

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka, meritekniikka

2019

Atte Pulli

LVI-TUOTTEIDEN SOVELTUVUUS LAIVAKÄYTTÖÖN

OPINNÄYTETYÖ (AMK / YAMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka, meritekniikka

1.6.2019 | 29 sivua, 0 liitesivua

Atte Pulli

LVI-TUOTTEIDEN SOVELTUVUUS LAIVAKÄYTTÖÖN

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia maapuolella käytettyjen LVI-tuotteiden soveltuvuutta laivakäyttöön. Tarkasteltavaksi valittiin kolme tuotetta, joiden soveltuvuutta arvioitiin luokituslaitoksen (DNVGL) sääntöjen pohjalta. Jokaisesta kolmesta tuotteesta arvioitiin myös meri-ilmaston mahdollisesti aiheuttaman korroosion vaikutus siltä osin kuin tuote altistuisi meri-ilmalle.

Mitään sääntöjen vastaista estettä ei tuotteiden käyttöön laivassa ole, mutta laivakäytössä tulee tuotteiden asennuksissa huomioida laivan rungon värinän ja laivaan kohdistuvien ulkoisten voimien vaikutus, kuten sääilmiöt. Lisäksi tuotteiden osalta pitää varmistaa, etteivät ne häiritse laivan kriittisiä toimintoja, kuten navigointia tai kommunikointia. Tuotteiden menekkiä laivanrakennuskluusterille voi helpottaa merkittävästi hankkimalla tuotteelle, tuotelinjalle tai koko yritykselle luokituslaitoksen sertifikaatin.

ASIASANAT:

Laivanrakennus, soveltuvuustestaus, korroosio, meri-ilmasto

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Naval Architecture

1.6.2019 | 29 pages, 0 pages in appendices

Atte Pulli

HVAC-PRODUCT SUITABILITY TO SHIP USAGE

The main goal of this Thesis was to examine certain HVAC products and their suitability to use in ship. Three products were taken into investigation, which of feasibility was estimated against DNVGL classification society rules. The effect of oceanic climate on each product was also estimated.

In conclusion, there was nothing blocking the usage of the products. Anyhow, using these products in a ship requires taking in account the vibrations of the hull and external forces caused by weather conditions. Also, one requirement is that products must not interfere with navigation and communication equipment. The sales to the ship building cluster could be sped up by acquiring a classification society certificate for each product, product line or whole company.

KEYWORDS:

Ship building, feasibility study, corrosion, marine climate

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	1
2 LAIVA YMPÄRISTÖNÄ	2
2.1 Liikennöintialue ilmastollisesti	2
2.2 Liikennöintialue ja sähköjärjestelmä	3
2.3 Laivan keinunta	4
2.4 Vesitiiveys	5
2.5 Suolainen meri-ilmastosta ja korroosio	7
2.6 Rungon värähtely	8
3 KATSAUS LUOKITUSLAITOSTEN MÄÄRÄYKSIIN	10
3.1 Suolasumutesti	11
3.2 Sähkölaitteiden testit	12
3.3 Tärinätesti	13
3.4 Lämpötilatestit	15
3.5 Kallistustesti	17
3.6 Pintakäsittelystä	17
3.7 Sertifiointi prosessina	18
4 TUOTTEET JA NIIDEN SOVELTUVUUS	19
4.1 Tuloilmaventtiili Tino-D	19
4.2 Huippuimuri 25P-EC	20
4.3 Ilmanvaihtokone 096MV	21
5 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23

KUVAT

Kuva 1. Merialueiden ilmastovyöhykkeet (http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod09/ocean_climates.JPG Viitattu 4.6.2019).....	3
Kuva 2. Laivan liikkeet (https://fi.wikipedia.org/wiki/Laiva Viitattu 30.5.2019)	5
Kuva 3. Öljytuotetankkerin rakenne (Laivan konseptisuunnittelun harjoitustyö, piirtäjä Jari Koskinen).....	6
Kuva 4. Havainnekuva laivan maksimikallistumasta (kuvan pohjana 4500 Class Passenger Ferry, poikkileikkaus, käsin lisätyt piirroksset. https://www.ebdg.com/ Viitattu 30.5.2019)	6
Kuva 5. Havainnekuva hyvästä asennuksesta maksimikallistuman suhteen (kuvan pohjana 4500 Class Passenger Ferry, poikkileikkaus, käsin lisätyt piirroksset. https://www.ebdg.com/ Viitattu 30.5.2019).....	7
Kuva 6. Suolasumu testilaitteiston periaatekuva (https://en.wikipedia.org/wiki/Salt_spray_test Viitattu 30.5.2019)	11
Kuva 7. Väriätestin amplitudi taajuuden funktiona, luokat A, B ja C. (DNVGL-CG- 0339)	14
Kuva 8. Satunnaistaajuuden kaistan kuvaaja.....	14
Kuva 9. Kuivan kuumuuden lämpötilat ajan funktiona. (DNVGL-CG-0339).....	15
Kuva 10. Kostean kuumuuden syklisen testin kuvaaja. (DNVGL-CG-0339).....	16
Kuva 11. Kylmätestauksen lämpötilat ajan funktiona. (DNVGL-CG-0339).....	17
Kuva 12. Tuoteluettelosta skannattu logo, joka kertoo tuotteiden olevan sertifioituja. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 2001, Helkama Bika Oy).....	18
Kuva 13. Tuloilmaventtiili Tino-D. (Vallox Oy tuoteoppaat).....	19
Kuva 14. Huippuimuri 25P-EC. (Vallox Oy tuoteoppaat)	20
Kuva 15. Ilmanvaihtokone 096MV. (Vallox Oy tuoteoppaat)	21

TAULUKOT

Taulukko 1. Standardisoidut jännitteet 50 ja 60 Hz sähköverkoissa.

Taulukko 2. Tuotteiden testaamisen pisteytys kutakin arvioinnin osa-aluetta kohden.

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Amplitudi	Värähdysliikkeen laajuus
Eristysvastusmittaus	Sähkötekniinen mittaus, jolla todennetaan laitteen eristyksen olevan kunnossa hallitulla ylijännitepiikillä.
Emissio	Säteily.
Korroosio	Metallin syöpyminen ympäristön vaikutuksesta.
Luokituslaitos	Taho, joka ylläpitää laivanrakennus säädöksiä.
LVI	Lämpö, vesi ja ilmastointi. (huom. englanninkielen käänös HVAC; Heat, Ventilation, Air Conditioning kuvaa tämän työn aihepiiriä paremmin)
Lämmönvaihdin	Ilmanvaihtokojeen osa, joka siirtää osan poistoilman lämmöstä tuloilman lämmöksi.
Nominaali jännite	Ihanteellinen käyttöjännite.
Sähköbilanssi	Laskentatapa, jolla määritellään laivan maksimi sähkötehon tarve valikoidusti, maksimi tehon laskennassa.
Vuotovirta	Sähkövirta, joka vuotaa eristysten läpi laitteen runkoon ja sen kautta oikein kytkettynä maadoitukseen.

1 JOHDANTO

Tässä työssä perehdytään maapuolella käytettyjen ilmastointituotteiden soveltuvuuteen laivakäyttöön ja meri-ilmastoon. Työn tarkoituksena on selvittää ensisijaisesti laivalla vallitsevien olosuhteiden vaikutus valittujen tuotteiden elinkaareen mutta myös saada yleiskuva laivasta asennuskohteena. Meri-ilmaston tarkastelun osalta tästä työstä voi olla hyötyä myös rannikolla ja saaristossa sijaitsevien kiinteistöjen asennuksissa.

Laivan oma sähköjärjestelmä asettaa vaatimukset laitteen jännitteelle ja taajuudelle perustuen laivan liikennöintialueeseen tai joissain tapauksissa aluksen tyyppiin.

Laivan olosuhteet ovat haasteelliset erityisesti materiaaleille ja niiden korroosion sietokyvyille. Laiva käyttöympäristönä poikkeaa maapuolesta erityisesti suolapitoisen kosteuden ja laivan rungon värinän ja dynaamisten rasitusten osalta. Kaikkien tuotteiden kaasu- ja vesitiiveydelle voidaan asettaa vaatimuksia sijaintinsa perusteella laivassa. Lisäksi kipinöinti pitää estää tietyissä tiloissa.

