

Olli-Ville Laine

M/T TEMPERAN AZIPODIN MAKEAVESIJÄÄHDYTYS

Merenkulun koulutusohjelma

Merenkulkualan insinööri

2015



M/T TEMPERAN AZIPODIN MAKEAVESIJÄÄHDYTYS

Laine, Olli-Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Merenkulkualan insinööri

Helmikuu 2015

Ohjaaja: Haapanen, Toni

Sivumäärä: 27

Liitteitä: 1

Asiasanat: Levylämmönvaihdin, Azipod, Alfa Laval, M/T Tempera

Tässä työssä esittelen M/T Tempera-tankkerin Azipod-propulsioon jäähdytysjärjestelmän sekä siinä systeemissä käytettävää Alfa Lavalin levylämmönvaihdinta. Työssä pohditaan tärkeän laitteen kriittisyyttä ja voiko lämmönvaihtimen huollon laiminlyönti aiheuttaa laivan propulsiolaitteiston lamaanumisen.

Lamaanumisella olisi sekä mittavia taloudellisia seurauksia että ympäristön kannalta huomattavia ongelmia.

Opinnäytetyössä tutustutaan Alfa Lavalin levylämmönvaihtimeen sekä Azipodin jäähdytyslaitteistoon.

Työssä selvitetään, millaisia vaikutuksia likaisella lämmönvaihtimella on Azipodin ja laivan toimintaan. Lisäksi tutkitaan, kuinka paljon lämmönvaihtimen puhdistuksella on taloudellisia vaikutuksia.

Se on suhteellisen työläs ja hankala toteuttaa. Opinnäytetyössäni pyrinkin etsimään mahdollisuuksia parantaa työn sujuvuutta ja laitteiston tehokkuutta sekä toimivuutta ja työturvallisuutta. Sekä ehdotan parannuksia pesujen helpottamiseksi.

THE AZIPOD COOLING SYSTEM OF M/T TEMPERA

Laine, Olli-Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Engineering

February 2015

Supervisor: Haapanen, Toni

Number of pages: 27

Appendices: 1

Keywords: Plate heat exchanger, Azipod, Alfa Laval

This thesis presents the cooling arrangement of the Azipod propulsion unit deployed on the Finnish tanker, M/T Tempera. The main focus of this study is the Alfa Laval plate heat exchanger, which is an integral part of the system. Another aim of this study was to evaluate how critical a role the plate heat exchanger actually has in the system and whether neglecting the preventive maintenance of the device could, in the worst case, lead to propulsion system failures. The consequences of such failures could be drastic. Obviously such system break-downs would cause extensive financial losses, but could also lead to considerable environmental damage.

This thesis describes the potential effects a heat exchanger, which is not kept in clean condition, can have on the Azipod propulsion system and on the operation of the whole ship. Moreover, this thesis tries to establish the causal link between properly maintained, clean heat exchangers and achieved financial benefits.

Despite the fact that most of the benefits of keeping the heat exchanger clean, such as increased equipment efficiency and improved work safety, are obvious and crew members are also aware of them, still the engine crew tend to neglect the task because it is considered to be hard and laborious. Therefore, this thesis also offers a few practical tips, which make the cleaning of the plate heat exchanger much easier and quicker. By following these maintenance tips the engine crew can also ensure that the heat exchanger will run at its optimum, thus, resulting in savings and in improved work safety

Avainsanat:

LT-vesi = Koneiston jäähdytysnestettä

Azipod = Sähköinen propulsiojärjestelmä

Alfa Laval = Levylämmönvaihtimien valmistaja

D.A.T = Jäissä takaperin kulkeva alus

SISÄLLYS

2 JOHDANTO	6
3 ALFA LAVAL YRITYKSENÄ	7
3.1.1 LÄMMÖNVAIHTIMIEN KEHITYS	8
3.1.2 ALFA LAVAL –LEVYLÄMMÖNVAIHDIN	8
3.2 LEVYJEN RAKENNE	9
4 AZIPOD	10
4.1. M/T TEMPERAN AZIPODIN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ.....	12
5 LIKAINEN LEVYLÄMMÖNVAIHDIN	16
5.1 LIKAISEN LÄMMÖNVAIHTIMEN PESU	18
5.1.2 LÄMMÖNVAIHTIMENPESU MEKAANISELLA PUMPULLA.....	19
5.1.3 LÄMMÖNVAIHTIMENPESU VASTAVIRTAHUUHTELULLA	20
5.2 PUHDISTETTU LEVYLÄMMÖNVAIHDIN	23
6 LIKAISEN LEVYLÄMMÖNVAIHTIMEN ONGELMAT JA RATKAISUT	23
7 TALOUDELLISET HYÖDYT LÄMMÖNVAIHTIMEN PESUSTA.....	26
LIITTEET	

2 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua M/T Temperan Azipod-propulsiojärjestelmään ja sen makeavesijäähdytykseen sekä sen eri komponentteihin, mutta pyrin keskittymään erityisesti järjestelmän levylämmönvaihtimeen. Tarkoituksena on tutkia, miten likainen lämmönvaihdin vaikuttaa jäähdytystehoon ja taloudellisuuteen. Työssä tukeudutaan pääasiassa M/T Temperalla olevaan Alfa Lavalin levylämmönvaihtimeen mallia AK20-FL, mutta tämän työn tulokset sekä esitykset koskevat periaatteessa kaikkia levylämmönvaihtimia. Idean aiheesta sain, kun jouduin pesemään levylämmönvaihtimen ollessani moottorimiehenä kyseisellä laivalla.

M/T Tempera on OSM Ship Managementin operoima ja Navidom/Neste Oilin omistama raakaöljytankkeri. Se on rakennettu vuonna 2002 Sumimoton telakalla Japanissa. Pääkoneina on neljä Wärtsilän dieselsähköistä pääkonetta, kaksi isompaa Wärtsilä 9L38B ja kaksi pienempää Wärtsilä 6L38B. Laivan uppoama on 106,034 DWT ja pituus 252 metriä. M/T Tempera ei ole missään muodossa perinteinen laiva, keskeisenä esimerkkinä mainittakoon propulsio. Aluksessa onkin ABB:n Azipod-propulsiojärjestelmä, M/T Tempera onkin niin sanottu ”double acting tanker”, joka tarkoittaa käytännössä laivan kulkemista avovesiaikana etuperin niin kuin tavanomaiset laivat, mutta esimerkiksi itäisen Suomenlahden ankarissa jääolosuhteissa tankkeri kulkee takaperin murtamalla jopa puolitoistametristä jäätä hyödyntäen perän muotoilua sekä Azipodin monipuolisuutta ja toimintakykyä.

Azipod korvaa perinteiseen alukseen verrattuna sekä potkuriakselin että peräsimen. Azipodin suoma mahdollisuus pyöriä 360° tuo kokonaan uuden ulottuvuuden aluksen hallintaan.

Azipodin monimutkaisuuden vuoksi se tarvitsee useita apulaitteita, jotka puolestaan edellyttävät jäähdytystä. Myös itse Azipodin sähkömoottoria pitää jäähdyttää. Se hoidetaan ilmalla. Jäähdytetty neste kulkee Azipodin päällä oleviin lämmönvaihtimiin, joista ilmapuhaltimet puhaltavat viileää ilmaa Azipodin syövereihin.

