

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikka

2020

Erno Laakso

# TYKKIVENE KARJALAN MUSEOINNIN MUUTOSTYÖT JA ALUKSEN KUNNOSSAPITOTOIMET

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2020 | 34 sivua, 3 liitesivua

Erno Laakso

# TYKKI VENE KARJALAN MUSEOINNIN MUUTOSTYÖT JA ALUKSEN KUNNOSSAPITOTOIMET

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Forum Marinum -säätöille dokumentti, jossa käydään läpi museoalus tykkivene Karjalan museointiprosessi sekä kunnossapidon toimenpiteet.

Työssä käydään läpi kunnossapidon käsitteitä, eri kunnossapitomalleja ja selvitetään tykkiveneen kunnossapidon menettelytapoja. Tämä lisäksi museoinnin muutostyöt, niiden haasteet sekä tykkiveneen ylläpidon eri toimenpiteet kirjattiin omaksi osaksi opinnäytetyötä. Työn materiaali kerättiin useista kirjallisista ja sähköisistä lähteistä saadun tiedon, tykkiveneen henkilökunnan ja laivanrakennusalan asiantuntijoiden haastattelujen avulla. Tykkiveneellä vietetyn ajan aikana saatujen henkilökohtaisten kokemusten perusteella lähdemateriaalien ja tykkiveneen toimintojen ymmärtäminen helpottui merkittävästi.

Opinnäytetyössä myös tarkasteltiin muutostöiden ja ylläpidon mahdollisia ongelmia ja pohdittiin niihin korvaavia, tai korjaavia ratkaisuja. Työn aikana todettiin ongelmia lämmitysjärjestelmässä ja käyttöveden lämpötiloissa. Näiden ongelmien syitä pyrittiin selvittämään ja löytämään ratkaisuja niiden korjaamiseksi. Lämmönvaihtimet eivät toimineet niille määritellyissä tehoarvoissa. Mahdollisia syitä olivat kaukolämpöputkien paine- ja lämpötilaongelmat tai lämmönsiirtimen virheellinen tehoarvo. Käyttöveden lämpötilat eivät täyttäneet Ympäristöministeriön sille asettamia raja-arvoja. Lämpötilaongelmien syitä olivat tykkiveneelle tulevan pitkän putkiston ja veden vähäisen käytön sekä heikosti toimivan kiertovesipumpun aiheuttamia. Opinnäytetyön tavoitteena on myös toimia tulevien staattisesti säilytettäväksi suunniteltavien alusten muutostöiden ja kunnossapidon suunnittelun apuna.

ASIASANAT:

Muutostyöt, kunnossapito, museolaivat

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

Spring 2020 | 34 pages, 3 pages in appendices

Erno Laakso

## ALTERATION WORK AND MAINTENANCE OF THE MUSEUM SHIP GUNBOAT KARJALA

The aim of this thesis was to document both the work required to transform the gunboat Karjala into a museum ship and the maintenance of preserving the ship as a part of Forum Marinum Maritime Centre's ship collection.

Firstly, the maintenance concept, different maintenance models and to the principles of a museum ship's maintenance were studied. In addition, the alterations made to the ship's hull and various systems, challenges faced during those alterations and various measures required to preserve the ship as a static museum piece were written down as a part of the thesis. Material for the thesis was collected by studying literature and internet sources and interviewing past and present staff of gunboat Karjala. Personal time spent in gunboat Karjala played a key role in understanding and managing various information sources.

Troubles encountered during converting the gunboat into a museum ship and maintenance were inspected and solutions to prevent such problems were tried to be found. Problems in heating system and hot water problems were found and solutions were sought to solve these problems. The heat exchangers did not operate at specified power output. Possible causes for the problem were pressure and temperature issues in Forum Marinum's district heating pipes, or incorrectly calculated power values for the heat exchangers. Hot water temperatures did not meet the limit values set by the Ministry of the Environment. Long piping runs combined with low water usage and issues with recirculating pump were the most likely causes for the hot water problems. The thesis is also aimed to be a guide for similar projects in the future.

### KEYWORDS:

alteration work, maintenance, museum ships

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 TYÖN TAUSTAA</b>	<b>7</b>
2.1 Merikeskus Forum Marinum	7
2.2 Tykkivene Karjala	7
2.3 Museointiprosessi	8
2.4 Kunnossapito	10
2.4.1 Kunnossapidon käsitteet	10
2.4.2 Kunnossapitolajit	11
<b>3 TYKKIVENE KARJALAN MUSEOINTI JA KUNNOSSAPITOTAVOITTEET</b>	<b>12</b>
<b>4 MUUTOSTYÖT JA YLLÄPITO</b>	<b>14</b>
4.1 Sähkö	15
4.1.1 Sähköjärjestelmän muutostyöt	16
4.1.2 Sähköjärjestelmän ongelmat	17
4.2 Vesi ja viemäröinti	18
4.2.1 Käyttövesi	19
4.2.2 Viemäröinti	19
4.2.3 Vesi- ja viemäröntijärjestelmän ongelmat	20
4.2.4 Vesi- ja viemäröntijärjestelmän kehitysehdotukset	21
4.3 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmät	23
4.3.1 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmien ongelmat	24
4.4 Valvonta ja hälytysjärjestelmät	27
4.5 Muut työt	28
4.5.1 Lisäeristys	28
4.5.2 Korroosion esto	28
4.5.3 Kondenssiveden hallinta	29
<b>5 POHDINTAA</b>	<b>31</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>32</b>

## LIITTEET

Liite 1. Tykkivene Karjala tilojen numerointi.

## KAAVAT

Kaava 1. Lämminvesivaraajan lämpöenergian laskukaava (Tekniikan kaavasto 2015, 107).	21
Kaava 2. Lämminvesivaraajan lämpöenergian purkuun käytettävä kaava (Tekniikan kaavasto 2015, 99).	21

## KUVAT

Kuva 1. Tykkivene Karjala. (Forum Marinum www-sivut 2020)	8
Kuva 2. Museointiprosessin pääpiirteet. (Sipilä ym. 2019)	9
Kuva 3. PSK 7501 standardin kunnossapitokaavio. (Järviö 2004, 39)	11
Kuva 4. Maissa olevat ylläpitoon liittyvät laitteet. (Forum Marinum www-sivut 2020)	14
Kuva 5. Jätevesi, käyttövesi ja kaukolämmön tulo- ja poistoputket, sekä sähkön maistaottokaapeli pienessä kuvassa.	15
Kuva 6. Kaapelin sulake on valaistuksen kolmannen kannen, keulasta katsottuna ensimmäisen sähkökaapin sulake numero 7.	16
Kuva 7. Uusi viemäriputkilinja dieselkonehuoneessa ja linjan läpivienti polttoöljysäiliön kautta muonavarastoon.	19
Kuva 8. Kaukolämpöputkien läpivienti panssaroidusta seinästä.	24
Kuva 9. Vasemmalla sähkövastusten paikalle asennettu lämmönvaihdin.	26
Kuva 10. Valvonta- ja hälytysjärjestelmien toimintaperiaate.	27
Kuva 12. Kondenssiveden aiheuttamia vaurioita syvyyspommivarastossa.	30

## TAULUKOT

Taulukko 1. Tykkivene Karjalan teknisiä tietoja. (Sipilä ym. 2019, 270)	8
Taulukko 2. Jännitteet eri sähkökaapeleissa.	16

# 1 JOHDANTO

Suurten alusten museoinnissa tuskin koskaan päästään tilanteeseen, jossa säilytysympäristö on museoitavalle kohteelle optimaalinen. Vaikka museoalusten ylläpidossa on tavoitteena soveltaa esinekonservoinnin periaatetta, suuren kokonsa takia laivaa ei voida säilyttää useiden pienempien esineiden tavoin valvotuissa olosuhteissa, joissa voidaan optimoida ilmankosteus, lämpötila sekä valaistus (Tikka 2011). Alukset altistuvat edelleen, etenkin Suomen olosuhteissa, vaihteleville sääolosuhteille ja vedenalaisia osia rasittaa jatkuva korrosio.

Tämän lisäksi kelluvan, mutta ei kulkukuntoisen aluksen museointiin liittyy usein myös muutostöitä. Muutostyöt ovat perusteltuja aluksen käyttötarkoituksen vaihtuessa museo-kohteeksi, jolloin kulkukoneiston, materiaalien tai varusteiden muokkaaminen on järkevää, muutosten kuitenkin vaarantamatta aluksen keskeisiä arvoja ja erityispiirteitä. (Sipilä ym. 2019, 34)

Opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi aluksen kunnossapitoon, sekä muutostöihin liittyvät keskeiset periaatteet ja luoda näin lukijalle käsitys aluksen museointiprosessista ja museoidun laivan kunnossapitohaasteista. Opinnäytetyön pääpaino on museoidun tykkivene Karjan ylläpidon ja muutostöiden menetelmien dokumentointi, jotta lukija ymmärtää aluksen keskeiset toiminnot ja pystyy toimimaan niiden ylläpitämiseksi.

Kirjallisuuslähteiden lisäksi valtaosa työn materiaalista kerätään tutustumalla itse alukseen ja haastattelemalla tykkivene Karjalan nykyistä, sekä aluksen aktiiviaikana merivoimissa palvelutta henkilökuntaa.

