

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio  
2014

Pasi Lehto

# LAIVA-AUTOMAATION SUUNNITTELUN OHJEISTUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2014 | 40

Timo Vaskikari, koulutuspäällikkö, Turun Ammattikorkeakoulu  
Raimo Piispanen, project manager, Electrical ship, Elomatic Oy

Pasi Lehto

# LAIVA-AUTOMAATION SUUNNITTELUN OHJEISTUS

Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia tukena laiva-automaatiosuunnittelulle ja ohjata käyttäjää tekemään automaatiosuunnittelua laivateollisuudessa. Työ toteutetaan Elomatic Oy:n tehtävänantona.

Työssä käydään ensin läpi laiva-automaation rakennetta sekä kehitystä ja kerrotaan tietoja laitteiston valintaprosessista. Automaatiosuunnittelun ohjeistuksen tueksi työssä on käsitelty standardeja sekä tärkeimpiä järjestelmiä, jotka liittyvät automaatioon. Lopuksi on annettu yleinen ohjeistus laiva-automaation suunnittelua varten. Automaatioon kuuluvat piirustukset ovat telakkakohtaisia. Työssä ei käsitellä ohjelmistoa

Työtä varten on kerätty tietoa alan kirjallisuudesta, tehty haastatteluja sekä pidetty palavereita järjestelmätoimittajien kanssa. Lisäksi tietoa on kerätty järjestelmätoimittajien edustajilta sähköpostilla. Myös telakoilta on saatu hyödyllistä tietoa suunnittelua varten.

Työn tuloksena on saatu aikaan yleinen ohjeistus laiva-automaation suunnittelulle. Lisäksi työn avulla saa käsityksen erilaisten järjestelmien toiminnasta, automaation rakenteesta ja komponenttien valinnasta.

## ASIASANAT:

Opinnäytetyö, laivat, automaatio, suunnittelu, ohjeet, järjestelmä, toimittajat, telakat, ohjelmistot, kirjallisuus, sähköposti

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Machine automation

2014 | 40

Instructors: Timo Vaskikari, Programme Manager, Turku University of Applied Sciences  
Raimo Piispanen, Project Manager, Electrical ship, Elomatic Ltd

Pasi Lehto

## INSTRUCTIONS FOR SHIP AUTOMATION DESIGN

The purpose of this thesis was to support the ship automation design and guide a user in the automation design of the marine industry. Elomatic Ltd is the client for this thesis.

The first section of the thesis handles the structure and development of ship automation. It also describes the equipment selection process. For the support of automation design guidelines the thesis discusses standardization and the most important systems related to automation. General instructions for ship automation design are presented in the final section. This thesis does not discuss software design.

Information for the thesis was collected from literature, interviews and meetings with systems suppliers. The information was also collected via email and from ship yards.

The result of the thesis was a set of instructions for ship automation design which designers can use in the future.

### KEYWORDS:

thesis, automation, design, system, standardization, marine, industry, literature, interview, meeting, email, ship yard, supplier.

# SISÄLTÖ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>                          | <b>5</b>  |
| <b>1 JOHDANTO</b>                                  | <b>6</b>  |
| <b>2 LAIVA-AUTOMAATIO</b>                          | <b>8</b>  |
| 2.1 Kehitys  | 8         |
| 2.2 Mitoitus                                       | 9         |
| 2.3 Rakenne  | 11        |
| <b>3 MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA DIREKTIIVIT</b>     | <b>16</b> |
| <b>4 LAIVA-AUTOMAATIOON LIITTYVÄT JÄRJESTELMÄT</b> | <b>19</b> |
| 4.1 Propulsio                                      | 19        |
| 4.2 Power Management System                        | 21        |
| 4.3 Koneistojärjestelmät                           | 23        |
| 4.4 HVAC   | 25        |
| <b>5 LAIVA-AUTOMAATION SUUNNITTELUN OHJEISTUS</b>  | <b>27</b> |
| 5.1 Projektisuunnittelu (Project Design)           | 27        |
| 5.2 Konseptisuunnittelu                            | 28        |
| 5.3 Perussuunnittelu                               | 31        |
| 5.4 Työkuvasuunnittelu                             | 34        |
| <b>6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT</b>                   | <b>38</b> |
| <b>LÄHTEET</b>                                     | <b>40</b> |

## KÄYTETYT LYHENTEET

|           |  |
|-----------|--|
| IAS       | Laiva-automaatiojärjestelmästä käytettävä nimitys. (Integrated Automation System)  |
| I/O       | Tulot ja lähdöt (Input/Output)   |
| RP        | Luokkamerkki, joka vaatii kahdennetun propulsion. (Redundant Propulsion)   |
| SRTP      | Luokkamerkki, joka vaatii, että onnettomuuden sattuessa alus selviytyy lähimpään satmaan omin avuin. (Safe Return To Port)     |
| ECR       | Konevalvomo. (Engine Control Room).  |
| RTU/TCP   | Modbus protokollan mukaiset väylärakenteet.  |
| RS-485    | Sarjaliikenneväylän protokolla.  |
| DIN-kisko | Standardimitoitettu kisko, johon komponentit asennetaan  |
| OLM       | Kenttäväylän osa, jossa laitteet yhdistetään renkaaseen optisella kaapeloinnilla. (Optical Link Module).                       |
| SOLAS     | Laivarakennuksen pääsäännöstö, jonka tehtävänä turvata ihmishenkiä merellä. (Safety Of Life At Sea).                           |
| ATEX      | Räjähdyturvallisuusdirektiivi. (Atmosphere Explosive)  |
| SFS/ISO   | Standardointiorganisaatiot. (Suomen Standardisoimisliitto/International Standardization Organization).                         |
| IMO       | Kansainvälinen Merenkulkujärjestö. (International Maritime Organization).  |
| MCC       | Moottorihajauskeskus. (Motor Control Central)  |
| HVAC      | Heating, Ventilation and Air Conditioning  |
| AHU       | Ilmankäsittely-yksikkö. (Air Handling Unit)  |
| FCU       | Puhallinkonvektori. (Fan-Coil Unit)  |
| PLC       | Ohjelmoitava logiikka. (Programmable Logic Controller)   |
| MIMICS    | Operointiaseman viestinnässä käytetyt graafiset kuvat.   |
| VDU       | Operointiaseman näyttöpäätte (Visual Display Unit)   |
| TAG       | Automaation sisäinen osoitetunnus.   |
| LNG       | Uuden ajan polttoaine, joka on paljon ympäristöystävällisempi kuin polttoöljy. Tulevaisuuden kehitystuote moottoritekniikassa. |

# 1 JOHDANTO

Elomatic Oy on tehnyt laivasuunnittelua vuodesta 1970 lähtien (Elomatic Ltd. 2013). Elomaticille on kuitenkin ilmentynyt tarve päivittää tietämystään laiva-automaatiosta voidakseen myös tulevaisuudessa tarjota asiakkailleen laiva-automaation suunnittelua. Tästä syystä Elomatic:illa on tarvetta opinnäytetyölle, joka käsittelee laiva-automaation kenttäsuunnittelua. (R. Piispanen, J. Åberg, A. Jokinen, T. Luoma, henkilökohtainen tiedonanto, 25.9.2013.)

Laiva-automaatio elää jatkuvasti eräänlaisessa murrosvaiheessa. Uusinta teknologiaa automaation osalta on laivoissa harvoin, mutta meriteollisuutta vaivannut konservatiivisuus on vähitellen poistumassa ja poistuminen luo mahdollisuuksia uusien innovaatioiden käyttöön meriteollisuudessa. Konservatiivisuuteen vaikuttavat luokituslaitosten ja viranomaisten määräykset ja sertifikaatit, jotka hidastavat samanlaista kehitystä kuin esimerkiksi tehdasautomaatiossa. Luokituslaitosten ja viranomaisten kohdalla ei kuitenkaan voi puhua hidasteista vaan kehitys laahaa jäljessä sen takia, että automaatiojärjestelmän toimintavarmuuden tulee olla korkea ja säännösten mukaan laivan järjestelmien tulee toimia niin, että ne eivät uhkaa ihmishenkiä merillä.

Tämän työn tarkoituksena on toteuttaa yleispätevä ohjeistus laiva-automaation kenttäsuunnittelua varten. Ohjeistuksessa ohjataan erilaisten automaation piirustuksien teossa, jotta tiedettäisiin mitä piirustuksia automaatioon liittyy ja mitä kunkin piirustuksen tulisi sisältää. Työ tehdään koko laivan kattavasta IAS-järjestelmästä, joten työhön ei ole valittu tietyn järjestelmän automaatiota. Työstä tehdään kolme eri versiota, jotka muodostavat kokonaisuuden, jossa laiva-automaation suunnittelua käydään lopulta hyvinkin yksityiskohtaisesti lävitse. Yrityksen kannalta työn tavoite on saada hyvä laiva-automaation suunnittelua ohjeistava opas, jota suunnittelijat voivat käyttää hyväksi.

Työn tavoitteiden saavuttamiseksi kerätään tietoa automaation perusteista yleisellä tasolla ja myös keskittyen eri komponenttien toimintoihin, signaalityyppeihin, automaation rakenteeseen ja mitoitukseen sekä kaapelointiin ja kytkentöi-

hin. Tarkoituksena on kerätä laajalta alueelta tietoa siitä, miten toimiva automaatiojärjestelmä voidaan laivaan rakentaa ja miten se toimii.

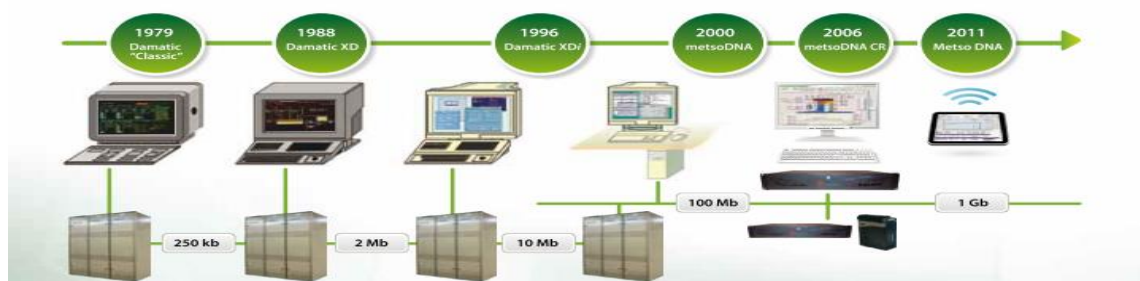
Työssä käytetään dokumenttiaineistona lähteitä, jotka käsittelevät automaatiota, mutta eivät erityisesti laiva-automaatiota. Laiva-automaatioon nämä asiat yhdistetään käyttäen hyväksi erilaisia julkaistuja määräyksiä, jotka laivateollisuuden ratkaisuja koskevat. Lisäksi lähteinä käytetään haastatteluja, joita tehdään alan ammattilaisten kanssa ja julkaistuissa opinnäytetyöissä käytettyjä lähteitä.

## 2 LAIVA-AUTOMAATIO

### 2.1 Kehitys

Laivoissa on käytetty automaatiota vuosikymmeniä, mutta automaatio on kehittynyt ajan kuluessa ja ensimmäisissä sovelluksissa automaatio oli toteutettu ainoastaan konekäskyn välittimessä. 1970-luvun loppupuolella automaatio sai nykyisenlaista muotoaan, kun mikroprosessoripohjaiset, tietokoneella ohjattavat järjestelmät otettiin laivateollisuudessa käyttöön. 1960-luvulla Japanissa käytettiin jo mikroprosessoripohjaista automaatiota, mutta käytöstä saadut tulokset olivat heikkoja, joten päädyttiin jatkamaan automaation kehitystä. 1960-luvulla automaatiota käytettiin vielä pääasiassa kaukopeilauksissa sekä tärkeimpien mittausten merkkivaloissa. (Aalto-yliopisto 2014.)