Opinnäytetyö on osa merenkulkualan koulutusohjelmaa Satakunnan ammattikorkeakoulussa 2015.

3 ALFA LAVAL YRITYKSENÄ

Alfa Laval on alkuaan ruotsalainen yritys, joka on perustettu vuonna 1883 nimellä AB Separator. Yhtiön perustivat Gustav de Laval ja kumppani Oscar Lamm Junior. Alkuvuosina yritys keskittyi lähinnä maatalouden tarvitsemien laitteiden kehittämiseen ja valmistukseen.

Vuonna 1916 toiminta laajeni uusille alueille. Tuolloin yritys valmisti ensimmäisen öljyn puhdistamiseen suunnitellun tehty keskipakoiseseparaattorin.

Tässä vaiheessa konsernin hallussa oli 92 ruotsalaista patenttia ja 37 yhtiötä.

Yritys laajeni ennakkoluulottomasti uusille alueille. Vuonna 1938 Alfa Laval esitteli ensimmäisen lämmönvaihtimensa.

Vuonna 1963 yrityksen nimi muuttui AB Separatorista Alfa Lavaliksi. Alfa tulee perustajan nimestä ja Laval separaattoreissa käytettävistä pinotuista lautasista.

Alfa Lavalin kolme keskeistä teknisen osaamisen alaa ovat lämpö-, erotus- ja virtaustekniikka. Kaikki kolme ovat teollisuusyritysten kannalta tärkeitä ja Alfa Laval onkin saavuttanut maailmanlaajuisen markkinajohtajan aseman omilla teknisen erikoisosaamisen alueillaan.

Alfa Lavalin tuotteita myydään noin 100 maassa, joista 50:ssä toimii oma myyntiorganisaatio. Yhtiöllä on 20 suurta tuotantoyksikköä ja 70 huoltokeskusta. Alfa Laval työllistää tällä hetkellä maailmanlaajuisesti noin 11 500 henkilöä. Yksi toimipisteistä sijaitsee myös Raumalla Kaivopuiston teollisuusalueella.

3.1.1 LÄMMÖNVAIHTIMIEN KEHITYS

Tohtori Richard Seligman keksi levylämmönvaihtimen vuonna 1923. Keksintö mullisti kokonaan epäsuoran lämmityksen ja fluidien jäähdytyksen tavat.

Suuria ja tunnettuja levylämmönvaihtimien valmistajia on maailmalla kaksi; tanskalainen Danfoss ja ruotsalainen Alfa Laval.

Laivapuolella Alfa Laval on niistä Suomessa tunnetuin.

3.1.2 ALFA LAVAL –LEVYLÄMMÖNVAIHDIN

Levylämmönvaihdin on yksinkertaistettuna lämmönsiirrin, jonka avulla siirretään lämpöenergiaa nesteestä toiseen. Tässä tapauksessa lämpimästä LT-vedestä siirretään lämpöenergiaa levylämmönvaihtimen hunajakennon muotoisissa kanavissa meriveteen.

Kolmesta lämmönsiirtotavasta, johtuminen, lämpösäteily ja kulkeutuminen eli konvektio, lämmönvaihtimet toimivat johtumalla ja lämpösäteilyllä. Konvektiolla tapahtuvaan lämmönsiirtoon ei tarvita lämmönvaihdinta vaan lämpö siirtyy aineessa, esimerkiksi kuuma ja kylmä vesi kulhossa. (2)

Lämmönvaihtimia on monia erityyppisiä kuten, levy-, vaippa-, putki-, sekä spiraalilämmönvaihtimia. Näistä levymallinen lämmönvaihdin, kuten tämän työnkin lämmönvaihdin, on yleensä tehokkain jäähdytysteholtaan sekä tarjoaa laajimman käyttömahdollisuuden paine- ja lämpötilavaihteluille.

Toisaalta levylämmönvaihtimen levyjen tiivisteet aiheuttavat rajoituksensa. Kysymys on nimenomaan lämmöstä. Kuumuus ei saa kohota yli 159 Celsiusasteen.

Levylämmönvaihtimen koko voidaan lukea myös sen eduksi. Vaihdin on paljon tiiviimmin pakattu kuin perinteinen putkilämmönvaihdin.

3.2 LEVYJEN RAKENNE

Levylämmönvaihtimen toiminta perustuu lämmönsiirtoon kahden kappaleen välillä johtumalla.

Lämmönvaihdin koostuu hunajakennokuvioiduista levyistä, joissa jäähdytettävä aine liikkuu. Aine, jota jäähdytetään, voi olla kaasua tai nestettä. Tässä tapauksessa jäähdyttävänä aineena on merivesi ja jäähdytettävänä on LT- jäähdytysneste.

Hunajakennokuvio aiheuttaa jäähdytettävän aineen turbulenttisen liikkeen, joka edesauttaa jäähdytystehoa ja parantaa lämmönsiirtokerrointa. Se tarkoittaa käytännössä lämmönvaihdinyksikön pienempää kokoa ja tehokkaampaa käyttöä. (5)

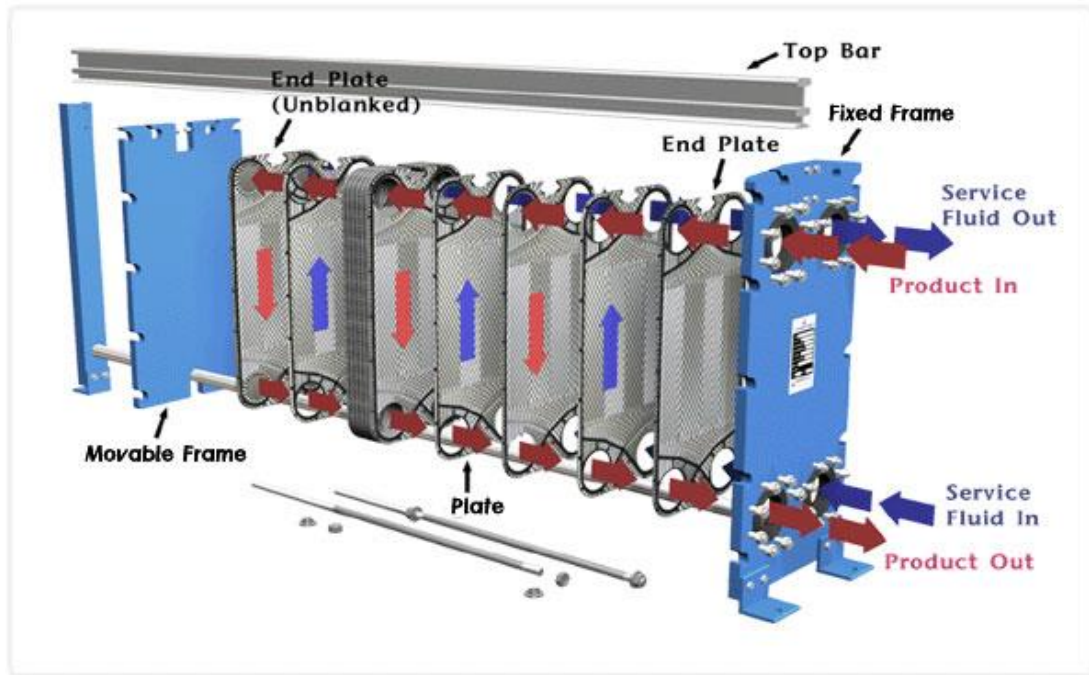
Levyjä on kahta eri muotoa. Näin varmistetaan nesteen liikkuvuus lämmönvaihtimessa. Levyt kasataan vuoronperään lämmönvaihtimeen. Levyjen määrä ja koko riippuu jäähdytystarpeesta.

