

LAIVAN 24VDC - JÄRJESTELMÄ

Lauri Grönroos
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2026
Sähkötekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähkötekniikka

Tekijä(t): Lauri Grönroos
Opinnäytetyön otsikko: Laivan 24VDC-järjestelmä
Työn ohjaaja(t): Ensio Sieppi, Oamk Oy ja Arto Saari, RMC
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2026
Sivumäärä: 40

Opinnäytetyössä on selvitetty mitä 24VDC-järjestelmiä laivoista löytyy ja mitä menettelyjä niiden suunnitteluun sovelletaan. Työ perustuu laivaan suunniteltuun 24VDC-järjestelmään ja sen suunnittelun aikana tehtyihin havaintoihin ja käytäntöihin. Lisäksi opinnäytetyössä perehdytään laivojen suunnittelua ja rakentamista ohjaaviin tahoihin, standardeihin ja määräyksiin.

Tehdyn työn kohteena ollutta projektia ei esitetä tässä opinnäytetyössä, joten esitettävät asiat on pidetty yleisellä tasolla viitaten laivoihin yleisesti. Tiettyjen järjestelmien suunnittelussa, käytössä tai olemassaolossa on viitattu tarkempiin alustyyppeihin, jotka on esitetty tässä opinnäytetyössä.

Työn toteutukseen on käytetty projektin aineistoa, tässä opinnäytetyössä esitetyjä standardeja ja määräyksiä sekä lähdemerkinnöissä esitettyjen sivustojen tietoja. Kaikki opinnäytetyössä esitetty tieto on etsitty lähdemerkityiltä sivustoilta ja standardeista. Opinnäytetyön ”Toteutus”-osiossa on käytetty projektin aineistoa, jota ei ole esitetty tässä opinnäytetyössä TLIV-tietoturva vaatimuksiin vedoten.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on ollut luoda alkuun pohja ymmärrykselle siitä mitä sähköjärjestelmiä laivoista löytyy ja mitä periaatteita ja vaatimuksia niiden suunnittelussa on otettava huomioon. Tämän jälkeen opinnäytetyössä syvennytään enemmän 24VDC-jännitetasoa käyttäviin järjestelmiin sekä niiden toteutuksen eri variaatioihin ja aluksiin, joissa näitä järjestelmiä esiintyy. Lopuksi kerrotaan suunnittelua ohjaavista tahoista, standardeista ja määräyksistä sekä itse suunnittelun etenemisestä.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Electrical and Automation Engineering
Option of Electrical Engineering

Author(s): Lauri Grönroos
Title of thesis: Ships 24VDC system
Supervisor(s): Ensio Sieppi, Oamk Oy and Arto Saari, RMC
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2026
Number of pages: 40

This thesis examines the 24VDC systems used on ships and the design practices applied in their development. The work is based on a 24VDC system design for a vessel, as well as the observations and practical approaches identified during the design process. In addition, the thesis explores the authorities, standards and regulations that guide the design and construction of ships.

The specific project that served as the basis for this work is not presented in detail in the thesis. For this reason, the topics discussed are addressed on a general level in relation to ships overall. In some cases, references are made to particular vessel types when discussing the design, use or existence of certain systems.

The research was carried out using project-related materials, the standards and regulations discussed in the thesis and information obtained from the sources listed in the references. All information presented in the thesis has been gathered from referenced standards and publicly available sources. However, material from the project itself has been utilized in the "Implementation" section without being directly included in the thesis due to TLIV information security requirements.

The aim of this thesis is first to provide a foundational understanding of the electrical systems commonly found on ships and the general principles and requirements that must be considered in their design. After establishing this background, the thesis focuses more specifically on the systems operating at the 24VDC voltage level, including different implementation methods and the types of vessels where such systems are typically used. Finally, the thesis describes the organizations, standards and regulatory frameworks that influence ships system design, as well as the overall design process.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 LAIVAN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN YLEISKUVAUS	8
2.1 Käyttökohteet	8
2.2 Jännitetasot	9
2.3 Sähköverkon osa-alueet	10
2.4 Redundanttisuus	13
3 24VDC – JÄRJESTELMÄN PERUSKENNE	15
3.1 Keskitetty järjestelmä	15
3.2 Hajautettu järjestelmä	16
4 24VDC KÄYTTÖKOHTEET	17
4.1 24VDC käyttö kaupallisilla aluksilla	17
4.2 24VDC käyttö sotilasaluksilla	18
4.2.1 Ohjusveneet	18
4.2.2 Miinantorjunta-alukset	20
4.2.3 Miina-alukset	22
4.2.4 Huolto- ja öljyntorjunta-alukset	24
4.2.5 Muut alukset	26
4.2.6 Sukellusveneet	27
5 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	28
5.1 Kansainvälinen merenkulkujärjestö	29
5.2 SOLAS (Safety of Life at Sea)	29
5.3 SRtP (Safe Return to Port)	30
5.4 ANEP (Allied Naval Engineering Publication)	31
5.5 Lippuviranomainen ja luokituslaitos	33
5.6 STANAG	34
6 SUUNNITTELUPERIAATTEET	36
6.1 PES	36

6.2	VAS	37
7	TOTEUTUS	39
8	POHDINTA	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	43

SANASTO

käsite	selite
AC	Alternating Current
ANEP	Allied Naval Engineering Publication
CCTV	Closed-Circuit Television
CRRS	Combat Resilience Routing Scheme
DC	Direct Current
IMO	International Maritime Organization
MAS	Military Agency for Standardisation
NSC	Naval Ship Code
PES	Perussuunnittelu
SOLAS	Safety of Life at Sea
STANAG	Standardisation Agreement
SRtP	Safe Return to Port
VAS	Valmistussuunnittelu

1 JOHDANTO

Laivojen sähköjärjestelmät ovat keskiössä, kun puhutaan alusten turvallisuudesta, tehokkuudesta ja luotettavuudesta. Nykyajan laivoissa sähköä käytetään lähes kaikissa kriittisissä aluksen toiminnoissa kuten propulsio-, ohjaus-, navigointi-, viestintä- ja turvallisuusjärjestelmät.

24VDC-järjestelmät ovat vakiintuneet osaksi laivojen sähköjärjestelmiä. 24VDC-jännitettä käytetään laajalti osana automaatiota, antureita, valvonta- ja turvallisuusjärjestelmissä sekä hätä- ja varasytöissä. Näiden järjestelmien toiminta on kriittinen osa aluksen turvallista operointikykyä myös vikatilanteissa. Sekä kaupallisilla että sotilasaluksilla 24VDC-järjestelmien suunnittelussa korostuvat redundanttisuus, käyttövarmuus ja vaatimustenmukaisuus standardien ja määräysten mukaan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella laivojen 24VDC-järjestelmää osana aluksen sähköjärjestelmää. Työssä perehdytään laivojen sähköjärjestelmien yleiseen rakenteeseen, jännitetasoihin ja 24VDC-järjestelmän perusratkaisuihin. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään 24VDC-järjestelmän käyttöä kaupallisilla ja sotilasaluksilla sekä siihen liittyviä standardeja ja määräyksiä.

Opinnäytetyö rakentuu siten, että aluksi esitellään laivan sähköjärjestelmän yleiskuvaus ja keskeiset jännitetasot. Tämän jälkeen perehdytään 24VDC-järjestelmän perusrakenteeseen. Seuraavissa luvuissa käsitellään 24VDC-järjestelmän käyttökohteita kaupallisilla ja sotilasaluksilla sekä suunnittelua ohjaavia standardeja ja määräyksiä. Lopuksi työssä tarkastellaan sähköjärjestelmien suunnitteluperiaatteita PES- ja VAS-suunnittelun näkökulmista.

2 LAIVAN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN YLEISKUVAUS

Tässä osiossa käsitellään laivan sähköjärjestelmän keskeisiä osa-alueita ja niiden merkitystä aluksen turvalliseen toimintaan. Luvussa tarkastellaan aluksen tärkeimpiä järjestelmiä, kuten propulsio-, ohjaus-, navigointi- ja turvajärjestelmiä. Tämän lisäksi kuvataan sähköverkon rakenne tuotannosta jakeluun ja aina lopukuluttajille asti. Osiossa vertaillaan myös laivoissa käytettävää IT-järjestelmää maapuolella yleisesti käytettyyn TN-S-järjestelmään standardin SFS 6000 mukaisesti. Lopuksi käsitellään redundanttisuutta ja siihen liittyviä vaatimuksia aluksilla.