Haluan tässä yhteydessä kiittää Petri Koivusta Vallox Oy:stä, Kari Mäkistä ja muita opinnäytetyön etenemiseen vaikuttaneita henkilöitä Turun ammattikorkeakoulusta, sekä Turun DNVGL:n henkilöstöä.

2 LAIVA YMPÄRISTÖNÄ

Työn tarkoitus on tutkia laivaa käyttöympäristönä niiltä osin kuin on merkityksellistä tarkasteltavien tuotteiden asentamisen ja elinkaaren kannalta.

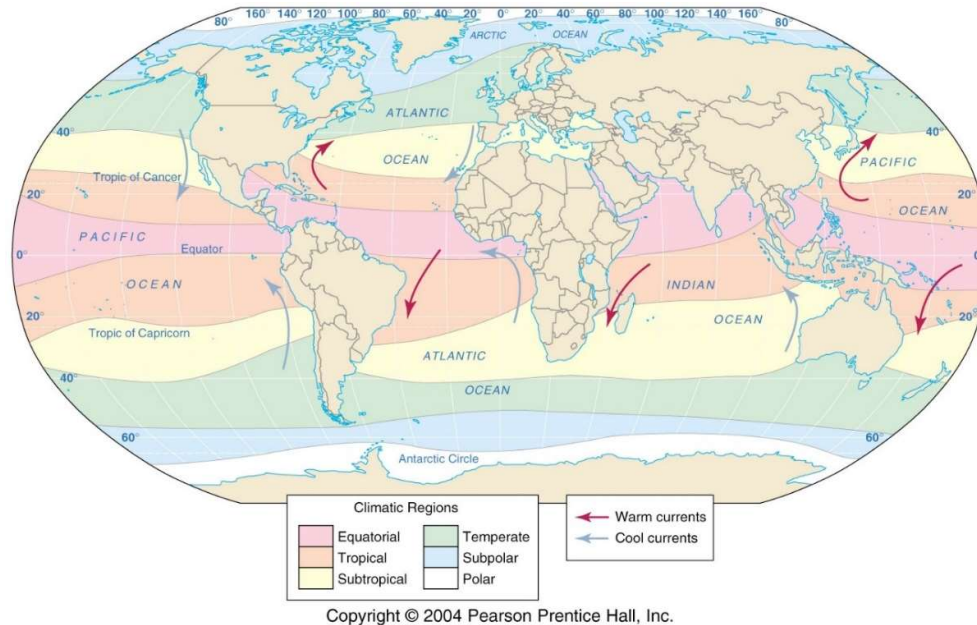
2.1 Liikennöintialue ilmastollisesti

Merialueet voidaan jakaa laivaliikenteen näkökulmasta ilmaston perusteella neljään tärkeimpään vyöhykkeeseen: trooppiseen, subtrooppiseen, lauhkeaan ja arktiseen vyöhykkeeseen (DNVGL RP-B101, liite B.)

Liikennöintialueella tarkoitetaan vesialuetta, jolla laiva pääsääntöisesti liikkuu. Meri-ilmastovyöhyke vaikuttaa lämpövaihtelun laajuutena, ilmaston kosteutena ja kosteuden suolapitoisuutena. Laivat voivat liikkua yksittäisen vyöhykkeiden sisällä tai poiketa reitillään useammallakin. Pääsääntöisesti kuumuus ja suolainen meri-ilma ovat voimakkaimmillaan lähellä päiväntasaajaa ja arktisella vyöhykkeellä tai sen läheisyydessä on omana haasteenaan jään muodostuminen. Laivan ilmastoinnin kannalta optimaaliset olosuhteet ovat yleensä lauhkealla vyöhykkeellä, jolloin energiaa kuluu suhteellisesti vähiten ilman lämmittämiseen, jäähdyttämiseen, kuivattamiseen tai kostuttamiseen. Ilman suodattaminen ei suoranaisesti sido energiaa, mutta on toisaalta vaihtelevan kuormituksen alaisena ja täynnä olevat suodattimet puolestaan lisäävät energiankulutusta. Kaupunkien, satamien ja vulkaanisen maaperän läheisyydessä tuloilman mukana tulevat hiukkaset voivat edesauttaa korroosion etenemisessä esimerkiksi ilmakehässä ja laitteissa, mikäli ne pääsevät suodattimen ohi.

Ympäristön lämpötilan vaihtelu välillä -20–40 °C on tavallista. Ulkokannella voi lämpötila auringon säteilystä johtuen nousta 70 °C:een. Suhteellinen kosteus on kovassa merenkäynnissä jopa 70–95%. Talvisaikaan se voi olla 10–20%. Sadekautena tropiikissa jatkuvasti yli 95% (Häkkinen 2005).

Kuvassa 1 on esitetty 6 ilmastovyöhykettä merialueille. Tulkintani mukaan kuvan subpolar- ja polar-vyöhykkeet vastaavat DNVGL:n dokumentaation arktista vyöhykettä ja vastaavasti päiväntasaajan equatorial-vyöhyke on laskettu kuuluvan trooppiseen vyöhykkeeseen.



Kuva 1. Merialueiden ilmastovyöhykkeet
(http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod09/ocean_climates.JPG Viitattu 4.6.2019)

2.2 Liikennöintialue ja sähköjärjestelmä

Olennaista laivaan asennettavien tuotteiden osalta on laivan sähköjärjestelmän taajuus, joka riippuu laivakohtaisesti sähkögeneraattoreiden pyörimisnopeudesta. 60Hz on käytössä taajuus useimmissa valtameriliikenteen aluksissa. Rannikkoliikenteessä ja Euroopan sisäisessä liikenteessä on 50 Hz yleinen (Häkkinen 2005).

Taajuus vaikuttaa suoraan laivan sähköjärjestelmän jännitteisiin, jotka on standardisoitu taulukon 1 mukaisesti.

50Hz	60Hz
230V	115V
400V	440V
690V	660V
1000V	1100V
3000V	3300V
6000V	6600V
10500V	11000V

Taulukko 1. Standardisoidut jännitteet 50 ja 60 Hz sähköverkoissa.

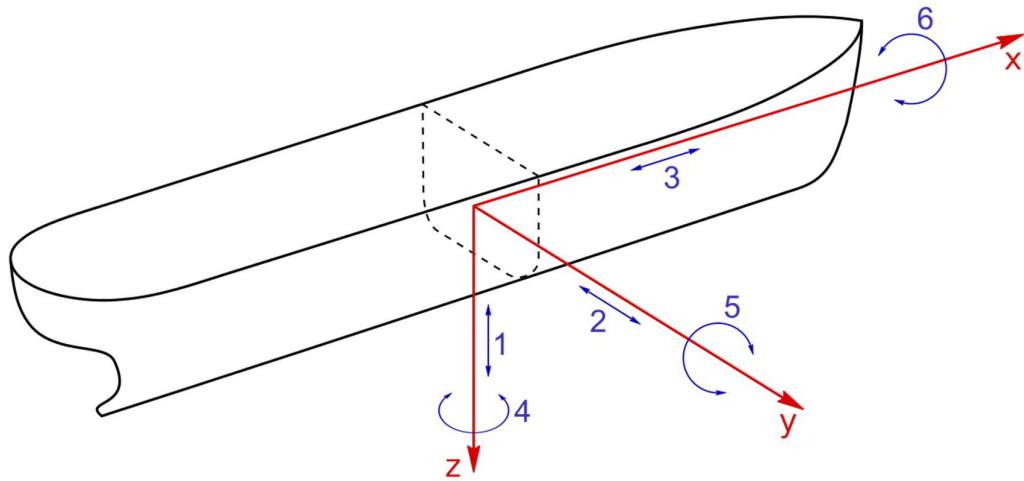
Maanosien ja laivan käyttämän sähköjärjestelmän välillä on suora yhteys. Matkustaja-aluksilla ja risteilijöillä sähköjärjestelmä noudattaa tyypillisesti satamien sähköjärjestelmiä, joihin laiva pysähtyy. Laiva voi tällöin satamassa ollessaan helposti kytkeytyä maasähköön ja sammuttaa oman sähköntuotantonsa. Esimerkkinä Turun ja Tukholman väliä liikennöivän matkustaja-aluksen hotellialueen sähkönjakelu on 230 V/50 Hz, kun taas Miamiin lähtevän risteilijän on vastaavasti 115 V/60 Hz.

