

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUUSO LEHTILÄ

Muutoksenhallinta risteilyalusten LNG-järjestelmien toteutuksessa

Tehokkuuden ja tarkkuuden parantaminen
laivanrakennuksessa

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Lehtilä, Juuso: Muutoksenhallinta risteilyalusten LNG-järjestelmien toteutuksessa – Tehokkuuden ja tarkkuuden parantaminen laivanrakennuksessa
Opinnäytetyö, AMK
Konetekniikka
Joulukuu 2024
Sivumäärä: 45

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella modernia laivanrakennusta keskittyen erityisesti risteilyalusten polttoainejärjestelmiin, joissa nykyisin kasvavissa määrin hyödynnetään nesteytettyä maakaasua (LNG). LNG-järjestelmän suunnittelu ja toteutus laivaprojekteissa ovat erittäin monimutkaisia, sillä ne edellyttävät äärimmäistä tarkkuutta, teknistä osaamista, hyvää suunnittelua ja tiukkaa projektinhallintaa. Tämän työn keskeinen päämäärä on tutkia muutoksenhallinnan roolia ja merkitystä tässä haastavassa kontekstissa, sekä kehittää käytäntöjä, jotka minimoivat muutoksista aiheutuvia haittoja ja parantavat projektin onnistumisedellytyksiä.

Opinnäytetyö sisältää kaksi pääosaa: teoriaosion ja empiirisen tutkimusosan. Teoriaosuudessa käsitellään laivanrakennuksen ja LNG-tekniikan perusteita sekä projektinhallinnan ja muutoksenhallinnan keskeisiä periaatteita. Tämä luo pohjan työn toiselle osalle, jossa esitellään haastattelututkimuksen tulokset. Haastattelut on toteutettu henkilöille, jotka työskentelevät LNG-järjestelmien rakentamisessa erilaisissa tehtävissä, kuten suunnittelussa ja tuotannossa. Näiden haastattelujen avulla pyritään saamaan syvällisempi ymmärrys käytännön haasteista, ratkaisuista ja muutoksenhallinnan merkityksestä juuri LNG-järjestelmää rakennettaessa.

Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että merkittävät osa muutoksista aiheutuvasta lisätyöstä johtuu virheellisistä laskelmista, epärealistisista ratkaisuista ja tiedonkulun heikkouksista. Nämä ongelmat johtavat tuotannon viivästymisiin ja ylimääräisiin työvaiheisiin, kuten piirustusten päivityksiin ja jo rakennettujen putkistojen purkamiseen. Toinen keskeinen havainto on virheiden toistuminen. Sarjalaivan aikaisemmassa laivassa havaitut ongelmat eivät aina siirry suunnitteluprosessiin, tai ne ehditään toteuttaa seuraavassa projektissa ennen kuin virheet voidaan korjata, mikä johtuu tiukasta aikataulusta ja rakennusprojektien päällekkäisyyksistä.

Tämän tutkimuksen pohjalta on selkeästi havaittavissa tarve jatkotutkimuksille, joissa keskityttäisiin erityisesti rakennustapojen ja aikataulujen muodostamiseen sekä suunnittelun laadun ja tarkkuuden kehittämiseen järjestelmäkohtaisesti. Aikataulujen muodostamisen näkökulmasta tarvittaisiin syvällisempää ymmärrystä siitä, kuinka projektisuunnitteluun voidaan luoda enemmän joustavuutta odottamattomien muutosten hallitsemiseksi. Tämä edellyttää myös syvempää analyysiä siitä, millaisia ongelmia projektien päällekkäisyydet aiheuttavat ja miten niitä voitaisiin minimoida.

Avainsanat: Muutoksenhallinta, projektinhallinta, nesteytetty maakaasu, laivanrakennus

ABSTRACT

Lehtilä, Juuso: Change Management in the Implementation of LNG Systems for Cruise Ships – Enhancing Efficiency and Precision in the Shipbuilding
Bachelor's thesis, University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
December 2024
Number of pages: 45

The objective of this thesis is to study modern shipbuilding, focusing on fuel systems in cruise ships, which increasingly use liquefied natural gas (LNG) as fuel. Designing and building LNG systems in ships is very complex, requiring high precision, technical skills, good planning and strong project management. The main aim of this work is to examine the role of change management in this demanding process and to find ways to reduce the negative effects of changes and improve the success of such projects.

The thesis has two main parts: a theoretical section and an empirical research section. The theoretical part explains the basics of shipbuilding, LNG technology and the key ideas of project and change management. This sets the stage for the second part, which presents the results of interviews. These interviews have been conducted with people working in different roles in LNG system construction, such as design and production. The goal is to better understand the practical challenges, solutions and the importance of change management in building LNG systems.

The interviews show that much of the extra work caused by changes is due to errors in calculations, unrealistic solutions and poor communication. These issues lead to delays in production and extra tasks, such as updating drawings and dismantling already built pipelines. Another important finding is that errors are often repeated. Problems found in earlier ships in a series are not always fixed in the design process or are repeated in later projects because of tight schedules and overlapping projects.

This study clearly shows the need for further research on improving construction methods, creating better schedules and ensuring more accurate and higher-quality designs for specific systems. Better schedules should include more flexibility to handle unexpected changes. There is also a need to study how overlapping projects create problems and find ways to reduce these issues.

Keywords: Change management, project management, liquefied natural gas, shipbuilding

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Tutkimuskysymykset	6
1.2 Tutkimusmenetelmät	7
2 TOIMEKSIANTAJANA MEYER TURKU OY	9
2.1 Toimeksiantajan kuvaus	9
2.2 Telakkatoiminta	10
3 NESTEYTETTY MAAKAASU (LNG).....	12
3.1 Käyttö laivan polttoaineena	13
3.2 Turvallisuus	14
4 RISTEILYALUKSEN RAKENNUSPROJEKTI	14
4.1 Projektin yhteistyökumppanit ja sitä ohjaavat organisaatiot.....	16
4.1.1 Luokituslaitokset	17
4.1.2 IMO (International Maritime Organization).....	18
4.1.3 ISO (International Organization for Standardization)	19
4.2 Risteilyaluksen suunnittelu	20
4.2.1 Perussuunnittelu	21
4.2.2 Valmistussuunnittelu.....	22
4.3 Varustelu	23
4.3.1 Lohkovarustelu ja aluevarustelu	24
4.4 Tarkastukset.....	25
4.5 Alihankinta.....	26
5 PROJEKTINHALLINTA.....	27
5.1 Aikataulun ja resurssien hallinta	28
5.2 Projektin toteutus.....	30
5.3 Viestintä.....	31
5.4 Sidosryhmät	31
6 MUUTOKSENHALLINTA	32
6.1 Muutoksenhallinnan tärkeys	33
6.2 Muutoksenhallinta käytännössä	34
6.3 Viestintä muutosprosessissa	35
6.4 Muutoksesta opitut asiat (lessons learned)	36
6.4.1 Palaute	38
7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
LÄHTEET.....	42

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan nykyistä laivanrakennusprosessia ja sen keskeisiä osa-alueita, keskittyen erityisesti niihin tekijöihin, jotka vaikuttavat laivanrakennusprojektin onnistumiseen. Työn tarkoitus on analysoida muutoksenhallinnan merkitystä monimutkaisessa ja pitkäkestoisessa laivanrakennusprojektissa, jossa lukuisat eri toimijat, vaiheet ja tekniset järjestelmät kietoutuvat toisiinsa.

Työssä kiinnitetään huomiota muutoksenhallintaprosessiin sellaisena kuin sitä sovellettiin työn kirjoittamisen aikana. Tarkoituksena on kartoittaa ja analysoida nykyisen prosessin heikkouksia ja sudenkuoppia sekä esittää konkreettisia parannusehdotuksia sen tehostamiseksi tulevaisuudessa. Painopiste on matkustajalaivojen polttoainejärjestelmänä käytettävien LNG-järjestelmien rakentamisprosessissa, sillä kyseiset järjestelmät ovat monimutkaisia ja niiden toteutus vaatii erityistä tarkkuutta.

Opinnäytetyön aihe on lähtöisin käytännön työstä ja sitä on toivottu Meyer Turku Oy:n puolesta. Nykytilanteessa muutokset koetaan merkittäväksi lisätyön ja epäselvyyden aiheuttajaksi LNG-järjestelmien rakentamisessa, mikä kuormittaa sekä järjestelmän parissa työskenteleviä henkilöitä, että muita yrityksen resursseja. Vaikka muutokset ovat suurissa rakennusprojekteissa väistämätön osa projektinhallintaa, on niiden hallitseminen ratkaisevan tärkeää, jotta projektit voidaan toteuttaa sujuvasti, tehokkaasti ja laadukkaasti.

Ensimmäisessä teorialuvussa syvennyttään opinnäytetyön toimeksiantajaan ja tarkastellaan lyhyesti telakkatoimintaa yleisellä tasolla. Luvussa esitellään yrityksen toimintaympäristö, joka auttaa hahmottamaan työn kontekstia.

Toisessa teorialuvussa käsitellään nesteytettyä maakaasua (LNG) ja sen roolia risteilyalusten polttoaineena. Tämä osio tarjoaa tiiviin, mutta informatiivisen katsauksen LNG:n perus ominaisuuksiin ja käytön hyötyihin, mikä toimii pohjustuksena myöhemmille teknisille ja projektinhallintaan liittyville tarkasteluille. Kolmannessa teorialuvussa keskitytään risteilyalusten rakennusprojekteihin yleisellä tasolla. Luvussa kuvataan muun muassa rakennusprojektien yhteistyökumppaneiden ja projektia ohjaavien organisaatioiden roolia. Lisäksi tarkastellaan laivan suunnittelun, varustelun ja tarkastusten keskeisiä vaiheita, jotka muodostavat tärkeän osan alusten rakentamisprosessia.

Neljännessä teorialuvussa pureudutaan projektinhallinnan teoriaan, erityisesti aikataulun ja resurssien hallintaa, viestintään sekä projektin eri sidosryhmiin. Luku tarjoaa teoreettisen viitekehyksen, jonka avulla voidaan ymmärtää projektinhallinnan merkitystä ja haasteita suurissa teollisissa hankkeissa, kuten laivanrakennuksessa. Viides teorialuku käsittelee muutoksenhallinnan peruskäsitteitä. Siinä määritellään, mitä muutoksenhallinnalla tarkoitetaan, ja tarkastellaan, mitä osa-alueita sen tulisi kattaa. Tämä luku muodostaa teoreettisen pohjan, jonka kautta haastattelujen vastauksia ja niistä johdettuja tuloksia voidaan analysoida ja tulkita.

Seitsemäs osio keskittyy tutkimuksen empiiriseen osaan. Siinä analysoidaan haastatteluiden avulla kerättyjä vastauksia tutkimuskysymyksiin sekä esitellään tutkimuksen keskeiset tulokset. Tämä luku tarjoaa konkreettisen näkökulman aiemmin esiteltyihin teoreettisiin malleihin ja liittää ne opinnäytetyön johtopäätöksiin.

1.1 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on kartoittaa ja analysoida, mitä mihin LNG-järjestelmän tuotantovaiheisiin muutokset kohdistuvat ja miten ne vaikuttavat näihin vaiheisiin. Tarkoituksena on saada syvälinen ymmärrys muutosten vaikutuksista tuotantoprosessiin, mukaan lukien niiden aiheuttamat

haasteet, vaikutukset aikatauluihin, resurssien käyttöön sekä mahdollisiin lisäkustannuksiin. Lisäksi työ pyrkii tarkastelemaan, miten muutosten hallintaa voidaan parantaa, jotta niiden vaikutukset pysyisivät hallittavina ja tuotantoprosessin sujuvuus voitaisiin varmistaa. Tutkimuskysymykset, joihin opinnäytetyössä haetaan vastauksia, ovat seuraavat:

1. Millaista lisätyötä muutokset yleensä aiheuttavat LNG-systeemin rakennuksessa?
2. Miten muutoksista aiheutuvaa lisätyötä olisi mahdollista vähentää ja tehostaa LNG- järjestelmän tuotannossa?

Näiden kysymysten avulla pyritään saamaan kattava kuva muutosten vaikutuksista sekä luomaan mahdollisuuksia tuotantoprosessien kehittämiseen ja tehokkaampaan hallintaan.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön aineisto on kerätty haastattelemalla henkilöitä, jotka työskentelevät Meyer Turku Oy:n telakalla varusteluosaston tuotannon ja suunnittelun parissa. Haastattelumenetelmänä on käytetty puolistrukturoitua eli teema-haastattelua. Tämä menetelmä etenee ennalta laadittujen haastattelukysymysten pohjalta, mutta se sallii myös joustavasti tarkentavien kysymysten esittämisen, jos keskustelun aikana nousee esiin uusia merkityksellisiä teemoja. Haastattelijan tulee kuitenkin pysyä tiiviisti haastattelun teemojen puitteissa eikä poiketa niiden ulkopuolelle. (Tuomi & Sarajärvi, 2018.)

