



KRISTER LUNDQVIST

M/S Finnlady aluksen ilmanvaihdon tasapainotus

NMK15SRI

2020

Lundqvist Krister	Satakunnan ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö, AMK	23.11.2020
	Sivumäärä 39	Julkaisun kieli Suomi
<p>Julkaisun nimi M/S Finnlady/star-luokan alusten ilmanvaihdon tasapainotus</p>		
<p>Tutkinto-ohjelma Merenkulun insinööri</p>		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua ja selvittää M/V Finnlady aluksen ilmanvaihtojärjestelmän nykytila kuntokartoituksen avulla, sekä tehdä sen perusteella tarvittavat säätö- ja korjaustoimenpiteet. Työn lopputuloksena on kustannustehokas, hyvin merkitty, toimiva ilmanvaihto sekä ohjeet ilmastoinnin säätämiseen.</p> <p>Työ tekeminen aloitettiin 2018 syksyllä ja pari vuotta aikaisemmin oli ilmanvaihtokanavat nuohottu. Työn jatko viivästyi vuodella muutamien henkilöiden työtehtävien muutoksista johtuen. 2019 syksyllä työtä jatkettiin siihen mihin oli jääty ja samalla oli saatu myös tärkeää lisätietoa ilmanvaihtojärjestelmän toimivuudesta ja käytöstä.</p> <p>Kuntokartoitus suoritettiin vuosien 2018–2020 välisenä aikana. Ulkohyttien ilmanvaihtokoneikosta tehtiin myös toimiva malli, jossa pystyi tutkimaan laitteen toimintaa ja testaamaan osien kuntoa. Sain myös paljon lisätietoa järjestelmän toimivuudesta laivan muulta tekniseltä henkilökunnalta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena oli säädetty ilmanvaihtojärjestelmää haluttuun toimintamalliin. Sekä tehtyä siihen liittyvä ohjeisto ja merkistö, jota voidaan hyödyntää jatkossa yhtiön saman tyyppisillä aluksilla joissa myös samoja ongelmia on ollut ilmanvaihdon kanssa.</p>		
<p>Asiasanat: ilmanvaihto, jäähdytys, koneikko, Koja Marine, Ilmanvaihtokanava kanavien puhdistus, ilma, lika</p>		

Lundqvist Krister	Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences	20.9.2020
	Number of pages: 46	Language: Finnish
Name Ventilation balancing of M / S Finnlady star class ships		
Degree Programme in Maritime engineer		
<p>The purpose of this thesis was to familate and find out conditions of fresh air ventilation system on M/V Finnlady. To find out it’s current condition, adjust and make some corrections if needed. The conclusion was going to be a working fresh air system and also to make some instructions, how to adjust the system later.</p> <p>Work began in the fall of 2018 and a couple of years earlier, the ventilation ducts had been soothed. Due to changes in the work duties of a few people, the continuation of work was delayed by one year, but in the autumn of 2019, work continued on and at the mean time important additional information had been obtained on the functionality and use of the ventilation system.</p> <p>The condition survey was conducted between 2018 and 2020. The ventilation machinery of the exterior cabins was also made into a functional model, in which it was possible to study the operation of the device and test the condition of the parts. I also received a lot of additional information about the functionality of the system from the other technical staff on the ship.</p> <p>As a result of the thesis, the ventilation system has been adjusted to the desired operating model and the related instructions and character set have been made, which can be utilized in the future on the company's same type of vessels, which have also had the same problems with ventilation.</p>		
Keywords: ventilation, ventilation ducts, indoor air, dust,, cleaning of the ventilation ducts, Koja Marine		

SISÄLLYS

1.0 JOHDANTO	4
2.0 M/V FINNLADY	5
3.0 ILMANVAIHTO	6
3.1 ILMANVAIHTO ALUKSELLA	6
3.1 KORVAUSILMAN JÄÄHDYTYS	7
3.2 KORVAUSILMAN LÄMMITYS	7
3.3 ILMASTOINTIHUONE	8
4.1 KORVAUSILMANVAIHTOKONEIKOIDEN RAKENNE	9
4.2 POISTOILMAKONEIKOIDEN RAKENNE	10
5.0 HYTTIEN KORVAUSILMANVAIHTOKONEIKOT	11
5.1 ULKOHYTIT	11
5.2 SISÄHYTIT	11
5.3 SVIITTIT	12
5.4 HYTTIEN ILMANVAIHDON SÄÄTIMET	13
5.5 HYTTIEN ILMANVAIHDON VIKATILANTEET	13
5.6 HYTTIEN ILMAMÄÄRÄT	13
5.7 HYTIT LUOKITTAIN	14
5.8 HYTTIJÄRJESTYS KORVAUSILMANVAIHTOLOHKOJEN MUKAAN	15
5.9 HYTTIJÄRJESTYS POISTOILMANLOHKOJEN MUKAAN	16
6.0 ILMANVAIHTOLAITTEIDEN HALLINTAPANEELI	17
7.0 ONGELMAT ILMANVAIHDOSSA	18
7.1 ONGELMAT ILMANVAIHDON SÄÄDÖISSÄ	19
8.0 MITTAUS	20
8.1 ESITYÖT ILMANVAIHTOKONEHUONEESSA	20
8.2 NYKYTILANTEEN MITTAUS TULOILMANPUOLELLA	23
8.3 NYKYTILANTEEN MITTAUSTULOKSIA	24
8.5 LÄMPÖYKSIKKÖ	26
8.6 ILMANVAIHTOKANAVAT	26
8.7 HYTTIKONEIKON ILMANSÄÄTÖ	27
8.8 ILMAMÄÄRIEN MITTAUS	28
8.9 ILMAMÄÄRIEN SÄÄTÖJEN TULOKSIA	29
8.10 LOPPUTULOS	29
10.0 NYKYTILANNE POISTOILMAN OSALTA	32
11.0 ENERGIATEHOKKUUS	33

12.0 OHJEET	34
13.0 TUTKIMUSMENETELMÄT	35
14.0 TUTKIMUSTULOKSET	35
15.0 JOHTOPÄÄTÖKSET	36
16.0 JATKOTOIMENPITEET	36
LÄHTEET	38
LIITTEET	

1.0 JOHDANTO

Tänä päivänä ilmanvaihtojärjestelmille asetetaan suuria vaatimuksia. Vaatimukset lähtevät viranomais määräyksistä, alusten henkilökunnan viihtyvyydestä, matkustajien viihtyvyydestä, jolla myös taloudellinen merkitys, sekä myös muuttuva ilmasto aiheuttaa lisänsä ilmastoinnin toimivuuteen ja monipuolisuuteen.

Työhön lähdettiin tekemällä ilmastoinnin kuntokartoitus. Kuntokartoitus toi esille sekä puutteita järjestelmässä, että vikaantuneita koneikoita ja sekalaisesti säädettyjä koneikoita ja venttiilejä. Myös matkustajilta oli tullut viestejä, jotka viittasivat ko. tyyppisiin vikoihin.

Kuntotarkastuksen perusteella tehtiin suunnitelma miten hyttien ilmanvaihtoa säädetään ja korjataan. Suunnitelmaa parannettiin töiden edistyessä, koska osa säätämiseen tarvittavista tiedoista ei ollut heti käytössä.

Ohjeista ja käyttötauluista on tehty mahdollisuuksien mukaan helpot käyttää, jotta niitä hyödynnettäisiin myös jatkossa. Kaikki ohjeet ovat helposti saatavilla ilmanvaihtuhuoneissa ja pikaisia säätöjä niiden perusteella voi tehdä myös hieman kokematonkin henkilö.

Kaikki materiaali mitä työn tuloksena tuli, on tallennettu alukselle ja se on tarvittaessa kaikkien käytettävissä ja tätä materiaalia on mahdollista hyödyntää yhtiön muissa aluksissakin.

2.0 M/V FINNLADY

M/V Finnlady kuuluu RO-PAX alusluokkaan, eli aluksella voi kuljettaa sekä matkustajia, että rahtia samanaikaisesti. Aluksen matkustajakapasiteetti on 554 henkilöä ja miehistöä 40. Alus on valmistunut 2007 Italiasta, Finncantierin telakalta ja on Star-sarjan neljäs alus viiden aluksen sarjasta. M/V Finnlady on noin 218m pitkä, 30m leveä ja bruttovetoisuudeltaan 45 000t. Aluksessa on 4 pääkonetta, tyyppiä Wärtsilä 46 ja moottoritehoa noin 40000kw. Lämmitys hoidetaan kahdella diesel-öljy käyttöisiä apukattiloita ja neljää pakokaasukattiloita hyödyntäen. Käytössä on myös Ecsprayn toimittama scrubber pakokaasujen puhdistusjärjestelmä.

Aluksen keulaosa frame 167 asti, kerrokset 7-9 ja 11 on suunniteltu pääosin matkustajajaloiksi ja siellä sijaitsevat sekä hytit että ravintola ym. muut oleskelutilat. Aluksen ns. forward garage, sijaitsee myös aluksen keulaosassa ja se palvelee pääosin matkustajien autojen säilytystä, mutta tilat ovat myös rahdin käytössä tarvittaessa. Kannella seitsemän on myös hyllyt matkustaja-autoja varten. Laivan alemmat kannet 2,3,5 ovat rahtitiloja, sekä kannen 7 takaosa, joka on ulkokansi ja myös pääasiallinen paikka IMO lasteille.



Kuva 1. M/V FINNLADY (Kristen Lundqvist)

3.0 ILMANVAIHTO

Ilmastoinnin tehtävä on tuottaa alukselle lämpötiloiltaan sopivaa ja raikasta, hajutonta ilmaa ulkoilmasto-olosuhteista riippumatta. Hyvällä ilmastoinnilla taataan viihtyisät ja sopivat olosuhteet, sekä miehistölle, että matkustajille heidän hyttitiloissaan, työskentelytiloissa ja matkustajatiloissa. Tärkeimpiä tekijöitä sisäilman laatuun on tuloilman puhtaus, sen käsittely sekä ilmanvaihtokanavien puhtaus. Ilmanvaihtoon on myös nykyään usein liitetty ilmastointilaitteet, joilla voidaan viilentää ja kuivattaa ilmaa ja näin ollen parantaa ilmanvaihdon laatua lämpimissä ja kosteissa olosuhteissa. Ilmanvaihdon perusteet. Viitattu 17.2.2019. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>.

3.1 ILMANVAIHTO ALUKSELLA

Aluksen ilmanvaihtojärjestelmä on Koja Marine Oy:n toimittama. Sen kattaman alue tämän työn tutkimuksen kannalta on matkustajien hyttitilat, miehistön hyttitilat, oleskelutilat, portaikot. Ilmanvaihtoalueet ovat jaettu laivassa palovyöhykkeiden mukaan, jolloin ilmastoinnin läpivientejä ei ole aluksen Firezonejen läpi. Tässä työssä keskitytään pääosin FZ1:ssä olevan, matkustajahyttien käyttöön tarkoitetulla ilmanvaihtojärjestelmällä, jonka ilmanvaihtokoneikot sijaitsevat kannella 8. Aluksen FZ1:n ilmanvaihtokonehuoneet ovat kerroksissa 8, josta hoidetaan hyttien ilmastoinnit ja 12, 13 joista hoidetaan messin, keittiön ja komentosillan ilmanvaihto ja näiden portaikot ym.