Laivan sähköjärjestelmää ei voi kuitenkaan päätellä esimerkiksi hyttipistorasioiden jännitteestä, koska on myös mahdollista, että sähkö on muunneltu vain hytteihin matkustusmukavuuden takaamiseksi. Kiinteiden sähkölaiteasennusten tapauksessa on syytä tarkistaa laivan todellinen sähköjärjestelmä jännitteen ja taajuuden osalta. Suuremmissa asennuksissa laitteen teho on huomioitava jo rakennusvaiheessa laivan sähköbilanssia laskettaessa.

2.3 Laivan keinunta

Laivan keinunta kohdistaa pyörimisliikkeessä oleviin kappaleisiin gyroskooppisia voimia. Tämä koskee erityisesti ilmanvaihtokoneiden pyöriviä osia, kuten sähkömoottoreita ja siipipyöriä, joiden akseliin ja laakerointiin kohdistuu satunnaisesti suurempia rasituksia, kuin maapuolelle asennettuna, jossa ne ovat kiinteässä asennossa koko käyttöikänsä.

Pyörimisliikkeen säilyminen perustuu liikkeen säilymisen lakiin. Massallisten kappaleiden liikenopeuden ja -suunnan muutosta vastustaa massan hitaus, jolloin pyörimisliikettä muuttamaan pyrkivä voima kohdistuu kappaleen tukipisteeseen (Gyroskooppi, Wikipedia.)

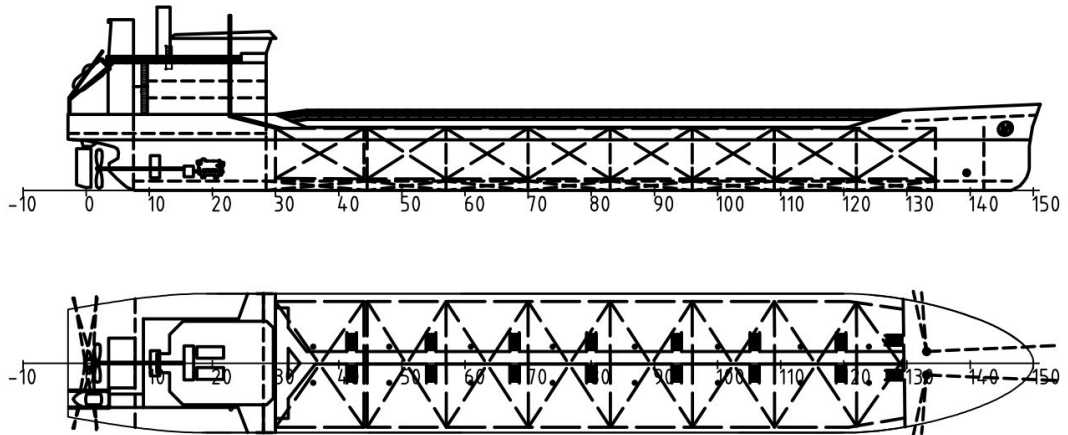


Kuva 2. Laivan liikkeet (<https://fi.wikipedia.org/wiki/Laiva> Viitattu 30.5.2019)

Kuvassa 2 on laivan liikkeet esitetty koordinaatistossa. Laiva etenee normaalisti x-akselin suunnassa, mutta tuuli ja sivuttainen aallokko pyrkii muuttamaan laivan asentoa. Laiva puolestaan rungon muotoilunsa ja alkuvakavuutensa ansiosta korjaa kallistusta takaisin kohti tasapainoa ja ulkoisten voimien vaihdellessa sekä hitausmomentin vaikuttaessa tämä aiheuttaa hitaan keinumisliikkeen. Laivaan asennettuun, pyörimisliikkeessä olevaan kappaleeseen vaikuttavat kaikki suunnan muutokset, mutta erityisesti keinunta, joka on merkitty numerolla 6 eli kulmaliike x-akselin ympäri. Iskumaista räsitystä laivan rakenteisiin ja asennettuihin tuotteisiin tuottaa jyskintä, joka on merkitty numerolla 5. Jyskintää esiintyy keulaan kohtisuoraan kohdistuvassa suuressa aallokossa.

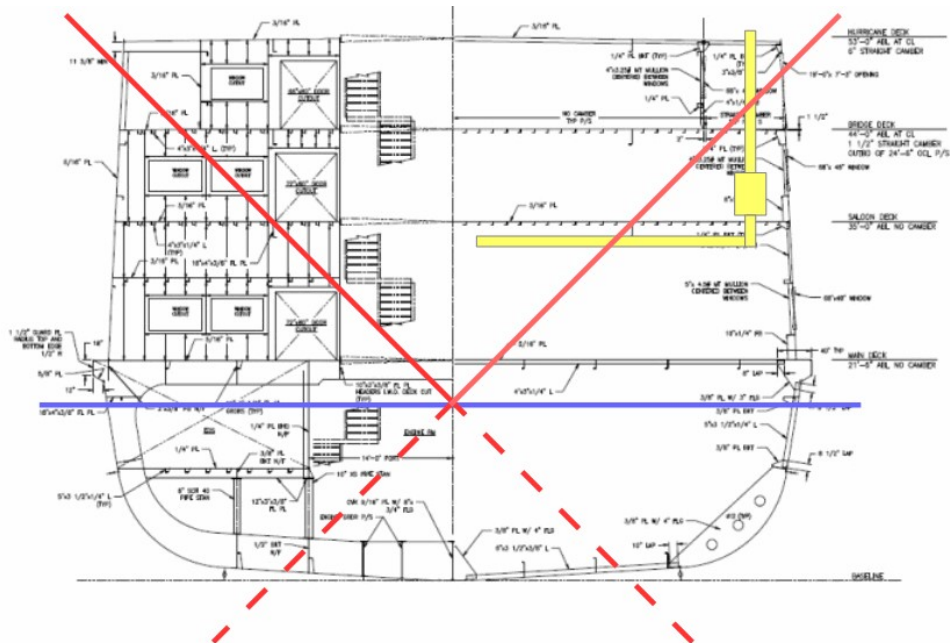
2.4 Vesitiiveys

Vakava vuoto voi täyttää yksittäisen osaston laivasta. Laivat suunnitellaan siten, että vuoto rajoittuu vesitiiviiden laipoiden ansiosta osastoiduille alueille ja laiva pysyy vielä pinnalla, vaikka useampi osasto olisi veden täyttämä. Ilmastointikanavat ja LVI-tuotteiden asennukset tulee suunnitella siten, että vesirajan alapuolella, laivan maksimikallistuksen huomioiden, kanavisto tai mikään tuote sen osana ei päästä vuotoa leviämään osastosta toiseen.



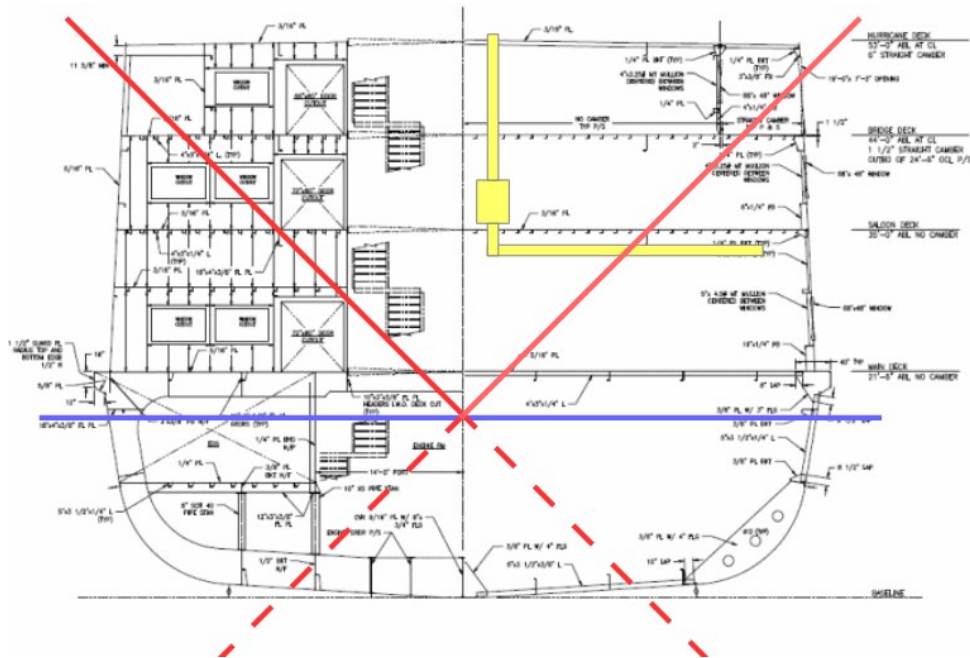
Kuva 3. Öljytuotetankkerin rakenne (Laivan konseptisuunnittelun harjoitustyö, piirtäjä Jari Koskinen)