2.1 Käyttökohteet

Laivan yksi merkittävimpiä sähkön käyttökohteita on propulsiojärjestelmä, jos alus on varustettu sähköisellä propulsiojärjestelmällä. Joissain laivoissa voidaan pyörittää potkureita diesel-pääkoneiden avulla ja näin ollen korvata sähköisen propulsioon tarve. Tämä järjestelmä on keskeinen osa aluksen liikkumista. Aluksen generaattoreilla tuotettu sähkö ohjataan taajuusmuuttajien avulla propulsiojärjestelmälle, joka siirtää voiman aluksen potkureille. Sähköinen propulsiojärjestelmä on energiatehokas tapa potkurien pyörittämiseen verrattuna mekaanisiin järjestelmiin.

Laivojen ohjausjärjestelmät toimivat usein sähköllä. Sähkön syötöllä ohjataan hydraulikkaa, joka säätelee laivan ohjausta. Hydraulikan teho saadaan tuotettua sähkömoottoreiden avulla. Hydraulikalla on aluksella useita käyttötarkoituksia, kuten laivan manööveeraus. Ohjausjärjestelmät ovat redundanttisia eli kahdennettua, jotta niiden toiminta säilyy myös silloin, vaikka osaa sähköverkosta ei pystyttäisi käyttämään sähkökatkon tai muun vian takia.

Erilaiset navigointijärjestelmät ovat aluksen kulkemisen kannalta elintärkeitä ja osa näistä vaatii kahdennetun sähkönsyötön. Navigointilaitteita on esimerkiksi tutkat, kaikuluotaimet, GPS, automaattinen tunnistusjärjestelmä (AIS), gyroskoopit ja elektroniset merikartat (ECDIS).

Erilaiset kommunikaatiojärjestelmät ovat tärkeitä laivojen turvallisen operoinnin kannalta. Tällaisia järjestelmiä laivoissa ovat kuulutus ja sisäkommunikaatio järjestelmät, jotka tarvitsevat sähkön syötön toimiakseen. Kuulutuslaitteilla aluksen kapteeni voi tehdä kuulutuksia aluksella ja sisäkommunikaatio järjestelmä mahdollistaa aluksen miehistön kommunikoinnin, vaikka he olisivat eripuolilla alusta.

Aluksilla turvallisuudesta huolehditaan valvonta- ja turvajärjestelmillä. CCTV-kameroilla voidaan seurata aluksen eri tiloja kuten konehuoneita, sisätiloja ja ulkotiloja. CCTV-järjestelmä parantaa turvallisuutta ja sillä voidaan estää pääsy rajoitetuille alueilla. Laivoissa aluksen turvallisuutta lisätään myös palohälytys järjestelmällä, joka on pakollinen järjestelmä aluksilla.

Laivoissa on monia sähköä tarvitsevia järjestelmiä. Jotkut niistä on hyvin tyypillisiä kuten valaistus, ilmanvaihto ja kodinkoneet, mutta edellä selitetyt järjestelmät ovat itsessään aluksen turvallisen toiminnan kannalta tärkeimpiä järjestelmiä. Valaistus, ilmanvaihto tai kodinkoneet eivät kuluta kovinkaan paljoa sähkötehoa verrattuna aiemmin listattuihin järjestelmiin, mutta yksi näiden järjestelmien ulkopuolelta joka lähimmäksi yltää on lämmitys. Suomen aluevesillä seilaavilla, jäänmurtajilla tai muilla kylmässä ilmastossa operoivilla aluksilla lämmitys voi osoittaa suuren tehon tarpeen, joka tulee huomioida jo aluksen suunnittelu vaiheessa.

2.2 Jännitetasot

Parhaimmillaan aluksilla voi esiintyä useita eri jännitetasoja, joilla on omat käyttötarkoituksensa. Jännitetasojen suuruus ja vaihtelevuus riippuu pitkälti aluksen koosta, joka vaikuttaa suoraan aluksen propulsiojärjestelmän vaadittuun kokoon. Sähköisellä propulsiojärjestelmällä on suurin tehontarve aluksella ja suuremmilla aluksilla propulsiojärjestelmän käyttöjännite voi olla useita kilovolteja (kV) vaihtojännitteellä.

Laiva ympäristöissä käytetään kumpaakin jännitetyyppiä, eli vaihtojännitettä (AC) ja tasajännitettä (DC). Joillain pienemmillä aluksilla tai esimerkiksi veneillä saatetaan käyttää pelkästään tasajännitettä (DC).

Laivoissa käytettävät jännitetasot poikkeavat osaltaan vähän maapuolella käytettävistä jännitetasoista. Alle on listattuna eri jännitetasoja ja kerrottu missä käytössä näitä jännitteitä esiintyy aluksilla.

- 1kV – 11kVAC
- Isot propulsiojärjestelmät, keulapotkurit ja suuret kompressorit

- 400VAC / 690VAC (50 tai 60 Hz)
- Pääsähkönjakelu, sähkömoottorit ja puhaltimet.

- 230VAC / 115VAC
- Pistorasiat, valaistus ja kodinkoneet.

- 24VDC
- Automaatio, anturit, turvallisuusjärjestelmät ja eri järjestelmien hätäsytöt

2.3 Sähköverkon osa-alueet

Laivojen sähköverkon osa-alueet koostuvat sähköntuotannosta, sähkönjakelusta ja kuluttajista. Taajuusmuuttajat ja teholähteet ovat myös laivan sähköverkon osia. Taajuusmuuttajia ja teholähteitä esiintyy kaikilla laivan sähköverkon osa-alueilla.

Sähkö tuotetaan aluksella pääasiassa dieselgeneraattorien avulla. Joillakin aluksilla voi olla käytössä vaihtoehtoisesti akkuja, polttokennoja tai kaasuturbiineita. Dieselgeneraattorit ovat kuitenkin yleisin vaihtoehto sähkön tuottamiseen laivoissa. Propulsio määrittelee aluksen pääjännitteen tason. (Saukko 2020, 13.)

Laivoissa on myös hätägeneraattori, jolla pystytään pitämään tärkeimmät järjestelmät toiminnassa odottamattoman vian sattuessa. "Vaatimukset, jotka koskevat koneistoja ja sähköasennuksia, on suunniteltu varmistamaan, että aluksen, matkustajien ja miehistön turvallisuuden kannalta välttämättömät toiminnot säilyvät erilaisissa hätätilanteissa." (International Maritime Organization b.)

Aluksen sähköjakelussa generaattoreilla tuotettu sähkö syötetään laivan pääkeskukselta pienemmille ryhmäkeskuksille. Ryhmäkeskuksilta sähkö syötetään vuorostaan kuluttajille. Jännitetasoja lasketaan pääkeskukselta ryhmäkeskuksille siirryttäessä muuntajien avulla. Sähköjakelussa voidaan käyttää keskitettyä tai silmukka verkkoa ottaen huomioon aluksen kokoon ja käyttötarkoitukseen liittyvät vaatimukset. Pääkeskuksessa ja ryhmäkeskuksissa turvallinen sähköjakelu on varmistettu erilaisilla suojalaitteilla, kuten automaattisulakkeilla, vikavirtasuojilla, suojareleillä ja maavuotomittareilla.

Kuluttajilla tarkoitetaan sähköön loppukuluttajia kuten valaistus, ilmastointi, propulsiojärjestelmä, navigointilaitteet, ohjausjärjestelmät, nosturit ja pumpput. Näillä kuluttajilla on hyvin erilaiset tehontarpeet, jotka on huomioitava aluksen sähköverkon suunnitteluvaiheessa. Osa kuluttajista tarvitsee varavoimasyötön kuten propulsio- ja ohjausjärjestelmä.