Tässä työssä käsiteltävän lämmönvaihtimen levyjen kappalemäärä on 37. Näiden levyjen yhteenlaskettu pinta-ala on 17,5 m², mutta johtuen lämmönvaihtimen rungon rakenteesta, levyjen lukumäärää voidaan lisätä, mikäli jäähdytysjärjestelmän kapasiteettia pitää kasvattaa.

Lämmönvaihtimen sisään mahtuu 80 litraa nestettä merivesipuolelle. Tämä aiheutuu levyjen hunajakennokuvioista. Levyjen materiaalina on käytetty titaania.

Vanhemmat levyt ovat teräksisiä ja ne on vain pinnoitettu titaanilla. Levyjen paksuus on 0,5 millimetriä. Levyjen tiivistenauha on nitrilikumia (NBR-kumia).

Levylämmönvaihdin on kookas ja painava laite. Työn kohteena oleva lämmönvaihdin on noin kaksi metriä korkea ja painaa 956 kiloa. (1)



Kuva 1. Levylämmönvaihtimen toimintaperiaate. (Alfa Laval 2012)

4. AZIPOD

ABB:n Azipod-propulsiojärjestelmän keksiminen on vaikuttanut laivojen ja kelluvien alusten käyttötehokkuuteen vähentämällä niiden energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä.

Azipodin ensiaskeleet nähtiin 1990-luvun alussa, kun yhteistyössä Masa-Yards -telakan (nykyään Arctech Helsinki Shipyard Oy) kanssa, jolloin maailman ensimmäinen sähköiseen ruoripotkuriin perustuva propulsiojärjestelmä kiinnitettiin laivan ulkorunkoon. Ensimmäinen kauppamerenkulun Azipod-laiva oli silloisen Fortum Shippingin rahtaama jääkeulalla varustettu M/T Uikku. M/T Uikku oli rakennettu vuonna 1977 Rendsburgissa, Länsi-Saksassa. Saksassa rakennettiin 1976-1977 Nesteelle neljä sisaralusta, Lunni, Sotka, Tiira ja Uikku. Näitä kutsuttiin yleisnimellä lintulaivat tai Lunni-luokka. Hyvin tehtyjä laivoja, jotka pitkään huolehtivat Suomen polttoainehuollosta. Nykyisin M/T Lunni ja M/T Uikku seilaavat Siperiassa, Murmansk kotisatamanaan. M/T Uikun modernisoinnissa Helsingin telakalla asennettiin maailman ensimmäinen Azipod sekä uusittiin pääkoneet Makeista Wärtsilän dieselsähköiseen. Ensimmäinen Azipod, joka asennettiin, kääntyi 180 astetta ja oli työntävä. Nykyään Azipodit kääntyvät täyden 360 asteen ympyrän.

Azipod (**AZ**imuthing electric **PO**dded **D**rive) perustuu ABB:n keksintöihin, jotka liittyvät AC-moottoreihin, taajuusmuuttajiin, puolihohtimiin ja potkurijärjestelmiin. Azipod-yksikkö on sähkökäyttöinen. Potkuria pyörittävä sähkömoottori on laivan ulkopuolella olevassa ”kapselissa”. Kapseli pyörii 360 astetta pystyakselinsa ympäri ja tuottaa työntövoiman joka suuntaan, mikä tarkoittaa sitä, että laivan ohjattavuus on ennennäkemättömän hyvä yhdistettynä Temperan kahteen keulan ohjailupotkuriin. Päällikön mukaan Temperan kokoisen raakaöljytankkerin saa parkkeerattua sentin tarkkuudella.

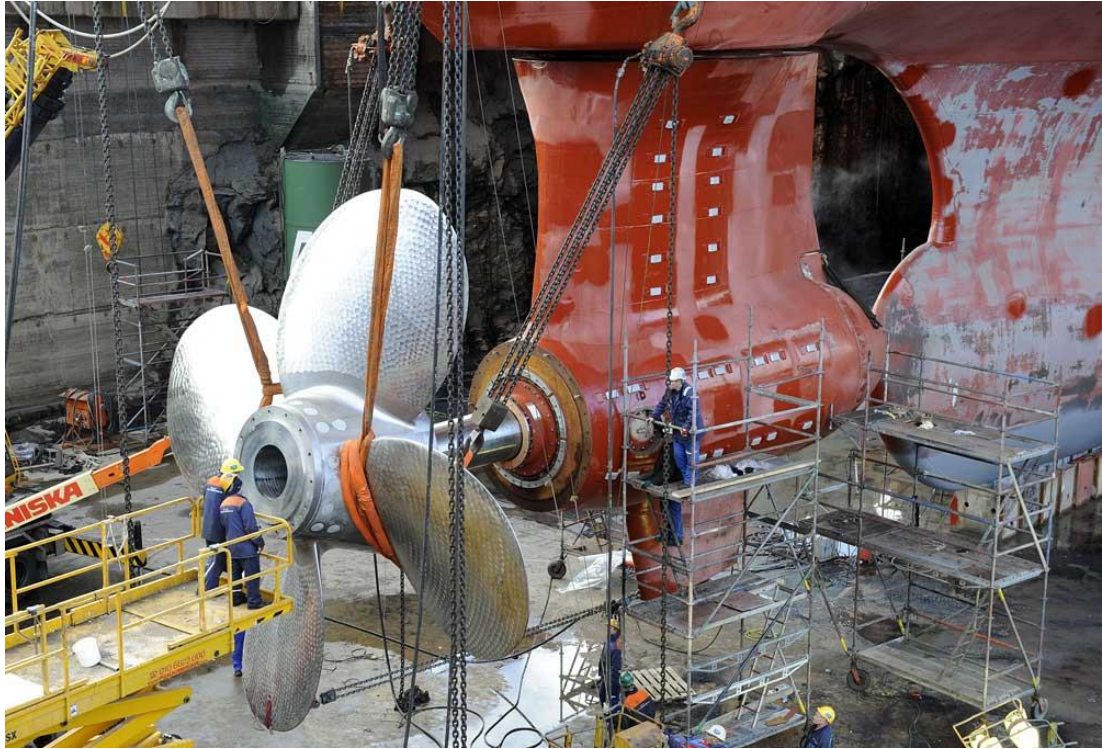
Tehokkaat laivaan asennetut taajuusmuuttajat ohjaavat Azipod-yksikössä sijaitsevaa suuritehoista sähkömoottoria. Dieselsähköiset generaattorit tuottavat sähköä propulsiojärjestelmälle ja koko aluksen tarpeisiin.