## 2 TYÖN TAUSTAA

### 2.1 Merikeskus Forum Marinum

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Merikeskus Forum Marinum, jonka aluskokoelmaan tykkivene Karjala kuuluu. Merikeskusta hallinnoin vuonna 1998 perustettu Forum Marinum -säätiö, jonka tarkoituksena on vaalia ja säilyttää Suomen lounaisrannikon, Saaristomerren ja Itämeren merellistä kulttuuriperintöä. Forum Marinumin edeltäjinä ovat olleet 1936 perustettu Åbo Akademin Merihistoriallinen museo, sekä 1977 perustettu Turun merenkulkumuseo ja tähtitieteelliset kokoelmat. Aurajoen rannassa sijaitsevan Merikeskuksen kokoelmiin kuuluu yli 100 venettä ja laivaa, sekä 8 katsastettua ja toimintakuntoista museoalusta. (Forum Marinum www-sivut 2020)

### 2.2 Tykkivene Karjala

Aurajoessa säilytettävä tykkivene Karjala rakennettiin Helsingin Wärtsilän telakalla ja luovutettiin merivoimille vuonna 1968. Karjala oli toinen kahdesta Turunmaa-luokan tykkiveneestä, jotka suunniteltiin meri-, ilma-, maa-ammuntaa sekä sukellusvenetorjuntaa varten Itämerelle. Aktiiviaikanaan tykkivene toimi vartio, koulutus-, sekä johtoaluksena. (Forum Marinumin www-sivut 2020)

Tykkiveneet olivat tekniikaltaan ja ratkaisuiltaan hyvin edistyksellisiä. Kyseiset Turunmaa-luokan tykkiveneet olivat merivoimien ensimmäisiä teräsrunkoisia aluksia, joissa kansirakenteet olivat alumiiniset. Alusten omasuojärjestelmä esimerkiksi pystyi puhdistamaan aluksen mahdollisen kemiallisen iskun jälkeen. Tykkiveneet kykenivät radiohäirintään, sekä ne olivat suojattuja magneettimiinoja ja elektronista sodankäyntiä vastaan. (Sipilä ym. 2019, 270)

Koneistoratkaisu, jossa risteilykoneina oli kolme kappaletta dieselmottoreita ja pääkoneena kaasuturbiini, oli myös hyvä esimerkki ennakkoluulottomasta innovoinnista. Ratkaisuun päädyttiin 35 erilaisen vaihtoehdon analysoinnista. (Auvinen ym. 1980, 110–111)



Kuva 1. Tykkivene Karjala. (Forum Marinum www-sivut 2020)

Taulukko 1. Tykkivene Karjalan teknisiä tietoja. (Sipilä ym. 2019, 270)

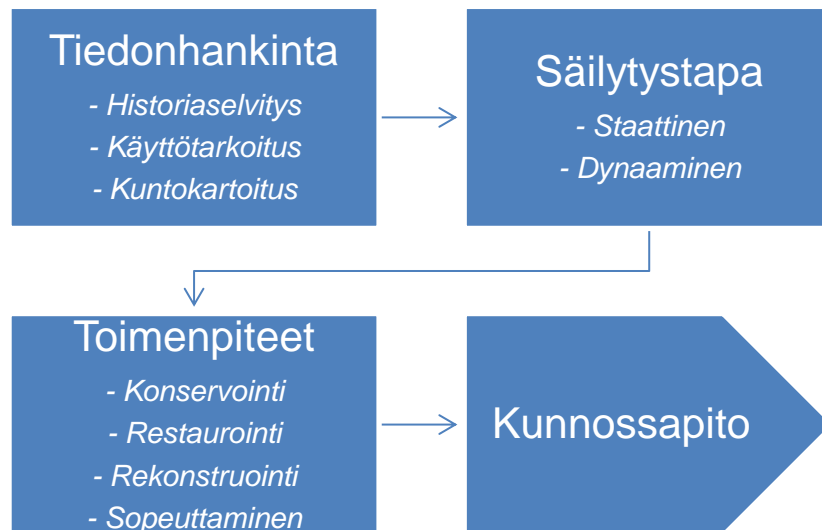
Pituus	74,1 m
Leveys	7,8 m
Syväys	2,8 m
Uppouma	750 tn
Nopeus	35 sol, risteilynopeus 17 sol
Miehistö	70 (joista 40 varusmiestä)
Koneisto	3 kpl diesel, 995 kW 1 kpl kaasuturbiini, 16500 kW

Aseistuksena tykkiveneissä oli yksi 120 mm Bofors yleistykki, kaksi 40 mm konetykkiä kaksi 23 mm kaksoisilmatorjuntatykkiä, kaksi syvyysraketinheitintä ja kaksi syvyyspommipudotinta. (Sipilä ym. 2019, 270)

### 2.3 Museointiprosessi

Museoiden saadessa tiedon käytöstä poistettavien ja romutettavien alusten museoimisesta, päätös pitää tehdä nopealla aikavälillä. (Kallberg 2012)





Kuva 2. Museointiprosessin pääpiirteet. (Sipilä ym. 2019)

Museoaluksen hankinnassa täytyy ennen hankintapäätöstä varmistaa aluksen identiteetti ja käyttöhistoria, tehdä kuntokartoitus ja pohtia aluksen tulevaa käyttötarkoitusta. Jos alus on jossain vaiheessa siirtynyt yksityisomistukseen, on lähes aina niiden käyttötarkoituskin muuttunut. Tämä on usein johtanut alukselle tehtyihin peruuttamattomiin muutostöihin, jotka alentavat aluksen historiallista arvoa. Kuntokartoituksessa pitää huomioida muutosten lisäksi rakenteiden, materiaalien, tekniikan sekä varustuksen yleiskunto. Kuntokartoitus myös usein määrittelee mihin käyttötarkoitukseen museoitavaa alusta kannattaa harkita. (Sipilä ym. 2019, 17–19)

Museoaluksen säilyttämisen perusvaihtoehtoina ovat joko staattinen, tai dynaaminen. Staattisessa vaihtoehdossa alus ei enää ole kulkukuntoinen, vaan säilyttämisen päätarkoituksena on materiaalien ja muodon säilyttäminen. Dynaamisessa vaihtoehdossa tärkeintä on aluksen pysyminen toimintakuntoisena. (Sipilä ym. 2019, 27)

Toimenpiteet edellä mainittuihin säilyttämisen perusvaihtoehtoihin ovat seuraavat:

- Konservointi – Pyritään säilyttämään aluksen museointiin tullessa oleva tila.
- Restaurointi – Palautetaan alus aikaisempaan tunnettuun tilaan.
- Rekonstruointi – Korvataan aluksen osia käyttäen alkuperäisiä menetelmiä ja materiaaleja
- Sopeuttaminen – Aluksen muokkaamista vastaamaan käyttötarkoituksen vaatimuksia

(Sipilä ym. 2019, 31–35)

## 2.4 Kunnossapito

Museon vastaanottaessa museoitavan esineen, sitoutuu se säilyttämään tämän teorissa ikuisesti. Suurien laivojen kohdalla kyseinen periaate luo kunnossapitosuunnitelman laatimiselle erityisiä haasteita. (Kunttu 2012)

Kunnossapito on määritelty SFS-EN 13306 standardissa (Järviö ym. 2004, 38) seuraavasti:

*”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”.*

### 2.4.1 Kunnossapidon käsitteet

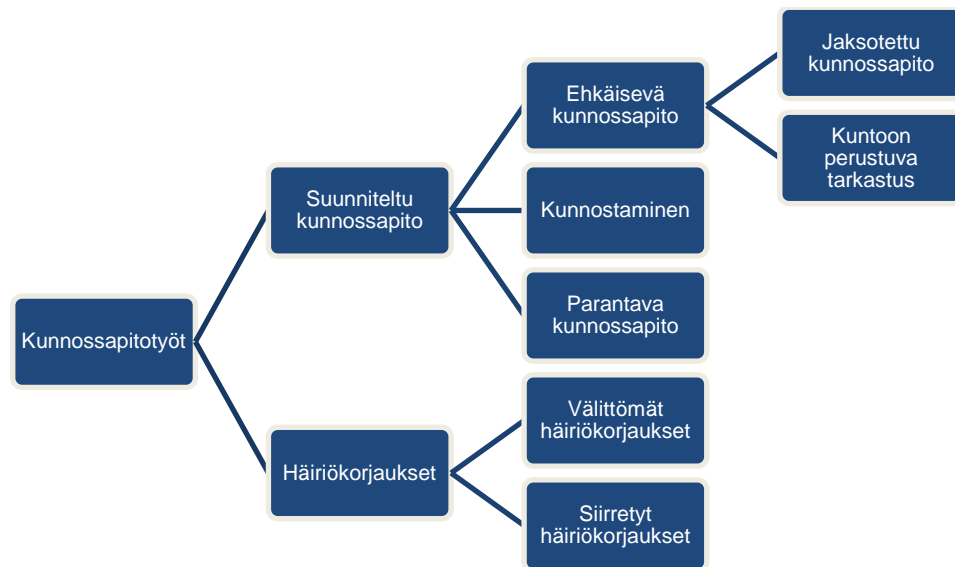
Kunnossapitoon liittyvät seuraavat käsitteet:

- Käyttö – Välittömät toimenpiteet, kuten koneiden käyttö. Käyttöön voi kuulu myös tuotteen tai prosessin vaatimat kytkentöjen muutokset, komponenttien ja työkalujen vaihdot.
- Käynnissäpito – Käyttöhenkilöstön tehtäviä, kuten puhtaanapito, voitelut, pienet korjaukset ja kunnan valvonta.
- Logistiikka – Työvoiman, varaosien ja materiaalien, kunnossapitolaitteistojen, tilojen, varastoinnin yksilöintiä, valitsemista, hankintaa ja toimitusta.
- Parannus – Tarkoituksena parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamalla kohteen alkuperäistä toimintaa
- Muutos – Kohteen alkuperäisen toiminnan ja käyttöominaisuuksien muuttaminen.
- Tehdaspalvelu – Laitteistoje ja ympäristön kehittämistä, sekä kunnossapitoon ja materiaalihallintoon liittyvää toimintaa. Näitä ovat esimerkiksi vartiointi, palosuojelu, jätehuolto ja ulkoalueiden hoito (Järviö 2004, 24–25)

## 2.4.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitotoimissa voidaan tunnistaa viisi pääalajia. Huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen/vikaantumisen selvittäminen.