Miehistöä palvelevat ilmanvaihtolaitteet ovat sijoitettu FZ2:n ja ovat kerroksessa 10. Koneikot ovat pääosin samanlaisia kaikissa ilmastointikonehuoneissa, vain koneikoiden koot ovat erilaisia, ilmastoinnin tarpeesta riippuen. Aluksella on myös muita kohteita joita pitää jäähdyttää ja tuulettaa. Näitä ovat mm. muuntajahuoneet, sähkötaulut sekä kaikki varasto ja työtilat ym. Jotka sijaitsevat muualla laivassa kuin matkustajatiloissa.

Aluksen ilmanvaihto on tehty ruotsalaisen viranomais määräyksen mukaan, koska alus on alun perin tehty ruotsalaisiin standardeihin perustuen. Nämä poikkeavat jonkin verran suomalaisista standardeista mm. ilmamäärien ja kanavien määrityksissä.

3.1 KORVAUSILMAN JÄÄHDYTYS

Matkustajatiloissa on mahdollista jäähdyttää tuleva ilma hytteihin ja muihin matkustajatiloihin. Jäähdytys on toteutettu Carrierin toimittamilla jäähdyttimillä, joita on 2 kappaletta. Jäähdyttimet sijaitsevat laivan AC-kompressorihuoneessa, joka on laivan keulaosassa, kannella 2. AC-kompressorien jäähdytyksessä hyödynnetään merivettä ja on myös tehty selvitys, mahdollisesta meriveden käytöstä jäähdytyksessä veden ollessa viileää ja on olemassa jäähdytyksen tarve matkustajatiloihin sisään tulevaan ilmaan.

Matkustajatiloihin tuleva raikas ilma johdetaan kennoston läpi. Kennosto on jäähdytetty tarpeen mukaan 12–18 c-asteiseksi ja se viilentää ilman matkustajatiloihin sopivaksi. Kennoston lämpötila säädetään AC-kompressoreilta tulevalla veden lämpötilalla. Pääosin jäähdytystä tarvitaan toukokuun ja syyskuun välisenä aikana. Osin myös keittiön kylmälaitteiden jäähdytyksessä hyödynnetään AC-kompressorien tuottamaa viileää ilmaa kuumien keliä aikana.

3.2 KORVAUSILMAN LÄMMITYS

Matkustajatilojen lämmitys hoidetaan pääosin höyryllä. Höyryllä lämmitetään lämmityselementissä kulkeva glykolivesi vallitsevan tarpeen perusteella. Keskimäärin lämmitettävän veden lämpötila on noin 30–70 c-astetta ulkolämpötilasta riippuen. Höyrykattiloilta lähtevä höyry on noin 180 astetta ja vallitseva paine noin 5.4 – 7.6 baria. Sen lämpötila ja paine laskee jonkin verran, ennen kuin höyry saavuttaa lämmönsiirtoelementit. Tämä johtuu siitä, että matkustajatilojen lämmönsiirtoelementit ovat aluksen keulaosassa ja höyrykattilat, sijaitsevat laivan peräosassa. Höyry kulkee päähöyrylinjaa myöten keulaan, josta sitä jaetaan lisäksi myös lämminvesijärjestelmän lämmitykseen, sekä aluksen etuosan muihin tarvittaviin lämmityskohteisiin.

Matkustajatilojen lämmitykseen on käytössä 3kpl lämmönvaihdinta, joista yksi on ns. pre-heating lämmönvaihdin, jota käytetään vain kovimpien pakkasten aikana ja se on kooltaan hieman pienempi kuin päälämmönvaihtimet. Toinen isommista elementeistä on varalla ja se

voidaan ottaa käyttöön toisen rikkoutuessa. Lämmin vesi kiertää ilmanvaihtokoneikoiden lämpökennostojen läpi ja läpivirtaava ilma lämpimää kulkiessaan kennoston läpi säädetyn lämpöiseksi. Lämmitystä säädetään Kojan tietokoneohjelmistolla valvontahuoneesta käsin.

3.3 ILMASTOINTIHUONE

Ilmanvaihtohuoneissa on yhtenäinen ilmanvaihtokone sekä korvausilmalle että poistoilmalle. Nämä ovat samassa yksikössä ja ne säädetään yksikkökohtaisesti. Korvausilman määrä ei vaikuta poistoilman määrään koneikossa. Ilmanvaihtokoneikot ovat KOJA-MARINE systemsin toimittamia. Ilmastoinnin tuloilmakanavat ovat pääosin normaalia ilmanvaihtoputkea matkustajatiloissa. Ilmanvaihtokoneikoilta lähtee omat putket jokaiselle ilmanvaihtolohkolle, lohkoissa on 3-6 hyttiä. (Tuloilman lohkokartta kerros 8. Liite. 1) Lohkojen ilmanvaihtokanavissa on säätöpellit ilmanvaihtohuoneissa, joista voidaan ohjata lohkolle menevää ilmamäärää. Koneikon tuottama ilmamäärä on helposti luettavissa KOJAN hallintapaneelista.

Poistoilmayksikkö on rakennettu samaan yksikköön, kuin korvausilmaa tuottava ilmanvaihtokone. Tämä johtuu siitä että poistoilmasta voidaan tällä keinoin kerätä nykyvaatimusten mukaan lämpöä talteen. Tähän tarkoitukseen on rakennettu koneikkoon ekopyörä, joka pyöriessä kerää lämpöä poistoilmasta ja luovuttaa sen korvausilmapuolelle. Poistoilmayksikön rakenne on samankaltainen tuloilmayksikön kanssa kanavoinnin osalta. Poistoilman poisto on jaettu samoin omiin lohkoihin, mutta lohkot eivät ole suoraan yhteneväisiä tuloilmalohkojen kanssa. Vaan poistoilmalohkot ovat suurempia sisältäen 10-18 hyttiä. Ja koska lohkot eivät ole yhtenäisiä se vaikeuttaa sekä tulo, että poistoilmamääriensäätelyä kerroksissa. (Poistoilman lohkokartta kerros 8. Liite. 2)

3.4 ILMANVAIHTOKANAVAT

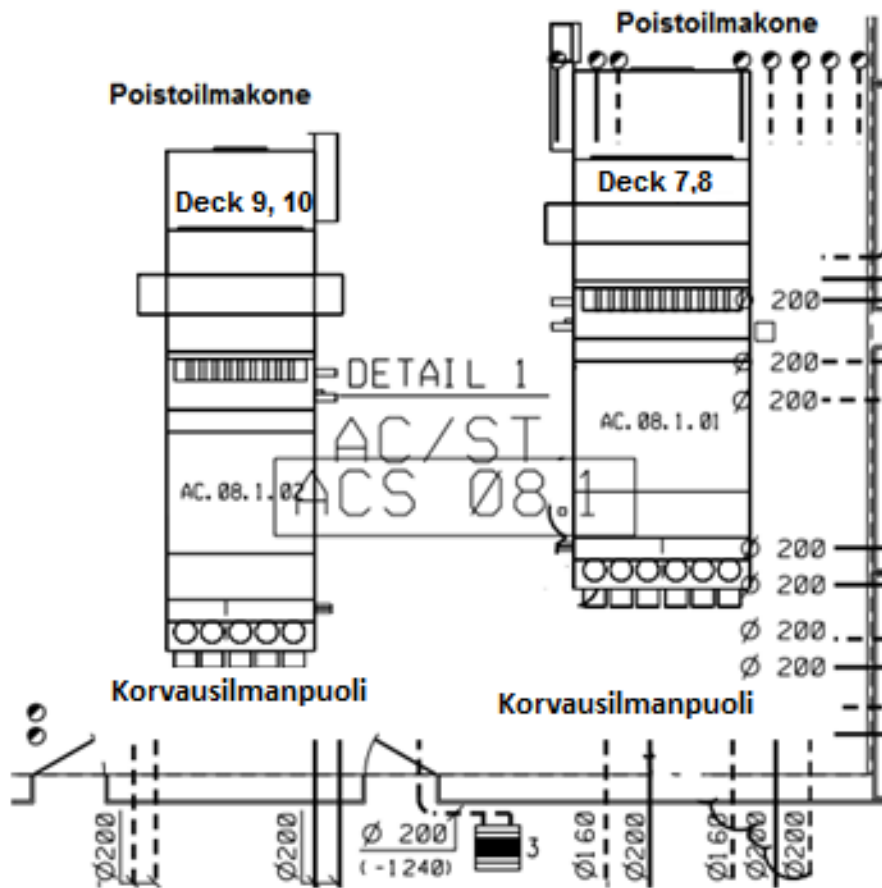
Ilmastointikanavien asennus ja suunnittelu on tehtävä huolella. Tilat ovat ahtaita ja asennukset pitäisi sovittaa siten että kanavista saadaan mahdollisimman suorita, erityisesti hyttien läheisyydessä. Jolloin saadaan meluhaittoja vähennettyä ja hyttien ilmamäärät paremmin yhdenmukaisiksi. Työn valmistumisen jälkeen kanavien kunto pitää vielä tarkistaa. Tässä ta-

pauksessa osa kanavien liitoksista vuoti pahasti ja nämä ongelmat olisi voitu hoitaa jo aluksen rakennusvaiheessa. Solas määrittelee aluksissa käytettävien kanavien runkomateriaalin paksuuden, joka on 3-5mm paikasta riippuen.

4.0 ILMANVAIHTOKONEET

4.1 KORVAUSILMANVAIHTOKONEIKOIDEN RAKENNE

Tuloilmakone ottaa ulkoa raakaa ulkoilmaa, jota esilämmitetään tarpeen mukaan, ennen sen päästämistä ilmanvaihtokoneistoon. Tuloilmapuolella on palopellit, jotka toimivat automaattisesti ja sulkeutuvat tarvittaessa. Ulkoilman tulessa koneikkoon, ensin ovat suodattimet, jotka puhdistavat ulkoilmasta siitepöly ym. muut epäpuhtaudet kiinteät aineet ja pienemmät partikkelit. Suodattimet ovat pussimallisia. Tämän jälkeen ilma ohjataan Eko-pyörän läpi, jossa sitä voidaan esilämmittää poistoilmasta kerätyllä lämmöllä. Esilämmitetty ilma kulkeutuu seuraavaksi lämpöelementtien läpi, joissa kulkee höyryllä lämmitetty glykolivesi. Tämä lämmittää ilman haluttuun lämpötilaan. Koneikon loppupäässä on lohkoille menevät ilmanvaihtokanavat, joihin ilma johdetaan koneikolta. Ilmanvaihtokanavia on koneikosta riippuen 8-14 kpl.