Azipod-järjestelmän ominaishyödyt, pieni polttoaineenkulutus, pienemmällä teholla saavutettava kulkunopeus, entistä parempi ohjattavuus, alhaisempi melutaso ja kompakti koko, vähentävät avomerialusten energiankulutusta tyypillisesti 5–15 prosentilla. Jopa 25 prosentin säästöjä on havaittu.

Verrattuna tavanomaiseen propulsioakseli- ja päämoottorivaihtoehtoon Azipod-järjestelmä kuluttaa vähemmän polttoainetta, parantaa hydrodynaamista tehokkuutta tuntuvasti ja vie entistä vähemmän tilaa aluksella.

Azipod-järjestelmien hyvän ohjattavuuden avulla alukset voivat toimia entistä turvallisemmin ahtaamissa väylissä ja haastavammissa meriolosuhteissa. Melun sekä tärinän lähes täydellinen vaimennus tuo käyttömukavuutta etenkin ylellisten risteilyalusten matkustajille.

Kaksi Japanin suurinta ja nopeinta RoPax-matkustajalauttaa olivat maailman ensimmäiset alukset, joihin asennettiin ABB:n vastakkain pyöriiviin potkureihin perustuvat Azipod-propulsiojärjestelmät. Alukset otettiin käyttöön vuonna 2004, ja ne ovat saaneet aikaan tuntuvaa hyötyä omistajalleen, Shin Nihonkai Ferry -yhtiölle. Esimerkiksi polttoaineenkulutus on vähentynyt 20 prosenttia aikaisempiin aluksiin verrattuna. Alukset ovat edeltäjiään nopeampia, ja niihin mahtuu 15 prosenttia enemmän rahtia. (8)



Kuva 2. M/T Temperan Azipod vuositelakoinnissa Turun korjaustelakalla. (Olli-Ville Laine 2012)

4.1 M/T TEMPERAN AZIPODIN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Azipodin jäähdytysjärjestelmä koostuu Low temperature(LT) -vesilinjasta sekä merivesilinjasta. Merivesi ei siis missään vaiheessa jäähdytä Azipodin apulaitteita, vaan ainoastaan LT-vettä.

Azipodin LT-jäähdytys on toteutettu kahdella samanlaisella Alfa Lavalin levylämmönvaihtimella. Toinen on käytössä toisen ollessa stand-by-lämmönvaihtimena. Tämä otetaan käyttöön toisen likaannuttua.

LT-vettä pumpataan järjestelmässä LT-vesipumpulla, joita on niitäkin kaksi kappaletta. Toisen vikaantuessa toinen otetaan käyttöön. Yhden pumpun teho on 525 kuutiota tunnissa.

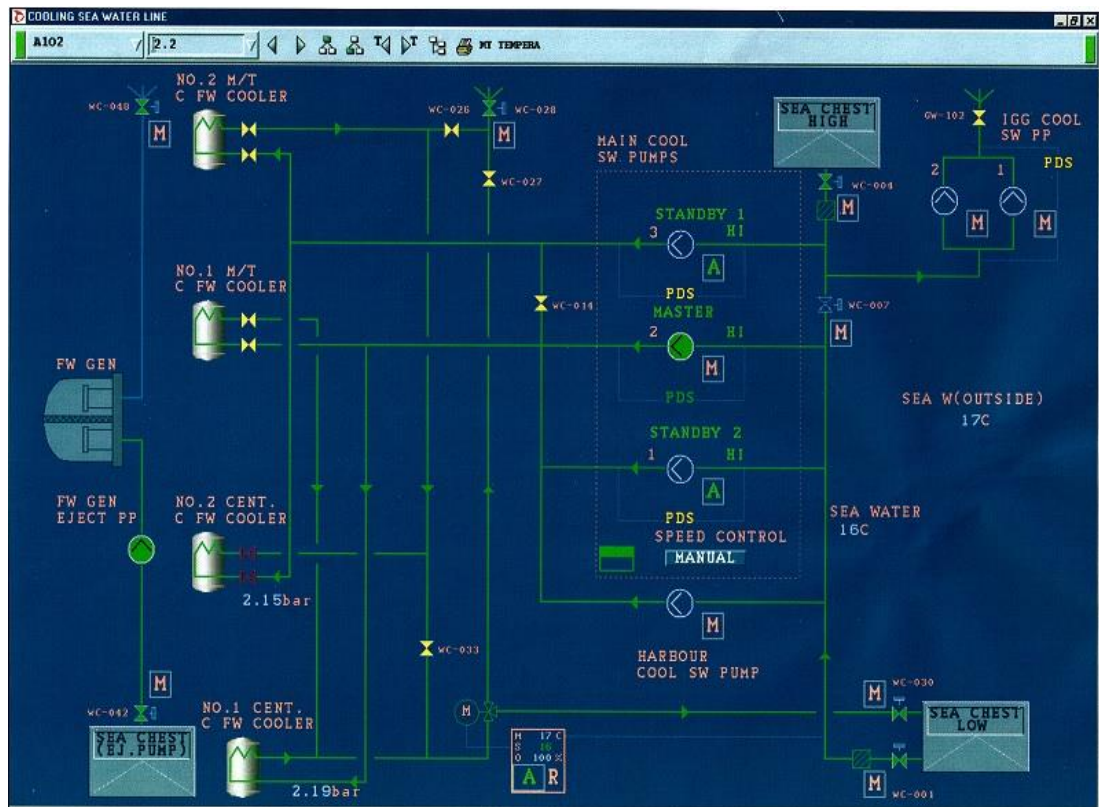
Levylämmönvaihdin rakentuu useista hunajakennolevyistä, joissa kulkee sisällä nesteitä. Levyjä on kahdenlaisia ja ne on pakattu vuoron perään, jotta jäähdytystä ylipäätään tapahtuisi.

Tässä systeemissä käytetään jäähdyttävän aineena merivettä ja jäädytettävänä LT-vettä. LT-vesi on evaporaattorilla tehtyä tislattua vettä, jossa on korroosiota vastaan käytetty kemikaaleja, Temperalla on käytössä Uitorin kemikaalit ja konevedessä kemikaalina on Uitorin Rocor NB liquid.

Merivesilinja on avoin systeemi. Merivettä kierrätetään kolmella keskipakopumpulla, joista yksi on pääasiallisessa käytössä muiden ollessa stand by-pumppuina.

Keskipakopumppu imee merivetensä merivesikaivosta. Merivesikaivossa on ensimmäinen karkea suodatin estämässä pieniä kaloja suurempien aineksien pääsyn merivesijärjestelmään.