Haastattelukysymyksinä on käytetty seuraavia kysymyksiä:

1. Kuinka usein koet LNG-systeemin rakennusvaiheessa tapahtuvan muutoksia kesken prosessin?
2. Minkä kaltaisia muutokset ovat? Kohdistuvatko esimerkiksi usein samoihin asioihin? Jos kyllä niin miksi?
3. Missä vaiheessa rakennusprosessia muutoksia yleensä ilmenee? Miten koet eri vaiheissa tulevat muutokset? Onko muutosten toteuttaminen jossain vaiheessa haastavampaa kuin toisessa? Jos kyllä niin miksi?
4. Millaista lisätyötä muutokset yleensä aiheuttavat?
5. Miten muutoksista aiheutuvaa lisätyötä olisi mahdollista vähentää? Esimerkiksi miten muutoksia tulisi koordinoita?
6. Oletko perehtynyt Meyer Turku Oy:n muutoksenhallintaprosessin ohjeisiin? Miten niitä sekä niiden saavutettavuutta tulisi parantaa?
7. Miten sinun mielestäsi muutoksista johtuvaa työtä pystyttäisiin vähentämään?
8. Miten muutoksista aiheutuvaa työtä olisi mahdollista tehostaa? Esimerkiksi työohjeistukset, ohjelmat, koordinointi?
9. Liittykö mielestäsi tämän hetkiseen rakennustapaan joitain muita merkittäviä haasteita? Mitä ne ovat?

2 TOIMEKSIANTAJANA MEYER TURKU OY

2.1 Toimeksiantajan kuvaus

1800-luvun jälkipuoliskolla perustettiin kaksi merkittävää telakkaa: Helsingin Hietalahden telakka vuonna 1865 ja Turun Aurajoen varrelle Vulcanin telakka vuonna 1898. Vulcanin telakka yhdistyi pian Aurajoen vastarannalla toimineen Ab Crichtonin kanssa. Vuonna 1936 Wärtsilä osti sekä Hietalahden telakan, että Chrichton-Vulcanin. Chrichton-Vulcan nimi oli käytössä aina vuoteen 1965 asti, jolloin telakka nimettiin Wärtsilä Turun Telakaksi. Vuoteen 1971 mennessä Wärtsilän Turun telakasta oli tullut Suomen suurin työpaikka, jossa työskenteli 5300 henkilöä. Samaan aikaan vuonna 1945 suomalaiset laivanvarustajat olivat perustaneet Pansioon Oy Laivateollisuus Ab:n telakan, jonka Valmet otti haltuunsa 1973. (Meyer Turku Oy, 2024.)

1970-luvulla Wärtsilän Aurajoen varrella sijaitseva telakka alkoi vanhentua ja sitä ympäröivä asutus rajoitti sen laajenemista. Tämän seurauksena Wärtsilä avasi vuonna 1976 Pernossa modernin telakan. Vuonna 1986 Wärtsilä ja Valmet yhdistivät laivanrakennustoimintansa Pernon telakalla yhteisesti omistettuun yritykseen, joka sain vuonna 1989 nimen Masa-Yards. Vuonna 1991 norjalainen Kvaerner ASA tuli Turun ja Helsingin telakoiden osaomistajaksi. Myöhemmin, vuonna 2002, Aker ja Kvaerner yhdistyivät ja muodostivat Aker Kvaerner Yardsin. (Meyer Turku Oy, 2024.)

Vuonna 2004 suomalaiset telakat yhdistettiin Aker Finnyards nimen alle ja elokuussa 2008 korealainen STX Shipbuilding osti Aker Yardsin, jonka nimi muutui STX Europeksi. Suomessa toiminta tunnettiin nimellä STX Finland. Nykyään Turun telakan omistaa saksalainen perheyryitys. Telakan toimintaa johti vuodesta 2014 Jan Meyer ja syyskuusta 2020 lähtien toimitusjohtajana on toiminut hänen veljensä Tim Meyer. (Meyer Turku Oy, 2024.)

Meyer Turku Oy:llä on noin 2 000 työntekijää, mutta kun mukaan lasketaan yhteistyökumppanit ja alihankkijat, nousee suoraan ja välillisesti työllistettyjen

määrä noin 9 500 henkilöön. Meyer Turku Oy:llä on useita tytäryhtiöitä, jotka tukevat sen laivanrakennustoimintaa eri tavoin. Piikkiössä sijaitsee Piikkio Works Oy, joka on erikoistunut hytti- ja kylpylähuoneyksiköiden valmistamiseen ja on yli 40 vuoden aikana toimittanut jo yli 150 000 yksikköä. Toinen merkittävä tytäryhtiö on Shipbuilding Completion Oy, joka vastaa risteilyalusten julkisten tilojen kokonaissisustuksesta. Lisäksi Raumalla toimii Technology Design and Engineering ENG'nD Oy, joka tarjoaa suunnittelu- ja projektinhallintapalveluita erityisesti meriteollisuuden projekteihin. (Meyer Turku Oy, 2024.)

2.2 Telakkatoiminta

Telakan toiminta edellyttää osaavaa ja toimivaa laivanrakennusketjua. Työntekijöiltä vaaditaan paitsi oman työnsä huolellista tekemistä, myös kykyä tehdä yhteistyötä muiden osapuolten kanssa. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 22.) Nykyisin laivateknologia yhdistääkin laajan kirjon eri erikoisalojen osaajia. Pelkkien teknisten tieteiden, kuten laivan teorian, valmistuksen ja käytön tuntemuksen lisäksi alalla on hallittava myös kansainvälisen tason politiikkaan, kulttuuriin, talouteen, lainsäädäntöön sekä eri luonnontieteiden osa-alueisiin liittyviä kysymyksiä. (Karikoski, 2000, s. 1-6.) Näin telakka ja sen alihankkijat muodostavat yhteisen työympäristön, jossa jokaisen työntekijän rooli on merkityksellinen. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 22). Tämä monialaisuus korostaa laivanrakennuksen vaativuutta ja edellyttää asiantuntijoilta laajaa osaamista ja kykyä toimia monimutkaisissa globaaleissa toimintaympäristöissä. (Karikoski, 2000, s. 1-6).

Laivanrakennuksen prototyypiluonne edellyttää telakalta jatkuvaa tuotteen kehittämistä ja nopeaa kykyä oppia virheistä. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 46). Yritysten ja työntekijöiden on pyrittävä yhdessä parantamaan työolosuhteita ja kehittämään tuotantoprosesseja mahdollisuuksien mukaan. Työn onnistuminen riippuu pitkälti yksilön asenteesta ja aktiivisesta panoksesta. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 22.) Rakennusprojekti on luovaa työtä kaikissa vaiheissaan. On osattava neuvotella, myydä idea, suunnitella

tuote, hankkia materiaalit ja ajoittaa niiden toimitukset oikein. Tähän kaikkeen tarvitaan tehokasta omaa tuotantoa ja vahvaa toimittajaverkostoa. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 46-47.)

Laivanrakennukselle ovat ominaisia jyrkät vaihtelut työkuormituksessa ja nopeasti muuttuvat tilanteet, mikä heijastuu myös työllisyyteen. Hyvissä oloissa voidaan kuitenkin saavuttaa tilanne, jossa työmäärä on turvattu jopa viideksi vuodeksi eteenpäin. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 46.)

Pääkkösen ja Haapalaisen (2008, s. 47) mukaan telakkayhtiön on kiinnitettävä huomiota ja kehitettävä seuraavia asioita menestyäkseen:

- Tuotteesta eli laivasta on tehtävä sellainen, että se tuottaa menestystä varustamolle.
- Laivassa tarvittavat rakenneosat ja järjestelmät, kuten hyttimoduulit, seinärakenteet, putkistot ja koneikot, on kehitettävä sellaisiksi, että laivan suunnittelussa voidaan käyttää tunnettuja ja toistuvia vakioratkaisuja.
- Tuotantolaitoksia ja tuotantoprosesseja on kehitettävä tukemaan teollista valmistusta, koska isossa laivassa tarvitaan suuri määrä samanlaisia rakenneosia.
- Telakan pitää pystyä hyödyntämään ja hallitsemaan laajaa yhteistyökumppanien verkostoa. Verkoston yhteistyökumppanit valmistavat kukin oman osansa rakennettavasta laivasta.
- Telakalla työskentelevien työntekijöiden on hallittava oikea ja tehokas laivanrakennustapa.
- Piirustusten on oltava oikein tehty ja oikein ajoitettu.

Laivanrakennuksessa painottuu tiimityöskentely. Tiimityö asettaa työntekijöille suurempia vaatimuksia, kuin yksintyöskentely, sillä työtehtävät on sovittava ja organisoitava yhdessä koko tiimin kesken. Laivanrakennuksessa on yleistä, että sama tiimi vastaa mahdollisuuksien mukaan samojen alueiden rakentamisesta läpi koko laivasarjan. Tämä toimintamalli tuo merkittäviä etuja, sillä prototyypilaivassa saatu kokemus ja opit mahdollistavat työn kehittämisen ja tehostamisen sarjan edetessä. Parhaimmillaan työajan säästö on ylittänyt 30% tietyillä alueilla laivasarjan aikana. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 9.)

3 NESTEYTETTY MAAKAASU (LNG)

Nesteytetty maakaasu (LNG, eli Liquefied Natural Gas) on maakaasua, joka on jäädytetty alle -162 °C lämpötilaan, jolloin se muuttuu nestemäiseksi. Nestemäisessä muodossaan maakaasu vie noin 600 kertaa vähemmän tilaa kuin kaasumaisessa muodossaan. (U.S. Energy Information Administration, 2024.) Nesteytetty maakaasu koostuu suurimmaksi osaksi metaanista, joka on sen pääasiallinen ainesosa. Tämän lisäksi siinä on pieniä pitoisuuksia muita hiilivetyjä, kuten etaania, propaania ja butaania. Lisäksi LNG sisältää hyvin pieniä määriä typpeä, joka esiintyy vain jälkijääminä. (Cameron, 2024.) Normaalissa ilmanpaineessa LNG on hajuton, väritön ja ei-syövyttävä kryogeeninen neste. (Mokhatab ym., 2013, s. 3). Kryogeeninen neste tarkoittaa nestettä, joka on viilennetty alle sen normaalin kiehumispisteen, joka on alle -90 °C . (Linde plc, 2024).

Höyrystetyllä LNG:llä on samat lämpöominaisuudet, kuin maakaasulla, jolloin hyvin ilmastoiduissa tiloissa se palaa alhaisella laminaarisella palamisnopeudella ja sillä on korkea sytytysenergia verrattuna muihin hiilivetytypolttoaineisiin. LNG käyttö polttoaineena tuottaa erittäin vähän hiukkaspäästöjä ja huomattavasti vähemmän hiilidioksidi päästöjä verrattuna muihin hiilivetytypolttoaineisiin. (Mokhatab ym., 2013, s. 3-5.)

3.1 Käyttö laivan polttoaineena

Nesteytetty maakaasu on monikäyttöinen polttoaine, jota voidaan käyttää esimerkiksi liikenteen energialähteenä. Se tarjoaa puhtaamman vaihtoehdon perinteisille fossiilisille polttoaineille, kuten öljylle. Lisäksi LNG käyttö vähentää päästöjä, sillä sen palamisesta syntyy huomattavasti vähemmän hiilidioksidia ja muita saasteita verrattuna öljyyn tai kivihiileen. (Cameron, 2024, s. 6.)

Nesteytetyllä maakaasulla toimiva voimalaitos vaatii monenlaisia laitteita ja komponentteja toimintansa varmistamiseksi. Voimalaitoksen moottorin tuottama liike-energia tulee muuntaa aluksen liikuttamiseen tarvittavaksi propulsiovoimaksi. Tämä voidaan toteuttaa joko mekaanisesti suoraan tai vaihtoehtoisesti moottorien tuottamaa sähköä voidaan hyödyntää sähkömoottoreiden avulla, jolloin sähkö muutetaan propulsiovoimaksi. Autolauttojen ja risteilyalusten moottorit ovat usein niin sanottuja dual fuel –moottoreita, mikä tarkoittaa, että ne voivat käyttää kahta eri polttoainetta toiminnassaan. Kun moottoria käytetään maakaasulla, se hyödyntää myös pienen määrän MDO eli Marine dieseliä sytytyspolttoaineena. (Vuori, 2020, s. 38.)