Kuva 2. Kahdeksannen kerroksen ilmanvaihtohuoneen järjestys (HVAC ilmanvaihtokaaviot)

4.2 POISTOILMAKONEIKOIDEN RAKENNE

Poistoilmakone poistaa hyteistä huonolaatuista ilmaa. Hyttien poistoilmaputket ovat sijoitettu pesutiloihin. Jokaisessa hytissä on pesutilat. Poistoilman kanavarakenne on myös lohkomaisesti toteutettu, eli jokaiselle hyttilohkolle on oma poistokanava. Jota myöten ilma poistetaan lohkosta ulos poistoilmakoneen kautta. Poistoilmasta otetaan talteen lämpöä edellä mainitun eko-pyörän avulla. Tämän jälkeen ilma ohjataan ulos aluksesta.

5.0 HYTTIEN KORVAUSILMANVAIHTOKONEIKOT

Aluksessa on 8-eriluokan hyttiä ja niissä on erilaisia koneikoita käytössä. Hytit voidaan jakaa kolmeen luokkaa ilmanvaihtokoneikoiden osalta. Kaikki hyttiluokat ovat ilmastoinniltaan hyvin samankaltaisia ja kohtuullisen helposti säädettävissä lohkoittain. Tärkeintä säätämisessä on muistaa säätää koko hyttilohko kerrallaan. Yhtä hyttiä säätämällä, sotketaan lohkon muiden hyttien säädöt.

5.1 ULKOHYTIT

Ulkohyteissä on hieman kehittyneempi ilmanvaihtojärjestelmä hyttien sijainnista johtuen. Näissä hyteissä säädetään sekä ilman lämpötilaa, että tulevaa ilmamäärä. Hyttien kattokoneikossa on lämmitysvastus, sekä automaattinen imuventtiili, joka säätää hyttiin tulevaa ilmamäärää lämmityksen tai viilennystarpeen mukaan. Jos hyttiin tarvitaan vielä lisää lämpöä, niin kattoyksikössä on vastus, jolla voidaan lämmittää tuloilma noin 32 c-asteiseksi. Hytin pesutiloissa on yksi ilmanvaihtokanava poistoilmalle. Kattokoneikossa on ilmamäärän säätämiseen pelti, mutta se on tarkoitettu vain perussäätöä varten ja ei ole matkustajien käyttöä varten. Ilmamäärän syöttöpelillä säädetään hyttiin tuleva ilmamäärä ja sen määrän voi tarkistaa piirustuksissa olevasta hyttikohtaisesta. Ulkohytin ilmanvaihtoyksikön älytoiminnoista vastaa Honeywell Excel 5000/ XI582AH. Nämä säätöyksiköt ovat nyt jo pääosin korvattu siemensin vastaavilla laitteilla. Joita on käytössä kahta eri mallia, Siemens RXC21.1 ja uudempiversio Siemen RXC21.5. Ohjelmointityökaluna on Siemens RXT10.3. Oikeilla arvoilla tehty ohjelmisto asennetaan aina, kun uuden mallinen äly-yksikkö asennetaan tai rikkoutunut vaihdetaan uuteen.

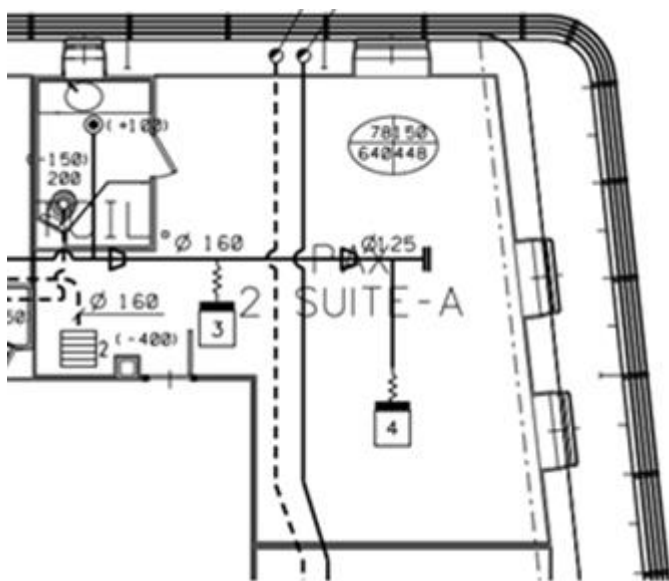
5.2 SISÄHYTIT

Näissä voidaan määrittää vain tulevan ilman lämpötila, ilmamäärä on aina sama. Lämpötila määräytyy hyttiin tulevasta ilman lämpötilasta, joka riippuu ilmanvaihtokoneikkoon asetetusta

lämpötilasta. Säättäminen on aika rajallista. Koneikossa ei myöskään ole lämpövastusta ilman lämmittämiseksi. Hytin pesutiloissa on yksi ilmanvaihtokanava poistoilmalle. Kattokoneikossa on ilmamäärän säätämiseen pelti, mutta se on tarkoitettu vain perussäätöä varten ja ei ole matkustajien käyttöä varten. Ilmamäärän syöttöpellillä säädetään hyttiin tuleva ilmamäärä ja sen määrän voi tarkistaa piirustuksissa olevasta hyttikohtaisesta arvosta.

5.3 SVIITTIT

Sviitti hyteissä on myöskin hieman kehittyneempi ilmanvaihtojärjestelmä hyttien sijainnista johtuen. Näissä hyteissä säädetään sekä ilman lämpötilaa, että tulevaa ilmamäärä. Hyttien kattokoneikoissa on lämmitysvastukset, sekä automaattinen imuventtiili, joka säättää hyttiin tulevaa ilmamäärää lämmityksen tai viilennystarpeen mukaan. Jos hyttiin tarvitaan vielä lisää lämpöä, niin kattoyksiköissä on vastus, jolla voidaan lämmittää tuloilma noin 32 c-asteiseksi. Hytin pesutiloissa on yksi ilmanvaihtokanava poistoilmalle sekä toinen kanava on eteisessä. Kanavat ovat erikokoisia, pesutilojen ollessa isompi. Kattokoneikoissa on molemmissa ilmamäärän säätämiseen pelti, mutta se on tarkoitettu vain perussäätöä varten ja ei ole matkustajien käyttöä varten. Ilmamäärän syöttöpellillä säädetään hyttiin tuleva ilmamäärä ja sen määrän voi tarkistaa piirustuksissa olevasta hyttikohtaisesta piirustuksesta tai taulukosta.



Kuva 3. Hyttien ilmamäärät merkattu kuvan mukaisesti aluksen piirustuksiin hyttikohtaisesti. (HVAC ilmanvaihtokaaviot)

5.4 HYTTIEN ILMANVAIHDON SÄÄTIMET

Jokaisessa hytissä on ilmastoinnin säätöön tarkoitettu hallintayksikkö. Yksikkö sisältää lämpöanturin, jolla se tarkkailee hytin lämpötilaa. Hytin lämmön säätöön tarvittavan lämmityksensäätöpyörän. Hallintayksikössä on myös input-liitäntä, jolla voi selvittää vikoja hallintayksikössä ja sen toimintaa.

5.5 HYTTIEN ILMANVAIHDON VIKATILANTEET

Hyttien kattokoneikoissa on Siemensin valmistama ohjausyksikkö. Ohjausyksikön merkkivalot kertovat ohjausyksikön ja koneikon kunnon. Merkkivalojen merkitykset löytyvät Siemens-ohjausyksikön manuaalista. Yleisimmät vikatilanteet ovat lämpövastuksen rikkoutuminen. Vaihtotyö on suhteellisen haastavaa, koska koko koneikko joudutaan ottamaan alas ja purkamaan myös osa kattopaneeleista. Myös alipaineventiilin letkut voivat mennä rikki tai irrota liitoksista ja sekoittaa ilmastoinnin hytissä. Nämä vikatilanteet on parhaiten selvitettävissä ilmamäärämittarilla, jossa on mukana myös lämpötila anturi. On myös mahdollista että matkustajat yrittävät tehdä omia virityksiä koneikolle.

5.6 HYTTIEN ILMAMÄÄRÄT

Riippuen hyttien koon, luokkien ja sijoituksen perusteella, niissä on erilaiset tuloilman määrät, sekä poisto ilmamäärät. Ilmamäärät on merkattu liitteiden 1-3 hyttiluokkien kohdille, mutta ohessa muutama esimerkki ilmamäärien erilaisuudesta. Koska monissa hyttilohkoissa voi olla monia erilaisia hyttejä, niin hyttikohtainen säätäminen on hyvin tärkeää, jotta saadaan hyttikohtainen ilmanvaihto toimimaan keskitetyllä ohjauksella (kts. Luku 6.)

Hyttien ilmamäärät		Korvausilma m ³ /h			Poistoilman määrä m ³ /h		
Hytti		Kesä	Talvi	Min.	Yht.	Oloh.	Pesuh.
OS4	- Suite	640	448	150	-550	-400	-150
A4	- A4 ulkohytti	230	161	100	-50	-	-50
B4	- B4 sisähytti	100	100	90	-50	-	-50

Kuva 4. Ilmamäärät mitattuna hyteistä (Krister Lundqvist)

Hyttien värikoodit ovat samoja eri kuvissa, joten niiden seuraamalla voi tutkia hyttien sijaintia ja vertailla hyttien tietoja keskenään.

5.7 HYTTIT LUOKITTAIN

Ensimmäisessä kuvassa 8-kerroksen hyttijärjestys FZ1:ssä, eli mitä hyttejä ko. kerros sisältää ja miten hytit on jaoteltu. Seuraavissa kuvissa esitetty miten hyttien ilmanvaihto on järjestetty. Kerroksessa 8 sijaitsee myös näiden tilojen ilmanvaihtuhuone. Store-merkinnällä varustetut tilat ovat varastotiloja, niin niiden ilmastointeihin ei oteta kantaa tässä esityksessä. Punaiset hytit ovat kaikki sisähyttejä ja muut ovat ulkohyttejä. Keulassa olevat hytit ovat sviitti tai junior sviitti hyttejä. Kuten voi huomata, hyttityypit ja lohkot ovat myös eri tavalla jaettu, kuten tulo- ja poistoilmanlohkotkin.

Hyttijärjestys									
8007	8005		8001		8024		8027		8029
8008									8030
8009	8006	8004	8003	8002	8025	8026	8028		8031
8014	8012	8011	8010	8032	8034	8036	8038		8040
8015									8041
8021	8013	Store	Store	8033	8035	8037	8039		8042
8022	8019	8017	Store	Store	Ilmastointihuone				8043
8023					Ilmastointihuone				8044
	8020	8018	8016		Ilmastointihuone				

Kuva 5. Hyttijärjestys (Krister Lundqvist)

5.8 HYTTIJÄRJESTYS KORVAUSILMANVAIHTOLOHKOJEN MUKAAN

Alla olevasta kuvastaa selviää FZ1:n 8-kerroksen hyttien lohkokaaavion tuloilman osalta. Samalla värillä väritetyt kuuluvat samaan lohkoon. Lohkojen numerointi selviää liitteestä 1 samoin kun lohkoille tarkoitetut tuloilmamäärät ja hyttikohtaiset ilmamäärät. Samoin liitteestä 1 löytyy koneikolta tulevaan ilmakehanavaan liittyvä tunnus, esim. AC1.01/19e, joka on lohko 1:n (Hytit 8040 - 8044) tuloilmakanava ja sen laskennallisesti kuljettama ilmamäärä (1240m³/h).