1. Huolto on keino, jolla ylläpidetään kohteen vaadittu toimintakyky ennen vian syntymistä. Huolto on toimenpiteenä pääsääntöisesti jaksotettua.
2. Ehkäisevä kunnossapito koostuu menetelmistä, joiden avulla etsitään vikoja, jotka eivät vielä aiheuta koneen pysähtymistä.
3. Korjaavan kunnossapidon menetelmin havaitut viat määritellään ja tämän jälkeen kunnostetaan. Tämän menetelmän tavoitteena on suorittaa kyseiset korjaukset suunnitellusti. Suoritusajan avulla voidaan laskea osan elinaika.
4. Parantavan kunnossapidon menetelmillä parannetaan koneiden käytettävyyttä, sekä luotettavuutta. Keinoja tähän ovat uusien komponenttien käyttö, uudelleensuunnittelu ja korjaus, sekä koko prosessin modernisaatio
5. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen menetelmillä paikannetaan ongelmat, kuten virheellinen käytötapa tai komponenttien suunnittelu. (Järviö 2004, 37–41)



Kuva 3. PSK 7501 standardin kunnossapitokaavio. (Järviö 2004, 39)

### 3 TYKKIVENE KARJALAN MUSEOINTI JA KUNNOSSAPITOTAVOITTEET

2000-luvun alussa Turunmaa-luokan alusten hylkäämispäätös tuli yllättäen tarvittavien modernisointi- ja ylläpitokustannusten noustessa liian suuriksi. Kuten alusten museoinnissa yleisesti, myös tykkiveneen museointipäätös piti tehdä nopealla aikataululla. Kahdesta tykkiveneestä Karjala oli osittain parempikuntoisempi, joten Forum Marinum aloitti kyseisestä aluksesta hankintasuunnittelun.

Tykkiveneen hankkimista Forum Marinumin kokoelmiin puolsivat monet eri seikat, jotka ovat museoitavissa aluksissa oleellisia. Alus oli rakennettu Suomessa Wärtsilän Helsingin telakalla, joten Tykkivene Karjala on osa suomalaista laivanrakennushistoriaa. Valmistuessaan vuonna 1968, alus oli tekniikaltaan edistyksellinen ja kaiken kaikkiaan Turunmaa-luokan aluksilla oli huomattava rooli merivoimien historiassa. Forum Marinumin näkökulmasta aluksesta tulisi kokoelman merkittävin merivoimien alus.

Alus valittiin staattisesti säilytettäväksi, jolloin tykkivene ei enää olisi toimintakuntoinen, vaan sijoitettuna pysyvästi Aurajen rantaan. Tämä vaihtoehto oli jo alusta alkaen selkeä, koska osasyinä aluksen hylkäämispäätöksellekin oli ollut aluksessa tarvittava suurilukuisen miehistön tarve ja korkeat ylläpitokustannukset. Tykkiveneen tiloja sekä tekniikkaa kaavailtiin mukautettavaksi niin museovieraille, kuin myös henkilökunnan toimisto- ja sosiaalituloiksi ja sähköjärjestelmä muutettaisiin yhdysvaltain 110-440 V / 60 hz järjestelmästä toimimaan Suomen verkkojännitteessä. Kunnallistekniikan sekä uuden sähköjärjestelmän sovittamisesta laitteisiin ja rakenteisiin, jotka alun perin oli suunniteltu toimimaan täysin eri käyttötarkoituksessa ei ollut aiempaa kokemusta. Tykkiveneeseen tehtyjen muutostöiden ja lähes kahden vuosikymmenen kokemus niiden käytöstä ja ylläpidosta toivotaan olevan hyötyä myös tulevilla alusten museointiprosesseissa.

Tykkivene Karjalan kunnossapidosta vastaavan huoltomestarin käytössä on keskimäärin 1,5 miestyövuotta aluksen hallintaan ja ylläpitoon. Suuritöisiin ja nopeaa aikataulua vaativiin määräaikaistelakointeihin on resursoitu työvoima erikseen. Resurssien ollessa rajalliset, on tykkiveneen kunnossapitosuunnitelmaan ja toimiin kiinnitetty erityistä huomiota. Osa materiaaleista on huoltojen yhteydessä vaihdettu ominaisuuksiltaan sellaisiin, jotka toimivat paremmin aluksen uudessa käyttötarkoituksessa. Vaikka nämä muutokset vähentävät aluksen autenttisuutta ja sitä kautta museoarvoa, on näissä

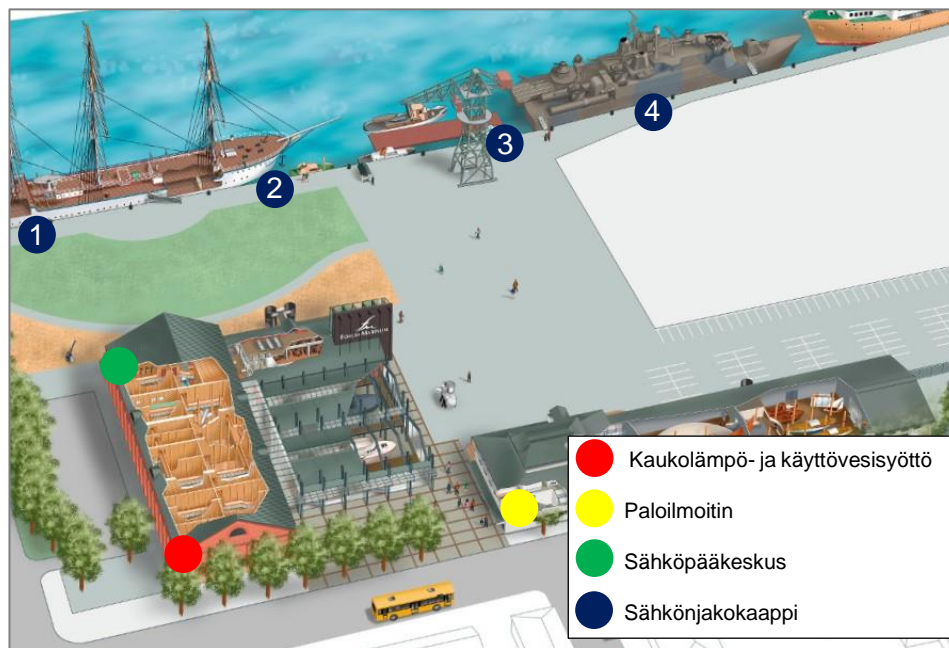
valinnoissa otettava huomioon niin materiaalien ominaisuudet, kuin taloudelliset resurssit. Esimerkkinä tämänlaisesta kunnossapidon optimoinnista voidaan mainita aluksen ulkopinnan häiveominaisuuksia sisältävän maalin vaihtamisen museointiolosuhteissa toimivaan, ulkoisesti alkuperäisen näköiseen maaliin. (Mattila henkilökohtainen tiedonanto 13.04.2020)

Huoltoperiaatteena Forum Marinumissa on panostaa mahdollisimman paljon ehkäisevään kunnossapitoon. Tämän vuoksi aluksen tiloja muun muassa mukautettiin toimimaan henkilökunnan toimisto- ja sosiaaliloina, jotta mahdolliset tulevaa kunnossapitoa vaativat kohteet havaittaisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Henkilökunta on pääosin osa-aikaisissa työsuhteissa, joten aluksen tiloissa käy viikon aikana huoltoperiaatteen tavoitteen mukaisesti mahdollisimman monen eri osa-alueen työntekijöitä. Havaittuihin vikoihin tehdään kunnossapitotoimenpiteitä käytännössä kulloinkin saatavilla olevan työvoiman ammattitaidon mukaan. (Mattila henkilökohtainen tiedonanto 13.04.2020)

Huoltomestarin vastuulla on myös laatia telakointisuunnitelma kymmenen vuoden välein suoritettaville määräaikaistelakoinneille. Telakointisuunnitelmaa päivitetään vuosittain.

## 4 MUUTOSTYÖT JA YLLÄPITO

Tykkivene Karjalan muutostöiden tavoite oli muokata aluksen tekniikat käyttämään kunnallistekniikkaa ja liittää alus valtakunnalliseen sähköverkkoon. Lähtökohtaisesti muutostyöt olivat haasteelliset, koska aluksen lvi- ja sähkötekniikoita ei oltu suunniteltu liitettäväksi suoraan maissa oleviin järjestelmiin. Tämä tarkoitti muun muassa sitä, että aluksen viemäriverille ei ollut järjestelmää jonka avulla jätevedet voitaisiin tyhjentää maihin. Myös sähköjärjestelmä toimi eri taajuudella ja jännitteellä, kuin mitä maista saatava pääjännite. Ennen museointia aluksen ollessa kiinnitettynä laituriin, hyväksikäytettiin joko aluksen omaa tekniikkaa sähkön muuntamiseksi, tai käytettiin maissa olevia, nyt jo romutettuja muuntimia. Käyttövesijärjestelmän veden lämmitys ja paineistus tapahtui aluksen omilla koneilla ja järjestelmillä.



Kuva 4. Maissa olevat ylläpitoon liittyvät laitteet. (Forum Marinum www-sivut 2020)

Uusien järjestelmien saamiseksi alukseen käytettiin mahdollisuuksien mukaan olemassa olevia kytkentöjä. Kylkeen oli kuitenkin tehtävä uusia läpivientejä kaukolämmölle ja käyttövedelle. Läpivientien aluksen sisällä sijaitsevat päät ovat entisessä muonavarastossa. Muonavarastoon on myös sijoitettu käyttöveden järjestelmien valvonta-alakeskus, lämmivesivaraaja, sekä viemärivereden septitankki. Ecoflex-putket näihin läpivienteihin vedettiin ylipitkinä, jottei kiinnitykset rasittuisi tuulen ja aallokon aiheuttamista liikkeistä.

Alus myös määräaikaistelakoidaan säännöllisesti, joten kaikki liitännät ovat irroitettavissa ja syötöt suljettavissa. Tämän ja mahdollisen vauriotilanteen varalta kaukolämpö on toteutettu omana itsenäisenä piirinään, jolloin lämmönvaihtimen avulla saadaan lämpöenergia alukseen.



Kuva 5. Jätevesi, käyttövesi ja kaukolämmön tulo- ja poistoputket, sekä sähkön maistaottokaapeli pienessä kuvassa.

Tykkiveneen tilojen sijainnit löytyvät Liitteestä 1., joten tekstissä mainitaan sijainnit vain tilan nimellä.

