

Arttu Kotkavaara

Ville Tikkanen

## KALJAASI INGAN KONEHUONEEN SUUNNITTELU

Merenkulun koulutusohjelma

2019

## KALJAASI INGAN KONEHUONEEN SUUNNITTELU

Arttu Kotkavaara, Tikkanen Ville  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Merenkulun koulutusohjelma  
Maaliskuu 2019  
Ohjaaja: Haapanen, Toni  
Sivumäärä: 46  
Liitteitä: 5

Asiasanat: konehuoneet, laivanrakennus, suunnittelu

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kaljaasi Ingan konehuone sekä selvittää kansalliset ja kansainväliset vaatimukset viranomaisvaatimukset matkustaja-aluksia koskien. Toimeksiantaja oli antanut lähtökohdaksi suunnitella konehuone joka sisältää pääkoneen ja generaattorin lisäksi vain pakolliset apujärjestelmät. Lopullinen komponenttien valinta ja hyväksytyjen piirustusten laatiminen oli toimeksiantajan vastuulla.

Työn ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin kansalliset ja kansainväliset viranomaisvaatimukset Trafilta joiden pohjalta voitiin määrittellä vähimmäisvaatimukset laitteistojen ja järjestelmien osalta.

Työn toisessa vaiheessa toteutettiin järjestelmien suunnittelu ja piirustusten laatiminen kansallisia ja kansainvälisiä vähimmäismääräyksiä noudattaen. Konehuoneesta piirrettiin yleisjärjestely- sekä systeemikaaviokuvat.

Työn tuloksena toimeksiantajalle toimitettiin selvitys kansallisista ja kansainvälisistä vaatimuksista matkustaja-aluksia koskien sekä selvitys eri konehuoneen järjestelmistä ja vaaditut piirustukset.

## DESIGNING A GALEAS INGA MACHINERY ROOM

Arttu Kotkavaara, Tikkanen Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine engineering

March 2019

Supervisor: Haapanen, Toni

Number of pages: 46

Appendices: 5

Keywords: engine room, ship building, designing

---

The aim of this thesis was to design the Inga's machine room and to find out the national and international requirements for regulatory requirements for passenger ships. The client had provided the starting point for designing a machine room that includes not only the main engine and the generator but also the mandatory auxiliary systems. The final choice of components and the drawing of approved drawings was the responsibility of the sponsor.

In the first phase of the thesis the national and international authority requirements were investigated from Trafi and its regulations, on the basis of which the minimum requirements for equipment and systems could be defined.

In the second phase of the work the design of the systems and the drawing of drawings were carried out in accordance with national and international minimum standards. General arrangement and system diagrams were drawn from the machine room.

As a result of the work, the client was provided with a report on the national and international requirements for passenger ships and a description of the different engine room systems and the required drawings.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS .....	7
2.1	Tutkimusmenetelmä .....	7
2.2	Tutkimuksen toteutus .....	7
3	ALUKSEN PERUSTIEDOT .....	8
4	LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN TAUSTA .....	8
4.1	Lainsäädäntö ja sovellettavat määräykset.....	8
4.1.1	Määräys alusten koneistosta .....	9
4.1.2	Määräys alusten paloturvallisuudesta.....	9
4.2	Liikennealue.....	10
5	KONEHUONEEN LAITTEET JA JÄRJESTELMÄT.....	10
5.1	Pääkone, voimansiirto ja propulsio .....	10
5.2	Ingan pääkoneisto, voimansiirto ja propulsio .....	11
5.2.1	Pääkone.....	11
5.2.2	Merivaihte .....	13
5.2.3	Propulsiojärjestelmä .....	14
5.3	Generaattori .....	15
5.3.1	Generaattorisetin tyyppi .....	16
5.3.2	Generaattorin jännite .....	16
5.3.3	Generaattorin jäähdytysjärjestelmä .....	17
5.4	Polttoainejärjestelmä .....	17
5.4.1	Polttoainetankit .....	17
5.4.2	Polttoaineventtiilit .....	19
5.4.3	Polttoainelinjasto sekä suodatus .....	20
5.4.4	Moottoreiden omat polttoainelinjastot sekä suodatus .....	22
5.5	Jäähdytysjärjestelmä.....	23
5.5.1	Merivesipumppu .....	24
5.5.2	Merivesisuodatin.....	25
5.5.3	Jäähdytysvedenotto ja venttiilikeskus .....	25
5.5.4	Laponestoventtiili.....	25
5.5.5	Ahto ilman jäähdytin.....	26
5.5.6	Vaihteistoöljyn jäähdytin.....	26
5.5.7	Moottorin jäähdytysveden lauhdutin.....	26
5.5.8	Paisuntasäiliö .....	27
5.5.9	Lämminvesivarajaa .....	27
5.6	Pakokaasujärjestelmä .....	27

5.6.1	Putkenmutka jäähdytysvesiliitännällä .....	28
5.6.2	Pakoputki .....	28
5.6.3	Vesijäähdytteinen äänenvaimennin .....	29
5.6.4	Pakokaasun lämpötila-anturi .....	29
5.7	Pilssintyhjennysjärjestelyt .....	29
5.7.1	Tyhjennyspumput .....	30
5.7.2	Pilssivesitankki ja pilssiveden pinnan korkeuden hälytys .....	30
5.8	Ohjausjärjestelmä .....	30
5.8.1	Pienet veneet .....	31
5.8.2	Työveneet ja pienemmät alukset .....	31
5.8.3	Laivat ja suuret alukset .....	34
5.8.4	Ingan hydrauliohjaus .....	34
6	SÄHKÖLAITTEISTO .....	35
6.1	Sähköntuotto tasavirralla .....	35
6.2	Vaihtovirta ja generaattori .....	36
6.3	Kuluttajat .....	36
6.4	Ingan sähkölaitteistot .....	37
6.4.1	Tasavirta .....	37
6.4.2	Vaihtovirta .....	38
6.4.3	Akusto .....	39
7	PALOTURVALLISUUSVAATIMUKSET .....	40
7.1	Kiinteä palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmä .....	40
7.2	Koneistotilojen kiinteä palonsammutusjärjestelmä .....	40
7.3	Koneistotilojen sammutuslaitteet .....	41
7.4	Konehuoneen paloeristys .....	41
7.5	Palopumppu .....	42
7.5.1	Palopumpun teho ja putkiston halkaisija .....	42
7.6	Konehuoneen yleisjärjestely .....	43
8	YHTEENVETO .....	45
	LÄHTEET .....	46
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Kaljaasi Inga on toiminut matkustaja-aluksena viimevuodet ja sen kotipaikkana on toiminut Kasnäs. Kyseinen alus myyty ja uusi omistaja on siirtänyt sen Suomenlinnan telakalle, jossa se tulee läpikäymään mittavan uudistuksen. Aluksen konehuone tullaan uudistamaan kokonaisuudessaan. Uudistuksen jälkeen alus on tarkoitus siirtää Espanjaan, jossa sen liikennöintialueena tulee olemaan Aurinkorannikko.

House In-West Oy ja sen edustajat Harri Mäki ja Jukka Salminen olivat pyytäneet jos Satakunnan ammattikorkeakoulun oppilaat voisivat suunnitella alukseen uuden konehuoneen. Toimeksiantaja antoi lähtökohdaksi suunnitella konehuone, joka sisältää pääkoneen ja generaattorin lisäksi vain pakolliset tarvittavat järjestelmät.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kaljaasi Ingan konehuone toimeksiantajan lähtökohtien mukaan. Työssä tuli ottaa huomioon kansalliset ja kansainväliset viranomaismääräykset matkustaja-aluksia koskien. Työ sisälsi konehuoneen yleisjärjestelyn ja konehuonejärjestelmien perussuunnittelun. Lopullinen komponenttien valinta jäi toimeksiantajan vastuulle.

Tämän opinnäytetyön tuloksena toimeksiantajalle toimitettiin systeemikuvaukset, piirustukset konehuoneen yleisjärjestelystä ja järjestelmistä sekä selvitys sovellettavasta lainsäädännöstä.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

### 2.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmäksi valitsimme konstruktivisen tutkimuksen. Konstruktivinen tutkimus on luonteeltaan soveltavaa tutkimusta, jossa haluttu päämäärä on tiedossa mutta toteutustapa ei. Konstruktiviselle tutkimukselle on ominaista uuden todellisuuden rakentaminen tunnetun tiedon pohjalta. Kyseisen menetelmään kuuluu myös päätös siitä miten uutta todellisuutta halutaan rakentaa ja miten se tehdään. Konstruktivisen menetelmää voidaan kutsua suunnittelutieteeksi. Perinteisesti tekniikan suunnittelutyöt ovat konstruktivisia tutkimuksia. Konstruktivisina työn tuloksina pidetään toteutettuja systeemejä sekä niiden suunnitelmia. (Jyväskylän yliopisto www-sivut 2019).

### 2.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutettiin keräämällä tietoa luotettavista lähteistä kuten laitevalmistajien www-sivuilta, asennus- sekä suunnitteluohjeista. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin hyväksi opinnäytetyötekijöiden aikasempaa laaja-alaista hiljaista tietoa merenkulun ja laivanrakennuksen aloilta. Lainsäädäntö ja siihen liittyvät määräykset selvitettiin Trafilta. Selvitykset eri järjestelmien osalta toteutettiin Trafimääräysten määräysten perusteella ja näiden pohjalta piirrettiin järjestelmien systeemikaaviot.

### 3 ALUKSEN PERUSTIEDOT

M/Aux Inga, kutsumerkki OIVG

Kokonaispituus	30,71 m
Perpendikkelipituus	21,54 m
Mallattu leveys	6,67 m
Vesiviivaleveys	6,44 m
Syväys	2,28 m
Uppouma	119,16 t



*Kuva 1. Kaljaasi Inga*

### 4 LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN TAUSTA

#### 4.1 Lainsäädäntö ja sovellettavat määräykset

Konehuoneen suunnittelun lainsäädännöllisenä perustana on 6. toukokuuta 2009 voimaan tullut Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi matkustaja-alusten turvallisuussäännöistä ja – määräyksistä (2009/45/EY), sekä 6. kesäkuuta voimaan



tullut muutos 2010/36/EU. Tämä vuonna 2009 voimaan tullut direktiivi on uudelleen laadittu versio vuoden 1998 non-SOLAS-direktiivistä 98/18/EY. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi matkustaja-alusten turvallisuussäännöistä ja – määräyksistä, 2009/45/EY.)

#### 4.1.1 Määräys alusten koneistosta

Liikenteen turvallisuusvirasto on antanut kappaleessa 3.1 mainitun lainsäädännön pohjalta määräyksen alusten koneistoista joka on tullut voimaan 1.1.2015. Määräyksen tarkoituksena on antaa aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä annetun lain (1686/2009) 15 §:n 3 momentin ja 23 §:n 1 momentin nojalla alusten koneistoja koskevat tarkemmat määräykset non-SOLAS-direktiivin (2009/45/EY) täytäntöönpanemiseksi ennen 1 päivää heinäkuuta 1998 rakennetuille C- ja D-luokkaan kuuluville matkustaja-aluksille ja tarkemmat tekniset määräykset muille tämän määräyksen soveltamisalaan kuuluville aluksille mainitun lain 5 §:ssä säädettyjen yleisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi ja alusturvallisuuden kannalta riittävän tason varmistamiseksi. (TRAFI/10742/03.04.01.00/2014.) Konehuoneen suunnittelussa noudatettiin edellä mainitun määräyksen liitteen 1 säännöksiä, jotka koskevat uusia aluksia sekä alukseen tehtäviä uusia asennuksia, jolla korvataan vanha asennus.

#### 4.1.2 Määräys alusten paloturvallisuudesta

Liikenteen turvallisuusvirasto on antanut kappaleessa 3.1 mainitun lainsäädännön pohjalta määräyksen alusten paloturvallisuudesta joka on tullut voimaan 1.7.2015. Määräyksen tarkoituksena on antaa aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä annetun lain (1686/2009) 21 §:n 3 momentin, 22 §:n 2 momentin, 23 §:n 1 momentin ja 83 §:n nojalla alusten paloturvallisuutta koskevat tarkemmat tekniset määräykset tämän määräyksen soveltamisalaan kuuluville aluksille aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä annetun lain 5 §:ssä säädettyjen yleisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi ja alusturvallisuuden kannalta riittävän tason varmistamiseksi. (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.) Paloturvallisuuden osalta suunnittelussa sovellettiin kappaleissa 2 ja 4 määriteltyjä säännöksiä, jotka koskevat

jo olemassa olevia ei-teräksisten kotimaan liikenteen matkustaja-alusten rakenteiden paloeristystä sekä paloturvallisuusvaatimuksia.

#### 4.2 Liikennealue

Liikenteen turvallisuusvirastolta saadun tiedon pohjalta aluksen liikennealueeksi määriteltiin kotimaa III.

## 5 KONEHUONEEN LAITTEET JA JÄRJESTELMÄT

### 5.1 Pääkone, voimansiirto ja propulsio

Suuremmissa aluksissa käytetään lähes poikkeuksetta propulsioon voimanlähteenä dieselmoottoreita. Diesel on parempi vaihtoehto suuremmissa aluksissa bensiiniin verrattuna. Diesel on säilytyksen ja käytön kannalta turvallisempi korkeamman leimahduspisteen vuoksi. Dieselillä on jonkun verran parempi hyötysuhde, vääntömomentti, sekä sen hinta on bensiiniä alhaisempi. Bensiinimoottoreita käytetään pääasiassa pienemmissä nopeakulkuisissa veneissä, joissa on sisäperä- tai perämoottori. Muitakin voimanlähteitä on käytössä, kuten raskas polttoöljy, kaasu ja höyry.