Inlet								
8007	8005		8001		8024		8027	8029
8008								8030
8009	8006	8004	8003	8002	8025	8026	8028	8031
8014	8012	8011	8010	8032	8034	8036	8038	8040
8015								8041
8021	8013	Linen	Stair	8033	8035	8037	8039	8042
8022	8019	8017	Clean	Ilmastointihuone				8043
8023					Ilmastointihuone			8044
	8020	8018	8016	Ilmastointihuone				
	U							

Kuva 6. Hyttijärjestys, korvausilma (Krister Lundqvist)

5.9 HYTTIJÄRJESTYS POISTOILMANLOHKOJEN MUKAAN

Alla olevasta kuvasta 3, selviää FZ1:n 8-kerroksen hyttien lohkoakaavion poistoilman osalta. Samalla värillä väritetyt kuuluvat samaan lohkoon. Lohkojen numerointi selviää liitteestä 1 samoin kun lohkoille tarkoitettu poistoilmamäärät ja hyttien poistoilmamäärät. Samoin sieltä löytyy koneikolta tulevaan poistoilmakanavaan liittyvä tunnus, joka on esim. EC08.1.01/112 joka on lohko 1:n (Hytit 8040 - 8044), poistotuloilmakanava ja sen laskennallisesti kuljettava ilmamäärä (-500m³/h). Käyt. tarkoittaa piirroksessa käytävää, jota myöten hytteihin kuljetaan. Stair, on taas portaikko kerrosten välillä. Sekä ilmanvaihtuhuone, josta jaetaan ilma kerrokseen 7,8 ja 9 matkustajatilojen osalta. on myös merkattu näihin kuviin.

Exhaust									
8007 WC	8007	8005		8001		8024		8027 8029	8029 WC
8008				Käy.					8030
8009		8006 8004	8003	8002	8025 8026	8028			8031
8014	Käy.	8012 8011	8010	8032	8034 8036	8038			8040
8015								Käy.	8041
8021		8013 Linen	Stair	8033	8035 8037	8039			8042
8022		8019 8017	Clean	Ilmastointihuone					8043
8023	Käy.				Ilmastointihuone		Käy.		8044
		8020 8018	8016	Ilmastointihuone					

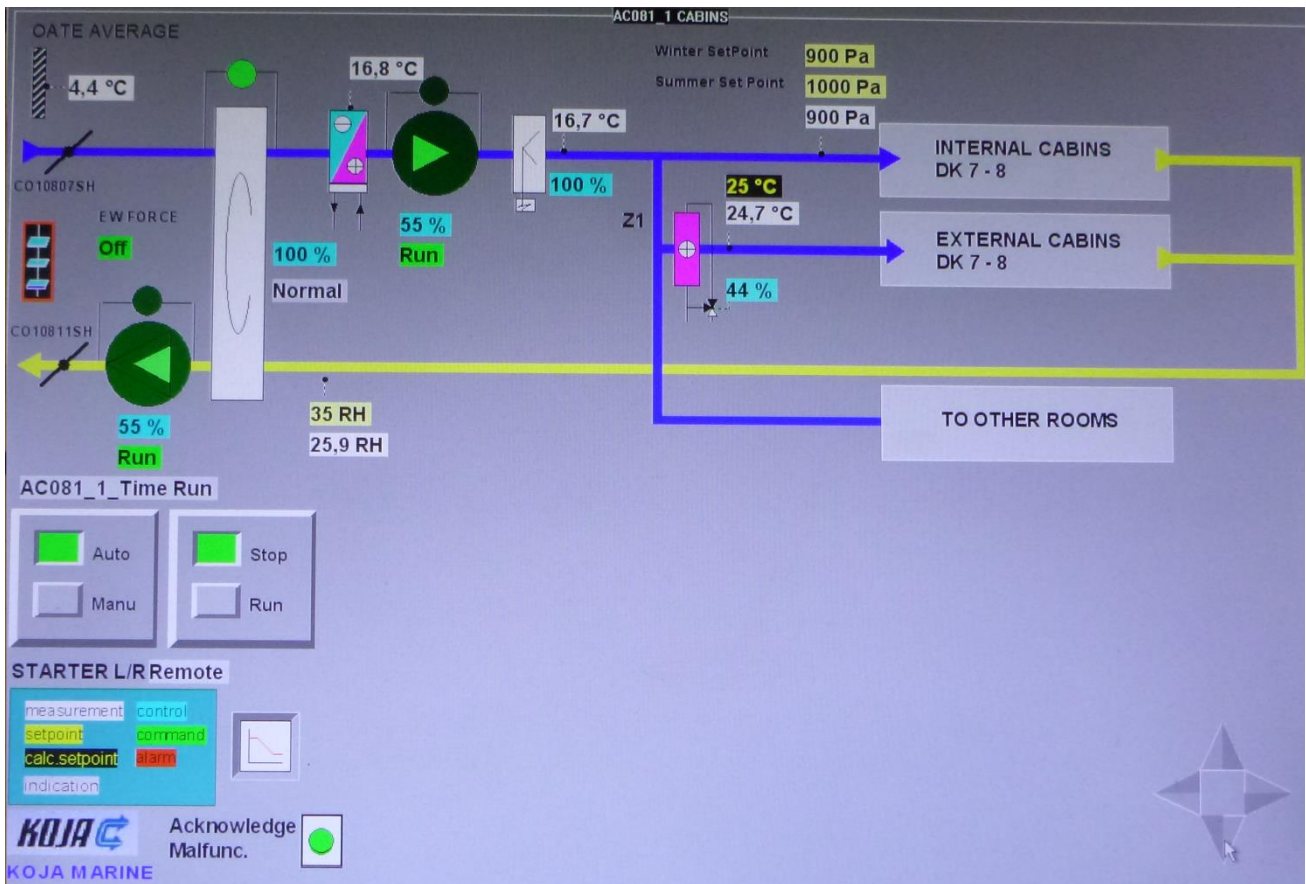
Kuva 7. Hyttijärjestys, poistoilma (Krister Lundqvist)

Kuten kuvista voi todeta, lohkot eivät ole hyttien osalta samankaltaisia. Tämä aiheuttaa hie-
man haasteita erityisesti poistoilman osalta saada määrät täsmäämään piirustuksissa esitet-
tyihin lukuihin.

6.0 ILMANVAIHTOLAITTEIDEN HALLINTAPANEELI

Konevalvomossa on oma tietokone ilmavaihtojärjestelmän ohjailuun. Tämä tarjoaa mahdol-
lisuuden osastokohtaiseen ilmastoinnin säätämiseen. Toiminta vaatii kuitenkin sen, että alue-
ja hyttikohtaiset säädöt on säädetty kuntoon paikallisesti. Hyttejä ei siis voi säätää hyttikoh-
teisesti tällä ohjelmalla. Ainoastaan hyttilohko kerrallaan voidaan säätää.

Alla olevasta kuvasta voi todeta seuraavaa. Hallintapaneelistä voi tarkistaa koneikon tuotta-
man ilmanpaineen sekä kesä (Summer setpoint), että talviasennossa (Winter setpoint). Tu-
loilman lämpötila (4,4 C) energiapyörä 100 %, jolla lämmitetään tuloilmaan poistoilmalla. Esi-
lämmitin, joka on 44 % auki sekä hytteihin menevä ilman lämpötila, joka on tässä kuvassa
tavoitteena 25-astetta ja toteutunut lämpötila on 24,7-astetta.



Kuva 8. Kojan näyttöpaneeli (Finnlines, Koja-marine manual)

7.0 ONGELMAT ILMANVAIHDOS

Ilmanvaihtoon liittyviä ongelmia havainnoivat tutkimuksen aikana mm. konepäällikkö, sähkömies, matkustajat, purseri sekä muut henkilöstöön kuuluvat henkilöt joiden työtehtävät liittyvät matkustajatilojen huoltoon ja hoitoon. keskustelut sähkömiehen ja konepäällikön kanssa toivat myös lisätietoja aiemmin olleista ongelmista järjestelmissä.

Ongelmat ilmanvaihtojärjestelmässä lyhyesti, joita käydään läpi tarkemmin myöhemmin. Nämä asettavat rajoja ilmastoinnin säätöön viranomaisrajojen lisäksi.

Tuloilma

- Osa matkustajista pitää ilmamääriä liian suurina.
- Osalla kylmä, voidaan säätää vain kokonaista kerrosta kerrallaan.

- Osalla kuuma, voidaan säätää vain kokonaista kerrosta kerrallaan.
- Kun säädetään yhtä hyttiä, niin säätyy koko lohko.
- Matkustajien mahdollisuus muuttaa ilmanvaihtokanavan säätöjä.
- Ilmanvaihto pitää liian kovaa ääntä.

Poistoilma

- Matkustajien mahdollisuus muuttaa poistoilmakanavan säätöjä.
- Ilmamäärän säätö on haasteellista lohkojen hajanaisuuden takia

Jäähdytys

- Ac-compressorien tekniset häiriöt, huolto joka vuosi.
- Merivesivirtaaman heikentyminen, kaivojen puhdistus.
- Suodattimet, puhdistus.

Lämmitys

- Höyrytuoton ongelmat.
- Lämmityselementtien rikkoutuminen.
- Kanavistojen tukokset.

(Lähde, Haastattelut Fredrik Lindfors 15.7.2018 ja Juhani Hedman 26.2.2019)

7.1 ONGELMAT ILMANVAIHDON SÄÄDÖISSÄ

Työ tuli ajankohtaiseksi, kun ilmastoinnissa alkoi esiintyä ongelmia kesän kuumina aikoina ja talven viileinä hetkinä. Osa matkustajista kokee että on kylmä, osa kokee että on kuuma, osalla taas ilmamäärä on liian suuri tai pieni. Sekä ilmastoinnin äänet aiheuttavat ongelmia osalle. Näitä ongelmia on tässä työssä lähdetty ratkomaan. Osa näistä on aiheutettu itse, ilmanvaihtoa säätämällä väärästä paikkaa tai väärällä tavalla. Pääosin säädöt on tehty siten, että ei ole huomioitu muiden tekemiä säätöjä ja on keskitytty vain yhden hytin ilmastoinnin säätämiseen. Kun olisi pitänyt tehdä säädöt koko hyttilohkon mukaan. Sekä ennen säätämistä tulee selvittää, onko ilmanvaihto rikki ko. hytin kohdalta, vai vain hyttikohtainen säätö on muuttunut tai säädetty aiemmin epämääräisesti tai väärin.