Kuvassa 3 on tankkeri, alustyyppi, jossa on ilmastointiasennusten kannalta optimaalinen asetelma: laivan ilmastointi rajoittuu kansimökkiin ja erikseen konehuoneeseen. Tällöin kanavisto on mahdollista toteuttaa siten, että ilman otto- ja poisto aukot ovat korkealla vesiviivan yläpuolella, eivätkä ne siten kasvata riskiä pahentaa vuototilannetta pahassakaan kallistumassa.



Kuva 4. Havainnekuva laivan maksimikallistumasta (kuvan pohjana 4500 Class Passenger Ferry, poikkileikkaus, käsin lisätyt piirrokset. <https://www.ebdg.com/> Viitattu 30.5.2019)

Kuvassa 4 on keskikokoisen matkustajalautan poikkileikkaus. Kuva ei vastaa suoraan todellisia olosuhteita, mutta havainnollistaa sinisellä viivalla laivan normaalia vesiviivaa ja punaisilla viivoilla laivan maksimikallistumaa, joka laivan on siedettävä ääriolosuhteissa vuodon sattuessa ja osastojen täytyessä. Keltaisella piirretyt ilmastointikanavan laitteistoineen tulee olla täysin vesitiiviisti asennettuna punaisen viivan alittavalta osin, koska vuotoa ei saa päästää etenemään vesitiiviiden kansien läpi. Havaintoesimerkki kuvastaa tarkoituksella ongelmallista tilannetta. Ilmastointikanava on tässä tapauksessa parempi suunnitella keskeemmälle laivaa, kuten kuvassa 5, jotta se voidaan toteuttaa suurimmalta osin punaisen viivan yläpuolelle ainakin kannen läpivientien osalta ja siten, että vain kanavisto jää tarvittaessa punaisen viivan alapuolelle, eikä ilmanvaihtokoje, jonka vesitiiviiksi tekeminen olisi muutenkin haasteellista.



Kuva 5. Havainnekuva hyvästä asennuksesta maksimikallistuman suhteen (kuvan pohjana 4500 Class Passenger Ferry, poikkileikkaus, käsin lisätyt piirrokset. <https://www.ebdg.com/> Viitattu 30.5.2019)

2.5 Suolainen meri-ilma ja korrosio

Ilmaston suolapitoisuus on korroosion kannalta merkittävä ongelma. Kuivana aikana tuuli kuljettaa kuivuneita suolahiukkasia. Itämeren rannikkoseuduilla on ilman keskimääräinen suolapitoisuus 0.15mg/m^3 (Häkkinen 2005).

Meri-ilmastosta on mannerilmastosta suolaisempi, joten suolainen kosteus on korroosion erityishaasteena. Tästä syystä laivalla ilmastointikomponentit ja osavalmisteet ovat tyypillisesti sinkittyä tai ruostumatonta terästä. Erityisen vaativissa kohteissa käytetään myös hapon ja tulen kestävästä terästä. Korrosio tapahtuu nopeammin merivedessä (suolaisessa ympäristössä) kuin makeassa vedessä Na⁺- ja Cl⁻-ionien takia, jotka saavat liuoksen johtamaan paremmin sähköä (Ruostuminen, Wikipedia)

DNVGL-RP-B101 on kellojen tuotanto- ja varastoalusten korroosiosuojauksen käytäntösuositus (recommended practice), joka ei suoranaisesti koske laivoja mutta josta voidaan tehdä johtopäätös, että lämpimämpi ja kosteampi ilmasto on korroosion kannalta kuormittavampaa, kuin kuiva ja kylmä ilmasto. Lisäksi mitä suolaisempi merialue on, sitä suurempi vaikutus sillä on korroosion edistämiseen. Meri-ilmastolla on merkitystä etenkin pidemmällä aikavälillä (10–40 vuotta) (DNVGL RP-B101, liite B.)

2.6 Rungon värähtely

Värähtelyä esiintyy kaikissa laivan rakenteissa, tärkeimmät ovat: rungon ja kansirakennuksen kokonaisvärähtelyt, teräsrakenteiden värähtelyt (levykentät ja palkit), propulsiosysteemin värähtely ja varusteiden värähtely (esim. tutkamaston värähtely) (Alanko 2011, XIII-6.)

Laivan rungossa ilmenevien värähtelyiden amplitudista riippuu voivatko ne vahingoittaa runkoon kiinnitettyjä laitteita. Laivatyyppistä taas riippuu millaiset ovat hyväksyttävän värähtelyn maksimiarvot. Matkustajalaivoilla on tiukemmat rajat kuin rahtilaivoilla. Laivan rakenteisiin voi kohdistua tietenkin selvästi suurempia värähtelyjä kuin ihmisiin (Alanko 2011, XIII-9).

Amplitudilla tarkoitetaan värähdysliikkeen laajuutta. Esimerkin vuoksi voidaan ajatella siniaaltoja, mitä runkovärähtely harvoin kuitenkaan edustaa, mutta ilmiön selittämiseksi on yksinkertainen malli. Amplitudi on siniaallossa yhden puolitaallon korkeus.

Kauppalaivoille kriteerinä on usein alue 4–8 mm/s, matkustajaristeilijöille sallitaan usein korkeintaan 2 mm/s. Mainittakoon, että yleisesti hotelleissa sallittu värähtelytaso on makuuhuoneissa 0,2 mm/s (Alanko 2011, XIII-8.)

Laivaan kohdistuvat erinäiset voimat saavat laivan rungon taipumaan tai vääntymään. Voimia syntyy muun muassa merenkäynnistä ja laivan lastauksen muutoksista. Nämä

ilmiöt ilmenevät hallitusti laivan rungossa, paikallisesti eri puolella venyminä tai supistumina. Jos ilmanvaihtotuote asennetaan kohtaan, jonka on tarkoituskin taipua, venyä tai supistua, se voi tuottaa ulkoisia voimia itse tuotteen rakenteeseen.

3 KATSAUS LUOKITUSLAITOSTEN MÄÄRÄYKSIIN

Luokituslaitokset asettavat määräyksiä paitsi laivojen rakenteille, myös laivoihin asennettaville osille ja varusteille, joita myös ilmanvaihtotuotteet ja ilmanvaihtokanavat edustavat. Suurimmat luokituslaitokset ovat Lloyd's Register, Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd (DNVGL), Bureau Veritas (BV), Registro Italiano Navale (RIN) sekä American Bureau of Shipping (ABS). Luokituslaitosten määräyksillä taataan, että laivat täyttävät kansainväliset määräykset niillä vesialueilla, joilla liikennöivät. Yleistäen voidaan todeta, että säännöt lähestyvät aihetta turvallisuusnäkökulmasta ja sen nojalla ilmastointijärjestelmät eivät saa toimia tulipalon tai vuodon sattuessa tilannetta pahentaa (puhelinkeskustelu, DNVGL). Määräysten mukaisesti ilmanvaihtokanavat varustetaan tulipalon leviämistä rajoittavilla palopelleillä.

DNVGL:n säännöistä DNVGL-CG-0339 esittelee testausmenetelmiä sähköisille, elektronisille ja ohjelmoitaville laitteille ja järjestelmille (DNVGL-CG-0339). DNVGL-CG-0044 käsittelee metallien pinnoittamista erityisesti sinkkikerrosten ja hitsausliitosten näkökulmasta (DNVGL-CG-0044).