#### 4.1 Sähkö

Etenkin vanhempien sota-aluksien sähköjärjestelmien jännite ja taajuus eroavat Suomen sähköverkon vastaavista. Vaikuttavina tekijöinä näissä ovat vanhat perinteet laivanrakennuksessa sekä aluksissa käytettyjen laitteiden alkuperämaa. Turunmaa-luokan tykkiveneissä näitä laitteita ovat tulenjohtolaitteet, jotka toimivat Yhdysvaltain 60 hz taajuuksilla.

Tykkivene Karjalan sähköjärjestelmän pääjännite on 440 V / 60 hz, josta muuntajat muuntavat jännitteen pienitehoisempien laitteiden käyttöön 220 V ja 110 V jännitteiksi. Aktiiviaikana aluksen ollessa kiinnitettynä laituriin, tarvittava jännite ja taajuus saatiin apugeneraattorien ja taajuusmuuntajan avulla. Museoituna eivät nämä toimenpiteet ole enää mahdollisia. Sähköt alukselle tulevat venekannen sähköpääkeskukseen rannassa

olevasta sähköjakokaapista, josta syötetään sähköverkon 400 V / 50 Hz pääjännitettä. Laivan omassa 440 V / 60 Hz järjestelmässä ei ole nollajohdinta, vaan laitteistot toimivat vaiheiden välisillä kytkennöillä. Tätä kutsutaan kelluvaksi sähköjärjestelmäksi. Aluksessa on myös suojaerotusmuuntajia tietyille järjestelmille, joita esimerkiksi ovat viestilaitteet ja tulenjohto. (Perämäki henkilökohtainen tiedonanto 21.04.2020)

Tykkiveneen kaikissa kaapeleissa on messinkilaatta, jossa on kyseisen kaapelin sähkökaapin tunnus sekä sulakkeen numero. Messinkilaatan kirjainyhdistelmä on koodi min-kän tyyppisen laitteen kaapelista on kyse. Muutostöiden jälkeen käytössä olevat laitteet ovat jaoteltu käyttöjännitteen mukaan kaapeleihin seuraavasti.

Taulukko 2. Jännitteet eri sähkökaapeleissa.

Kaapeli	Jännite
VO (voimavirta)	400 V
LÄ (lämmitys)	200 V
VA (valaistus)	100 V

Numerosarjassa ensimmäinen numero tarkoittaa millä kannella sähkökaappi on, toinen numero on sähkökaapin järjestysnumero keulasta katsottuna ja kolmas numero sulakkeen numero sähkökaapissa.



Kuva 6. Kaapelin sulake on valaistuksen kolmannen kannen, keulasta katsottuna ensimmäisen sähkökaapin sulake numero 7.

#### 4.1.1 Sähköjärjestelmän muutostyöt

Museoituna aluksen sähköjärjestelmä toimii maista saatavan jänniteverkon 400 V / 50 Hz avulla. Laitteet ja kaapelit ovat edelleen samoja jotka on suunniteltu 440 V / 60 Hz verkkoon, mutta toimivat myös 50 Hz taajuudella.



Aluksen nykyiseen käyttötarkoitukseen tarpeettomat toiminnot ovat deaktivoitu. Näitä ovat esimerkiksi navigointi-, ase-, sekä aluksen koneiden toimintaan liittyvät järjestelmät.

Tykkivene Karjalan sähköjärjestelmä on alun perin suunniteltu siten, että sähkökatkon jälkeen sähköjen palautuessa kytkeytyivät aluksen merenkulun ja taistelutoiminnan kannalta tärkeimmät laitteet automaattisesti päälle. Muut laitteet ilmanvaihdosta valaistukseen on pitänyt kytkeä aina takaisin manuaalisesti, jottei turhaa virrankulutusta tapahtuisi. Kyseinen malli on täysin päinvastainen siihen, mitä museoidulta, staattisesti säilytettävältä alukselta vaaditaan.

Järjestelmää on muutettu toimimaan siten, että ase- ja navigointijärjestelmät ovat poissa käytöstä ja näiden sulakkeet on irroitettu sähkötaulusta. Järjestelmät ovat mahdollisesti vielä käyttökuntoisia, mutta ei toiminnassa. Sähkönjakotaulut 3, 4, 5 ja 6, joihin on kytketty 110 V ja 220 V jännitteillä toimivat laitteet, ei sähkökatkon jälkeen tarvitse enää manuaalisesti kytkeä erikseen päälle, vaan ne on muutettu kytkeytymään automaattisesti sähköjen palautuessa. Näistä laitteista tärkeimmät ovat valaistus ja sähköpatterit. (Perämäki henkilökohtainen tiedonanto 21.04.2020)

#### 4.1.2 Sähköjärjestelmän ongelmat

Vaikka sähköverkon jännitteen 50 Hz taajuus on eri, kuin mitä tykkiveneen laitteiden käyttämä 60 Hz, tuottaa suurempia ongelmia alkuperäistä 440 V jännitettä alhaisempi pääjännite. Muuntajat ovat samat, kuin mitä ne olivat aluksen aktiiviaikana ja muuntavat tämän jännitteen pienempitehoisille laitteille samassa suhteessa kuin ennenkin. Alkuperäinen 440 V muunnettiin 220 V ja 110 V jännitteiksi. Museoituna jännitteet ovat noin 400 V, josta muunnetut jännitteet ovat 184–194 V ja 94–100 V.

Laitteiden tehonkulutuksen pysyessä samana, alempi jännite tarkoittaa tehon laskenta-kaavan  $P = U \cdot I$  mukaan kasvavaa virrankulutusta. Kaapelien pinta-ala on riittävän suuri kaapelien ylikuumentumisen suojaksi, mutta kelojen päissä virran kasvu voi aiheuttaa kipinöintiä ja sitä kautta päiden sulamista toisiinsa. Jatkuvalle käytölle pyritään minimoimaan tätä ilmiötä, mutta tämän kaltainen käyttö kuitenkin lisää sinänsä turhaa sähkönkulutusta.

Sähkön laadun SFS-EN 50160 standardin mukaan (Mäkinen ym. 2007) 95 % jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvoista tulee olla välillä  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ . Tämä tarkoittaa, että pienjänniteverkossa toimivat laitteet ovat suunniteltu toimimaan samojen

jännitearvojen puitteissa. Aluksen pistorasiasta mitattu 194 V ei kuitenkaan mahdu näiden viitearvojen sisään. Jatkuva alhainen jännite aiheuttaa virran nousua, joka taas ylikuumentaa aluksella esimerkiksi jääkaappeja, mikroaaltouuneja ja kaikkia sähkömoottoreita. Pitkällä tähtäimellä liian alhainen jännite alentaa merkittävästi laitteiden käyttöikä ja esimerkiksi pöytätietokoneet eivät toimineet kuukautta pitempään tykkiveneen sähköjärjestelmässä. Työkoneiden, kuten kulmahiomakoneiden sähköt tuodaan tästä syystä maista erillisinä vetoina.

Sähköjen palautuessa sähkökatkon jälkeen on tykkiveneen venekannen maistaottokeskuksen kontaktori uudelleen kytkettävä, jotta sähköt saadaan alukseen. Vaikka sähkökatko kestäisi vain lyhyen ajan, aika aluksen sähkökatkoilmoituksesta henkilökunnan saapumiseen paikalle voi kestää hyvinkin pitkään. Etenkin talvella tämä voi aiheuttaa aluksen nopean sisätilojen nopean viilenemisen. Tämä käytäntö on kuitenkin välttämätön, jotta pystytään varmistamaan aluksen sähköjärjestelmän oikea ja turvallinen toiminta sitä takaisin kytkettäessä.

Aluksella olevista akustoista osa on vieläkin käytössä. Suunnitelman mukaan niitä korvattaisiin uusilla virtalähteillä, joilla tarvittavat toiminnot voitaisiin yhtä hyvin suorittaa.

#### 4.2 Vesi ja viemärointi

Veden syötön ja viemäroinnin muutostöissäkin on periaatteena ollut säilyttää sekä käyttää tykkiveneen alkuperäistä tekniikkaa mahdollisimman paljon. Alun perin aluksessa käytettiin makean veden lisäksi merivettä wc-istuinten huuhtelemiseen ja kaikki viemäri- ja vesijohdot johdettiin usean eri laitaventtiin kautta suoraan mereen. Kyseisten tekniikoiden ja niissä käytettyjen putkistojen laajamittainen käyttö museoidussa aluksessa oli kuitenkin käytännössä mahdotonta toteuttaa. Veden syöttö ja viemäriveden pois saanti koko aluksen vesijärjestelmästä olisi vaatinut suuria muutoksia aluksen rakenteisiin ja putkistoihin. Kustannusten ja tykkiveneen historiallisen arvon säilyttämiseksi päädyttiin ratkaisuun, jossa uusi vesijärjestelmä asennettiin vain osaan aluksen tiloista.

Keskilaivasta keulaan sekä perän pesutiloista kulkevat vesi- ja viemärintilinjat eivät ole enää käytössä. Käytöstä poistetut vesi- ja viemäriputket on jätetty katkaistuina tai sokeoituina paikoilleen.

Uudet käyttöveden ja viemäroinnin putket on johdettu alukseen kyljen läpivientien kautta entisen muonavaraston tiloihin. Muonavarastossa sijaitsee myös lämminvesivaraaja sekä septitankki. Läpivientien ympärillä on lämmityskaapelit, jotka kytketään talvikauden ajaksi päälle. Näin ehkäistään putkissa olevien vesien jäätyminen ilman ja teräsrungon jäähdyttäessä putkia voimakkaasti.

#### 4.2.1 Käyttövesi

Maista tuleva käyttövesilinja on vedetty muonavarastosta aluksen keittiöön. Keittiössä uudet vesiputket on liitetty alkuperäisiin vesiputkiin, jotka johtavat veden keittiövarastosta miehistön vessaan asti. Nämä muutokset tarkoittavat, että vesi- ja viemärijärjestelmät toimivat keittiön lisäksi miehistön-, sekä opistoupseerien/varusnaisten WC-tiloissa. WC-istuinten merivesiputki on katkaistu ja istuimien vesisäilöt on liitetty käyttövesijärjestelmään. Muonavarastosta on tämän linjan lisäksi vedetty kylmävesiputki aluksen venekannelle kansien pesua varten. Käyttöveden lämminvesiputki kiertää asevaraston kautta takaisin muonavarastoon.