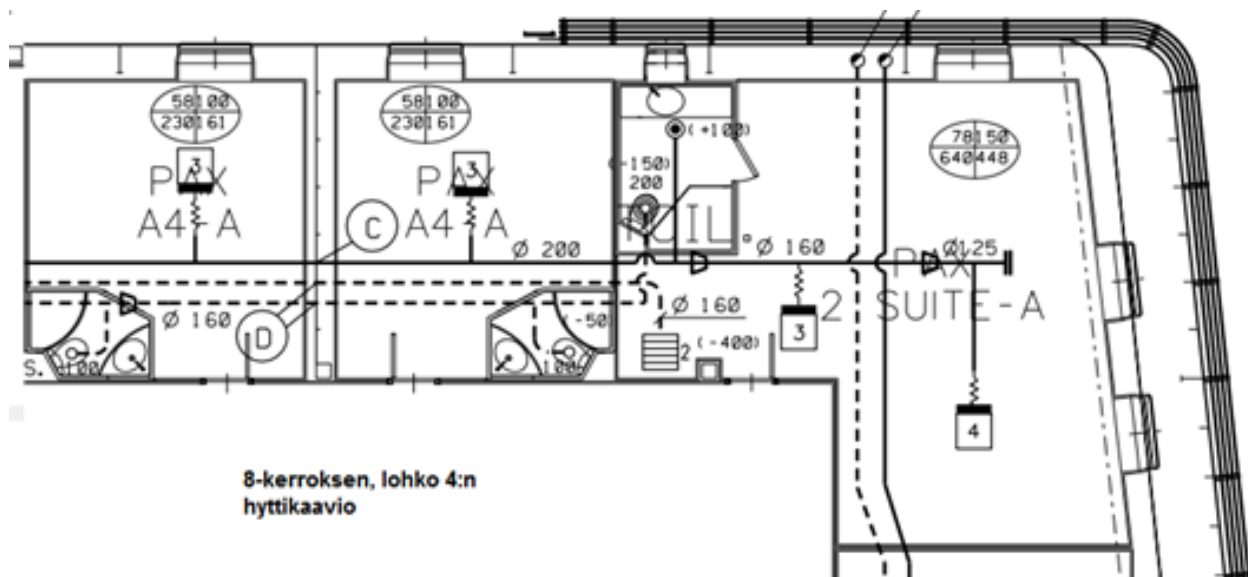
Joskus myös hyttejä on säädetty yhden matkustajan tarpeiden mukaan ja näin ollen lohkon säädöt ovat menneet sekaisin. On myös tullut esille, että osasta hytteistä on ilmanvaihto kojeita peitetty eri tavoin ja näin ollen sekoitettu koko lohkon ilmanvaihto. Tällöin ko. asukas on

saanut itselleen sopiva ilmanvaihdon, mutta hänen hyttiinsä kohdistunut ilmamäärä on siirtynyt lohkon muihin hytteihin ja aiheuttaa näissä lisääntyntä ääntä ja kasvanutta ilmamäärää. Joka taas muuttaa hytin lämpötilaa hyvin nopeasti ei haluttuun suuntaan.

8.0 MITTAUS

8.1 ESITYÖT ILMANVAIHTOKONEHUONEESSA

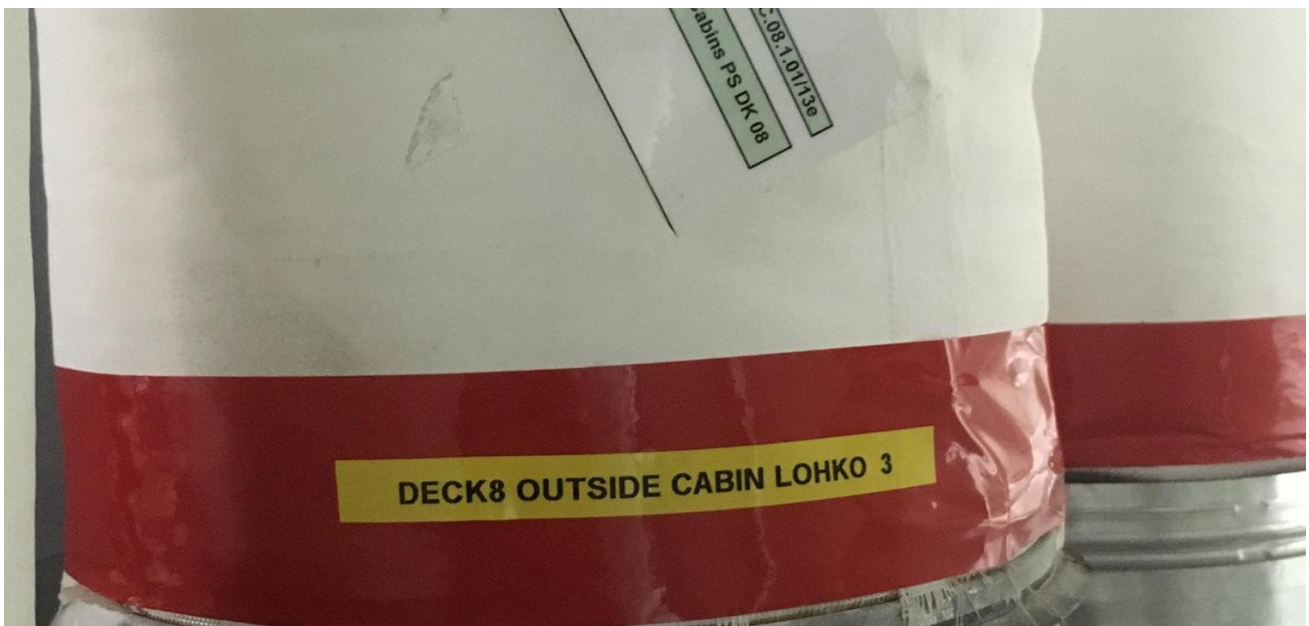
Mittauksen ensimmäinen vaihe oli tehdä kartoitus hyteistä, hyttiluokista, hyttien sijoittelusta eri lohkoihin. Lohkokartat oli mahdollista tehdä pohjapiirustusten perusteella ja siirtää sieltä tieto excel-lomakkeisiin. Jotka ovat nähtävissä kokonaisuudessa liitteinä. Näistä kuvista saa myös paremmin kokonaiskuvan ilmastoinnin järjestelyistä.



KUVA 9: Hyttilohkosta kannelta 8. (HVAC ilmanvaihtokaaviot)

Kun nämä tehtävät ja lomakkeet olivat valmiita, ilmanvaihtokanaviin merkattiin mitkä kanavat toimittavat tuloilmaa. Mitkä linjat tuovat korvausilman aluksen SB ja PB puolen hytteihin, sekä

keskilaivaan. SB-puoli merkattiin vihreällä, PB-puoli punaisella teipillä ja keskilaivan hytit harmaalla. Sama asia tehtiin myös poistoilmapuolelle. Koneikot sijaitsivat samassa 8-kerroksessa vierekkäin. Värimerkinnän jälkeen, merkattiin jokainen lähtevä linja tarkemmin. Liitteessä 2 on merkattu hyttien lohkokaavio ja sieltä löytyy myös lohkonumerot, jotka on merkattu ko. ilmanvaihtokanaviin, jotta oikea kanavan löytyminen on helppoa myös uusille työntekijöille. Jokaisessa näissä tuloilmakanavassa on oma venttiili, jolla voi ko. kanavan ilmamäärää muuttaa. Venttiin säätäminen muuttaa koko lohkon



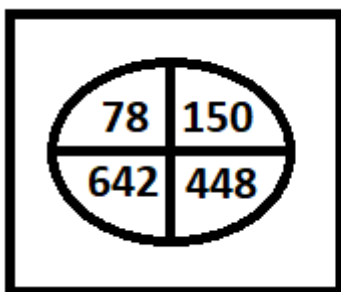
Kuva 10. Lohko merkintä (Timo Lamminen)

Ilmamäärää. Ilmansäätöventtiilissä ei ole lukemia tai asteikkoa ilmamäärän määrittämiseksi, vaan se joudutaan mittaamaan hyteistä uudelleen ko. lohkolta, jos venttiiliä säädetään.



Kuva 11. Ilmanvaihtokanavien merkintä (Timo Lamminen)

Ilmanvaihtolinjojen kokonaisilmamäärät selviävät HVAC-piirustuksista, sekä myös laske-
 malla hyttien tarvitsema ilmamäärä hyttikohtaisesti excel-taulukoista. Kuvasta 7 sivulla XX,
 näkyy 8-kerroksen, lohko 4:n kaaviokuva. Lohkoon kuuluu 2 A4-hyttiä sekä Suite. Hytin ilma-
 määrät on merkattu soikean muotoiseen merkkiin, jossa yläpuolella poistoilmamäärä ja ala-
 puolella tuloilman määrä. hytissä on vielä eritelty suihkutilojen poistoilmamäärä. Hyteissä tu-
 lee olla aina pieni ylipaine mm. paloturvallisuuden johdosta, koska tällöin savun tuleminen
 hytteihin vaikeutuu hytissä olevan ylipaineen johdosta.



78 - poistoilma, talvi
150 - Poistoilma, kesä
648 - Korvausilma, kesä
448 - Korvausilma, talvi

Lukemat ovat m³/h

Kuva 12 Hytin ilmamäärien selitys, (HVAC ilmanvaihtokaaviot)

Pääosin mittauksen taulukointi on suoritettu käyttäen Excel-ohjelmistoa, excelin olevien laskentaominaisuuksien vuoksi. Koska ilmamäärien nopea laskenta nopeuttaa ja helpottaa hahmottamaan lohkon kokonaisilmamäärien mittaamista ja säätämistä huomattavasti. Alla ote laitetoimittajan tarjoamasta mittauspöytäkirja, jota käytettiin kun ei ollut mahdollista käyttää excel-ohjelmistoa mittauksien kirjaamiseen.

Unit AC 8.1.01 – CABINS AREA - SUPPLY													
AIR FLOW FIELD CHECK													
				Design			Actual						
Duct Ref.	Service	Room	Dk.	Term.	Air flow	Total	Pre start Air flow	Dim.	Net Surf.	Speed (Des.)	Speed (Act.)	Air Flow	Total
					[m³/h]	[m³/h]		[mm]	[m²]	[m/s]	[m/s]	[m³/h]	[m³/h]
	Pax Cabin Ps	8008	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8009	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8014	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8015	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8021	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8022	8	1	230	230							
	Pax Cabin Ps	8023	8	1	320	320							
	Pax Suite Sb	8029	8	1	270	270							
	Pax Suite Sb	8029	8	1	370	370							
	Pax Suite Sb Toilet	8029	8	1	100	100							
	Pax Cabin Sb	8030	8	1	230	230							
	Pax Cabin Sb	8031	8	1	230	230							

Kuva 13. mittauspöytäkirjasta, (HVAC ilmanvaihtokaaviot)

8.2 NYKYTILANTEEN MITTAUS TULOILMANPUOLELLA

Nykytilan mittaukset pitivät sisällään koneikon kunnan tutkimisen ennen mittauksen aloittamista. Tarkempi mittauksen kuvaus on liitteessä 7. Koneikoissa voi olla vikana sähkölämmittimen toimimattomuus tai se toimii osittain, ohjausyksikön rikkoutuminen. Ulkoilmoissa taas lisäksi vielä on ilmapaineventtiilin toimimattomuus. Myös koneikkoihin tulevan ilmastointikanavan tiiviys tarkastettiin ja mahdolliset vuotokohdat korjattiin useissa yksiköissä ennen mitausta. Tuloilman mahdollinen esisäätäminen on myös mahdollista tehdä kattokoneikolla tässä vaiheessa..

