

3D SÄHKÖSUUNNITTELUN KARTOITUS JA KEHITTÄMI-  
NEN RISTEILIJÄALUKSESSA

Meyer Turku Oy

Peltokangas Eelis

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja Automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2022

Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Insinööri AMK

---

<b>Tekijä</b>	Eelis Peltokangas	Vuosi	2022
<b>Ohjaaja(t)</b>	Ins. (YAMK) Kari Kenttä		
<b>Toimeksiantaja</b>	Meyer Turku Jyrki Mäkinen		
<b>Työn nimi</b>	3D-sähkösuunnittelun kartoitus ja kehittäminen		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	38 + 1		

---

Työn tavoitteena käydä läpi Meyer Turun laivoihin liittyviä 3D-sähkösuunnittelu toimenpiteitä ja ohjeistusta. Käsiteltäviä aiheita sähkösuunnittelussa muun muassa sähkölaitteiden sijoittelu ja kaapeliradat. Työssä selvitettiin millaisessa tilanteessa nämä aiheet ovat tällä hetkellä ja olisiko niiden ohjeistuksessa tai prosessissa jotain parannettavaa. Työssä selvitetään tiedonhaulla Meyer Turun dokumenttihanittajärjestelmästä Kronodocista ja suunnittelupuolen työntekijöiden haastatteluilla, onko ohjeistuksessa kehitettävää.

Mikäli tätä työtä ei tehtäisi opinnäytetyönä, Meyer järjestäisi sen teettäväksi sisäisesti. Kartoitetuilla ja päivitettyillä työohjeilla saadaan laivojen suunnittelusta ja sähköistyksestä paljon sujuvampaa ja tehokkaampaa.

Tulokseksi saatiin opinnäytetyö, jossa käydään läpi edellä mainittuja aiheita, kehityskohteita sekä mahdollisia toimenpiteitä. Opinnäytetyö esittää kehitysehdotuksia Meyer Turun 3D-sähkösuunnittelua varten.

Electrical engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Eelis Peltokangas	Year	2022
<b>Supervisor</b>	M. Eng. Kari Kenttä		
<b>Commissioned by</b>	Meyer Turku, Jyrki Mäkinen		
<b>Subject of thesis</b>	Mapping and Development of 3D Design		
<b>Number of pages</b>	38 + 1		

---

The goal of this thesis is to go through the 3D electrical design measures and instructions for Meyer Turku ships. Topics covered in electrical design are e.g., placement of electrical equipment and cable trays. The thesis reviews the current situation of these topics and whether there is anything that could be improved in their instructions or process. The thesis examines whether there is a need for these improvements through interviews with employees on the planning side and with research of Meyers document management system Kronodoc.

If this work were not done as a thesis, Meyer would have arranged for it to be done internally. Mapped and possibly updated work instructions will make the electrical design of ships smoother and more efficient.

The completed result is a thesis, in which the above-mentioned topics, development targets and possible measures are reviewed. The thesis presents development proposals for Meyer Turku's 3D electrical design.

Key words

Electrical design, mapping, instructions

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Toimeksiantajan esittely .....	7
1.2	ENG'nD .....	8
1.3	Rajaukset .....	8
1.4	Telakan ohjelmistot .....	9
1.4.1	Cadmatic 3D .....	9
1.4.2	Autocad .....	9
1.4.3	Kronodoc .....	9
2	OPINNÄYTETYÖN TUTKIMUSMENETELMÄ .....	11
2.1	Tapaustutkimus .....	11
2.2	Dokumenttianalyysi .....	12
2.3	Haastattelut .....	13
2.4	Kyselyt .....	14
3	LAIVAN SUUNNITTELUPROSESSI .....	15
3.1	Perussuunnittelu (PES) .....	15
3.2	Valmistussuunnittelu (VAS) .....	17
4	SÄHKÖSUUNNITTELU .....	18
4.1	Sähkösuunnittelun tarkoitus ja tavoitteet .....	18
4.2	3D-mallin hyödyntäminen sähkösuunnittelussa .....	18
4.3	3D-suunnittelu perussuunnittelussa .....	20
4.4	3D suunnittelu valmistussuunnittelussa .....	20
4.5	Laitteiden sijoittaminen 3D malliin .....	21
4.6	3D-sijoitteluohjeistus ja ongelmat .....	22
4.7	3D reititys .....	23
4.8	3D reitityksen ohjeistus .....	24
4.9	3D reitityksen ongelmat .....	25
5	SIIRTO 2D KUVISTA 3D KUVIIN .....	26
5.1	Siirtoprosessi .....	26
5.2	Tarkistusprosessi .....	27
5.3	2D- suunnittelusta luopuminen .....	28
6	KEHITYSEHDOTUKSET .....	29