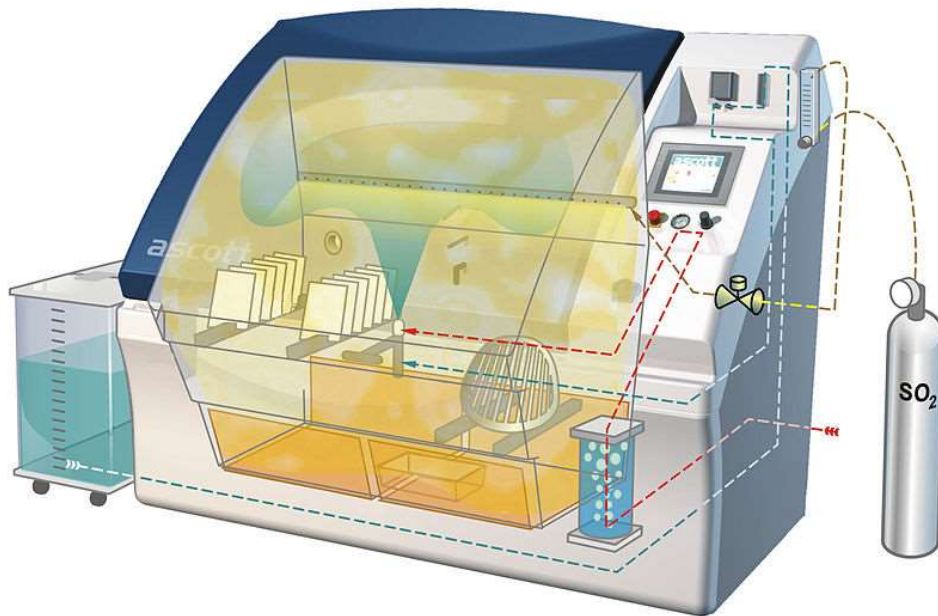
Testit jaetaan luokkiin sen perusteella, miten vaativaa käyttöympäristöä niillä halutaan simuloida. Sijainti luokat antavat parametrejä osalle testeistä lämpötila-alueen, kosteuden, värinän ja sähköisten emissioiden osalta. Kaikkia testejä ei siten välttämättä vaadita, ellei sijainti luokka sitä vaadi. Osa testeistä puolestaan on geneerisiä, toisin sanoen sijainti luokituksella ei ole merkitystä vaan testit tulee läpäistä joka tapauksessa (DNVGL-CG-0339, 2.)

Tarkasteltavien DNVGL:n sääntöjen ja suositusten versio on tammikuu 2016 tai sillä hetkellä voimassa ollut viimeisin hyväksytty versio.

3.1 Suolasumutesti

Tämän testin tarkoitus on todentaa, ettei suolainen ilmasto aiheuta korroosiota tutkittavan tuotteen komponenteille. Suolaliuos valmistetaan NaCl ja tislattun veden yhdistelmästä. Seoksen pH tulee olla 6,5–7,2 (DNVGL-CG-0339, 10.1.)

Suolasumutestin esivaatimuksena on, että laitteen sähköiset testit (eristysvastusmittaus ja toiminnallisuuden tarkastus) on suoritettu. (DNVGL-CG-0339, 10.1.)



Kuva 6. Suolasumu testilaitteiston periaatekuva
(https://en.wikipedia.org/wiki/Salt_spray_test Viitattu 30.5.2019)

Testilaitteistoja on eri kokoisia. Kuvan 6 mukaisesti tutkittavien tuotteiden osat ovat taloudellisesti kannattavampaa testata erillään, kuin kokonaisena tuotteena, jolloin ne mahtuvat pienemmän testilaitteiston sisään.

Testi suoritetaan ruiskuttamalla suolasumua tuotteeseen joka suunnasta 2 tunnin ajan, 4 kertaa, joiden jokaisen välillä on 7 vuorokauden tauko. Yhteensä siis 28 vuorokautta.

Ruiskutuksen ajan lämpötila on 25 °C ja tauon ajaksi tuote varastoidaan 40 °C:n lämpötilaan. (DNVGL-CG-0339, 10.2.)

Testin läpäisy edellyttää, ettei rakenteisiin ole syntynyt silmin havaittavaa korroosiota. Tämän jälkeen eristysvastusmittaus ja toiminnallisuuden tarkastus suoritetaan uudelleen (DNVGL-CG-0339, 10.2.)

3.2 Sähkölaitteiden testit

Testeissä on yleisenä vaatimuksena toiminnallisuustestaus. Yksinkertaistettuna laitteen tulee toimia kuten valmistajan ilmoittamissa normaaliolosuhteissa eli normaalit toiminnot pitää toteutua häiriöttä.

Virtalähteen osalta testeissä käydään läpi virtalähteen pettäminen ja siitä toipuminen sekä sallitut yli- ja alijänniterajat (DNVGL-CG-0339, 4-5.) Virtalähteen pettäminen testataan katkaisemalla syöttöjännite 3 kertaa viiden minuutin aikana. Syöttöjännitettä pidetään alhaalla aina 30 sekunnin ajan. Mikäli tuotteen käynnistymisessä on havaittavissa erikseen selkeä käynnistys sekvenssi, tämä tulee lisäksi keskeyttää vähintään kerran. Testin tarkoituksena on varmistaa, että tuotteen toiminnot ja asetukset toimivat moitteettomasti sähkönsyötön ongelmista riippumatta. Yli- ja alijännitetesteissä käytetään tuotetta ensin nominaali jännitteellä todeten sen normaali toiminnallisuus. Sitten tasavirralla toimivaa laitetta käytetään 15 minuuttia +30% ylijännitteellä ja 15 minuuttia -25% alijännitteellä. Vaihtovirralla toimivaa tuotetta testataan vastaavasti ensin 15 minuuttia +6% ylijännitteellä ja +5% ylitaajuudella, sitten 15 minuuttia edelleen +6% ylijännitteellä, mutta -5% alialitaajuudella. Sama toistetaan, mutta 10% yli- ja alijännitteellä. Tässä kohdassa suoritetaan samalla ns. transienttitestaus, eli jännite korjataan siirtymällä 15 minuutin testi jakson jälkeen liukuvasti 1,5 sekunnin aikana nominaali jännitteeseen ja taajuus vastaavasti 5 sekunnin aikana nominaali taajuuteen. Lopuksi sama vielä 20% yli- ja alijännitteillä ilman transienttitestausta.

Eristysvastusmittaus suoritetaan osana muita testejä (suolasumutesti, lämpötilatellit ja korkeajännitetesti). Ensin mitataan lähtöarvo ennen testiä ja toisen kerran kunkin testin jälkeen (DNVGL-CG-0339, 12.)

Korkeajännitetesti perustuu laitteen nominaali jännitteeseen ja sillä testataan läpilyönnin mahdollisuus. Piirikortit, jotka voivat vahingoittua, saa poistaa tämän testin ajaksi (DNVGL-CG-0339, 13.)

Laitteiden tulee suoriutua myös hyväksytysti säteilevien ja johtuvien emissioiden sekä säteilevien ja johtuvien häiriöiden sietokyvyn osalta. Näillä on merkitystä erityisesti laivan tiettyjen varusteiden, kuten kompassin ja kommunikaatiolaitteiden kannalta. Käytännössä tutkittava laite ei saa häiritä laivan muita laitteita, eikä sen toiminnallisuus saa häiriintyä laivan olennaisista radiotaajuuksista.