Maakaasun käyttö on erinomainen vaihtoehto niille käyttökohteille, jotka käyttävät tällä hetkellä dieselmoottoreita. Maakaasulla on dieselöljyyn verrattuna kustannushyödyn lisäksi kolme etua, joita ovat mm. alhaisempi hiilidioksidin tuotanto energiyksikköä kohti, alhaisemmat rikki- ja typpioksidin päästöt, sekä melun väheneminen. LNG on hinnaltaan kilpailukykyinen vaihtoehto erityisesti uusille laivoille. (Vaclav, 2015, s. 216-221.)

Jos nesteytettyä maakaasua vapautuisi ympäristöön, sen höyrystyminen tapahtuisi erittäin nopeasti. LNG ei ole vesiliukoista, mikä tarkoittaa, että se ei sekoitu veteen, vaan muuttuu kaasumaiseen muotoon välittömästi joutuessaan kosketuksiin ilman tai veden kanssa. Samoin, jos LNG:tä pääsisi maaperään, se ei imeytyisi siihen, vaan haihtuisi nopeasti ilman merkittävää vaikutusta maaperään. Tämän vuoksi LNG:llä ei ole riskiä saastuttaa maaperää tai vesistöjä, toisin kuin monilla muilla kemiallisilla aineilla tai fossiilisilla polttoaineilla. (Cameron, 2024, s. 6.)

3.2 Turvallisuus

LNG:n käytöllä eri teollisuuden aloilla on useiden tekijöiden ansiosta erinomainen historia turvallisuuden näkökulmasta. Toimialaa ja LNG:n käyttöä kehittäessä ollaan varmistettu sen turvallinen toiminta, joka ollaan otettu huomioon aina suunnittelusta yksittäisten henkilöiden tekniseen pätevyYTEEN, jonka lisäksi LNG:n sekä fysikaaliset, että kemialliset ominaisuudet tunnetaan nykyään hyvin. Turvallisuuden takaamiseksi LNG:tä käyttävälle teollisuudelle on kehitetty standardeja ja määräyksiä, joita kehitetään ja parannetaan jatkuvasti. (Mokhatab ym., 2013, s. 5.)

LNG-laitokset ja sitä polttoaineena käyttävät alukset nähdään teollisuusalan huipputasona. LNG-alukset ovat kuljettaneet nesteytettyä maakaasua maailmanlaajuisesti jo yli 45 vuoden ajan, eikä tänä aikana ole sattunut merkittäviä onnettomuuksia tai turvallisuusongelmia satamaolosuhteissa tai merellä. (Mokhatab ym., 2013, s. 374.)

4 RISTEILYALUKSEN RAKENNUSPROJEKTI

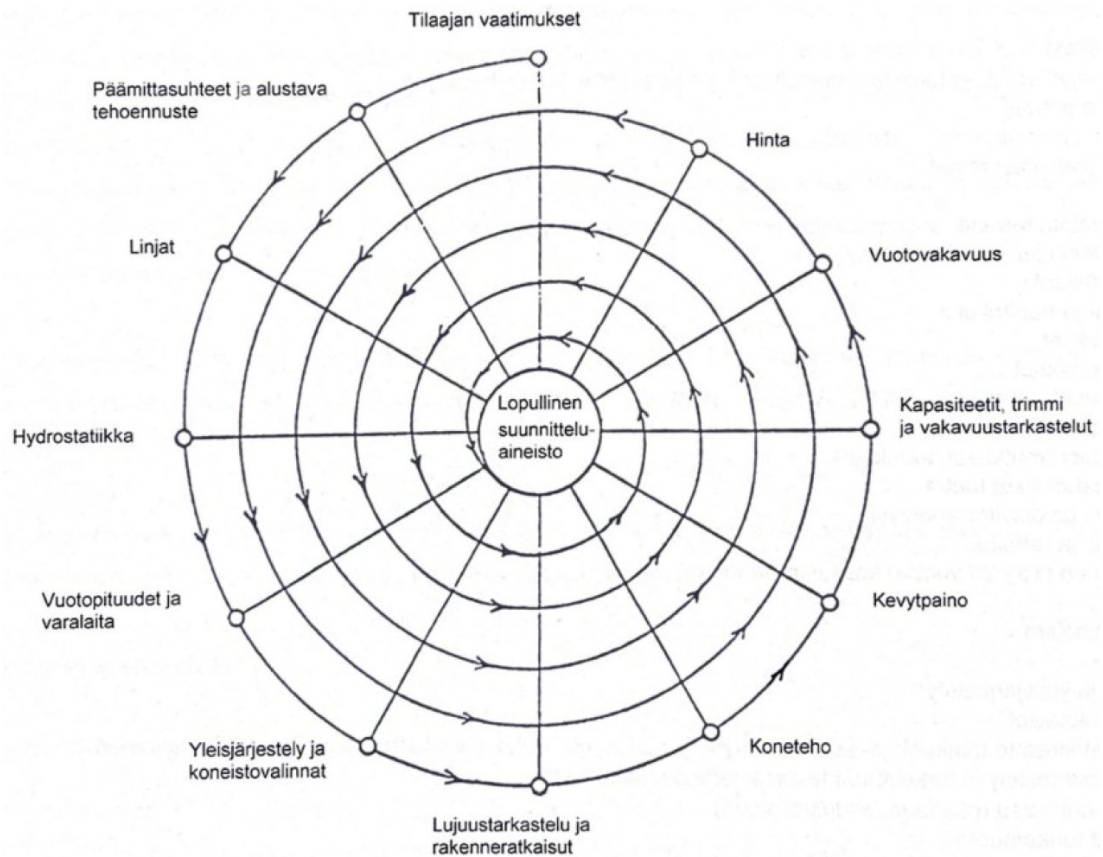
Risteilyalus on matkustajille suunniteltu alus, jonka pääasiallisena tarkoituksena on tarjota asiakkailleen majoitus- ja viihdepalveluita (Laine, 2018, s. 13). Risteilyalusten päätehtävänä on tarjota matkustajille vapaa-ajan elämyksiä (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 38). Risteilyaluksella on tyypillisesti monta hyttikantta, jotka tarjoavat asiakkailleen majoitusmahdollisuuden. Tämän lisäksi risteilyaluksilta löytyy usein laaja valikoima ravintoloita, baareja, harrastusmahdollisuuksia ja muita viihtymiseen tarkoitettuja palveluita. (Laine, 2018, s. 13.) Risteilyalus voidaan jakaa sen järjestelmien ja toiminnallisten alueiden perusteella hotelliosastoon ja laivatoimintoihin (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 38). Hotelliosaston toimintoja ovat kaikki asiakkaiden viihtymiseen ja majoitukseen tarkoitetut toiminnot, kuten edellä mainitut hytit, ravintolat, baarit jne. Laivaosaston toimintoihin lasketaan asiakkailta piilossa olevat

järjestelmät, kuten koneikot, varastot ja muut aluksen sisäiset järjestelmät. (Laine, 2018, s. 13.) Laivaosaston tehtävä on tukea ja ylläpitää hotelliosastoa (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 38).

Laivatilaus alkaa idean kehittämisestä, jonka tavoitteena on luoda omistajalleen taloudellisesti kannattava alus. Usein idean suunnittelu tapahtuu telakan ja varustamon yhteistyönä, ja prosessi voi kestää useita vuosia ennen varsinaista tilauksen tekemistä. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 46.) Risteilyalusten rakentaminen on hyvin modernia teollisuutta, jossa kootaan yhteen rajoitettuun pakettiin laaja skaala erilaista teknologiaa piilotettuna asiakkaiden katseilta. Risteilyalusten suunnittelu ja rakentaminen ovat todella monimutkaista, jossa keskeisessä asemassa on mm. materiaalihankintojen määrät, kustannukset ja mitä materiaaleja voidaan käyttää missäkin tilanteessa paloturvallisuuden ja äänieristyksen varmistamiseksi sekä monivaiheisen tuotannon aikataulut, jotta alus pystytään toimittamaan tilaajalle sujuvasti sovituissa aikatauluissa ja budjetissa. (Meyer Turku Oy, 2024.)

Nykyaikaisessa laivanrakennuksessa käytetään modulaarisia rakennusprosesseja, joilla pystytään minimoimaan rakentamiseen käytettävää aikaa. Laivan runko koostuu useasta moduulista eli lohkoista, jotka monen eri rakennusvaiheen jälkeen liitetään yhteen kuivatelakalla. Kyseinen modulaarinen rakennustapa mahdollistaa monen eri asiantuntijaryhmän työskentelyn yhden aluksen parissa samanaikaisesti. (Meyer Turku Oy, 2024)

Ennen vanhaa laivan runko koottiin laivanrakennuslipillä pala palalta, levy ja palkki kerrallaan. Putkistojärjestelmät rakennettiin suoraan laivaan ilman esivalmisteita, yksi järjestelmä kerrallaan. Nykyään tällainen menetelmä ei olisi mahdollinen jättiristeilijöiden rakentamisessa ilman huomattavaa pidennystä rakennusaikaan. Moderni laivanrakennus perustuu pääosin alue- ja lohkorakentamiseen, joka on huomattavasti tehokkaampaa. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 50.)



Kuva 1. Laivaprojektin suunnitteluspiraali (Kanerva, 2000, s. 16-6).

4.1 Projektin yhteistyökumppanit ja sitä ohjaavat organisaatiot

Merenkulku on kansainvälinen ala, sillä lähes kaikki alukset operoivat kansainvälisillä vesillä. Tämän vuoksi valtiot ja laivavarustamot ovat sopineet valtiosopimuksilla yhteisistä säännöistä, jotka säätelevät kansainvälistä liikennettä ja aluksia. Telakoiden on otettava nämä kansainväliset säännöt ja ohjeet huomioon aluksia suunnitellessaan ja rakentaessaan, jotta ne täyttävät sovitut vaatimukset. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34.)

Perinteisesti alukset rakennetaan tiiviissä yhteistyössä laivan tilaaja eli omistajan, telakan, rekisteröintiviranomaisten ja luokituslaitoksen kesken. Ennen sopimuksen allekirjoittamista omistaja, telakka tai molemmat yhdessä laativat alustavan yleisen spesifikaation, joka kuvaa tulevan aluksen perusvaatimuksia. Sopimuksen allekirjoittamisen jälkeen osapuolet kehittävät yhdessä yksityiskohtaisen rakennuserittelyn, jossa määritellään uuden aluksen keskeiset ominaisuudet ja tekniset yksityiskohdat. Tämä erittely on laadittu tarkasti, jotta

se kattaa kaikki merkittävät vaatimukset, mutta se sallii myös riittävät joustavuuden, jotta telakalla on mahdollisuus toteuttaa käytännöllisiä ja kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140.)

Telakka laatii uudisrakennettavan aluksen piirustukset, joissa kuvataan aluksen keskeiset ominaisuudet ja rakenteet. Luokituslaitos tarkistaa näistä piirustuksista tärkeimmät varmistaakseen, että ne vastaavat laitoksen asettamia vaatimuksia. Jos luokituslaitoksella on tarvittavat valtuudet, se myös varmistaa, että piirustukset noudattavat kansainvälisten sopimusten edellytyksiä. Omistajalla on puolestaan oikeus tarkastella kaikkia piirustuksia. Usein piirustuksiin tehdään tarkennuksia ja muutoksia tämän prosessin aikana, ennen kuin sekä omistaja että luokituslaitos antavat niille lopullisen hyväksyntänsä. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140.)

4.1.1 Luokituslaitokset

Luokituslaitokset ovat itsenäisiä, kansainvälisesti toimivia organisaatioita. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34). Ne olivat aikaisemmin keskeisimpiä organisaatioita laivanrakennuksen kehityksen ohjaamisessa, sillä ne myönsivät rakennettaville aluksille luokkamerkin, jos alukset täyttivät niiden asettamat rakenteelliset kriteerit. Nykyään luokituslaitosten rooli on kuitenkin muuttunut, ja niiden toiminta keskittyy enemmän lainsäädännöllisten päätösten tulkitsemiseen ja käytännön soveltamiseen kuin ohjaavien päätösten tekemiseen. (Kariikoski, 2000, s. 1-9 – 1-10.)

Luokituslaitosten keskeinen tehtävä on toteuttaa riippumattomia tarkastuksia ja arvioiteja alusten turvallisuuden ja kunnan varmistamiseksi. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s.139.) Valtiot voivat lisäksi antaa luokituslaitoksille valtuutuksen suorittaa alusten tarkastuksia niiden puolesta (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34).

