanssa.

- Rahtaussopimuksen aiheuttamat haasteet: Tämä sisältää useita asioita laivan toiminnoissa jotka ainakin jollakin tavalla estävät laivan energiatehokasta toimintaa. Rahtaussopimukset esimerkiksi määrittävät pitkälti aluksen nopeuden. Taloudelliset vaikutukset sopimuksen rikkomisesta ovat huomattavat, tästä syystä laivat koittavat välttää myöhästymistä kaikin keinoin.
- Sään aiheuttamat haasteet: Matkan reitillä vallitsevat sääolosuhteet vaikuttavat matkan hallintaan ja aluksen reittiin. Tämän vaikutuksen pienentämiseksi, voidaan käyttää säätietoja ja sääreititystä.
- Reitin aiheuttamat haasteet: Aluksen reitillä voi olla esimerkiksi kanavien läpi kulkuja, merirosvoaara-alueen läpi kulkemista ja tarvetta toimille kuten bunkraukselle.
- Sataman aiheuttamat haasteet: Useissa satamissa on rajoitteita laivoille. Yksi suurimmista on kilpailu laivojen kesken, jotta saadaan parempi paikka jonosta. Nykyisellä systeemillä suurin osa aluksista koittaa saapua satamaan mahdollisimman aikaisin, jotta he voivat antaa ilmoituksen valmiudesta ja pysyä sataman jonossa.
- Muita laiva/omistaja/rahtaaja kohtaisia haasteita: nämä ovat yleisiä haasteita joita voi olla useilla toimijoilla kuten odottamattomat viat, myöhästykset bunkrauksessa yms.

Kaikki edellä olevat asiat estävät JIT toimintojen toiminnan. Niitä tulee välttää parantamalla laivatoimintoja, rahtaus sopimusten ehtoja, miehistön toimintakulttuuria muuttamalla, käyttämällä nykyaikaisia välineitä (esim. katso kappale 6 E-navigointi) ja toimintoja kuten sääreititys ja matkanseurantajärjestelmiä.

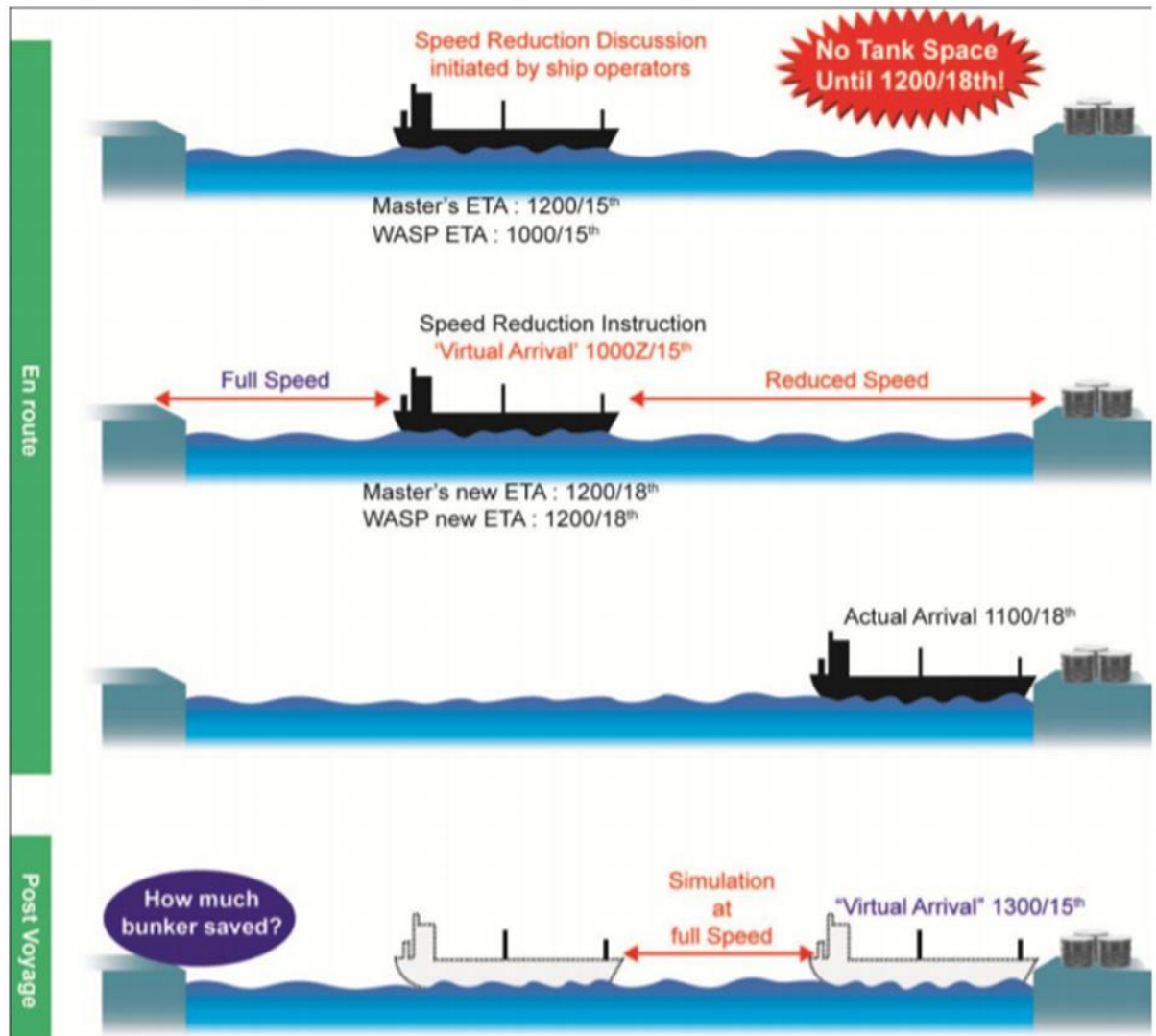
21.4 Virtual Arrival (VA)

21.4.1 Johdanto.

“Virtual Arrival (VA)” käsite joka on otettu käyttöön viime vuosina pääasiallisesti tankkereilla. VA:n tarkoituksena on vähentää odotusaikoja ja saavuttaa pidempiä matka-aikoja ja näin ollen vähentää laivan keskimääräistä matkanopeutta. VA:n avulla odotetaan suuria polttoaineensäästöjä [Intertanko ja OCIMF 2010]. Tällä keinolla myös päästöt satamassa pienenevät. VA:n hyöty tulee siinä, että alukselle ei ole järkevää ajaa satamaan täydellä nopeudella, jos on jo etukäteen tiedossa, että satamassa on myöhästymisiä. Kun saapumiselle tehdään etukäteen saapumisaikasopimus niin laiva voi välttää aikaa ankkurissa odotellen satamapaikkaa, tankkitiloja tai lastin saamista. Tällä keinolla voidaan pienentää päästöjä, vähentää ruuhkaa ja satama-alueiden turvallisuutta parannettua

21.4.2 Virtual Arrival toiminta.

Kuva 36 osoittaa Virtual Arrivalin vaiheet, kun tämä toiminto on otettu käyttöön. Näiden vaiheiden käyttö on välttämätöntä VA:n toiminnan kannalta.



Kuva 36. Virtual Arrival toiminta [INTERTANKO, OCIMF, 2010]

Toiminta voidaan kuvata seuraavasti:

- Huomio matkan muutoksessa: suurin osa tässä toiminnassa on havaita myöhästymiset seuraavassa satamassa, esimerkiksi ruuhkan takia tai satamassa ei ole varastotilaa rahdille.
- Sopimus uudesta aikataulusta: Seuraava vaihe on, että osapuolet sopivat uudesta saapumisajasta.
- Nopeuden korjaus: Uuden saapumisajan johdosta, laivan nopeutta vähennetään.

VA:n on tarkoitus olla dynaaminen ja joustava toimintatapa, tästä syystä, jos olosuhteet muuttuvat matkan aikana, korjatut ohjeet voidaan antaa laivalle toteutettaviksi,

esimerkiksi uusi saapumisaika. Tästä syystä kaikilla osapuolilla tulisi olla pääsy laivan aikataulusohjelmaan, jotta saavutetaan parempi hallinta ja seuranta.