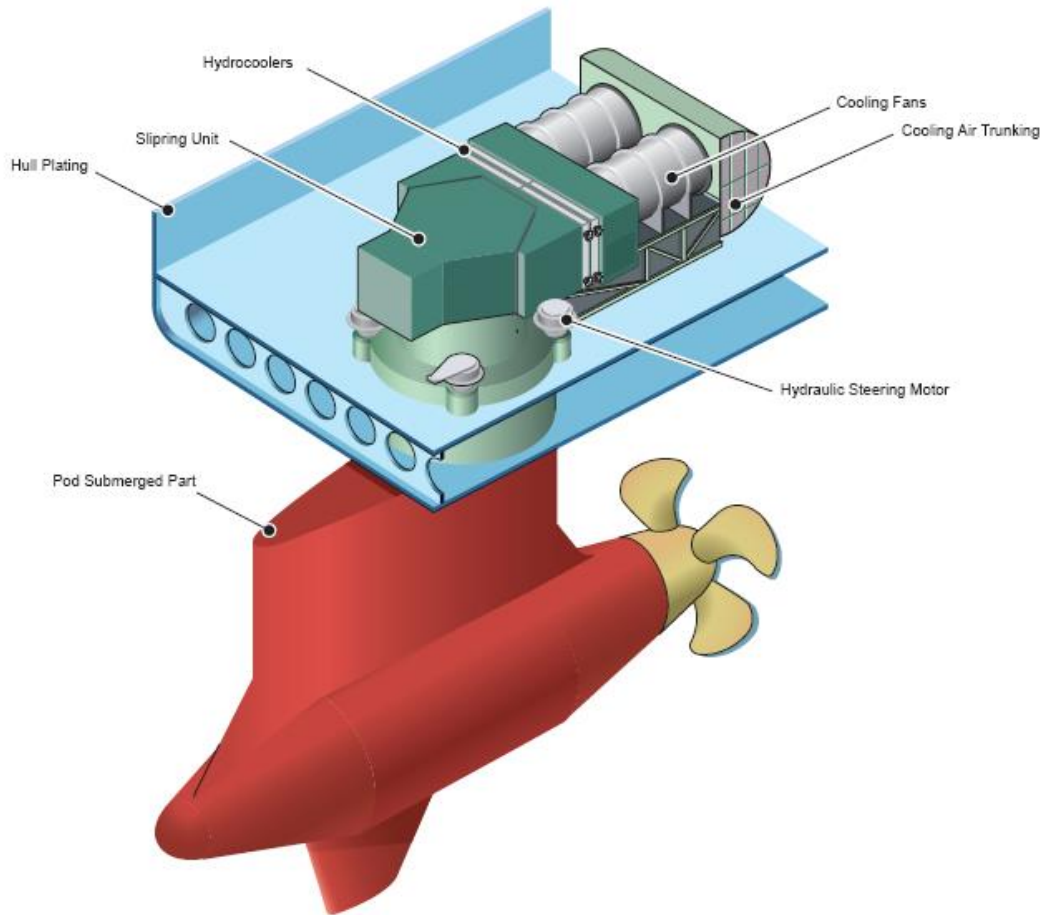
M/T Temperassa on kaksi merivesikaivoa, ylä- ja alakaiivot. Alakaivo on myös niin sanottu ”jääkaivo”, jota käytetään talvella varsinkin tankkerin ajaessa taaksepäin. Jääkaivo on suunniteltu niin, että se ei tukkeudu talvella edes takaperin ajaessa.



Kuva 3. Temperan merivesijäähdytyslinja Valmarinesta tulostettuna. (Olli-Ville Laine 2012)

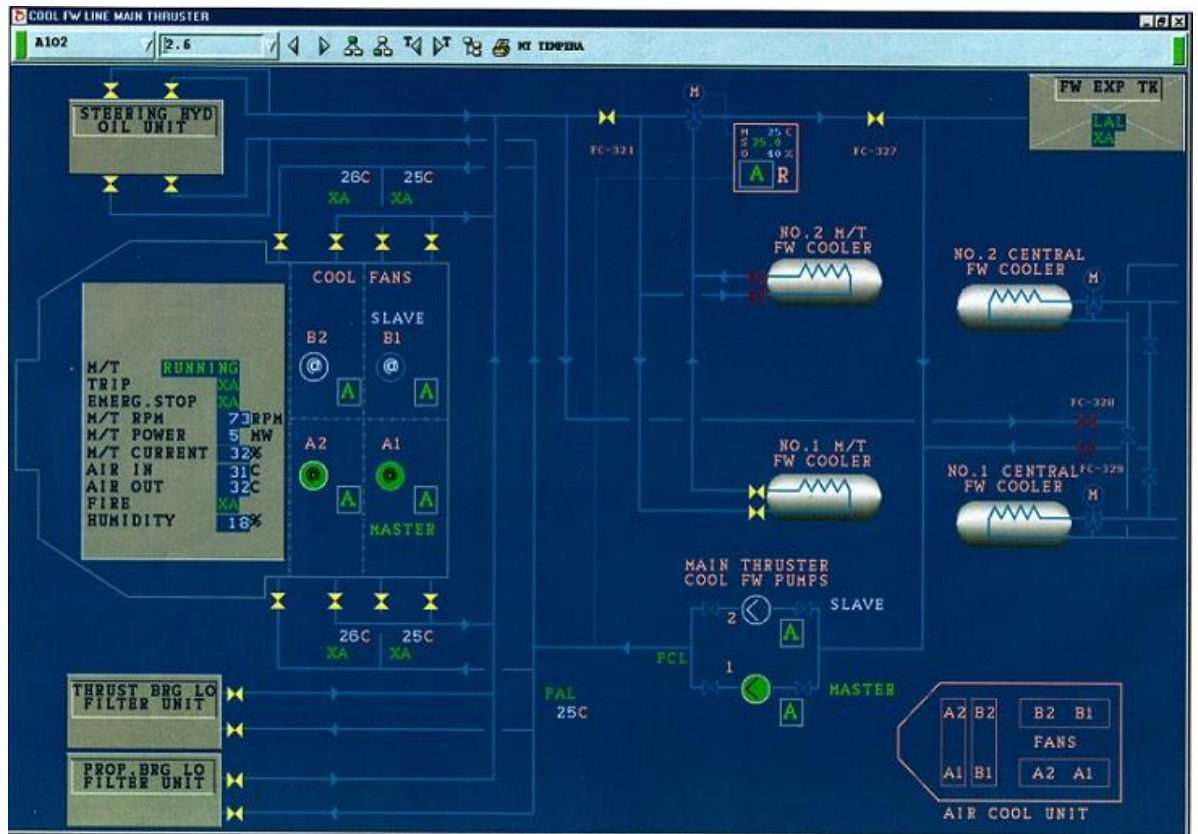
Azipod tarvitsee jäähdytystä useaan eri kohteeseen.

Suurin jäädytyksen tarvitsija on Azipodin sähkömoottori itsessään. Sen jäädytys hoidetaan vedestä ilmaan -järjestelmällä. Levylämmönvaihtimessa jäähtynyt LT-vesi kulkeutuu Azipodin päällä oleviin neljään lämmönvaihtimeen A1, A2, B1, ja B2. Jokaisessa näissä neljässä lämmönvaihtimessa on suuri puhallin. Ne puhaltavat viileää ilmaa Azipodin sähkömoottorin monttuun. Neljästä lämmönvaihtimesta kaksi on käytössä, kun toiset kaksi on stand-by:nä.