---

6.1	Toimenpiteiden vaikutus .....	29
6.2	Perehdytykset ja ohjeistukset .....	30
6.3	Cadmatic AutoCadin sijasta.....	32
6.4	Vastuualueet ja uudet työtavat.....	33
7	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET .....	38

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Kronodoc	Dokumenttienhallintajärjestelmä
CADS	Suunnitteluohjelmisto
PES	Perussuunnittelu, Laivanrakennussopimuksen jälkeen tehtävää suunnittelua, jonka tuotoksena syntyy aineisto valmistussuunnittelulle
GA	General Arrangement drawing (yleiskuva)
VAS	Valmistussuunnittelu, Perussuunnittelun jälkeistä suunnittelua, jonka tehtävänä on tuottaa valmistusaineisto tuotannolle (VAS)

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja kehittää sähkösuunnittelutoimenpiteitä- ja ohjeistusta Meyer Turku Oy:ssä. Sähkösuunnitteluun telakalla kuuluu laivojen sähkölaitteiden sijoittelu ja kaapeliratojen reititykset. Työssä käsitellään ohjeistuksen nykyistä tilannetta ja kehityskohteita. Samalla perehdytään mahdollisiin ratkaisuihin ongelmien korjaamiseksi.

Lisäksi Meyer Turussa haluttaisiin lisätä 3D-suunnittelun osuutta sähkösuunnittelussa. Telakalla on käytetty hyvin paljon kaksiulotteisia kuvia suunnittelusta, jotka haluttaisiin mahdollisesti vaihtaa 3D-kuviin kokonaan. Opinnäytetyössä käsitellään mitä edellytyksiä vaihto 2D-kuvista 3D-kuviin olisi, ja mitä hyötyjä tällä saavutettaisiin

Edellä mainituilla selvityksillä on tarkoitus luoda toimeksiantajalle tarkka kuvaus sähkösuunnittelun ohjeistuksen tämänhetkisestä tilanteesta ja kehittymisestä.

### 1.1 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyössä toimeksiantajana toimi Meyer Turku Oy. Meyer on yksi Euroopan suurimmista laivanrakennusyhtiöistä. Meyer Turku Oy on erikoistunut risteilyalusten, autolauttojen ja erikoisalusten rakentamiseen. Meyer on saksalaisen Meyerin perheen omistama. Telakalla on kaksi saksalaista sisartelakkaa: Meyer Werft Papenburgissa ja Neptun Werft Rostockissa. Meyer Turulla on kolme tytäryhtiötä, joihin kuuluvat Piikkiössä sijaitseva hyttitehdas Piikkio Works Oy, laivojen yleisten tilojen kokonaistoimitukseen erikoistunut Shipbuilding Completion Oy sekä laivanrakennus- ja offshore-alan suunnitteluyritys ENG´nD Oy. Meyer Turulle työskentelee tällä hetkellä yli 2000 työntekijää. Meyer Turussa rakennetaan risteilyaluksia, matkustaja-autolauttoja sekä muita erikoisaluksia (Kuva 1). Yritys on melkein 300 toimintavuotensa aikana rakentanut yli 1300 alusta. (Meyer Turku 2022.) Meyer Turku Oy:llä oli liikevaihtoa 1 miljardia euroa vuonna 2020 ja se työllisti 2067 henkilöä (Asiakastieto 2022.)



Kuva 1 Meyer Turku Oy telakka (Meyer Turku Oy 2022, valokuva-arkisto)

## 1.2 ENG'nD

Technology Design and Engineering Eng'nD Oy. Meyer Oy:n tytäryhtiö. ENG on tekninen suunnittelu-yhtiö, joka sijaitsee Raumalla. ENG perustettiin 2009. ENG'nD tekee suunnittelupalveluita laivanrakennus- ja offshore-rakennustöissä. Laivanrakennustyöt keskittyvät risteilijöihin, lauttoihin ja muihin laivaprojekteihin. ENG'nD Oy tuottaa myös suunnittelupalveluita teollisuuden prosessilaitoksille. (Technology Design and Engineering Eng'nD Oy 2022.)