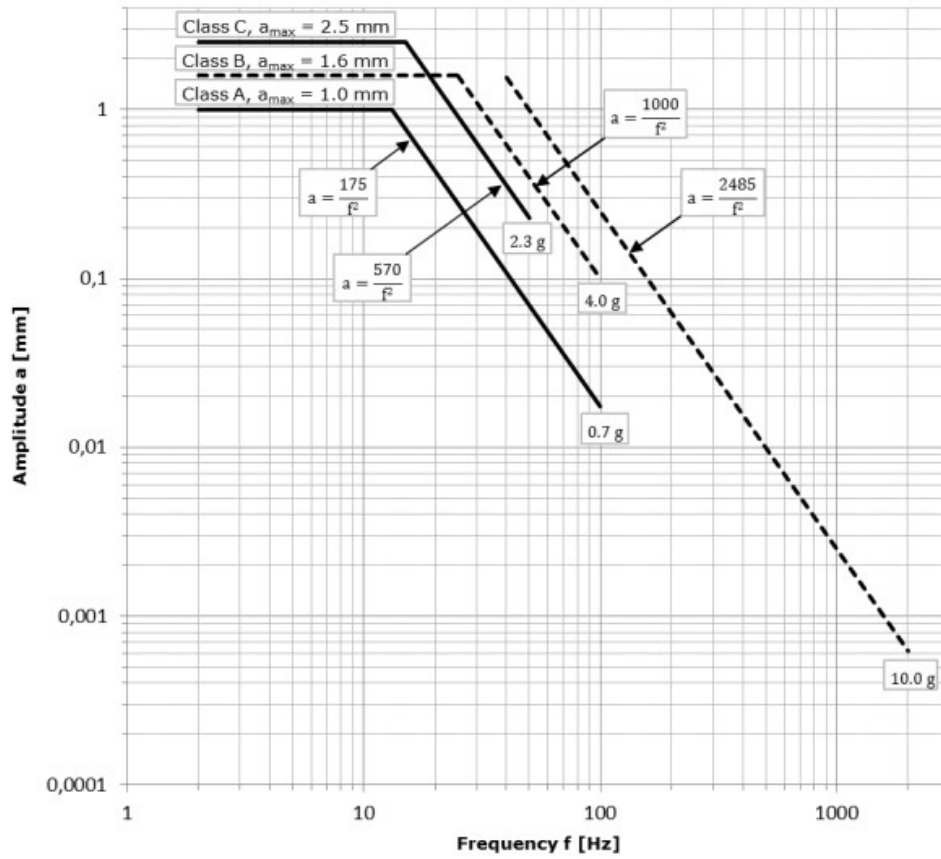
Laitekohtaisesti on huomioitava laitteiden vuotovirta, joka esiintyessään saattaa pahimmassa tapauksessa kiihdyttää voimakkaasti korroosiota laivan rungossa ja propulsiolaitteistossa. Vuotovirrat tulisi siksi lähtökohtaisesti rajoittaa jopa reilusti alle henkilösuojausrajajen. Laivojen omat suoja-anodit saattavat kulua ennustettua nopeammin, jos runkoon kohdistuva vuotovirtojen summa on merkittävä.

Testeistä käydään läpi tyypillisesti EMC (sähkömagneettisten häiriöiden sietokyky ja niiden tuottaminen), tärinä, korroosio ja tämän tyypiset testit, joilla on todennettu, että laite tai laitteen sähkömoottori, piirikortti, ohjauskeskus tai muu vastaava soveltuu ylipäättään laivakäyttöön (puhelinkeskustelu, DNVGL.) EMC-testaus soveltuu erityisesti sellaisten tuotteiden testaamiseen, joiden voi epäillä aiheuttavan radiotaajuushäiriöitä, jotka voisivat häiritä laivan kriittisiä laitteistoja, kuten navigointi- ja kommunikointilaitteita.

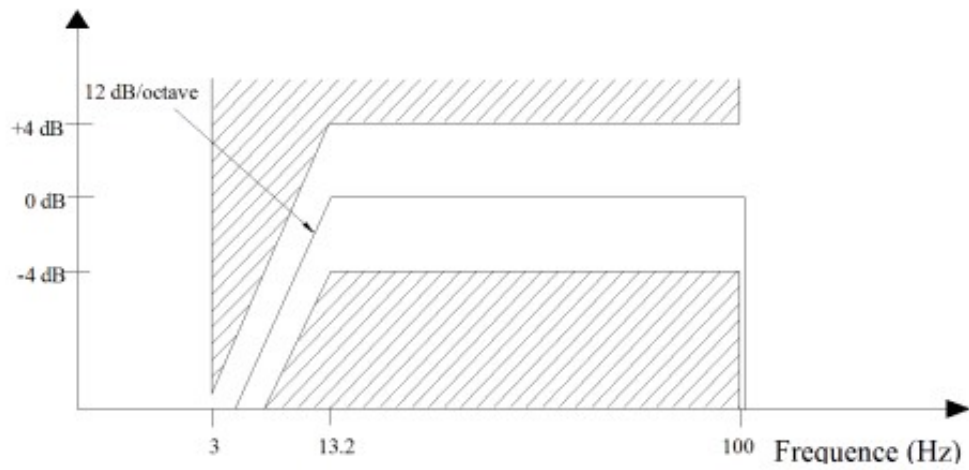
3.3 Tärinätesti

Tärinätestillä pyritään tutkimaan tuotteen sietokykyä ulkoisille herätteille. Testin läpäisyn ehtona on, ettei testin aikana saa syntyä tilapäisiä häiriöitä eikä pysyviä vaurioita (DNVGL-CG-0339, 6.)

Testi voidaan suorittaa kahdella tavalla: siniaaltopyyhkäisynä tai laajakaistaisina satunnaistaajuuksina (DNVGL-CG-0339, 6.1). Siniaaltopyyhkäisyssä värähtelytaajuus muuttuu jatkuvasti noudattaen logaritmista asteikkoa, edeten korkeintaan oktaavin minuutissa (DNVGL-CG-0339, 6.2). Laajakaistaisissa satunnaistaajuuksissa olennaista on, että satunnaisten taajuuksien summalla on riittävä RMS teho (DNVGL-CG-0339, 6.3).



Kuva 7. Värinätestin amplitudi taajuuden funktiona, luokat A, B ja C. (DNVGL-CG-0339)



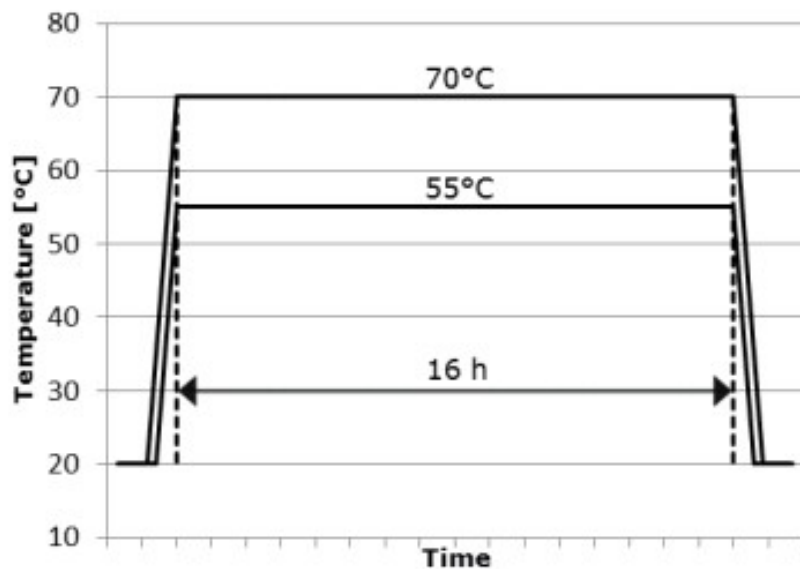
Kuva 8. Satunnaistaajuuden kaistan kuvaaja.

On huomattava, että jos kiinteissä asennuksissa aiotaan käyttää värinänvaimentimia, niitä on lupa käyttää myös näissä testeissä (DNVGL-CG-0339, 6.3.1).

3.4 Lämpötilatestit

Lämpötilatestejä on kolme erilaista: kuiva kuumuus, kostea kuumuus ja kylmä. Näissä sijainti luokituksella on merkittävä vaikutus.