21.4.3 Muita hyötyjä Virtual Arrivalin käytöstä

VA:n käytöllä on polttoainesäästöjen lisäksi muitakin hyötyjä. VA:n tehokas toiminta vaatii hyvää yhteistyötä ja keskustelua aluksen omistajan ja rahtaaajan välillä, tämä poistaa monia kaupallisia esteitä päästöjä vähentämisessä jotka ovat haitanneet useita muita päästöjä vähennysaloitteita. Tällaisia esteitä ovat olleet esimerkiksi sopimuskelliset esteet: kuten se, että polttoaineen maksava taho ei ole laivan operoija tai puutteet nopeuden joustavassa muuttamisessa. Lisääntynyt yhteistyö laivan omistajan ja rahtaaajan välillä tarjoaa hyötyjä kokonaisvaltaisesti matkan suunnittelemisessa. Esimerkiksi osapuolet voivat sopia, että osa säästetystä ajasta voidaan käyttää suunniteltujen huoltojen tekemiseksi, lakisääteisiin tarkistuksiin, miehistön vaihtoihin tai laivan inventaarion tarkistamiseen. Satamatoimintojen suunnitteleminen paranee, jos tiedetään etukäteen aika seuraavassa satamassa, näin voidaan vähentää miehistön uupumusta. Toimintoja voidaan suunnitella hyvin etukäteen, kun epävarmuudet odotusajoissa sekä ankkuroinnissa saadaan vähennettyä. JIT toiminnot hyötyvät huomattavasti parantuneista satamatoiminnoista.

22 SATAMAN VIHREÄT KANNUSTIMET JA SATAMAN YMPÄRISTÖOHJELMAT

22.1 Johdanto

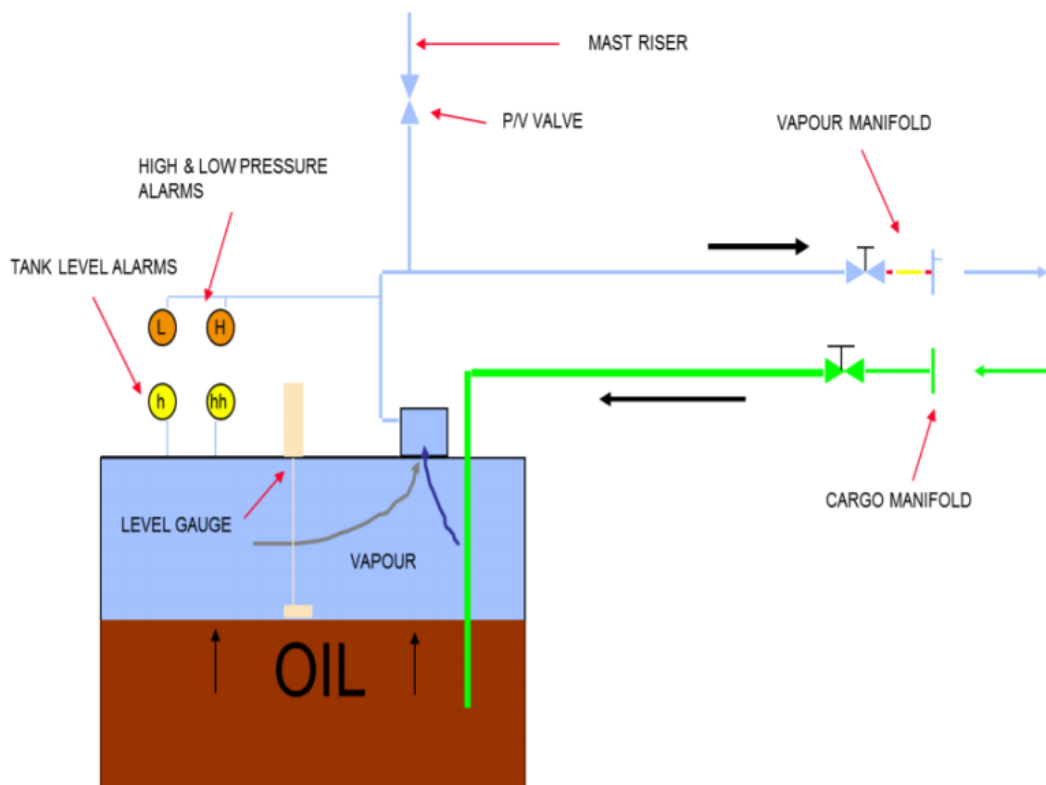
Sähkön maista syötön (OPS) lisäksi satamalla voi olla erilaisia vihreitä kannustimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Satamien vihreitä kannustimia on käytössä USA:ssa, Euroopassa joissakin osissa Aasiaa.

Vihreillä kannustimilla voi olla useita erilaisia muotoja sekä tyylejä, mutta niiden pääasiallinen tarkoitus on vähentää päästöjä. Esimerkkejä näistä toimista on satamamaksujen alentaminen ympäristöystävällisiltä laivoilta, investoida sataman rakenteisiin satamatoimintojen parantamiseksi, tarjota OPS, yms.

Tässä kappaleessa on joitakin esimerkkejä satamaan liittyvistä vihreistä toimista.

22.2 Satamaan liittyvien VOC-päästöjen hallinta

Volatle Organic Compounds (VOC) on raakaöljyn tai öljytuotteiden kevyitä partikkeleita. Nämä partikkelit haihtuvat normaalisti aluksen purkamis- sekä lastaustoimien aikana. Nämä päästetään yleensä ilmaan aiheuttaen ilmansaastumista satama-alueilla. IMO MARPOL Annex VI antaa valtioille mahdollisuuden asettaa rajoitteita satamien VOC-päästöille. Jotta satamat voivat noudattaa näitä sääntelyitä tulee niillä olla mahdollisuus kerätä ja hävittää kyseiset kaasut turvallisesti. Tankkereilla jotka vierailevat kyseisissä satamissa tulee olla myös käytössään haihtuvien päästöjen hallintajärjestelmä (VECS) joiden toiminnasta kerrotaan MEPC.1/Circ.680 julkaisussa.



Kuva 37. Kuva VECS-järjestelmästä (IMO TTT, 2015)

Lisäksi raakaöljytankkereilla tulee olla VOC manuaali. Tämän tulisi sisältää toimenpiteet VOC-päästöjen vähentämiseksi lastauksen, merimatkan, purkamistoimien ja tankinpesuoperaatioiden aikana. Tällä hetkellä, useat satamat ovat ottaneet VOC ke-räysjärjestelmän käyttöönsä.

DESIGNATED PORTS AT WHICH VOC EMISSIONS ARE REGULATED				
NAME OF PORTS, TERMINAL/FACILITY		SIZE OF TANKERS	CARGOES REQUIRING VAPOUR EMISSION CONTROL SYSTEMS	EFFECTIVE DATE
The Netherlands				
Amsterdam	All terminals	All sizes	Cargoes with VOC, with the exception of methane, with a vapour pressure of 1 kPa (10 mbar) or more at a temperature of 293.15 K (20°C) or such cargoes with an equal volatility of 10 mbar	9 November 2011
Rotterdam	Botlek Tank Terminal, Rubis, ETT, Argos	All sizes	Cargoes with VOC, with a vapour pressure of 1 kPa (10 mbar) or more at a temperature of 293.15 K (20°C). For Rubis only, substances under class LT2 are to be controlled	9 November 2011
Moerdijk	Afval Stoffen Terminal Moerdijk ATM, Shell Chemie Moerdijk, Den Hartoch Moerdijk bv	All sizes	Cargoes with VOC, smelling products and ADR Class 3 and 6	9 November 2011
Terneuzen	Dow Benelux BV Terneuzen, Oiltanking Terneuzen BV.	100,000 GT and less	Cargoes with VOC	9 November 2011
Groningen	VOPAK	All sizes	Cargoes with VOC, with the exception of methane, with a vapour pressure of 1 kPa (10 mbar) or more at a temperature of 293.15 K (20°C) or such cargoes with an equal volatility of 10 mbar	1 July 2012
Vlissingen	Zeeland refinery	9,000 GT and above	Cargoes with VOC	9 November 2011
The Republic of Korea				
Busan Incheon Pyeongtaek/Dangjin Ulsan Yeosu Kwangyang		400 GT and above	Crude oil Gasoline Naphtha	20 May 2009
Daesan		400 GT and above	Crude oil Gasoline Naphtha	20 May 2015

Kuva 38. Satamat joissa VOC-päästöjen rajoitukset (IMO TTT, 2015)

22.3 Muuttuvat satamamaksut.

Jos satama antaa suhteellisen ympäristöystävälliselle laivalle etuja satamamaksuissa, näin he voivat antaa suoria kannustimia laivoille vähentää päästöjä satamassa. Nämä edut voidaan tarjota kahdella tavalla.

- Vähentämällä satamamaksuja ympäristöystävällisiltä laivoilta ja pitää maksut muilla aluksilla samoina ja näin vähentää sataman voittoja.
- Ottamalla käyttöön ”saastuttaja maksaa” periaatteen, jolloin satamamaksut nousevat päästöjen mukaan.