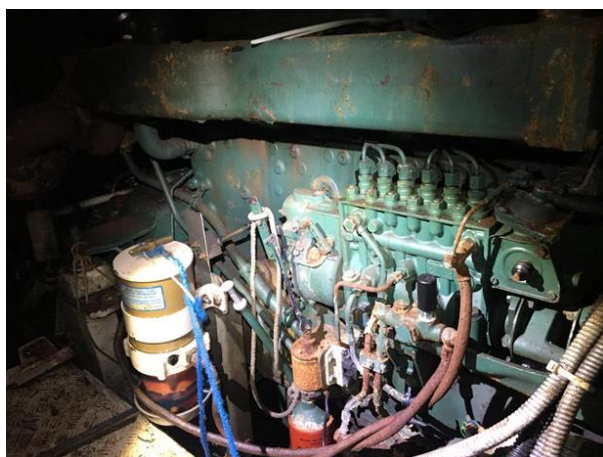
Pääasialliset polttoaineet tänä päivänä ovat Raskaspolttoöljy, kaasuöljy, diesel ja LNG, eli nesteytetty maakaasu. Suuret laivat käyttävät raskasta polttoöljyä, joka vaatii enemmän lisälaitteistoa, kuten booster-yksikön ja tankkien lämmityksen. Raskaspolttoöljy ei ole huoneenlämmössä juoksevaa. Nesteytetty maakaasu on yleistynyt viimevuosien aikana, ja sen saatavuus on parantunut. Esimerkiksi Suomessa on avattu uusia LGN-terminaaleja, sekä valtion omistuksessa olevalle Arctia varustamolle valmistui uusi moderni LNG-jäänmurtaja Polaris vuonna 2016.

## 5.2 Ingan pääkoneisto, voimansiirto ja propulsio

Seuraavissa osioissa käymme läpi Ingan pääkoneen, voimansiirron sekä propulsion. Ingassa oli vielä kaikki vanha tekniikka tallella, ja jouduimme miettimään uuden, sekä vanhan säilyttämisen välillä. Annoimme omat mielipiteemme näistä, ja omistajille jäi lopullinen päätöksenteko. Ennen vanhan laitteiston tarkempaa tutkimusta päätöksenteot olisivat olleet jopa turhan hätiköityjä. Tai vähintään ne olisivat voineet nostaa kokonaiskustannuksia tarpeettomasti.

### 5.2.1 Pääkone

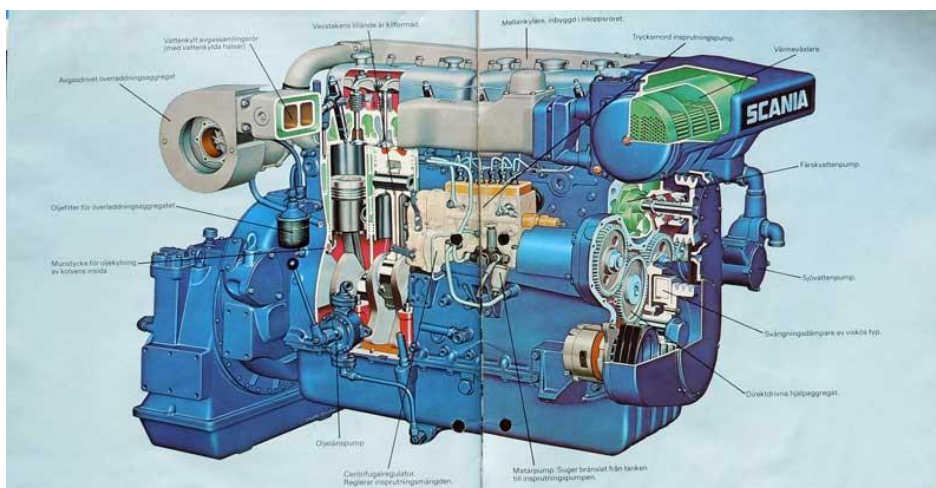
Ingan pääkoneena on toiminut kuusisylinterinen turboahdettu rividieselmoottori SCANIA D11. Tarkempia tietoja emme saaneet koneesta, koska moottorin tyyppikilpi oli hävinnyt ajan saatossa, eikä muuta tietoa ollut saatavilla. Enemmän tutkimustyötä tekemällä saataisiin varmasti sen verran tietoa moottorista selville, että varaosien tilaus onnistuisi. Me emme nähneet vaivaa kyseisen asian vuoksi, koska moottori oli seisonut jo niin kauan käyttämättömänä kosteassa tilassa, että koko moottorin kunnostus on kovin kyseenalaista. Ingassa jo sijaitsevan pääkoneen kunnostusta emme sivuuttaneet kokonaan. Moottori vain oli jo päällisin puolin niin syöpynyt, eikä pakkasnesteidен kestosta ollut mitään tietoa, että lähtökohta ei ollut kovin lupaava. Alus on ollut kylmiltään, joten pakkanen on voinut tehdä kosteuden lisäksi tuhojaan. Ainoa keino varmistua mahdollisista vaurioista, sekä tehdä arvio moottorin kunnostuksen kustannuksista on purkaa kone osittain.



*Kuva 1. Ingan pääkone SCANIA D11*

Jätimme vanhan moottorin kunnostuspäätöksen omistajien päätettäväksi. Toinen opinnäytetyöntekijöistä, Arttu Kotkavaara lupautui korvausta vastaan tutkimaan moottorin verstaallaan, omistajien hoitaessa moottorin kuljetuksen Raumalle. Jos omistaja päätyy kunnostukseen, löytyy Arttu Kotkavaaralta mahdollisuudet korjata moottori itse, tai vaihtoehtoisesti hän ohjaa päteville moottorikorjaamolle. Moottorin tutkimus, mahdollinen kunnostus ja näistä aiheutuvat kustannukset jäivät odottamaan Ingan omistajien, sekä Arttu Kotkavaaran sopimusta, eikä asia selvinnyt vielä opinnäytetyön tekoaikaan.

Jos nykyisen SCANIA D11 pääkoneen kunnostus todetaan kannattamattomaksi, tulee Ingaan hankkia joko kokonaan uusi tai kunnossa oleva käytetty moottori. Koska emme tiedä tarkempia tietoja olemassa olevasta SCANIA D11 moottorista, niin emme osanneet suoraan kertoa minkä tehoinen moottori olisi sopiva korvaamaan vanhan koneen. Samasta perusmoottorista saadaan eri viritysasteilla eri tehot ulos, joten nykyisen koneen tehollisuus ei ole tiedossa. Arvio nykyisen koneen tehoalueesta on 140-180kW. Uuden moottorin valintaan vaikuttaa myös se, että jääkö vanha kytkin ja potkuri käyttöön. Vai vaihtuuko mahdollisesti myös kytkin, mikä on uuden välityssuhde ja muuttuuko potkuri, sen nousu ja luisto. Nämä kaikki täytyy ratkaista kokonaisuutena. Tosin potkurilla ja alennusvaihteella saadaan säädettyä kierrosalue sopivaksi vääntöalueen kanssa, muuta kokonaistehoon voidaan vaikuttaa vain moottorin tuottamalla teholla. Helpointa on valita kaikki komponentit yhdessä, jolloin pääkoneen tuottama voima saadaan yhdistettyä propulsioon mahdollisimman optimaalisesti.



Kuva 2. SCANIA DSI 11 merimoottori kytkimellä (Tugboatlars www-sivut 2019).

Jos Ingan omistajat päätyvät uuden moottorin hankintaan, niin vaikka emme saaneet vanhan moottorin tarkkaa tehokkuutta selville, suosittelemme saman tyyppisen kuusisylinterisen rivimoottorin hankintaa. Pienikokoinen V8 tai V10 moottori voisi olla myös sopiva, mutta sellainen tarvitsee enemmän tilaa sivusuunnassa ja huollot vaikeutuvat tilanpuutteen vuoksi.

### 5.2.2 Merivaihte

Merivaihte on kokonaisuus, joka pitää sisällään vaihteet eteen ja taakse, alennusvaihteen sekä painelaakerin. Ingan merivaihteena oli hydraulinen MASSON NGF. Merivaihteessa on öljy sisällä, joka voitelee laakerit, rattaat sekä toimii välittäjäaineena hydraulikalle. Hydraulipumppu tekee paineen, jolla vaihteet kytketään. Pääakseli pyörii koko ajan, ja hydraulipaineen puristama levypakka määrittää pyörimissuunnan. Etu- ja takavaihteella on omat levypakkansa, jotka ovat sijoitettu näiden omiin akseliin. Merivaihte pultataan joko suoraan moottoriin kiinni, tai väliin asennettavaan kaaveliin. Merivaihteen ja moottorin kampiakselin väliin tulee joustokytkin. Se antaa periksi vaihdetta kytkettäessä, jolloin säästetään vaihdetta liian nopealta voimavälitykseltä, joka voisi aiheuttaa osien rikkoutumisen. Hydraulisessa merivaihteessa öljy lämpenee käytön aikana, joten sitä tulee jäähdyttää. Tavallisimmin tämä tapahtuu vaihteeseen tai sen läheisyyteen sijoitetulla putkilämmönvaihtimella. Hydraulioöljy kiertää putkien ulkopinnoilla ja pääkoneen merijäähdytysvesi kulkee putkien lävitse, jolloin se siirtää ulos poistuessaan öljystä johtuvan lämmön mereen.

Ingassa olleen MASSON NGF vaihteen välitys on 3.090. Edellä mainittu välityssuhde merkitsee sitä, että potkurin yhden kierroksen pyörittämiseen moottorin pitää pyöriä 3,090 kierrosta. Karkeasti sanottuna välityssuhde on yksi kolmasosa. Tällä tiedolla saadaan laskettua potkurin pyörimisnopeus eri pääkoneen kierrosluvuilla. Laskuesimerkki  $(1750\text{r}/\text{min}:3,090=566,343\text{r}/\text{min})$  kertoo, että pääkoneen pyörimisnopeuden ollessa 1750r/min, pyörii potkuri 566r/min.

Vanhan SCANIA D11 pääkoneen tavoin jätimme merivaihteen kohtalon omistajien päätettäväksi. Päällisin puolin kyseisen MASSON:n kuntoa ei osattu arvioida. Jos omistajat päätyvät siihen, että vanha pääkone tutkitaan, niin merivaihteen kunnan toteaminen voidaan suorittaa samalla kertaa. MASSON on kuitenkin yhä toiminnassa oleva ranskalainen merivaihteiden valmistaja, joten mahdollisuudet varaosien saatavuuteen ovat olemassa.

### 5.2.3 Propulsiojärjestelmä

Voimansiirto ja propulsio koostuvat Ingassa vaihteiston jälkeen alkavasta potkuriakselista, joka kulkee hylsäputken lävitse ulos aluksen rungosta. Potkuriakselin päähän on kiinnitetty 5-lapainen Suomalaisen FINNSCREW:n valmistama kiinteälapainen pronssipotkuri. Potkureiden mitat ilmoitetaan aina tuumina (halkaisija x nousu). Ingan potkurissa ei ollut merkintöjä eikä tietoja saatu myöskään omistajilta, joten sen koko jäi selvittämättä.

Ingassa on siis kiinteälapainen potkuri, joten potkuriakselikin on umpinainen. Potkuriakselissa on hylsä, jonka tehtävänä on toimia potkuriakselin tukilaakerina rungon läpiviennissä, sekä siinä olevat tiivisteet pitävät meriveden aluksen ulkopuolella. Tiivistyksessä voidaan käyttää eri menetelmiä. Voi olla niin kutsuttuja rasva-boxeja, vesijäähdytettyjä ja öljyvoideltuja. Ingassa on öljyvoideltu hylsä. Merenpinnan yläpuolella on öljylle paisuntasäiliö, joka pitää hylsässä vallitsevan öljynpaineen suurempana, kuin toisella puolella oleva meriveden paine on. Hylsän öljy voitelee laakerit, tiivisteet sekä toimii itsessään tiivistävänä aineena. Hylsän tiivisteet jäähdytetään merivedellä, jonka virtaus otetaan pääkoneen merivesikierrosta. Kaikissa potkuriakselimalleissa tätä jäähdytystä ei ole.



*Kuva 3. Ingan 5-lapainen potkuri*

Meidän suosituksemme oli, että vanha potkuri, hylsä, sekä potkuriakseli jätettäisiin käyttöön. Potkuri ei näyttänyt erityisen syöpyneeltä. Potkuri kannattaa kuitenkin lähettää kiillotettavaksi, sekä tasapainotettavaksi alan korjaamoon. Potkuriakseli täytyy vetää ulos ja tarkistaa, samoin hylsä, sen laakerit ja tiivisteet. Tarvittavat osat kunnostetaan tai vaihdetaan.

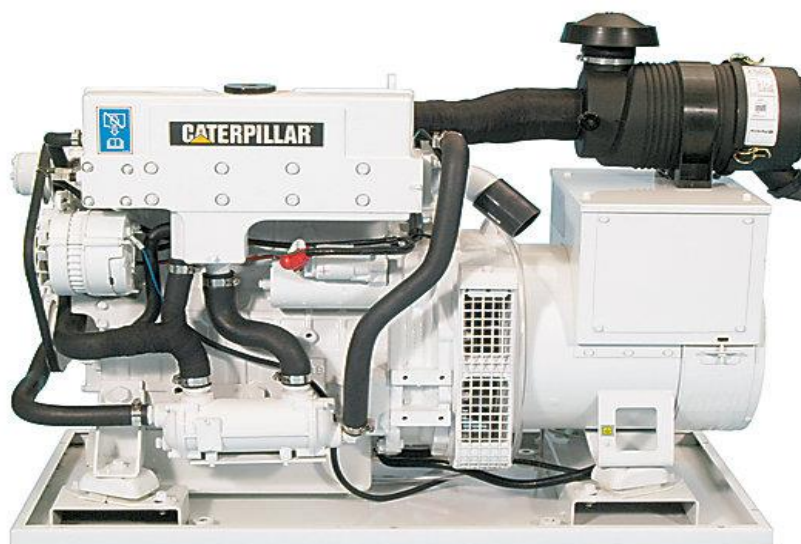
### 5.3 Generaattori

Nykypäivän aluksissa on sähköntarve kasvanut, koska erinäisten sähkölaitteiden skaala on kasvanut huomattavasti. Ingan kokoluokan huvialuksissa on monesti käytössä jääkaappeja, ilmastointilaitteita sekä hydraulijärjestelmiä, jotka vaativat käyttö sähköä toimiakseen. Aluksissa erinäisten koneiden ja laitteiden tarvitseman vaihtosähkön tuotannosta huolehtii yleisesti moottorin ja generaattorin yhdistelmä eli generaattorisetti.