Järjestelmän rakenteen, liitettävien laitteiden määrien sekä nopeuksien kehitys on ollut suurta (kuva 1). Laiva-automaation tiedonsiirron nopeus on kasvanut kilobiteistä gigabiteihin ja rakenteeseen on saatu useampia ohjausyksiköitä. Tietotekniikan kehitys on mahdollistanut tietojen tallennusta, suurempia ohjelmia sekä parempia käyttöliittymiä. Myös valvonta-asemien komponenttien koot ovat vuosikymmenien varrella tulleet pienemmiksi ja nykyään automaatiota pystytään hoitamaan jopa langattomasti erilaisilta päätteiltä. Tärkeintä on kuitenkin ollut mittaustekniikan sekä ohjaustekniikan kehitys, jonka turvin nykyään pystytään ohjaamaan lähes kaikkia laivassa olevia laitteita. (Metso 2014.)



Kuva 1. Metso DNA:n kehityskaari. (H. Tanner, henkilökohtainen tiedonanto > Viitattu 4.1.2014.)



1970-luvulla mittaukset olivat vielä lähinnä kytkintietoja mittauspisteen tilasta. Analogisen viestin käyttö yleistyi vasta 1980-luvulla ja tuohon aikaan analogista viestiä käytettiin harvoin. 1970-luvun suurimmat askeleet saavutettiin, kun erilaisten moottorien käynnistys mahdollisuus saatiin tuotua valvomoon ja käynnistykset ja pysäytykset oli mahdollista tehdä valvomosta käsin automaattisesti. (Aalto-yliopisto 2014 ; Metso 2014.)

Aina 1990-luvun puoleen väliin asti automaation rakenne oli hyvin yksinkertainen ja siinä vaadittiin suuri määrä kaapelivetoja. Tuolloin jokainen I/O-kortti tuotiin suoraan valvomoon ilman niiden tietojen keräämistä väylään. Tämä vaikutti myös siihen, että tiedonsiirtonopeudet olivat alhaisia verrattuna nykypäivään. Vasta Ethernet-verkon käyttöönoton myötä 2000-luvun alussa pystyttiin käyttämään 100 megabitin verkkoa hyväksi entisen, enintään 10 megabittia sekunnissa siirtävä verkkorakenteen sijaan. (Metso 2014.)

I/O-periaate on kuitenkin säilynyt koko kehityskaaren yli samanlaisena. Erona 1970-luvun ja nykypäivän välillä on kuitenkin se, että alkujaan automaatiota on toteutettu integroituna ja vasta 2000-luvulla on siirrytty hajautettuun malliin. Jo 1970-luvulla kentältä tuotiin tiedot I/O:lle, josta ne vietiin itse järjestelmään. Digitaalisuuden myötä myös nopeudet ovat nousseet sekä mittaus- ja ohjausmahdollisuudet kasvaneet. (Metso 2014.)

## 2.2 Mitoitus

Automaation mitoituksen tarkoituksena on löytää oikeat prosessiasemat, I/O-kortit sekä operointiasemat suunniteltavaan automaatoratkaisuun. Yleensä mitoitus perustuu kokemukseen tai sen tekemiseen voi käyttää automaation mitoitusta varten luotua ohjelmaa, jos sellainen on käytettävissä. Järjestelmistä saatavat tiedot vaikuttavat ensisijaisesti I/O-korttien ja -tyyppien määrään, mutta samalla myös prosessiasemiin sekä operointiasemiin. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

I/O-pisteiden määrään vaikuttaa mittaus- ja ohjattavien laitteiden lukumäärä. Tosin myös luokituslaitoksen luokkamerkit vaikuttavat prosessiasemien valin-

taan, sillä esimerkiksi RP- ja SRTP-luokat vaativat asemia kaksinkertaisen määrän, vaikka yksikin riittäisi. Prosessiasemien ja operointiasemien mitoitus pohjautuu siihen, kuinka paljon ja minkälaista tietoa järjestelmässä liikkuu. Lisäksi erilaiset viestintätavat ja ohjelmaan liittyvät nopeudet on pystyttävä tunnistamaan. Mitoituksen voi tehdä esimerkiksi seuraavien pohjalta.

- I/O (analogia / digitaali) määrät kentällä
- I/O resoluutio ja suojaukset
- Operointipaikkojen määrät
- Historia tiedon keräys
- Raportointi?
- Järjestelmän käytettävyys (esimerkiksi kahdennus)?
- Turvaohjaukset
- Ohjelmiston koko, -kiertoaika ja nopeus

(J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014)

Prosessiaseman valitsemiseen I/O-määrien lisäksi vaikuttaa eniten ohjelmisto, ohjelmiston kiertoaika ja -nopeus, muistintarve sekä säädöt. Nykyisten prosessiasemien kohdalla pystytään harvemmin valitsemaan ominaisuuksiltaan alimitoitettua asemaa. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

Operointipaikkojen määrä määritetään jo laivasopimuksessa, mutta yleisesti ECR:ään pyritään sijoittamaan vähintään kaksi asemaa redundanssin takia. Yleensä laivasopimuksessa päätetty asemien määrä perustuu siihen, miten alusta ajetaan ja kuinka monta näyttöä ajossa tarvitaan. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

Vaikeat ja nopeat ohjelmistot vaativat enemmän muistitilaa ja enemmän tehoa prosessorilta. Muistintarpeen selvittämiseen tarvitaan tieto ohjelmiston viemästä muistista sekä siitä, paljonko eri arvoja halutaan pitää muistissa ja kuinka kauan. Ainoastaan historian keräys on määrätty pakolliseksi, mutta esimerkiksi historiatietojen pitoaika on täysin avoin. Riippuen valmistajasta ja tallennuksen pituudesta, joudutaan jossain tilanteissa hankkimaan erillinen historia-asema,

joka pystyy hoitamaan myös raportointia. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

Ohjelmiston kiertoaika ja -nopeus vaikuttavat sekä prosessorissa että muistissa. Jos prosessiaseman pitää pystyä kommunikoimaan ja ohjaamaan nopeasti, tarvitaan sekä suurta muistia että tehokasta prosessoria. Ohjelmiston kiertoaika ja tätä kautta syntyvä nopeus riippuvat siitä, kuinka nopeasti tietty ohjelma pitää pystyä ajamaan alusta loppuun. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

Prosessiasemassa on prosessori, jolla pystytään tekemään myös säätöä, jolloin laskenta operointiasemalla vähenee. Tämän takia on tärkeä tietää säätöjen määrä, jonka prosessiaseman pitää pystyä tekemään. Lisäksi moottoreiden, venttiilien ja muiden toimilaitteiden määrät prosessiasemaa kohden tulee tietää, jotta oikea asema osattaisiin valita. (J. Salomaa, J-P Paakkari, henkilökohtainen tiedonanto, 3.1.2014.)

Automaation mitoituksessa tulee myös huomioida sähköiset asiat kuten se, miten paljon järjestelmä kuluttaa eri komponenteillaan tehoa sekä se, mitä jännitettä järjestelmän mikin komponentti tarvitsee. Asiat tulee huomioida, kun suunnitellaan järjestelmän tehonsyöttöä, sillä jokaisen taulun teho on rajoitettu.

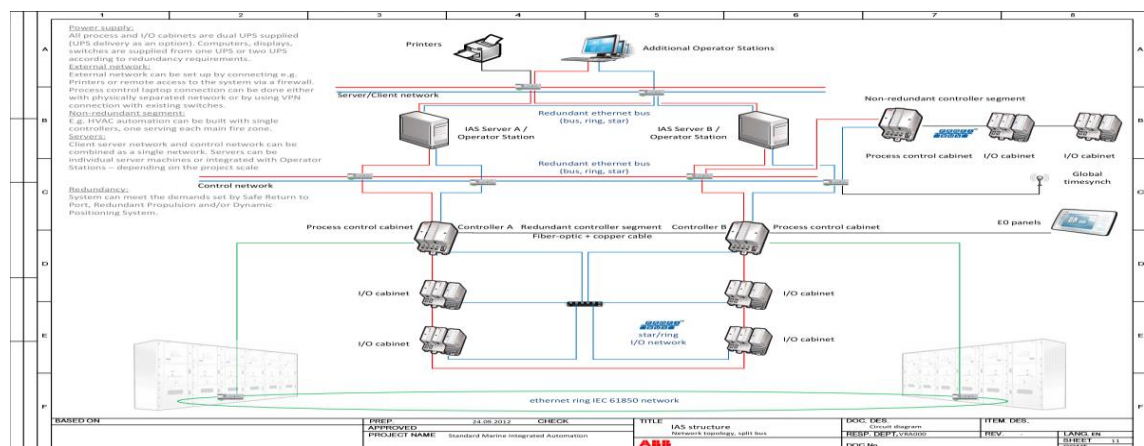
## 2.3 Rakenne

Laiva-automaatiota koskevien määräysten takia automaation rakenteeseen kuuluu aina tietyt yksiköt. Viime kädessä automaation rakenne on toimittajasta riippuvainen. Tässä työssä on esitelty ABB:n ja Metson ratkaisut automaation rakenteeseen.

Erilaiset vaatimukset asettavat automaation rakenteelle rajat. Tällaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi automaation kahdennus, laitteiden suojaukset sekä E0 eli miehittämätön konehuone. Järjestelmän tulee olla säännösten mukaan kahdennettu I/O-kaapeista ylöspäin. E0 puolestaan luo vaatimuksia ohjausjärjestelmien sekä automatisoidun toiminnan tasoon laivalla. E0 voidaan hyväksyä

osoittamalla, että hälytykset on johdettu konehuoneen lisäksi konevalvomon, komentosillalle ja konemestareiden hytteihin sekä mahdollisesti muihin yleisiin tiloihin. E0:ssa kaiken operointiin liittyvän tulee pystyä saamaan ohjaukset valvomon lisäksi myös komentosillalta. Laitteiden suojaukset on määrätty tiloittain ja niillä pyritään estämään laitteiden vikaantumista, kun ne toimivat vaativissa olosuhteissa. (IMO 2009, 27-99.)

IAS-järjestelmä rakentuu aina operointiasemien/serverien, prosessiasemien, I/O-korttien, väylien sekä kentällä olevien toimilaitteiden ympärille (kuva 2). Rakenne voidaan jakaa kolmeen osaan. Alimmalla tasolla ovat kentälaitteet, joiden mittauspisteiden ja yksikköohjaimien suunnittelu on esitetty PI-kaaviossa tai järjestelmätoimittajan kuvissa. Kentälaitteiden kahdennuksesta ei ole olemassa määräystä muutamia poikkeustapauksia, kuten pumppuparit, lukuun ottamatta. (J. Häkkinen, henkilökohtainen tiedonanto, 20.11.2013.)



Kuva 2. IAS-järjestelmän rakenne (ABB). (Häkkinen J. henkilökohtainen tiedonanto > Viitattu 20.11.2013).

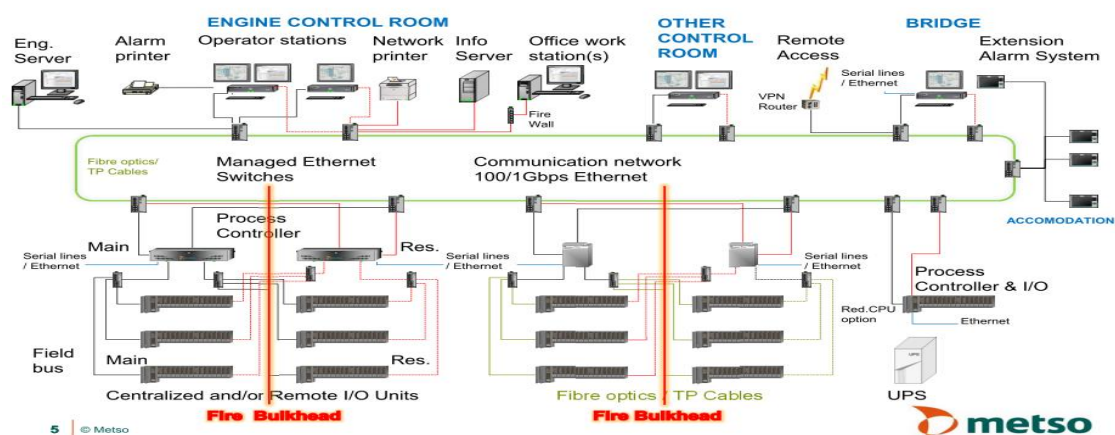
Itse automaationsuunnittelun voi laskea alkavan toisesta tasosta, johon kuuluvat I/O-kaapit ja prosessiasemat. Automaatiosuunnittelussa tulee suunnitella tapa, jolla I/O-kaappien tiedot saadaan tuotua prosessiasemalle kahdennettuna. Laivoissa käytetään lähes järjestäen sarjaliikennettä I/O-yksiköistä ylöspäin. Käytetyimmät sarjaliikenneprotokollat ovat Modbus RTU ja Modbus TCP, joissa käytetään RS-485 -standardia. Molemmat protokollat ovat saatavana Ethernet-

tai sarjaporttiversiona, mutta laivoissa käytetään yleensä Ethernet- versiota. (J. Häkkinen, henkilökohtainen tiedonanto, 20.11.2013.)