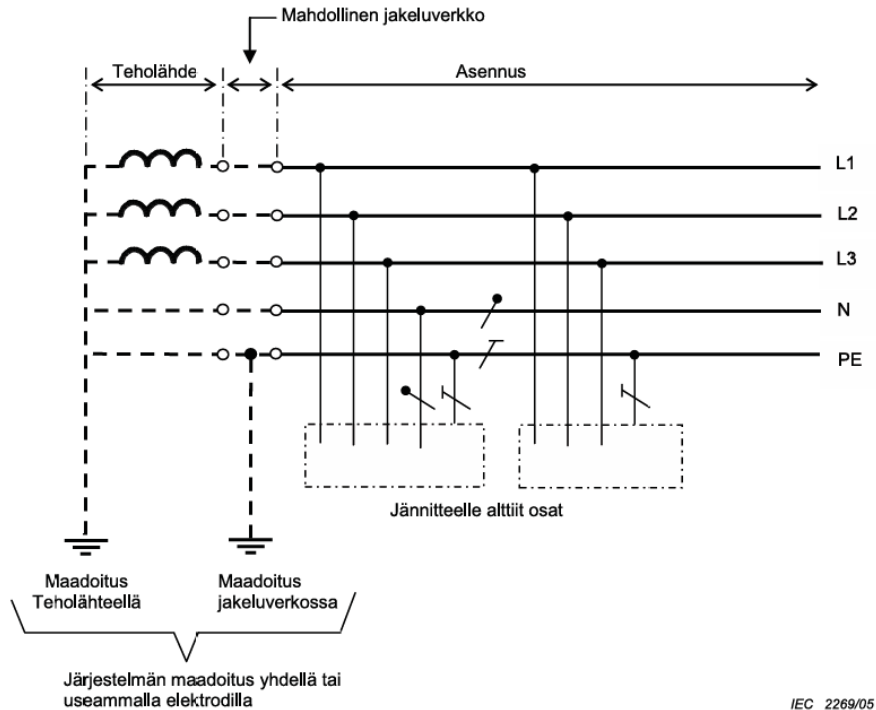
Satamassa ollessaan alus liitetään maasähköverkkoon. Tällöin aluksen generaattorit voidaan mahdollisesti sammuttaa, koska maasähköllä pystytään syöttämään kaikkia aluksen tarvitsemia järjestelmiä satamassa. Maasähköön liitettynä alus ei kuitenkaan pysty käyttämään esimerkiksi propulsio- tai ohjausjärjestelmiä, jotka ovat tarpeellisia vain aluksen seilatessa. Vastaavasti valaistus, ilmanvaihto ja kodinkoneet toimivat maasähköverkkoon liitettynä. Aluksen suunnittelussa täytyy huomioida mitä laitteita halutaan käyttää silloin kun ollaan liitettynä maasähköverkkoon. Näiden kuluttajien kuormat täytyy olla selvillä jo suunnittelu vaiheessa.

Laivojen sähköjärjestelmä eroaa periaatteeltaan maapuolella käytettävästä sähköjärjestelmästä. Laivoissa käytetään IT-järjestelmää, kun taas maapuolella yleisin käytettävä järjestelmä on TN-S-järjestelmä.

TNS-järjestelmä:

”TN-järjestelmissä yksi piste on maadoitettu suoraan teholähteestä, ja sähköasennuksen jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen suojamaadoitusjohtimilla. Nolla- ja suojamaadoitusjohtimen keskinäisen järjestelyn perusteella erotetaan kolme eri TN-järjestelmää toisistaan.” (SFS 6000-1:2022, 49-50.)

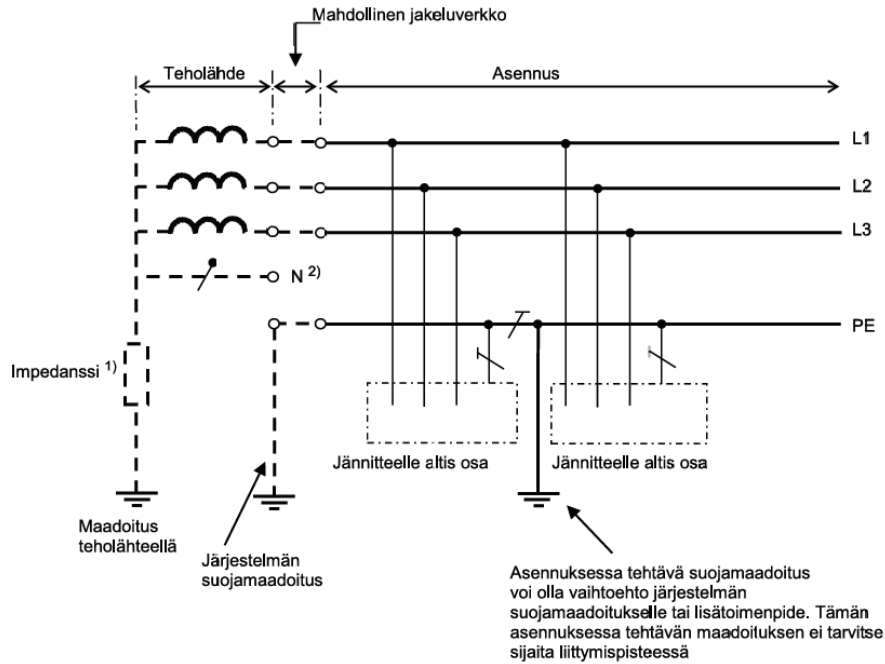
”S = suojamaadoitusjohdintoiminto on johtimella, joka on erillinen nollajohtimesta tai maadoitetusta äärijohtimesta (tai vaihtosähköjärjestelmissä maadoitetusta vaihejohtimesta)” (SFS 6000-1:2022, 49-50).



Kuva 1 TNS-järjestelmän yleiskuvaus (SFS 6000-2:2022, 49-50)

IT-järjestelmä:

”IT-järjestelmässä kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta tai yksi piste voi olla yhdistetty maahan impedanssin kautta. Sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat voidaan maadoittaa yhdessä tai erikseen tai maadoittaa yhdessä tai koota yhteisesti järjestelmän maadoitukseen SFS 6000-4-41 kohdan 411.6.2 mukaisesti.” (SFS 6000-1:2022, 54-55.)



HUOM. 1 Asennuksessa voi olla PE:n lisämaadoituksia

HUOM. 2 Järjestelmä voidaan kytkeä maahan riittävän suuren impedanssin kautta. Tämä kytkentä voidaan tehdä esim. nollapisteessä, keinotekoisessa nollapisteessä tai äärijohtimessa.

HUOM. 3 Nollajohdin voi olla käytössä tai se ei ole käytössä.

Kuva 2 IT-järjestelmän yleiskuvaus (SFS 6000-1:2022, 54-55)

2.4 Redundanttisuus

Laivojen tärkeimmät järjestelmät suunnitellaan redundanttisiksi, eli ne ovat tuplasyötettyjä. Tarkoituksena on, jos toinen syötöistä katkeaa, sähkönsyöttö laitteelle tai järjestelmälle silti säilyy. Voidaan ajatella, että laitteelle tulee syötöt A ja B. Aluksen sähkönsyöttöön tulee jonkinlainen vika, jonka seurauksena A syöttö katkeaa. Tässä vaiheessa automaattinen syötönvaihto, joka on voitu toteuttaa eri tavoin vaihtaa laitteen syötöksi B syötön. Näin ollen laitteen tai järjestelmän toiminta ei katkea vian sattuessa. Järjestelmän vaatimusten vuoksi B syöttö voi mahdollisesti olla akkuvarmennettu, turvaten näin järjestelmän toiminnan vikatilanteissa.

Redundanttisuutta kutsutaan myös kahdennukseksi ja se on vaadittu osaksi seuraavia järjestelmiä:

- Navigointi- ja viestintälaitteet
- Palohälytysjärjestelmät ja turvalaitteet
- CCTV- ja valvontajärjestelmät
- Propulsio- ja ohjausjärjestelmät
- Hätävalaistus

Redundanttisuus toteutetaan niin että redundantiselle laitteelle tulee kaksi erillistä syöttöä. Nämä syötöt tulevat eri keskuksilta ja eri paloalueilta. Kaapelit tulevat eri reittejä, eri puolilta laivaa ja eri keskuksilta. Näin vähennetään riskiä, jossa molemmat syötöt vioittuisivat esimerkiksi tulipalossa tai osa laivan keskuksista pimenee jonkin vian seurauksena.

Joissain aluksissa redundanttisuus voi olla toteutettu niin, että aluksessa on alun alkaen kaksi erillistä generaattorien syöttämää jakeluverkkoa. Näin ollen vaikka toinen sähkön jakeluverkoista lopettaisi toimintansa jäljelle jää silti toinen jakeluverkko, jolla redundanttisuus on toteutettu.

3 24VDC – JÄRJESTELMÄN PERUSKENNE

Tässä osiossa käsitellään aluksen 24VDC-sähkönjakelun kahta pääasiallista toteutustapaa: keskitettyä ja hajautettua järjestelmää. Tarkastelussa vertaillaan järjestelmien rakennetta, toimintaperiaatetta sekä niiden etuja ja haasteita erityisesti valvonnan, huollettavuuden, kaapeloinnin, painon ja kustannusten näkökulmasta.

Tämän osion tarkoituksena on esittää millaisiin aluksiin ja käyttötarkoituksiin kumpikin ratkaisu soveltuu parhaiten, sekä millä perusteilla valinta keskitetyn ja hajautetun järjestelmän välillä tehdään suunnitteluvaiheessa.

3.1 Keskitetty järjestelmä

Laivan keskitetty 24VDC-järjestelmä on helposti valvottava ja huollettava järjestelmä, koska jakelu tapahtuu aluksella yhdestä tai useammasta akusta. Tämä siksi koska jakelu tapahtuu aluksella yhdestä tai useammasta keskitetystä akusta. Virran jakaminen tapahtuu niin että keskitetty akusto syöttää pienempiä ryhmäkeskuksia, joilla syötetään vuorostaan 24VDC kuluttajia.