Ingan sähköjärjestelmä on tarkoitus uusida konehuoneen uudistamisen yhteydessä, joten uuden generaattorisetin valintaan vaikuttavia tekijöitä käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Lopullinen generaattorisetin valinta jäi kuitenkin tämän työn tilaajalle koska aluksen sähköjärjestelmän energian kulutuksesta ei ollut laskelmia ja toisaalta tämän työn tekijöillä ei ollut sähkösuunnitteluun tarvittavia pätevyyskysymyksiä.

### 5.3.1 Generaattorisetin tyyppi

Vaihtosähkön tuotantoon on olemassa muutamia eri vaihtoehtoja. Ingassa on aiemmin ollut käytössä dieselgeneraattorisetti. Tällaisessa järjestelmässä erillinen apukone ts. dieselmoottori on yhdistetty generaattoriin, jolla tuotetaan vaihto- tai tasasähköä aluksen tarpeisiin. Nykypäivänä lähes kaikki uudet järjestelmät ovat kuitenkin varustettu vaihtosähköä tuottavalla generaattorilla. Suositelimme myös uuteen asennukseen vastaavanlaista 4-tahti rivikoneella varustettu generaattorisettiä. Tällainen on helppo asentaa, huoltaa ja käyttää, joten näimme tämän järkevimmäksi ratkaisuksi.



*Kuva 4. Dieselgeneraattori (Caterpillar www-sivut 2019).*

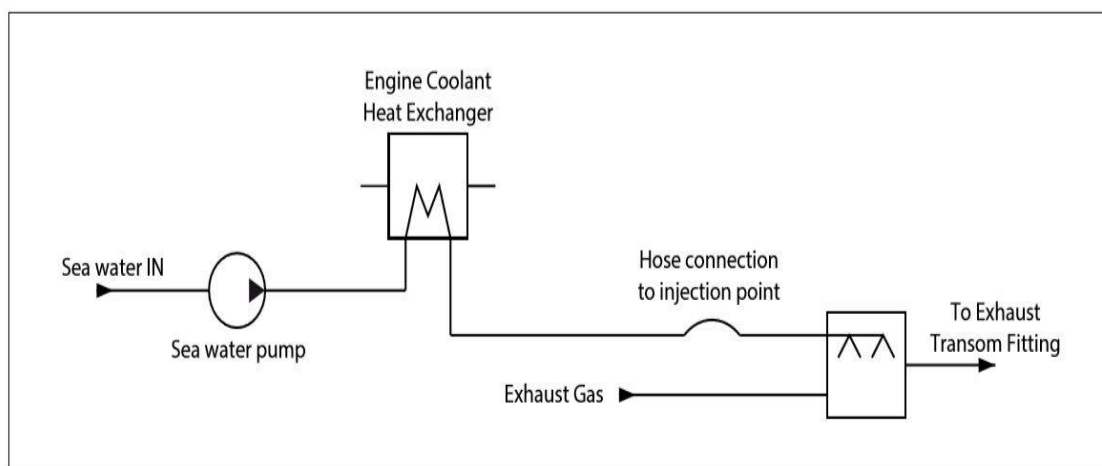
### 5.3.2 Generaattorin jännite

Generaattorisetin tuottama jännite tulisi olla 230 V (50 Hz). Tällaisia generaattoreita on saatavilla kaksi- ja nelinapaisina. Tutkittuamme vaihtoehtoja tulimme siihen tulokseen, että Inga olisi järkevintä varustaa nelinapaisella generaattorilla sen tuomien etujen vuoksi. Nelinapaisen generaattorin etuina on mm. pienempi pyörimisnopeus (1500 rpm), jonka vuoksi ne ovat polttoainetaloudellisia, hiljaisia ja pitkäikäisiä verrattuna kaksinapaisiin generaattoreihin.



### 5.3.3 Generaattorin jäähdytysjärjestelmä

Generaattorin jäähdytys on mahdollista järjestää useammalla eri tavalla mutta suosituksena on käyttää samanlaista jäähdytysjärjestelmää kuin pääkoneessa. Suunnitelmamme Ingan jäähdytysjärjestelmästä on käyty läpi tämän työn kappaleessa 3.4. Koska alukseen on suunniteltiin epäsuorajäähdytysjärjestelmä tullaan apukoneen jäähdytys toteuttamaan samalla tavalla. Generaattorisetin asentaminen merivesipiiriin on yksinkertaista koska normaalisti paketin mukana tulee kaikki tarvittavat letkut, liittimet, sihdit jne. Generaattorisetit on myös varustettu merivesipumpulla, joten jäähdytyksen osalta asennus on kohtalaisen yksinkertainen.



Kuva 4. Apukoneen jäähdytyksen periaate (Vetus GHX/GLX installation manual).

## 5.4 Polttoainejärjestelmä

### 5.4.1 Polttoainetankit

Ingassa oli ennestään kaksi kappaletta polttoainetankkeja yhteistilavuudeltaan 2500l. Ingassa ei ollut erikseen selkeytys- tai päivätankkia, varastotankit ovat siis ainoat. Ingan suhteellisen pienissä moottoreissa käytetään dieselöljyä tai kevyttä kaasuöljyä. Polttoaineenlaadun vuoksi meidän ei ollut tarpeellista ottaa mitään erityistekijöitä huomioon. Koska kyseessä ei ole raskasta polttoöljyä käyttävä alus, niin tankkien lämmityksiä ei tarvita. Kevyttä polttoöljyä saatetaan jossain tapauksissa joutua jopa

jäähdyttämään. Jos polttoainetankki on sijoitettu siten, että runko tai muu johtava pinta ei pysty siirtämään lämpöä itsestään tarpeeksi pois, niin tällöin moottorilta palaava polttoaine lämmittää tankissa varastoitua polttoainetta liikaa. Kevyen polttoöljyn kinemaattinen viskositeetti on pääsääntöisesti alle  $4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  ( $40^\circ\text{C}$ ). Mitä kuumemmaksi polttoöljyn lämpötila nousee, sitä matalampi viskositeetti sillä on. Liian matalasta viskositeetistä aiheutuu ohivuotoja polttoainejärjestelmässä, sekä polttoöljyn voiteleva vaikutus vähenee, joka aiheuttaa polttoainepumpun ja suuttimien tarpeetonta kulumista.

Koska Ingan konehuoneen valmistuminen jäi kesken tämän opinnäytetyön valmistumisen aikana, sekä pää- tai apukoneen lopullinen valinta ei ollut vielä tiedossamme, niin näiden seikkojen perusteella polttoaineen jäähdytystarvetta ei tiedostettu. Meidän vahva oletus oli, että tässä tapauksessa sitä ei tulla tarvitsemaan, ellei se sitten satu olemaan integroitu pää- tai apukoneeseen jo valmiiksi. Joihinkin moottoreihin polttoaineenjähdytin on jo tehtaalla asennettu, pääasiassa uudempiin common rail moottoreihin korkean polttoainepaineen aiheuttaman lämmön nousun vuoksi. Uskomuksemme jäähdytyksen tarpeettomuuteen perustelimme sillä, että edellinen installaatio ei ollut jäähdytystä tarvinnut, sekä polttoaineen määrä suhteessa lämmönjohtavuuteen on aika suuri. Kehoitimme aluksen omistajia seuraamaan polttoainetankkien lämpötiloja. Jos lämpötila kohoaisi yli  $40^\circ\text{C}$ , olisi mietittävä jäähdytystarvetta uudelleen. Korostamme edelleen, että tämä lämmön nousu tulisi olemaan erittäin epätodennäköistä. Tarkempi moottoreihin syötettävä polttoaineen lämpötila varmistuu pää- ja apukoneen valinnan jälkeen. Myös tankeissa oleva polttoaineen määrä tulee ottaa huomioon seurannassa. Täysillä tankeilla lämpötila saattaa pysyä alle suositun, kun taas vajailla se voi kohota.

Ingassa jo olevat polttoainetankit suositelimme jätettäväksi käyttöön uudistuksen myötä, jos niissä ei havaita mitään sellaisia rakenteellisia virheitä, jotka voisivat aiheuttaa vaaraa alukselle. Vanhojen tankkien huolellinen pesu ennen käyttöönottoa on suoritettava. Lika, sakka ja mahdollinen bakteerikannasta muodostunut kasvusto aiheuttavat toimintahäiriöitä ja vaaratilanteita, kun alus on kulussa. Tankissa tulee olla riittävän kokoiset manusluukut sellaisissa kohdissa, että tankkien puhdistus onnistuu mahdollisimman helposti. Korvausilmaputket tulee olla mitoitettu riittävän suuriksi. Suurin ilmavirta tankkeihin muodostuu, kun alus ottaa bunkkeria. Bunkkerin otto

syRJäyttää ilman tankeissa. Ilman on päästävä virtaamaan vaivattomasti ulos, kun bunkkeria otetaan. Jollei näin tapahdu, niin tankkeihin muodostuu painetta bunkkerin oton yhteydessä. Tankit on syytä varustaa ylitäytönestimillä, vaikka se ei määräyksissä olisikaan vaadittu, tätä suosittelimme myös Ingan kohdalla. Tankkien syvimmässä kohtaa täytyy sijaita venttiilit vedenpoistolle, jota kautta tankkeihin kondensoitunut vesi saadaan valutettua pois. Vesitysventtiilit tulee sijoittaa siten, että niiden alle mahtuu astiat, joihin vesitykset suoritetaan. Tai vaihtoehtoisesti linjat erilliseen vesitystankkiin, mutta Ingan tapauksessa emme nähneet sen olevan tarpeellista. Suosituksemme jo olemassa olevien tankkien säilyttämiseen perustelemme myös sillä, että aluksen vakavuus muuttuisi uudelleen sijoituksella olennaisesti. Sekä sillä, että tankit sijaitsevat potkuriakselin molemmin puolin ahtaassa tilassa, jonka hyödyntäminen muuhun käyttöön olisi omalta osaltaan haasteellista.

#### 5.4.2 Polttoaineventtiilit

Polttoainelinjat alkavat heti polttoainetankkien pohjilta. Nämä polttoainelähdöt tulee varustaa sulkuventtiileillä, jotka tulevat suoraan polttoainetankkeihin kiinni. Polttoainetankeissa tulee olla myös pikasulkuventtiilit, jotka katkaisevat polttoaineen virtauksen tankeilta eteenpäin. Pikasulut tulee olla laukaistavissa konehuoneen ulkopuolelta mahdollisessa hätä- tai tulipalotilanteessa. Yleisesti käytössä olevat pikasulut ovat nestepainetoimisia, jotka suljetaan/laukaistaan etäohjauskeskuksesta pumppaamalla. Ingan tapauksessa niitä ei tarvita. Ingan polttoainetankkien pääsulkuventtiilit, sekä pikasulkuventtiilit korvataan yksillä venttiiliasennuksilla. Polttoainetankkien pohjaan hieman vesitysventtiileitä ylemmäs asennetaan palloventtiilit pääsulkuventtiileiksi. Nämä samat venttiilit toimivat myös pikasulkuventtiileinä. Konehuoneen ulkopuolelle tulee vaijereiden päähän kahvat. Nämä vaijerit kulkevat putkia pitkin venttiileille. Palloventtiileiden kahvojen päihin porataan reiät, joihin vaijerit kiinnittyvät. Vaijereiden tulokulmien ansiosta vaijeria vetämällä palloventtiili sulkeutuu. Palloventtiilit voidaan sulkea myös käsin konehuoneesta.

Polttoaineen paluuvirtaus johdetaan tankkien yläosiin, jolloin palaava polttoaine pääsee purkautumaan tankkeihin ilman siellä olevan polttoaineen aiheuttamaa

vastapainetta. Polttoaineen paluut varustetaan myös sulkuventtiileillä. Paluupuolta ei ole tarpeellista varustaa pikasuluilla. Paluulinjat on asennettava siten, ettei polttoaineen ole mahdollista valua takaisin lapolla. Kaikissa vastaavissa installaatioissa ei ole sijoitettu sulkuventtiiliä paluulinjaan. Se ei ole pakollista, jos paluulinja on sijoitettu tankin yläosaan polttoainepinnan yläpuolelle. Me suosittelimme venttiilien asennusta paluulinjoihin, koska se auttaa vähentämään polttoaineen tahatonta valumista polttoainesuodattimen vaihdon sekä muiden huoltotöiden yhteydessä. Kaikki polttoaineventtiilit, joissa on vaara polttoaineen valumiseen, tulee varustaa valuma-altailla. Ingan pääpolttoaineventtiilien alle siis asennetaan asianmukaiset valuma-altaat. Paluulinjojen polttoaineventtiilit eivät tarvitse valuma-altaita. Paluulinjojen venttiilit ovat lisäasennuksia, eivätkä ne aiheuta valumavaaraa sijoitus kohtansa vuoksi tankkien yläosissa. Ainoastaan paluuputkissa oleva polttoaine valuu ulos mutta tankista ei tule lisää.

Paluulinjat voidaan asentaa myös tankkien pohjille lähtölinjojen viereen, jos yläosiin sijoitus tuottaa tarpeetonta työtä. Tällöin paluupuolille on määräysten mukaan asennettava myös sulkuventtiilit, koska linjat ovat polttoainepintojen alapuolella. Nämä venttiilit on varustettava myös valumakaukaloilla. Moottorityypeistä riippuen on varmistettava, että polttoaineen aiheuttamasta vastapaineesta ei aiheudu käyntihäiriöitä. Yhden metrin korkeudella oleva polttoaineen pinta aiheuttaa 0,1bar vastapaineen tankin pohjan tasolla.

#### 5.4.3 Polttoainelinjasto sekä suodatus

Polttoainelinjat voidaan tehdä teräs- tai kupariputkesta. Meidän materiaalisuositus oli teräs. Teräsputki kestää enemmän mekaanista kulutusta, eikä mene niin helposti poikki. Teräsputkessa korroosio aiheuttaa syöpymistä, mutta tämä voidaan välttää valitsemalla materiaaliksi ruostumaton tai haponkestävä teräs. Polttoainelinjasto Ingassa on suhteellisen lyhyt, joten kalliimman materiaalin valinta ei nosta kustannuksia kohtuuttomasti.

Moottoreiden omien polttoainesuodattimien lisäksi Ingaan asennetaan esisuodattimet, jotka toimivat samalla vedenerottimina. Esisuodattimiksi suosittelimme kahta tunnettua valmistajaa, Separ:a sekä Parkerin Racor:a.