I/O-kaapin sisälle luodaan Ethernet-väylä, jonka avulla I/O-tiedot saadaan tuotua järjestelmän käyttöön. Väylän muodostamista varten kaapissa tulee olla I/O-korttien lisäksi väyläohjain sekä vähintään kaksi kappaletta Ethernet-kytkimiä. Jos kaapissa on yksi väyläohjain riviä kohden, tulee väyläohjaimista muodostaa pareja ja jos väyläohjaimia on kaksi kappaletta I/O-riviä kohden, liitetään jokainen väyläohjain suoraan Ethernet-kytkimille. (Ylinen 2012, 22-23.)

Kaapin kytkimien kautta tiedot viedään joko seuraavan I/O-kaapin väyläohjaimille tai suoraan prosessiasemaan kenttäväyläkonvertterin kautta. Kahdennus vaatii sen, että normaalin ketjutuksen lisäksi on olemassa toinen vaihtoehto tai vastaavasti yhdeltä I/O-riviltä viedään tiedot kahteen eri prosessiasemaan, jotka ovat keskenään redundanttisia. (J. Häkkinen, H. Tanner, henkilökohtainen tiedonanto, 14.1.2014, 20.11.2013.)

ABB:n rakenteessa käytetään kahdennuksessa avuksi tähtitopologian omaavaa Profibus DP -väylää. Rakenne muodostaa kaksi eri topologiaa eli tähden ja renkaan. Rengastopologia muodostetaan ketjuttamalla I/O-kaapit keskenään kytkimeltä toiselle. Rengas alkaa prosessiasemalta A ja päättyy prosessiasemalle B, jotka on yhdistetty kuitukaapelilla keskenään. (J. Häkkinen, henkilökohtainen tiedonanto, 20.11.2013.)



Kuva 3. IAS-järjestelmän rakenne (Metso). (Ylinen 2012, 5 > Viitattu 20.11.2013.)

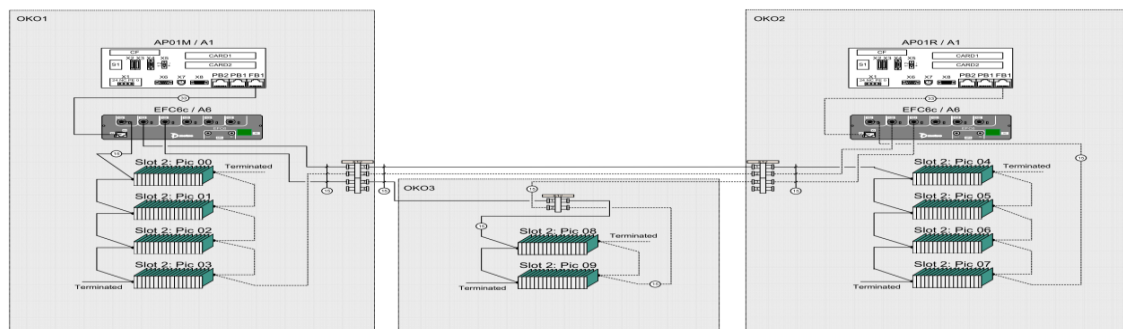
Metson rakenteessa kahdennus on toteutettu niin, että prosessiasemat ja I/O-rivit sijoitetaan eri paloalueille (kuva 3). Tällöin muodostuu pää- ja vara-asemat, joiden avulla kahdennus saadaan toteutettua. Kahdennus vaatii, että kenttäkommunikointi toteutetaan kahden I/O-kortin kautta yhden sijaan. I/O-rivit vietään sekä pää- että varaprosessiasemalle. Koska jokaiselta I/O-riviltä tuodaan tieto kytkimille, tarvitaan kaksi väyläohjainta riviä kohden. Väyläohjaimelta tiedot vietään konvertterille, josta ne jatketaan prosessiasemille. (Ylinen 2012, 5.)

I/O-rivissä on väyläohjaimen lisäksi oltava rivin tehonlähde (kuva 5) sekä I/O-kortit. I/O-kortit yhdistetään väyläohjaimen Ethernet-väylän kautta. Yksi väyläohjain voi käsitellä enintään 16 I/O-kortin tiedot. (T. Nurmi, henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2013.)

Laivassa on käytössä seuraavat I/O-kortit

- Analoginen Input- ja Output-kortti 4-20mA signaalille
- Digitaalinen Input- ja Output-kortti binääriselle signaalille
- Pt100-Input -kortti lämpötilamittaukselle
- Taajuuskortti pulssimaisille viesteille (Ei kovin yleisesti käytetty)

(H. Tanner, henkilökohtainen tiedonanto 14.1.2014.)



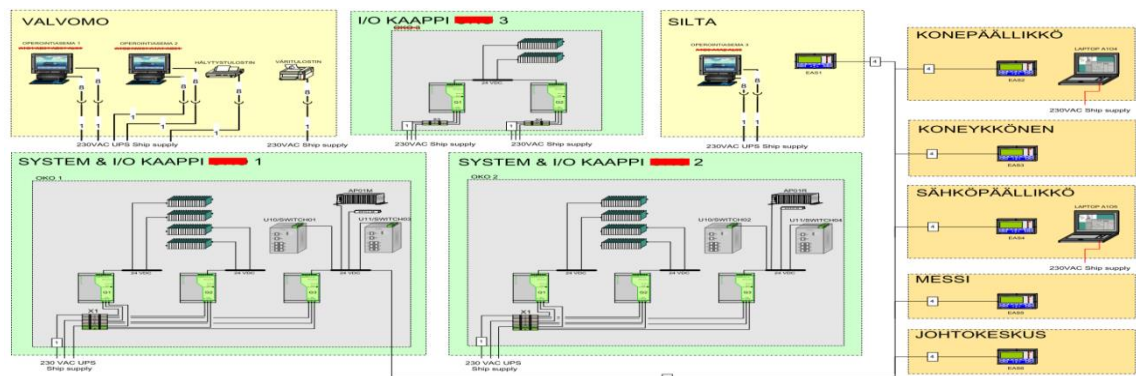
Kuva 4. Kenttäväyläkonvertterin (FBC) periaate. (Telakka Z, henkilökohtainen tiedonanto > Viitattu 19.12.2013.)

Kenttäväylässä olevat konvertterit asennetaan valittuihin I/O-kaappeihin ja niiden tehtävänä on toimia I/O-rivien päätevastuksena sekä jakaa I/O:n tiedot prosessiasemille Ethernet-väylän avulla. Konvertterit tarvitsevat omat väyläohjaimensa ja yhdelle konvertterille asennetaan kaksi kappaletta väyläohjaimia ja

väylähajaimet ketjutetaan keskenään (kuva 4). (Telakka Z, henkilökohtainen tiedonanto, 19.12.2013.)

Kaikki I/O-rivin osat asennetaan kehikkoon ja DIN-kiskoon. I/O-rivin tehonlähde saa syöttönsä taulusta ja jakaa sen DIN-kiskossa kiinni oleville väylähajaimille sekä I/O-korteille. (Telakka Z, henkilökohtainen tiedonanto, 19.12.2013.)

Viimeisellä tasolla rakenteessa sijaitsee serveriväylä, jonka avulla prosessiasemien tiedot saadaan yhdistettyä servereihin, tulostimiin ja käyttäjän tietoon. Myös tällä tasolla käytetään yleensä Ethernet-väylää tiedonsiirrossa. Säännösten mukaan myös serveriväylän tulee olla kahdennettu ja säännöksen voi täyttää monella tapaa. Yleensä käytetään samaa kahdennustapaa koko automaatiossa eli malli löytyy prosessiaseman ja I/O-kaappien välisestä kahdennuksesta. (J. Häkkinen, henkilökohtainen tiedonanto, 14.1.2014 ; H. Tanner, henkilökohtainen tiedonanto, 20.11.2013.)



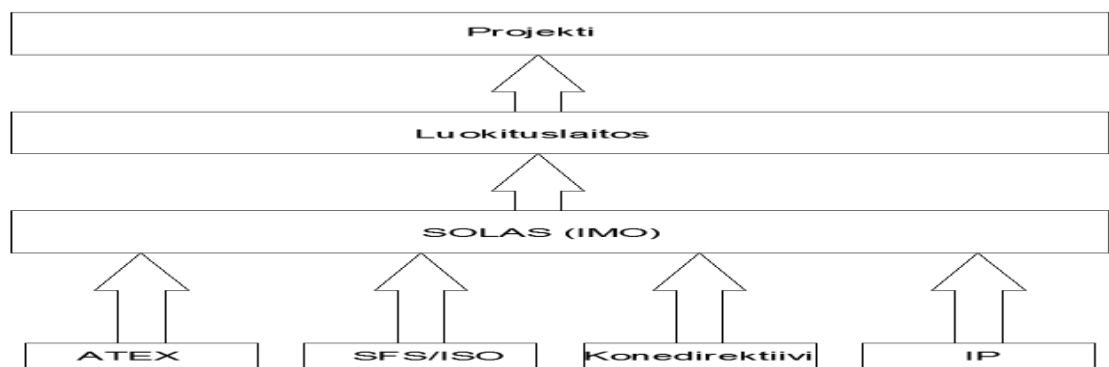
Kuva 5. Tehonsyöttö IAS-järjestelmässä. (Telakka Z, henkilökohtainen tiedonanto > Viitattu 19.12.2013.)

Kolmen tason mallissa on olemassa yksi poikkeus. Taajuusmuuttajien tietoja ei tuoda I/O:n kautta prosessiasemille vaan taajuusmuuttajat liitetään suoraan prosessiasemaan Profibus-väylän avulla. Kahdennuksen takia ratkaisussa tarvitsee käyttää niin sanottua kiturengas-ratkaisua, jossa prosessiasemalta tulee kierretty parikaapeli OLM-muuntimelle, jossa se muutetaan valokuiduksi. Ratkaisussa käytetään OLM-asemien ja prosessiasemien välillä rengastopologiaa. (Ylinen 2012, 13.)

### 3 MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA DIREKTIIVIT

Laivan rakentaminen on monivaiheinen projekti, jonka teknisten ratkaisuiden tulee olla toimintavarmoja. Toimintavarmuuden tavoittamiseksi tarvitaan standardisointia, jolla luodaan rajoja suunnittelulle. Suunnittelun tekeminen ilman määräysten tuntemista on mahdotonta.

Kaikki laivan tekniset ratkaisut tulee ensisijaisesti tehdä SOLAS-säännösten mukaan. SOLAS-säännöstö on määrännyt ratkaisut, jotka tulee toteuttaa, mutta se perustuu pitkälti eri määräyksiin, kuten ATEX- ja koneturvallisuudirektiiviin sekä SFS- ja ISO-standardeihin ja IP-luokitukseen (kuva 6). Luokituslaitokset ovat luoneet omat määräyksensä, jotka pohjautuvat SOLAS-säännösten ja näin ne valvovat säännösten toimeenpanoa.



Kuva 6. Määräysten liityntäpinnat.

SOLAS-säännöksessä on määritetty kaikille laivan järjestelmille tiettyjä vaatimuksia, jotka tulee täyttää. Automaation kannalta SOLAS-säännöstö määrää laitteiden kahdennusta sekä niiden sijoitusta aluksessa. Säännösten mukaan automaatiiossa prosessipuolen maadoituksen tulee olla kelluva ja tietyt mittaukset on aseteltu säännöstössä pakollisiksi ja niiden tulee aiheuttaa hälytys IAS:ssä tai toimilaitteen pysäytys. Suurimmaksi osaksi säännöstö kuitenkin määrää prosessipuolen laitteita, joilta hälytyksiä otetaan ja joita automaatiolla ohjataan. (IMO 2009, 27-99.)