Ensimmäisessä tapauksessa, jossa annetaan alennuksia, kannustimien rahoituksesta voi tulla satamalle ongelma. Toisessa tapauksessa, jossa satamamaksut määräytyvät päästöjen mukaan, satama ottaa riskin jossa se menettää asiakkaita kilpaileville satamille joissa ei ole käytössä kyseisen kaltaisia sanktioita. Toinen mahdollinen este tälle saastuttaja maksaa periaatteelle ovat yksityiset laiturit satama-alueella joka voi pilata tasapuolisen kohtelun satamassa.

Jotkin satamat tarjoavat jo päästö pohjaisia kannustimia satamassa alentamalla satamamaksuja laivan ilmoitettujen päästöjen mukaan. Esimerkiksi Göteborgin satamassa on alennuksia laivoille joiden NO_x-päästöt ovat alle 10g/kWh, seuraavan taulukon mukaisesti.

Emission level in grams of NO _x /kWh	Reduction in SEK per unit of the ship's gross tonnage (GT)
6.0-9.9	0.05 SEK/GT
2.0-5.9	0.10 SEK/GT
0-1.9	0.20 SEK/GT

Kuva 39. NO_x-päästöjen pienentämisen kannustimet Göteborgin satamassa (IMO TTT, 2015)

22.4 Muuttuvat rekisteröintimaksut.

EEDI (Energy Efficiency Design Index) on osa MARPOL Annex VI:n energiatehokkuusmääräyksiä, jonka tarkoitus on vähentää CO₂-päästöjä. Jotkin maat ovat ottaneet tai suunnittelevat ottavansa tämän keinon käyttöön määritellesään rekisteröintimaksuja tai tonnistoveroja. Esimerkiksi Singapore MPA (Maritime Port Authority) päätti ottaa kyseisen keinon käyttöön 2011 Singapore Green Ship Programmen avulla.

Green Ship Programme koskee Singaporeen liputettuja aluksia. MPA tarjoaa etuja varustamoille, jonka aluksien suunnittelussa on huomioitu energiatehokkuus sekä polttoaineenkulutuksen että CO₂-päästöjen vähentäminen. Tästä johtuen Singaporen lipun alle 1. heinäkuuta 2011 jälkeen rekisteröidyt alukset jotka ylittävät EEDI:n vaatimukset saavat 75% alennuksen rekisteröintimaksuissa sekä 50% alennuksen vuosittaiseen tonnistoveroon niin kauan kuin EEDI:n vaatimukset täyttyvät.

Ennen tätä käyttöönotetut alukset jotka täyttävät EEDI:n vaatimukset saavat 20% alennuksen tonnistoveroon niin kauan kuin alus täyttää EEDI:n vaatimukset.

22.5 Environmental Ship Index (ESI)

Iso osa maailman tärkeimmistä satamista ovat sitoutuneet vähentämään satamassa aiheutuneita kasvihuonekaasuja. Tätä sitoutumista kutsutaan nimellä World Port Climate Initiative (WPCI). Tämän tavoitteena on antaa laivoille kannustimia ja näin ollen vähentää satamassa aiheutuneita päästöjä.

Yksi WPCI:n tavoitteista on kehittää Environmental Ship Index (ESI). ESI tarkkailee täyttävätkö alukset IMO MARPOL Annex VI vaatimukset. Lisäksi ESI määrittelee aluksen NO_x sekä SO_x-päästöt sekä sisältää aluksen kasvihuonekaasupäästöt.

ESI:n tarkoituksena on huomioida ympäristöystävälliset alukset usealla tavalla. Tämä on tarkoitettu satamien käyttöön ympäristöystävällisten aluksien palkitsemiseksi. Lisäksi WPCI rohkaisee varustamoita käyttämään ESI:ä mainostamaan heidän omia ympäristöystävällisiä laivojaan. ESI on vapaaehtoinen ohjelma parantamaan aluksien päästöjä. ESI:ä voidaan ottaa käyttöön kaikissa merikelpoisilla aluksilla sekä se on helposti lähestyttävä ja helposti laskettavissa.

ESI perustuu useisiin tapoihin laskea NO_x, SO_x ja CO₂-päästöt. Lisäksi se palkitsee laivat, joissa on OPS. ESI tulos asteikolla 0: aluksilla jotka täyttävät IMO:n ympäristövaatimukset ja 100: joilla ei ole ollenkaan NO_x ja SO_x-päästöjä sekä seuraa aktiivisesti energiatehokkuuttaan. Toisin sanoen 0 on alin taso joka täyttää vaatimukset, kun taas 100 pisteen aluksilla ei ole päästöjä lainkaan. Tällä hetkellä parhaan laivan tulos on noin 40 pistettä.

22.6 Norjan NO_x-vero ja NO_x-rahasto

NO_x veroa kerätään pääasiassa kansallisilta yhtiöiltä mukaan lukien merenkulku. NO_x verot talletetaan NO_x rahastoon josta sillä kustannetaan palkkioita NO_x-päästöjään vähentäville yrityksille. Näitä kannustimia tarjotaan vain norjan sisäiselle laivaliikenteelle. Tämän ohjelman puitteissa useat alukset ovat jo varustettu NO_x-päästöjä vähentävillä keinoilla

Merenkulun osalta tämä vero astui voimaan 1. tammikuuta 2007 ja veron määrä on noin 1,9€/kg NO_x vuonna 2013. Tätä sovelletaan laivoihin jonka koneteho ylittää 750kW. Tämän toiminnon avulla on jo nyt saatu tuloksia aikaan kuten LNG-käyttöisiä aluksia (Eli Marie Åsen, 2013).

23 LAIVAN LASTAAMINEN SEKÄ LASTINHALLINTA.

23.1 Johdanto

Tämän kappaleen tarkoituksena on tarjota tietoa ongelmista jotka liittyvät lastaamiseen, painolastiveden käyttöön, lastaus- sekä purkamislaitteiden käyttöön sekä niiden vaikutuksiin laivan energiatehokkuuteen. Laivan lastaamista säännellään turvallisuussyistä, mutta sillä on vaikutusta myös aluksen energiatehokkuuteen.

23.2 Lastiviivat

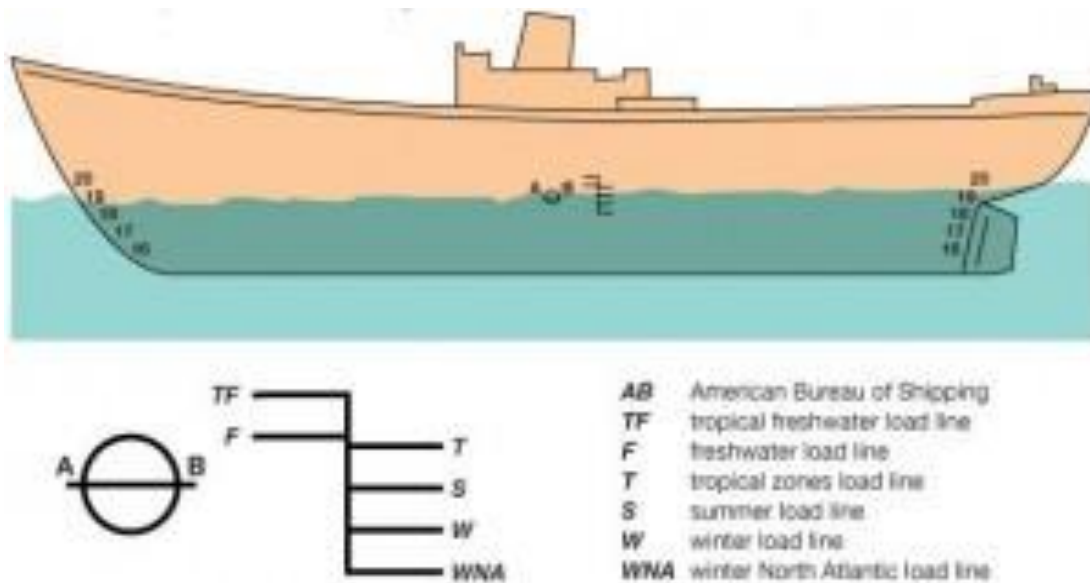
23.2.1 Kansainvälisen lastiviivayleissopimuksen synty.