*Kuva 5. Racor duplex suodatin, (John M. Ellsworth Company:n www-sivut 2018).*

Suodattimen tulee olla niin kutsuttu duplex malli. Duplex mallissa on kaksi polttoainesuodatinta/vedenerotinta, joita voidaan käyttää samanaikaisesti tai erikseen. Nämä tulee olla myös varustettu paine-eromittarilla, jotka indikoivat suodattimien likaisuuden. Tämän tyyppisten suodattimien hyödyt tulevat tilanteessa, kun aluksen polttoainesuodattimen yhtäkkinen tukkeutuminen voisi aiheuttaa vaaraa aluksen kulkuun. Duplex suodattimessa saadaan polttoainevirtauksen ja moottorin käynnin aikana vaihdettua virtaus puhtaalle suodattimelle. Tai, jos toinenkin tukkeutuu, niin hätätilanteessa molemmat suodatinelementit voidaan ottaa samanaikaisesti käyttöön. Useissa Separ:n sekä Racor:n suodattimien vedenerotusmaljoissa on paikat hälyttimen johdoille. Niihin saadaan liitettyä hälytys, joka mittaa sähkönjohtokykyä. Polttoaineella ja vedellä on eri sähkönjohtokyvyt, joten näin saadaan aikaan hälytys, jos vettä tulee liiaksi vedenerottimen maljaan. Nämä hälyttimet eivät ole pakollisia. Ingan polttoainemäärät ovat sen verran pienet, sekä veden määrä polttoaineessa oletetaan olevan niin vähäinen, että meidän suosituksen perusteella riittää säännöllinen visuaalinen tarkistus, sekä maljojen vesitykset tarpeen mukaan. Maljoja saa metallisina, jolloin vettä ei havaitse visuaalisesti ilman vesitystä. Mutta suosittelimme ehdottomasti kirkkaita maljoja, jolloin veden ja sakan voi havaita helposti. Kirkkaat

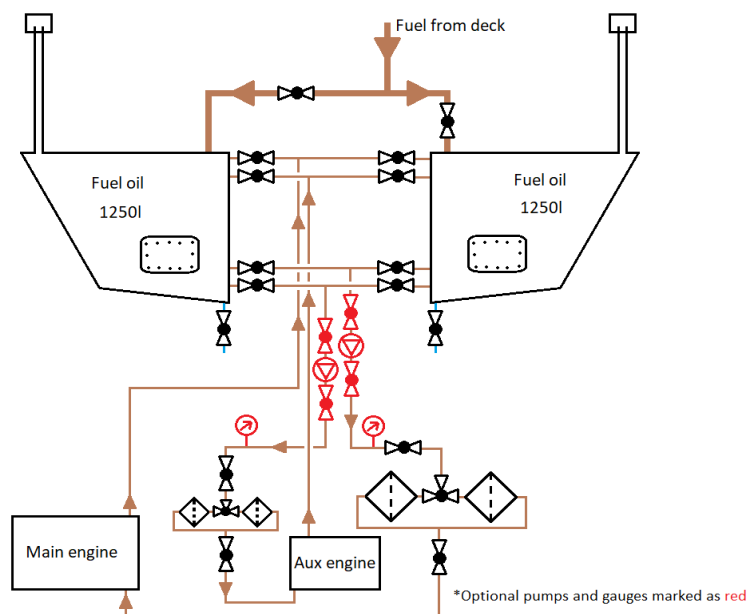
maljat tulee varustaa palonsuojakuvuilla. Nämä kuvut saa ostettua valmiina suodattimiin. Suodattimien alle tulee asentaa vuotokaukalot. Suodatinelementtien vaihtojen yhteydessä valuu polttoainetta, ja kaukalo estää sen pääsyn pilssiin tai muuhun sopimattomaan paikkaan. Myös tankkien venttiilit tulee varustaa valumakaukaloilla.

#### 5.4.4 Moottoreiden omat polttoainelinjastot sekä suodatus

Koska Ingassa polttoainetankit eivät ole koneiden alapuolella, niin erillisille sähköisille polttoaineen siirtopumpuille emme nähneet tarvetta. Jos halutaan minimoida ilmavuotojen mahdollisuus polttoainelinjastossa, ja erityisesti esisuodattimissa. Niin tällöin lisäksi asennettavat sähköiset polttoaineen siirtopumput tulevat kysymykseen. Erillinen sähköinen polttoaineen siirtopumppu paineistaa linjan, ja mahdolliset vuodot tulevat ulos, eikä sisäänpäin imeydy käyntiä haittaavaa ilmaa. Moottoreiden valinnan jälkeen omistajille jää tehtäväksi tiedustella juuri kyseisiin moottoreihin sopivia esisuodattimia. Kaikki moottorit eivät hyväksy liian hienoa esisuodatusta, tämä ilmenee käyntihäiriöinä. Moottorin valmistaja osaa auttaa esisuodattimen valinnassa. Jos valitut pää- tai apukoneet tarvitsevat esipainetta joko rakenteellisten seikkojen, tai esisuodattimien vuoksi. Niin tällöin sähköiset polttoaineen siirtopumput on asennettava. Muuten jätämme sen omistajille optiona ja annamme vapaat kädet asian suhteen. Jos päädytään sähköisiin polttoaineen siirtopumppuihin, niin ne on varustettava pysäytyslaitteistoilla, jotka sijaitsevat konehuoneen ulkopuolella. Pumppujen imu- ja painepuolelle on asennettava myös sulkuventtiilit huoltojen varalle. Nämä venttiilit on piirretty polttoainekaavioon optiona pumppujen ohella.

Polttoaineen siirtopumppua tankkien välillä emme myöskään nähneet tarpeelliseksi, polttoaineen taseus onnistuu yhdyslinjan avulla riittävän hyvin. Perinteisessä ruikutuspumppu-moottorissa itsessään on polttoaineen siirtopumppu, polttoaineensuodatin ja ruikutuspumppu. Common rail moottoreissa on polttoaineensuodatin, yhdistetty siirtopumppu/korkeapainepumppu sekä jakotukki suuttimille. Toimme esille molemmat moottorivaihtoehdot, koska lopulliset

moottorivalinnat olivat kesken työmme valmistumisen aikaan. Kuvassa 6 on selvitetty Ingan polttoainejärjestelmä pääpiirtein.



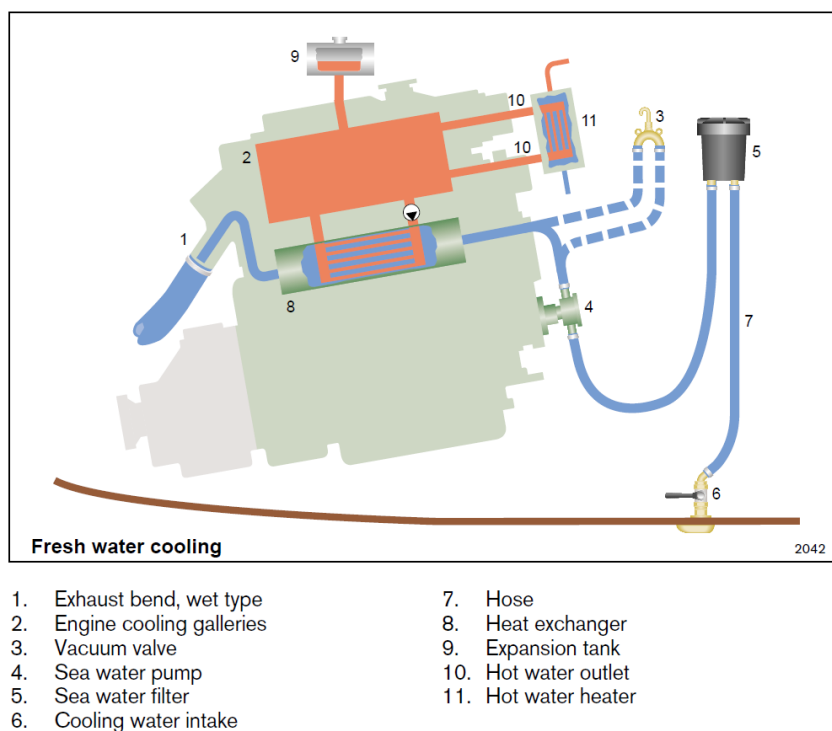
Kuva 6. Polttoainejärjestelmä pääpiirteittäin.

## 5.5 Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytysjärjestelmiä on kahta eri tyyppiä eli merivesijäähdytys (suora jäähdytys) tai makeavesijäähdytys (epäsuora jäähdytys). Merivesijäähdytyksessä merivesi pumpataan suodattimien kautta suoraan moottorin jäähdytysjärjestelmään. Jäähdytysvesi poistuu järjestelmästä joko erillisen vedenpoistoputken kautta, jolloin se on ns. kuivapakojärjestelmä tai pakoputken kautta, jolloin kyseessä on märkä pakojärjestelmä. (Volvo Penta [www-sivut](http://www.pentapower.com) 2018).

Ingan jäähdytysjärjestelmäksi valitsimme makeavesijäähdytyksen märällä pakojärjestelmällä. Makeavesijäähdytysjärjestelmässä moottorilla on oma suljettu jäähdytysjärjestelmä. Moottorin suljettu jäähdytysjärjestelmä sisältää ahtoilmanjäähdyttimen sekä voiteluöljyjäähdyttimen. Merivesi kiertää lämmönvaihtimien läpi, jolla jäähdytetään moottorissa ja ahtoilman- sekä voiteluöljyn jäähdyttimessä kiertävää jäähdytysnestettä sekä merivaihteen hydraulioöljyä. Merivesi poistuu järjestelmästä pakoputken kautta. Makeavesijäähdytyksellä on useita etuja

verrattuna suoraan merivesijäähdytykseen, kuten mahdollisuus saada lämmintä vettä ja lämpöä alukseen. Muina etuina voidaan mainita, että makeavesijäähdytyksen avulla pystytään pitämään moottorin lämpötila korkeampana, joka vähentää moottorin kulumista. Myös korrosio on vähäisempää makeavesijäähdytyksellä varustetussa koneessa. Näin ollen makeavesijäähdytyksellä varustetulta koneella on mahdollista saavuttaa pidempi käyttöikä kuin merivesijäähdytyksellä varustetulla koneella. (Volvo Penta www-sivut 2018). Kuvassa 7 on esitetty moottorin jäähdytysvesijärjestelmän pääperiaate.



Kuva 7. Aluksen jäähdytysvesijärjestelmä (Volvo Penta www-sivut 2018).

### 5.5.1 Merivesipumppu

Jäähdytysjärjestelmässä kiertävä vesi pumpataan jäähdytysvedenotosta lämmönvaihtimien läpi merivesipumpun avulla. Merivesipumppu voi olla joko konevetoinen tai sähköinen pumppu konetyypistä riipuen. Konevetoinen pumppu on useimmiten tyypiltään siipipyöräpumppu. Koska merivesi on voimakkaasti korroosiota aiheuttavaa on pumpun siipipyörä valmistettu merivettä paremmin sietävästä materiaalista kuten esimerkiksi kumista.



### 5.5.2 Merivesisuodatin

Suodattimen tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet merivedestä ja näin pidentää moottorin elinikää. Merivesisuodatin asennetaan jäähdytysjärjestelmän imuputkeen vesirajan yläpuolelle. jolloin suodatin voidaan puhdistaa ilman, että pohjaventtiili suljetaan. Määräyksien mukaan suodattimet tulee voida puhdistaa ilman, että koneistojen jäähdytys heikkenee. Merivesisuodatin koostuu suodatinkotelosta ja itse suodatimesta. Merivesi virtaa suodatin koteloon ja siellä suodatinelementin läpi, josta se virtaa pumpun kautta lämmönvaihtimiin. Suodattimet ovat irroitettavia ja helposti puhdistettavia.

### 5.5.3 Jäähdytysvedenotto ja venttiilikeskus

Jäähdytysveden otto tapahtuu aluksen pohjaan asennettavan merivesikaivon tai pelkän läpiviennin ja suodattimen kautta. Merivesipumpulle tulee olla vähintään kaksi erillistä imumahdollisuutta. Imulinjat on varustettava sulkuventtiileillä sekä suodattimilla. Jäähdytysvedenotot liitetään merivesikeskukseen venttiileillä varustettuun jakotukkiin. Venttiilikeskuksesta merivesi ohjataan pääkoneelle, apukoneelle sekä palopumpulle. Jäähdytysveden oton tyyppi tarkentuu kun lopullinen valinta konetyypin osalta on tehty.

### 5.5.4 Laponestventtiili

koska aluksen moottorin sijaitsee vesirajan alapuolella on mahdollista, että moottorin sammuttamisen jälkeen moottoriin päätyy vettä pakojärjestelmän kautta lappoilmiön seurauksena. Tämä saattaa johtaa moottorin vaurioitumiseen. Lappoilmiö voidaan estää asentamalla laponestventtiili. Laponestventtiili tulee asentaa merivesijärjestelmän loppupäähän ennen pakoputken mutkaa n. 0,2-2 metrin korkeudelle.

### 5.5.5 Ahtoilman jäähdytin

Kun turboahtimen kompressorilla ahdetaan ilmaa, ilman paine ja lämpötila kasvaa. Ahtoilman lämpötila nousee ahtimen tyypistä riippuen n. 200 celcius asteeseen. Korkea ahtoilman lämpötila saattaa aiheuttaa moottorissa nakutusta ja näin laskea turboahtimesta saatavaa tehohyötyä. Jäähdyttämällä ahtoilmaa moottori ei nakuta yhtä herkästi. Kylmemmän ahtoilman vuoksi moottorin tehoa voidaan edelleen nostaa, koska kylmän ilman tiheys on suurempi, jolloin sylinteriin saadaan syötettyä enemmän ilmaa ja täten myös polttoainetta. Ahtoilman jäähdytin on osa moottorin jäähdytysjärjestelmää, joten sen läpi kiertää moottorin jäähdytysneste. Ahtoilmanjäähdytin on integroitu osa moottoria, joten sen valintaan ei tarvinnut kiinnittää enempää huomiota.