Koneturvallisuusdirektiivin (2006/42/EY) tarkoituksena on taata turvallinen työympäristö koneen käyttäjille ja minimoida koneiden käytön aiheuttamat vaaratilanteet. Konedirektiivi käsittää kaikki koneen suunnitteluun, kokoonpanoon, siirtoon, käyttöönottoon sekä operointiin vaikuttavat asiat. Konedirektiivin näkyvin osa on CE-merkintä, joka on todistus siitä, että kone täyttää direktiivin vaatimukset. Laivateollisuudessa CE-merkintää vastaa Ruori-merkintä. (EurLex 2006.)

Konedirektiivi käsittelee automaation osalta ratkaisuja sille, miten järjestelmä saataisiin turvalliseksi ja määrittelee erilaisia käynnistys ja pysäytysvaihtoehtoja. Direktiivin mukaan ohjausjärjestelmien osilta on saatava vikatilanteessa tieto osan paikasta sekä tunnuksesta. Konedirektiivistä on koostettu erillinen teos, joka käsittelee nimenomaan koneiden ohjausta ja automaatiota. (Siirilä T. 2009) ATEX-direktiivi (94/9/EY) rajoittaa tiettyjen laitteiden käyttöä tiloissa, joissa on räjähdysen mahdollistavaa ainetta. Sähkölaitteet eivät saa aiheuttaa lämpenemisellään tai sähköisellä energiamäärällään mahdollisuutta räjähdykseen kyseisissä tiloissa. (SFS-EN 1127-1.)

Automaation kannalta direktiivi vaikuttaa laitteiden valintaan, sillä se määrää erilaisia vaatimuksia eri tiloissa oleville laitteille. Direktiivi määrää myös kaapelien valintaa sekä niiden sijoittelua. Laivoissa räjähdysvaaralliset tilat jaotellaan luokkiin 0, 1 ja 2, joista luokka 0 on vaativin. 0-luokkaan kuuluvat kaikki alueet, tankit, lastiruumat, joissa kuljetetaan sellaisia palavia nesteitä tai kaasuja, joiden leimahduspiste on alle 60°C. Luokkaan 1 luetaan alueet, jotka sijaitsevat edellä mainittujen alueiden lähellä sekä akkuhuoneet, maalivarastot, palavan nesteen pumppaushuoneet ja jakeluasemat. Luokkaan 2 luetaan kuivalastiruumat ilmanvaihtokanavineen sekä kaikki pölyräjähdysvaaralliset tilat. (SAMK 2011.)

SFS- ja ISO-standardit on tarkoitettu turvaamaan teknisiä ratkaisuja, joita teollisuudessa toteutetaan. SFS- ja ISO-standardit vaikuttavat suuresti muun muassa siihen, miten suunnittelu tulee toteuttaa ja minkälaiset kytkennät ja järjestelmä-ratkaisut ovat sallittuja.

Laiva-automaation kannalta tärkeimmät vaatimukset koskevat positiotunnuksia sekä piirustusten yleisilmettä. Lisäksi standardeista löytää automaatioon liittyen

erilaisia tapoja kytkeä automaatiota sekä järjestelmien rakenteen mahdollisuuksia kuin myös automaation sanastoa sekä toiminnallista turvallisuutta. Automaatioon liittyviä standardeja käsitellään myös sähköön liittyvissä SFS-käsikirjoissa SFS 606 ja SFS 135-2. (SFS-ISO 14617 ; SFS-ISO 14617-6 ; SFS-EN ISO 10628 ; SFS 631-1.)

IP-luokka kuvaa laitekotelon kestoa erilaisissa olosuhteissa. IP-tunnus muodostuu aina kirjaimista IP ja vaihtelevista kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero kertoo kotelon suojaukselta ulkopuolista koskettavuutta vastaan ja toinen numero kuvaa kotelon vesitiivyyttä (VirtuaaliAmk 2013). IP-koodin lisäkirjaimella (VirtuaaliAmk 2013) pyritään esittämään joko kosketussuojauksen tarkennusta tai laitteiston lisätietoja. IP-luokitusta käsitellään standardissa SFS-EN 60529. (VirtuaaliAmk 2013.)

Luokituslaitokset toimivat IMO:n edustajina ja pyrkivät valvomaan omien säännösten ja SOLAS-säännösten toimeenpanoa. Suurimpia luokituslaitoksia ovat Det Norske Veritas (DNV), Lloyd's Register, Bureau Veritas sekä American Bureau of Shipping (ABS). Luokituslaitos, joka valitaan laivasopimuksen yhteydessä, antaa vaatimukset laivan suunnittelulle. Mahdolliset luokkamerkit tuovat lisävaatimuksia normaaleihin säädöksiin nähden. Laivanrakennus-projektissa luokituslaitos tulee mukaan Plan Approval-vaiheessa, jossa se tarkastaa konseptitason alustavat piirustukset. Kun laivan koneet ja muut tärkeät laitteet on valittu, aloittaa luokituslaitos CMS:n, jossa luokituslaitos tarkastaa kaikkien osien sertifikaatit. Lopuksi luokituslaitos suorittaa koeajot kaikille laitteille tietyissä olosuhteissa, jonka jälkeen siirrytään sovituin määräajoin tehtävään operoinnin aikaiseen tarkastuskäytäntöön. (A. Berglund, henkilökohtainen tiedonanto, 7.11.2013)

Komponenttien kohdalla luokituslaitos perustaa valintansa omiin vaatimuksiinsa. Jokaisella luokituslaitoksella on olemassa lista komponenteista, jotka täyttävät heidän vaatimuksensa ja ovat näin saaneet luokituslaitoksen sertifikaatin. Muille tuotteille luokituslaitoksen tulee tehdä testaus ja koestus hyväksymistä varten. (A. Berglund, henkilökohtainen tiedonanto, 7.11.2013)

## 4 LAIVA-AUTOMAATIOON LIITTYVÄT JÄRJESTELMÄT

Laivassa on monia isoja ja pieniä järjestelmiä, joita halutaan ohjata automaattisesti ja joiden tiedot halutaan käyttäjän tietoon. Näiden järjestelmien toiminnan tunteminen on hyödyksi automaatio suunnittelussa.

Vaikka järjestelmät tuodaan automaation piiriin, tulee niitä pystyä käyttämään myös manuaalisesti. Ainoastaan tällöin laivan toimintaa voidaan kutsua varmennetuksi. Laivan eri järjestelmien mittauspisteet on toteutettu järjestelmissä yleensä toimittajan toimesta, mutta järjestelmään saatetaan lisätä uusia mittauspisteitä, jotka tulee suunnitella ja mallintaa automaatio suunnittelussa.

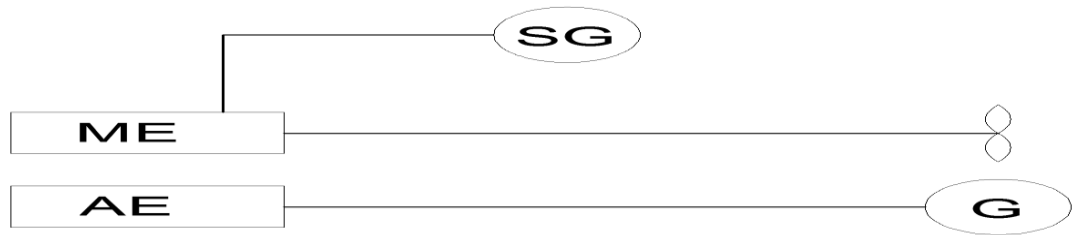
Tässä luvussa ja sen alaluvuissa on käytetty 29.11.2013 saatua H. Ruopion, H. Tissarin ja M. Nylundin henkilökohtaista tiedonantoa, jos muuta ei ole mainittu.

### 4.1 Propulsio

Propulsiolla tarkoitetaan kulkuneuvon käyttö- tai työntövoimaa. Laivateollisuudessa propulsiolla pyritään kuvaamaan työntövoiman aikaansaavan laitteiston rakennetta. Propulsioon kuuluu koneet ja potkurijärjestelmät. Propulsion mallin määrää laivan potkurijärjestelmien rakenne. Potkurijärjestelmiä on olemassa sähköisiä ja mekaanisia. Sähköinen potkurijärjestelmä tarvitsee dieselsähköisen voimansiirron ja mekaaninen mekaanisen voimansiirron.

Mekaanisessa propulsiossa pääkoneen tehtävänä on tuottaa teho akseleiden, vaihteiden ja kytkinten tai pelkkien akselien ja vaihteiden välityksellä suoraan potkurijärjestelmille. Apukoneiden tehtävänä on pyörittää generaattoreita ja luoda laivan sähkökuluttajille oma sähköverkko. Merellä ollessa käytetään pääkoneen akseliin liitettävää akseligenaattoria tehon tuottamiseen, jos sellainen laivaan on asennettu. Muissa tapauksissa, kuten esimerkiksi satamissa, sähköverkko luodaan apu- tai satamakoneilla tai maasyötöllä. Mekaanisessa propul-

siossa sähköiset keulapotkurit saavat tehonsa apukoneiden luoman sähköverkon kautta. (R. Piispanen, J. Lassila, henkilökohtainen tiedonanto, 05.12.2013.)



Kuva 7. Mekaaninen propulsio.

Dieselsähköisessä propulsiossa pääkone pyörittää generaattoria, joka luo sähköverkon. Generaattorin syöttämältä päätaululta otetaan myös potkurien tarvitsema sähköteho. Koska potkurijärjestelmän pyörittäjänä toimii sähköinen moottori, tulee potkurijärjestelmiä ohjata taajuusmuuttajan avulla vaikuttamalla sähkömoottorin pyörimisnopeuteen. (R. Piispanen, henkilökohtainen tiedonanto, 05.12.2013.)



Kuva 8. Dieselsähköinen propulsio.

Automaation avulla valvotaan pää- ja apukoneita ja PMS:llä hallitaan generaattoreita pyörittävien koneiden käynnistyksiä, pysäytyksiä ja tehonhallintaa. Mekaanisessa propulsiossa apukoneet käynnistetään ja pysäytetään myös manuaalisesti. Manuaalisen pysäytyksen voi tehdä koneen omasta ohjauspaneelista tai mahdollisesti päätaulusta.

Automaation kannalta tärkeimpiä asioita propulsiossa ovat:

- Generaattoria pyörittävien koneiden käynnistykset ja pysäytykset
- Koneiden mittaukset (DNV, Rotating Machinery - Drivers, 32-36)
- Koneiden ohjausjärjestelmien liittäminen IAS:ään

- Lämpötila-anturit (Käytössä Pt100 ja NiCrNi-termoelementti)
- Hälyttävät anturitiedot (DNV, Rotating Machinery - Drivers, 32-36)
- Pysäyttävät anturitiedot (DNV, Rotating Machinery - Drivers, 32-36)
- Emergency Stop- painikkeet
- Turva-anturit

Koneet tulevat yleensä kokonaistoimituksina, minkä takia koneiden anturit on asennettu jo tehtaalla. Myös koneen ohjausjärjestelmä tulee yleensä toimittajalta. Automaatiosuunnittelussa on kuitenkin kyettävä yhdistämään tämä ohjausjärjestelmä osaksi IAS:ää, jos niin halutaan. Lisäksi automaatiosuunnittelussa on tärkeää hahmottaa se, mitä toimintoja koneen mittaukset indikoivat. (Nurmi T., henkilökohtainen tiedonanto, 8.11.2013.)