Kuva 4. Azipodin ilmajäädytyskanavat. (ABB 2015)

LT-vettä käytetään myös Azipodin muiden apulaitteiden jäädytykseen, kuten potkurin painelaakerin sekä potkurinlaakerin hydrauliyksiköiden jäädytykseen sekä Azipodin käännön hydrauliyksikön jäädytykseen.



Kuva 5. Temperan Azipodin makeavesijäähdytyslinja Valmarinesta tulostettuna. (Olli-Ville Laine 2012)

5. LIKAINEN LEVYLÄMMÖNVAIHDIN

Laivan merivesipumput imevät järjestelmän läpi valtavia määriä vettä joka hetki.

Suuressa vesimassassa on paljon epäpuhtauksia, varsinkin saastuneessa Itämeressä, jossa M/T Tempera pääasiassa seilaa.

Merivesijärjestelmässä on suodattimia estämässä epäpuhtauksien pääsyä niitä pidemmälle. Vaikka sekä merivesikaivossa että levylämmönvaihtimessa on suodatin, alkaa levylämmönvaihtimen sisällä muodostua epäpuhtauksia merivesipuolen levyjen pintaan.

Epäpuhtauksien, kuten levän tai liman, kertyminen levyn pintaan heikentää hiljalleen lämmönvaihtimen jäähdytystehoa. Vaikka levyjen hunajakennokuvioinnin

aiheuttama fluidin turbulentsisyys vähentää epäpuhtauksien kertymistä, ei se sitä kokonaan kuitenkaan estä. (5)

Likaisen lämmönvaihtimen havaitseminen on melko hankalaa, ainakin tankkerissa, jossa syväys voi muuttua jopa 10 metriä riippuen siitä, ollaanko painolastissa vai lastissa. Näin ollen pelkästään putkiston paineesta ei huomaa likaisuutta, mutta paine-erosta ja pumpun sähkömoottorin virran kulutuksesta sen kyllä havaitsee. Likaisella levylämmönvaihtimella ja suodattimella taajuusmuuttajakäyttöisellä pumpulla pumpun kierrokset sekä virrankulutus nousevat.

Myös paine-eron suuruus vakiovirtaustilavuusmäärällä kertoo, milloin pesu on tehtävä. Siksi onkin välttämätöntä, että painemittarit ovat sekä imu- että painepuolella. Työn helpottamiseksi suositeltavaa on, että varustukseen kuuluvat sekä paikallis- että kaukomittarit.

Ilman mittareitakin tosin Temperalla ykkösmestarin kokemuksella pesun tarpeen huomaa jo korvakuulolla.

Myös merivesikaivojen imusuodattimien likaisuus vaikuttaa lämmönvaihtimien likaisuuteen. Yleensä merivesikaivojen imusuodattimet otetaan auki ja pestään kerran työjakson aikana (Nesteellä työjakso on noin 6 viikkoa).



Kuva 6. Lämmönvaihtimen merivesipuolen levy, johon on kertynyt kerrostumaa. (Olli-Ville Laine 2012)

5.1 LIKAISEN LÄMMÖNVAIHTIMEN PESU

Lämmönvaihtimen pesu on tekotavasta riippumatta vaativa prosessi.

Lämmönvaihtimet voi pestä muutamalla erilaisella tavalla; osa tekee sen Alfa Lavalin ohjeiden mukaisesti, osalla toteutus on käytännön sanelemaa ja kokemusperäistä, kuten Temperan ykkösmestarin omaksuma vetyperoksidipesu. Tosin nykyään Alfa Lavalkin neuvoo käyttämään vetyperoksidipesua, jos laivalla on siihen oikeat välineet. Mekaaninen pesu harjalla on myös mahdollista. Se on halvin mutta myös työläin tapa tehdä lämmittimestä taas levästä puhdas.

Levylämmönvaihdin on pakattu tiiviiseen nippuun. Jotta levyjä päästäisiin pesemään mekaanisesti, pitää levypakka avata. Ennen levypakan avausta täytyy LT-vesilinjasta

laittaa imu- ja painepuolen venttiilit kiinni sekä valuttaa vedet pois, jotta lämmönvaihdin saadaan paineettomaksi sekä tyhjäksi vedestä.

Sama operaatio pitää tehdä myös merivesilinjalle. Merivesipuoli voidaan tyhjentää suoraan vuotoaltaaseen, josta se valuu spyygattien kautta merivesikaivoon.

Tämän jälkeen lämmönvaihdinta voidaan ryhtyä avaamaan. Ennen avausta täytyy tarkasti mitata ja laittaa muistiin, kuinka puristuksissa levyt ovat, jotta kasauksessa levyt tulevat samaan asentoon ja puristus ei muutu.

Ennen pesua lämmönvaihtimesta mitattiin lämmönvaihtimen päätyjen etäisyydeksi 249 millimetriä. Samaan mittaan pyritään pesun jälkeen levyjä kiristettäessä. Näin varmistetaan levyjen tiiveys puhdistuksen jäljiltä. Momenttia ei käytettä pultteja kiristettäessä vain alkuperäistä mitta.

5.1.2 LÄMMÖNVAIHTIMEN MEKAANINEN PESU

Levyjen irrottamisen jälkeen ne pestään mekaanisesti harjaamalla lyhennetyllä levankiharjalla. Pesuaineena käytettiin tuotemerkkiä Neste shampoo. Työ on hidasta, levyjen likaisuudesta riippuu, miten kauan työssä menee aikaa ja miten työlästä levyjen puhdistaminen on. Mekaaninen peseminen on erittäin likaista ja sotkuista, joten luonnollisesti henkilökohtaisia suojarusteet, kuten sadeasu, suojamaski sekä kumihanskat ovat aivan välttämättömiä.



Kuva 7. Pesty merivesipuolen levy. (Olli-Ville Laine 2012)

5.1.3 LÄMMÖNVAIHTIMEN PESU MEKAANISELLA PUMPULLA

Mekaanisella pumpulla pestessä lämmönvaihdinta ei tarvitse avata. Siten säästyy turhia työtunteja. Mutta kaikissa laivoissa ei välttämättä ole putkiyhteitä, joihin pumpun voisi kytkeä. Tosin hyvin monessa on tai ne on jälkikäteen telakalla tehty. Tapoja on hyvin monia ja laitteita vieläkin enemmän, mutta tässä tuon esille mitä on omalla merimiesuralla tullut vastaan. Temperalla on käytössä sähkömoottorilla varustettu pumppu ja pesuaineena käytetään vetyperoksidia. Pestessä lämmönvaihdin suljetaan pois käytöstä ja pestävä puoli, joka yleensä on meriveden puoli, tyhjenetään vedestä ja ilmataan lämmönvaihdin. Seuraavaksi sähköpumpun avulla tyhjennettyyn järjestelmään pumpataan makeavesi.