### 5.5.6 Vaihteistoöljyn jäähdytin

Merivaihte on varustettu sisäisellä öljypumpulla, joka tuottaa tarvittavan paineen kytkimen kytkemiseksi. Koska pumppu tuottaa lämpöä painetta nostettaessa tarvitaan järjestelmään vaihteistoöljyn jäähdytin. Tyypillisesti jäähdytin on asennettu merivaihteen ulkopuolelle sen koteloon. Jäähdytin on tavallisesti putkijäähdytin ja sen jäähdytin nesteenä toimii merivesi. Normaalisti uusi merivaihte on varustettu sopivalla öljyn jäähdyttimellä, joten emme kiinnittäneet enempää huomiota jäähdyttimen mitoitukseen ja teknisiin ominaisuuksiin.

### 5.5.7 Moottorin jäähdytysveden lauhdutin

Makeavesi jäähdytys on yleisin jäähdytystapa sen tuomien etujen vuoksi. Lämmönvaihtimen toisella puolella kiertää merivesi ja toisella puolella moottorin jäähdytysneste, joka on yleensä makeanveden, glykolin ja inhibiittoreiden sekoitus. Glykoli suojaa järjestelmää jäätymiseltä ja inhibiittorit korroosiolta. Suljettu jäähdytysvesipiiri säädetään termostaatilla niin, että moottori toimii sen suunnitellussa oikeassa lämpötilassa. Tällä tavoin voidaan pidentää moottorin käyttöikää huomattavasti. Normaalisti Ingan kokoluokan makeavesijäähdytteiset moottorit ovat

varustettu lämmönvaihtimella, joten valintaan ei tarvitse kiinnittää tältä osin huomiota koska uusi moottori on varustettu siihen sopivalla lämmönvaihtimella.

#### 5.5.8 Paisuntasäiliö

Jäähdytysjärjestelmä on mahdollista varustaa erillisellä jäähdytysnesteen paisuntasäiliöllä. Sijoittamalla se helposti lähestyttävään paikkaan, jäähdytysnesteen määrän tarkistaminen ja täyttäminen on helpompaa. Paisuntasäiliö on normaalisti valmistettu läpikuultavasta muovista, jolloin sen jäähdytysnesteen tason tarkistaminen on vaivatonta.

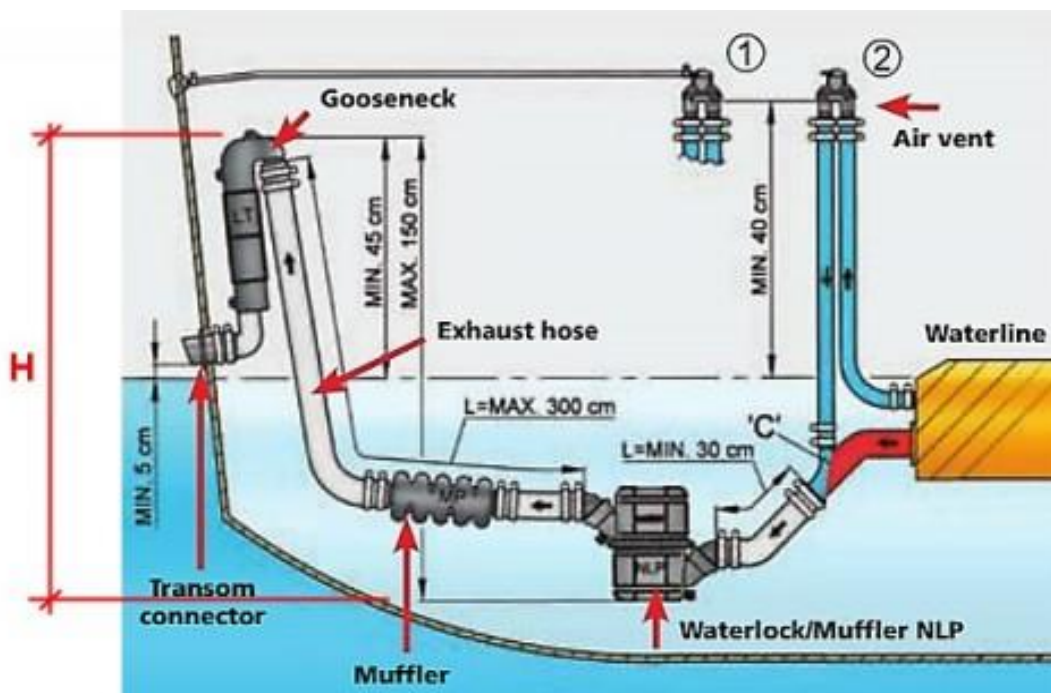
#### 5.5.9 Lämminvesivarajaa

Jäähdytysjärjestelmään on mahdollista tehdä kytkentä, jota kautta kuuma jäähdytysneste voidaan kierrättää lämminvesivarajaan kautta. Kuuma jäähdytysneste lämmittää varaajassa olevan veden ja näin alukselle on mahdollista saada kuumaa käyttövettä aluksen tarpeisiin.

#### 5.6 Pakokaasujärjestelmä

Pakokaasujärjestelmän tehtävänä on siirtää pakokaasu ja sen sisältämä lämpö turvallisesti ulos moottorista ja konehuoneesta sekä vaimentaa pakojärjestelmästä ulos kantautuvaa ääntä. Pienissä aluksissa ja veneissä on yleisesti käytössä kahta eri tyyppistä pakojärjestelmää. Nämä ovat ns. kuiva pakojärjestelmä ja märkä pakojärjestelmä. Kuivassa pakokaasujärjestelmässä pakokaasu ja merivesi johdetaan omia linjoja pitkin ulos aluksesta. Pakojärjestelmää kutsutaan märäksi pakojärjestelmäksi kun jäähdytysjärjestelmässä kiertävä merivesi poistuu pakokaasun mukana pakojärjestelmän kautta. Ingan pakokaasujärjestelmäksi valitsimme märän pakojärjestelmän, jossa merivesi ruiskutetaan pakokaasun sekaan koneen turboahtimen jälkeen olevan putkiyhteen kautta. Pakokaasu ja merivesi sekoittuvat pakoputkistossa, jonka kautta ne kulkeutuu ulos aluksesta.

Valintaa perustelimme seuraavilla asioilla: Ennen konehuoneen uudistamista käytössä on ollut vastaava pakojärjestelmä. Märkä pakojärjestelmä on helpompi suunnitella ja toteuttaa kuin kuiva pakojärjestelmä. Järjestelmän muut edut kuten alhaisemmat pakojärjestelmän lämpötilat, jolloin tulipalon riski on pienempi sekä tilan säästö verrattuna kuivaan pakojärjestelmään. Etenkin tilan säästö on Ingan konehuoneen kannalta merkittävä seikka, koska tilat ovat erittäin rajallisen kokoiset. Kuvassa 8 on esitetty pakokaasujärjestelmä.



Kuva 8. Pakokaasujärjestelmä (Franklin marine www-sivut 2018).

### 5.6.1 Putkenmutka jäähdytysvesiliitännällä

Koneen turboahtimeen suunnitelimme asennettavaksi ruostumattomasta teräksestä valmistetun putken mutkan, jossa on liitäntä jäähdytysvesiletkulle. Jäähdytysvesi ruiskutetaan liitännän kautta pakokaasun sekaan.

### 5.6.2 Pakoputki

Koska järjestelmäksi valittiin märkä pakojärjestelmä mahdollisti tämä sen, että pystyimme valitsemaan pakoputken materiaaliksi kyseisen käyttöön soveltuvan kumiletkun. Tähän tarkoitukseen käytettävät pakokaasukumiletkut ovat erittäin

joustavia ja niiden taivutussäde on pieni. Tämän ansiosta asennus nopeaa ja helppoa. Kyseisiä kumiletkuja on saatavilla eri sisä- ja ulkohalkaisijoilla. Sopivan letkun valinnan jätimme myöhempään vaiheeseen koska suunnittelun aikana turboahtimen yhteen koko eikä pakokaasun massavirta ollut tiedossa.

### 5.6.3 Vesijäähdytteinen äänenvaimennin

Pakojärjestelmään voidaan asentaa vesijäähdytteinen äänenvaimennin. Tämä ei kuitenkaan ole järjestelmän kannalta pakollinen komponentti mikäli aluksen ollessa kulussa ja koneiden käydessä äänenpaine ei ylitä 75 db(A) 25 metrin etäisyydeltä mitattuna. Vesijäähdytteisellä äänenvaimentimella pystytään kuitenkin tehokkaasti vaimentamaan pakoäänet, jolla saavutetaan paremmat työskentelyolosuhteet sekä matkustusviihtyvyys. Vesijäähdytteinen äänenvaimennin toimii myös vesilukkona koska siihen kerääntyy suuri määrä koneesta poistuvaa jäähdytysvettä. Tämä estää tehokkaasti veden virtaamisen takaisin koneeseen kun moottori on sammutettu. Näiden edeltämainittujen seikkojen vuoksi suosittelimme äänenvaimentimen asennusta.

### 5.6.4 Pakokaasun lämpötila-anturi

Märkäpakojärjestelmä tulee varustaa lämpötila-anturilla, joka varoittaa hälytyksellä mikäli pakokaasun lämpötila nousee liiallisesti jäähdytysveden vähenemisen seurauksena. Lämpötila-anturi asennetaan pakokaasuletkuun.

## 5.7 Pilssintyhjennysjärjestelyt

Aluksessa tulee olla tehokkaat pumput, joilla voidaan kaikissa normaaleissa olosuhteissa imeä ja tyhjentää aluksen vesitiiviit osastot. Pilssintyhjennysjärjestelmän tarkoituksena on tyhjentää vesitiivitä osastoja mahdollisen vuoden sattuessa sekä tyhjentää konehuoneen pilssi mahdollisista pesu- ja järjestelmien vuotovesistä.

### 5.7.1 Tyhjennyspumput

Ingan palopumppua voidaan käyttää myös tyhjennyspumppuna, joten valitsimme tämän vaihtoehdon koska tällöin ei tarvita erillisiä palo- ja tyhjennys pumppuja. Trafain vaatimusten mukaan tyhjennyspumppuja tulee kuitenkin olla kaksi kappaletta. Pienten osastojen tyhjentämiseen voidaan käyttää siirrettävää pumppua, joten suosittelimme toiseksi pumpuksi siirrettävää pumppua. Ingan kokoluokan aluksessa tällainen järjestely on järkevin ja yksinkertaisin. Kappaleessa 5.5.1 Palopumpun teho ja putkistonhalkaija on selvitetty tarkemmin pumpun valinnassa käytetyt laskelmat ja teho vaatimukset. Tyhjennyspumppun imu- ja painepuoli tulee haaroittaa palo- ja tyhjennys putkistoille. Imupuolelle tulee asentaa sulkuventtiilit, joilla voidaan valita pumpun käyttötarkoitus.

### 5.7.2 Pilssivesitankki ja pilssiveden pinnan korkeuden hälytys

Pilssivesi tulee pumpata pilssikaivosta pilssivesitankkiin, josta se voidaan satamassa tyhjentää. Pilssivesitankkina voidaan Trafilta saatujen tietojen mukaan käyttää esimerkiksi tynnyriä tai kanisteria. Tämän tiedon pohjalta valitsimme Ingan pilssivesitankiksi kanisterin, jolloin välttyään monimutkaisilta ja kalliilta tankkijärjestelyiltä. Lisäksi koneistotilaan tulee asentaa pilssiveden pinnankorkeuden hälytys sopivaan paikkaan riittävän aikaisen hälytyksen varmistamiseksi.

## 5.8 Ohjausjärjestelmä

Alusten ohjausjärjestelmiä on monen eri tyyppisiä. Aivan varhaisimmissa purjealuksissa oli ruorin voima välitetty peräsimmelle narun tai ketjun voimalla. Pienissä veneissä ja aluksissa käytetään kaapeliohjausta, jossa punottu teräsvaijeri kulkee kuoren sisällä. Kaapelia liikuttaa ruorin takana oleva kaapelirumpu. Kaapeliohjausta on myös planeettahammastuksella, jolloin ohjaus saadaan kevyeksi, sekä peräsimen aiheuttama vääntö ruorille poistuu. Nykyisin suuremmissa aluksissa, käytetään lähes poikkeuksetta hydrauliohjausta. Myös pienemmissä aluksissa hydrauliohjaus on lisännyt suosiotaan. Pienissä ulkolaitamoottoriveneissäkin on siirretty

hydrauliohjaukseen. Hydrauliohjauksen etuja ovat voima, pienet välykset sekä helposti venttiileillä toteutettu ruorille päin suuntautuvan voiman poisto.

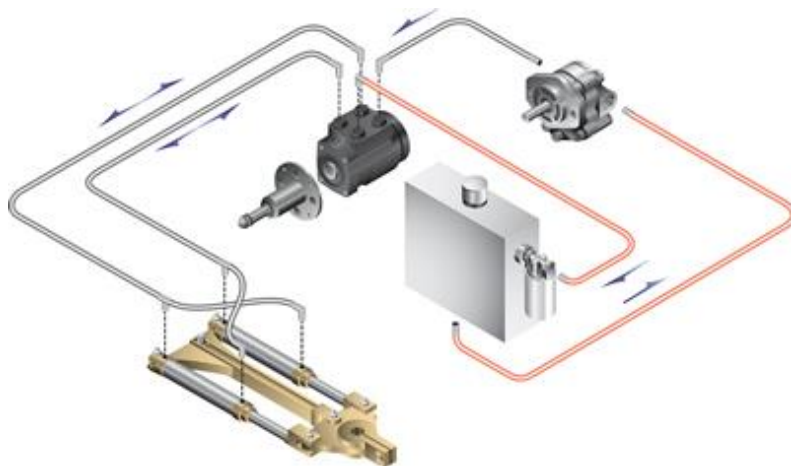
Ingan tapauksessakin valitsimme ohjaustyyppiä hydrauliohjauksen. Nimitys hydrauliohjaus itsessään pitää sisällään monta eri tyyppistä toteutusta, kaikissa yhteisenä tekijänä on ohjausvoiman välitys hydrostaattisesti nesteen välityksellä.

#### 5.8.1 Pienet veneet

Pienemmissä hydrauliohjaustyypeissä on yksinkertaisesti mekaaninen pumppu ruorin takana, josta lähtee letkut hydraulisynterille. Kaikissa edullisimmissa hydrauliohjauksissa ei ole takaiskuventtiileitä, mutta yleensä ne löytyvät ohjauspumpun sisältä. Takaiskuventtiilit estävät peräsimen voiman välittymisen takaisin ruorille päin. Takaiskuventtiileillä varustetussa ohjauksessa ruori pysyy paikallaan, vaikka siitä ei pidetä kiinni.