## 1.3 Rajaukset

Opinnäytetyö rajataan koskemaan Meyer Turun sähkösuunnittelun ohjeistusta ja toimintatapoja. Ohjeistuksessa käsitellään ohjeistuksen määrää, löydettävyyttä ja laatua. Sähkösuunnittelussa keskitytään 3D-suunnitteluun, toimintatapoihin ja edellytyksiin.



## 1.4 Telakan ohjelmistot

Telakalla käytetään paljon eri ohjelmia suunnittelussa. Seuraavissa luvuissa on lyhyt selostus yleisimmistä ohjelmista, joita suunnittelutyössä käytetään.

### 1.4.1 Cadmatic 3D

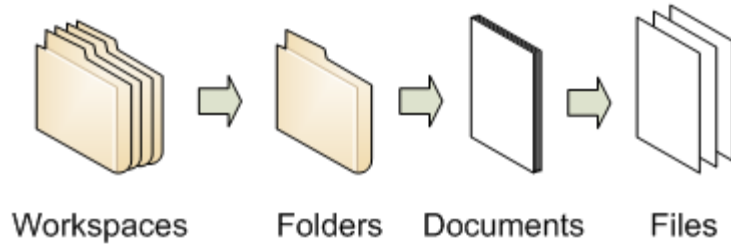
Cadmatic 3D -ohjelmistoa käytetään niin tehdassuunnittelussa kuin laiva- ja offshore -suunnittelussakin. Cadmatic on hyvin monipuolinen ohjelma, joten se soveltuu molempiin aloihin. Ohjelman korkealaatuinen ja tarkka tuotetieto mahdollistaa lohkojen tehokkaamman esivalmistuksen ja -varustelun, joten kokoonpano ja rakentaminen onnistuu sen avulla nopeasti. Suunnittelutyökalut säästävät aikaa runko- ja varustesuunnittelussa sekä rakentamisessa. CadMatic-ohjelmistot voidaan sovittaa osaksi asiakkaan suunnitteluprosessia, jolloin niiden mukautuvuus, laatu ja tuotantotietojen käsittely helpottuvat. Monet laivanrakennus- ja offshore-teollisuudessa aktiivisesti toimivat telakat, suunnittelutoimistot ja alihankkijat käyttävät CadMatic-ohjelmistoja. (Cadmatic 2022.)

### 1.4.2 AutoCad

AutoCad on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmistoista. Ohjelmisto käyttää dwg-tiedostotyyppisiä jotka ovat suunnittelualalla hyvin yleisiä ja ovat valta-ase-massa 2D-suunnittelussa. AutoCadia käytetään paljon arkkitehtuurissa, konepajateollisuudessa ja sähkösuunnittelussa. (Autodesk 2022.)

### 1.4.3 Kronodoc

Kronodoc on Meyer Turun käyttämä dokumenttienhallintajärjestelmä, jossa säilytetään yrityksen dokumentteja esimerkiksi eri laivaprojekteista. Kronodoc on suunniteltu tiedostojen ja niiden metadatan hallintaan ja arkistointiin. Kronodocissa tiedosto lajitellaan neljälle eri tasolle, joita ovat Workspaces, Folders, Documents ja Files. (BlueCielo 2022.)



Kuva 2 Kronodoc-tiedostojen hierarkia. (BlueCielo 2022)

Laivaprojektien alussa sovitaan tilaajan kanssa, mitkä piirustukset (kaaviot, listat tms.) tilaaja haluaa tarkastaa ja hyväksyä. Esimerkiksi Meyerin ICON-projektissa tilaajan hyväksyntään lähetetään pääsääntöisesti perussuunnittelun eli Basic design piirustukset, lisäksi Detail design eli valmistussuunnittelun puolelta lähetetään esimerkiksi GA- ja palokuvia. Osa tilaajalle lähetetyistä kuvista voi lähteä vain tiedoksi ja suurin osa lähetetään hyväksyntään varten. Tilaaja voi kommentoida ja antaa omia huomioitaan hyväksyntään lähetetyille kuville.

Kronodocissa löytyy useita työtiloja (workspaces) joista suurin osa on Meyerin rakentamia risteilylaivoja. Lisäksi työtiloista löytyy yleistä ohjeistusta esimerkiksi suunnittelusta. Tämä ohjeistus löytyy tilasta Meyer Corporate Documents.