Keskitetyn 24VDC-järjestelmän hyötyjä ovat sen helppo valvottavuus ja huollettavuus, koska kaikkien 24VDC-laitteiden pääsyötö tulee samasta paikkaa. Tämä on myös selkein tapa toteuttaa 24VDC-järjestelmä, joten suunnittelu kustannukset saadaan pidettyä maltillisina eikä ole tarvetta useille erilaisille komponenteille, joiden yhteen sovittaminen voi olla haasteellista joissain tapauksissa.

Keskitetyn järjestelmän huonona puolena on se, ettei se ole ideaalinen suuremmissa aluksissa, koska pitkät kaapelivedot kuluttajien ja syöttävien akustojen välillä kasvattavat kaapelien poikkipinta-alaa matkalla tapahtuvan jännitehäviön takia. Suuremmat kaapelien poikki pinta-alat tekevät taas järjestelmästä raskaamman, joka ei ole ideaalia laiva olosuhteissa, kun kaikkea ylimääräistä painoa on pyrittävä välttämään. Suuret kaapelien poikkipinta-alat myös nostattavat projektin kustannuksia.

Keskitetty järjestelmä sopii pienempiin aluksiin, joissa kaapelien poikki pinta-alat eivät pääse kasvamaan liian suuriksi. Järjestelmä on muuten hyvä tapa toteuttaa 24VDC sähkönsyöttö painokriittisyys huomioiden.

3.2 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa järjestelmässä 24VDC syöttö toteutetaan teholähteillä. Idea on, että 230V syötetään jostain aluksen ryhmäkeskuksesta AC/DC teholähteelle, josta sitten syötetään 24VDC sen lähellä oleville 24VDC kuluttajille. Näitä teholähteitä voi olla useita varsinkin suuremmalla aluksella.

Hajautetun 24VDC-järjestelmän etuna ovat maltilliset kaapelien poikki pinta-alat ja näin ollen yleisesti kevyempi järjestelmä. Tämä malli sopii parhaiten suurempiin ja painokriittisiin aluksiin.

Huonoja puolia tässä mallissa on sen hajanaisuus. Syötöt teholähteille tulevat useimmiten lähimmältä 230V ryhmäkeskuksesta ja näin ollen järjestelmän valvonta voi olla monimutkaisempaa. Lisäksi järjestelmässä on enemmän komponentteja, joten huollon tarve ja laitteiden vikaantumisen riski kasvaa.

Joissain tapauksissa hajautettu järjestelmä on välttämätön tapa suorittaa 24VDC-järjestelmän sähkön syöttö, mutta muussa tapauksessa keskitetty järjestelmä on huomattavasti selkeämpi ja parempi tapa.

4 24VDC KÄYTTÖKOHTEET

Tässä osiossa tarkastellaan 24VDC-jännitetason käyttöä sekä kaupallisilla aluksilla että sotilasaluksilla. Osiossa kuvataan, millaisissa järjestelmissä ja kuluttajissa 24VDC toimii pää- tai varasyöttönä, sekä perustellaan sen merkitys aluksen turvallisen toiminnan kannalta. Lisäksi osiossa käsitellään sotilasalusten erityisjärjestelmiä, joissa 24VDC-jännitteellä on keskeinen rooli, sekä annetaan yleiskuva Suomen merivoimien aluksista ja niiden operatiivisista käyttötarkoituksista.

4.1 24VDC käyttö kaupallisilla aluksilla

24VDC jännitetasoa käytetään laivoissa järjestelmien ja laitteiden vara- tai pääsyöttönä. Yleensä kaikki aluksen turvajärjestelmät vaativat 24VDC jännitteen, kuten palohälytys, navigoinnin kriittisimmät laitteet, hätävalaistus, hätäohjaus, hätäkommunikaatio. Yksi järjestelmä, joka käyttää 24VDC varasyöttönä on navigointijärjestelmä. Järjestelmä on redundanttinen ja sen pääsyöttö on 230VAC ja varasyöttö 24VDC. Tällä tavoin toteutettuna navigointijärjestelmän kriittisimmät osat säilyttävät toimintansa myös pelkän hätäakuston varassa 24VDC käyttöjännitteellä häiriötilanteessa. Tämä on aluksen turvallisen toiminnan kannalta olennaista, ettei alus menetä navigointi kykyään vikatilanteessa.

Laivoista löytyy myös yksittäisiä laitteita, joiden käyttöjännite on 24VDC, jolloin niiden pääsyöttö on toteutettu tällä jännitetasolla. Näitä laitteita syötetään hätäakuston sijaan käyttöakustolta. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi aluksella esiintyvät erilaiset anturit.

Generaattorien dieselgeneraattorit käynnistetään lähes aina 24VDC käynnistysakustolla. Joissain tilanteissa käynnistys on voitu toteuttaa paineilmalla, mutta ohjaus toimii silti 24VDC jännitteellä. Käynnistysakustojen laturit operoivat myös 24VDC jännitteellä.

4.2 24VDC käyttö sotilasaluksilla

Sotilasaluksilla 24VDC-jännitetasoa käytetään laitteiden ja järjestelmien pää- ja varasyöttöinä niin kuin kaupallisillakin aluksilla. Järjestelmät, joissa tämä jännite-taso esiintyy ovat pitkälti samoja molemmissa alustyypeissä. Sotilasaluksilla on kuitenkin lisäksi järjestelmiä, joita ei löydy kaupallisilta aluksilta ja niissä käyttö-jännite voi olla 24VDC. Nämä järjestelmät ovat aluksen sotilaallisen toiminnan kulmakiviä, jotka mahdollistavat aluksen sotilaallisen operoinnin sille suunnitel-lulla tavalla. Nämä järjestelmät ja niiden tarpeet vaihtelevat sen perusteella mihin sotilaalliseen toimintaan kyseinen sotilasalus on suunniteltu. Alla on esitetty mitä sotilasaluksia Suomelta löytyy ja mihin sotilaalliseen operointiin ne on suunni-teltu. Lisäksi on kerrottu mitkä näistä sotilaallisen operoinnin mahdollistavista jär-jestelmistä tarvitsevat 24VDC-jännitteen.

4.2.1 Ohjusveneet

“Ohjusveneitä käytetään meriliikenteen suojaamiseen, hyökkäyksen torjun-tatehtäviin sekä ilmapuolustuksen täydentämiseen. Pääaseistuksensa pintator-juntaohjusten lisäksi alusten aseistukseen kuuluu ohjus- ja ammusilmatorjunta-aseita, sukellusveneentorjunta-aseistusta ja Hamina-luokan tapauksessa myös torpedoita. Aluksia käytetään myös ilma-, pinta-, vedenalaiseen ja elektroniseen valvontaan.” (Puolustusvoimat.)

Suomella käytössä olevat ohjusveneet:

Hamina-luokka



Kuva 3 Tornio (Puolustusvoimat)

- PGG Hamina (Hamina-luokka)
- PGG Tornio (Hamina-luokka)
- PGG Hanko (Hamina-luokka)
- PGG Pori (Hamina-luokka)

Rauma-luokka



Kuva 4 PGG Rauma (Puolustusvoimat)

- PGG Rauma (Rauma-luokka)
- PGG Raahe (Rauma-luokka)
- PGG Porvoo (Rauma-luokka)
- PGG Naantali (Rauma-luokka)

Ohjusveneillä 24VDC käyttö keskittyy ohjus-, ilmatorjunta- ja sukellusveneentorjunta-aseistukseen.

4.2.2 Miinantorjunta-alukset

“Miinantorjunta-aluksia ovat Merivoimissa Katanpää-luokan miinanetsijät ja Kiiski-luokan raivausveneet. Aluksia käytetään miinanetsintään ja miinanraivaukseen. Miinantorjunta-aluksille on ominaista alusten herätteettömyys ja kyky pitkäjänteiseen toimintaan.” (Puolustusvoimat.)

Suomella käytössä olevat miinantorjunta-alukset:

Katanpää-luokka



Kuva 5 MHC Vahterpää (Puolustusvoimat)

- MHC Katanpää (Katanpää-luokka)
- MHC Purunpää (Katanpää-luokka)
- MHC Vahterpää (Katanpää-luokka)

Kiiski-luokka



Kuva 6 Kiiski-luokan alus (Puolustusvoimat)

Merivoimilta löytyy kolme Kiiski-luokan raivausvenettä.

Miinantorjunta-aluksilla 24VDC esiintyy miinasodankäynnin tietojärjestelmissä, kaikumittaimissa. Katanpää-luokan aluksilta löytyy myös kaksi itsenäisesti liikkuvaa vedenalaista ajoneuvoa (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) ja kaksi kauko-ohjattavaa vedenalaista ajoneuvoa (Remotely Operated Underwater Vehicle, ROV). (Puolustusvoimat.)