#### 5.8.2 Työveneet ja pienemmät alukset

Laivojen ja pienten huviveneiden välisessä kokoluokassa olevissa aluksissa on pääsääntöisesti mekaaninen ruoripumppu. Ruoripumppu on yhdistettynä peräsinsylinteriin, ja voi olla lisäksi kytketty moottorivetoiseen hydraulipumppuun. Ruoripumpun kanssa voidaan käyttää myös sähköistä hydraulipumppua lisänä. Sähköistä hydraulipumppua pienissä ohjauksissa käytetään yleensä autopilotin ohjaukseen. Autopilotti antaa käskyn sähkömoottorille, joka syöttää paineen kurssin muutokseen vaatimaan suuntaan peräsinsylinterissä. Sähköistä hydraulipumppua käytetään myös ohjauksen tehostamiseen, mutta moottorivetoinen pumppu on yleisempi ratkaisu.



*Kuva 9. Hydrauliohjaus moottorivetoisella pumpulla (Rose's marinen www-sivut 2019).*

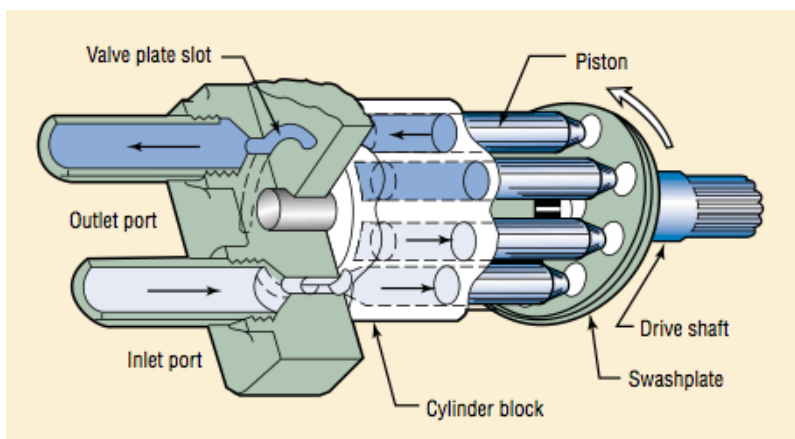
Pienemmissä ohjausjärjestelmissä, missä ei ole lisäpumppua, öljysäiliö on yleensä integroitu ruoripumppuun. Hieman suuremmissa järjestelmissä, missä on lisäksi moottorivetoinen hydraulipumppu, sekä suuremmat öljytilavuudet, on erillinen paisuntasäiliö. Sinänsä pelkkä pumpun lisäys, sekä öljytilavuuden kasvu eivät luo tarvetta erilliselle paisuntasäiliölle. Suurin syy paisuntasäiliölle tulee lisäpumpun aiheuttamasta lämmöntuotosta, sekä siitä johtuneesta öljyn laajenemisesta. Suuremmat järjestelmät tulee varustaa öljynsuodattimella.



*Kuva 10. Moottorivetoinen hydraulipumppu (Conall's boat build www-sivut 2019).*

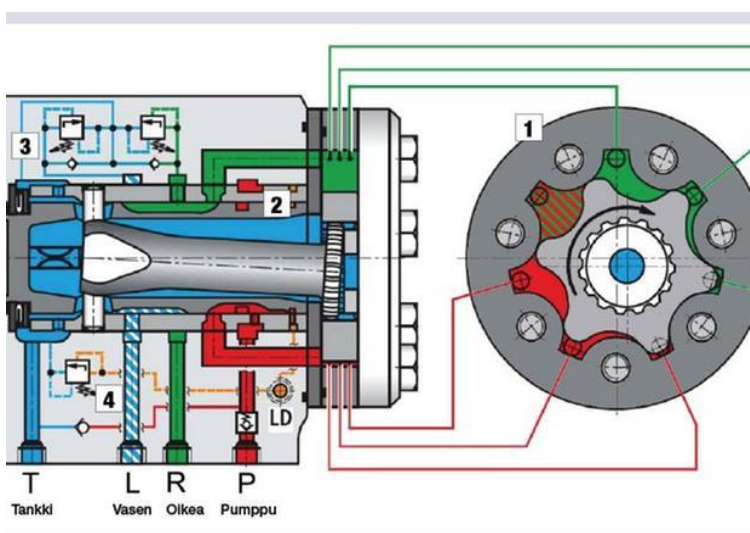


Järjestelmät, jotka ovat varustettu sekä mekaanisella, että moottorivetoisella hydraulipumpulla ovat suhteellisen luotettavia. Näissä asennuksissa käytetään lähes aina joko orbitrol-venttiiliä, tai mäntäpumpua. Näissä on etuna se, että vaikka moottorivetoinen hydraulipumppu hajoaisi, niin ohjausta voidaan kääntää vielä pelkän orbitrol-venttiilin tai mäntäpumpun avulla. Tässä tilanteessa ohjaus on yleensä hitaampi, sekä raskaampi.



Kuva 11. Hydraulinen mäntäpumppu (*hydraulics & pneumatics* www-sivut 2019).

Orbitrol-venttiili ei varsinaisesti ole pumppu itsessään. Orbitrol-venttiilillä ohjataan ulkoisen pumpun tuottama öljynpaine hallitusti oikeaan suuntaa oikealla nopeudella. Mutta jos orbitrol-venttiili saa öljyä, niin sitä voidaan hätätilanteessa käyttää pumppuna ja täten ohjata alusta. Ohjaus pelkällä orbitrol venttiilillä on kuitenkin hyvin raskas, miksi se ei sovellu, kuin lyhyeen hätäohjaukseen pienin liikkein.



Kuva 12. Hydraulinen orbitrol-venttiili (*Koneviestin* www-sivut 2019).

### 5.8.3 Laivat ja suuret alukset

Suuret laivat on varustettu pääsääntöisesti sähköisillä hydraulisyksiköillä, joilla tehdään työvoima peräsintä liikuttavalle hydraulisynterille tai vastaavalle kääntölaitteelle. Hydraulisyksiköt ovat itsenäisiä laitteistoja, jotka koostuvat öljysäiliöstä, öljynsuodattimista, sähkömoottoreista, hydraulipumpuista, venttiileistä ja mittareista. Tavallisin asennustyyppi on kaksi sähkömoottori-hydraulipumppu yhdistelmää yhtä peräsintä kohden, jotka sijaitsevat samassa öljysäiliössä. Näiden lisäksi on vielä yleensä paisuntasäiliö ylempänä hydraulisyksikköä. Merellä ajetaan yhdellä pumpulla, satamassa liikenopeuden lisäämiseksi käynnistetään toinen pumppu. Toinen pumppu toimii myös varapumppuna. Pumppujen käyttöä vaihdellaan tietyin väliajoin tasaisen tuntimäärän keräämiseksi molemmille.

Peräsintä kääntää yleensä parillinen määrä hydraulisyntereitä, jotka ovat yhdistetty peräsintukissa oleviin ”siipiin”. Tai yksi sylinteri, jossa on öljytilat molemmissa päissä. Muitakin ohjaustyyppejä löytyy. Muun muassa hydraulimoottorilla pyöritettävä hammas kehä, sekä peräsintukin päälle tuleva ohjauslaite, jossa on hydraulimoottori sisällä.

### 5.8.4 Ingan hydrauliohjaus

Ingan ohjausjärjestelmäksi valitsimme orbitrol-venttiiliohjauksen moottorivetoisella hydraulipumpulla, sekä hydraulisynterillä, joka kiinnitetään rungon ja peräsintukin väliin. Järjestelmä koostuu orbitrol-venttiilistä, paisuntasäiliöstä, moottorivetoisesta hydraulipumpusta, öljynsuodattimesta, sekä muista tarvittavista pienosista. Omistajien tehtäväksi jäi tarkempi valinta, sekä myös mahdolliset lisäosien hankinnat. Jos ohjaus halutaan varustaa nappiohjauksella ja autopilotilla, täytyy lisäksi asentaa magneettiventtiilit, sekä pumppu autopilotille. Varsinaista hätäohjausta Inga ei tarvitse, koska hydraulipumpun rikkoutuessa orbitrol-venttiilillä voidaan vielä ohjata alus turvallisesti satamaan.



*Kuva 13. Ingan peräsin.*

Traficom antaa seuraavat vaatimukset koskien peräsinlaitteistoa, jotka koskevat Inгаа.

Pääohjauslaitteen ja peräsinin on:

- 1) oltava riittävän lujat, jotta niillä voidaan ohjata alusta sen suurimmalla nopeudella eteenpäin, ja siten suunniteltu, että ne eivät vahingoitu täydessä vauhdissa taaksepäin;
- 2) kyettävä kääntämään peräsin 35 asteen kulmasta toiselta puolelta 35 asteen kulmaan toiselle puolelle aluksen kulkiessa suurimmalla syväyksellään eteenpäin suurimmalla kulkunopeudellaan ja samassa tilanteessa enintään 28 sekunnissa 35 asteen kulmasta toiselta puolelta 30 asteen kulmaan toiselle puolelle; ja
- 3) oltava konevoimalla toimiva, jos se on välttämätöntä alakohdan 2) vaatimusten täyttämiseksi.

## 6 SÄHKÖLAITTEISTO

### 6.1 Sähköntuotto tasavirralla

Pienemmissä aluksissa, joissa on käytössä vain tasavirta, sähkö tuotetaan moottorin laturin avulla. Käynnistys- ja käyttöakut varaavat laturin tuottaman sähköenergian, ja luovuttavat sitä moottorin ollessa sammutettuna. Laturin varassa olevissa tasavirtaa

käytävissä aluksissa voidaan tuottaa vaihtovirtaa inverttereiden avulla. Inverttereissä on kuitenkin rajoituksensa. Inverttereillä on laitekohtaiset tehorajoitukset, jotka ilmoitetaan wateissa tai kilowateissa. Invertterit kuluttavat energiaa muuntaessaan tasavirran vaihtovirraksi, eli niiden hyötysuhde on negatiivinen. Inverttereitä on saatavilla suuritehoisiakin eri käyttötarkoituksiin, mutta virrankulutus kasvaa erittäin suureksi, ja akkukapasiteettiä täytyy olla paljon. Myös laturin täytyy olla riittävän tehokas akkukapasiteetin varaamiseen. Jos esimerkiksi käytetään 24v 2000w invertteriä täydellä teholla, niin se kuormittaa akustoa 83A virralla. Tulos saadaan laskettua Ohmin lain kaavalla  $P/U=I$ , ( $2000w/24v=83,33A$ ). Teoriassa 160Ah akulla edellä mainittua invertteriä voisi käyttää maksimiteholla kahden tunnin ajan. Todellisuudessa aika on lyhyempi, koska akun varauksen lähentyessä nolaa jännite putoaa niin alas, ettei invertteri pysy enää päällä.

## 6.2 Vaihtovirta ja generaattori

Aluksissa, joiden vaihtovirtalaitteiden kulutus on jo niin suuri, ettei inverttereiden käyttö ole järkevää, varustetaan generaattoreilla. Generaattoreita pyörittävät dieselmoottorit, tai pienissä aggregaateissa bensiinimoottorit. Generaattoreissa on tehohäviöitä, eli nekin ovat negatiivisia hyötysuhteeltaan. Generaattoreiden sähköntuotto ei ole häviötöntä, energiaa hukkuu jäähdytysveden, pakokaasujen, mekaanisten voimavälitysten ja muiden syiden vuoksi.

Generaattorit tuottavat pääasiassa kolmivaihevirtaa. Pienempikulutteisissa aluksissa valovirta otetaan vaiheista yksikerrallaan, tässä on kuitenkin riskinä yhden vaiheen liian suuri kuormitus, sekä siitä johtuva varokkeen laukeaminen. Hiemankin jo suuremmissa aluksissa, joissa sähkönkulutus kasvaa, valovirta tuotetaan kolmivaihevirrasta siihen valmistetuilla valaistus sähkömuuntajilla. Nämä muuntavat kolmivaihevirran valovirraksi, ja kuormittavat tasaisesti kaikkia vaiheita, jolloin vinokuormaa ei pääse syntymään.

## 6.3 Kuluttajat

Sähkönkuluttajia laivalla on useita, ja viime vuosina tekniikan kehittyessä määrä on vain lisääntynyt. Seuraavaan on listattu hieman kulutuskohteita laivalla ja aluksilla:

- Valaistus
- Lämmitys (jos sähköllä)
- Pumput
- Käyttöveden lämmitys (jos sähköllä)
- Tilojen jäähdytys
- Elintarvikkeiden jäähdytys
- Ruoan valmistus
- Sauna
- Koneautomaatio
- Komentosillan navigointilaitteet
- Ilmanvaihto
- Kansikoneikot
- Keulapotkuri (jos sähköllä)

#### 6.4 Ingan sähkölaitteistot

Seuraavaksi käymme läpi Ingan sähköntuottoa, sekä eri kuluttajia. Sähkötyöt eivät kuulu opinnäytetyöntekijöiden pääalaan, joten tämä osio käsittelee komponentit pääpiirteittäin. Asiasta keskusteltiin omistajien kanssa jo alussa ennen opinnäytetyön sopimuksen tekoa. Kun Ingan sähkötöiden suunnittelu sekä asennus tulevat ajankohtaiseksi, tulee omistajien olla yhteydessä sähköpuolen ammattilaiseen, joka suunnittelee ja toteuttaa sähköasennukset määräysten mukaisesti.

##### 6.4.1 Tasavirta

Ingan pääkoneen käynnistys ja kaikki sen apulaitteet käyttävät 12v tai 24v tasavirtaa. Pääkoneella ja apukoneella ovat omat käynnistysakkunsa. Käynnistysakut tulee erottaa niin, ettei muilla sähkönkuluttajilla saada akkuja tyhjäksi, jolloin pääkoneet jäisivät käynnistymättä. Koska meillä ei ollut tietoa omistajien tarkemmista suunnitelmista sähköjen toteutuksen suhteen, emme osanneet suunnitella tätä aihetta kovinkaan kattavasti. Onko tarkoitus hoitaa generaattorilla vain kylmlaitteiden ja

lämmityksen sähköistys ja tasavirralla valaistus ja muut pienet kuluttajat, vai tulisiko lähes kaikki laivan sähköt vaihtovirtaan liitettäväksi?