Edellä mainittuja korjaus- tai säätötoimenpiteitä piti tehdä noin 90 % hyteistä. Suurin yksittäinen vika oli ilmanvaihtokanavien teippaus. Ilmastointikanavien teippauksia piti tehdä noin 40 % kattoyksiköistä. Kattokoneikon ilmansäätöä piti tehdä 80 % hyteistä. Lämpöyksikkö oli rikki noin 5 % hyteistä tai sen toiminta oli puutteellista kanavan kunnon, muodon ym. seurauksena. Osassa hyttejä on ilmanvaihtokanavissa jyrkkiä mutkia kohdissa, jossa ne eivät olisi suotavia.

8.3 NYKYTILANTEEN MITTAUSTULOKSIA

Nykytilanteen mittaus paljasti monenlaisia puutteita ja ongelmia ilmastoinnissa. Ensimmäisenä tuli eteen, että ilmanvaihtokanavia ei ollut tehty telakalla huolella, vaan kanavissa oli isoja aukkoja. Ilmanvaihtokanavia ei ollut niiden asentamisen jälkeen viimeistelty, jonka johdosta siellä oli isoja reikiä joista ilma pääsi poistumaan ja aiheuttamaan ääntä välikatossa. Nämä ongelmat aiheuttavat myös lisäilmantarvetta koneikolta ja hytin ilmamäärän pienene- mistä. Jolloin koneikko joutuu toimimaan kovemmalla teholla, tuottaen melua ja energianku- lutus lisääntyy huomattavasti.

Toisena ongelmana olivat matkustajien tekemät omatekoiset viritykset ilmanvaihtolaitteiden suuttimiin. Niitä oli peitetty teipillä, muovipusseilla, ilmaa oli ohjattu eri suuntiin erilaisin pahvi viritelmin. Yhdessä hytissä, olivat matkustajat aukaisseet ilmanvaihtokoneikon ja sen sisältä ilmanvaihtokanavasta löytyi yhtiön logoin varustettu pyyhe joka tukki tuloilman pääsyn hyttiin. Tämä toimenpide aiheutti noin 300m³/h ilmamäärän siirtymisen kahteen muuhun hyttiin ja tehden niissä asuttamisesta hyvin epämukavaa.



Kuva 14. Suitenhytin ilmanvaihtokoneen kattoyksiköstä löytynyt pyyhe. (Krister Lundqvist)

Syitä näihin matkustajien tekemiin ”parannuksiin” on ollut mm. rikkiäinen ilmanvaihtokoneikon lämmityselementti hytissä, jolloin koneikolta on tullut vain matkustajan mielestä viileää ilmaa hyttiin. Toinen yleinen syy on ollut liian kova ääni kattokoneikolta tai koneikolta tuleva liian kova puhallus, joka aiheuttanut vedon tunnetta tms. matkustajissa. Osa ongelmaa on, että osa kattokoneikoista pitää ilmanvaihtokanavien rakenteen erilaisuuden vuoksi kovempaa ääntä kuin toiset kattokoneikot. Kun matkustaja estää ilmantulon lohkon yhdestä hytistä tukkimalla korvausilmakanavan, niin ko. hytin ilmamäärä siirtyy lohkon muihin hytteihin. Tämä aiheuttaa lohkon muissa hyteissä ilmamäärän kasvua jopa 20 %:lla, lohkon hyttimäärästä riippuen. Tämä aiheuttaa muiden hyttien asukkaiden valituskierroksen hytin oikkuilevasta ilmastoinnista.

Esimerkiksi kuvassa neljä, hytilohkossa on 2-ulkohyttiä ja sviitti. Sviitin hytin ilmamäärä on 640m³/h. Hytissä on kaksi korvausilmakoneikkoa, joista toinen tuottaa 370m³/h ja toinen tuottaa 270m³/h ilmaa hyttiin. Kun suurempi kanava on tukittu ko. pyyhkeellä, niin lohkon muihin hytteihin kohdistuu 370m³/h suuruinen ilmamäärä ja se tietysti nostaa meteliä ja vedon tunnetta muissa hyteissä.

Tähän ongelmaan on mietitty erilaisia ratkaisuja, mutta toistaiseksi vailla hyvää lopputulosta. Koska kattoyksikön ruuvien vaihdolla esim. torx tms. ruuveihin, ei saavuteta välttämättä suuresta työstä huolimatta tyydyttävää lopputulosta. Koska aina on esim. mahdollista, että hytin ilmanvaihto voidaan teipata tukkoon ilmanvaihtokoneikon ulkopuolelta.

Hyttien ilmamääriä on muuteltu matkustajien toiveiden mukaan ja se on sekoittanut ilmastoinnin balanssia. Tämän johdosta ilmastoinnin toimivuutta ja tasapainoisuutta on haastavaa saada tehdyksi, ilman että käydään läpi jokainen lohko ja lohkon hytti ilmamääriä mitatessa ja määrittäessä. Sekä eri henkilöiden tehdessä säätöjä eri aikoina ilman toimenpiteen kirjaimista ylös, ovat säädöt menneet jonkin verran sekaisin. Ja koska järjestelmästä puuttuu tietoa ns. oletussäädöistä, jolla voisi palauttaa järjestelmän alkutilaan, niin uusien säätöjen tekeminen on hidasta.

8.5 LÄMPÖYKSIKKÖ

Lämpöyksikön ollessa täysin kunnossa tai sen toiminnan ollessa vajavaista, hyttiin tulevan ilman lämpötilan ero oli noin 4-5c-astetta. Hyttiin tulevan lämpötilan määrää järjestelmään asennettu lämpötila, joten tarkkoja lukuja ei tässä yhteydessä voi antaa kuin määrätylle skaalalle. Kun järjestelmän lämpötila on määritelty + 60 C-asteeseen lämmönvaihtimessa, niin sisään tuleva lämpötila ilman lämmitystä oli noin 22 c-astetta. Ja toimivan koneikon tarjoama lisä lämpö nosti lämpötilan maksimissa noin 31 - 32 c-asteeseen ja vajavaisesti toimivan 27 - 28 c-astetta, mutta molempien teho riitti kuitenkin hytin lämmittämiseen.

8.6 ILMANVAIHTOKANAVAT

Ilmanvaihtokanavien ilmamääriä mitattiin niihin tehtyjen porausreikien kautta, jos oli aihetta epäillä ilmamäärän riittävyyttä. Reiät tulpattiin mittauksen jälkeen. Mittauksissa mitattiin kanavan painetta. Suurin työ ilmanvaihtokanavissa oli niiden tiiveyden varmistaminen. Osassa kanavista saattoi olla jopa 7cm rako kanavan ja kattokoneikon välissä. Jolloin pääosin hyttiin

tarkoitettu ilma poistui välikattoon. Tämä aiheuttaa myös lisääntyneen riskin tulipalon leviämiseen ja laajentumiseen. Kanavissa olleet raot ym. reiät tukittiin tulppaamalla tai teippaamalla ne hopea/hopea-alasikuituteipillä umpeen. Kuvasta 8 voi todeta teippauksen vaikutuksen lohkon ilmamäärään. Ennen teippausta hyteille tulevan ilman määrä oli 668m³/h. Kun kattokoneikot oli teipattu, niin hytteihin tuleva ilmamäärä oli jo 800m³/h. Lisäystä oli noin 20 % alkuperäiseen. ”Laivoissa tilaaja määrittelee halutun tiiveysluokan ja se on normaalisti B-luokka, vaikkakin nykyisten energiatehokkuusvaatimusten täyttämiseksi suuntaus on C-luokkaan päin.” (Tommi Kilkki 2012)

8.7 HYTTIKONEIKON ILMANSÄÄTÖ

Hyttikoneikon ilmansäätöön on tehty koneikolle oma säätöpelti. Tällä pystyy säätämään huonekohtaisesti ilman määrää. Lopullinen ilmamäärien säätäminen oli suhteellisen haasteellista, ilmeisesti ilmanvaihtokanavien huonosta rakennuksesta johtuen. Se johti siihen, että tavoiteltuja ilmamääriä ei ollut läheskään aina mahdollista saavuttaa.

Osassa hyteistä koneikot pitivät poikkeuksellisen kovaa ääntä, jos niihin johdettiin haluttu ilmamäärä. Tämä johtui esim. jyrkistä mutkista ilmanvaihtokanavissa koneikon läheisyydessä. Osaan taas ei saanut haluttua ilmamäärää, vaikka ilmasäätöpelti oli täysin auki. Joten säätöpellin asento vaihtelee huomattavasti hyttien välillä. Tämä taas johti siihen, että lopullinen ilmamäärä on kompromissi säätöpellien asentojen suhteen. Ja tällä vain varmistettiin se, että jokaiseen hyttiin saadaan edes se maksimimäärä ilmaa ilmanvaihtokanavasta, joka sinne oli mahdollista sieltä saada. Koneikoiden ilmansäätö vaikutti myös viereisten hyttien ilmamääriin välillä epäloogisestikin, mutta se varmasti johtuu ilmanvaihtokanavien sijoittelusta.

8.8 ILMAMÄÄRIEN MITTAUS

Ilmamääriä mitatessa, aluksi mitattiin lohkon kaikkien hyttien ilmamäärät. Esimerkkinä tässä on 8-kerroksen lohko 1. Siinä ilmamäärä koko lohkolle oli ennen korjausta 525m³/h. Joka oli vain reilu puolet siitä, mitä ko. lohkolle ja hyteille on tarkoitettu (1280m³/h) HVAC-kuvissa. Tässä lohkossa jokainen kanava piti tiivistää, mutta muuta vikaa ilmanvaihdossa ei ollut. Ilmanvaihdon säädöt olivat kuitenkin pielessä. Ilmanvaihtokanavien teippauksen jälkeen saatiin lohkon hyttien yhteiseksi ilmamääräksi 695m³/h. Eli noin 170m³/h ilmaa oli karannut ilmanvaihtokanavassa olleiden reikien kautta välipohjaan.

Mittaus jatkui seuraavasti. Avattiin kaikkien hyttien venttiilit täysin auki ja koneikolta tuleva venttiili täysin auki. Sitten mitattiin kanavan kuljettama maksimi ilmamäärä lohkolle (MAX). Korjausten jälkeen säädettiin hyttikohtaiset ilmamäärät mahdollisimman samoiksi, joka tässä lohkossa osoittautui, kuten monissa muissakin mahdottomaksi (Lopullinen).

Hytti	Luokka	Enn korj.	Teipattu	Lopullinen	MAX	Tavoite
8014	Ulko, A4	40	85	90	100	240
8015	Ulko, A4	80	175	160	240	240
8021	Ulko, A4	125	145	150	160	240
8022	Ulko, A4	170	175	160	220	240
8023	Ulko, A4	110	115	150	195	320
		525	695	710	915	1280

Taulukko 1. Lohkon korvausilman mittaustaulukko (Krister Lundqvist)

8.9 ILMAMÄÄRIEN SÄÄTÖJEN TULOKSIA

Tavoitteena oli saada hytteihin tuloilmaa noin 240m³/h. Tämä onnistui siis hyvin vaihtelevasti. Osaan hytteihin saatiin haluttu ilmamäärä, mutta osaan sitä oli mahdotonta saada. Vaikka ko. lohkon kaikki hytit ja koneikot olivat pääosin samanlaisia, pieniä ilmamäärän muutoksia oli hyttien kesken esim. lemmikkieläin hytistä johtuen. Tämä olisi vaatinut ilmanvaihtokanavien rakenteen tarkastelun ja muuttamisen, mutta se ei kuulunut tähän projektiin. Hyttien ilmamäärät mitattiin useaan kertaan, koska naapurihytin ilmamäärän muuttaminen muutti myös lohkon kaikkien muiden hyttien ilmamäärää.