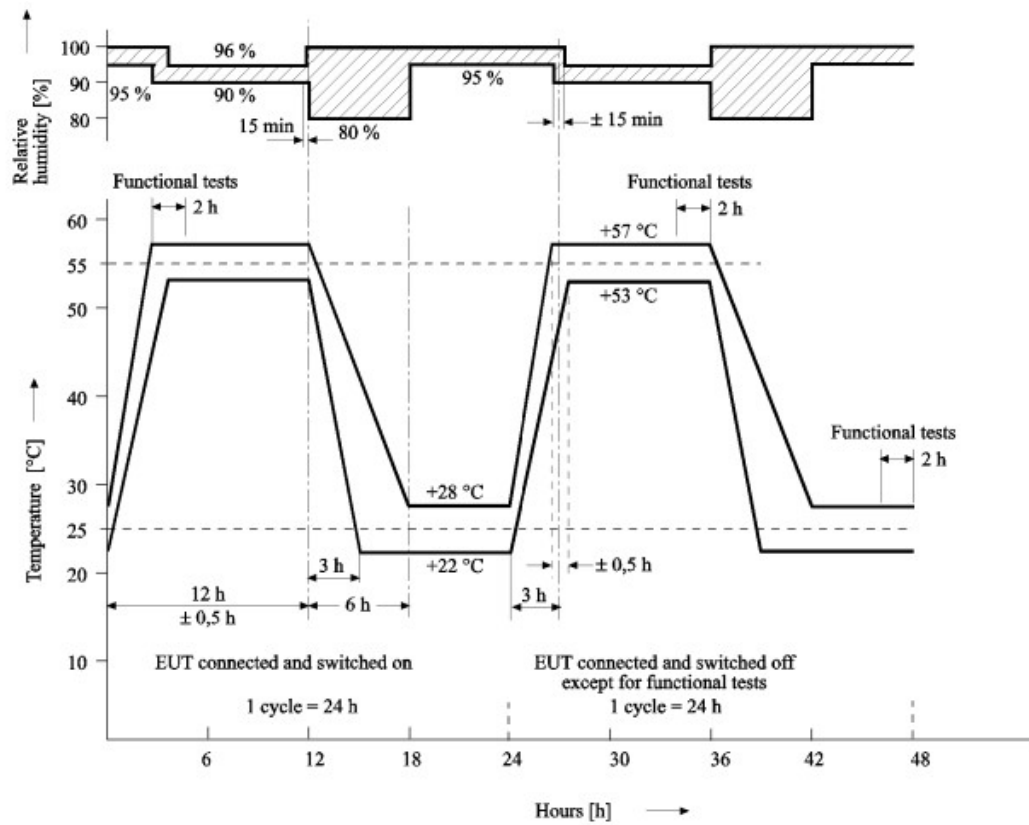
Kuivan kuumuuden lämpötilatestauksen sijainti luokka määrittelee testauslämpötilan joko 55 °C tai 70 °C tasolle, jossa se pidetään 16 tuntia. Tällä välin laitteessa ei saa ilmetä toimintahäiriöitä (DNVGL-CG-0339, 7.)



Kuva 9. Kuivan kuumuuden lämpötilat ajan funktiona. (DNVGL-CG-0339)

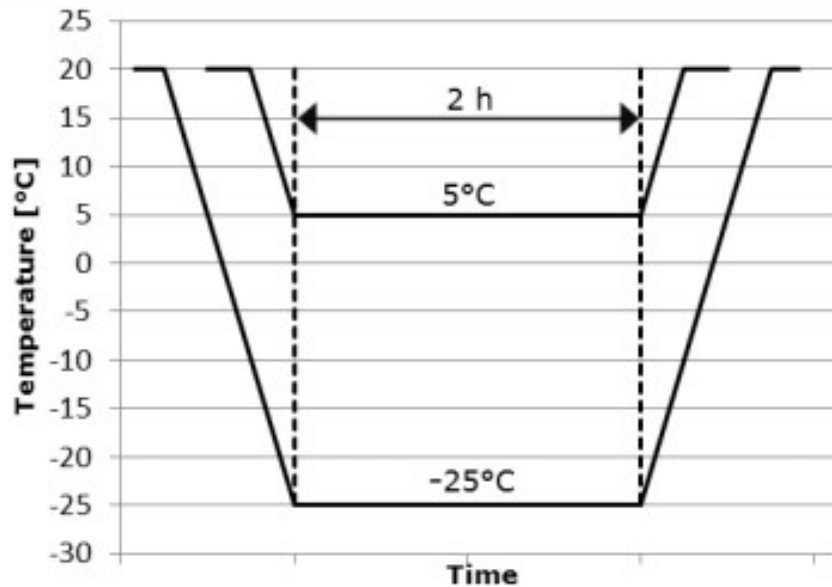
Kostean kuumuuden testissä on kaksi tapaa sen mukaan, mitä sijainti luokka vaatii: tasainen ja syklinen. Tasaisessa testaustavassa lämpötila yksinkertaisesti nostetaan 55 °C tasolle ja suhteellinen ilmankosteus (RH) pidetään 93 % tasolla 4 vuorokauden ajan. Syklisessä testaustavassa jäljitellään kondensaation vaikutusta, eli lämpötila vaihtelee 25 °C ja 55 °C välillä, jolloin kosteus tulee pitää määrättyllä tasolla ja suorittaa

toiminnallisuustestit määrättyissä kohdissa. Syklisen testin kokonaispituus on 48 tuntia (DNVGL-CG-0339, 7-8.)



Kuva 10. Kostean kuumuuden syklisen testin kuvaaja. (DNVGL-CG-0339)

Kylmätestauksessa laite altistetaan sijainti luokastaan riippuen 2 tunnin ajaksi +5 °C tai -25 °C tasolle (DNVGL-CG-0339, 9).



Kuva 11. Kylmätestauksen lämpötilat ajan funktiona. (DNVGL-CG-0339)

3.5 Kallistustesti

Kallistuksen vaikutusta tuotteen toiminnallisuuteen tarkastellaan joko staattisesti tai dynaamisesti. Staattisessa tapauksessa toiminnallisuustestaus tehdään erikseen valitulla akselilla molempiin suuntiin 22,5° kallistettuna. Dynaamisessa tapauksessa asentoa vaihdellaan puolelta toiselle 22,5° kallistumaan kumpaankin suuntaan. Yhden kallistusperiodin aika on 10 sekuntia eikä toiminnallisuudessa saa esiintyä häiriöitä 15 minuutin testauksen aikana. Kallistustestiä ei vaadita tuotteille, joissa ei ole liikkuvia osia (DNVGL-CG-0339, 11.)

3.6 Pintakäsittelystä

Metalleista teräksen pintakäsittelyllä on merkittävä rooli korroosion ehkäisyssä. Laivassa käytetäänkin usein teräksen lisäksi myös alumiinia, messinkiä, ruostumatonta terästä ja muita seoksia korroosioriskin vähentämiseksi. Yleisin teräksen suojametalli on sinkki,

koska sinkki toimii sähkökemiallisessa parissa raudan kanssa osapuolena, joka uhraa itsensä.

Sähkökemiallisen parin syntymisen voi ehkäistä myös tiiviillä maalikerroksella, jolloin ruostumisen eli oksidoitumisen tärkeä osapuoli eli happi ei pääse vaikuttamaan metalliin. Maalatut pinnat ovat kuitenkin arkoja naarmuille, joten pelkkä maalaus ei useinkaan riitä vaan pintakäsittelyssä hyödynnetään edelleen suojaavaa sinkkikerrosta maalikerroksen alla.

3.7 Sertifiointi prosessina



Kuva 12. Tuoteluettelosta skannattu logo, joka kertoo tuotteiden olevan sertifioituja. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 2001, Helkama Bika Oy)

DNVGL voi myöntää sertifikaatin yksittäiselle tuotteelle, tuotantolinjalle tai yksittäisen yrityksen kaikille tuotteille. Testattavalle tuotteelle on vaatimuksena, että se otetaan käynnissä olevasta tuotannosta. Muilla tavoin testaamisesta on sovittava luokituslaitoksen kanssa. Luokituslaitoksen myöntämä sertifikaatti on olennainen osa tuotteen viemiseksi laivaan. Sertifikaatti on asiakkaalle (tässä tapauksessa telakalle) todiste vaatimusten täyttämistä (DNV-GL Certification Process.)