Samuel Plimsoll oli ensimmäinen, joka lähti kehittämään tätä merkkiä ja tästä syystä lastiviivaa kutsutaankin monesti Plimsollin merkiksi. Useat onnettomuudet merellä ajoivat Plimsollia eteenpäin hänen työssään kehittää lastiviivoja. Rahtilaivat olivat 1860 luvulla todennäköisesti merikelvottomia, kun ne lähtivät matkaan johtuen huonosta huollosta sekä liian täyteen lastauksesta. Jos nämä huonossa kunnossa olleet laivat upposivat, niiden ylivakuutetut omistajat rahastivat vakuutusyhtiöitä. Plimsoll kampanjoi säännöllisten tarkastuksien puolesta ja vuonna 1870 laivan omistaja James Hallin avustuksella teki ehdotuksen parlamentille. Ehdotuksen idea oli asettaa suurin sallittu uppouma aluksille sekä pienin sallittu varalaita aluksille mihin asti ne saivat lastata. Tämä idea otettiin lopulta käyttöön maailmanlaajuisesti, kun tehtiin kansainvälinen lastiviivayleissopimus.

23.2.2 Plimsollin merkki

Plimsollin merkki tai kansainvälinen lastiviiva sijaitsee laivan peräperpendikkelin ja keulaperpendikkelin välisen etäisyyden puolessavälissä ja osoittaa linjan johon asti

alus saa lastata erilaisissa vedentiheyksissä sekä lämpötiloissa, jotta se on vielä merikelpoinen.



Kuva 40. Plimsollin merkki (marine-knowledge, 2014)

Vedenlämpötilalla on vaikutusta aluksen syvyykseen koska lämmin vesi tuottaa vähemmän nostetta koska se on vähemmän tiheää kuin kylmä vesi, mutta todellisuudessa tätä ei oteta huomioon kuin alueilla jotka mainitaan yleissopimuksessa. Asia joka tulee ottaa huomioon ja joka tulee merkitä laivan lokikirjaan, on vedentiheys. Suolaisenveden tiheys on 1025 kg/m^3 kun taas makeanveden tiheys on 1000 kg/m^3 . koska alus syrjäyttää oman painonsa verran vettä on selvää, että aluksen syväys makeassa vedessä on suurempi. Koska vedentiheys voi vaihdella suurestikin 1025 kg/m^3 ja 1000 kg/m^3 välillä, laivan tulee tarkistaa vedentiheys ennen lastaamisen lopettamista. Sen jälkeen, kun vedentiheys tiedetään, voidaan yksinkertaista laskukaavaa käyttämällä selvittää, kuinka paljon enemmän sataman makeassa vedessä voidaan ottaa lastia, jotta syväys on suolaisessa vedessä oikea.

23.2.3 Kansainvälinen lastiviivayleissopimus.

Vaatus kansainvälisestä lastiviivasta ja siitä myönnetty sertifikaatti oli oikeastaan alkupiste kansainvälisille turvallisuuteen tähtääville sertifikaateille ja se koskee kaikkia yli 24m pitkiä aluksia. Tämä voi olla suurin syy siihen minkä takia on olemassa aika paljon kaupallisia aluksia, joiden pituus on 23,9m. MARPOL sertifikaattien vaatimus koskee aluksia, joiden koko on 400GT, ja suurimman osan SOLAS vaatimusten

raja on 500GT paitsi, jos ne ovat matkustajalaivoja. Tämä tarkoittaa, että näillä säännöillä on merkittäviä vaikutuksia jo suhteellisen pienien aluksien rakenteisiin ja turvallisuuteen sekä osalla näistä säännöistä on vaikutusta myös kasvihuonekaasujen määrään.

23.2.4 Kansainvälinen lastiviivayleissopimus 1966

Useimmilla aluksilla lastinmäärä päätetään lastiviivan perusteella, joka on merkitty aluksen molemmille puolille ja se näyttää aluksen suurimman sallitun syvyyden. Tämä otetaan yleensä kesälastiviivasta suolavedessä, kun alus kulkee kesäalueella mutta se voi vaihdella puutavaralastissa olevalla aluksella sekä laivoilla jotka toimivat muilla alueilla. Eri alueet ovat näkyvissä lastiviivasäännöissä pienen kartan muodossa. Lastimerkinnot pohjautuvat IMO:n kansainväliseen lastiviivayleissopimukseen vuodelta 1966, jossa alukset jaetaan A ja B ryhmään.

A-tyyppin alus on suunniteltu kuljettamaan yksinomaan nestemäisiä aineita bulk-lastina. Sen lastitankkeihin on vain pienet kulkuaukot, mitkä suljetaan vedenpitävillä tiivistetyillä kansilla, jotka ovat terästä tai muuta samanarvoista ainetta [Finlex]. B-tyyppi kattaa kaikki muut alukset. (FINLEX)

23.3 Laivakapasiteetin käyttäminen

23.3.1 Kuormituskerroin

Yleisesti, laiva joka käyttää enemmän kuljetuskapasiteetistaan on energiatehokkaampi, kun katsotaan kulutettua polttoainetonnin kuljetettua lastitonnia kohden. Näin ollen alusten kapasiteetin käyttöaste on tärkeä osa laivaston energianhallinnan kokonaisuutta. Laivat saattavat operoida käyttämättä niiden koko rahtikapasiteettia, tämä voi johtua aluksen huonosta suunnittelusta aina lastin puutteeseen, mutta tässä tapauksessa tulisi tehdä kaikki voitava lastin kuormituskertoimen kasvattamiseksi. Jos laivan kuormituskerrointa kasvatetaan niin silloin kokonaispäästöt kasvavat (olettaen, että muut tekijät pysyvät vakioina). Vaikka kokonaispäästöt kasvavatkin niin päästöt kuljetettua rahtiyksikköä kohden laskevat. Säästöjä saadaan myös aikaan sillä, että lastin

kuljettamiseen vaaditaan vähemmän laivoja. Jotta ylimääräistä lastikapasiteettia saadaan minimoitua, tarvitaan oikeita laivoja oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Tämä tarkoittaa, että suurellakaan laivastolla lastin optimointi ei ole aina mahdollista. Kyky kasvattaa aluksen lastikapasiteettia tarvittaessa parantaa laivan Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) arvoa. Laivan paremman kuormituskertoimen saavuttaminen vaatii yhteistyötä rahtaaajilta, satamilta sekä laivan omistajilta. Se ei ole välttämättä helppoa, mutta se on kannattavaa energiatehokkuuden kannalta.

23.3.2 Varastointikerroin irtolastille

Jos lasti on kevyttä, niin ruumat saattavat täytyä ennen kuin laiva on painon mukaan täynnä. Tilavuuden sekä painon suhdetta kutsutaan varastointikerroimeksi ja se on todella tärkeä tekijä, kun lastataan irtolastia. Jos lastaussuunnitelma on laskettu väärin ja laiva ei ole täynnä tai joudutaan jättämään tilattua lastia maihin tilanpuutteen takia, se muodostuu kalliiksi laivan omistajalle. Tällaisessa tapauksessa laivan omistaja voi joutua maksamaan kompensatiota joko rahtaaajalle taikka satamalle. Lisäksi tämä tarkoittaa, että aluksen hyötysuhde huononee alentuneen kuormakertoimen johdosta sekä alus tuottaa enemmän kasvihuonekaasuja. Nämä laskelmat ovat tärkeimpiä, kun laivalla on viljalasti koska jos laivalle on tilattu väärä määrä lastia eikä laiva ole täynnä ja trimmi on huonosti asetettu voi lasti lähteä liikkeelle ja aiheuttaa laivalle vaarallisen kallistuman.

23.4 Energiatehokkuustoimet ja laivan kapasiteetti.

Jos laivalle asennetaan uusia laitteita energiatehokkuuden parantamiseksi ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, nousee esille kaksi kysymystä:

- Vaikuttavatko ylimääräiset laitteet laivan tilavuuteen.
- Lisäävätkö ylimääräiset laitteet aluksen kuivapainoa.

Aluksenmittausyleissopimus antaa jonkin verran liikkumavaraa laivan osille jotka eivät liity lastiin. Tästä huolimatta, jos laivalle suunnitellaan päästöjä vähentävien laitteiden asentamista (tai oikeastaan minkään laitteen) joka kasvattaa aluksen tilavuutta, aiheuttaa taloudellisia menetyksiä alukselle sen koko eliniän ajan, koska satamamaksut määräytyvät usein laivan tilavuuden mukaan. Laivan omistajan tulisi ottaa nämä

huomioon, kun se miettii uusien laitteiden asentamista uusiin tai nykyisiin laivoihin. Kuivapainon osalta ja sen nousu päästöjä vähentävien laitteiden asentamisen myötä vähentää laivan lastikapasiteettia. Tämä taas huonontaa laivan energiatehokkuutta etenkin, jos aluksella on usein täysi lasti kyydissä. Edellä olevista huomioista huolimatta on hyvä huomioida, että suurin osa energiatehokkuutta parantavista laitteista ei kasvata aluksen tilavuutta tai kuivapainoa mitenkään huomattavalla tasolla. Mutta jos on tiedossa, että asennettavan laitteiston massa on suuri tai se kasvattaa aluksen tilavuutta huomattavasti tulee energiatehokkuus ja satamamaksut ottaa huomioon.