Aluksen omistaja valitsee sopivan luokituslaitoksen jo aluksen suunnitteluvaiheessa, jolloin laitos on mukana koko aluksen elinkaaren aina rakennusprosessista sen koko käyttöänsä ajan. Yleensä vakuutusyhtiöt edellyttävät, että luotettava luokituslaitos on arvioinut aluksen, sillä tämä lisää aluksen turvallisuutta ja luotettavuutta. Aluksen rakennushetken luokitusvaatimukset pysyvät useimmiten voimassa koko sen käyttöänsä ajan, eikä uusien vaatimusten soveltaminen jälkikäteen ole ollut yleinen käytäntö. Viime aikoina on kuitenkin havaittu suuntausta, jossa uusia vaatimuksia pyritään soveltamaan myös olemassa oleviin aluksiin, mikä saattaa lisätä niiden turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta nykypäivän standardien mukaisesti. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 139–140.)

Yhdellätoista merkittävimällä luokituslaitoksella on yhteinen yhteisöelin, International Association of Classification Societies (IACS), eli Kansainvälinen luokituslaitosten yhdistys. Tämä järjestö koordinoi jäsentensä toimintatapoja ja edistää kokemusten sekä teknisen asiantuntemuksen jakamista laitosten kesken. IACS julkaisee myös yhtenäistettyjä standardisuosituksia tärkeistä teknisistä vaatimuksista merenkulussa. Maailmassa on useita kansallisia luokituslaitoksia, jotka eivät kuulu IACS, eivätkä täytä sen jäsenyyuskriteerejä. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 139–140.)

4.1.2 IMO (International Maritime Organization)

IMO (International Maritime Organization) on kiistatta merkittävin kansainvälisesti laivanrakennukseen suoraan vaikuttava organisaatio. Se toimii muiden tekniikan ja työelämän järjestöjen tapaan YK:n talous- ja sosiaali-neuvoston ECOSOC:in alaisuudessa. (Karikoski, 2000, s. 1-8.) Se perustettiin vuonna 1948, ja sen pääkonttori sijaitsee Lontoossa. IMO koostuu viidestä komiteasta sekä niiden alaisista alakomiteoista. Laivanrakennuksen kannalta tärkeimpiä ovat meriturvallisuuskomitea ja meriympäristön suojelukomitea. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34.)

Järjestön tavoitteena on parantaa merellä tapahtuvien toimintojen turvallisuutta ja luoda yhtenäisiä kansainvälisiä käytäntöjä, jotta kulttuuri- tai kielieroista johtuvilta väärinkäsityksiltä vältyttäisiin. (Karikoski, 2000, s. 1-9). Yksi sen merkittävistä tehtävistä on myös merien saastumisen ehkäisy laivaliikenteen aiheuttamilta haitoilta. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34). Kaikki tietyt rajat ylittävät onnettomuudet on tutkittava tarkasti tiedon keruun ja turvallisuuden parantamiseksi, ja tutkijalautakunnan raportti on toimitettava IMO:lle, joka tarvittaessa välittää sen muiden maiden merenkulkuviranomaisille jatko-toimia varten (Karikoski, 2000, s. 1-8–1-10).

Yksi tärkeimmistä kansainvälisistä sopimuksista on SOLAS-sopimus, eli kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (International Convention for the Safety of Life at Sea). Tästä sopimuksesta ensimmäinen versio laadittiin Titanicin vuonna 1912 tapahtuneen onnettomuuden jälkeen. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 34.)

4.1.3 ISO (International Organization for Standardization)

Laivanrakennusta ohjaavat myös monet kotimaiset ja kansainväliset standardit. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 36). Kansainvälinen standardisoimisliitto, eli ISO (International Organization for Standardization), on organisaatio, joka laatii ja kehittää monia standardeja, jotka koskevat alusten laitteita ja varusteiden osia. Tämä tarkoittaa, että ISO määrittelee kyseisille laitteille ja osille esimerkiksi niiden käyttötarkoituksen, suunnittelun vaatimukset, käytettävät materiaalit ja valmistuksen tarkkuuden. ISO-standardit ovat laajasti hyväksytyjä ja toimivat yhtenäisinä ohjeina eri maiden ja toimijoiden välillä. ISO tekee myös yhteistyötä muiden kansainvälisten organisaatioiden kanssa. ISO esimerkiksi kutsutaan kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) järjestämiin konferensseihin. Suomessa ISO:n toimintaan osallistuu ja sitä koordinoi Suomen Standardisoimisliitto SFS. (Karikoski, 2000, s. 1-12.)

Kansalliset ja yrityskohtaiset standardit määrittelevät varustekomponenttien ominaisuuksia ja rakenteita, mutta niiden sisällöt eivät aina täysin perustu ISO-

standardeihin, vaikka niillä on usein yhteisiä lähtökohtia. Erityisesti ylikansallisessa käytössä on tärkeä varmistaa, että valittu standardi tai ratkaisu hyväksytään myös muissa maissa, sillä kaikki valtiot eivät automaattisesti tunnusta Suomessa käytössä olevia ratkaisuja. Suomessa kansallisia standardeja laatii ja vahvistaa Suomen Standardisoimisliitto SFS, joka koordinoi standardointityötä ja edistää niiden soveltamista. Laivatekniikan osalta yleiset standardit kuuluvat niin sanottuun sarjaan 80, joka kattaa kyseiseen alaan liittyviä teknisiä ohjeita ja vaatimuksia. Useilla kansallisilla standardointijärjestelmillä on vahva kansainvälinen arvostus ja tunnustus. Esimerkkejä tällaisista ovat saksalainen DIN, englantilainen BS, ruotsalainen SS ja amerikkalainen ANSI/ASME. (Karikoski, 2000, s. 1-12.)

4.2 Risteilyaluksen suunnittelu

Risteilyaluksen rakennusprojekti koostuu pienemmistä osaprojekteista, joiden päällekkäisistä aikatauluista ja resurssitarpeista johtuen projektin toteuttavan telakan on tehtävä projektin resurssien hallintaan keskittyvän resurssi- ja aikataulusuunnitelman. Laivanrakennuksessa resurssien hallinnan suunnitteluun liittyy mm. projektin toteuttamisen kannalta välttämättömien rakennusmateriaalien ja muiden komponenttien, kuten esivalmisteiden hankinnan ja valmistuksen suunnittelua ja määrittämistä. Osana resurssien hallintaa laivaprojektin suunnitteluvaiheessa telakka määrittää, mitkä osatoiminnot, missäkin projektin osa-alueessa se itse toteuttaa ja minkä toimintojen ja kokonaisuuksien toteuttamisessa hyödynnetään ulkoisia tavarantoimittajia ja alihankkijoita. (Pelkonen, 2021, s. 20-21.)

Suunnitteluprosessi voidaan jakaa kahteen pääasialliseen vaiheeseen: perussuunnitteluun ja valmistussuunnitteluun. Näissä vaiheissa on useita tehtäviä, jotka ovat tiedollisesti riippuvaisia toisistaan. Aikaisempien tehtävien tulokset toimivat pohjana seuraaville tehtäville, ja suunnittelun edetessä tieto tarkentuu asteittain. (Kosola, 2000, s. 35-1.)

Suunnitteluprosessin toteutus riippuu telakan valitsemasta strategiasta. Työ voidaan suorittaa kokonaan telakan omilla resursseilla, tai tarvittaessa osia suunnittelusta voidaan ulkoistaa suunnittelutoimistolle. Lisäksi telakka voi hankkia suuria kokonaisuuksia turn-key –periaatteella, jolloin toimittaja vastaa tietyn kokonaisuuden materiaalista, suunnittelusta ja asennuksesta ”avaimet käteen” –periaatteella, eikä telakan tarvitse laatia valmistuspiirustuksia itse. (Kosola, 2000, s. 35-2.)

4.2.1 Perussuunnittelu

Viimeistään laivasopimuksen solmimisen jälkeen käynnistetään perussuunnitteluvaihe, joka kestää yleensä 4-6 kuukautta. Telakka hoitaa yleensä osan perussuunnittelusta itse ja ulkoistaa toisen osan erilliselle suunnittelutoimistolle. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.) Tässä vaiheessa päätetään laivan rakennustapa, määritellään alue- ja lohkojako sekä laaditaan aikataulut (Kosola, 2000, s. 35–2). Perussuunnittelussa tehdään päätökset ja hankinnat merkittävimmistä kustannuksista aiheuttavista komponenteista. Samalla suunnitellaan järjestelmien kokonaisuus, kuten laitteiden tarvitsemat tehot sekä systeemi-kaaviot. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.)

Lisäksi tähän suunnitteluprosessiin kuuluu keskeisenä osana laadittujen suunnitelmien hyväksyttäminen. Telakka toimittaa laivan tilaajalle, luokituslaitokselle ja viranomaisille tarvittavat materiaalit, kuten kaaviot, laskelmat ja toimittajien aineistot, jotka nämä osapuolet tarkastavat ja hyväksyvät. (Kosola, 2000, s. 35-1.) Koska suuri laiva on monimutkainen kokonaisuus ja yleensä kutakin laivaa rakennetaan vain yksi kappale, kaikkia yksityiskohtia ei käytännössä piirretä suunnitelmiin (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140). Hyväksyntäprosessi johtaa usein uudelleensuunnitteluun, jolloin alkuperäisiin aineistoihin tehdään muutoksia ja lisätään tarvittavia lisäselvityksiä (Kosola, 2000, s. 35-1). Perussuunnitteluvaiheen aikana korostuu eri osastojen välisen tiedonsiirron sujuvuus, ja erityisesti muutosten hallinta nousee keskeiseen rooliin (Kosola, 2000, s. 35–2).

4.2.2 Valmistussuunnittelu

Perussuunnittelun valmistuttua siirrytään valmistussuunnitteluvaiheeseen, joka kestää yleensä 8-12 kuukautta. Tuotanto käynnistyy usein jo valmistussuunnittelun aikana, jolloin suunnittelutyö ja tuotanto etenevät osittain rinnakkain. Tätä päällekkäisyyttä on pyritty tehostamaan aloittamalla tuotanto aiemmassa vaiheessa, jolla taas pyritään lyhentämään laivan kokonaisrakennusaikaa. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.) Valmistussuunnittelu joudutaan toisinaan käynnistämään, vaikka jotkin perussuunnitteluvaiheen asiat olisivat vielä kesken ja odottaisivat lopullista hyväksyntää (Kosola, 2000, s. 36-1).

Valmistussuunnitteluvaiheen keskeisin tehtävä on työpiirustusten laatiminen. Telakat useasti ulkoistavat tämän työn ulkopuolisille toimijoille. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.) Työpiirustukset voidaan jakaa yleisesti asennuspiirustuksiin ja valmistuspiirustuksiin. Valmistuspiirustusten avulla toteutetaan esivalmisteen, kuten koneikot, moduulit, yksittäisosat ja putkivalmisteet. Esivalmisteet ovat laivakohtaisesti suunniteltuja tuotteita, jotka eivät ole standardimateriaalia. Asennuspiirustukset puolestaan sisältävät tarvittavat tiedot, joiden avulla tietty kokonaisuus pystytään asentamaan. (Kosola, 2000, s. 36-1 – 36-2.) Työpiirustuksissa saattaa toisinaan olla puutteita tai virheitä. Kokenut putkiasentaja osaa tunnistaa nämä ennakkoon ja välttää virheellisen asennuksen. Työpiirustus toimii asennuksen ohjeistuksena, mutta se ei välttämättä sisällä tarkkaa kuvausta lopullisesta toteutustavasta. Oleellista on varmistaa, että järjestelmä toimii moitteettomasti ja täyttää kaikki laatuvaatimukset. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 55.)

Työpiirustusten valmistuminen on kytköksissä laivan rakennusaikatauluun. Piirustukset toimivat koko rakennusprosessin ohjausvälineenä jaksotusten kautta. Työt on tarkoitus jakaa piirustusten mukaisiin vaiheisiin, ja vaihe katsotaan valmiiksi, kun kaikki siinä kuvatut tehtävät ja asennukset on suoritettu. Laivan valmistumisen kokonaisuus ja aikataulu määräytyvät sen perusteella, että piirustusten mukaiset vaiheet ja tehtävät valmistuvat ajallaan. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.)

Valmistussuunnittelun tuottamat piirustukset, työohjeet ja osaluettelot siirretään tuotantoon työsuunnittelun kautta, missä varmistetaan työn toteutusedellytykset sekä tehdään materiaalin keräilypyynnöt varastolle. Telakoilla on erilaisia käsityksiä työsuunnittelun tehtävistä ja sen organisatorisesta roolista, mutta jokaisella telakalla on jossakin muodossa oma työsuunnittelu. (Kosola, 2000, s. 35-2.)