#### 4.2 Power Management System

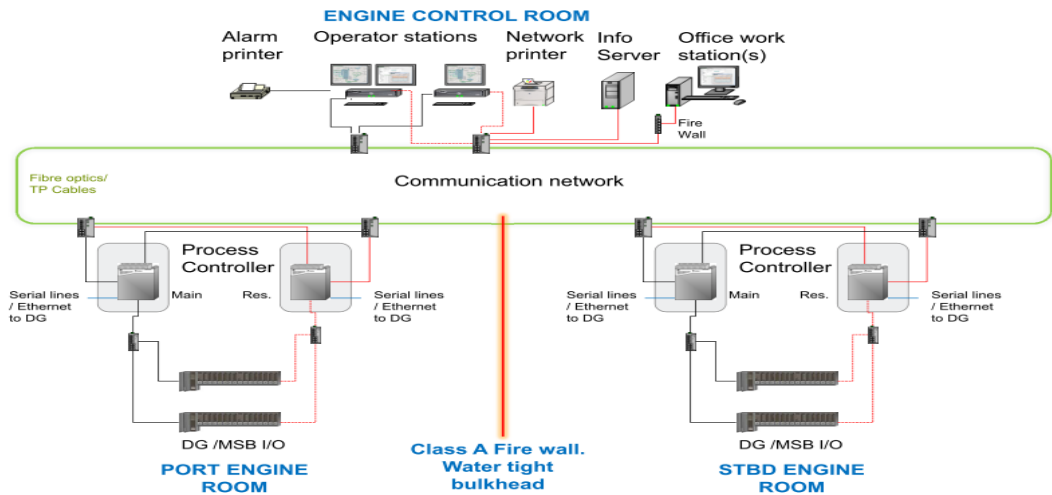
Automaattisella tehonhallinta järjestelmällä tarkoitetaan laivan sähköntuotannon ohjausjärjestelmää. PMS-järjestelmän tehtävänä on suojata ja ohjata sähköntuotannon laitteita käyttämällä hyväksi erilaisia suojaus- ja ohjausyksiköitä, jotka ovat konekohtaisia. PMS-järjestelmä sisältyy usein IAS:ään, mutta se voidaan myös erottaa automaatiojärjestelmästä.

PMS-järjestelmä sisältää yleensä seuraavien laitteiden ohjaukset, hälytykset ja mittausten indikoinnit:

- Dieselgeneraattorit
- Akseligenaattorit
- Päätaulut

PMS-järjestelmän suunnittelu tehdään päällekkäin muun sähkösuunnittelun kanssa (R. Piispanen, henkilökohtainen tiedonanto, 3.12.2013.) Laivan PMS:n kuvaus tehdään laivan sopimuserittelyn pohjalta ja luokituslaitokset määräävät generaattoreille tietyt mittaukset, jotka ovat tärkeitä PMS-järjestelmälle (DNV, Electrical installations, 128-130). (DNV 2013, 128-130.)

PMS:n arkkitehtuuri ei juuri poikkea IAS:n arkkitehtuurista, vaan siinäkin tiedot tuodaan I/O-yksiköiden ja prosessiasemien kautta PMS:n serverille ja täten käyttäjälle (kuva 9).



Kuva 9. PMS-järjestelmän rakenne. (H. Tanner 2009, 23.)

PMS-järjestelmän suunnittelu tehdään järjestelmän toiminnan kuvauksena ja toiminnan kuvauksen mukaiset kytkennät tulee esittää järjestelmäpiirustuksissa sekä automaatiopiirustuksissa. PMS:n osalta kuvataan seuraavia asioita:

- Käynnistykset ja pysäytykset (koneet)
- Katkaisijoiden ohjaukset (generaattorit ja muut laitteet)
- Synkronisointi (generaattori)
- Esivoitelu (koneen)
- Kuorman jako (verkko)
- Load increase control (kone)
- Blackout-toiminnot (kone ja koneiden esivalmistelujärjestelmät)
- Tehonvaraukset (verkko)
- Toisarvolaukaisu palautuksella (päätaulu)
- Mode selection (manöveeraus, meriajo, satama)
- Hälytykset (koneet ja generaattorit)

(Telakat X, Y ja Z, henkilökohtainen tiedonanto, 4.12.2013.)

### 4.3 Koneistojärjestelmät

Laivan koneistojärjestelmät esitetään PI-kaaviossa. PI-kaavio esittää aluksen koneistojärjestelmien rakenteen sekä järjestelmistä automaatioon liitettävät osat. PI-kaavio on tärkeä esisuunnittelu tieto automaatio suunnittelulle.

Koneistojärjestelmät muodostuvat tankeista, pumpuista, puhaltimista sekä venttiileistä. Koneistojärjestelmien tehtävänä on hoitaa erilaisia esivalmisteluja sekä toimia osana jotain isompaa prosessia. Esimerkiksi polttoaineensyöttö- ja jäähdytysvesijärjestelmät ovat koneistojärjestelmiä.

Venttiilien ja pumppujen valvontaa ja ohjausta suoritetaan painemittauksen, tankkien pinnankorkeusmittauksen ja laitteiden tilatiedon kautta. Paineen mittaaminen suoritetaan aina paineen puolelta eli pumpun ja suuntaventtiilin välistä. Tilatieto saadaan laitteen binääriseltä kytkimeltä palautteena. Lisäksi käynnistykset, pysäytykset ja pumpun sähkömoottorin taajuusmuuttajan ohjaus toteutetaan automaation kautta. Taajuusmuuttajalta tulee pystyä mittaamaan moottorin nopeutta. Moottorin ohjaukseen käytetään joko taajuusmuuttaja ohjausta tai kytkinohjausta.

Pumppupareja tulee vaatimusten mukaan käyttää turvallisuuden kannalta tärkeissä koneistojärjestelmän osissa. Pumppupareissa yksi pumppu käy kerrallaan ja toinen toimii varapumppuna. Säännösten mukaan jokainen varapumppupari tulee jakaa joko eri prosessiasemien välille tai ne voi viedä samaan prosessiasemaan, jos asema on itsessään redundanttinen. Pumppupareja valvotaan painemittareilla ja paineantureiden tulee aiheuttaa käynnistyspyynnöt pumpuille. Jotkut pumput ja puhaltimet voidaan asettaa myös ryhmiksi, jolloin käynnistykset ja pysäytykset tehdään sekvenssiohjauksen perusteella.

Pumppuja voi olla myös kaksinopeuksisia. Jos pumppu on kaksinopeuksinen, tulee olotilatieto olla saatavissa molemmille nopeuksille ja käynnistykset sekä pysäytykset tulee antaa erillään nopeuksille.

Pumppujen käynnistimet sijoitetaan usein MCC-keskuksiin. Käynnistimet voivat sijaita myös kentällä pumppujen välittömässä läheisyydessä. Jos käynnistin on

MCC:ssä, tulee kentälle lisätä paikallishjauskotelo.

Venttiileitä on moottorillisia, solenoidi ja käsikäyttöisiä eli kaikki venttiilit eivät kuulu automaatioon. Venttiileissä käytetään usein kenttäväylä-ratkaisua, koska venttiileiden määrä on niin suuri, että niitä on helpompi hallita väylien avulla. Moottoriohjatut venttiilit on toteutettu joko binäärisellä kytkimellä tai analogisella ohjauksella. Pneumaattisessa mallissa solenoidilla säädetään ilman määrää, joka pneumaattiselle toimijalle toimitetaan. Vaatimusten mukaan solenoidiohjauksen pneumaattisen toimilaitteen ilma tulee keskittää venttiilikaappeihin, joissa on myös venttiileiden indikaattorit sekä paikallishjaus mahdollisuus. Kaikilta kauko-ohjatuilta venttiileiltä on tuotava IAS:ään binäärinen olotieto, joka saadaan venttiilin indikaattorilta palautteena.

Kenttäväylässä voi käyttää pneumaattisia-, hydraulisia-, moottoriohjattuja- ja solenoidiventtiileitä. Väylässä olevilla venttiileillä (pneumaattinen tai 3-tieventtiili) tulee aina olla paikallishjaus IAS:ssä kenttäväylän kautta tulevan ohjauksen lisäksi.

Venttiileiden, pumppujen ja puhaltimien ohjaukseen käytetään PID-säädintä ja sitä pystytään käyttämään myös taajuusmuuttajien säätöön. Käyttäjän tulee pystyä säätämään PID-säätimen arvoja IAS:ssä, joten IAS:ssä on oltava valintamahdollisuus manuaalisen ja automaattisen toiminnon väliltä, vaikka PID-säätö tapahtuisikin prosessiasemalla.

Tankkien mittaukset aiheuttavat toimintoja pumpuissa ja venttiileissä. Tankeissa mitataan pinnankorkeutta käyttäen hyväksi hydraulisen paineen mittausta. Hydraulinen paine on mittarina hyvä, koska se vaikuttaa joka puolella nestettä saman verran, jolloin ei tarvita kuin yksi mittauspaikka todentamaan pinnankorkeutta. Hydraulisen paineen kaava on: (O. Aumala 2002, 99)

$$p = \rho \times g \times h$$

Painemittauksen tulos saadaan virtaviestinä IAS:ään. Signaalit tuodaan IAS:ään yleensä sarjaliikenteen avulla I/O-kaapista. Tankkien anturit ovat joko sähköisiä- tai pneumaattis-sähköisiä painemittareita.



Tankkien pinnankorkeudet, laivan trimmaus, kallistus ja syväys tulee viedä sarjaliikenteen avulla konevalvomosta laivan load computer:lle, joka sijaitsee komentosillalla. Load Computer:lla pyritään valvomaan laivan vakavuutta ja trimmiä. Trimmauksella tarkoitetaan aluksen optimaalisen asennon löytämistä merenkäynnissä.

#### 4.4 HVAC

Tekniikassa ilmastointi on osa HVAC-järjestelmää. HVAC:n tehtävä on taata sopiva sisäinen ilmasto AC-yksiköiden ja puhaltimien avulla. HVAC:n ohjausjärjestelmä voi aluksessa olla joko itsenäinen tai se voidaan integroida IAS:ään. HVAC-laitteiston ei tarvitse olla säännösten mukaan kahdennettu.

Automaation kannalta HVAC koostuu AHU-yksiköistä, FCU-yksiköistä, toimilaitteista sekä antureista. AHU-yksikköihin asennetaan omat I/O-moduulit, joihin kerätään I/O-signaalit siitä AC-huoneesta, jossa kyseinen AHU-yksikkö vaikuttaa. AHU-yksikön I/O-moduulien määrä standardisoidaan yksikön valmistajan ja tyyppin mukaisesti, mutta myös laivan spesifikaatiot saattavat aiheuttaa vaatimuksia moduulille. I/O-moduulit tulee yhdistää prosessiasemaan Ethernet-väylän avulla.

Signaalit antureilta, toimielimiltä, tuulettimien käynnistimiltä, lauhduttimilta ja muilta paljon tietoa tuottavilta HVAC:n osilta viedään suoraan I/O-kaappeihin. I/O-kaappeja olisi suositeltavaa kaapeloinnin takia sijoittaa niin, että vähintään 1 I/O-kaappi yhtä paloaluetta kohden. I/O-kaapit yhdistetään suoraan prosessiasemiin.

HVAC-automaation tulee pystyä valvomaan kentällä olevia laitteita ja ohjaamaan tilojen ilmastoa. HVAC-järjestelmä koostuu erilaisista pumpuista, puhaltimista ja venttiileistä sekä pelleistä, joita automaation avulla ohjataan. FCU-yksikkö toimii itsenäisesti oman logiikan avulla. Ilmansyöttö yksikölle on jatkuva.

AHU-yksikkö toimii normaalitilanteessa automaattisesti ja sitä kontrolloidaan IAS:stä, mutta tilanteen poiketessa normaalista, tulee IAS:ssä olla mahdollisuus myös manuaaliseen käyttöön. AHU-yksikössä on oma PLC ja I/O-moduuli ja yksiköllä ohjataan tuulettimia sekä regotermeja. Kaikkia osia tulee valvoa ja lauhduttimen valvonta tulee tuoda IAS:ään. Lisäksi yksikölle tulee pystyä tekemään lämpötilanohjausta, joka toteutetaan 3-tieventtiin ja lämmönsiirtimen avulla tai ilmanmäärän ohjausta taajuusmuuttajien avulla. Myös yksikön käynnistykset blackoutin jälkeen on huomioitava.

FCU-yksikköä käytetään yleensä tiloissa, joissa säätö voidaan tehdä huonekohtaisesti. Laivoissa tällaisia tiloja ovat hytit sekä erilaiset tekniset tilat. FCU-yksikössä on mittauspisteitä (NTC20-anturi sekä muutamia kytkimiä) sekä puhaltimia, joita tulee valvoa ja ohjata.