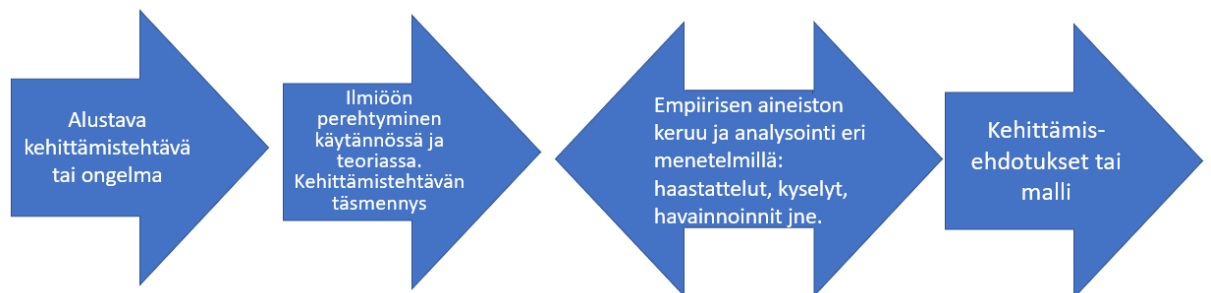
## 2 OPINNÄYTETYÖN TUTKIMUSMENETELMÄ

### 2.1 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus eli case study on yleinen kehittämistyön lähestymistapa, kun halutaan syvällisesti ymmärtää kehittämisen kohdetta ja tuottaa uusia kehittämisehdotuksia. Tutkittava tapaus voi olla esimerkiksi yksilö, ihmisryhmä, organisaatio, tapahtuma, toiminto. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 52.) Tässä opinnäytetyössä tutkitaan sähkösuunnitteluprosessia Meyerin telakalla. Tapaustutkimuksilla tuotetaan tietoa tapahtuvasta ilmiöstä sen todellisessa tilanteessa ja toimintaympäristössä.

Tapaustutkimuksessa pyritään tuottamaan syvällistä ja yksityiskohtaista tietoa tutkittavasta tapauksesta. Opinnäytetyössä tietoa on kerätty dokumenttianalyysillä, haastatteluilla sekä kyselyillä. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 52.)

Selvityksillä on tarkoitus luoda toimeksiantajalle tarkka kuvaus sähkösuunnittelun ohjeistuksen tämänhetkisestä tilanteesta ja mahdollisista kehityskohteista. Samalla myös perehdytään pystyisikö Meyerilla siirtymään enemmän 3D kuvien käyttöön sähkösuunnittelussa.



Kuva 3 Tapaustutkimuksen vaiheet (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014)

## 2.2 Dokumenttianalyysi

Dokumenttianalyysillä tarkoitetaan menetelmää, jossa pyritään tekemään päätelmiä kirjalliseen muotoon saatetusta aineistosta. Dokumentteihin voidaan lukea kaikki tutkittavasta ilmiöstä kirjoitettu, puhuttu tai kuvattu materiaali, jopa esi-  
neistö. Tavoite on analysoida dokumentteja järjestelmällisesti ja luoda sanallinen ja selkeä kuvaus tutkittavasta ja kehitettävästä asiasta. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 136.)

Dokumenttianalyysissä on kaksi keskeistä analyysitapaa: sisällön analyysi ja sisällön erittely. Sisällön analyysi tarkoittaa pyrkimystä kuvata dokumenttien sisältöä sanallisesti, ja sen tavoitteena on etsiä ja tunnistaa tekstin merkityksiä. Sisällön erittelyllä tarkoitetaan dokumenttien analyysiä, jossa kuvataan määrällisesti esimerkiksi numeroin, tekstin sisältöä. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 136.)

Opinnäytetyössä käytetään sisällön analyysiä käsitellessä ohjeistusta Meyerin tietokannassa Kronodocissa. Kronodoc on telakan dokumenttienhallintajärjestelmä. Kronodocissa jokaisella laivalla on oma kansio. Kansioissa säilytetään kaikki mahdolliset laivaprojektiin liittyvät dokumentit. Nämä dokumentit ovat Kronodocissa kirjattuna kortteihin, joiden avulla voidaan seurata asioita kuten dokumentin tämänhetkinen tila, kuka sen on tehnyt ja milloin.

### 2.3 Haastattelut

Haastattelut ovat yksi käytetyimmistä tiedonkeruumenetelmistä tutkimus- ja kehitystyössä. Haastattelut ovat aineistonkeruumenetelmänä käytännöllisiä, kun halutaan korostaa yksilöä tutkimustilanteen subjektina, yksilöä, jolla on mahdollisuus tuoda esille itseään koskevia asioita mahdollisimman vapaasti. Mikäli kehittämiskohde on vähän tutkittu, haastattelulla on mahdollista tuoda esille uusia näkökulmia. Saaduista vastauksista ilmenevät mielipiteet voivat jakautua esimerkiksi ikäluokan, kokemuksen tai työtoimenkuvan mukaan. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 95.)