Ilman erillistä suunnittelua esimerkiksi joidenkin soviteputkien valmistus ja asennus laivaan tapahtuu yleensä seuraavalla tavalla: ensin mitataan putken pituus ja muoto paikan päällä. Tämän perusteella tehdään malli sovitepaloista, jota kutsutaan jigiksi. Tämän jälkeen putki valmistetaan ja pintakäsitellään pajalla. Ennen tätä osittain hitsattua putkea voidaan käydä sovittamassa laivassa. Putken valmistuttua se päästään asentamaan laivaan. (Suominen, 2000, s. 38-12.)

Kun suunnittelu tehdään etukäteen, saadaan myös tarvittavat mitat tietoon etukäteen, jolloin putket voidaan valmistaa valmiiksi ilman sovitusvaiheita laivassa. Näin asennusvaiheessa tarvitsee tehdä vain lopullinen asennus. Tämä menetelmä säästää aikaa ja kustannuksia, koska putkia ei tarvitse kuljettaa edestakaisin työpajan ja laivan välillä. (Suominen, 2000, s. 38-12.)

4.3 Varustelu

Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että rungon koonti muodostaa laivan ulkokuoren, kun taas varustelu rakentaa valmiin, luovutettavan laivan tämän kuoren sisälle. Varustelu on perinteisesti jaettu kolmeen osa-alueeseen: kone-, sisustus-, ja sähköosastoon. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 52.)

Laivan varusteluvaiheessa tuotantosuunnitelmat laaditaan yhdessä sovitun rakennustapasuunnitelman pohjalta. Työ jaetaan tiimien suoritettavaksi vaiheiksi, eli jaksoiksi, jotka integroidaan telakan yhteiseen ohjausjärjestelmään. (Holmstöm, 2000, s. 39-15.) Holmström nostaa esiin neljä tärkeää asiaa, joilla tiimien tehokas työnteko mahdollistetaan:

- työvaiheeseen tarvittavat piirustukset tulee olla saatavilla ajallaan.
- työvaiheeseen tarvittavat materiaalit tulee tilata ja toimittaa ajallaan oikeaan paikkaan.
- työvaiheeseen tarvittavat esivalmisteet pitää tuottaa ajallaan ja ohjata oikeaan paikkaan.
- työvaiheketjun tavoitteiden asettaminen ja resurssinhallinta.

Laivan komponentit, kuten erilaiset koneet, putkistot ja muut laitteet valmistetaan osista itse telakalla tai alihankintana telakan ulkopuolella. Nämä komponentit kasataan yhteen telakalla muodostaen kokonaisuuden. Usein komponentit liitetään toisiinsa hitsaamalla, jolloin hitsaustyötä tehdessä tulee ottaa huomioon hitsattavan materiaalin vaatimukset ja hitsaavan työntekijän pätevyys kyseisen materiaalin hitsaamiseen. (Pelkonen, 2021, s. 23-24.)

4.3.1 Lohkovarustelu ja aluevarustelu

Lohkovarustelu pitää sisällään kaiken varustelutyön, jotka suoritetaan lohkoihin ja suurlohkoihin ennen niiden siirtämistä rungonkoontiin (Holmström, 2000, s. 39-3). Lohkovarustelu on jaettu aikataulun mukaisesti eri osiin: ennen maalausta, jälkeen maalauksen ja suurlohkovaiheisiin. Eri vaiheille tehdään yleensä omat työpiirustukset. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 51.) Tuotavuuden parantamiseksi järjestelmien asennuksia pyritään tekemään mahdollisimman paljon jo lohkovaiheessa. 1980-luvulla tehdyt tutkimukset osoittavat, että asennustyö lohkovaiheessa on 1,5 – 2,5 kertaa tehokkaampaa verrattuna esimerkiksi kattoasennuksiin, jotka suoritetaan aluevaiheessa laivan sisällä. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 49.)

Lohkot pyritään lohkovarustelun ajaksi kääntämään sellaiseen asentoon, että työskentely olisi mahdollisimman helppoa. Esimerkiksi putkistojen asentaminen kattolohkoon on huomattavasti helpompaa, kun lohko on käännetty ympärisiten, että asennus voidaan tehdä alaspäin, verrattuna tilanteeseen, jossa lohko on siinä asennossa, jossa se liitetään runkoon, jolloin asennustyö suuntautuu ylöspäin. Optimaalisimmillaan lohkojen varusteluaste voi olla jopa 50-60 % varustelun kokonaismäärästä. Matala lohkovarusteluaste viittaa usein siihen, että projektin toteutuksessa ei ole täysin saavutettu tavoitteita, mikä saattaa johtaa kiireeseen ja haasteisiin projektin loppuvaiheessa. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 51.)

Aluevaiheen työ kattaa kaikki varustelutyöt, jotka alkavat rungon kokoamisen yhteydessä ja jatkuvat koeponnistukseen ja käyttöönottoon saakka. Tässä vaiheessa järjestelmät pyritään saattamaan valmiiksi ja toimintakuntoisiksi, kuten viimeistellään laitteiden ja esivalmistettujen osien asennukset. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 51.)

4.4 Tarkastukset

Telakalla tarkastustoiminta sisältää yleisen silmämääräisen tarkastuksen, jolla varmistetaan, että kaikki merkittävät yksityiskohdat ovat hyväksytyjen piirustusten mukaisia. Lisäksi tehdään yksityiskohtaisempia tarkastuksia tai rakenteita vahingoittamattomia (NDT) testauksia niissä kohdissa, joissa tarkkuus on erityisen tärkeää. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140.)

Valmiit putkistot testataan aluksen koeponnistustaulukon mukaisesti joko koeponnistamalla tai suorittamalla tiiviyskoe. Näiden testausvaiheiden tarkoituksena on varmistaa, että putkistot kestävät suunnitellut paineet ja ovat tiiviitä, mikä takaa niiden turvallisuuden ja toimivuuden. Koeponnistuksen tai tiiviyskokeen yhteydessä putkistot käydään läpi myös silmämääräisesti rakennetar-

kastuksen muodossa. Tämä tarkastus kattaa putkistojen rakenteelliset yksityiskohdat, kuten liitokset, hitsausseamit ja kiinnitykset. (Holmström, 2000, s. 39-17.)

Luokituslaitoksen tarkastaja toimii telakalla laitoksen edustajana, ja hänen tehtävänä on varmistaa, että alus rakennetaan sääntöjen mukaisesti. Luokituslaitoksen tehtäviin kuuluu myös alihankkijoiden valmistamien tärkeiden komponenttien, kuten esivalmisteiden tarkastaminen niiden tuotantopaikoilla aluksen rakentamisen aikana. Tarkastaja ei kuitenkaan voi käytännössä tarkistaa kaikkia aluksen pienimpiä yksityiskohtia. Siksi vastuu työn laadun varmistamisesta ja hyväksytyjen suunnitelmien noudattamisesta säilyy telakalla. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140.)

Laivan tilaajalla eli omistajalla voi olla omat tarkastajansa projektissa, ja usein heillä on paremmat resurssit tietyn uudisrakennuksen tarkastamiseen kuin luokituslaitoksella. Tilaajan tarkastajat suorittavat usein erittäin perusteellisia tarkastuksia työn laadun varmistamiseksi. He tarkastavat myös asioita, joihin luokituslaitoksella ei ole omia erityisvaatimuksia. Rakennusprojektin loppuvaiheissa tilaajan tarkastusryhmään kuuluvat usein myös aluksen tuleva kapteeni ja konepäällikkö, jotka on valittu tehtäviinsä aluksen valmistumisen ja luovutuksen jälkeistä käyttöä varten. (MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio, 2000, s. 140.)

4.5 Alihankinta

Alihankkija, eli aliurakoitsija, viittaa henkilöön tai useimmiten yritykseen, joka on sitoutunut suorittamaan sopimuksen mukaisen työn, toimittamaan materiaalin tai hoitamaan jonkin muun sopimukseen kuuluvan tehtävän (Elomaa, 2011, s. 46). Telakkaympäristössä alihankkijan käsitettä käytetään usein viittaamaan vain suunnittelijoihin ja asentajiin, jotka työskentelevät telakalla jonkun toisen yrityksen alaisuudessa. Alihankkijan yleinen määritelmä on kuitenkin paljon laajempi. Käytännössä yrittäjä voi pitää itseään telakan alihankkijana, jos hän toimittaa telakalle suunnitelmia, tuotteita tai palveluita telakan

toimittamien perustietojen, suunnitelmien tai ohjeiden pohjalta. (Rotrich, 2000, s. 40-15 – 40-17.)

Alihankinta voidaan jakaa karkeasti viiteen eri tyyppiin, joita ovat kokonaisvastuualihankinta, suunnittelualihankinta, valmistusaliyhankinta, asennusaliyhankinta ja muu työ- ja palveluallihankinta (Rotrich, 2000, s. 40-17). Alihankinnan avulla telakka voi keskittyä omaan ydinosaamiseensa, mikä on erityisen hyödyllistä nykyisessä nopeasti muuttuvassa kaupankäynnin ja yhteiskunnan ympäristössä (Elomaa, 2011, s. 47).

Yhteistyöprosessien johtaminen luo jatkuvasti haasteita, erityisesti alihankintayhteistyössä, jossa päähankkija luonnollisesti hallitsee päätöksentekoa. Johtamiskäytännöt kuitenkin vaihtelevat merkittävästi eri yritysten välillä, ja ne ovat usein hyvin yrityskohtaisia. Joissakin tapauksissa yhteistyötä hallitaan epävirallisesti, ja yhteisistä asioista sovitaan tapaamisten yhteydessä ilman suurempia muodollisuuksia. Toisaalta joillakin yrityksillä on tapana järjestää säännöllisiä kokouksia, joissa käsitellään yhteisiä asioita. (Häkkinen, 2011, s. 27.)

5 PROJEKTINHALLINTA

”Projektin hallinta ja sen tilanteeseen soveltuvat systemaattiset johtamistavat ja menetelmät ovat yhteistä projektin kuin projektin onnistumiselle” (Arto ym., 2008, s. 35).

Jokaisen rakennettavan aluksen ympärille perustetaan oma projektiorganisaatio, jonka vastuulla on toteuttaa laivanrakennusprojekti sovittujen sääntöjen mukaisesti ja mahdollisimman tehokkaasti sekä kustannustehokkaasti. Tämä organisaatio toimii projektipäällikön johdolla ja ulottuu aina tiimitasolle saakka.

Laivanrakennusprojekteissa hyödynnetään telakan eri osastojen asiantunte-
musta sekä toteutusvaiheessa kehitettyjä työkaluja ja toimintatapoja, mikä var-
mistaa projektin sujuvan etenemisen. (Pääkkönen & Haapalainen, 2008, s. 9.)

Projektin suurin haaste on varmistaa, että se saavuttaa asetetut tavoitteet,
täyttävät halutut odotukset ja vaaditut ehdot. Monet erilaiset tekniset, sosiaali-
set ja taloudelliset tekijät vaikuttavat onnistumiseen, riippuen toimintaympäris-
töstä ja projektin sisällöstä. (Arto ym., 2008, s. 35.)

5.1 Aikataulun ja resurssien hallinta

Projekti on aina ajallisesti rajattu kokonaisuus, jossa ajan ja resurssien hallinta
ovat tiiviisti kytköksissä toisiinsa, jolloin muutokset toisessa tekijässä vaikutta-
vat aina toiseen. Aikataulun hallinnan tavoitteena on varmistaa, että projekti
etenee ja valmistuu suunnitellussa aikataulussa. Aikataulun hallinta sisältää
tehtävien määrittelyn, tehtävien välisten riippuvuuksien ja kestojen arvioinnin,
aikataulun seurannan sekä mahdollisten muutosten hallinnan. Aikataulun laa-
timinen ja tehtävien ajoittaminen ovatkin yksi keskeisimmistä tehtävistä pro-
jektin suunnitteluvaiheessa. Tämä tarkoittaa tehtävien tarkkaa määrittelyä, nii-
den keston ja suoritusjärjestyksen arviointia sekä koko projektin aikataulun ra-
kentamista. Aikataulun luominen perustuu arvioihin, ja näiden arvioiden poh-
jalta asetetaan aikataulutavoitteet, jotka voivat muuttua projektin edetessä.
(Arto ym., 2008, s. 37, 122.)