#### 4.2.2 Viemärointi

Tykkiveneen alkuperäisestä viemäriinijasta voitiin käyttää vain lyhyet pääkannelta välikannelle menevät osat. Täysin uusi viemärointiputken osa pyrittiin näyttämään mahdollisimman paljon alkuperäisten putkien näköiseltä ja vedettiin suorana vetona muonavarastosta konevalvomon varastoon. Uusi viemäriputki menee kahden vesitiiviin laipion läpi, joten nämä muutokset yhdessä aluksen kyljen läpivientien kanssa lopullisesti ratkaisivat sen, että alus ei enää täytä merikelpoisuuden katsastuskriteerejä (Perämäki henkilökohtainen tiedonanto 21.04.2020).



Kuva 7. Uusi viemäriputkilinja dieselkonehuoneessa ja linjan läpivienti polttoöljysäiliön kautta muonavarastoon.

Septitankki, johon aluksen kaikki viemäriveresi lasketaan, toimii automaattisesti. Tankki pumpataan tyhjäksi kunnalliseen viemäriverkostoon aluksen kyljen läpiviennistä menevän putken kautta.

#### 4.2.3 Vesi- ja viemärintijärjestelmän ongelmat

Käyttöveden ongelmana on vedensekoittimista saatavan veden lämpötila. Kylmävesijohto on suunniteltava niin, että veden lämpötila on alle 20 °C, joka voi 8 tunnin käyttämättömän jakson jälkeen olla enintään 24 °C. Lämpimän veden lämpötila on oltava 55 ja 65 celsiusasteen välillä enintään 20 sekunnin juoksutuksen jälkeen (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017). Asetuksen lämpötilarajoilla pyritään estämään haitalliselle mikrobikasvulle otolliset olosuhteet. Tykkiveneen vedensekoittajista mitatut kylmän, sekä kuuman veden lämpötilat eivät täytä asetuksen raja-arvoja. Mitatut lämpötilat olivat hyvin lähellä toisiaan, kylmävesi 24 °C ja lämmin 20 sekunnin juoksutuksen jälkeen 30 °C. Kuuman veden kiertojärjestelmä ei jostain syystä ylläpidä lämpimän veden kiertoa. Vaikka aluksessa on 290 litran lämminvesivaraaja ja lämminvesikierto, ei sekoittajista saadun kuuman veden lämpötila eroa suuresti kylmän veden lämpötilasta. Vasta juoksuttamalla useita minutteja lämmintä vettä, putken alkupää alkoi kuumenemaan.

Käyttövesiputkilinja on vedetty samaan kapeaan ja matalaan kaivantoon kaukolämpöputkien kanssa. Kaivannon ollessa matala, on käyttövedelle asennettu vaatimusten mukaiset lämpösaattokaapelit, jotta vesi ei jäätyisi. Lämpösaattokaapelien sulakkeet ovat rannan sähköjakokaapeissa (Kuva 2. Sähköjakokaapit 1–3). Kaapelit ovat pääsääntöisesti toiminnassa koko talvikauden ja talvisin käyttövesiputkea myös lämmitetään aluksen kyljen molemmin puolin. Veden käyttö on aluksella melko vähäistä ja aluksen sisällä putket kulkevat sisätilojen katon rajassa. Nämä kaikki edellä mainitut seikat johtavat leutoina talvikeleinä siihen, että käyttövesi on lämmennyt putkessa hyvin pitkältä matkalta ja kylmän veden saanti edellyttäisi veden runsasta juoksuttamista.

Lämpösaattokaapelit kytkettiin kokeeksi pois päältä yhdeksi viikonlopuksi, jonka jälkeen kylmän veden lämpötilaksi mitattiin maanantaina 13 °C. Ilman lämpötila vaihteli kyseisenä viikonloppuna + 7,5 °C ja – 2,4 °C välillä (Ilmatieteen laitos 2020).

#### 4.2.4 Vesi- ja viemärintijärjestelmän kehitysehdotukset

Vaikka vesiputket ovat routarajan yläpuolella, on kylmän veden vaatimusten mukaisen lämpötilan saamiseksi hyvä suunnitella lämpösaattokaapelien käyttöajankohtaa. Ennen kaapelien kytkemistä pois päältä ja kylmän veden lämpötilan ollessa 24 °C, oli edellisen 30 vuorokauden lämpötiloista vain seitsemänä vuorokautena keskilämpötila alle 0 °C. Näistäkin alin oli vain - 2,9 °C (Ilmatieteen laitos 2020). Termostaattien hankintaa on lämpösaattokaapelien yhteyteen keskusteltu, mutta jälkikäteen näiden asentaminen ei kustannusten kannalta ole järkevää.

Aluksen lämmönvesivaraaja on teholtaan 3 kW ja tilavuudeltaan 290 litraa. Tykkiveneen toimivia vedensekoittajalla varustettuja vesipisteitä on kolme, joissa lämpimän veden käyttö rajoittuu lähinnä käsien pesuun ja tiskien tiskaamiseen.

Esimerkkilaskulla pyritään havainnollistamaan lämmönvesivaraajan kokoa:

Lähtötilanteiksi kylmävesiputken veden lämpötilaksi asetetaan 10 °C, jotta esimerkin tulos olisi vertailukelpoinen käyttövesijärjestelmän toimiessa sille tavoitelluissa lämpötilarajoissa. Pesuallashanan virtausnopeus on keskimäärin  $6 \frac{1}{\text{min}}$  ja tavoitelämpötilaksi asetetaan 30 °C. Lämminvesivaraajan koko on 290 litraa ja varaajan veden lämpötila 70 °C.

$$Q = m * c * \Delta T$$

Kaava 1. Lämminvesivaraajan lämpöenergian laskukaava (Tekniikan kaavasto 2015, 107).

$Q$	on veden lämpöenergia [J]
$m$	on veden massa [kg]
$c$	on veden ominaislämpökapasiteetti [ $4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$ ] (Tekniikan kaavasto 2015, 178)
$\Delta T$	on kylmäveden ja lämminvesivaraajan veden lämpötilaero [°C]

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} = q_m * c * \Delta T$$

Kaava 2. Lämminvesivaraajan lämpöenergian purkuun käytettävä kaava (Tekniikan kaavasto 2015, 99).

$Q$	on veden lämpöenergia [J]
$t$	aika [s]
$\dot{Q}$	on lämpöteho [ $\frac{J}{s}$ ]
$q_m$	on veden massavirta [ $\frac{kg}{s}$ ]
$c$	on veden ominaislämpökapasiteetti [ $4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ ]
$\Delta T$	on kylmäveden ja pesuallashanaveden lämpötilaero [ $^\circ C$ ]

Tavoitellun lämpöistä vettä saadaan siis ajallisesti,  $t = \frac{Q}{\dot{Q}}$

Vesijohtoveden ollessa 10 celsiusasteista, 30 celsiusasteista vettä saadaan

$$t = \frac{290 \text{ kg} * \cancel{4,19} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (70^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{\frac{6}{60} \frac{\text{kg}}{\text{s}} * \cancel{4,19} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (30^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}$$

$t = 8700$  sekuntia (2 tuntia ja 25 minuuttia), jolloin vedenkulutus on yhteensä

$$\frac{8700 \text{ s}}{60} * 6 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 870 \text{ litraa}$$

Jos arvioidaan keskimääräisen käsienpesun kestävän 10 sekuntia, riittäisi tykkiveneessä lämmintä vettä 870 vessassa kävijälle päivittäin.

Tekninen käyttöikä lämminvesivaraajille on 20 vuotta (LVI-Keskusliitto 2008). Tykkiveneen lämminvesivaraaja on otettu käyttöön aluksen museoinnin yhteydessä 2002, joten se on käyttöikänsä loppupuolella. Nykyisestä 290 litran varaajasta on jo vaihdettu vasutukset, termostaatti ja venttiilit useaan kertaan, joten seuraavan vian ilmetessä olisi hyvä harkita uuden lämminvesivaraajan hankintaa. Suuren varaajan käyttöä on perusteltu kattamaan kesäkausien kävijämääriltään huippupäivien vedenkäyttö sekä toimimaan talvella myös lämmittimenä. Pienempi varaaja olisi kuitenkin halvempi niin hankinta-, kuin ylläpitokustannuksiltaan, riittäisi talvikaudella henkilökunnan käyttöön ja myös todennäköisesti valtaosaan kesäkauden aukiolopäivistä. Vaikka varaajan hankintahinta on merkittävä kustannuserä verrattuna käytön aikaisiin kuluihin, voisi harkita myös mahdollisuutta korvata lämminvesivaraaja kaukolämmön alajakokeskuksella, josta kesäkausina olisi lämmityspuoli suljettuna. Alajakokeskuksen avulla veden lämmitys tapahtuisi kaukolämmön avulla, eikä siitä aiheutuisi ylimääräistä sähkönkulutusta.

Siksi olisi hyvä pohtia onko hyvin eristetty varaaja tykkiveneen tilojen lämmitykseen järkevä, tai haittaako museovieraita museoaluksen vessan käsienvesiveden mahdollisesti liian alhainen lämpötila.