23.5 Lastausnäkökulmat, trimmi ja painolasti

23.5.1 Johdanto

Laivoilla kuten irtolastialuksilla jotka kuljettavat lastia kuten viljaa ei ole useinkaan mahdollisuutta muuttaa trimmiä vähentämättä lastia tai huonontamalla kuormakerointia koska niillä ovat ruumat usein täynnä. Joten on todella tärkeää, että tämä otetaan huomioon jo laivan suunnitteluvaiheessa koneiden, polttoaine- ja vesitankkien sijoittelussa kuten myös laivan rungon muotoilussa. Jos ruumat eivät ole täynnä, kapteenin ja yliperämiehen tulisi suunnitella huolella missä tankeissa polttoaine ja vesi pidetään, jotta voidaan minimoida tarvittavan painolastin määrä.

Konttilaivoilla ja yleisrahtilaivoilla on yleensä hyvin mahdollisuuksia vaikuttaa aluksen vakavuuteen sekä trimmiin käyttämällä painolastitankkeja koska niillä on usein monia pieniä painolastitankkeja muutaman suuren sijasta kuten irtolastialuksilla. Linjaliikenteessä olevilla aluksilla jotka lastaavat ja purkavat useissa satamissa tulee lastin sijoittelua miettiä tarkasti, jotta vakavuus ja trimmi olisi kunnossa, koska näillä aluksilla syväys saattaa muuttua useita kertoja matkan aikana. On myös tärkeää varmistaa, että potkuri sekä peräsin ovat kunnolla vedenalla matkan aikana, jotta laiva on ohjailtavissa ja voidaan taata laivan turvallinen kulku, etenkin painolastissa tapahtuvilla matkoilla.

Joskus laivalla voi olla houkutusta pumpata painolastia pois jo, kun laiva lähestyy satamaa, että laivan lastaaminen voidaan aloittaa heti satamaan saavuttua.

Kyseisessä tilanteessa polttoaineenkulutus saattaa nousta koska potkuri nousee osittain pinnalle, tämän lisäksi, jos tuuli lisääntyy alus alkaa keinua rajusti ja asettaa miehistön

vaaraan ja tässä tilanteessa satamaan saapuminen on erittäin hankalaa ilman hinaajia. On myös huomioitava, että aluksen kuivapaino kasvaa laivan ikääntyessä koska maalia alkaa kerrostua, kasvusto lisääntyy aluksen rungossa ja mutaa kertyy painolastitankeihin ja nämä johtavat alentuneeseen laivan lastikapasiteettiin. Vaikka maalin kerrostumiselle asuintiloissa ei voida tehdä paljoa niin säännöllisellä telakoinnilla voidaan puhdistaa aluksen runko ja painolastitankit ja näin helpottaa ongelmaa.

23.5.2 Kuormituskerroin ja painolasti.

Laivan voi olla tarpeen ottaa painolastia joko, kun laivalla on lasti ja tarvitsee muuttaa kallistusta sekä trimmiä tai jos laiva on painolastissa ja tarvitaan lisää uppoumaa, jotta potkuri ja peräsin uppoaisivat kunnolla. Riittävän vakauden saavuttamiseksi lastin painoon ja sijaintiin tulee kiinnittää huomiota lastisuunnitelmassa. Ympäristön aiheuttamat rajoitteet tulee sisällyttää laivan painolastisuunnitelmaan. Aluksen merikelpoisuus tulee aina huomioida niin lastauksessa kuin painolastitoiminnoissakin. Painolastiveiden käyttämisessä tulee huomioida seuraavat asiat:

- Kun laiva on jo lastimerkissään, enempää painolastia ei voida pumpata sisälle.
- Painolastinhallintasuunnitelmassa saattaa olla joitakin rajoitteita.
- Vakavuusvaatimukset, etenkin vapaan nestepinnan vaikutus.
- Turvallisen ja tehokkaan trimmin vaatimukset.
- Ohjailuvaatimukset
- Potkurin tulisi pysyä tarpeeksi syvällä kavitaation ehkäisemiseksi
- Lastisuunnitelma

Kun laiva matkaa painolastissa, painolastin siirtelyssä ja lisäämisessä ei yleisesti ole ongelmaa, kunhan laivan oikea kallistuma ja trimmi säilytetään.

23.5.3 Toiminta konttilaivoilla.

On todella tärkeää, että lastattu sekä purettu lasti tiedetään tarkasti, jotta reitti-, lasti- sekä painolastisuunnitelma voidaan tehdä kunnolla ennen merimatkaa. Konttienkuljettamisessa ongelmaksi merellä tulee, konttien tarkan painon tietäminen ennen kuin se tulee laivalle.

Kontin pakkaaminen

Kontit pakataan normaalisti joidenkin kilometrien päässä satamasta olevassa varastossa ja kuljetetaan sieltä satamaan rekoilla. Koska konttien pakkaaminen on suhteellisen huonopalkkaista työtä, monesti konttia pakkaavalla henkilöllä on huono tietämys lastin kunnollisen kiinnittämisen ja oikean painon ilmoittamisen tärkeydestä. Tämä johtaa yleensä tilanteeseen jossa lasti on huonosti pakattu sekä lastin paino on mitattu epätarkasti. Tämän jälkeen kontit kuljetetaan satamaan rekoilla tai junalla. Kun kontti saapuu satamaan, niin se punnitaan ja huomataan, että ennakkoon ilmoitettu paino ei ole oikea, tämä aiheuttaa ongelmia lastauksensuunnittelemiseen.

Kylmäkontit vesijäähdytyksellä

Kylmäkontteja voidaan kuljettaa joko kannella tai ruumassa. Kylmäkontit tuottavat paljon lämpöä ja kannella kuljetettaessa tämä lämpö häviää ilmaan, mutta ruumassa kuljetettaessa tulee huolehtia kunnollisesta ilmanvaihdosta, jotta ruuman lämpötila ei nouse liian korkeaksi jolloin kylmäkonttien tehokkuus huononee. Vesijäähdytyksellä toimivilla konteilla on huomattavasti pienempi energiankulutus, joten niillä voidaan pienentää kasvihuonekaasupäästöjä. Jos laivalla on kyky kuljettaa vesijäähdytteisiä kontteja, niin ruumassa kulkee vesiputket, joihin kontit voidaan kytkeä. Nykyään suurin osa kylmäkonteista on varustettu ilmajäähdyttimillä, mutta osaa näistä on mahdollista käyttää myös vesijäähdytteisinä yksiköinä.

Laivan sähkönsyöttö on yleensä suunniteltu kestämään sen määrän kylmäkontteja, kun alus voi kantaa. Jokainen kylmäkontti kuluttaa noin 5kW tehoa ja 4600 TEU Panamax luokan aluksella on yleensä noin 700 kylmäkonepaikkaa. Täydellä teholla, tämä tarkoittaa 18 tonnia HFO:ta päivässä kylmäkoneiden sähköntuotantoon.

Lastauksen suunnittelu vakaus ja trimmi huomioiden.

Jokaisen kontin tarkan painon tietäminen on suuri jos, tämän takia laivan trimmin ja vakauden määrittäminen ennakkoon on vaikeaa. Tästä syystä laivalla on tukeuduttava lastaustietokoneen antamaan tietoon ja lastimerkki huomioiden yrittää painolastia siirtämällä ja pumpaamalla saada aluksen trimmi ja syväys niin lähelle ihanteellisia arvoja kuin mahdollista.