Makeanveden ja vetyperoksidin määrä riippuu lämmönvaihtimen koosta, mutta vetyperoksidin suhde veteen saa olla maksimissaan 5 prosenttia. Tärkeää on huomata vetyperoksidin laajentuvan olleessaan kosketuksissa hapen kanssa. Tämä tarkoittaa veden ja vetyperoksidin kierrättämistä ison avonaisen säiliön tai saavin kautta. Yhdestä litrasta vetyperoksidia vapautuu noin 300 litraa happea. Laajentumisesta johtuen vetyperoksidi vaahtoa hyvinkin paljon, näin ollen sen lisääminen pesun alussa pitää tapahtua asteittain. Lämpötilaa pitää seurata kaiken aikaa tarkkaan. Se ei missään vaiheessa saa nousta yli 50 asteen.

Toinen vastaan tullut tapa ei paljoa poikkea yllämainitusta, mutta siinä pumpuna käytetään paineilma-toimista Wilden kalvopumppua. Periaate on sama kuin Temperan sähköpumpulla, mutta pesuaine on eri. Tässä M/T Purhan pesutavassa käytetään Uitorin Descalex-pesuainetta. Lämmintä vettä sekä pesuainetta kierrätetään lämmönvaihtimen sisällä avonaisen säiliön kautta.



Kuva 8. M/T Purhan pesulaitteisto Wilden-pumppu sekä Descalex-pesuaine. (Olli-Ville Laine 2014)

Vaativuudestaan huolimatta työ kannattaa, sillä näin tehden lopputulos on hyvä ja tulosta syntyy huomattavasti mekaanista pesua vähemmällä työllä. Jo pelkästään se, ettei levylämmönvaihdinta tarvitse avata telakointien välillä, nopeuttaa työn sujumista. Aikaa tosin saattaa kulua enemmän kuin lämmönvaihtimen avaamisessa,

mutta pumpun kanssa peseminen ei likastuta konehuonetta, ja pesuvedet on mahdollista pumpata suoraan pilssivesitankkiin ja sieltä maihin ongelmajätteeksi.

5.1.3 LÄMMÖNVAIHTIMEN VASTAVIRTAHUUHTELU

Useissa laivoissa on putkilinjasto tehty siten, että lämmönvaihtimen merivesipuoli voidaan huuhdella niin sanotulla vastavirtahuuhtelulla. M/T Temperalla tätä mahdollisuutta ei ole.

Vastavirtahuuhtelun periaate on hyvin yksinkertainen, siinä vain muutetaan meriveden virtauksen suuntaa päinvastaiseksi normaalista. Tällä yksinkertaisella liikkeellä merivesipuoli puhdistuu helposti, joskaan sitkeä kerrostuma ei poistu. Vastavirtahuuhtelu tarvitsee vain muutaman lisäventtiilin sekä muutaman metrin lisää putkea. Riippuen laivasta ja sen rakenteesta, pitää olla tietoinen, milloin vastavirtahuuhtelu voidaan suorittaa, koska se voi aiheuttaa lämmönvaihtimen jäädytettävän nesteen lämmön kohoamista. Erittäin tärkeää on varoa aiheuttamasta paineiskuja järjestelmään avaamalla venttiilit liian nopeasti. Riippuen siitä, minkä laitteen lämmönvaihdin on, myös ajankohta täytyy miettiä, milloin vastavirtahuuhtelee. Pääkoneen lämmönvaihdinta ei pidä huuhdella ajossa mahdollisen ylikuumentumisen vuoksi. Sama pätee apukoneiston lämmönvaihtimen kanssa. Sitä ei pidä satamassa huuhdella.

5.2 PUHDISTETTU LEVYLÄMMÖNVAIHDIN

Puhtaalla levylämmönvaihtimella saavutetaan parempi lämmönsiirtyminen eli LT-
vesi jäähtyy paremmin. Puhtaan levylämmönvaihtimen lämmön johtamiskyky on
5055 W/(m²K). (3). Likaisen levylämmönvaihtimen lämmönjohtamiskykyä ei
pystytä teoreettisesti toteamaan, koska saostumat ja epäpuhtaudet ole tasaisena
massana levyn pinnalla.

Puhtaalla levylämmönvaihtimella saadaan parempaa jäähdytyskykyä sekä taataan
laivan turvallinen toiminta varmistuen, etteivät järjestelmät ylikuumene.

6 LIKAISEN LEVYLÄMMÖNVAIHTIMEN ONGELMAT JA RATKAISUT

Levylämmönvaihdin likaantuu laivassa joka tapauksessa, sitä ei voida estää.

Likaantumista voidaan kuitenkin hidastaa oikein asennetuilla suodattimilla, joita on
riittävästi. Temperassa niitä on periaatteessa kaksi.

Merivesikaivoissa on isot suodattimet ja lämmönvaihtimen sisällä merivesipuolella
on suodatin, mutta tämä ratkaisu on huono. Tämän suodattimen likaantuessa
ongelmana on sen hankala sijoitus, koska se on lämmönvaihtimen sisäinen.

Tästä johtuen suodattimen puhdistusta varten on joko purettava koko
lämmönvaihdin, joka on koko työpäivän kestävä operaatio, tai purettava
lämmönvaihtimelle merivesiputkistoa yhden 90-asteen kulman verran. Jälkimmäinen
on helpompi tapa ja nopeampi tapa, mutta silti erittäin työläs. Ja ongelmana on
sisäisen suodattimen hataruus. Vedenpaine voi muovata suodatinverkkoa, jolloin sitä
ei pääse irrottamaan ilman lämmönvaihtimen avausta.

Ratkaisuna tähän olisi uusi suodatin ennen merivesipumppuja. Siihen jäisivät
suurimmat merivesikaivosta läpi päässeet roskat. Suodattimen likaantuessa se olisi

tällöin helpompi pestä kuin avata koko lämmönvaihdin, jolloin ei olisi vaaraa Azipod- potkurijärjestelmän ylikuumentumisesta.



Kuva 9. Vasemmanpuoleisen mutkan sisällä oleva suodatin. (Olli-Ville Laine 2012)



Kuva 10. Likainen lämmönvaihtimen suodatin. (Olli-Ville Laine 2012)

Lisäksi lämmönvaihtimen merivesilinjastoon kannattaisi rakentaa vastavirtahuuhtelut mahdollistava linja.

Näillä toimenpiteillä ennakoitaisiin mahdollisia tukoksia ja saataisiin parempi jäähdytysteho.

7 TALOUDELLISET HYÖDYT LÄMMÖNVAIHTIMEN PESUSTA

Puhdas lämmönvaihdin on ehdoton edellytys aluksen kustannustehokkaalle käytölle. Taloudelliset hyödyt puhtaasta lämmönvaihtimesta voidaan nähdä kahdellakin tavalla. Pahin mahdollinen skenaario on laivan, M/T Temperan lamaantuminen kokonaan lämmönvaihtimen tukkeutuessa. Vaikka Azipod-potkurijärjestelmän jäähdytysysteemi on kahdennettu kaikilta osin, (lämmönvaihtimet, pumpput yms.), ei mestari välttämättä ehdi vaihtaa toista jäähdytintä käyttöön hälytyksen sattuessa. Näin tankkeri voi hetkeksi jopa pysähtyä.