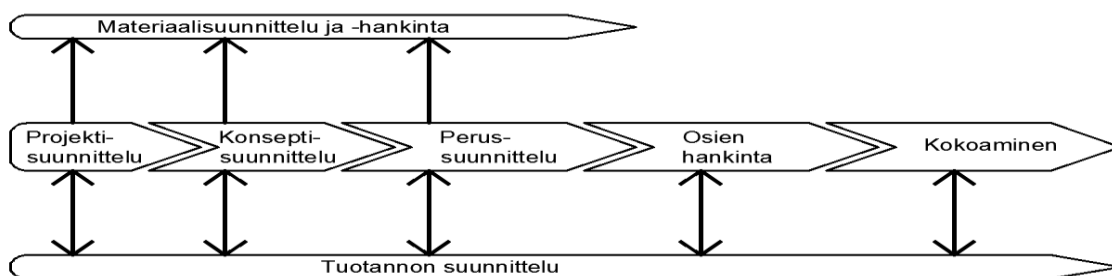
Puhaltimien tarkoituksena on toimia tuulettimina laivan yleisissä tiloissa. Puhaltimien käynnistykset ja pysäytykset tulee olla mahdollista toteuttaa IAS:stä ja puhaltimen antureita tulee valvoa samoin kuin lauhduttimien.

Savun poistopuhaltimet sijoitetaan aina uloskäyntien luokse, portaisiin sekä erillisiin isoihin tiloihin. Puhaltimien tehtävänä on imeä muodostunutta savua pois evakuoinnin kannalta kriittisistä tiloista. IAS:ssä tulee olla mahdollisuus valita manuaalinen tai automaattinen toiminto puhaltimille. Manuaalinen ohjaus on aina tehtävä sillalta, mutta kaikki puhaltimien pysäytykset on tehtävä manuaalisesti IAS:stä, samoin blackoutin jälkeinen käynnistys. IAS:ssä pitää pystyä valvomaan puhaltimien ja lauhduttimien mittauksia.

HVAC-järjestelmään kuuluu kiinteänä osana myös lämmönsiirtimet, esikäsittelyjärjestelmä sekä merivesipumput ja niitä valvotaan ja ohjataan IAS:n avulla. IAS:stä pitää pystyä ohjaamaan pumppuja, esikäsittelyjärjestelmän höyryvaihtimen höyryventtiileiden lämpötilaa sekä lämmönsiirtimen kuumavesi venttiin ja höyryventtiin lämpötilaa. Lisäksi pumppuja ja laajennustankkeja tulee valvoa.

## 5 LAIVA-AUTOMAATION SUUNNITTELUN OHJEISTUS

Laivanrakennusprojekti on suuri kokonaisuus. Sen takia projekti tulee jakaa osiin, jotta suunnittelua ja rakentamista pystyttäisiin hallitsemaan. Kuvan 11 tarkoituksena on esittää se, miten eri vaiheet projektissa on jaettu ja miten ne liittyvät toisiinsa.



Kuva 10. Laivan suunnitteluprosessi.

Tässä työssä keskitytään yksin automaatiosuunnittelun ohjeistamiseen. Edellisissä luvuissa esitellyt asiat toimivat pohjana automaatiosuunnittelussa ja tekevät myös eräänlaista jakoa siitä, mitä kaikkea itse automaatiosuunnittelussa tulisi tehdä. Tämän luvun ja sen alalukujen asiasisällössä on käytetty telakoiden X ja Y henkilökohtaista tiedonantoa 20.1.2014 ellei lähdeviittauksissa toisin mainita.

### 5.1 Projektisuunnittelu (Project Design)

Laivan rakennusprosessi aloitetaan projektisuunnittelulla ja se toteutetaan ennen telakan ja varustamon välistä sopimusta. Projektisuunnittelun tavoite on saada valmiiksi toimeksiannon mukainen aineisto lisäneuvotteluja ja sopimusta varten. Tässä vaiheessa valitaan tilaajan vaateiden pohjalta pääominaisuuksia alukselle kuten koneita ja potkurijärjestelmiä. (Skytte 1997, 34-1.)

Projektisuunnittelussa luodaan hinta-arvio laivan rakentamiselle. Automaatio ei yleensä liity projektisuunnittelu-vaiheeseen muuten kuin tarjouslaskennassa, jossa käytetään hyväksi referenssi alusten tietoja. Jos asiakkaalla on kuitenkin jotain teknisiä tietoja automaatioon liittyen, tulee ne pystyä lisäämään tuotettavaan aineistoon. Aineisto projektisuunnittelusta saadaan alustava erittely.

## 5.2 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelussa määritellään laivan pääpiirteet. Konseptisuunnittelun tuloksena saadaan erittely, johon myös automaatio liittyy. Erittelystä selviää laivan järjestelmät sekä rakentamisen ajatus. Konseptisuunnittelussa suunnitellaan laivan yleisjärjestely sekä pääominaisuudet, mitkä perustuvat tilaajan vaatimuksiin ja telakan kokemusperäiseen tietämykseen. Tarkemmat kohteet, kuten konehuone, voivat vaatia erillisselvitystä yleisselvityksen lisäksi.

Laivan erittely on sanallinen kuvaus laivasta, joka toimii myös sopimusaineistona telakan ja tilaajan välillä. Automaation kohdalta tulisi selvittää automaation suunnittelua varten rajat, joiden sisällä tullaan toimimaan sekä komponenttien valinnat automaatioon. Erittelystä kerrotaan kaikki tarpeellinen ja sen pohjalta perussuunnittelua voidaan lähteä toteuttamaan.

Erittely aloitetaan yleisellä selostuksella, jossa kerrotaan yleisiä ja tärkeitä asioita, jotka liittyvät automaatioon ja sen osiin. Yleisesti alussa kannattaa käydä läpi turvallisuuteen ja suojauksiin liittyviä asioita, jotka määrittelevät automaatiota. Esimerkiksi seuraavia asioita kannattaa käsitellä:

- Erilaiset vaatimukset järjestelmää kohtaan (esimerkiksi E0)
- Hälytysten ja ohjausten periaate
- Instrumenttien ja näyttöjen sijoitukset
- Hälytysmittausten indikointipaikat
- Toivomukset laitteiden valinnasta

IAS:n pääpiirteiden määrittelyn ja laitemäärien osalta käsitellään automaatiojärjestelmää mahdollisimman tarkasti sen hetkisten tietojen perusteella. Kaikkia

erittelyssä käsiteltäviä asioita pitää tarkastella myös sääntöjen kannalta. IAS-järjestelmän osalta erittelyssä olisi hyvä käsitellä seuraavia asioita:

- Automaation rakenteen sanallinen kuvaus
- I/O-yksiköt (arvio määrästä, arvio varalle jäävistä sekä kahdennuksen periaate)
- Yläraja eri mimikoiden lukumäärille (MIMICS)
- Sarjaväylällä automaatioon yhdistettävät järjestelmät
- Sarjaväylä liitäntä IAS:n ja navigaatiojärjestelmän välillä
- Maininta PMS:stä, onko IAS:ssä vai erillinen (PMS:ää käsitellään myöhemmin)
- Automaation tehonsyöttö sääntöjen mukaan
- Operointiasemien sijoitukset sekä komponentit määrineen
- Kuvaus hälytys- ja valvontajärjestelmästä – Mitä osia kuuluu ja mitä osat sisältävät (esimerkiksi lukitukset hälytyksen yhteydessä ja lukitusten näyttö)
- Hälytys- ja valvontajärjestelmän laajennukset (E0) ja niiden toiminta, sijoitus sekä osamäärät
- IAS:n komponenttien diagnostiikan toteutus
- Kauko-ohjattavien järjestelmien kanssa käytettävä tiedonsiirtotapa
- Miten kauko-ohjatut koneistojärjestelmät näytetään VDU:lla
- Mitkä kauko-ohjaukset voidaan toteuttaa komentosillalta
- Ohjainten käytön valintamahdollisuus (Manual-Remote)

Koneiden ja koneiston valvonnan osalta käsitellään antureita sekä niitä koskevia määräyksiä. Erittelyyn voi sisällyttää myös taulukon, jossa on esitetty ohjauksen, valvonnan ja indikoinnin omaavat järjestelmät. Koneiden ja valvonnan osalta kannattaa käsitellä seuraavia asioita:

- Antureiden käyttöalueet, kytkennän- ja tehonsyötön periaate sekä käyttökohteet
- Signaalityypit
- Aikasynkronisointi
- Aikaleimattavat hälytykset (säännösten mukaan)
- Hälytysjärjestelmät (yleinen hälytys, koneistohälytys jne.)
- Hälytyspaneelien valojen värit ja hälytykset
- Hälytysvalotornien toiminnan kuvaus
- Kovaäänisten sijoituspaikat

Koneiden ohjauksen ja säädön kohdalla käsitellään dieselgeneraattoreita sekä hätägeneraattoreita. Tässä kohtaa on tarkoitus antaa kuvaus dieselgeneraattorin automaattisista ja manuaalisista toiminnoista, jotta perussuunnittelu pystyttäisiin toteuttamaan. Dieselgeneraattoreiden ja tehon hallinta-järjestelmää ohjataan ja valvotaan PMS:llä. Seuraavat toiminnot olisi hyvä kuvata:

- PMS: toiminnan kuvaus ja PMS:n kanssa ohjattavat dieselgeneraattorit
- PMS:n toiminnot (esitely kappaleessa 2)
- Dieselgeneraattorin manuaalinen ja automaattinen toiminta
- Järjestelmän blokkaukset
- Manuaalisen pysäytyksen ja käynnistyksen toteutus
- Synkronisointi ja kuorman jako
- Shut down-pysäytyksen aiheuttavat tulokset
- Miten voimalaitosta ohjataan?
- Mode selection

Kuten jo aiemmin todettiin, tulee hätä dieselgeneraattorin automaatio yleensä suoraan toimittajalta. Silti erittelyssä yleensä mainitaan esimerkiksi hätägeneraattorin automaation toimintaa ja tärkeimpiä valvottuja kohteita sekä käynnistyksiä ja pysäytyksiä.

Dieselsähköisen propulsioon kohdalla luetellaan laitemäärät ja niiden sijoituspaikat, mutta ei oteta kantaa sen käynnistykseen ja pysäytykseen ja muihin toimintoihin. Häätälähetimestä kerrotaan sen sijoituspaikat sekä komponenttimäärät. Jos käytössä on myös varalähetin, niin tulee siitäkin antaa samat tiedot erittelyssä.

Eritylliset eivät noudata mitään annettua kaavaa, jonka takia erittelystä riippuen käsitellään eri määriä automaatioon liittyviä järjestelmiä. Järjestelmien kohdalla käsitellään järjestelmän toimintaa, sen liittämistä osaksi automaatiota, mittauksia ja ohjauksia sekä mittauksen periaatetta. Järjestelmään sisältyvät komponentit luetellaan laitemäärineen. Tarkoituksena on antaa mahdollisimman tarkka kuvaus järjestelmästä, jotta sitä voidaan käyttää hyväksi myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Ilmastoinnin automaatio tulee normaalisti järjestelmän toimittajalta, mutta se voidaan liittää myös osaksi IAS-järjestelmää. Jos automaatio liitetään IAS-

järjestelmään, annetaan sen toiminnasta ja komponenteista tarkempi kuvaus laivan erittelyssä.

Yllä olevat asiat ovat pääpiirteittäin ne asiat, joita automaation osalta erittelystä tulisi selvittää. Varmempaa on kuitenkin käyttää referenssi erittelyjä, kun erittelyä tekee, jotta voisi varmistua asioiden laajuudesta eri telakoiden kohdalla.

### 5.3 Perussuunnittelu

Perussuunnittelu aloitetaan heti sopimuksen synnyttyä. Perussuunnittelun pohjana on laivan sopimuserittely. Perussuunnittelussa luodaan suunnitelmat laivan järjestelmistä, tiloista ja runkorakenteista. Nämä suunnitelmat hyväksytetään tilaajalla, luokituslaitoksilla ja viranomaisilla. (Kosola, 1997, 35-1.)

Perussuunnittelussa suunnitellaan laivan PI-kaaviot. PI-kaavioiden tehtävänä on ensisijaisesti toimia koneistojärjestelmien suunnitelmina, joiden perusteella laivan putkistot, tankit, venttiilit ja pumpput asennetaan. PI-kaavio toimii myös automaation esitietona, sillä siinä esitetään automaation mittaus- ja ohjauspaiikat sekä tunnuksat näille paikoille koneistojärjestelmissä.