23.6 Lastivarusteiden päivittäminen energiatehokkuuden parantamiseksi.

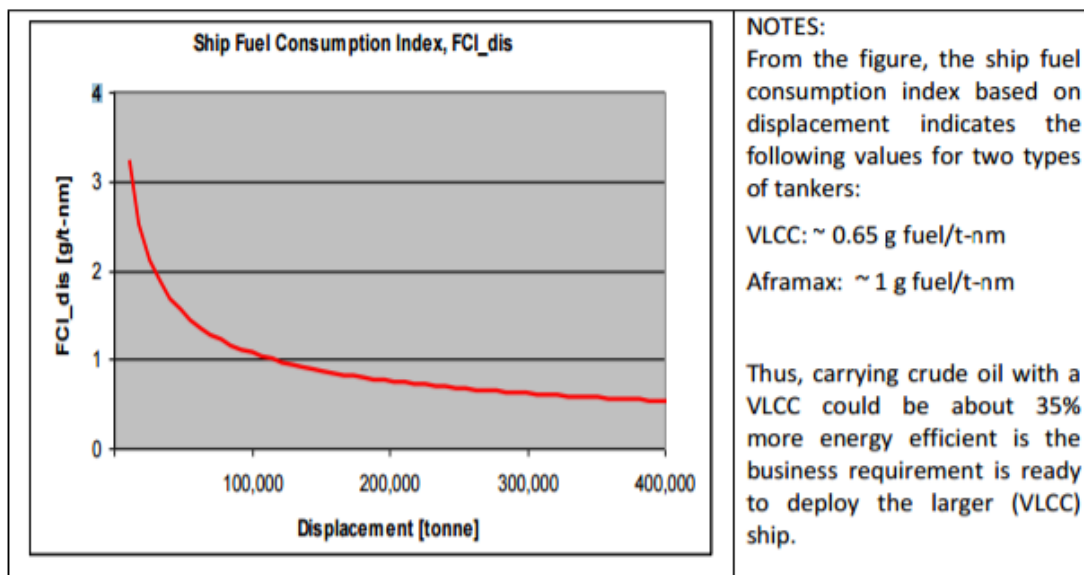
Laivan käyttäjän tulisi miettiä laivojen lastivarusteiden päivittämistä kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Lastaus-, purkamis-, ja lastinkäsittelylaitteet voivat sisältää seuraavia asioita:

- Ilmanvaihto (kaikki laivat)
- Kiinnitys (kaikki laivat)
- Lastikansien ja ruuman valaistus (kaikki laivat)
- CFC:n vähentäminen (Kylmäkuljetuslaivat)
- Lastinlämmitys (Tankkerit)
- Lastinjäähdytys (Kylmäkuljetuslaivat)
- Kylmäkonttien Sähköpistokkeiden päivittäminen (konttilaivat)
- Lastin lämpötilansäätö (tankkerit)
- Lastihöyryjen hallintajärjestelmä (raakaöljytankkerit)
- Painolastivedenkäsittely (kaikki laivat)
- Lämmitysputkien eristäminen (tankkerit)
- Kylmäkonttien sijoittelun optimointi
- VOC:n käyttäminen polttoaineena tai käsittely ja maihin kuljettaminen

Joissakin tilanteissa lastivälineiden päivittäminen voi olla mahdollista niin laivalla kuin maissakin energiatehokkuuden parantamiseksi. Tämä vaatii suunnittelua ja uusien laitteiden asentamista ja se voi olla kallista. Tästä huolimatta näiden avulla voidaan saavuttaa suuriakin säästöjä energiatehokkuuteen ja lastinkäsittelyn nopeuteen. Molempien niin omistajan kuin satamankin tulisi miettiä kyseisen kaltaisia toimi

23.7 Mittakaavan tarjoamat hyödyt.

Laivan kokonaistehokkuus on laivan koon funktio. Mitä suurempi laiva on, sitä pienempi sen polttoaineenkulutus lastiyksikköä kohden sekä CO₂-päästöt ovat pienemmät. (katso kuva)



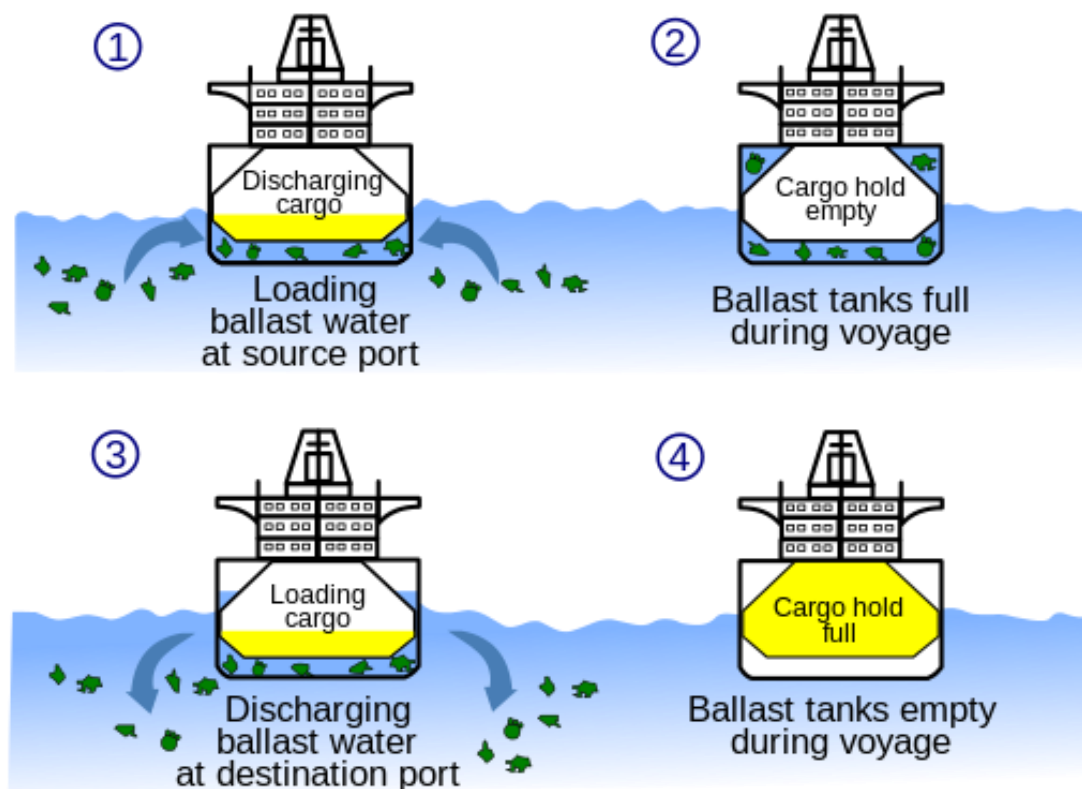
Kuva 41. Laivan energiatehokkuus käyrä laivan koon kasvaessa (Bazari 2006)

Energiatehokkuutta voidaan parantaa keskittämällä kuljetukset suuremmille laivoille, jolloin voidaan pienentää koko merikuljetussektorin energiankulutusta. Tästä huolimatta muutama käytännön asia tulisi ottaa huomioon. Näiden suurien laivojen toiminta rajoittuu muutamaa tarpeeksi syvään satamaan. Tämä tarkoittaa sitä, että nämä tarvitsevat syöttöliikennettä pienemmillä aluksilla muualta. Näillä pienemmillä aluksilla kasvihuonekaasupäästöt ovat suurempia. Tästä johtuen joissakin tapauksissa voi olla järkevämpää hoitaa liikenne kokonaan keskikokoisilla laivoilla joilla lasti voidaan kuljettaa koko matkan.

24 PAINOLASTIVEDENHALLINTA (BWM) JA ENERGIATEHOKKUUS

24.1 Johdanto

Painolastivesi (BW) on tärkeä laivan trimmin, kallistuman, syvyyden, vakauden sekä rasiusten hallinnan kannalta. Painolastitoiminnot ovat suurelta osin säänneltyjä eikä pelkää laivan turvallisuuden takia vaan myös koska niiden on havaittu levittävän vieraslajeja jotka voivat olla haitallisia muille ekosysteemeille.



Kuva 42. Lajien kulkeutuminen painolastin mukana (Wikipedia, 2018)

Nykypäivänä, kokonainen IMO:n yleissopimus on omistettu painolastivedenhallinnalle. Tässä yleissopimuksessa, korostetaan kahta asiaa: Veden vaihtamista (Sääntö D-1) sekä painolastiveden laadun saavuttaminen (Sääntö D-2). painolastivedenhallinnalla (BMW) on vaikutusta laivan polttoaineenkulutukseen, tätä ei normaalisti huomioida, vaikka sillä on vaikutusta laivan energiankulutukseen koska:

- Painolastin vaihtaminen vaatii painolastiveden käsittelylaitteiden ylimääräistä käyttämistä, erityisesti pumppujen.
- Käsittelylaitteet joiden avulla saavutetaan D-2 asettamat standardit vaativat energiaa kuluttavien laitteiden asentamista laivalle.

Lisäksi painolastivedellä on vaikutusta aluksen energian kulukseen kahdella tavalla:

- Kasvattamalla laivan uppoumaa: tästä syystä laivan märkäpinta-ala ja vastus kasvavat. Yleisesti mitä enemmän painolastivettä käytetään, sitä enemmän tulee puhdistamisessa kiintoainetta, jota kuljetetaan mukana ja energiankulutuksen voi olettaa kasvavan.

- Muutokset laivan trimmissä: painolastivedellä voidaan muuttaa laivan trimmiä, jolla voidaan säästää energiaa kuten toettu aiemmin.