Aikataulun suunnittelu pohjautuu työn ositukseen, tehtävien määrittelyyn sekä
projektin yleisiin tavoitteisiin. Alkuvaiheessa aikataulusuunnitelmat ovat usein
alustavia arvioita, joita tarkennetaan suunnittelun edetessä. Kun aikataulu voi-
daan varmistaa myös kustannusten ja resurssien käytön osalta, voidaan aset-
taa aikataulutavoite, joka lyödään lukkoon ja sovitetaan yhteen muiden tavoit-
teiden kanssa. (Arto ym., 2008, s. 122-123.)

Mitä tärkeämpi aikataulu on projektin onnistumisen kannalta, sitä tarkempaa suunnittelua ja seurantaakin se vaatii. Projektin edetessä sen kesto on yhä vaikeampi vaikuttaa myönteisesti. Siksi toteutusaika on suunniteltava huolella ja hyvissä ajoin, sekä suunniteltuun aikatauluun tulee sitoutua koko projektin ajan. Monet projekteista, joiden aikataulu venyy, epäonnistuvat juuri huonon suunnittelun vuoksi. (Artto ym., 2008, s. 122-123.)

Materiaalipuutteista, toimitusongelmista sekä suunnittelu- ja työvirheistä aiheutuvat aikatauluriskit ovat merkittävä haaste laivanrakennusprosessissa, ja niiden ennakointi on keskeisessä roolissa projektinhallinnan onnistumisessa. Näiden riskien hallinta edellyttää systemaattista ja proaktiivista lähestymistapaa, jossa pyritään tunnistamaan mahdolliset ongelmakohdat jo varhaisessa vaiheessa. Kun riskejä ilmenee, on tapauskohtaisesti kehitettävä ja toteutettava tehokkaita ratkaisuja, joilla viivästyksset minimoidaan ja projektin aikataulu saadaan takaisin hallintaan. Tavoitteena on varmistaa, että laivan luovutusajankohta saavutetaan suunnitelmien mukaisesti. (Holmström, 2000, s. 39-26.)

Varusteluvaiheen erityispiirteinä on se, että riskien todennäköisyys kasvaa valmiusasteen noustessa. Samaan aikaan mahdolliset ongelmat ja viivästyksset aiheuttavat entistä suurempia kustannus- ja seurannaisvaikutuksia, jotka voivat kasvaa lähes eksponentiaalisesti projektin edetessä. Tämä johtuu siitä, että korjaustoimenpiteet myöhäisessä vaiheessa vaativat usein monimutkaisia ja aikaa vieviä toimenpiteitä. Riskialttiin vaiheen huippu ajoittuu tyypillisesti noin kuukautta ennen luovutusta, jolloin projektin kriittisyys on korkeimmillaan. (Holmström, 2000, s. 39-26.)

Resurssien hallinnan avulla varmistetaan, että tarvittavat resurssit, kuten materiaalit ovat käytettävissä oikeaan aikaan, oikeassa paikassa. Tällä varmistetaan myös, että resursseja on saatavilla riittävästi koko projektin aikana, samalla, kun niitä käytetään tehokkaasti. Resurssien hallinta tukee myös aikataulun hallintaa, koska suunnitellut toimenpiteet vaativat sekä aikaa, että resursseja. (Artto ym., 2008, s. 37.) Komponenttien ja raaka-aineiden hankinnan hallinta ja aikataulutus ovat merkittäviä, sillä tavarantoimittajien mahdollisesti

pitkä välimatka tai pitkä toimitusaika voi tuoda projektiin merkittäviä haasteita (Pelkonen, 2021, s. 23).

5.2 Projektin toteutus

Projektin toteutusvaiheessa hankitaan rakentamiseen tarvittavat resurssit, kuten materiaalit ja aletaan toteuttaa osaprojekteja projektisuunnitelman mukaisesti. Toteutusvaiheeseen kuuluu resurssien ohjaaminen aikataulullisesti järkevään paikkaan ja osaprojektien toteutuksen etenemisestä tarvittava raportointi. (Artto ym., 2006, s. 49.)

Projektin etenemisen lisäksi toteutusvaiheessa seurataan ja raportoidaan projektin kustannuksia. Raportoinnin tarkoitus on keskittyä ennakoivaan poikkeama- ja vertailuraportointiin, jonka avulla pystytään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa paljastamaan mahdolliset poikkeamat suunnitelmiin, jotta korjaaviin toimiin voidaan ryhtyä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Oikeanlaisen raportoinnin ja viestinnän lisäksi selkeä muutoksenthallintaprosessi on projektin toteutuksen onnistumisen kannalta avainasemassa. (Artto ym., 2006, s. 49-50.)

Työt etenevät yleensä sujuvasti, kun käytettävissä on selkeät piirustukset, tarvittavat materiaalit ja riittävästi työvoimaa. Työnohjausta hallitaan yleensä työtuntien, aikataulujen ja materiaalien hallinnan avulla. Aikataulut ja työtuntiarviot on sidottu yhteen, mikä tarkoittaa, että myös työvoimatarpeet ja aikataulut ovat tiiviisti yhteydessä toisiinsa. Kun työn etenemistä raportoidaan sekä käytetyt tunnit että valmiusasete, saadaan rakennettavasta laivasta jatkuvasti tarkentuva arvio jäljellä olevista tunneista ja vastaava työvoimatarve. Tämä ennuste mahdollistaa sen, että mahdolliset resurssivajeet voidaan ratkaista nopeasti esimerkiksi alihankintojen avulla. (Taiminen, 2000, s. 30-13.)

5.3 Viestintä

Projektitoiminnan kannalta viestintä on keskeistä, koska se mahdollistaa tiedon jakamisen projektin jäsenten kesken ja tätä kautta tukee työn sujuvuutta. Projektitoiminnassa viestintä voidaan jakaa suoraan vuorovaikutukseen ja välitettyyn viestintään. Suoraan vuorovaikutukseen kuuluvat esimerkiksi suulliset työohjeet, kokoukset ja satunnaiset tapaamiset henkilöiden välillä. Välitettyyn viestintään sen sijaan sisältyvät erilaiset sähköiset dokumentit, kuten kirjalliset työohjeet, raportit, muistiot ja sähköpostit. (Ruuska, 2012, s. 157-158.)

Viestintä eri osapuolten välillä on välttämätöntä projektin onnistumisen kannalta. Sen avulla voidaan saavuttaa tehokkaampi toimintatapa esimerkiksi odottamattomien tilanteiden varalta. Hyvä viestintä tulisi olla osa päivittäistä toimintaa, sillä sen avulla voidaan vähentää väärinkäsityksiä ja epäselviä rooliodotuksia, mikä puolestaan parantaa yhteistyön sujuvuutta molempien osapuolten näkökulmasta. (Hyvönen, 1993, s. 447.)

Viestintäkanavan valinta on aina harkittava tarkkaan, sillä viestit voivat vääristyä matkalla. Myös tunteet vaikuttavat siihen, miten viesti ymmärretään tai miten se muotoillaan. Tärkeitä asioita, kuten tilanteita, joissa viestiin tarvitaan nopeaa reagointia ei tulisi koskaan jättää pelkästään sähköpostin varaan. Tällaisissa tapauksissa suoran vuorovaikutuksen viestintä on paras tapa, jolloin viestiin saadaan välitön palaute. (Ruuska, 2012, s. 97.)

5.4 Sidosryhmät

Projektin sidosryhmät koostuvat yksilöistä, ryhmistä tai organisaatioista, joilla on vaikutusta projektiin tai joihin projekti voi itse vaikuttaa. Sidosryhmät voivat olla joko suoraan tai epäsuorasti yhteydessä projektiin tai sen tuloksena syntyvään tuotteeseen. Heillä voi olla mahdollisuus vaikuttaa projektin lopputulokseen joko suoraan tai välillisesti. (Artto ym., 2008, s. 41-43.)

Projektissa on tärkeää tunnistaa sidosryhmät, sekä niiden tarpeet ja odotukset. Tällä tavoin voidaan hallita odotuksia ja edistää niiden täyttymistä, mikä tukee

projektin onnistumista. Jos jokin sidosryhmistä jää huomiotta, se voi aiheuttaa riskejä, jotka voivat myöhemmin hidastaa projektin etenemistä. Sidostyhmien monimuotoisuus vaikeuttaa erilaisten odotusten ja vaatimusten hallintaa. Projektin alkuvaiheessa on erityisen tärkeää muodostaa yhteinen käsitys päämäärästä. Yleensä etusijalla ovat asiakkaiden ja rahoittajien tarpeet ja odotukset. (Artto ym., 2008, s. 41-43.)

Sidosryhmäsuhteista kannattaa huolehtia koko projektin ajan. Samat sidosryhmät voivat olla tärkeitä myös tulevaisuissa projekteissa, joten yhden projektin aikana syntynyt luottamus ja kertyneet kokemukset voivat olla erityisen hyödyllisiä seuraavia projekteja ajatellen. Tulevaisuissa projekteissa voidaan esimerkiksi vähentää valmistelutyön määrää, kun osapuolet ovat jo entuudestaan tuttuja. (Artto ym., 2008, s. 46.)

6 MUUTOKSENHALLINTA

”Muutoksen voi tiivistää muotoon: Siirrytään jostain tilasta toiseen, joko hallitusti tai hallitsemattomasti” (Saali, 2022).

Muutoksenhallinnalla tarkoitetaan yrityksen sisällä luotua toimintaohjetta ja toimintatapaa, jonka mukaan muutostarpeen ilmaantuessa, sen edellyttämä toiminta on suunniteltua sekä hallittua. Muutoksenhallinta pitää sisällään muutoksenhallintaprosessin. (Korhonen, 2022, s. 11.)

Muutoksenhallintaprosessin ensisijaisena tavoitteena on vähentää projektin aikana tapahtuvista muutoksista aiheutuvia vaikutuksia mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämän prosessin avulla pyritään tunnistamaan ja hallitsemaan muutosten vaikutukset niin, että ne eivät häiritse projektin etenemistä tai lopputuloksen laatua. Kun muutoksenhallintaprosessi toimii hyvin, se luo perustan myös tulevaisuuden muutosten ennakoimiselle ja huomioimiselle, erityisesti silloin, kun kyseessä on laivanrakennus, jossa vastaavia ratkaisuja

käytetään myöhemmissä sisäluksissa. Tällöin voidaan varmistaa, että projektin aikana tehdyt muutokset dokumentoidaan ja analysoidaan huolellisesti, jotta niitä voidaan hyödyntää tulevissa rakennusprojekteissa, joka puolestaan parantaa jatkuvuutta ja tehokkuutta pitkällä aikavälillä. (Laivanrakennus oppilaitos, 2024.)

6.1 Muutoksenhallinnan tärkeys

Muutostarpeen ilmaantuessa muutos tulee arvioida, jonka jälkeen käytäntöä voidaan soveltaa tilanteen mukaan. Jokainen muutos kuluttaa organisaation voimavaroja (aikaa, rahaa ja muita resursseja). Tästä johtuen jokainen muutos tulisi toteuttaa mahdollisimman napakasti (Saali, 2022.) Muutostarve voi syntyä projektin suunnittelusta, tuotannosta tai asiakkaan pyynnöstä, esimerkiksi virheestä, viereisen komponentin muutoksesta, jonka johdosta myös toista komponenttia tai rakennetta joudutaan muuttamaan. Muutospyyntö voi nousta esiin myös virallisten tarkastusten yhteydessä luokituslaitoksen tai asiakkaan pyynnöstä. (Laivanrakennus oppilaitos, 2024.)

Kun projektille on määritelty aikataulu, sen pitävyyttä tulee valvoa. Aikataulun valvonta pitää sisällään kaikkien muutosten hallinnan, joilla saattaa olla vaikutusta koko projektin aikatauluun. (Baca, 2005, s. 8.) Kun esimerkiksi projektin suunnittelusta vastaavalle taholle saapuu niin sanottuja myöhäisiä tietoja, ovat ne usein kriittisiä. Tällaisten päivitettyjen tietojen toimittaminen muutosta koskeville sidosryhmille on ensiarvoisen tärkeää, sillä mitä aikaisemmassa rakennusvaiheessa muutos pystytään toteuttamaan, sitä suuremmalla todennäköisyydellä voidaan säästää koko projektin resursseja. (Fjäder, 2024, s. 11.) Muutoshallintaprosessin yksi tärkeimmistä tavoitteista on kerätä tietoa, mikä on johtanut muutostarpeen syntymiseen ja kuinka vastaavat tilanteet pystyttäisiin välttämään tulevaisuudessa (Arain & Low, 2009. s. 44).