4.2.3 Miina-alukset

“Merivoimien miinoittajia ovat Hämeenmaa-luokan miinalaivat ja Pansio-luokan miinalautat. Niitä käytetään nimensä mukaisesti miinojen laskemiseen. Miinoittajille on ominaista suuri kuljetuskapasiteetti ja pitkä toiminta-aika ja -matka. Miinoittamiseen käytetään varsinaisten miinoittajien lisäksi myös kuljetusaluksia ja -lautoja. Miinalaivat ovat avomeri- ja jäissäkulkukelpoisia aluksia, jotka suuren miinakapasiteettinsa ansiosta soveltuvat hyvin miinoitustehtäviin. Alusten miinakannet ovat katettuja.” (Puolustusvoimat.)

Suomella käytössä olevat miina-alukset:

Hämeenmaa-luokka



Kuva 7 MLC Hämeenmaa (Puolustusvoimat)

- MLC Hämeenmaa (Hämeenmaa-luokka)
- MLC Uusimaa (Hämeenmaa-luokka)

Pansio-luokka



Kuva 8 MLI Pansio (Puolustusvoimat)

- MLI Pansio (Pansio-luokka)
- MLI Porkkala (Pansio-luokka)
- MLI Pyhäranta (Pansio-luokka)

Miina-alusten pääasiallinen tehtävä on miinoittaminen, mutta niiltä löytyy myös aluksen itsensä suojaamiseen tarkoitettuja asejärjestelmiä, joissa 24VDC esiintyy (Puolustusvoimat). Nykyiset Hämeenmaa-luokan alukset tullaan korvaamaan valmisteilla olevilla Pohjanmaa-luokan aluksilla tulevaisuudessa.

4.2.4 Huolto- ja öljyntorjunta-alukset

“Merivoimilla on käytössään kaksi öljyntorjunta-alusta, YOR Halli ja YOR Hylje, sekä yksi monitoimialus, AG Louhi. Aluksia käytetään öljyntorjunta- ja huoltoalustehtäviin, ympäristövahinkojen torjuntaan, kaapelin laskuun sekä sukeltajien emäaluksena.” (Puolustusvoimat.)

Suomella käytössä olevat huolto- ja öljyntorjunta-alukset:



Kuva 9 AG Louhi (Puolustusvoimat)



Kuva 10 YOR Halli (Puolustusvoimat)



Kuva 11 YOR Hylje (Puolustusvoimat)

Suomella käytössään olevat huolto- ja öljyntorjunta-alukset on tarkoitettu operoimaan niille suunnatuissa tehtävissä, myös rauhan aikana. Huolto- ja öljyntorjunta-aluksilla ei ole sodankäyntiin tarkoitettuja järjestelmiä. (Puolustusvoimat.)

4.2.5 Muut alukset

Suomen laivastolla on käytössään myös muita aluksia ja veneitä, joiden käyttö keskittyy tutkimukseen, kuljetukseen, kaapelin laskuun ja opetus käyttöön. Näillä aluksilla ei ole sodankäyntiin tarkoitettuja järjestelmiä.

Suomen laivastolla hallussaan olevat muut alukset:

- Isku (Koetoiminta-alus)
- Haukipää (Haukipää-luokka)
- Kallanpää (Haukipää-luokka)
- Fabian Wrede (Fabian Wrede-luokka)
- Wilhelm Carpelan (Fabian Wrede-luokka)
- Axel von Fersen (Fabian Wrede-luokka)
- YAG Vaarlahti (Valas-luokka)
- YAG Väinö (Valas-luokka)

- YFL Syöksy (Syöksy-luokka)
- YFL Jymy (Syöksy-luokka)
- YFL Raju (Syöksy-luokka)
- YFL Vinha (Syöksy-luokka)
- Kaapeliveneet

4.2.6 Sukellusveneet

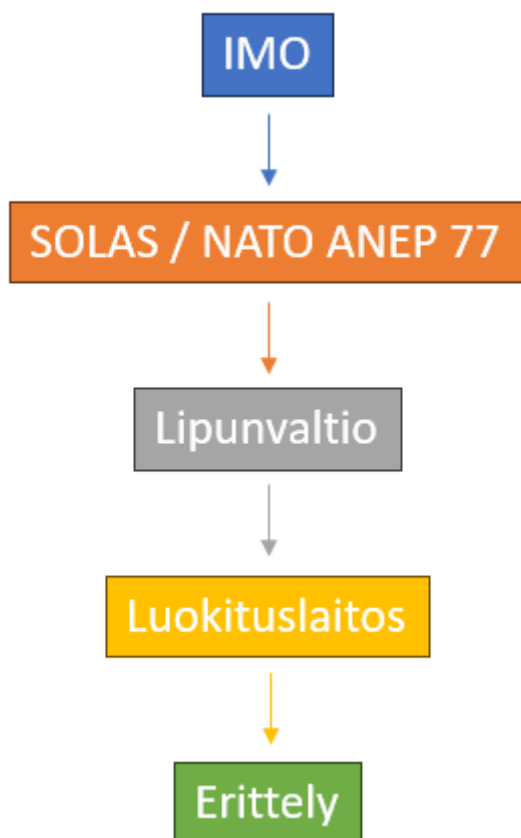
Sukellusveneissä 24VDC voi esiintyä meriteknisissä kuin sodankäyntiin tarkoitetuissa järjestelmissä, kuten laivoissakin. Suomen laivastolla ei ole kuitenkaan käytössään yhtään sukellusvenettä tällä hetkellä. Suomella oli kuitenkin toisen maailman sodan aikana käytössään viisi sukellusvenettä: Vetehinen, Vesihiisi, Saukko, Iku-Turso ja Vesikko. Näistä kolme ensimmäistä otettiin käyttöön vuosina 1930-1931. Vesikko on nähtävillä Suomenlinnassa, mutta muut Suomen sukellusveneet romutettiin toisen maailmansodan jälkeen. (Tuominen 2020.)

Pariisin rauhansopimuksen vaatimuksissa Suomelta kiellettiin sukellusveneet, mutta vuonna 1991 Neuvostoliiton romahtaessa Suomi sanoi itsensä yksipuolisesti irti Pariisin rauhansopimuksen aseistautumisrajoituksista lukuun ottamatta ydinaseita. Suomella on siis mahdollisuus hankkia ja valmistaa sukellusveneitä, mutta tälle ei ole nähty tarvetta johtuen kustannus kysymyksistä ja Suomenlahden vesialueen mataluudesta. (Tuominen 2020.)

5 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Tässä luvussa perehdytään laivanrakennuksen merkittävimpiin standardeihin ja määräyksiin, jotka tulee ottaa huomioon aluksen ja sen sähköjärjestelmien suunnittelussa. Standardeja ja määräyksiä laivanrakennukseen löytyy useita mutta keskitytään vain niihin yleisimpiin osa-alueisiin, joita tarvitaan laivan rakennuksessa päivittäin.

Alla oleva kuva esittää miten eri standardit, määräykset ja järjestöt ohjaavat ja vaativat alempana olevia standardeja, määräyksiä tai järjestöjä noudattamaan luomiaan vaatimuksia meriteollisuudessa.



Kuva 12 Standardien ja määräysten jakautuminen eri tasoille

5.1 Kansainvälinen merenkulkujärjestö

Kansainvälinen merenkulkujärjestö (International Maritime Organization) josta käytetään lyhennettä, IMO on yhdistyneiden kansakuntien erityisjärjestö, joka toimii kansainvälisen merenkulun turvallisuutta, turvaa ja ympäristökykyä koskevien maailmanlaajuisten standardien asettajana (International Maritime Organization a).

Pääidea IMO:n toiminnassa on luoda tasapuoliset toimintaedellytykset ja vaatimukset, jotta varustamot ja telakat eivät voisi ratkaista taloudellisia ongelmiaan oikaisemalla ja vaarantamalla turvallisuutta, turvaa tai ympäristönsuojelua (International Maritime Organization a).

IMO:n määräykset koskevat kaikkia kansainvälisen merenkulun osa-alueita, mukaan luettuna aluksen suunnittelun, rakentamisen, varustuksen, miehityksen, käytön ja käytöstä poistamisen. Näin varmistetaan, että merenkulku pysyy turvalisena, ympäristön kannalta kestäväenä, energiatehokkaana ja suojeltuna. (International Maritime Organization a.)

IMO ei kuitenkaan valvo määräyksiensä käytäntöön panoa ja toteutusta aluskohdaisesti vaan se edellyttää lipunvaltioita sisällyttämään kansainväliset merenkulun säännöt ja standardit omaan lainsäädäntöönsä ja valvomaan niitä (International Maritime Organization a).