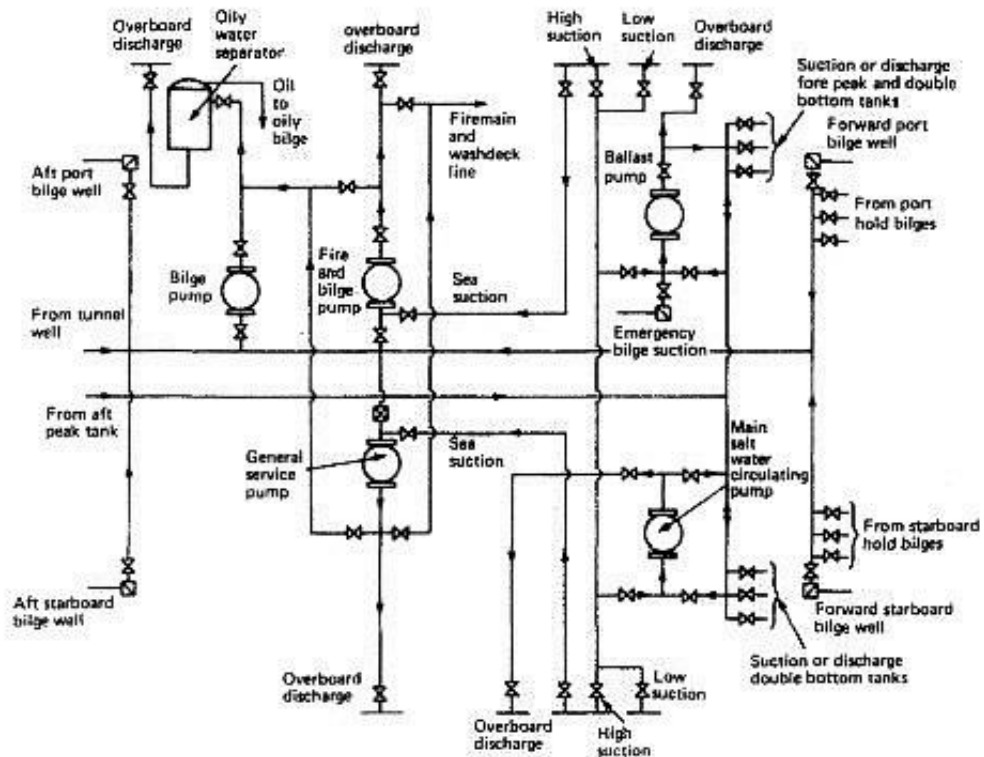
Painolastitoiminnoissa ja hallinnassa, ei ole vain yhtä toimivaa tapaa koska tarvittavat laitteet ja käytettävät keinot riippuvat laivan koosta, painolastitankkien kokoonpanosta, liikennealueesta, vallitsevista sääolosuhteista, lippuvaltion vaatimuksista sekä miehityksestä.

24.2 Satama ja matkasuunnitelma

Tarvittavan painolastin määrä satamassa riippuu laivasta, lastin määrästä sekä laivan lastaussuunnitelmasta. Lastin sijoittelussa tulee huomioida sen vaikutus painolastin määrään sekä mahdollisuuteen optimoida trimmi vaarantamatta laivan rungon kestävyyttä sekä vakautta. Tästä syystä sataman ja laivan vastuuhenkilöiden tulee kehittää suunnitelmat ja toimintatavat painolastin ja lastaamisen optimoimiseksi. Lisäksi laivan painolastin käyttö tulisi suunnitella etukäteen matkaa varten, jotta trimmiä voidaan optimoida matkan aikana.

24.3 Tyypillinen painolastijärjestelmä ilman puhdistusta.

Kuva 43 esittelee tyypillisen laivan painolastijärjestelmän. Se koostuu painolastipumpuista, putkistosta sekä virtauksen ohjauslaitteista. Tämä järjestelmä on normaalisti asennettu IMO:n ohjeiden mukaisesti ja sitä käytetään ja huolletaan järjestelmän valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kyseisen kaltaisen järjestelmän käyttö laivalla on kuvailtu laivan painolastivesisuunnitelmassa (BWMP). Kaikki viat sekä toimintavirheet tulee kirjata Painolastivesipäiväkirjaan (BWRB) IMO:n vaatimusten mukaisesti.



Kuva 43. Tyypillinen painolasti ja pilssipumppu järjestelmä (Machinery Spaces.com, 2010)

24.4 Painolastivesisuunnitelma (BWMP)

Kun painolastivesien käsittelyä koskeva kansainvälinen yleissopimus astui voimaan 8. syyskuuta 2017, kaikille aluksille joihin kyseistä sopimusta sovelletaan, tuli pakolliseksi olla Painolastivesisuunnitelma (BWMP).

Seuraavat asiat sisältyvät suunnitelmaan:

- Käytettävät keinot painolastin vaihtamiseen sekä siihen liittyvät toiminnot.
- Tiedot toimista sedimentin hävittämiseksi merellä ja maissa.
- Tieto kenen vastuulla BWMP:n käyttö on. Tieto siitä kenen vastuulla BWMP:n käyttäminen on helpottaa sen käytössä. Tämä huomioiden kyseisille henkilöille tulisi järjestää koulutus BWM laitteiden energiatehokkaasta käyttämisestä sekä trimmin optimoinnista.
- Keinot sedimentin poistamiseen tai vähentämiseen merellä, sekä milloin painolastitankkien puhdistaminen suoritetaan.

Sedimentin hallinnan pääperiaatteet:

Sedimentin määrän vähentämiseksi, IMO antaa seuraavat yleisohjeet:

- Kaikki tarvittavat toimet tulee tehdä sedimentin estämiseksi painolastin pumpaamisessa.
- Kun sedimenttiä on kertynyt, tulisi harkita tankinpohjan pesua sedimentin poistamiseksi sopivalla alueella.
- Sedimentin määrää tulisi seurata säännöllisesti kaikissa tankeissa.
- Sedimentin poistamisen tarpeen tiheys ja ajoitus riippuvat tekijöistä kuten, sedimentin kertymisestä, laivan toiminta-alueesta, saatavilla olevista sedimentin keräyspisteistä, laivan miehistön työkuormasta sekä turvallisuuskysymyksistä.
- Sedimentin poistaminen painolastitankeista tulisi suorittaa valvotuissa oloissa satamassa tai telakassa.
- Poistetun sedimentin hävittämiseksi olisi suositeltavaa käyttää sedimentin keräyspisteitä, jos se on järkevästi sekä käytännöllisesti mahdollista. Jos hävittäminen joudutaan tekemään merellä, tulisi se suorittaa alueella joka on vähintään 200nm päässä lähimmästä rannikosta sekä vähintään 200m syvää.

24.5 Keinoja painolastin vaihtamiseksi.

Painolastiveden vaihtamiseksi on kolme keinoa jotka ovat IMO:n hyväksymiä. Nämä keinot ovat, sequential method, flow-through method sekä dilution method.

- sequential method: keino jossa painolastitankki tyhjennetään ja sen jälkeen täytetään 95% tankin kokonaistilavuudesta.
- Flow-through: keino jossa tankkia täytetään ja annetaan ylimääräisen veden valua yli tankista (katso kuva 22.3). Tankkiin on pumpattava ainakin 3 kertaa tankin tilavuuden verran vettä.
- Dilution method: keino jossa uutta vettä pumpataan tankin yläosaan ja samalla alaosasta päästetään vettä pois samalla tahdilla. Veden määrän tulee pysyä samana koko painolastiveden vaihto operaation ajan.



Kuva 44. Flow-through keinon käyttö painolastiveden vaihdossa (US Coast Guard, 2008)

Painolastiveden vaihdossa tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Vakaus tulee ylläpitää jatkuvasti niin kuin IMO, lippuvaltio tai satamavaltio määrää.
- Rungon rasitukset eivät saa ylittää vaatimuksia.
- Vapaan nestepinnan aiheuttamat vaikutukset tulee minimoida.
- Aaltojen aiheuttamaan rungonvärinään painolastin vaihto-operaatioiden aikana.
- Vallitsevien sää ja meriolosuhteiden asettamat rajoitteet painolastiveden vaihto- operaatioille.
- Komentosillan ohjeet keula- ja peräsyvyyden sekä trimmin säätämisestä.
- Miehistön ylimääräiseen työkuormaan.

Kuten sanottu painolastiveden vaihto-operaatioilla on vaikutusta laivan energiatehokkuuteen ja turvallisuuteen.

24.6 Energiatohokkuuden parantaminen painolastitoiminnoissa

Yleisesti seuraavien asioiden seuraaminen johtaa lisääntyneeseen energiatohokkuuteen.