#### 4.3 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmät

Tykkiveneen ilmanvaihto hoidetaan sen alkuperäisellä painetuuletusjärjestelmällä. Kolmesta keskuspainetuuletuksesta kaksi sijaitsee keulan tuuletuskeskus 1:ssä ja yksi perän tuuletuskeskus 2:ssa. Ennen tykkiveneen museoimista keskuspainetuulettimien ilmaa lämmitettiin tarvittaessa sähkövastuksilla. Sähkövastusten sijainti heti kanakaiden ilmansuodattimien jälkeen aiheutti tulipaloriskin, etenkin kun tuulettimet kytkettiin pois päältä vastusten vielä hehkuessa kuumina. Suuren sähkönkulutuksen ja tulipaloriskin takia ei sähkövastusten käyttö ollut järkevää museoidussa aluksessa. Keskuspainetuulettimien lisäksi tykkiveneellä on kymmeniä edelleen toiminnassa olevia lämpöpattereita tehoiltaan 300 - 1000 wattia. Aluksen ollessa toimintakuntoinen, dieselkoneet lämmittivät tehokkaasti peräpäässä sijaitsevia tiloja. Tämän seurauksena kyseisten tilojen lämmitykseen ei ollut valmista, museoaluksessa toimivaa ratkaisua näiden tilojen johtaessa kylmää vedestä. (Perämäki henkilökohtainen tiedonanto 21.04.2020)

Museoinnin muutostöiden yhteydessä päädyttiin ratkaisuun, jossa keskuspainetuulettimien sähkövastukset korvattiin Forum Marinum sisäisen kaukolämpöpiirin lämmönvaihtimilla. Tämä ratkaisu osoittautui hyväksi aluksen alkuperäisten osien ja rakenteiden säilymisen kannalta. Kaukolämpöputkille tarvittavat linjat muonavarastosta tuuletuskeskuksille jouduttiin kuitenkin vetämään rakenteiden läpi useasta kohtaa.



Kuva 8. Kaukolämpöputkien läpivienti panssaroidusta seinästä.

Sähköllä toimivien lämpöpatterien ja keskuspainetuulettimien lämmönvaihtimien lisäksi tykkiveneen venekannella on yksi ilmalämpöpumppu jolla pyritään lämmittämään aluksen perässä sijaitsevia vessoja sekä miehistö-/opistoupseerimessisiä. Ilmalämpöpumppu on hankittu tilojen talviaikaiseen lämmitykseen, eikä sen viilennysteho riitä kattamaan edes messitiloja. Kesän kuumimpina päivinä alusta viilennetään avaamalla mahdollisimman paljon luukkuja ilmanvaihdon parantamiseksi.

Vaikka osaan tykkiveneen tiloista on pääsy estetty, on avoinna olevat tilat suunniteltu siten, että ilman vaihtuvuus on niissä riittävää myös isompien yleisömaarien vieraillessa aluksella.

#### 4.3.1 Ilmanvaihto ja lämmitysjärjestelmien ongelmat

Keskuspainetuulettimien lämmönvaihtimet piti suunnitella sopimaan entisten sähkövastusten paikalle, joten lämmönvaihtimen ulkomittoihin ei voitu vaikuttaa. Kaikkien kolmen



tykkiveneeseen vaihdettujen lämmönvaihtimen lämmitystehoksi on valmistaja ilmoittanut 39.9 kW. Teho on laskettu tuloilman ollessa 5 °C, menoilma sisätiloihin 40 °C ja vaihtimen läpi virratessa ilmaa  $0,95 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ . Kaukolämpöveden tulolämpötilaksi on määritelty silloin 80 °C, jolloin paluuveden pitäisi olla 45 °C. Kaukolämmöllä toimivat lämmönvaihtimet korvasivat maksimitehoiltaan 52,5 kW:n ja kaksi 42 kW:n sähkövastusta. Tämä tarkoittaa, että lämmönvaihtimien toimiessa niiden valmistajan ilmoittamilla arvoilla, vastaisivat ne tehoiltaan korvattujen sähkövastusten käyttöä lähes täydellä teholla. Lämmönvaihtimet eivät kuitenkaan lämmitä tiloja toivotulla tavalla. Kaukolämmön tulo- ja paluuesien lämpötilaero on talvisin alle 10 °C, josta voidaan päätellä joko nesteen tilavuusvirran olevan hyvin suuri, tai lämpö ei siirry lämmittämään tykkiveneen tuloilmaa. Kumpikaan vaihtoehto ei ole lämmönvaihtimen kestävä ja taloudellisen toiminnan kannalta suotuisa.

Kyseisten ongelmien seurauksena tykkiveneestä tuleva, liian vähän jäähtynyt neste ei myöskään jäähdytä Forum Marinumin lämmönvaihtimen kaukolämmön paluuvettä. Kaukolämmön meno- ja paluuesien liian pienen lämpötilaeron takia kaukolämmön toimittaja haluaisi alentaa Forum Marinumiin tulevaa sopimusvesivirtaa. Kaukolämmön hinta lasketaan sopimusvesivirrasta (Turku Energia 2016), joten tämän alentaminen toisi mahdollisesti kustannussäästöjä. Se ei kuitenkaan poistaisi tykkiveneen lämmityksen ongelmia.

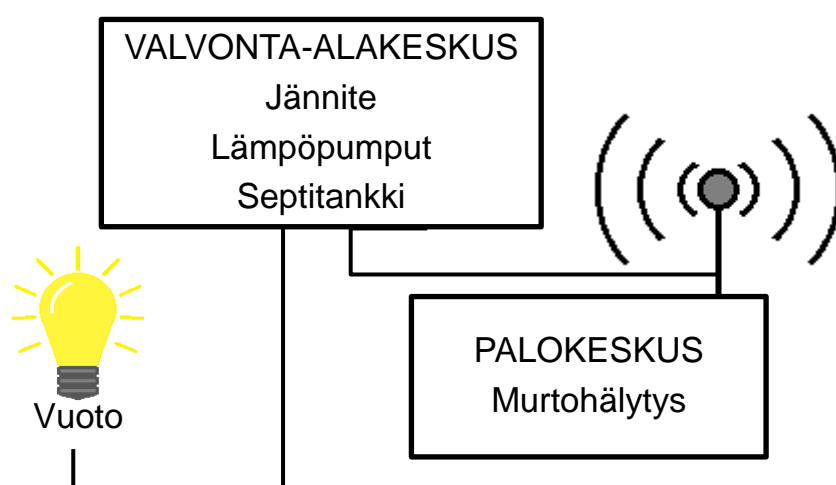


Kuva 9. Vasemmalla sähkövastusten paikalle asennettu lämmönvaihdin.

Talvikausina ongelmana on myös ollut kovilla pakkasilla se, että tykkiveneelle tulevan kaukolämmön lämpötila on huomattavasti alhaisempi, kuin mitä Forum Marinumin lämmönsiirtimestä aluksille lähtevän kaukolämpöveden lämpötila. Kaukolämpöveden kierrossa meno- ja paluuputkien paine-eron pitäisi kriittisimmillään asiakkailta olla vähintään 0,6 bar, jotta virtaus on tarpeeksi tehokas (Energiateollisuus ry 2011). Tykkivene on Forum Marinumin omassa kaukolämpöjärjestelmässä kaikkein uloimpana, joten kyseinen seikka voi aiheuttaa liian pienen virtauksen tykkiveneeseen. Tykkiveneen kaukolämpöputkien paine-eroon ei ole mittareita, joten riittävää virtausta ei pystytä todentamaan. Kaukolämpöputkien asennus hyvin lähelle maan pintaa myös selvästi jäädyttää kaukolämpövettä. Liian pieni virtaus olisi kuitenkin ristiriidassa edellä mainittujen lämmönvaihtimien ongelmien kanssa.

#### 4.4 Valvonta ja hälytysjärjestelmät

Alun perin tykkiveneen hälytysten valvonnasta vastasi aluksella oleva henkilökunta, mutta museoituna aluksen valvonta on hoidettu etävalvontana. Suurin osa järjestelmästä kytketty pois päältä, esimerkiksi dieselkoneiden sekä eri käyttöjärjestelmien toiminnan valvonta. Aluksen alkuperäisistä hälytysjärjestelmistä on vielä toiminnassa murto- ja vuotohälytys. Museoinnin yhteydessä on lisätty jännitehäiriö-, palohälytys, sisätiloihin liikkeen tunnistimet murtohälytyksen ovisensorien yhteyteen, septitankin vikahälytys sekä hälytysjärjestelmän laitevikatunnistus.



Kuva 10. Valvonta- ja hälytysjärjestelmien toimintaperiaate.

Vuotohälytyksen toiminta muutettiin toimimaan siten, että konehuoneen valvontakeskuksen vuotohälytyksen aktivoivasta releestä johdettiin silmukka muonavaraston valvonta-alakeskukseen. Samassa keskuksessa sijaitsee myös laitevian, jännitehäiriön, lämpöpumppujen ja septitankin hälytysmoduulit. Valvonta-alakeskuksen hälytykset käyttävät kansivarasto 1. sisällä sijaitsevan palokeskuksen lähetintä, jolla tiedot välitetään Forum Marinumin järjestelmän kautta pelastuslaitokselle, vartiointiyritykselle tai Forum Marinumin huoltomestarille riippuen hälytyksen aiheesta. Palokeskuksen yhteydessä on myös murtohälytysyksikkö. Palokeskuksen lähetintä käyttää näiden lisäksi tykkiveneen vieressä olevan miinalaiva Keihässalmen hälytysjärjestelmä. (Ilola henkilökohtainen tiedonanto 27.04.2020)

## 4.5 Muut työt

### 4.5.1 Lisäeristys

Tykkiveneen museoinnin jälkeen lämmityskulujen alentamiseksi on venekannen varastoihin asennettu lisäeristys. Eristämisellä myös ehkäistään varastotiloihin mahdollisesti kondensoituvan veden muodostumista. Talvikaudeksi aluksen kansiluukkuihin asennetaan Finnfoam-eristeet.

### 4.5.2 Korroosion esto

Korroosioksi kutsutaan materiaalin kemiallista, tai sähkökemiallista reaktiota ympäristönsä kanssa. Näiden reaktioiden seurauksena materiaali usein menettää siltä vaadittuja tärkeitä ominaisuuksia. (Koivisto ym. 2014)

Korroosion perussyynä on materiaalien pyrkimys palautumaan tilaan, jossa ne luonnossa esiintyvät. Teräksen kohdalla tämä tarkoittaa ruostumista, jossa hiilen avulla pelkistetty rauta pyrkii palautumaan takaisin rautaoksideiksi. Kemiallisessa korroosiossa metallin omat potentiaalierot yhdessä sitä syövyttävän yhdisteeseen kanssa ruostuttavat pintaa tasaisesti. Sähkökemiallisen korroosion edellytyksenä on, että materiaalit ovat sähköisessä kosketuksessa toisiinsa, metalleilla on eri sähköpotentiaali ja materiaalit ovat sähköä johtavassa liuoksessa, toisin sanoen elektrolyytissä. Sähkökemiallista korroosiota kutsutaan yleisesti myös galvaaniseksi korroosioksi.