6.2 Muutoksenhallinta käytännössä

Muutoksenhallinnassa voidaan katsoa olevan kolme eri elementtiä, joista ensimmäinen käsittelee auktoriteettitasoa muutosten hyväksymisissä ja hylkäämisissä. Muutostarvetta käsiteltäessä tulee varmistaa, että muutoksen hyväksyjällä on riittävät valtuudet muutoksen toimeenpanon hyväksymiseen tai hylkäämiseen. Toinen tärkeä osatekijä on luoda ja varmistaa hyvää muutoksenhallintaa edistävä toimintaympäristö, joka tarkoittaa esimerkiksi hyvää kommunikaatiota koko projektitiimin kesken, jotta voidaan asettaa odotukset, miten muutokset tullaan käsittelemään. Kolmas osatekijä käsittää järjestelmän perustamisen, jonka avulla pystytään määrittämään muutospyyntöjä, hyväksymään ja hylkäämään pyydetyt muutokset ja seuraamaan muutoksen toteutumista. Järjestelmän tulisi olla riittävän kattava, jotta sitä pystyttäisiin myöhemmin kehittämään ja sitä pystyttäisiin käyttämään myös tilanteissa, joissa ei olla toimittu yrityksen muutoshallintaprosessin mukaisesti. (Baca, 2005, s. 2.)

Jokaisen työntekijän velvollisuus on, havaitessaan poikkeaman tuotteessa tai epäillessään tilannetta, joka saattaa vaikuttaa negatiivisesti tuotteen laatuun, luotettavuuteen tai turvallisuuteen, toimia aktiivisesti sen varmistamiseksi, että asia tuodaan viipymättä esille ja korjataan. Tämä tarkoittaa, että poikkeamat on ilmoitettava ensisijaisesti sille henkilölle, joka on vastuussa kyseisestä työvaiheesta ja joka voi käynnistää tarvittavat korjaavat toimenpiteet. Samalla poikkeama on dokumentoitava kirjallisesti. Tämä menettely ei ainoastaan auta ratkaisemaan yksittäisiä ongelmia, vaan myös tunnistamaan prosessin mahdolliset heikkoudet ja ongelma-alueet. Kirjatut havainnot toimivat tärkeänä pohjana laajempien kehitystoimien suunnittelulle ja toteutukselle, minkä avulla toimintatapoja voidaan parantaa ja estää vastaavien poikkeamien toistuminen tulevaisuudessa. (Holmström, 2000, s. 39-21.)

Muutos projekteissa on usein väistämätöntä ja useimmat meistä ajattelevat sen tuovan ongelmia tai muita kielteisiä seurauksia, mutta muutoksesta voi seurata myös hyviä asioita. Muutoksen voidaan sanoa olevat yksi niistä vält-

tämättömistä asioista, joita projektitoiminnassa tulee hallita, jotta tuotteet voidaan toimittaa ajallaan, budjetissa ja laadulla, joka on yhdessä määritelty asiakkaan kanssa. (Baca, 2005, s. 1-3.)

6.3 Viestintä muutosprosessissa

Saali (2022) korostaa, että onnistuneen muutoksen keskeisenä edellytyksenä toimii viestintä. Muutostarpeen ilmaantuessa on välittömästi aloitettava viestintä kohderyhmiin, joita muutos koskee.

Muutosta tulee johtaa ja siitä pitää viestiä kaikkia sidosryhmiä. Jokaisen sidosryhmän on olennaista ymmärtää mikä muuttuu, muutoksen johtaneet syyt, milloin muutostyö aloitetaan, kuinka muutos toteutetaan, ketkä muutoksen toteuttavat, millaisia vaikutuksia sillä on muihin sidosryhmiin ja mihin muihin asioihin muutos voi mahdollisesti vaikuttaa. (Saali, 2022.) Muutosta voi olla vaikea lähteä toteuttamaan, ennen kuin sen parissa työskentelevät henkilöt ymmärtävät, miksi muutos on tarpeellinen (Repo ym., 2015, s. 4). Yksi syy muutosvastarintaan voi olla, että muutosta toteuttavat henkilöt eivät näe, millaisia vaikutuksia muutoksella voi olla tulevaisuuteen (Ketonen, 2018, s. 8).

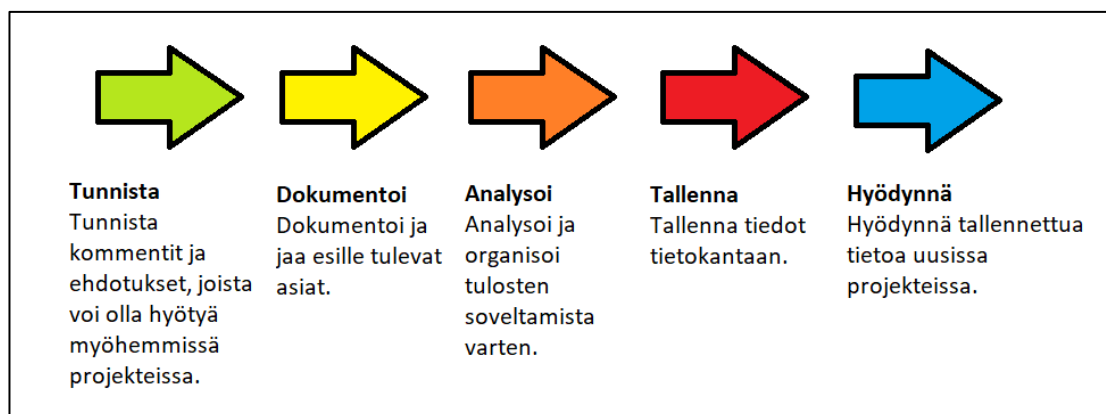
Muutosprosessin onnistuminen vaatii aikaa. Sitä tulee varata riittävästi muutoksen suunnitteluun, muutoksesta viestimiseen ja lopulta muutoksen toteutukseen. Suunnitteluvaiheeseen ei tule kuitenkaan käyttää liikaa aikaa, koska useasti nopeasti toteutetut muutokset aiheuttavat vähemmän muutosvastarintaa. (Ketonen, 2008, s. 9.)

Myös uusien työntekijöiden ja sidosryhmien kouluttaminen muutosprosessin kulkuun kyseisessä organisaatiossa on tärkeää, jotta he osaavat toimia oikealla tavalla mahdollisen muutosprosessin käynnistyessä. Lisäksi muutoksen tarpeellisuudesta on hyvä osata neuvotella eri osapuolien kanssa, jotta jokaisella olisi mahdollisimman hyvä ymmärrys siitä, miten ja mihin muutos kohdistuu, mitkä ovat sen toteuttamisen vaikutukset kullekin sidostyhmälle ja mitä muutoksen toteuttaminen vaatii. (Baca, 2005, s. 16-18.)

6.4 Muutoksesta opitut asiat (lessons learned)

”Lessons learned” viittaa yleensä tietoon ja ymmärrykseen, joka on kertynyt aiemmista projekteista tai hankkeista saadun kokemuksen myötä. Kokemukset voivat olla joko positiivisia tai negatiivisia, mutta niiden tulee olla olennaisia ja vaikuttavia projektin kannalta. Hyväksytyt palautteet lisätään osaksi suunnitelmia ja toimintatapoja. (Jyväkorpi, 2021, s. 37.)

Oppien omaksumiselle on useita erilaisia tapoja ja tekniikoita. Lessons learned tarkoittaa dokumentoitua tietoa, joka heijastaa sekä myönteisiä että kielteisiä kokemuksia projektista. Tämä käytäntö osoittaa organisaation sitoutumisen laadukkaaseen projektinhallintaan ja tarjoaa projektipäällikölle mahdollisuuden oppia myös muiden kokemuksista. Organisaatiot hyödyntävät oppeja eri tasoilla: osa ei kerää opittua tietoa systemaattisesti prosessin puuttuessa, kun taas toiset saattavat kerätä tietoa, mutta eivät analysoi sitä säännöllisesti. Joissain organisaatioissa projektien opit käydään kyllä läpi, mutta mittareita kokemusten analysoimiseksi, kuten avainsanojen esiintymistiheyksien seuraamiseksi onnistuneessa tai epäonnistuneessa projektissa, saattaa puuttua, mikä rajoittaa johtopäätösten tekemistä. (Rowe, 2008.)



Kuva 2. Projektin oppimisprosessi (Rowe 2008).

Projektista opittujen asioiden kirjaamista ei tarvitse lykätä projektin loppuun asti. Projektin tärkeys ja monimutkaisuus voivat osoittaa sopivampia hetkiä oppien dokumentoimiseen. Tällainen hetki voi olla esimerkiksi jonkin tietyn vaiheen päättymisen projektissa. Oppeja voidaan myös kirjata heti, kun sellainen

syntyy. Jos odotetaan projektin päättymistä ennen oppien dokumentoimista, tärkeät oivallukset voivat jäädä kirjaamatta. Ajan kuluessa projektin parissa työskentelevät jäsenet saattavat unohtaa oppimiaan asioita, tai aikaisemmissa vaiheissa mukana olleet henkilöt eivät välttämättä ole paikalla enää projektin loppuvaiheessa. Rakenteellinen ohjaus ja asianmukaiset työkalut auttavat tunnistamaan ja kirjaamaan merkityksellisiä oppeja tehokkaammin. (Rowe, 2008.)

Lessons learned –tietokanta mahdollistaa projektin parissa työskenteleville tiimeille oppien hyödyntämisen aikaisemmista vastaavanlaisista projekteista. Jotta oppien löytäminen olisi helppoa, tiedot tulee tallentaa selkeästi ja helposti haettavaan muotoon. Yhtenäinen opitun tiedon tallentamisen malli helpottaa toistuvien ongelmien tunnistamista ja mahdollistaa ennaltaehkäisevien ratkaisujen toimeenpanoa jo projektin varhaisissa vaiheissa. Lomake, johon opittu tieto voidaan syöttää, on yksi hyvä työkalu tässä prosessissa, sillä se auttaa keräämään tietoa johdonmukaisesti ja helpottaa tämän tiedon myöhempää hakua. Tällaisessa lomakkeessa olisi hyvä olla ennalta sovitut kentät, kuten kategoria, opitut asiat, toteutetut toimenpiteet, perustelut tehdyille toimenpiteille, ongelman juurisyyt ja avainsanat. Avainsanojen lisääminen on erityisen tärkeää, koska ne helpottavat tietojen löytymistä ja ne ovat keskeisiä oppien hyödyntämisessä. (Prichard, 1997, s. 94.)

Työntekijät, joilla on pääsy aiemmin opittuihin asioihin, on mahdollisuus kehittää itseään sekä organisaation sisällä, että ulkopuolella. Ilman pääsyä organisaatiossa aiempiin opittuihin tietoihin, työntekijän itsensä kehittämien projektitoiminnassa on lähes mahdotonta. Monissa organisaatioissa työntekijät eivät halua jakaa oppimiaan asioita. Jotkut tiimin jäsenet voivat kokea, että näiden oppien kirjaaminen on tapa selvittää, mikä meni pieleen, jotta organisaatio voi rangaista heitä huonosta työstä. Jos organisaatiossa ajatellaan näin, on vaikea hyödyntää oppeja tehokkaasti. Organisaatio voi kehittyä vain, jos työntekijöille annetaan lupa tehdä virheitä ja oppia niistä. (Pritchard, 1997, s. 91.)

Organisaatiolle ja projektitoiminnalle arvokkaimpia ovat sellaiset opit, jotka liittyvät suoraan jokapäiväiseen työhön, eivätkä ole vain harvinaisia poikkeuksia.

Hyödyllinen oppi on sellainen, jonka lukija tunnistaa käytännölliseksi ja näkee sen omassa työssään sovellettavana. (Pritchard, 1997, s. 92.)

6.4.1 Palaute

”Kysymys voinko antaa palautetta voi herättää samanlaisen reaktion, kuin tunne siitä, että kuulee jonkun nopeat askeleet takanaan yön pimeydessä” (Rock, 2008, s. 3).

Sana palaute herättää monenlaisia mielikuvia ja tunteita. Usein ensimmäisenä mieleen tulevat negatiiviset assosiaatiot, kuten moitteet, häpeä, epäonnistuminen, virheen tekeminen. huuto, vaikeudet tai valitus. Tämä johtuu siitä, että monilla ihmisillä on kielteisiä kokemuksia palautteen saamisesta. (Rock, 2008, s. 3-4.)

Palautteella pyritään vaikuttamaan toisen ihmisen toimintaan. Sen tavoitteena voi olla kannustaa toista jatkamaan hyväksi havaittua toimintaa tai vähentää epätoivottua käytöstä. Palaute voi toimia keinona ohjata henkilöä toimimaan ryhmän yhteisten arvojen mukaisesti. Palautteen avulla voidaan myös auttaa ihmistä tunnistamaan uusia kehittämisalueita ja löytämään keinoja niiden parantamiseksi. Palautteen tarkoituksena on yleensä parantaa keskinäisiä suhteita ja yhteistyötä sekä lisätä ymmärrystä toiminnan vaikutuksista tiimiin ja koko organisaatioon. Tämä antaa mahdollisuuksia onnistumiseen ja organisaation toiminnan kehittämiseen. (Silvennoinen & Tilli, 2017, s. 18-19.)