Perussuunnittelu tehdään erittelyn pohjalta ottaen huomioon luokituslaitosten vaatimukset. Perussuunnittelun osalta automaatioon liittyviä piirustuksia ovat

- IAS-lohkokaavio
- PMS-järjestelmän kuvaus
- IAS-mittauspisteet (luettelo)
- IAS-ohjattavat pumpput ja tuulettimet (luettelo)
- pumppujen ja puhaltimien ohjausperiaate
- IAS-ohjattavat venttiilit (luettelo)
- kauko-ohjattujen venttiileiden ohjausperiaate
- IAS-tehonsyötön periaate
- konevalvomon yleisjärjestely
- konevalvomon pulpettien yleisjärjestely
- hälytysvalotornit
- tankkien pinnankorkeuden mittauksen periaate.

IAS-järjestelmän lohkokaaviossa esitetään lohkokaaavion avulla automaatiojärjestelmän rakenne (kappale 2). Kuvaa suunniteltaessa tulee kuvassa näyttää kaikki järjestelmän komponentit ja selvästi se, miten ne toisiinsa liittyvät. Järjestelmän lohkokaavioon merkitään laitteiden tunnuksia, sijoituspaikat sekä erotetaan käytettävät väylätyypit toisistaan esimerkiksi erilaisten viivatyypin avulla. Positiotunnuksilla yksilöidään jokainen komponentti ja piirustuksessa esitetään väyläohjaimien yksilöivä tunnus. Lohkokaavioon tulee myös liittää E0-säännöksen vaatima vahtivastuu-järjestelmän komponentit, niiden positiotunnukset, selitykset ja tätä kautta hälytysjärjestelmän laajennus.

PMS-järjestelmän kuvaus on tekstitiedosto, jossa kerrotaan järjestelmän periaatteista. Kappaleessa 4 on käsitelty sitä, mitä asioita PMS-järjestelmän kuvauksessa tulisi käsitellä. Periaatteena on, että järjestelmän kuvauksen perusteella tehtäisiin ohjelmisto, jolla järjestelmän ohjaukset suoritetaan ja kaapelointi suunniteltaisiin niin, että järjestelmän toiminnot olisi mahdollista toteuttaa. Järjestelmän kuvauksen eri toiminta mahdollisuudet on kirjattu Elomaticille tehtyyn, laajempaan versioon tästä työstä.

IAS-järjestelmän I/O-lista on ”piirustus”, jonka alustava versio luodaan perussuunnitteluvaiheessa. Tällöin listataan ne I/O-pisteet, jotka ovat siihen mennessä varmistuneet, mutta ennen kaikkea lista on jatkuvasti päivittyvää tyyppiä eli sen lopullinen versio saadaan vasta työkuvasuunnitteluvaiheessa, kun kaikkien komponenttien ja järjestelmien hankinnat on tehty. I/O-listalla esitetään kaikki järjestelmän I/O-pisteet ja niihin liittyvät tärkeät tiedot kuten signaalin tyyppi, TAG-numerot, selitykset jne.

IAS-järjestelmän kautta ohjattavista pumpuista ja puhaltimista tehdään luettelo, josta selviää niiden toiminnot IAS:n kannalta. Luettelossa esitetään muun muassa pumppujen ja puhaltimien IAS:n kautta tehtävät käynnistykset ja pysäytykset, tilatiedot sekä hälytykset, jos pumppu tai puhallin kuuluu IAS-järjestelmän alle. Lisäksi pumppujen ja puhaltimien positiotunnukset ja toiminnot kerätään luetteloon.



Pumppujen ja puhaltimien osalta tehdään periaatekaavio, jossa näiden laitteiden ohjauksen periaate on esitetty piirikaavion avulla. Periaatekaaviossa selvitetään miten järjestelmä toimii ja miten se on liitetty osaksi automaatiota. Periaatekaavio tehdään jokaisesta pumppu ja puhallin tyypistä erikseen.

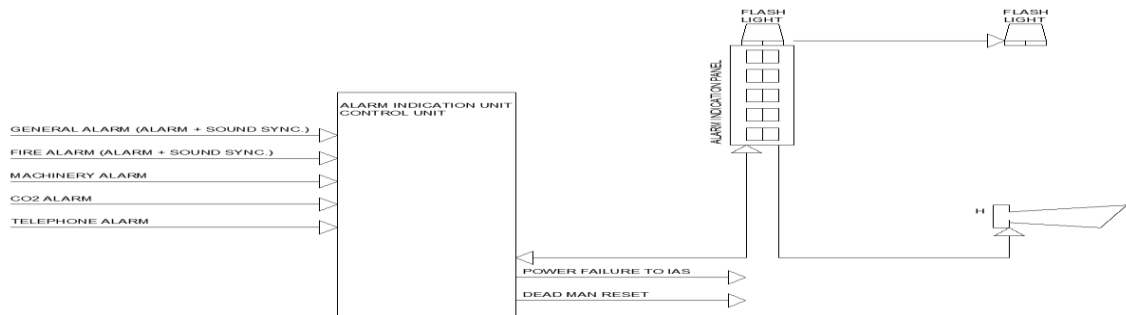
Kauko-ohjatut venttiilit kerätään myös luetteloksi. Kauko-ohjatuista venttiileistä luetteloon kirjoitetaan ainoastaan venttiileiden positiotunnukset, venttiilin tyyppi ja järjestelmä, jossa venttiili sijaitsee.

Myös kauko-ohjattujen venttiilien osalta tehdään periaatekaavio. Periaatekaaviossa piirikaavion avulla esitetään kaikkien eri tyyppisten kauko-ohjattujen venttiileiden ohjauksen periaatteet.

IAS-järjestelmän tehonsyötön periaate kuvassa esitetään tehonsyötön toteutus-tapa lohkokaaviona. Tarkoituksena on esittää, että mistä keskuksista mikäkin automaation komponentti saa syöttönsä ja miten vaatimusten mukainen UPS-syöttö komponenteille on hoidettu.

Konevalvomosta tehdään myös alustava järjestelykuva. Kuvan tarkoituksena on esittää konevalvomon pohjakuva, jossa on esitetty kaikki konevalvomoon tulevat laitteet. Piirustus tehdään konevalvomon pohjapiirustuksen päälle käyttäen hyväksi myös leikkauksia. Komponentit merkitään numeroin ja kuvaan tulee sisällyttää myös osaluettelo, josta selviää positiotunnus, tunnuksen selitys ja mahdolliset huomioon otavat asiat kuten kappalemäärät, mitat tai referenssi-piirustukset.

Koneohjauspulpetin järjestelykuvassa pyritään puolestaan hahmottamaan pulpetin laitteiden järjestystä tuomalla esille graafisesti pulpetin ulkonäköä. Pulpetin kuvat piirretään hankittujen järjestelmien perusteella ja kuvissa pyritään toteuttamaan tilaajan toiveita laitteiston järjestyksestä pulpetissa. Pulpetin järjestelykuvassa tehdään kuvaan mukaan myös laiteluettelo valmistajineen ja malleineen, jotta kaikki kuvan laitteet olisivat yksilöityä.



Kuva 11. Alarm lamp towers -järjestelmän periaate.

Alarm lamp towers -piirustus käsittelee hälytysvaloja, -sireeneitä sekä niihin liit-  
tyviä hälytysyksiköitä. Piirustuksessa valo-, sireeni- ja yksikkösymbolit sijoite-  
taan laivan pohjapiirustuksen päälle niille suunniteltuihin paikkoihin. Piirustus-  
sessa näytetään periaate äänihälytysten ja valohälytysten aktivoitumisesta ja  
äänihälytykset merkitään SOLAS-säännöstössä määrättyjen prioriteettien mu-  
kaan. Kuvaan piirretään periaate, mitä hälytyksiä tuodaan indikointipaneeliin ja  
miten ne yhdistetään sireeneihin ja valoihin (kuva 11). Konetiloissa hälytystorni-  
en paikat ovat hyvin selvästi säännöksessä määrätty asennettavaksi hyvin näh-  
tävään paikkaan.

Tankkien pinnankorkeuden mittausperiaate esitetään periaatekaaviona perus-  
suunnitteluvaiheessa. Periaate piirustuksessa on sama kuin pumppujen ja pu-  
haltimien kohdalla.

#### 5.4 Työkuvasuunnittelu

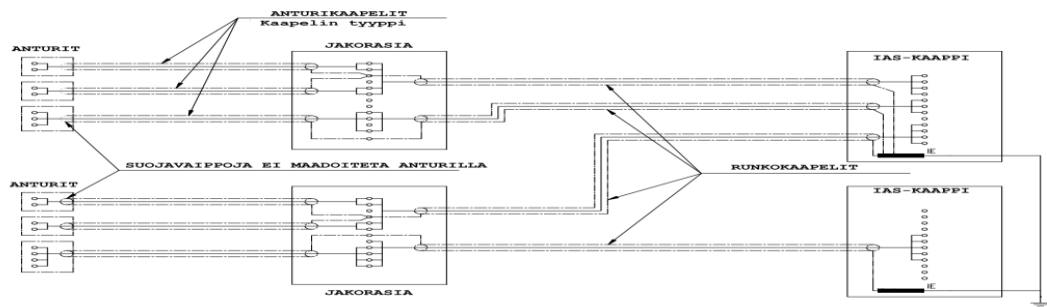
Työkuvasuunnittelu aloitetaan heti perussuunnitteluvaiheen valmistuttua. Työ-  
kuvasuunnittelussa tarkennetaan perussuunnittelussa tehtyjä järjestely- ja jär-  
jestelmäpiirustuksia ja siinä käytetään esitietona perussuunnittelua ja erittelyä.  
Työkuvasuunnittelun tarkoituksena on saada valmiiksi eri järjestelmistä kaape-  
lointi- ja kytkentäkuvia, joissa määritetään kaapelien tyypit ja -tunnukset, kyt-  
kennät liittimiin, maadoitus ja muu tarpeellinen tieto, joka on asennuksen ja  
huollon kannalta oleellista. Automaation osalta seuraavat piirustukset kuuluvat  
yleisesti työkuvasuunnitteluun:

- IAS-järjestelmän kaapelointi- ja kytkentäkuva
- Tehonsyöttö IAS:lle
- IAS-järjestelmän I/O-kaappien kytkentä- ja kaapelointikuvat
- Automaatiojärjestelmän mittauspisteiden sijoituskuva
- Antureiden ja kauko-ohjattuiden venttiilien periaatteellinen kytkentäkuva
- IAS-järjestelmän jakorasioiden kytkentäkuva
- EAS-paneelin kaapelointi- ja kytkentäkuva
- Personel Alarm - Kaapelointi- ja kytkentäkuva
- Kenttäväylien reititys
- Kauko-ohjattujen venttiileiden sijoituskuva
- Venttiilikaappien kaapelointi- ja kytkentäkuva
- Alarm lamp towers - Kaapelointi ja kytkentä
- Trim & List - Kaapelointi ja kytkentä

IAS-järjestelmän kaapelointi- ja kytkentäkuvassa esitetään järjestelmän komponenttien kytkennät ja kaapelit sekä määritetään tehonsyöttö I/O-kaapeille, ope-  
rintiasemille (ECR) ja tarvittaville pistorasioille.

Tämän lisäksi piirustuksessa esitetään järjestelmäkaapelit, joiden avulla yhdis-  
tetään kaikki automaatiojärjestelmän komponentit keskenään ja joiden suunnit-  
telun avulla pystytään säännösten mukainen kahdennus toteuttamaan. Sarja-  
väyläliitännöiden avulla esitetään automaation liittyminen muihin järjestelmiin. Ku-  
vassa liittimenä käytetään yleensä RJ45-liitintä, jolloin ei tarvitse näyttää liitti-  
men johdotusta. Liitännässä käytettävät liittimet esitetään yleensä ainoastaan  
automaatiokomponenttien yhteydessä, koska toisen pään liittimet on esitetty  
järjestelmän omassa piirustuksessa. Sarjaväylän kytkennässä esitetään jokai-  
sen sarjaväylän kytkentä automaatiokomponentteihin sekä sarjaportin kytken-  
nät.

I/O-kaappien kaapelointi- ja kytkentäkuvissa esitetään jokaisen I/O-kaappiin  
tulevan kaapelin kytkentä I/O-kortin kanaviin. Tämän lisäksi merkitään selven-  
nykseksi kanavien viereen tiedot kanavan numerosta, TAG-numerosta sekä  
TAG-numeron selitys. Maadoitus tehdään yleensä korttien kohdalla niin, että  
kaapelien maadoitusvaipat maadoitetaan IE-kiskoon.