Jokaisen huoltotelakoinnin yhteydessä tarkastetaan rungon vedenalaisia rakenteita suojaavien sinkkianodien kunto. Raudan normaalipotentiaalilla ollessa  $-0,79$  V ja sinkin  $-1,05$  V, suojaa sinkki epäjalompana metallina runkoa. Pinta-alaltaan suurikokoinen pronssinen keskipotkuri on poistettu korroosion minimoimiseksi. Sinkkianodien sijoittamisessa runkoon käytetään periaatetta, että jokaisella sinkkianodilla pitää olla suora ”näköyhteys” seuraavaan anodiin. Sinkkianodien kokonaisuudessa on suunnilleen sama, kuin mitä käytössä olevilla aluksilla, mutta tykkiveneessä käytetään kappalemääräisesti useampaa sinkkianodia, jotka kuitenkin ovat kooltaan pienempiä. (Mattila henkilökohtainen tiedonanto 13.04.2020)

Vaikka tykkiveneessä on niin sanottu kelluva sähköjärjestelmä ja maista otettava sähkö käyttää tätä järjestelmää hyväkseen, voi alukseen kytketty maasähkö aiheuttaa etenkin

aluksen sähkölaitteiden vikatilanteissa huomattavaa galvaanista korroosiota. Tämän ehkäisemiseksi tykkiveneessä, jossa kelluvan sähköjärjestelmän takia nollajohdinta ei käytetä, mahdolliset sähköpotentiaalierot on pyritty estämään lisäämällä erilliset maadoituskaapelit tykkiveneen runkoon. Vikatilanteissa potentiaalierot ympäröivien kohteiden kanssa voivat kasvaa hyvinkin suuriksi, joka tarkoittaa myös nopeaa korroosiota. (Aaltonen henkilökohtainen tiedonanto 30.03.2020)

Elektrolyytinä toimivan Aurajoen veden virtaus ja epäpuhtaudet kasvattavat sen sähköjohtavuutta. Silti esimerkiksi Itämeren, joka sekin lasketaan murtovedeksi, sähköjohtavuus noin 17-kertainen verrattuna tykkiveneen sijoituspaikasta helmikuussa 2018 mitattuun  $58 \frac{\text{mS}}{\text{m}}$  arvoon (Lounais-Suomen vesi ja ympäristötutkimus Oy 2018). Sähköjohtavuus Aurajoessa on yleensä alimmillaan talvikuukausina, mutta silti voidaan todeta Aurajokisuun sähköjohtavuuden olevan alhainen verrattuna meriveteen.

Edellä mainituilla toimenpiteillä ja Aurajoen vähäisellä sähköjohtavuudella on saatu rungon vedenalaisten osien korrosio hyvin hallintaan ja sähkölaitteiden vikatilanteiden aiheuttamat mahdolliset ongelmat ehkäistyä. Tykkiveneen huoltotelakointivälin ollessa kymmenen vuotta, ovat nämä ennalta ehkäisevät toimenpiteet korroosion estossa erittäin tärkeitä. Pitkän huoltotelakointivälin takia myös vedenalaisten osien maalit on valittu ominaisuuksiensa, eikä hinnan mukaan. Pitkällä tähtäimellä ennalta ehkäisevä ajattelumalli tuo tässäkin asiassa kustannushyötyä.

#### 4.5.3 Kondenssiveden hallinta

Lämmin ilma pystyy sitomaan itseensä määrällisesti enemmän kosteutta, kuin mitä kylmä ilma. Tämä aiheuttaa kosteuden tiivistymistä vesipisaroiksi paikoissa, jossa lämmin ilma on kosketuksissa kylmien materiaalien kanssa. Kosteuden tiivistyminen ja kosteuden määrä riippuu lämpötilaeroista sekä ilman kosteusprosentista.



Kuva 11. Kondenssiveden aiheuttamia vaurioita syvyyspommivarastossa.

Tykkiveneen runko on välikannen kohdalta osittain jo veden alla, joten vesi jäädyttää tehokkaasti näitä teräspintoja. Tämän takia lämmin sisäilma kondensoituu helposti vesirajassa välikannen rungon seinämiin. Kosteuden kondensoitumista pyritään estämään tuulettamalla välikannen tiloja tehokkaasti, mutta ruostuminen on edelleen ongelmana etenkin vaikeapääsyisissä tiloissa. Tykkiveneen välikannella on myös tiloja, joihin pidetään kulkureittien luukut pääsääntöisesti kiinni. Ennen näihin tiloihin menoa on varmistettava riittävä tuuletus, koska ruostuminen kuluttaa happea tehokkaasti.

## 5 POHDINTAA

Tykkivene Karjalan museointiprosessin lähtökohtana oli staattisesti säilytettävä alus, joka toimisi myös henkilökunnan sosiaaliloina. Museoalukseksi poikkeuksellisen käyttötarkoituksen takia tietoa ja kokemuksia vaadituista muutostöistä oli niukasti saatavilla. Tämä tarkoitti, että nopealla aikataululla ratkaistiin monia haasteita, joihin ei ollut valmista toteutusmallia sekä pyrittiin löytämään osaavaa työvoimaa toteuttamaan nämä ratkaisut yhdessä tykkiveneen henkilökunnan kanssa.

Museoinnista on tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa kulunut jo 18 vuotta, joten vähintään nyt voidaan tarkastella ratkaisujen toimivuutta ja pohtia mahdollisia vaihtoehtoja niiden tilalle. Tykkiveneen ylläpidon suurimpana haasteena on tälläkin hetkellä se, ettei eri alojen ammattilaisten museointivaiheessa tehdyt laskelmat ja päätelmät toimineetkaan suunnitellulla tavalla. Näistä esimerkkinä lämmönvaihtimet, sekä aluksille tulevien putkistojen erinäiset ongelmat. Lämmönvaihtimien tehon pitäisi riittää tykkiveneen lämmitämiseen, mutta käytäntö on osoittanut vaihtimen säädön valmistajan ilmoittamiin arvoihin jos ei mahdottomaksi, niin ainakin erittäin haasteelliseksi. Samoin putkistojen vedot on tehty täysin niille vaadittujen mitoitusmukaisesti, mutta silti Forum Marinumien sisäisen kierron kaukolämpöveden lämpötilat, sekä mahdollisesti putkistojen paineet eivät vastaa tavoiteltuja arvoja. Opinnäytetyö toivon mukaan antaa ajatuksia näiden ongelmien ymmärtämiseksi.

Ongelmista huolimatta tykkivene on palvellut Forum Marinumien henkilökuntaa ja museovieraita jo lähes kahdenkymmenen vuoden ajan, eikä esimerkiksi ylimääräisiä huoltotela-kointeja ole tämän ajanjakson aikana tarvinnut suorittaa. Ongelmien suuruudet eivät siis ole sitä suuruusluokkaa, etteikö toimintaa pystyttäisi jatkamaan museointiperiaatteen mukaisesti pitkälle tulevaisuuteen. Näin ollen mahdollisissa muutos- ja korjaustoimenpiteissä on syytä pohtia toimenpiteiden vaikutuksia kokonaisvaltaisesti ennen lopullisten päätösten tekemistä.

## LÄHTEET

Aaltonen S. 2020. Sähkötarkastaja, Tukes. Tiedonanto 30.03.2020.

Auvinen, V., Laurell, S. & Säteri, K. 1980. Leijonalippu merellä. Lieto; Turku: Etelä-Suomen Kustannus Oy.

Energiateollisuus ry 2011. Kaukolämpöverkon pumppausjärjestelyt. Suositus L10/2011. Viitattu 09.04.2020. Saatavilla osoitteessa [https://energia.fi/files/673/SuositusL10\\_2011\\_Pumppaus.pdf](https://energia.fi/files/673/SuositusL10_2011_Pumppaus.pdf)

Forum Marinumin www-sivut. Viitattu 17.03.2020. <http://www.forum-marinum.fi/fi/>

Ilmatieteen laitos 2020. Viimeisen 30 vuorokauden sää Turussa. Viitattu 06.04.2020, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/viimeisen-30-vrk-saa>

Ilola P. 2020. Museovahtimestari, Forum Marinum -säätio. Tiedonanto 27.04.2020.

Järviö, J. 2004. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10. 2. painos. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Kallberg, U. 2012. Laiva, yhteisö, merkitys ja kulttuuriperintö. Teoksessa Aartomaa, J. & Kunttu, T-T. 2012. (toim.) Laiva on lastattu tiedolla. Vanhat alukset historian lähteinä. Nautica Fennica 2011–2012. Tampere: Tammerprint Oy.

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2014. Konetekniikan Materiaalioppi. Porvoo. Bookwell Oy.

Kunttu, T-T. 2012. Tapaus Axel von Fersen, eli kuinka paljon ilmainen maksaa. Teoksessa Aartomaa, J. & Kunttu, T-T. 2012. (toim.) Laiva on lastattu tiedolla. Vanhat alukset historian lähteinä. Nautica Fennica 2011–2012, 64. Tampere: Tammerprint Oy.

Lounais-Suomen vesi ja ympäristötutkimus Oy 2018. Bakteeritilanteen kartoituksen jatko tammi-helmikuun vaihteessa 2018 Ispoisten talviuintipaikan hygieeniste haittojen vuoksi. Raportti nro 545/301-18-1223. Viitattu 20.03.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa [http://www.turunvesihuolto.fi/sites/default/files/atoms/files//bakteeritilanteen\\_kartoitus\\_tammi-helmikuun\\_vaihte\\_2018\\_id\\_39221.pdf](http://www.turunvesihuolto.fi/sites/default/files/atoms/files//bakteeritilanteen_kartoitus_tammi-helmikuun_vaihte_2018_id_39221.pdf)

LVI-Keskusliitto 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset. Viitattu 12.04.2020. Saatavilla osoitteessa <https://kotiapp.fi/wp-content/uploads/2019/04/KH-90-00403.pdf>

Mattila P. 2020. Huoltomestari, Forum Marinum -säätio. Tiedonanto 13.04.2020.