Pääkoneen käynnistysmoottori ja apulaitteet ovat tasavirtakäyttöisiä, kuten myös ohjaushytin navigointielektroniikka. Navigointielektroniikalle tulee olla oma hätäakusto latureineen. Konehuoneen hälytysjärjestelmä, pilssihälytys ja muut kriittiset kohteet tulee liittää akustoon, jolloin generaattorin toimintavika ei aiheuta katkosta toimintaan. Ingaan ei tule sähköistä peräsinlaitteistoa tai muuta kulkuun vaikuttavaa vaihtovirtalaitetta, joten sillä pystyy ajamaan turvallisesti takaisin satamaan, vaikka generaattori menisi epäkuuntoon. Koska Inga ei ole niin suuri alus, niin meidän mielipide oli, että valaistus jätetään kokonaan tasavirtakäyttöiseksi. Nykyajan led-valaistus sekä loisteputket ovat niin pienikulutteisia, ettei niiden virrankulutus tule ongelmaksi. Hätävalaistuksen toteutuskin helpottuu, kun valaisimien syöttö on koko ajan akkujen varassa.

Seuraavassa listaa Ingan tasavirtalaitteista meidän suosituksella:

- Pää- ja apukoneen käynnistys
- Konehuoneen valvonta ja hälytykset
- Ohjaushytin navigointielektroniikka
- Kulkuvalot
- Sisävalaistus
- Pilssipumput
- Konehuoneen tuuletin
- Makeavesipumppu
- WC:n merivesipumppu (jos tulee merivesihuuhtelava)

#### 6.4.2 Vaihtovirta

Koska Inga tekee charter-risteilyjä, on sitä vaikea suunnitella kokonaan tasavirtakäyttöiseksi. Jos Inga olisi huvivene, pieni jääkaappi, uuni ja muut keittiön laitteet voisi suunnitella akku- ja kaasukäyttöisiksi. Ingan asiakkaille varattavat juomat ja ruoat tarvitsevat sen verran jäähdytys tilaa, että jo kustannussyistä tavalliset

jääkaapit ovat parempi valinta. Ingan alkuperäissuunnitelmassa oleva liikennealue, Etelä-Espanja luo helposti tarvetta aluksen sisätilojen jäähdytykselle. Tämä on helpointa ja edullisinta toteuttaa seinään kiinnitettävillä ilmastointilaitteilla, jotka toimivat verkkovirralla.

Seuraavassa listaa Ingan vaihtovirtalaitteista meidän suosituksella:

- Sisätilojen lämmitys sähköpattereina (omistajien suunnitelma)
- Sisätilojen jäähdytys
- Jääkaapit ja pakastimet
- Uuni ja hella
- Kahvinkeitin
- Televisiot
- AV-laitteet
- Mikro
- Muut mahdolliset laitteet

Ingaan tehdään maasyöttökeskus, jolla alus saadaan sähköistettyä laiturissa olon aikana, eikä aluksen omaa generaattoria tarvitse tällöin käyttää. Maasyöttökeskus varustetaan kWh-mittarilla mahdollista sähkönkulutuksen laskutusta varten.

#### 6.4.3 Akusto

Tarvittavat akut konehuoneessa ovat pääkoneen käynnistysakut, apukoneen käynnistysakku ja käyttöakusto kuluttajia varten. Käynnistysakut täytyy erottaa toisistaan erotusreleillä. Erotusrele estää kuluttajia tyhjentämästä käynnistysakkuja ja lataa käynnistysakut ensin täyteen ja vasta sen jälkeen käyttöakut. Erotusreleillä varmistetaan, että käynnistysakuissa on aina virtaa pääkoneen käynnistykseen. Ohjaushytettiin tulee navigointielektroniikalle omat hätäakut. Navigointielektroniikalle voidaan syöttää sähköä konehuoneen käyttöakuista. Hätäakustossa on oma rele sähkönohjaukseen. Jos käyttöakuilta tuleva jännite tippuu, kytkee rele hätäakut automaattisesti syöttämään virtaa navigointielektroniikalle. Laiturissa, kun pää- eikä apukone käy, niin maasähköllä toimivat akkuvaraajat pitävät huolen akkujen

varauksesta. Näin akut eivät pääse tyhjentymään ja mahdollisesti vioittumaan, eikä laitteistoon tule käyttökatkoja.

## 7 PALOTURVALLISUUSVAATIMUKSET

### 7.1 Kiinteä palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmä

Liikenteen turvallisuusviraston antamassa määräyksessä TRAFI/23041/03.04.01.00/2013 ja sen kappaleissa 1.6, 2.7, sekä 3.12 on annettu ne määräykset, jotka koskevat tämän opinnäytetyön alusta koskien kiinteää palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmää. Määräysten mukaan aluksissa joiden pituus on vähintään 15 metriä ja joiden koneistotilat ovat ajoittain miehittömät on asennettava määräysten mukainen, hyväksyttyä tyyppiä oleva kiinteä palonhavaitsemis- ja palohälytysjärjestelmä.

### 7.2 Koneistotilojen kiinteä palonsammutusjärjestelmä

Liikenteen turvallisuusviraston antamien määräysten mukaan ei-teräksisen matkustaja-aluksen koneistotiloissa on oltava jokin seuraavista kiinteistä sammutusjärjestelmistä: kaasusammutusjärjestelmä, kevytvaahtopalonsammutusjärjestelmä tai hajasuihkupalonsammutusjärjestelmä. Vaihtoehtoja tutkittuamme suosittelimme kiinteäksi palonsammutusjärjestelmäksi kaasusammutusjärjestelmää.(TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.) Tällainen järjestelmä on yksinkertaisin jälkiasennuksen, huollon sekä käytön kannalta koska tällöin vältetään erillisiltä sammutusainesäiliöiltä, putkilinjoilta, pumpuilta jne. Suomessa laivakäyttöön hyväksytyjä aerosolisammutusjärjestelmiä toimittaa ainakin FirePro Finland Oy.



### 7.3 Koneistotilojen sammutuslaitteet

Kaikissa tiloissa, joissa on polttomoottoreita, öljylämmitteisiä kattiloita, polttoaineen selkenemissäiliöitä tai polttoöljynsyöttölaitteita, on oltava vähintään kaksi sammutinta edellyttäen, että tilassa on yksi öljypalon sammuttamiseen soveltuva, teholuokaltaan vähintään 183 B käsisammutin jokaista koneiston 750 kW tai sen osaa kohden. (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.)

Öljypalon sammuttamiseen soveltuvat sammuttimet on sijoitettava kulkuteiden läheisyyteen siten, että tilan mistään kohdasta ei ole 10 metriä pidempää kävelymatkaa sammuttimelle. Tällaisia sammutimia on oltava vähintään kaksi kappaletta. Jos koneteho on alle 200 kW yksi tällainen sammutin riittää. (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.)

Ingan konehuone tulisi varustaa vähintään kahdella öljypalon sammuttamiseen soveltuvalla sammuttimella. Suosittelemme konehuoneen varustamista vähintään kahdella ABC-jauhesammuttimella tai vaahtosammuttimella. (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.) Esimerkiksi Preston 4 kg:n jauhesammutin ja 6 litran vaahtosammutin täyttää Liikenteen turvallisuusviraston öljypalon sammuttamiseen vaaditun 183 B teholuokan. Molemmat sammutintyytit sopivat sähkölaitepalojen sammuttamiseen kun jännite on enintään 1000 V.

### 7.4 Konehuoneen paloeristys

Trafin vaatimusten mukaan koneistotilat ja –kuilut tulee eristää vähintään 50 mm paksulla ja palamattomalla mineraalivillalla, jonka tiheyden tulee olla vähintään 100 kg/m<sup>3</sup>. Tilat voidaan eristää myös muulla palamattomalla materiaalilla mikäli se normaalissa polttokokeessa teräksen kanssa testattuna täyttää A-60-luokan vaatimukset, kun kyseiset tilat rajoittuvat valvonta-asemiin, asuintiloihin, portaikkoihin, lastitiloihin tai suuren palovaaran työskentelytiloihin.

Jos koneistotilojen yläpuolisella kannella tullaan säilyttämään hengenpelastuslaitteita kannen on oltava A-60-paloluokkaa. (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.)

Konehuoneen eristysmateriaaliksi suosittelemme Paroc Marine Wired Mat 100 ja pintamateriaaliksi G1, joka valkoinen lasikuitukangaspinnoite. Kyseisellä paloeristeellä asennus on huomattavasti siistimpi ja pinnoitte suojaa antaa paremman suojan paloleviämistä vastaan kuin ilman pinnoitetta oleva paloeristysvilla.

Lisätietoja pintamateriaalivaihtoehdoista liitteessä 1.

Suosittelemamme paloeristysvilla täyttää Liikenteen turvallisuusviraston vaatimukset ja ne ovat laivakäyttöön hyväksytyjä.

## 7.5 Palopumppu

Paloturvallisuusvaatimusten mukaan matkustaja-aluksessa, jonka bruttovetoisuus on vähintään 50, on oltava vähintään yksi palopumppu. Palopumppu voi olla pääkoneen käyttämä matkustaja-aluksessa, jonka bruttovetoisuus on alle 100 ja joka kuljettaa enintään 100 matkustajaa. Myös saniteetti- painolasti-, tyhjennys- tai yleispumput voidaan hyväksyä palopumpuiksi sillä edellytyksellä, että niitä ei käytetä öljyn pumppaamiseen.

Palopumpun imuventtiilin yhteydessä tulee olla takaiskuventtiili mikäli se on välttämätöntä palopumpun välittömän veden saannin kannalta. Lisäksi paloputkisto tulee varustaa painemittarilla ja varoventtiilillä.

### 7.5.1 Palopumpun teho ja putkiston halkaisija

Ingan kokoluokan matkustaja-aluksessa tulee olla vähintään yksi konevetoinen palopumppu. Palopumppuna voi olla myös saniteetti-, painolasti-, tyhjennys-, tai yleispumppu mikäli sitä ei käytetä öljyn pumppaamiseen.

Vaadittujen palopumppujen on kyettävä antamaan vähintään 2 bar paineella palontorjuntaa varten vesimäärä, joka on vähintään kaksi kolmasosaa siitä vesimäärästä, jonka tyhjennyspumppujen vaaditaan imevän, kun niitä käytetään aluksen tyhjentämiseen (TRAFI/23041/03.04.01.00/2013.)

Palopumpun teho määritellään seuraavia kaavoja käyttäen.

$Q = 0,00575 \times d^2$ , jossa:

$Q$  = pumpun tilavuusvirta [ $m^3/h$ ];

$d$  = tyhjennysputken sisähalkaisija [mm], joka saadaan kaavasta:

$d = 1,68 \times (L \times (B+D))^{1/2} + 25$ , jossa:

$L$  = aluksen pituus [m];

$B$  = aluksen mallileveys [m];

$D$  = aluksen sivukorkeus pääkanteen [m].

Tyhjennysputken sisähalkaisija:

$$d = 1,68 \times (22,740 \text{ m} \times (6,56 \text{ m} + 2,6 \text{ m}))^{1/2} + 25 = 49,25 = 50 \text{ mm}$$

Tyhjennyspumpun tilavuusvirta:

$$Q = 0,00575 \times (49,25)^2 = 13,95 = 14 \text{ m}^3/h$$

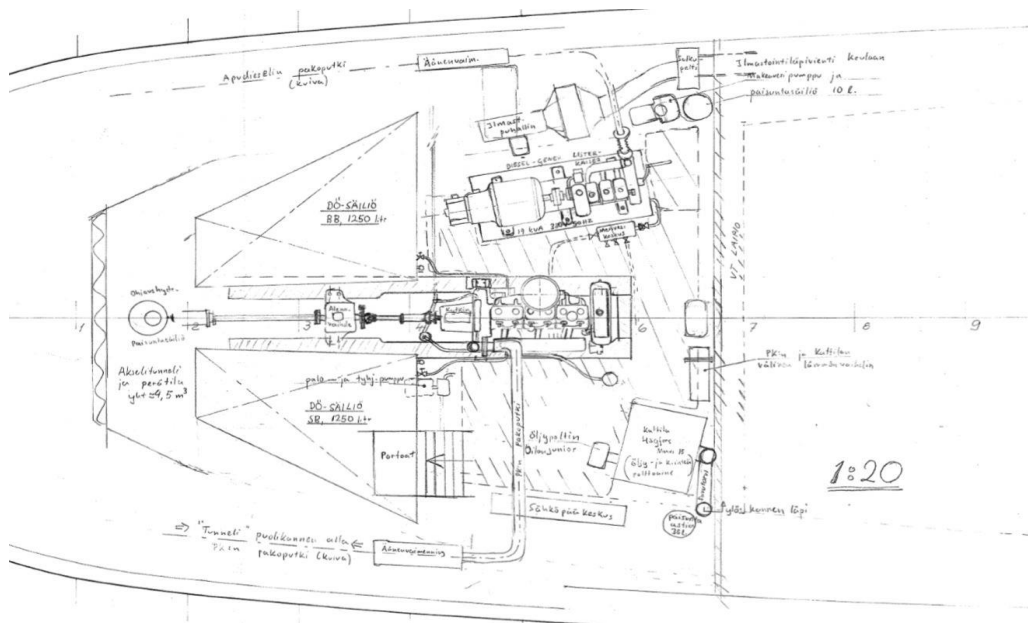
Palopumpun tilavuusvirta:

$$Q = 0,00575 \times (49,25)^2 \times 2/3 = 13,95 = 9,3 \text{ m}^3/h$$

Suosittelimme, että alus varustetaan yhdellä konevetoisella, magneettikytkimellä varustetulla keskipakopumpulla, joka täyttää lasketun tyhjennyspumpun tilavuusvirta vaatimuksen 13,95  $m^3/h$ . Tällöin tyhjennyspumppua voidaan käyttää myös palopumppuna. Tyhjennys-/palopumpun imuventtiilin yhteydessä tulee olla takaiskuventtiili.