- Pientämällä painolastiveden määrää: aluksen uppouma riippuu aluksen kuivapainosta, polttoaineen, lastin sekä painolastin massasta. Tästä johtuen pienempi painolastiveden määrä tarkoittaa pienempää uppoumaa ja pienempää vastusta (tai lisää lastikapasiteettia). Tästä syystä painolastia vähentämällä saadaan energiatohokkuutta parannettua. Tämä ei tietenkään saa vaarantaa laivan turvallisuutta.
- Laitteiden oikea käyttäminen: tämä tarkoittaa painolastilaitteiden oikeanlaista käyttämistä hallitsemalla painolastin pumppaamisen määrää. Tämän tarkoitus on vähentää painolastilaitteiden käyttöä.
- Tehokkaat painolastitoiminnot: tämä tarkoittaa painolastiveden vaihtamista tai ulos/ sisään pumppaamista energiatohokkaammalla tavalla.

Esimerkiksi:

- Painovoimainen painolastinvaihto menetelmä on suosittu keino. Tällä keinolla on vähemmän tarvetta painolastipumppujen käytölle.
- Sequential ballast exchange menetelmä, jossa tankit tyhjenetään ensin ja sitten täytetään, on energiatohokkaampi kuin "flow-through ballast exchange" menetelmä, jossa tankkien annetaan täytyä. Tässäkin energian säästö saavutetaan pumppujen vähäisemmällä käyttötarpeella.
- Trimmin optimointi: painolastia käytetään laivan trimmin säätelyssä, kuten aiemmin todettiin. Trimmin optimointi painolastivettä käyttämällä säästää energiaa huomattavasti joillakin laivoilla.
- Höyrykäyttöiset painolastipumput: joillakin laivoilla on höyrykäyttöiset painolastipumput. Kattilan käyttäminen tätä tarkoitusta varten on todella tehotonta. Tästä syystä höyrykäyttöisten pumppujen käyttöä tulisi pienentää huolellisella suunnittelulla ja näin saadaan energiasäästöjä.
- Sedimentin poistaminen: on yleistä, että painolastioperaatioissa tankkeihin kertyy sedimenttiä. Tämä sedimentti voi olla hyvinkin painavaa ja sen kuljet-

taminen mukana lisää polttoaineenkulutusta. Tästä syystä sedimentin poistaminen johtaa kasvaneeseen lastikapasiteettiin ja parempaan energiatehokkuuteen.

25 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Satakunnan ammattikorkeakoulun opettajien pyynnöstä ja sen tarkoituksena oli koota koulutuspaketti laivojen energiatehokkuuden parantamiseksi. Paketti antaa kattavan kuvan keinoista joilla niin laivan henkilökunta, satama kuin muutkin merikuljetuksiin linkittyvät tahot voivat parantaa toimintaansa energiatehokkaammaksi ja näin ollen pienentää siitä aiheutuvia päästöjä.

Työ on tarkoitettu niin alaa vasta opiskeleville kattavaksi tietopaketiksi siitä, kuinka monet seikat vaikuttavat osaltaan laivojen päästöihin. Vaikka paketti onkin suunnattu pääasiassa alaa opiskeleville, on siitä mahdollisesti hyötyä myös alalla jo työskentelevillekin, muistutuksena siitä kuinka pienillä asioilla aluksen energiatehokkuuteen voi vaikuttaa.

Työn tavoitteisiin päästiin ja työssä käytiin läpi kattavasti toimia, joidenka avulla aluksen energiatehokkuutta pystytään parantamaan. Suurin osa näistä toimista on pieniä muutoksia aluksen jokapäiväiseen operointiin liittyen ja näiden avulla voidaan saavuttaa huomattavia parannuksia. Nämä parannukset ovat hyödyllisiä niin ympäristön, ilmanlaadun kuin myös aluksien taloudellisuuden kannalta.

Työtä tehdessä huomasin kuinka pienilläkin jokapäiväisillä toimilla, voidaan saavuttaa todella huomattavia säästöjä energiankulutuksessa ja tätä kautta pienentää aluksen operointikustannuksia. Lisäksi huomasin, kuinka merikuljetuksia voidaan tehdä samanaikaisesti pienemmillä kustannuksilla, että ympäristöystävällisemmin eikä nämä välttämättä ole aina toisiaan poissulkevia asioita.

LÄHTEET

Föhr, Perusasiat haltuun, 2011, viitattu 02.01.2018

Turunen, Perustietoa Maasta,
www.geologia.fi, 08.12.2017

NASA/Goddard, Earth's Atmospheric Layers,
https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/atmosphere-layers2.html,
10.12.2017

U.S. Global Change Research Program, Global Climate Change Impacts in the
United States, 2009,

IPCC, TAR, 2001

IPCC AR4, 2007

IPCC AR5, 2013

GESAMP, GESAMP REPORTS AND STUDIES NO. 84, 2012

Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus, 1982. 50/1996. Muutoksineen

UNEP, Green Economy, 2011,
https://web.unep.org/greeneconomy/sites/unep.org/greeneconomy/files/field/image/green_economyreport_final_dec2011.pdf, 10.12.2017

YK:n päätöslauselma 2997, 10.12.2017

UNCCC, Kioton pöytäkirja, 11.12.2017

Merk O, Shipping Emissions in Ports, 2014, 11.12.2017

IMO, Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation,
11.12.2017

Marineinsight, <https://www.marineinsight.com/tech/boiler/energy-audit-on-ships-audit-of-marine-boiler/>, 11.12.2017

ENIRAM, Trim Guide, 2012, 11.12.2017

FORCE Technology, Trim optimisation - an efficient tool for minimising energy
consumption, 13.12.2017

ABS 2013, Ship Energy Efficiency Measures, Status and Guidance, 14.12.2017

IMO, <http://www.imo.org/en/OurWork/safety/navigation/pages/enavigation.aspx>,
14.12.2017

IMO, Third IMO GHG Study 2014, 14.12.2017

Bhattacharjee, 2017, What is Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), 14.12.2017

Ocean Weather Services, http://www.oceanweatherservices.com/benefits_of_optimum_ship_routing, 14.12.2017

Bell Performance, <https://www.bellperformance.com/fuel-treatment-for-ships>, 29.12.2017

Gard, 2014, Bunkers and Bunkering, A selection of articles previously published by Gard AS, 2014, 02.01.2018.

Machinery Spaces.com, Feed systems for auxiliary boilers and steam turbines - operating principle, <http://www.machineryspaces.com/feed-system.html>, 02.01.2018

INTERTANKO, OCIMF, 2010, Virtual Arrival Optimising Voyage Management and Reducing Vessel Emissions - an Emissions Management Framework, 02.01.2018

Study of Emission Control and Energy Efficiency Measures for Ships in the Port Area; International Maritime Organization (IMO), 2015, 02.01.2018

Corson, Fisher, Manual of Best Management Practices For Port Operations, <http://www.glmri.org/downloads/resources/manualBestManagementPorts.pdf>, 02.01.2018

ICCT kesäkuu 2012, Developing Port Clean Air Programs A 2012 update to the International Association of Ports and Harbor's Air Quality Toolbox, 2012, 02.01.2018

ICCT joulukuu 2012, Workshop brief: Technologies and operational strategies for best practices in port clean air programs, A report prepared for the International Workshop on Reducing Air Emissions from Shipping, 02.01.2018

WPCI, <http://wpci.iaphworldports.org/onshore-power-supply/environment-and-health/climate.html>, 03.01.2018

MEPC 55/4/13, <http://www.sjofartsverket.se/pages/9333/55-4-13.pdf>, 05.01.2018

MEPC.1/Circ.680, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Circ-680.pdf>, 05.01.2018

Singapore MPA, <https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/c49487aa-34a0-4df4-8edc-1365bf92dc53/annex-b-031213.pdf?MOD=AJPERES>, 07.01.2018

Eli Marie Åsen, 2013, Norway: The NO_x tax scheme, 05.01.2018

marine-knowledge, <http://www.marine-knowledge.com/marine-safety/plimsoll-lines-significance-meaning/>, 05.01.2018

Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus 52/1968 muutoksineen, 05.01.2018

Bazari 2006, "Ship energy performance benchmarking /rating: methodology and application" Presented at: World Maritime Technology Conference (WMTC), ICMES 2006,

IMO, Ballast Water Management, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Pages/Default.aspx>, 07.01.2018

machineryspaces.com, Bilge and ballast systems for general cargo ships, 07.01.2018

ENIRAM, CHALLENGES IN VESSELSPEED OPTIMIZATION, 07.01.2018

Load management for main engine, auxiliary engine & electrical loads - shipboard energy efficiency measures, shipsbusiness.com/engine-load-management.html, 07.01.2018

Fuel management - shipboard energy efficiency measures, <http://shipsbusiness.com/fuel-management-energy-efficiency-measures.html>, 07.01.2018