Motiva Oy 2016. Energiatehokas lämmönsiirto. Viitattu 15.04.2020. Saatavilla osoitteessa [https://www.motiva.fi/files/11106/Energiatehokas\\_lammonsiirto.pdf](https://www.motiva.fi/files/11106/Energiatehokas_lammonsiirto.pdf)

Mäkinen, A., Nikander, A. & Pylvänäinen, J. 2007. Sähköverkkojen häiriöiden ja sähkölaitteiden yhteensopivuuden hallinta. Tampere. Viitattu 19.03.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa [https://energia.fi/files/878/Sahkoverkkojen\\_hairioiden\\_ja\\_sahkolaitteiden\\_yhteensopivuuden\\_hallinta.pdf](https://energia.fi/files/878/Sahkoverkkojen_hairioiden_ja_sahkolaitteiden_yhteensopivuuden_hallinta.pdf)

Perämäki V-M. 2020. Kapteeniluutnantti evp., Konepäällikkö, Ylikonemestari & Työnjohtaja. Tiedonanto 21.04.2020

Sipilä, P., Matikka, H. & Wirrankoski, R. 2019. Kelluva kulttuuriperintö. Suomen historialliset laivat. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

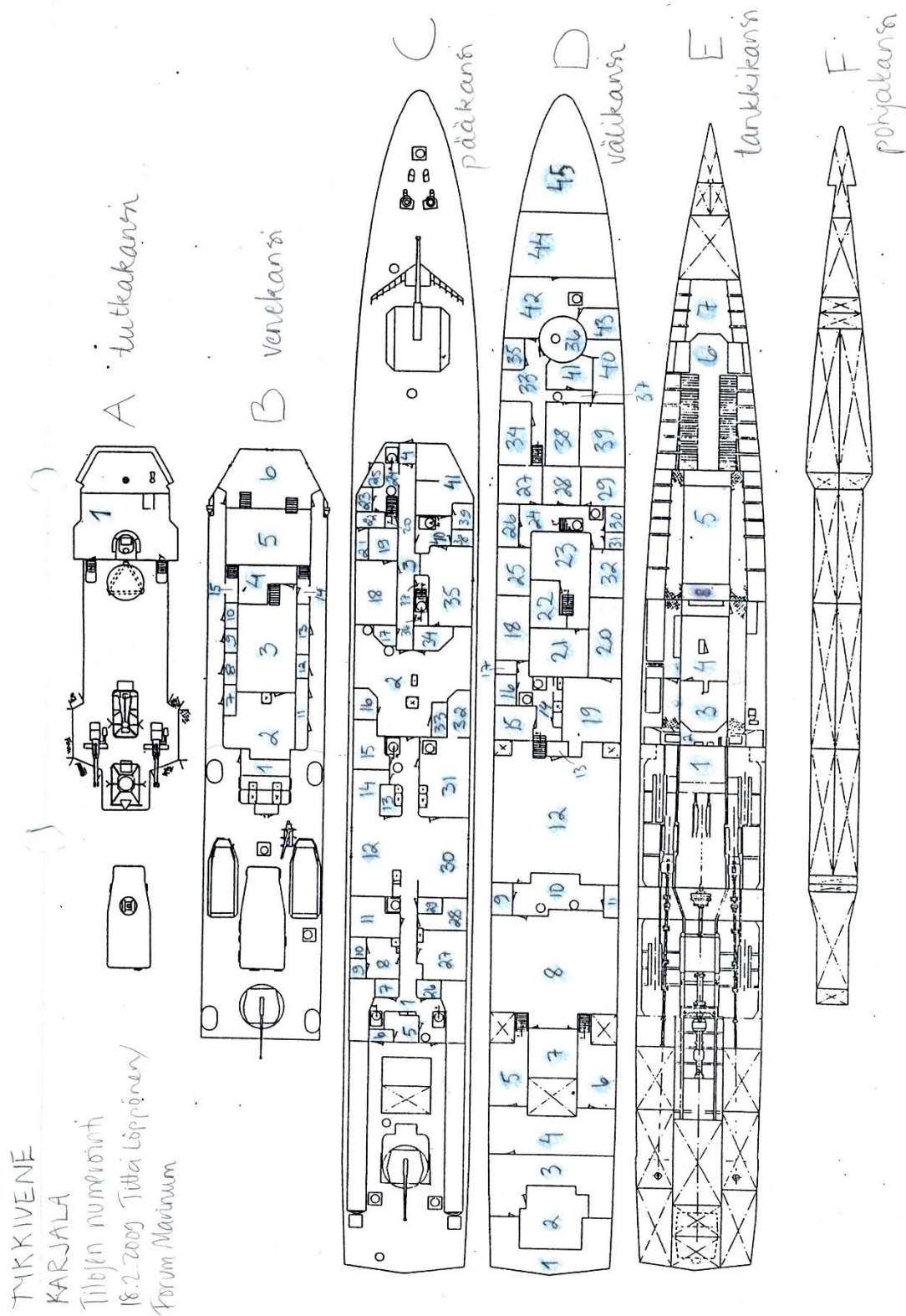
Tikka, J. 2011. Laivojen museointi ja ylläpidon järjestäminen. Teoksessa Tikka, J., Meronen, A. & Kallberg, U. 2011. (toim.) Forum Marinum VUOSIKIRJA 2011. Raisio: Newprint Oy.



Turku Energia Oy 2016. Kaukolämmön liittymis- ja myyntiehdot. Viitattu 09.04.2020. Saatavilla osoitteessa [https://www.turkuenergia.fi/wp-content/uploads/2016/10/Kaukolammon\\_sopimusehdot\\_01012011.pdf](https://www.turkuenergia.fi/wp-content/uploads/2016/10/Kaukolammon_sopimusehdot_01012011.pdf)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017. Annettu Helsingissä 22.12.2017. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

# Tykkivene Karjala tilojen numerointi



**Karjala, tilojen numerointi**

A	Tutkakansi
B	Venekansi
C	Pääkansi
D	Välikansi
E	Tankkikansi
F	Pohjakansi

A1	Avo-ohjaamo eli silta
----	-----------------------

B1	Tuuletuslaitihuone
B2	Tutkahuone 2
B3	Taistelukeskus
B4	Tutkahuone 1
B5	Tuuletuskeskus 1
B6	Ohjaamo
B7	Venetarvikevarasto
B8	Maalivarasto
B9	Maalivarasto
B10	Kansivarasto
B11	Suojapalveluvarasto
B12	Suojapalveluvarasto 2
B13	Ammusvarasto 5
B14	Sillan porrashuone oikea
B15	Sillan porrashuone vasen

C1	Messikäytävä
C2	Asetila
C3	Keulakäytävä
C4	Vahtipaikka
C5	Miehistön pesuhuone
C6	Miehistön suihku ja puhdistusasema
C7	Hyrrähuone

C8	Sähköpaja
C9	Akkuhuone 2
C10	Sähkötarvikevarasto
C11	Tuuletuskeskus 2
C12	Opistoupseerimessi
C13	Opistoupseeripentteri
C14	Lääkintähuone
C15	Toimisto
C16	Suojapalveluvarasto
C17	Radiotarvikevarasto
C18	Radiohytti
C19	Radiolaitihuone
C20	Ohjaamon porrashuone
C21	Akkuhuone
C22	Opistoupseerien WC
C23	Miehistön WC
C24	Aula
C25	Tarvikevarasto
C26	Kansivarasto 1
C27	3 Varasto (Ammustarvikevarasto)
C28	Miehistön WC
C29	Opistoupseerien ja varusnaisten WC
C30	Miehistömessi
C31	Keittiö
C32	Keittiövarasto
C33	Kanttiini
C34	Upseeripentteri
C35	Upseerimessi
C36	Osastonjohtokeskuksen porrashuone
C37	Taistelukeskuksen porrashuone
C38	Upseerien WC
C39	Päällikön pesuhuone
C40	Aula
C41	Päällikön hytti
C42	Tykkitori

D1	Syvyyspommivarasto
D2	Ammusvarasto
D3	Peräsinkonehuone
D4	Miehistöhytti
D5	Miehistöhytti
D6	Miehistöhytti
D7	Kaasugeneraattorihuone
D8	Turbiinikonehuone
D9	Konepaja
D10	Valvontakeskus
D11	Konevarasto
D12	Dieselmekaniikka
D13	Akkuhuone
D14	Käytävä
D15	Opistoupseerien hytti
D16	Opistoupseerien pesuhuone
D17	Siivousvälinevarasto
D18	Opistoupseerien hytti
D19	Muonavarasto
D20	Jäähdytys
D21	Sukellusvenetorjuntakeskus
D22	Laivueen hytti
D23	Osastonjohtokeskus
D24	Upseeriosaston käytävä
D25	Upseerihytti 5
D26	Upseeriosaston pesuhuone
D27	Upseerihytti 3
D28	Upseerihytti 2
D29	Upseerihytti 1
D30	Varasto
D31	Arkisto
D32	Laivueen komentajan hytti
D33	Keulan miehistö- ja opistoupseeri- osaston käytävä
D34	Opistoupseerihytti 4
D35	Siivousvälinevarasto
D36	Tykin käyttöhuone

D37	Keulan opistoupseeriosaston käytävä
D38	Opistoupseerihytti 3
D39	Opistoupseerihytti 2
D40	Opistoupseerien pesuhuone
D41	Opistoupseerihytti 1
D42	Miehistöhytti 2
D43	Miehistön pesuhuone, pesuhuone 1
D44	Miehistöhytti 1
D45	Keulavarasto

E1	Venttiilikeskus
E2	Vakaintila, Konetarvikevarasto, Varusvarasto ja Kompressoritila
E3	Ammustarvikevarasto
E4	Rakettivarasto
E5	Laitahuone 1
E6	Ammusvarasto 1
E7	Kaikumittaus- eli kantahuone
E8	Hydroforihuone