Kuva 12. Anturien maadoituksen periaate.

Automaatiojärjestelmän mittauspisteet sijoitetaan työkuvasuunnittelussa laivan pohjapiirrokseen, jotta ne pystytään määrittämään tiettyyn paikkaan. Mittauspisteiden sijoituksessa mittauspisteet merkitään niiden positiotunnuksin pohjapiirustukseen. Sijoitusta tehdessä tietoa on saatavilla perussuunnittelussa tehdystä mittauspisteiden luettelosta ja koneistosuunnittelun tekemistä järjestelypiirustuksista. Samalla periaatteella tehdään kauko-ohjattujen venttiileiden sijoitus pohjapiirrokseen.

Antureiden ja kauko-ohjattujen venttiileiden kytkentäkuvalla annetaan ohjeet sille, miten eri tyyppiset anturit ja kauko-ohjattavat venttiilit kytketään ja maadoitetaan. Jokaisen anturityypin osalta näytetään kytkentä liittimien osalta sekä anturilla että I/O-kortilla, johon anturi tuodaan. Jos tiettyjen antureiden kanssa käytetään jakorasiaa tiedon keräämiseen ja edelleen lähettämiseen, näytetään kytkennät myös rasian osalta. Kyseisessä piirustuksessa näytetään kauko-ohjattavien venttiileiden kytkennät sekä venttiiliin että IAS-järjestelmän päässä. Maadoitusten periaate näytetään sekä kytkentöjen yhteydessä että erikseen kuten kuvassa 14.

IAS-järjestelmän jakorasioiden piirustuksessa näytetään tulevien ja lähtevien kaapeleiden kytkennät maadoituksineen.

EAS-(Emergency Alarm System) paneelin eli E0-säännöksen mukaisen hälytysjärjestelmän laajennuksen osalta voidaan näyttää laivan pohjapiirroksen päällä paikat, jossa paneelit ja keskusyksikkö sijaitsevat ja samaan kuvaan tehdään myös kaapelointi näiden yksiköiden välille. Kuvassa näytetään myös eri panee-

lien ja keskusyksikön kytkennät sekä maadoitus. Samalla periaatteella piirretään myös Personel Alarm -piirustus.

Kenttäväylän reitityskuvalla esitetään luokituslaitoksen vaatimus kaapelien vedosta todeksi. Luokituslaitokset vaativat, että kaapelit vedetään tarpeeksi etäällä toisistaan, jotta esimerkiksi törmäystilanteessa voidaan olettaa kahdennuksen toimivan. Kaapelointi esitetään laivan pohjapiirroksen päällä.

Venttiilikaappien kytkennät esitetään kaapelointi ja kytkentäkuvana. Venttiilikaappeja käsittelevässä piirustuksessa esitetään venttiileiden ohjauslaitteiden ja venttiileiden kytkentä sekä tiedonsiirron eli ohjauksen että tehonsyötön osalta.

Hälytysvalotornien kaapelointikuva voidaan tehdä pohjapiirroksen päälle selkeyttämään hälytysvalotornien sijoitusta konetiloissa. Kaapelointikuvassa esitetään ainoastaan kaapelivedot ja kytkentäkuvassa järjestelmän kytkennät. Kaapelointia suunniteltaessa tulee huomioida se, miten hälytysviestit ja eri komponenttien tehot järjestelmässä kulkevat.

Trim & List -kuvassa suunnitellaan laitetoimittajan materiaaliin perustuen antureiden ja keskusyksikön välinen kaapelointi sekä kytkennät. Kaapelointikuva tehdään laivan pohjapiirroksen päälle. Kallistusta ja trimmausta valvovat anturit sijoitetaan laivanpohjaan. Antureina pohjassa käytetään kuplivia painemittareita, joiden kytkennät esitetään kytkentäkuvassa.

## 6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Työn tavoitteena oli saada aikaan yleispätevä ohjeistus laiva-automaatiosuunnittelua varten, jota suunnittelijat voisivat käyttää tukena suunnittelua tehdessään. Laiva-automaation periaatteiden selvittäminen oli paljon laajamittaisempi projekti kuin miltä se alkuun vaikutti. Tutkimuksesta teki vaikean se, että laiva-automaatiosta ei ole olemassa julkaisuja ja tiedon keruussa joutuu turvautumaan ammattilaisten haastatteluihin sekä säännösten soveltamiseen automaatiotekniikassa. Lisäksi piirustuksissa, joita suunnitellaan, joudutaan turvautumaan telakoiden tietoihin, jolloin niiden käyttö lähteenä on vaikeaa, koska tiedot ovat periaatteessa telakoiden omaisuutta. Näiden asioiden takia työn laajuus tunneissa kasvoi melkein kaksinkertaiseksi normaaliin opinnäytetyöhön verrattuna.

Vaikka alue oli laaja ja tutkimuksen tekeminen hankalaa, laiva-automaation periaatteet tulivat työn myötä hyvin selkeiksi ja tutuiksi. Työn lähtökohtana oli saada aikaan suunnittelun ohjeistus, jota yrityksen työntekijät voisivat käyttää hyväkseen tulevaisuudessa ja tämä tavoite myös saavutettiin. On kuitenkin huomioitavaa, että suunnittelun ohjeistus tehtiin yleisellä tasolla johtuen siitä, että jokainen projekti on erilainen eikä tarkkaa piirustuksen läpikäyntiä voida käyttää hyväksi. Lisäksi henkilökohtaiset tiedot automaatiotekniikasta ja varsinkin laiva-automaatiosta kasvoivat suuresti. Työ mahdollisti tutustumisen myös anturi, säätö ja mittaustekniikkaan sekä muihin automaation komponentteihin syvällisemmin. Lisäksi onnistuin selvittämään laivan eri järjestelmien toimintaa, joka on suuri apu tulevaisuudessa, kun suunnittelua tehdään. Tätä kautta kokonaisvaltaiset tiedot laivatekniikasta ovat nyt vahvempia kuin ennen.

Laiva-automaation suunnittelu on mahdotonta ilman automaation perusteiden ja säännösten tuntemista. Vaikka perusteet tuntisikin, on silti perusteiden yhdistäminen laiva-automaatiossa suunniteltaviin kokonaisuuksiin hankalaa ilman ohjeistusta. Laiva-automaatio on järjestelmänä yksinkertainen, mutta samalla se on todella laaja ja täten hyvin vaikeasti hahmotettavissa ilman lähempää tutus-

tumista. Nimenomaan määräysten takia suunnittelua tulee tehdä erityisellä huolella ja koska projektitasot menevät osittain päällekkäin, on yhteydenpito projektin aikana todella tärkeää.

Tässä työssä perehdyttiin nimenomaan laiva-automaation kenttäpuoleen eli erilaisten komponenttien tarpeisiin, järjestelmän rakenteeseen, osajärjestelmiin sekä kenttälaitteisiin ja -väyliin. Jotta Elomatic pystyisi toteuttamaan kokonaisvaltaista laiva-automaatiosuunnittelua, olisi jatkokehitys mahdollista ohjelmisto puolella.

Lisäksi lähitulevaisuudessa yhä enemmissä määrin käyttöön otettavat LNG-ratkaisut voivat olla mahdollinen jatkokehityksen kohde. Tämä työ on tehty vanhan dieseltekniikan mukaan, jolloin LNG-tekniikan myötä myös automaatio-osa tulee tapahtumaan muutoksia. Lisäksi erilaisten energiansäästöjärjestelmien (esimerkiksi ABB Emma) lisääminen osaksi koneistoautomaatiota voidaan mieltä jatkokehityksen kohteeksi.

Ehkäpä tärkein jatkokehityksen kohde on kuitenkin koneistoautomaation, navigointijärjestelmien sekä energiansäästöjärjestelmien integrointi niin, että kaikilta päätteiltä pystytään käyttämään kaikkien järjestelmien tietoja. Moni automaatio-toimittaja on jo aloittanut integroinnin tutkimisen, koska varustamoilla on yhä vahvempi kiinnostus integrointia kohtaan.

Työtä voisi käyttää pohjana myös Offshore automaatiosuunnittelussa, jolloin työn tutkimusta verrattaisiin Offshore-tekniikan vaatimuksiin ja niiden pohjalta luotaisiin ohjeistus Offshore-automaation suunnittelulle.

## LÄHTEET

- Aalto-yliopisto 2014. Noppa-portaali. Laivatekniikka. Viitattu 7.1.2014. [https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4410/materiaali/Kul-24\\_4410\\_oppikirjan\\_luku\\_10.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4410/materiaali/Kul-24_4410_oppikirjan_luku_10.pdf)
- Aumala O. 2002. Mittaustekniikan perusteet, 11. korjattu painos, Helsinki: Hakapaino Oy
- DNV 2013, Newbuildings. Machinery and systems – Drivers, Oslo: Det Norske Veritas
- DNV 2013, Newbuildings. Machinery and systems – Main class. Electrical installations, Oslo: Det Norske Veritas
- Elomatic Oy 2013. Historia. Yritys. Viitattu 2.1.2014. <http://elomatic.com/fin/company/history.php>
- EUR-Lex. Direktiivit. Konedirektiivi 2006/42/EY. Viitattu 20.11.2013 <http://eur-lex.europa.eu/fi/index.htm> > Asiakirjan numero > 2006/42 > 32006L0042
- Fonselius J., Pekkola K., Selosmaa S., Ström M., Välimaa T., 1996, Automaatiolaitteet, 1. painos, Helsinki: Edita
- IMO, 2009, SOLAS – Consolidated Edition, 5. pianos, Iso-Britannia: CPI Books Limited.
- Kippo A., Tikka A., 2008, Automaatiotekniikan perusteet, Helsinki: Edita
- Kosola, P. 1997. Perustussuunnittelu. Teoksessa P. Räisänen Laivatekniikka, modernin laivanrakennuksen käsikirja, Gummerus Kirjapaino Oy: Jyväskylä.
- Metso Ltd 2014. History. Marine. Viitattu 8.1.2014. <http://metso.com/> > automation > marine > history
- Satakunnan Ammattikorkeakoulu (SAMK) 2011. Salabra. Lähdeniemi M. Laivojen sähköasennukset. Viitattu 20.10.2013. [salabra.tp.samk.fi/er/siirto/laiva.doc](http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/laiva.doc)
- SFS Ry. 2012, Automaatio. Osa 1: Sanasto ja toiminnallinen turvallisuus, SFS: Helsinki
- SFS Ry. 2004, Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 5: Mittaus- ja ohjauslaitteet, SFS: Helsinki
- SFS Ry. 2004, Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: Mittaus- ja ohjaustoiminnot, SFS: Helsinki
- SFS Ry. 2013, Prosessikaaviot. Yleiset ohjeet, SFS: Helsinki
- SFS Ry. 2008, Räjähdyksenvaaralliset tilat. Räjähdyksen esto ja suojaus. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät, SFS: Helsinki
- SFS Ry 2014. SFS:n tehtävät. Viitattu 30.11.2013. [http://www.sfs.fi/sfs\\_ry/sfs\\_n\\_tehtavat](http://www.sfs.fi/sfs_ry/sfs_n_tehtavat)
- Siirilä, T., 2009, Koneturvallisuus – Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet, 2. uudistettu painos, Keuruu: Otava
- Skytte, M. 1997. Projektisuunnittelu. Teoksessa P. Räisänen Laivatekniikka, modernin laivanrakennuksen käsikirja, Gummerus Kirjapaino Oy: Jyväskylä.
- Tanner H., 2012, Koneisto-, tehonsyöönhallinta-, painolasti-, polttoaine-, konehuoneilmastointi-, jäähdytysvesi- ja lastinkäsittelyautomaatio, Luentomateriaali, Turku 22.5.2012
- Virtuaali Amk 2013. DIGMIA-aineisto. IP-luokitus. Viitattu 23.11.2013. <http://amk.fi> > Avoimet oppimateriaalit > DIGMIA-aineisto > Suojaus sähköiskulta aihe > IP-luokitus
- Ylinen M., 2012, Laiva-automaatiojärjestelmien kahdennus, luotettavuus ja vikasietoisuus, Luentomateriaali, Turku 22.5.2012