5.2 SOLAS (Safety of Life at Sea)

SOLAS (Safety of Life at Sea) on yleissopimus, jota pidetään yleisesti tärkeimpänä kansainvälisten kauppalaivojen turvallisuutta koskevista sopimuksista. Ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1914 Titanicin onnettomuuden seurauksena. Seuraavat versiot julkistettiin vuosina 1929, 1948 ja 1960. Viimeisin versio SOLAS yleissopimuksesta on vuodelta 1974. Vuoden 1974 versio sisältää niin sanotun hiljaisen hyväksymismenettelyn, jonka mukaan muutos tulee voimaan ennalta määrättyinä ajankohtana, ellei ennen kyseistä päivämäärää sovittu määrä sopimuspuolia esitä vastalauseita muutosta vastaan. Näin ollen vuoden 1974

yleissopimus on viimeinen versio vaikka sitä onkin päivitetty ja muutettu useita kertoja. (International Maritime Organization b.)

Yksi SOLAS-yleissopimuksen tärkeimpiä vaatimuksia on luvussa 2 esitetty sääntö 21 (Safe Return to Port) (International Maritime Organization b).

5.3 SRtP (Safe Return to Port)

SRtP käsite esiintyi ensimmäisen kerran vuonna 2010 osana merenkulkuorganisaatio IMO:n kiertokirjettä MSC.1-circ. 1369. Tästä SRtP ajattelusta, että alus olisi itsensä paras pelastusvene tuli osa SOLAS:ta. SRtP ottaa kantaa mitkä aluksen järjestelmät täytyy säilyttää toimintansa vauriotilanteessa, jotta alus pystytään ohjaamaan turvallisesti lähimpään satamaan ja tänä aikana aluksen matkustajien olot säilyisivät siedettävällä tasolla. (Niinimaa & Lahtinen 2023.)

SRtP säännöissä otetaan kantaa siihen, mitkä järjestelmät pitää säilyttää toimintansa SRtP tilanteessa. SRtP -protokolla tulee ottaa käyttöön silloin, kun yksi määritellyistä vuototiloista tai palotiloista menetetään jonkin mahdollisen vaurion seurauksena. Vuototilalla tarkoitetaan vesilinjan alapuolista erikseen määritellyä aluetta, joka voi koostua useammasta huoneesta. Palotilalla tarkoitetaan 60 minuuttia tulipaloa kestävää laipion rajaamaa tilaa, tai useammasta huoneesta koostuvaa aluetta. Aluksen päällikkö tekee lopullisen päätöksen siitä, miten merkittävä vaurio on aluksen toiminnan kannalta ja näin ollen tekee päätöksen evakuoidaanko alus vai ohjataanko se lähimpään satamaan. (Niinimaa & Lahtinen 2023.)

SRtP on vaadittu osaksi kauppalaivoja ja se tulee ottaa huomioon osana näiden alusten suunnittelua. Käytännössä sähkösuunnittelun osalta SRtP merkitsee vauriotilanteessa toimivien järjestelmien määrittelyä ja miten niiden toiminta onnistutaan säilyttämään. Vauriotilanteessa säilytettävien järjestelmien tulee olla redundanttisia, joten suunnittelun kannalta tulee huomioida näiden järjestelmien kaapelireititykset, jotta redundanttisuus pystytään toteuttamaan.

Vaikka SRtP on vaadittu osaksi kauppalaivoja sen määräykset tulee ottaa myös huomioon merisota-alusten suunnittelussa. SRtP:tä ei ole suoranaisesti vaadittu

osaksi sotalaivojen toimintaa, mutta sen määräyksiin on kuitenkin viitattu ANEP-standardissa (Allied Naval Engineering Publication). Merisota-aluksissa tulee SRtP:n lisäksi huomioida CRRS (Combat Resilience Routing Scheme), joka ajaa käytännössä samaa ideologiaa järjestelmien toiminnan säilyttämisestä vauriotilanteessa, mutta se keskittyy aluksen sotavälineiden ja sodankäynnillisen valmiuden säilyttämiseen.

5.4 ANEP (Allied Naval Engineering Publication)

NATO:ssa uskotaan, että perinteisten määräysperusteisten standardien soveltaminen nyky maailmassa on luotu yhä vaikeammaksi osana laivojen suunnittelua ja rakennusta (An Introduction to NATO Standard ANEP (Allied Naval Engineering Publication) 77 and Its Application to Naval Ships). Tämän vuoksi NATO:n luomissa standardeissa ja merivoimien aluksia koskevista vaatimuksista keskitytään enemmän yksityiskohtaisten teknisten vaatimusten sijaan tavoiteperusteiseen ajatteluun, jota sovelletaan erilaisiin sääntö- ja määräyskonaisuuksiin. (Delpizzo & Valluri 2017.)

NATO:n merisota-alusten suunnittelun periaatteena on ettei tyypilliset tavoiteperusteiset standardit (GBS, Goal Based Standards) ole itsessään suoraan sovellettavia suunnittelustandardeja. Tämän vuoksi merisota-alusten suunnitteluun tarvitaan kattava tavoiteperusteiseen lähestymistapaan pohjautuva standardi eli NATO ANEP 77, joka tunnetaan myös nimellä Naval Ship Code. (Delpizzo & Valluri 2017.)

NATO ANEP 77 on ensimmäinen tavoiteperusteista lähestymistapaa hyödyntävä korkean tason turvallisuusstandardi taistelualuksille ja ei-taistelu kyvykkäille sotilasaluksille. Sotilasaluksia, joilla ei ole taistelu kyvykkyyttä ovat esimerkiksi merivoimien huoltoalukset. (Delpizzo & Valluri 2017.)

NATO ANEP 77 on merivoimien ja luokituslaitosten yhteistyönä luotu standardi, joka on käytännössä merivoimien vastine IMO:n SOLAS-yleissopimukselle ja sitä sovelletaan moniin NATO- ja ei-NATO-maiden sotilasalusten suunnitteluun ympäri maailmaa (Delpizzo & Valluri 2017).

Naval Ship Codea ei kuitenkaan ole pakko soveltaa kokonaisuudessaan sillä sitä ei voida velvoittaa, ellei sitä ole erikseen määrätty pakolliseksi osana erittelyä tai merivoimahallinnon toimesta (Delpizzo & Valluri 2017).

Naval Ship Code (NSC) koostuu käytännössä kolmesta erillisestä osasta:

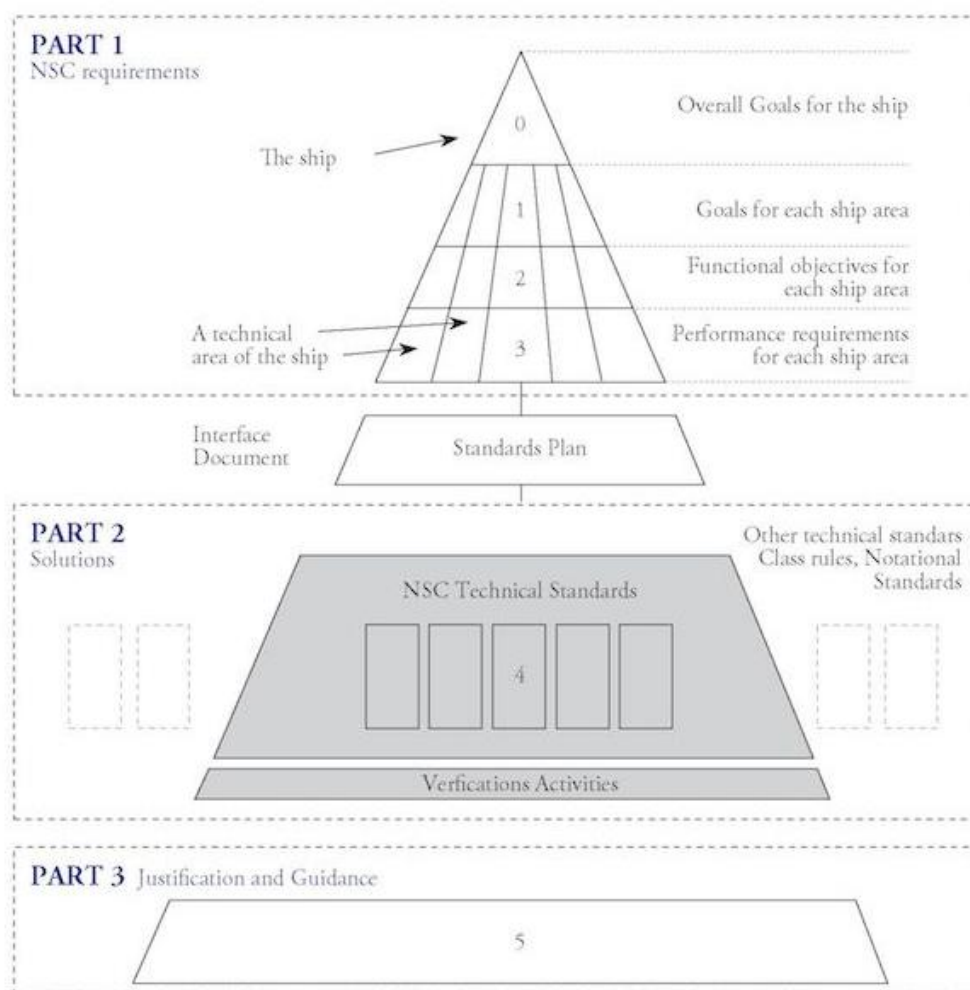
- Osa 1: NSC:n vaatimukset
- Osa 2: Ratkaisut
- Osa 3: Perustelut ja ohjeistus