## 7.6 Konehuoneen yleisjärjestely

Vierailtuamme Ingan konehuoneessa totesimme, että konehuoneen yleisjärjestelyn muuttaminen on käytännössä lähes mahdotonta. Konehuone on tiloiltaan erittäin pieni ja matala, joten päädyimme siihen tulokseen, että konehuoneen uudet laitteet on järkevintä sijoittaa samoille paikoille kuin ne on aiemminkin ollut.



Kuva 14. Konehuoneen yleisjärjestely

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kaljaasi Ingan konehuone sekä selvittää kansalliset ja kansainväliset vaatimukset viranomaisvaatimukset matkustaja-aluksia koskien. Toimeksiantaja oli antanut lähtökohdaksi suunnitella konehuone joka sisältää pääkoneen ja generaattorin lisäksi vain pakolliset apujärjestelmät

Työn ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin kansalliset ja kansainväliset viranomaisvaatimukset Trafilta joiden pohjalta voitiin määrittellä vähimmäisvaatimukset laitteistojen ja järjestelmien osalta.

Työn toisessa vaiheessa toteutettiin järjestelmien suunnittelu ja piirustusten laatiminen kansallisia ja kansainvälisiä vähimmäismääräyksiä noudattaen. Konehuoneesta piirrettiin yleisjärjestely- sekä systeemikaaviokuvat.

Työn tuloksena toimeksiantajalle toimitettiin selvitys kansallisista ja kansainvälisistä vaatimuksista matkustaja-aluksia koskien sekä selvitys eri konehuoneen järjestelmistä ja vaaditut piirustukset.

Haastavinta työssä oli selvittää sovellettavat määräykset koska ne eivät ole kovinkaan selkeät alusluokkien osalta. Myöskään uuden ja vanhan aluksen määrittely eri säännöksissä ei ole selkeä. Tästä hyvä esimerkki on, että konehuoneen järjestelmissä käytettiin uuden aluksen määräyksiä mutta paloturvallisuusasioissa olemassaolevan ei-teräksisen aluksen määräyksiä. Tieto käytettävistä määräyksistä saatiin Trafim ylitarkastajilta.

Ville Tikkanen on kirjoittanut tämän työn kappaleet 1, 2, 3, 4, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 7 ja 8 sekä piirtänyt liitteinä olevat AutoCad kuvat. Arttu Kotkavaaran osuus on kappaleet 5.1, 5.2, 5.4, 5.8, ja 6.

## LÄHTEET

Caterpillar www-sivut. 2019. Viitattu 9.2.2019. <https://www.cat.com>

Conall's boat build www-sivut. 2019. Viitattu 6.3.2019. <http://conallsboatbuild.blogspot.com/2017/03/auto-pilot.html>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi matkustaja-alusten turvallisuussäännöistä ja –määräyksistä, 2009/45/EY

Franklin marine www-sivut. Viitattu 14.9.2018.  
<https://franklinmarine.com.au/marine-safety/marine-diesel-wet-exhaust-systems-explained/>

Hydraulics & pneumatics www-sivut. 2019. Viitattu 6.3.2019.  
<https://www.hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/HydraulicPumpsM/Article/False/6401/TechZone-HydraulicPumpsM>

John M. Ellsworth Company:n www-sivut. 2018. Viitattu 26.5.2018.  
<https://www.jmesales.com/marine-filtration-systems-and-filters/>

Jyväskylän yliopisto www-sivut 2019. Viitattu 22.2.2019.  
<http://users.jyu.fi/~kurhinen/tiea301/tutkimusmenetelma.html>

Koneviestin www-sivut. 2019. Viitattu 6.3.2019. <https://www.koneviesti.fi/artikkelit/ohjausventtiilin-toimintaperiaate-1.181810>

Määräys alusten koneistosta TRAFI/10742/03.04.01.00/2014

Määräys alusten paloturvallisuudesta TRAFI/23041/03.04.01.00/2013

Rose's marinen www-sivut. 2019. Viitattu 6.3.2019. [https://www.rosesmarine.com/products\\_steering.html](https://www.rosesmarine.com/products_steering.html)

Tugboatlars www-sivut. 2019. Viitattu 4.3.2019. <http://www.tugboatlars.se/ScaniaDS111.htm>

Vetus b.v. Schiedam GHX/GLX installation manual. Viitattu 9.2.2019.  
[https://www.vetus.com/media/magentominds/sasdocument/20180719153837\\_0.pdf](https://www.vetus.com/media/magentominds/sasdocument/20180719153837_0.pdf)

Volvo Penta www-sivut. 2018. Viitattu 29.12.2018.  
<https://www.volvopentashop.com/epc/fi-FI>



## PAROC Marine Wired Mat 100



### Example of order:

**PAROC Marine Wired Mat 100 G1, K1 50**

Product name \_\_\_\_\_

Select the facing from table 1 \_\_\_\_\_

Select the position of the facing from table 2\* \_\_\_\_\_

Insulation thickness, mm \_\_\_\_\_

\*If the positioning code of the facing is not mentioned in the order, the facing is between the net and the mat (= standard positioning).

Table 1. Facings

Facing	Description
AluCoat*	Reinforced aluminium foil
G1	White glass fibre cloth, ~ 210 g/m <sup>2</sup>
G2	Black glass fibre cloth, ~ 200 g/m <sup>2</sup>
G3	White glass fibre cloth, ~ 430 g/m <sup>2</sup>
G4	White glass fibre cloth + aluminium foil, ~ 250 g/m <sup>2</sup> (cloth on top)
G7	White glass fibre cloth + aluminium foil, ~ 250 g/m <sup>2</sup> (foil on top)
LF1	Lacquered aluminium laminate with grey glass fibre reinforcement, ~ 97 g/m <sup>2</sup>

Table 2. Position of the G-facings

Code	Description
Standard	Facing between the net and the mat
K1	Facing on top of the net

Please note! AluCoat\* and LF1 facings only with standard positioning.

### Technical Insulation

Marine ins./Product information

2 - 6.22

September 2013

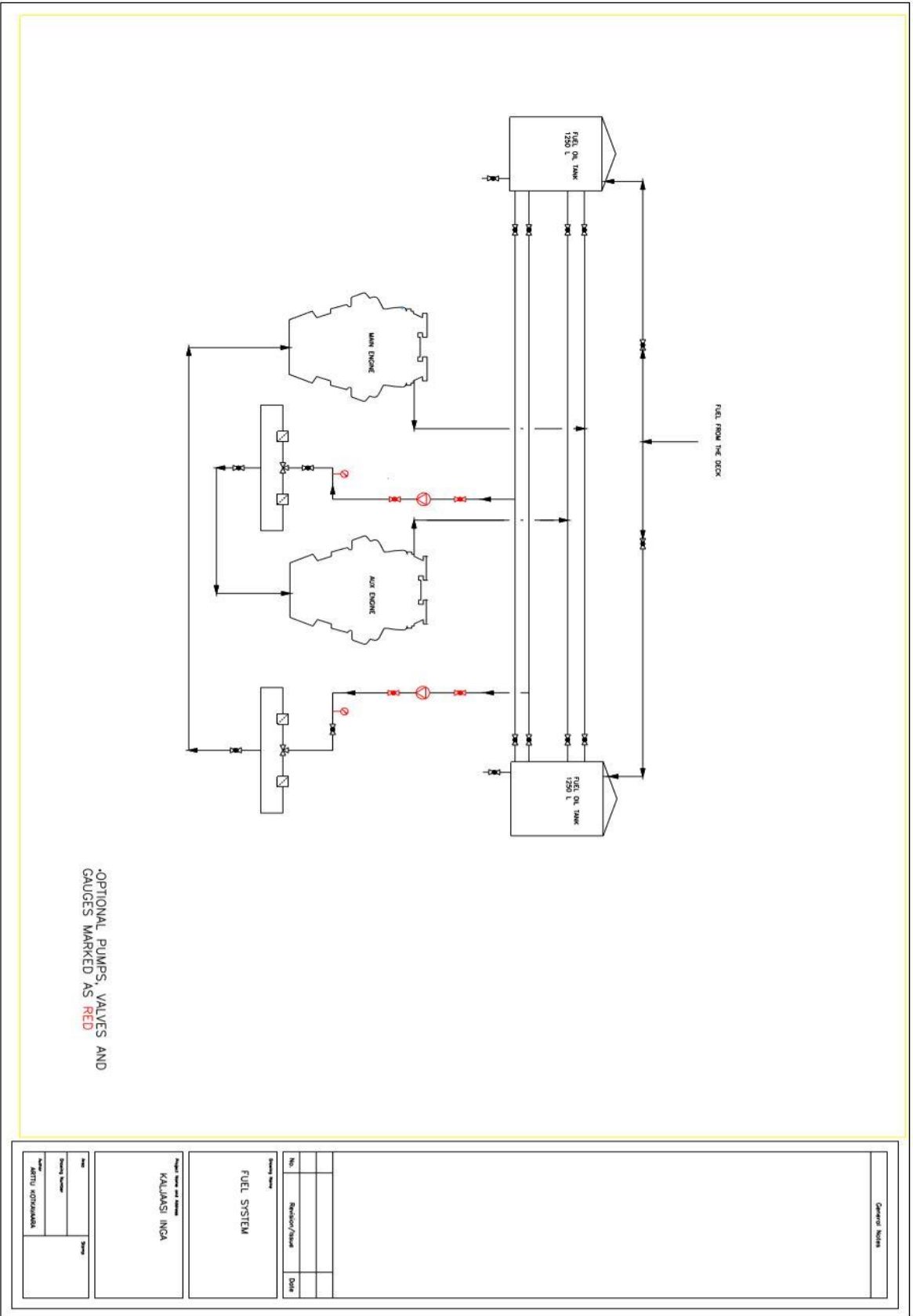
Replaces: March 2008

PAROC OY AB Technical Insulation, P.O.Box 240, FI-00181 Helsinki, FINLAND, Tel. +358 46 876 8000, www.paroc.com

The information in this brochure describes the conditions and technical properties of the disclosed products, valid at the time of publication of this document and until replaced by the next printed or digital version. The latest version of this brochure is always available on Paroc web site. Our information material presents applications for which the functional and technical properties of our products have been approved. However, the information does not mean a commercial guarantee, since we do not have full control of third party components used in the application or the installation. We cannot warrant the suitability of our products if used in an area which is not provided in our information material. As a result of constant further development of our products we reserve the right to make alterations to our information material. PAROC and red and white stripes are registered trademarks of Paroc Oy Ab. © Paroc Group 2013.

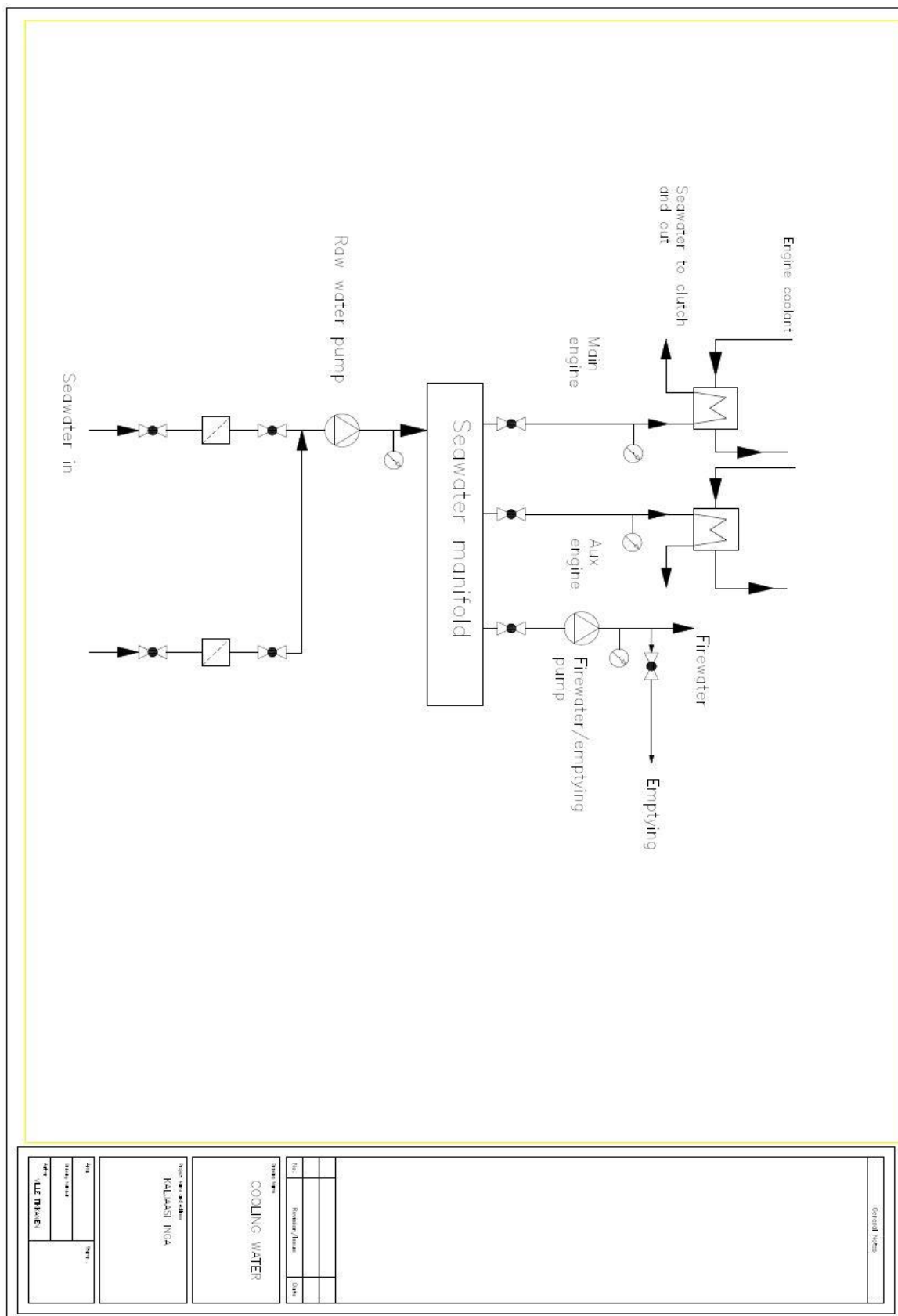
1164TIEN0913

LIITE 2





## LIITE 3



LIITE 4