Tarkastellaan hieman tarkemmin eri hyttien ilmamääriä ja syitä määrien muutoksille. Hytin 8014 ilmamäärät olivat ennen korjausta vain 40m³/h. Kun kanava tiivistettiin, niin saavutettiin jo 85m³/h taso. Kattokoneikon ilmapellin ja koneikolta tulevan ilmapellin ollessa täysin auki, saavutettiin 100m³/h, joka oli siis tämä hytin maksimi ilmamäärä, joka on saavutettavissa. Mutta, ilmanvaihtokoneikolta tulevaa peltiä ei voida pitää täysin auki, koska se aiheuttaa liian suuren ilmamäärän muutoksen muihin lohkon hytteihin (8015). Ja jos taas näissä hytteissä kuristaa hytin ilmapeltiä liiaksi, niin ilmastoinnin aiheuttama meteli kasvaa kohtuuttomaksi tai ilma "karkaa" naapurihyttiin. Yleisenä ohjeena voi pitää, että ilma menee sinne minne se helpoiten pääsee. Eli tärkeintä oli löytää tasapaino ilmamäärien ja peltien asennoilla. Jotta lopputuloksena on riittävä määrä ilmaa melu ym. huomioiden.

8.10 LOPPUTULOS

Vaaditut ilmamäärät saavutettiin usean mittaus- ja säätökerran jälkeen. Lopputulos on kompromissi, ilmamäärästä eri hytteissä, keskimääräisestä ilmamäärästä ja ilmastoinnin äänekkyydestä hytteissä. Kuten mainittiin, niin samaa määrää ilmaa hytteihin, oli mahdotonta saada toteutumaan missään lohkossa.

Tarkasteltaessa sisähyttejä tarkemmin, huomataan että siellä erot hyttien kesken eivät ole niin suuria kuin ulkohyttien osalta. Samoin kuin kanavien korjaustarpeita on vähemmän ja

koneikkojen yksinkertaisemman rakenteen takia myös vikoja vähemmän. Näissä hyteissä oli myös mahdollista tavoittaa haluttu ilmamäärä 100m³/h kohtuullisen helposti koko hyttilohkon alueella. Alla olevassa kuvassa on lohko 6, 8-kerroksesta ja siinä ilmamäärät ovat hyttien kesken hyvin samankaltaisia. Huolto toi hytteihin lisää ilmaa noin 55m³/h eli noin 7 %. Koneikon ilmamäärä riitti (MAX) hyvin, siihen mitä hytteihin tarvitaan (100m³/h). Kun kaikki säädöt olivat valmiita, niin hyttien ilmamäärät olivat linjassaan ja vastaavat niitä määriä joita niihin on suunniteltu.

Hytti	Luokka	Enn korj.	Teipattu	Lopulline	MAX
8002	Sisä	85	85	95	180
8003	Sisä	95	95	105	165
8004	Sisä	85	85	90	160
8006	Sisä	70	80	90	155
8010	Sisä	90	90	90	160
8011	Sisä	80	90	100	175
8012	Sisä	80	80	100	170
8025	Sisä	95	95	105	180
8032	Sisä	85	85	95	165
8034	Sisä	60	95	100	180
		825	880		1690

Taulukko 2. Sisähyttien ilmamäärät (Krister Lundqvist)

9.0. MITTALAITE

Mittalaitteyksikkö pitää sisällään mittayksikön, josta on mahdollista valita haluttu mittaustapa, mittaustyyppi ja asteikko. Sekä lisäksi mittalaitteeseen kuuluu 2 kpl erikokoista suppiloa mitausta eri ilmamääriä varten. Mittalaitteessa on myös lämpömittari, joka on jatkuvatoiminen.

Valmistaja: Kimo

Malli: LV110 siipipyörä-anemometri

Mittaa seuraavat arvot:

- Ilmamäärän (l/s, m³/h, m³/s, cfm) 0-99999 m³/h,
- ilmapvirtausnopeuden (m/s, Km/h, fpm) 0,3-35 m/s,
- ilman lämpötilan (°C, °F) -20-+80 °C.

Ominaisuudet: Kaksirivinen LCD-näyttö näyttää samanaikaisesti kahta eri mittaussuuretta. Mittarissa automaattinen keskiarvomittaus, min / max arvot, pito toiminto. Mittarissa säädettävä automaattinen virrankatkaisu, taustavalo.

Tekniset tiedot:

Mittausalueet: 0-99999 m3, 0.3-35 m/s, -20-+80 °C

Erotuskyky: 0.1 m/s, 0.1 °C

Tarkkuus: +-3% lukemasta +-0.1 m/s, +-0.4% lukemasta +-0.3°C

Näyttö: 2-rivinen LCD, koko 50x34,9mm, taustavalaistu (säädettävissä)

Automaattinen virrankatkaisu 0...120 min

Virtalähde: 4 kpl AAA paristo LR03 1.5 V

Käyttöolosuhteet: 0...+50 °C

Varastointiolosuhteet: -20...+80 °C

Paino/mitat: 390g, 148x71x35mm

Vakiotoimitus sisältää: Mittarin, siipipyöräanturin 100mm, kalibrointitodistuksen ja kantolaukun

Optiona mittauskartiot: K25 •200x200mm ja K85 •350x350mm



Kuva 15. Mittalaite. (Krister Lundqvist)

10.0 NYKYTILANNE POISTOILMAN OSALTA

Kuten jo aikaisemmin hyttien sijoittelu osiossa on mainittu, tulo- ja poistoilmalohkot eivät ole yhteneväisiä keskenään. Tämä aiheutti ongelmia poistoilman määrityksissä ja säädöissä. Koska Osaan lohkoista saatiin tuloilmaa esim. 1200m³/h ja toisiin 900m³/h, vaikka molempien tarve olisi ollut sama 1280m³/h. Tämä aiheutti sen että, hytteihin, joihin tuli enemmän ilmaa, niin myös sieltä poistui enemmän ilmaa vieden ilmastointiputken kapasiteettiä vähemmän ilmaa tulevilta hyteiltä.

Tätä ongelmaa ei saatu ratkaistua, koska tuloilman määrää lohkoihin ei saatu vastaamaan määritettyjä arvoja. Mutta ongelma ei ollut onneksi niin suuri, koska kuutiomäärä verrattuna

tuloilman määrään oli vain noin 25 % - 50 %. Ja poistoilmanaukon ollessa pesutiloissa, ja ilmamäärän ollessa pieni, niin siitä ei aiheudu esim. melu tai vetohaittoja saman lailla kuin tuloilman puolella. Suite hyteissä oli pientä ongelmaa poistoilman osalta, koska siellä poistoilman määrä oli selvästi suurempi kuin muissa hyteissä (150m³/h). Mutta nekin saatiin kuntoon säätämällä ne toimimaan keskiarvoisesti riittävän hyvin.

Hytti	Luokka	Man.	Wc	Hytti	Luokka	Man.	Wc
8040	Ulko		75	8007	Suite	160	100
8041	Ulko		44	8008	Ulko	-	44
8042	Ulko		54	8009	Ulko	-	56
8043	Ulko		52			160	200
8044	Ulko		47				
			272				

Taulukko 3. (Krister Lundqvist)

Taulukosta 3. näkee hyvin, että poistoilman kanssa ongelmat olivat huomattavasti pienempiä kuin korvausilmapuolella. Tavoite poistoilmamäärä muissa kuin suite hyteissä on 50m³/h, joka käytännössä saavutettiin pääosin oletusarvoilla. Useimmiten korjaukseksi riitti monissa hyteissä korvausilmaventtiilin säätäminen oikealle tasolle. Ongelmana tässä on myös se, että matkustajat pystyvät säätämään helposti korvausilmaventtiiliä ja emme keksineet sopivaa tapaa lukita venttiiliä oikeaan asentoon.

11.0 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuus oli osa tätä tutkimustyötä ja oheisista taulukoista sitä voi tutkia. Kuvassa 8, saavutettiin noin 32 % energiansäästö, kun kanavat tiivistettiin. Osassa muiden lohkojen hyttejä oli mahdollista jopa pienentää tulevaa ilmamäärää hyttiin tiivistyksen jälkeen. Koska tällöin saavutettiin lisäsäästöjä ja vapautettiin ilmanvaihtokoneikon resursseja muuhun käyttöön. Alla olevassa taulukossa säästöt olivat noin 7 % luokkaa tiivistyksen jälkeen. Suhdeluku oli samakaltainen kaikissa lohkoissa kun verrattiin ulko- ja sisähyttejä keskenään. Suurin syy siihen oli ulkohyttien kattokoneikon rakenteelliset eroavaisuudet ja äly-yksiköiden vaihdoista aiheutuneet vuodot ilmanvaihtokanavissa.

Kokonaisuudessaan energiansäästä oli 15 % luokkaa, mutta aivan tarkkaa lukemaa ei pysty laskemaan, mittausteknisten eroavaisuuksien takia. Hytit mitattiin eri vuodenaikoina, ja tällöin hyttien sisään tuleva lämpötila oli erilainen. Ulkolämpötila ja tuuli olivat mittaiskerroilla myös erilainen aiheuttaen hieman heittoa mittauksissa. Sekä myös poistoilman määrä vaikuttaa hieman tulevan ilman määrään.

Hytti	Luokka	Enn korj.	Teipattu	MAX
8017	B4	140	140	200
8019	B4	65	125	190
8016	B4	140	155	220
8018	B4	105	115	160
8020	B4	75	135	170
8013	B4	140	145	200
		665	815	1140

Taulukko 4. Korjauksen tulos (Krister Lundqvist)

12.0 OHJEET

Ilmastoinnin jatkokäytön ja toimivuuden maksimoimiseksi on tehty kaaviot hyttien lohkoista sekä tulo- että poistopuolelta. Lohkokaaviot ovat ilmanvaihtolaitteiden vieressä seinällä helposti asentajien nähtävillä (Liite 4) Ohjeet löytyvät myös ilmanvaihtolaittehuoneen seinältä. Ohjeet on myös annettu tiedoksi niille henkilöille, jotka jatkossa hoitavat ilmanvaihtoa. Jotta vältetään ylimääräistä työtä ja vaivannäöltä, joka aiheutuu ilmastoinnin vääristä korjaus- ja säädöistä toimenpiteistä..

Ilmastoinnin säätöön ja huoltamiseen liittyvä ohjeistus on liitteessä 1. Siinä tarkemmin kuvailtu yleisimmät ongelmat ilmastoinnissa ja niiden huolto, korjaus ja säätötoimenpiteet. Ohjeita noudattamalla ilmanvaihto pysyy säätöjen jälkeen kunnossa koko loholla. Yksittäistä hyttiä säätäessä on aina se riski että lohkon muiden hyttien ilmanvaihto menee sekaisin.