Osat ovat samankaltaisia kuin IMO:n tavoiteperusteisissa standardeissa. Alla esitetyssä kuvassa on pyritty hahmottamaan tätä rakennetta, miten kolmion leveneminen alaspäin mentäessä kuvassa yksityiskohtaisuuksien lisääntymistä eri tasolla. Tämän lisäksi kolmiossa esitetyt pystysuuntaiset vinoviivat viittaavat aluksen eri teknisiin osa-alueisiin, joita käsitellään luvuissa. (Delpizzo & Valluri 2017.)

NSC:n sisältämät luvut:

- Luku 0: Naval Ship Code:n käyttö
- Luku I: Naval Ship Safety Certification
- Luku II: Rakenne
- Luku III: Kelluvuus, vakaus ja ohjattavuus
- Luku IV: Kone- ja kansijärjestelmät
- Luku V: Merimiestaidot ja kansijärjestelmät
- Luku VI: Paloturvallisuus
- Luku VII: Pakeneminen, evakuointi ja pelastautuminen
- Luku VIII: Viestintä
- Luku IX: Navigointi
- Luku X: Vaaralliset aineet

Fig. 1. Arrangement of the Naval Ship Code



Kuva 13 Naval Ship Code rakenne (Delpizzo & Valluri 2017)

5.5 Lippuviranomainen ja luokituslaitos

Laivanrakennuksessa vaatimusten määrittelyyn vaikuttavat useat tekijät, joista aluksen lipunvaltion asettamat standardit ja vaatimukset ovat keskeisessä roolissa. Lipunvaltion vaatimukset ovat pääosin linjassa luokituslaitoksen vaatimusten kanssa. Lipunvaltio voi joissain tilanteissa olla vaativampi mitä luokituslaitos. Näissä tilanteissa lipunvaltion vaatimukset tulee täyttää, vaikka luokituslaitos ei niitä vaatisikaan. Luokituslaitos myös valvoo omien vaatimuksiensa toteutumista laivanrakennus prosessin aikana.

Osana laitteistojen myyntiä ja käyttöönottoa niiden toiminta ja vaatimusten täyttyminen esitetään luokituslaitoksen tarkastajalle. Tarkastuksien aikana

luokituslaitos varmentaa järjestelmän sille asetettujen vaatimusten täyttymisen ja asianmukaisen toiminnan. Hyväksynnästä jää kirjallinen dokumentaatio, joka osoittaa laitteiston tai järjestelmän vaatimustenmukaisuuden.

Järjestelmän toimivuuden esittänyt vastuuhenkilö ja järjestelmän tarkistanut luokituslaitoksen tarkastaja vahvistavat tehdyn tarkastuksen allekirjoituksillaan. Mikäli myöhemmin ilmenee ongelmatilanne, joka on seurausta kyseisen järjestelmän toiminnasta, pystytään olemaan yhteydessä sekä luokituslaitoksen tarkastajaan että järjestelmän toiminnan esittäneeseen vastuuhenkilöön.

5.6 STANAG

STANAG (Standardisation Agreement) on standardointisopimus, jolla Naton jäsenvaltiot sopivat niiden toimintaa yhdenmukaistavien standardien käyttöön-otosta. Naton standardointia johtaa Military Agency for Standardisation (MAS). MAS:n eri johtokunnat tuottavat STANAG standardeja, jotka Naton jäsenvaltiot ottavat osaksi toimintaansa. MAS:lla on kolme johtokuntaa, jotka määrittelevät näitä standardeja ja ne ovat merivoimajohtokunta, maavoimajohtokunta ja ilma-voimajohtokunta. Jokainen johtokunta määrittelee oman yksikkönsä toimintaa yhdenmukaistavat standardit. (NATO 2022.)

Sotilasalusten suunnittelussa tulee huomioida Naton merivoimajohtokunnan tuottamat STANAG-standardit, jotka ovat seuraavat:

- **Stanag 1008, Edition 9, August 2004:** Characteristics of ship-board
- **Stanag 1022, Edition 6:** Combat Charts, Amphibious charts and Combat / Landing charts
- **Stanag 1034, Edition 17, 24 May 2005:** Allied naval gunfire support (ATP-4(E))
- **Stanag 1040, Edition 23, 16 December 2004:** Naval cooperation and guidance for shipping (NCAGS) (ATP-2(B) Vol. 1)
- **Stanag 1041, Edition 16, 29 March 2001:** Anti-submarine evasive steering (ATP-3(B))

- **Stanag 1052, Edition 32, 12 July 2006:** Allied submarine and anti-submarine exercise manual (AXP-01(D))
- **Stanag 1059, Edition 38, 19 February 2004:** National distinguishing letters for use by Nato Armed Forces
- **Stanag 10632, Edition 18:** Allied naval communications exercises (AXP-3(C) MXP-3(C))
- **Stanag 2003, Edition 6:** Patrol reports

Nämä standardit määrittelevät miehistön toimintatavan mutta myös järjestelmien toiminnan. Tästä syystä STANAG-standardeja ei voi sivuuttaa, kun on kyse sotilasaluksien suunnittelusta.

6 SUUNNITTELUPERIAATTEET

Tässä osiossa käsitellään laivan sähköjärjestelmien suunnittelun kahta keskeistä vaihetta: perussuunnittelua (PES) ja valmistussuunnittelua (VAS). Osiossa kuvataan, miten PES-vaiheessa määritellään aluksen sähköjärjestelmien perusratkaisut ja tekniset lähtökohdat, sekä miten näiden tietojen pohjalta lähdetään tekemään tuotantoa palvelevat yksityiskohtaiset VAS-suunnitelmat.

Tarkastelun tavoitteena on selventää suunnitteluvaiheiden roolia projektin kokonaisuudessa sekä niiden vaikutusta turvallisuuteen, määräystenmukaisuuteen, kustannuksiin, aikatauluun ja rakentamisen laatuun. Lisäksi osiossa tuodaan esiin vastuunjako, hyväksyntäprosessit ja hyvän laivanrakennustavan merkitys suunnittelun onnistumisessa.

6.1 PES

PES-suunnittelulla tarkoitetaan perussuunnittelua laivanrakennus projekteissa, jossa määritellään aluksen sähköjärjestelmien perusratkaisut. Tällä vaiheella aluksen sähköjärjestelmien suunnittelussa on suuri vaikutus aluksen turvallisuuteen, käytettävyyteen, energiatehokkuuteen ja koko projektin kustannusten ja aikataulun hallintaan. PES-suunnittelu antaa perustan valmistussuunnittelulle, minkä vuoksi ratkaisujen tulee olla määräysten mukaisia ja täyttää tilaajan vaatimukset.

PES-suunnittelu vaiheessa määritellään aluksen sähköverkon rakenne. Tämä tarkoittaa pää- ja ryhmätaulujen rakenteen suunnittelua, jännitetasojen, taajuuden ja verkon käyttöalueiden määrittelyä. Verkon käyttöalueiden osia ovat esimerkiksi propulsio-, ohjaus-, navigointi- ja aluksen turvallisuuteen vaikuttavat järjestelmät.

Tässä suunnitteluvaiheessa pitää ottaa huomioon varmennetut syötöt kuten aluksen turvallisuuden takaavien järjestelmien hätäsyötöt. Näiden lisäksi kaupallisilla- ja sotilasaluksilla tulee huomioida SRtP:n toteutuminen, joka

vaikuttaa kaapelireittien suunnitteluun, jotta järjestelmät pystytään toteuttamaan vaatimusten mukaisesti.

PES-suunnitteluvaiheessa myös perehdytään akustojen määrään, kokoon, sijoitteluun ja käyttötarkoituksiin. Aluksella tarvitaan erilaisia käynnistys-, käyttö- ja hätäakustoja aluksen eri järjestelmien tarpeisiin. Akustojen osalta tulee kiinnittää huomiota myös niiden energiatehokkuuteen, paloturvallisuuteen, jäähdytykseen, huoltoon ja tilavarauksiin.