Iso raakaöljytankkeri täydessä lastissa vaatii useita merimaileja seisahtuakseen, joten jo hetkellinen propulsiion menetys on äärettömän vaarallista ja näin ollen taloudellisesti kestämatöntä. Tässä yhteydessä ei voi olla mainitsematta myös häiriöistä mahdollisesti johtuvia ympäristön kannalta äärettömän suuria riskejä aiheuttavia ongelmia.

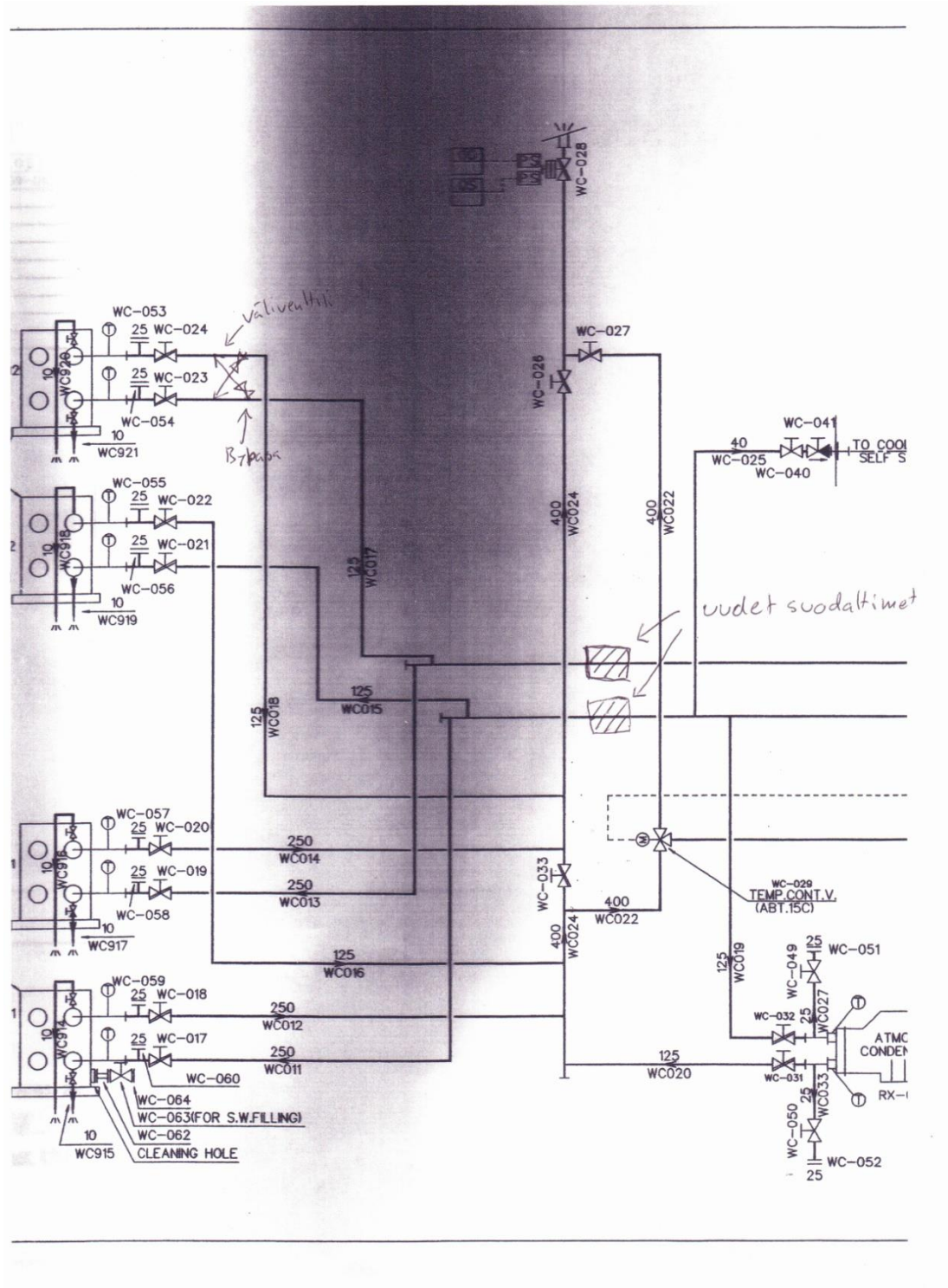
Toisaalta taloudellisuutta voidaan katsella pumpun lisääntyneellä virrankulutuksella lämmönvaihtimen sekä sen suodattimen likaantuessa. Pumpun tarvitsema sähkö tuotetaan M/T Temperan voimalaitosyksiköllä eli Wärtsilän laivamoottorilla ja generaattorilla. Koneet käyvät rikkidirektiivin vuoksi meridieselillä, joka on raskasta polttoöljyä kalliimpaa. Näin ollen myös sillä tuotettu sähkö on huomattavasti hintavampaa.

M/T Temperan Azipod-jäähdytysjärjestelmän merivesipumpun maksimikulutus kilowateissa on 23 kilowattia. Maksimituotto on 525 kuutiota tunnissa.

Lämmönvaihtimen maksimivirtaus on 150 kuutiota tunnissa, joten pumppu on hieman ylimitoitettu, mutta laivakäytössä on hyvä jättää pelivaraa. Merivesipumpun sähkömoottori on taajuusmuuttajaohjattu, joten häviöitä käytöstä tulee kuitenkin vähän.

LÄHTEET

1. M/T Temperan laivakohtainen Alfa Lavalin levylämmönvaihdin-manuaali
2. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Lämmönsiirrin>
3. M/T Temperan laivakohtainen manuaali, levylämmönvaihtimen telakkakoeajot sekä luokan testipöytäkirja.
4. <http://www.alfalaval.com/about-us/our-company/history/pages/history.aspx>
5. <http://local.alfalaval.com/en-gb/about-us/news/Documents/The%20Theory%20behind%20heat%20transfer.pdf>
6. <http://www.google.fi/imgres?imgurl=http://www.pcurtis.com/qv09/azipod.png&imgrefurl=http://www.marineinsight.com/tech/marine-electrical/what-is-azipod-propulsion-system-on-ship/&h=563&w=661&tbnid=nZ-4e6TX6CxoHM:&zoom=1&docid=-j-ljdqyURzVHM&ei=db7MVNXuAYqxUYisg4gC&tbm=isch&ved=0CCQQMygGMAY>
7. <http://www.google.fi/imgres?imgurl=http://www.naviearmatori.net/albums/userpics/10960/azipod2.jpg&imgrefurl=http://www.naviearmatori.net/eng/foto-140022-4.html&h=708&w=1118&tbnid=Iq4uhfiLegaPpM:&zoom=1&docid=89tN6nI-JiLrLM&ei=db7MVNXuAYqxUYisg4gC&tbm=isch&ved=0CEkQMygeMB4>
8. <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/eb554116c514dcddc125784d00543c73.aspx>



Kuva 11. Ehdotetut muutokset piirretty Temperan merivesilinjan putkikaavioon. (Olli-Ville Laine 2012)