13.0 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelmänä tässä työssä oli pääosin mittaukseen perustuvien arvojen haku. Aluksen säätöjen perusarvot oli saatavissa laitetoimittajien Koja-Marine OY, Carrier, aluksen HVAC-järjestelmien kuvat sekä aluksen valmistaneen telakan (Finncantier) piirustuksista. Ko. tietoihin verrattiin tutkimuksissa saatuja tuloksia. Edellä on mainittu lisäksi laitteet (mm. Kimo Oy), joita ilmamäärän ja lämpötilan mittauksiin on käytetty. Tutkimuksen alussa piti mittausmenetelmiä muutella useaan kertaan, jotta saavutettiin ne tulokset joita tutkimuksella haettiin. Samaan aikaan saatiin myös valmistajalta lisätietoa laitteistoiden toiminnasta, joka aiheutti uudelleen mittauksia osalla alueista. Joten osa kohteista mitattiin jopa kolmeen kertaan, mutta jokainen näistä mittauksista antoi lisätietoa ja kehitti mittausmenetelmiä jatkoa varten.

Määrällisesti tutkimuskohteita oli paljon, kaikkia hyttejä ei käyty tässä läpi, vaan keskityttiin kahdeksanteen kerrokseen. Jonka tuloksia voi sitten hyödyntää muiden tilojen mittauksissa. Kohteissa taas mittauspisteitä ei ollut kuin 3kpl, joista mitattiin yhteensä 6 eri arvoa. Näillä arvoilla oli mahdollista tehdä tarvittavat laskelmat ja johtopäätökset ilmastoinnin tasapainottamiseksi laadun, tehokkuuden, toimivuuden ja mukavuuden maksimoimiseksi.

14.0 TUTKIMUSTULOKSET

Aluksen ilmanvaihto oli osin hyvinkin huonosti säädetty nykytilan mittausten aikoihin. Ilmamäärät saattoivat olla vain 20 % vaadituista määristä ja tämän myös huomasi hyttien ilman tunkkaisuudesta. Suurin yksittäinen ongelma oli ilmanvaihtokanavien tiiveys. Jossa puutteita oli lähes 50 % kaikista kohteista. Ilmanvaihtokanavien huono kunto aiheutti jossain hyteissä jopa 50 % puutteen ilmamäärissä ennen niiden korjausta. Toinen merkittävä ongelma oli hyttikoneikoiden peltien säädöt, joita piti säätää lähes kaikissa hyteissä. Säättötarve johtui monestakin seikasta, kuten kanavien tiiveydestä, koneikolta tulevasta ilmamäärästä ja lohkon muiden hyttien venttiilien säädöistä.

Kaikissa hyteissä ei pystytty nostamaan ilmamäärää siksi, joka on tavoiteltu, mutta paranusta saatiin aikaiseksi joka paikassa. Lohkojen ilmamäärät hytteihin muodostavat kompromissin pääosin ilmamäärän ja äänen yhteisvaikutuksesta. Tämä aiheutti sen, että hyteissä ilmamäärät saattavat poiketa jopa 50 % verrattuna toiseen hyttiin. Jotta nämä erot saataisiin korjattua, vaatisi se osin ilmapuhtauskanavien uudelleen rakentamista tai ainakin uusien kuristuspeltien tekoa eri kanavan osiin.

15.0 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus antoi tarvittavan tiedon aluksen ilmanvaihdosta ja siihen liittyvistä huolto, korjaus ja säätötoimista. Jatkossa kun ilmanvaihtoa huolletaan, pystytään sen taso ylläpitämään ohjeiden avulla kohtuullisena. Ja pahimmat ongelmat ovat vältettävissä.

16.0 JATKOTOIMENPITEET

Ilmastoinnin säätö tulee jatkossa tehdä annettujen ohjeiden mukaan. Muutoksista tulee pitää kirjaa, jotta voidaan seurata mitä on aikaisemmin tehty ja mitä vaikutusta sillä on ollut. Ilmanvaihto huoneessa on kansio, johon merkitään mahdolliset muutokset, sekä hyttien että koneikolta tulevien ilmapeltien muutoksiin. Sekä tiiviiden korjaukset ja tarkistukset tulee tehdä kattoyksiköiden osalta.

Ilmanvaihtokanavat tulee nuohota vähintään 5-vuoden välein, koska olosuhteet aluksella on haastavat ja pölyä ym. partikkeleita on ilmassa paljon. Ilmanvaihtokoneet tulee myös puhdistaa määräajoin. Suodattimet tulee vaihtaa vuosittain. Kosteuden erottimet tulee myös pestä vuosittain homeongelman estämiseksi. Ekopyörän pesu on myös syytä tehdä vuosittain, energiatehokkuuden ja siihen kertyvän lian johdosta.

Kun kattoyksiköitä korjataan, niin kanavien tiiveys tulee myös tarkistaa korjaustoimenpiteiden jälkeen. Koska kattoyksikön poisto aiheutti aina ilmanvaihtokanavaan aukon, aiheuttaen ilman karkaamisen välipohjaan.

Pöly tulee poistaa venttiilien läheisyydestä, sekä venttiilien sisältä jatkossa. Pölyä kertyy vaihdettavan ilman mukana ja se tarttuu staattisesti pintoihin. Pölyn kertyminen venttiileiden ympärille on normaali ilmiö.

Ilmanvaihtokanavat tulisi huoltaa ja puhdistaa vähintään joka toinen vuosi, kun kyseessä vaativat olosuhteet ilmanvaihdolle ja sen komponenteille.

LÄHTEET

M/V Finnlady: HVAC ilmastointikaaviot

M/V Finnlady: Koja-marine manuals

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet> (17.2.2019)

Ilmastoinnin runkokanavien asennusongelmat laivassa Kilkki, Tommi (2012)

<https://www.theseus.fi/handle/10024/55164> (16.6.2020)

Haastattelut:

- Timo Lamminen, Konepäällikkö, M/V Finnlady, 3.1.2020
- Fredrik Lindfors, Konepäällikkö, M/V Finnlady, 15.7.2018
- Juhani Hedman, Sähkömies, M/V Finnlady, 26.2.2019

Liite 1.

Hyttien ilmanvaihdon mittaustavat

Hyttiluokat

1. Ulkohytti, joka on varustettu lämmittimellä ja muuttuvalla ilmanmäärällä, 1 kpl tulo- ja poistoilmaventtiilejä.
2. Suite, joka on varustettu lämmittimellä ja muuttuvalla ilmanmäärällä, 2 kpl tulo- ja poistoilmaventtiilejä.
3. Sisähytti, joka on varustettu muuttuvalla ilmanmäärällä, 1 kpl tulo- ja poistoilmaventtiilejä.

Mittaus hyttiluokka 1:

1. Lämmityksen säätö nolliille noin 1h ennen mittauksen aloittamista.
2. Tarkistus, että säätö toiminut ja termostaatti toimii ja lämmitys on pois päältä.
3. Ohjausyksikön vaihto, jos rikki.
 - a. Tarkista sulake.
 - b. Tarkista termostaatti.
 - c. Jos ledivalo palaa staattisesti, ohjausyksikkö rikki.
 - d. PI-säädin, jossa I:n aika noin 30-60min
4. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni.
5. Lämpötilan mittaus, oven tulee olla kiinni.
6. Lämmitys "täysille".
7. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni
8. Lämpötilan mittaus, oven tulee olla kiinni.
9. Ilmastoitikanavien säätö sopivalle ilmamäärälle.
10. Ilmastointikanavankanavan teippaus.
11. Ilmamäärän säätäminen hyttikohtaiseksi.
12. Tarvittavat säädöt koneikolta (tulo ja poisto).
13. Ilmamäärän vertailu hyttien ja koneikon kesken.

Mittaus hyttiluokka 2:

1. Lämmityksen säätö nolliille noin 1h ennen mittauksen aloittamista.
2. Tarkistus, että säätö toiminut ja termostaatti toimii ja lämmitys on pois päältä.
3. Ohjausyksikön vaihto, jos rikki.
 - a. Tarkista sulake.
 - b. Tarkista termostaatti.
 - c. Jos ledivalo palaa staattisesti, ohjausyksikkö rikki.
 - d. PI-säädin, jossa I:n aika noin 30-60min
4. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni.
5. Lämpötilan mittaus, ovi kiinni.
6. Lämmitys "täysille".
7. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni
8. Lämpötilan mittaus, ovi kiinni.
9. Ilmastoitikanavan säätö sopivalle ilmamäärälle.

10. Ilmastointikanavankanavan teippaus.
11. Ilmamäärän säätäminen hyttikohtaiseksi.
12. Tarvittavat säädöt koneikolta (tulo ja poisto).
13. Ilmamäärän vertailu hyttien ja koneikon kesken.

Mittaus hyttiluokka 3:

1. Lämmityksen säätö asetetaan nolille noin 1h ennen mittauksen aloittamista.
2. Tarkistus, että säätö toiminut ja termostaatti toimii ja lämmitys on pois päältä.
3. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni.
4. Lämpötilan mittaus, ovi kiinni.
5. Lämmitys "täysille".
6. Ilmamäärän mittaus: tulo, ovi kiinni, poisto mitataan wc:n ovi kiinni
7. Lämpötilan mittaus, ovi kiinni.
8. Ilmamäärän säätäminen hyttikohtaiseksi
9. Tarvittavat säädöt koneikolta (tulo ja poisto).
10. Ilmamäärän vertailu hyttien ja koneikon kesken.

Liite 2.

LYHENTEET:

HYTTILUOKAT JA SELITYS

OS4	SVIITTI
JS4	JUNIOR SVIITTI
L4HF	ISOHYTTI
L4P	ISOHYTTI
HF3	INVAHYTTI
A2	A2-ULKOHYTTI
A4	A4-ULKOHYTTI
B3	B3-SISÄHYTTI
B4	B4-SISÄHYTTI
JS4 PET	LEMMIKKIELÄINHYTTI
LKR	LOCKER
STORE	VARASTO

- Numerot hyttiluokan nimessä, kertovat hytin matkustajakapasiteetin.

Liite 4.

Korvausilma									
8007	8005		8001		8024		8027		8029
8008									8030
8009	8006	8004	8003	8002	8025	8026	8028		8031
8014	8012	8011	8010	8032	8034	8036	8038		8040
8015									8041
8021	8013	Linen	Stair	8033	8035	8037	8039		8042
8022	8019	8017	Clean	Ilmastointihuone					8043
8023					Ilmastointihuone				8044
	8020	8018	8016	Ilmastointihuone					
	U								
			Lohko				m3/h		
	-	1	AC.1.01/19e				1240		
	-	2	AC.1.01/18e				1200		
	-	3	AC.1.01/13e				1240		
	-	4	AC.1.01/14e				1200		
	-	5	AC.1.01/17e				1080		
	-	6	AC.1.02/15e				1105		
	-	7	AC.1.01/16i				800		
	-	8	AC.1.01/12i				870		
							8735		