PES-aineisto hyväksytetään aina luokituslaitoksella ja tilaajalla ennen kuin se voidaan ottaa käyttöön osaksi valmistussuunnitelmien luomista. Hyväksytyt PES-suunnitelman tulee täyttää luokituslaitoksen ja lippuviranomaisen vaatimukset. Lisäksi sen tulee olla linjassa tilaajan asettamien tarpeiden mukaan. Kun PES-suunnittelu täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja tarpeet se hyväksytään luokituslaitoksen ja tilaajan puolesta, jolloin PES-suunnittelun dokumenttien pohjalta voidaan alkaa valmistaa VAS-suunnitelmia aluksen tuotantoa varten.

PES-suunnitelmat toimivat laivan sähköisten järjestelmien suunnittelun tukipilarina, jonka päälle lähdetään rakentamaan yksityiskohtaisempia VAS-suunnitelmia. Huolellisesti toteutetut PES-suunnitelmat vähentävät muutostarpeita suunnittelun edetessä sekä parantaa projektin hallittavuutta ja säästää projektin kustannuksia.

6.2 VAS

VAS-suunnittelulla tarkoitetaan valmistussuunnittelua. Valmistussuunnittelu on laivanrakennusprojektin vaihe, jossa PES-suunnitelmien pohjalta luodaan VAS-suunnitelmat, jotka palvelevat konkreettisesti tuotantoa aluksen rakentamisessa.

VAS-suunnitelmia ovat esimerkiksi piirikaaviot, laitesijoitus- ja kaapelointikuvat sekä laitteiden kytkentäkuvat. VAS-suunnitelmien tulee olla toteutettu luokituslaitoksen määräysten ja tilaajan vaatimusten mukaisesti niin kuin PES-suunnittelukin. Tämän lisäksi VAS-suunnittelua ohjaava tekijä on niin kutsuttu "hyvä laivanrakennustapa". Tällä tarkoitetaan, että suunnittelussa hyödynnetään alalla

vakiintuneita käytäntöjä ja ratkaisuja, jotka perustuvat pitkään laivanrakennus osaamiseen. Käytännössä hyvän laivanrakennustavan täytyminen todellisuudessa näkyy kaapelointien reitityksen suunnittelussa, laitteiden ja järjestelmien huollettavuuden huomioimisessa sekä varauksien tekemisessä niin ryhmäkeskusten sulake määrissä kuin myös tila varauksina tuleville muutoksille tai lisäyksille.

VAS-suunnitelmia ei tarvitse aina kokonaisuudessaan toimittaa luokituslaitoksen tai tilaajan hyväksyttäväksi. Näin ollen vastuu vaatimusten täyttymisestä on suunnittelijalla ja telakalla. Tämän toteutumiseksi telakoilla onkin usein omat sisäiset ohjeet ja standardit VAS-suunnitteludokumenttien luomisesta. Näillä ohjeilla pystytään varmistamaan yhtenäinen toimintatapa, jolla pystytään valmistamaan tasalaatuinen lopputulos riippumatta suunnittelijasta tai projektista. Suunnittelijan tulee huomioida VAS-suunnitelmia luodessaan yleiset alan käytännöt sekä telakan vaatimukset ja toimintamallit VAS-dokumenttien luonnista.

Laadukkaat VAS-suunnitelmat näyttelevät isoa roolia projektin onnistumisen kannalta. Hyvin toteutetut VAS-suunnitelmat vaikuttavat suoraan rakentamisen tehokkuuteen ja virheiden määrään. Selkeillä ja hyvin tuotetuilla suunnitteludokumenteilla voidaan minimoida virheitä rakennusvaiheessa ja näin säästää henkilötöiden tunneissa, kun jo kerran tehtyä työtä ei tarvitse lähteä tekemään uudestaan tai muuttamaan. Joissain tilanteissa kuitenkin tilaaja voi vaatia kesken rakennusvaiheen joitakin muutoksia järjestelmien toimintaan, jolloin muutoksien teko on välttämätöntä, mutta nämä työt laskutetaan lisätöinä jolloin tilaaja maksaa halustaan muutoksista tai lisäyksistä.

7 TOTEUTUS

Opinnäytetyöni oli suunnitella laivan 24VDC jakelujärjestelmä. Tarkemmat tiedot työn toteutuksesta löytyy liitteestä 1.

8 POHDINTA

Laivojen sähkösuunnittelussa tulee ottaa huomioon useita asioita, joiden pohjalta luodaan paras mahdollinen lopputulos. Suunnitteluvaiheiden järjestelmällinen eteneminen ja huolellisuus luovat pohjan onnistuneelle suunnittelulle, jossa muutosten teon tarve pystytään minimoimaan. Suunnittelijoiden tulee olla myös tietoisia järjestelmien vaatimuksista, kuin myös niiden toimintaa ja turvallisuutta koskevista standardeista ja määräyksistä.

On syytä huomioida, että muutosten tekeminen aluksen suunnittelun alkuvaiheessa on huomattavasti halvempaa, kuin suunnittelun loppuvaiheessa. Tämän toteutumisesta vastaa niin suunnittelijat, kuin myös projektin vetäjät. Laivat omaavat useita monimutkaisia järjestelmiä, joiden täydellinen kustannustehokas suunnittelu ja rakentaminen vaatii vahvaa osaamista ja huolellisuutta, johon jokainen projektin osallinen pystyy vaikuttamaan omalla toiminnallaan.

Oman näkemykseni perustan määrätietoiselle ja johdonmukaiselle toiminnalle, jossa aluksen suunnittelu on luotu onnistumaan jo kaupanteko vaiheessa ja erittelyä määritellessä. 24VDC-järjestelmät kuin muutkin aluksen toiminnot tulee suunnitella standardien mukaisesti, painokriittisesti, redundanttisesti, kustannustehokkaasti, luokituslaitoksen vaatimukset täyttävästi, hyvää laivanrakennustapaa noudattaen ja ennen kaikkea turvallisesti.

Täydellisyyteen on hyvä pyrkiä, mutta on asia erikseen onnistua siinä. Silloin mitataan suunnittelijoiden ja projektinvetäjien kykyä luoda projektin kannalta tärkeitä kompromisseja. Oman näkemykseni mukaan tässä kohtaa turvallisuus ja standardit on viimeinen osio mistä lähdetään tinkimään. Niin laivojen rakentajat ja niiden loppukäyttäjät pystyvät tekemään työnsä turvallisesti.

LÄHTEET

SFS 6000-1:2022. Pienjänniteasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. Suomen standardisoitumislitto SFS. Helsinki. Luettavissa: Vaatii lisenssin. Luettu: 8.12.2025.

Puolustusvoimat. Laivasto. Luettavissa: <https://puolustusvoimat.fi/kalusto/-/cat/category/view/id/38348305?page-size=15>. Luettu: 23.2.2026.

Tuominen, E. 2020. Syvyyskiemme saalistajat. Ruotuväki. Luettavissa: <https://ruotuvaki.fi/-/syvyyskiemme-saalistajat-1>. Luettu: 23.2.2026.

Delpizzo, R. D. & Valluri. S. 2017. An Introduction to NATO Standard ANEP (Allied Naval Engineering Publication) 77 and Its Application to Naval Ships. Ship Science & Technology, 11, 21, 75-88. Luettavissa: <https://doi.org/10.25043/19098642.153>. Luettu: 16.1.2026.

International Maritime Organization a. Introduction to IMO. Luettavissa: <https://www.imo.org/en/about/pages/default.aspx>. Luettu: 15.12.2025.

International Maritime Organization b. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. Luettavissa: [https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-\(solas\)-1974.aspx](https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-for-the-safety-of-life-at-sea-(solas)-1974.aspx). Luettu: 1.12.2025.

Niinimaa, M. & Lahtinen, J. 2023. Turvallinen satamaanpaluu – turvallisuus- aspekti vai taakka? Turku AMK, talk by students. Luettavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20231113145307>. Luettu: 5.1.2026.

NATO. 2022. Standardization. Luettavissa: <https://www.nato.int/en/what-we-do/deterrence-and-defence/standardization>. Luettu: 16.10.2025.

Saukko, O-P. J. 2020. Laivan sähköjako ja datan käsittely. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Luettavissa:

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/121880/SaukkoOlliPekka.pdf;jsessionid=AF6BF96DB89D411A1F12F2FD4558814B?sequence=2>.

Luettu:

14.10.2025.

LIITTEET

Liite 1 Toteutus

Tämä liite on vain toimeksiantajan käyttöön, eikä sitä ole jaettu tässä opinnäyte-työssä TLIV salassapito vaatimusten vuoksi.