4 TUOTTEET JA NIIDEN SOVELTUVUUS

4.1 Tuloilmaventtiili Tino-D

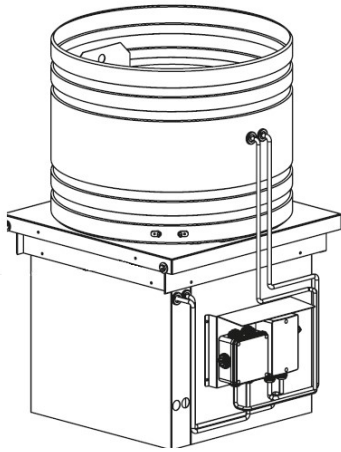


Kuva 13. Tuloilmaventtiili Tino-D. (Vallox Oy tuoteoppaat)

Tuloilmaventtiili asennetaan ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmapuolelle, mikä tarkoittaa laivakäytössä puhallinhuoneessa käsiteltyä ilmaa. Tuotteen materiaali on sinkittyä terästä, joka on pulverimaalattu. Tuloilman käsittely on merkittävä tekijä korroosioriskin vähentämiseksi, koska ilmastointikoneikot muokkaavat ilmaa. Tuloilmaventtiili on lisäksi aina laivan sisätiloissa ja ilmanvaihtokanavan viimeinen osa, jolloin siihen johtavissa kierresaumakanavissa oleva sinkki toimii myös hyvin suojana tuloilmaventtiilille. Näin ollen voidaan sanoa, että ainoa maapuolen olosuhteista merkittävästi eroava riski on rungosta välittyvä värähtely.

Suosittelavia testejä tälle tuotteelle ovat tärinätesti ja suolasumutesti mekaanisen rasituksen ja korroosiovaaran tutkimiseksi.

4.2 Huippuimuri 25P-EC

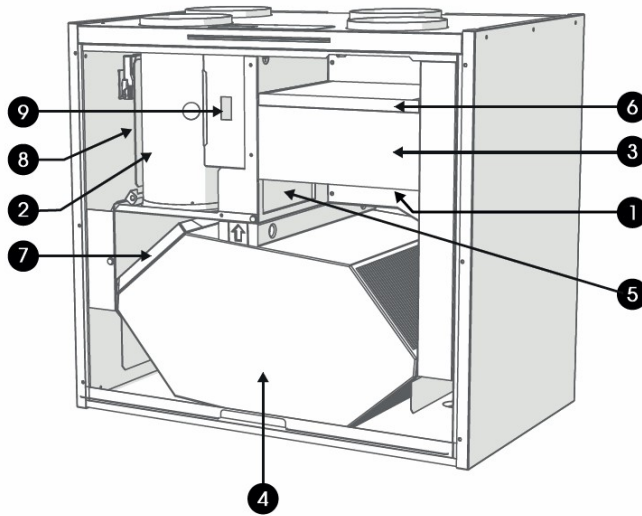


Kuva 14. Huippuimuri 25P-EC. (Vallox Oy tuoteoppaat)

Huippuimurissa on sähkömoottori, mikä laajentaa tarkastelun materiaalikysymysten lisäksi moottorin elinikään ympäristössä, jossa siihen kohdistuu toistuvia kallistuksia ja rungon kautta välittyviä ulkoisia värähtelyjä. Poistoilma, jota huippuimuri siirtää, on peräisin sisätiloista eli myös tuloilmaventtiin tavoin poikkeaa käyttöolosuhteiltaan sisäisesti hyvin vähän maapuolen oloista. Laitteen ulkopintaan kohdistuisi todennäköisesti suolaisen meri-ilman aiheuttamaa lisärasitusta. Tämä on hyvä huomioida paitsi mahdollisissa laiva-asennuksissa, myös vastaavasti saaristoalueen kiinteistöjen asennuskohteissa. Arktisella alueella liikennöitäessä tämä tuote saattaisi jäätyä umpeen jäätävissä olosuhteissa. Jäätämisaara on ajoittain voimassa esimerkiksi Itämerellä talviseen aikaan.

Tälle tuotteelle suositeltavia testejä ovat värähtelitestit, suolasumutesti, lämpötilatellit sekä toiminnallinen testaus pyörivien osien kiinni jääntymistä simuloiden, tuotteeseen kohdistuvien olosuhteiden ja korroosiovaaran tutkimiseksi.

4.3 Ilmanvaihtokone 096MV



Kuva 15. Ilmanvaihtokone 096MV. (Vallox Oy tuoteoppaat)

Ilmanvaihtokone on tarkasteltavista laitteista teknisiltä ratkaisuiltaan vaativin ja tähän voi kohdistua suora ulkoilman käsittelystä aiheutuva rasitus. Kiintoisa yksityiskohta on lämmönvaihdin (kuvassa merkitty numerolla 4), joka saattaisi kerätä suolakertymiä pidemmän ajan kuluessa. Korroosion osalta lämmönvaihdin on luotettava, koska se on materiaaliltaan alumiinia. Sähköosat luonnollisesti vaativat oman tarkastelunsa häiriösuojausten ja häiriöiden sietokyvyn osalta. Näistä erityisesti piirikortin ja moottorin osalta

Suositteluvia testejä tälle tuotteelle ovat tärinätesti, suolasumutesti metalliosien osalta, lämpötilatesti ja kaikki sähköisten laitteiden testit (erityisesti häiriöiden tuotto ympäristöön) sähkömoottorin ja ohjauselektroniikan osalta.

5 YHTEENVETO

Korroosion takia pintakäsittelyssä on suositeltavaa käyttää huolellisesti sinkittyä ja pulverimaalattua terästä tai pienemmän korroosioriskin omaavaa alumiinia.

Sähkölaitteissa on huomioitava jännite ja taajuus, jotka vaihtelevat laivakohtaisesti liikennöntialueen mukaan. Erityistä huomiota tulee kiinnittää häiriösuojauksessa kriittisiin järjestelmiin, kuten laivan kompassi, muut navigointilaitteet ja kommunikointijärjestelmät.

Laivan rungon liikkeiden ja värähtelyn takia olisi syytä taata tärinää vaimentava kiinnitys. Laivan ilmastointihuoneissa ja hyttialueella olosuhteet ovat rasisusten osalta kohtuulliset. Hyttialueella on sellaiset olot missä ihmisetkin viihtyvät ja ilmastointihuoneessa kanavien ilmavuodot takaavat vastaavanlaisen, joskin usein kylmemmän sisäilman.

Mekaanisen rasituksen ja elektroniikan toiminnallisuuden osalta sertifikaatin auditointiin voidaan vaatia kappaleessa 3. mainittuja testejä, mutta pääpiirteittäin voidaan sanoa, ettei ilmastointiosiin kohdistu palo määräysten lisäksi erityisiä vaatimuksia.

Oheisessa taulukossa on pisteytetty suuntaa antavasti tarkastelun aihealueet tuotekohtaisesti arvoilla 0–5, jossa 0 tarkoittaa, että testillä on olematon merkitys, ja 5, että testi on tärkeä tuotteen kannalta.

	Tuloilmaventtiili Tino-D	Huippuimuri 25P-EC	Ilmanvaihtokone 096MV
Tärinä	2	5	5
Suolasumu	0	5	3
Kylmä	0	5	3
Kuuma (kuiva)	1	4	4
Kuuma (kosteus)	1	5	4
Radiotaajuushäiriöt	0	5	5
Sähköturvallisuus	0	5	5
Paloturvallisuus	2	5	5
Korroosion suojaus	3	5	4
Sääilmiöt	0	5	1

Taulukko 2. Tuotteiden testaamisen pisteytys kutakin arvioinnin osa-alueita kohden.

LÄHTEET

Alanko Jussi, 2011, Laivan yleissuunnittelu.

DNVGL Certification Process. Viitattu 4.4.2019.

<https://www.dnvgl.com/assurance/Management-Systems/the-road-to-certification.html>

DNVGL-CG-0044. Viitattu 25.3.2019.

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2015-12/DNVGL-CG-0044.pdf>

DNVGL-RP-B101. Viitattu 25.3.2019.

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/RP/2015-07/DNVGL-RP-B101.pdf>

DNVGL-CG-0339. Viitattu 25.3.2019.

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2015-11/DNVGL-CG-0339.pdf>

DNVGL:n edustaja, 12.4.2019, puhelinkeskustelu.

Häkkinen Pentti, 2005, Laivan sähköjärjestelmät.

Wikipedia/Ruostuminen. Viitattu 28.5.2019.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ruostuminen>

Wikipedia/Gyroskooppi. Viitattu 30.5.2019.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Gyroskooppi>