Palaute voi merkitä eri asioita eri ihmisille. Jotta palaute vaikuttaisi, sen tavoitteena tulisi olla yksilön ja yhteisön kannalta mielekäs ja merkityksellinen toiminta, joka tukee onnistumista. Sekä palautteen antaja, että vastaanottaja tulkitsevat palautetta omista näkökulmistaan, ja vaikka palautteen tarkoitus olisi positiivinen, erilaiset ajatusvääristymät voivat vaikuttaa havaintoihin ja johtopäätöksiin. Esimerkiksi vaikka palautteen antaja pyrki kiittämään ja palkitsemaan, saaja saattaa tulkita palautteen sisällön tai antamistavan perusteella

päinvastaisesti. Jotta palaute olisi rakentavaa, sen tarkoituksen tulee olla selkeä ja linjassa palautteen antajan tavoitteiden kanssa. On myös tärkeää, että sanaton viestintä tukee sanallista ilmaisua. (Silvennoinen & Tilli, 2017, s. 18-19.)

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Haastatteluvastauksista käy ilmi, että laivojen suunnittelussa ja rakentamisessa muutokset ovat yleisiä ja monivaiheisia prosesseja. Niiden syyt ja vaikutukset vaihtelevat projektin vaiheesta ja muutoksen kohteesta riippuen. Erityisesti prototyyppilaivoissa muutoksia esiintyy yleensä enemmän, kuin myöhemmissä sarjan aluksissa. LNG-järjestelmässä yleisesti muutoksia voivat olla yksittäisten komponenttien korjaukset ja vaihdot, vaikka järjestelmän perusperiaatteet säilyvät ennallaan. Muutokset saattavat liittyä esimerkiksi suunnitteluvaiheen puutteisiin, laitevalmistajien ongelmiin tai käyttöönoton aikana havaittuihin parannustarpeisiin.

Suunnittelun, tuotannon ja eri osapuolten välinen yhteistyö on ratkaisevassa roolissa muutosten hallinnassa. Muutosten toteutus voi edellyttää merkittäviä päivityksiä suunnittelu- ja tuotantoprosesseihin ja aikataulut voivat vaikeuttaa muutosten tehokasta toteuttamista.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tehokas suunnittelu, hyvä tiedonkulku ja toimiva muutoksenhallintaprosessi ovat tärkeitä elementtejä laivanrakennusprojekteille. Mitä myöhemmässä vaiheessa muutokset joudutaan tekemään, sitä korkeammaksi muutosten kustannukset nousevat. Tehokkaalla tiedonkullalla pystytään ehkäisemään ylimääräisiä töitä, kustannuksia sekä säästää rakennusaikaa.

Tämän tutkimuksen perusteella on selvästi nähtävissä tarve lisätutkimuksille, jotka keskittyvät erityisesti rakennustapojen ja aikataulujen suunnitteluun sekä

järjestelmätasoiseen suunnittelun laadun ja tarkkuuden kehittämiseen. Aikataulujen osalta tarvitaan syvempää ymmärrystä siitä, miten projektisuunnitteluun voidaan sisällyttää enemmän joustavuutta, jotta odottamattomia muutoksia voidaan hallita tehokkaammin. Lisäksi olisi tärkeää analysoida perusteellisesti, millaisia haasteita projektien päällekkäisyys aiheuttaa ja miten tällaisia ongelmia voitaisiin vähentää.

Tutkimuksen osallistujia oli vain viisi, mikä on melko pieni määrä. Tämän vuoksi tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää laajasti. Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena on kuitenkin tarkastella aihetta osallistujien näkökulmasta ja keskittyä heidän kokemuksilleen antamiin merkityksiin (Juhila, 2024). Haastatteluihin osallistujien määrän kasvattaminen osoittautui haasteelliseksi, koska tutkimuksen tavoitteena oli kerätä tietoa juuri niiltä henkilöiltä, jotka työskentelevät LNG-järjestelmien rakentamisen parissa. Tällä hetkellä näitä henkilöitä työskentelee telakalla hyvin rajallinen määrä, mikä vaikeutti laajemman otoksen hankkimista. Olisi ollut toki mahdollista laajentaa osallistujakuntaa myös henkilöihin, jotka eivät suoraan työskentele LNG-järjestelmien parissa. Tämä olisi voinut lisätä tutkimukseen osallistuvien määrää, mutta samalla olisi ollut riski, että saadut tulokset eivät enää heijastaisi tarkasti kyseisen erityisalueen käytäntöjä ja kokemuksia. Halusin varmistaa tutkimuksen luotettavuuden ja aiheeseen keskittymisen, joten päätin haastatella ainoastaan henkilöitä, joilla on tietoa LNG-järjestelmien rakentamisesta.

Pidän tätä tutkimusta hyödyllisenä sekä toimeksiantajalleni, että itselleni. Yksi keskeinen hyöty toimeksiantajalleni oli se, että muutoksenhallinnan ongelmallisuus nousi esille keskusteluissa ja alkoi herättää pohdintaa haastatteluihin osallistuneiden henkilöiden keskuudessa. Haastatteluissa LNG-järjestelmien parissa työskentelevät asiantuntijat joutuivat tarkastelemaan muutoksenhallintaa syvemmin ja analysoimaan siihen liittyviä haasteita ja mahdollisia kehityskohteita. Tämä voi johtaa siihen, että asia huomioidaan paremmin käytännön työssä tulevaisuudessa, mikä helpottaa toimintaa ja lisää prosessien sujuvuutta.

Omasta näkökulmastani tutkimusprosessi oli erittäin opettavainen ja hyödyllinen tulevaisuuden työelämää ajatellen. Tutkimuksen kirjoittaminen ja haastatteluiden toteuttaminen antoivat minulle uudenlaista ymmärrystä laivanrakennusprojekteista, erityisesti niiden monimutkaisuudesta ja siihen liittyvistä prosesseista, kuten muutoksenhallinnasta. Koen, että tämä laajensi merkittävästi ajatusmaailmaani ja antoi minulle valmiuksia tarkastella projekteja kokonaisvaltaisemmin. Lisäksi opin tunnistamaan ja huomioimaan erilaisia projektinhallintaan ja teknisiin järjestelmiin liittyviä tekijöitä entisistä tarkemmin, mikä tulee varmasti olemaan hyödyksi työelämässäni. Tämä tutkimus ei siis ollut pelkästään akateeminen harjoitus, vaan merkittävä askel ammatillisessa kehittämissäni.

LÄHTEET

Arain, F. & Low, S. (2009). IT-Based Project Change Management System. Nova Science Publishers, Inc.

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. (2008). Projekttiliiketoiminta (2. painos). WSOY, Helsinki.

Baca, C. (2005). Project Manager's Spotlight on Change Management. Neil Edde.

Cameron LNG. (2024). LNG and Liquefaction. Haettu 15.7.2024 osoitteesta <https://cameronlng.com/lng-facility/lng-and-liquefaction/>

Elomaa, N. (2011). Ulkopuolisen työvoiman käyttö. Edita.

Fjäder, J-H. (2024). Runkosuunnittelun muutoshallinta – prosessin luominen globaaliin toimintaympäristöön [YAMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024061022694>

Holmström, J. (2000). Laivanrakennusprosessi - varustelu. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 39-23). Turun ammattikorkeakoulu.

Hyvönen, S. (1993). Perceived Trust in Contractual Channel Dyads: An Exploratory Investigation of Finnish Food Retailers. Helsingin yliopisto.

Häkkinen, K. (2011). Alihankintayhteistyön johtamisesta metalliteollisuudessa. VTT Technical Research Centre of Finland.

Juhila, K. (2024). Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet. Teoksessa J. Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja].

Jyväkörpi, J. (2021). Muutoksen hallinta PK-yrityksen projektitoiminnassa. [YAMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021121425746>

Kanerva, M. (2000). Laivasuunnittelu – päämittojen määrittäminen. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 16-12). Turun ammattikorkeakoulu.

Karikoski, A. (2000). Yleistä - laivatekniikan kehitys ja sitä ohjaavat organisatiot. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 1-15). Turun ammattikorkeakoulu.

Ketonen, A. (2018). Muutosjohtaminen ja muutoksen vaikutus työhyvinvointiin Assistor Oy:ssä [AMK-opinnäytetyö, Laurea ammattikorkeakoulu]. Theseus.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018121221041>

Korhonen, I. (2022). Muutoksenhallintaprosessin kehittäminen perussuunnittelussa – yrityksessä Meyer Oy [AMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022060615733>

Kosola, P. (2000). Laivanrakennusprosessi - perussuunnittelu. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 35-2). Turun ammattikorkeakoulu.

Laine, E. (2018). Monimutkaisen asennuskokoonpanon suunnittelun tuki [AMK-opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu]. Theseus.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018060111932>

Laivanrakennusoppilaitos. (17.9.2024). Muutoshallinta, Varustelu [PowerPoint-dia]. Meyer eClass.

Linde plc. (2024). Kryogeenisten nesteiden turvaohjeet. Haettu 11.7.2024 osoitteesta https://www.linde-gas.fi/fi/safety_health_ren/cryogenic_liquid_safety/index.html

MV Estonian onnettomuuden kansainvälinen tutkintakomissio. (2000). Loppuraportti Itämerellä 28.9.1994 tapahtuneen matkustaja-autolautan kaatumisen tutkinnasta MV Estonia. Viron, Ruotsin ja Suomen hallitusten asettama kansainvälinen tutkintakomissio.

Meyer Turku Oy. (2024). Turun telakka. Haettu 27.08.2024 osoitteesta <https://www.meyerturku.fi/fi/index.jsp>

Mokhatab, S., Mak, J., Valappil, J., Wood, D. (2013). Handbook of Liquefied Natural Gas. Gulf Professional Publishing.

Pelkonen, J. (2021). Toiminnansuunnittelu ja –ohjaus projektiliiketoiminnassa [kandidaatintyö, LUT-yliopisto]. LUTPub.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021060333502>

Pritchard, C. (29.9.-1.10.1997). Lessons Learned in the Twenty-First Century: Haven't We Been Here Before? Project Management Institute Annual Seminars & Symposium.

Pääkkönen, T. & Haapalainen, M. (2008). Laivaputkiasentajan oppikirja. Ammatillinen väylä Itämerellä.

Repo, S., Ravantti, E., Pääkkönen, R. (2015). Johda tuottavasti – opas työhyvinvoinnin ja tuottavuuden lisäämiseksi esimiestyön keinoin. Työterveyslaitos.

Rock, D. (2008). SCARF: a brain-based model for collaborating with and influencing others. NeuroLeadershipJOURNAL Issue one 2008. <https://school-guide.casel.org/uploads/sites/2/2018/12/SCARF-NeuroleadershipArticle.pdf>

Rotrich, C-G. (2000). Laivanrakennusprosessi – alihankinta ja ostot. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 40-18). Turun ammattikorkeakoulu.

Rowe, S. (2008). Applying lessons learned. Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/library/lessons-learned-project-implementation-7062>

Ruuska, K. (2012). Pidä projekti hallinnassa: suunnittelu, menetelmät, vuorovaikutus. Talentum.

Saali, J. (03.01.2022). Näin luot toimivan muutoksenhallinnan prosessin. <https://www.arter.fi/nain-luot-toimivan-muutoksenhallinnan-prosessin/>

Silvennoinen, M. & Tilli, A-M. (2017). Palautemestari. Markku Silvennoinen.

Suominen, J. (2000). Laivanrakennusprosessi - suunnittelujärjestelmät. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 38-13). Turun ammattikorkeakoulu.

Taiminen, P. (2000). Laivanrakennusprosessi – telakkatekniikan perusteet. Teoksessa P. Räisänen (toim.), Laivatekniikka: modernin laivanrakennuksen käsikirja (s. 30-16). Turun ammattikorkeakoulu.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

U.S. Energy Information Administration. (21.6.2024). Natural gas explained. Haettu 15.7.2024 osoitteesta <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/liquefied-natural-gas.php>

Vaclav, S. (2015). Maakaasu – kohti kestävämpää energiataloutta. Gaudeamus.

Vuori, S. (2020) LNG-järjestelmä risteilyaluksessa – Nesteytetty maakaasu risteilyaluksen polttoaineena [AMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202002092189>