Haastattelutapoja on useita erilaisia, strukturoituja, puolistrukturoituja ja avoimia haastatteluja. Strukturoidussa haastattelussa kysymysten muodot ja järjestys on jo määritelty ennalta, vain vastaukset jäävät avoimeksi. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset on jo laadittu mutta niiden järjestys voi vaihdella vapaasti. Samoin myös kysymysten muoto voi vielä muuttua haastattelun aikana. Avoin haastattelu on kuin keskustelu, jossa haastattelija ja haastateltava keskustelevat vapaasti haastattelun aiheesta. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 106.)

Tätä opinnäytetyötä varten haastatellut olivat sähköosaston suunnittelijoita ja muita järjestelmä vastaavia insinöörejä. Lisäksi haastateltiin yhtä suunnittelijaa Meyerin sisaryrityksestä ENG'NDilta. Haastatteluja tehtiin yhteensä 8, muutamaa henkilöä haastateltiin kahdesti. Haastatellut ovat vastuussa eri alueista kuten reitityksestä ja laitteiden ja sähkökeskusten sijoittamisesta. Haastattelut olivat puolistrukturoituja, sillä haastateltujen on annettu itse kertoa asioita ja mielipiteitä aiheeseen liittyen, jolloin puheenaihe voi muuttua nopeasti. Haastattelussa on silti keskitytty jo valmiiksi määriteltyihin kysymyksiin.

## 2.4 Kyselyt

Haastatteluista saa kerättyä jonkin verran tutkimustietoa, mutta jotta tulokset olisivat tarpeeksi kattavia tulisi haastatteluja tehdä hyvin monta. Pelkästään muutamman yksittäisen ihmisten mielipiteiden kuunteleminen voi vääristää tuloksia. Yksinkertainen ratkaisu tähän ongelmaan on käyttää kyselyitä.

Kyselyillä voidaan tuottaa laadullista ja määrällistä dataa suurelta määrältä ihmisiä nopeasti. Kyselyjen heikkous kuitenkin on ihmiset saattavat vastata kysymyksiin välipitämättömästi tai kiireellä, kyselyillä ei myöskään saada selville vastaajien taitoja tai kuinka tietoisia he ovat aiheesta. Tämän vuoksi kyselyiden pituus ja ulkoasun selkeys ovat todella tärkeitä. Kyselyt kannattaa suunnitella tarpeeksi lyhyeksi (noin 15–20 min) sekä muotoilla kysymykset niin että vastaaja uskoo, että hänen vastauksillansa on jotain merkitystä. Kyselyssä kannattaa tuoda esille samat asiat kuten haastatteluissa, mutta lyhyemmässä muodossa ja kysymyksin, jotka ovat yksinkertaisempia. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014.)

Opinnäytetyössä käytetyssä kyselyssä on 10 kysymystä, joissa on pyydetty työntekijöiden mielipiteet eri suunnitteluun liittyvistä aiheista. Lisäksi kyselyn alussa vastaajat voivat kertoa, kuinka kauan he ovat työskennelleet Meyerilla. Kyselyn lopussa on mahdollisuus antaa vielä oma mielipide aiheesta yleisesti. Kysymyksiin on saanut vastata niin pitkästi kuin haluaa, mutta lyhyet ja ytimekkäät vastaukset ovat odotettuja.

Kysely oli suunnattu suunnittelijoille ja systeemivastuullisille. Kysely lähetettiin noin 30 ihmiselle. Kysely tehtiin Google Forms-ohjelmalla, jonka kautta vastaaminen onnistuu helposti ja anonyymisti mikäli vastaaja näin haluaa.

### 3 LAIVAN SUUNNITTELUPROSESSI

Laivojen suunnitteluprosessi jaetaan kolmeen eri pääsuunnitteluvaiheeseen. Nämä ovat projektisuunnittelu eli myyntiprojektivaihe, perussuunnittelu (PES) ja valmistussuunnittelu (VAS). Nämä suunnitteluvaiheet kattavat kaikki laivaprojektien suunnittelutyöt, kuten sähkösuunnittelun. (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2017.)



Kuva 4 Laivanrakennusprosessi

#### 3.1 Perussuunnittelu (PES)

Laivasopimusten jälkeen suunnittelu voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen: perussuunnitteluun ja valmistussuunnitteluun. PES ja VAS sisältävät tehtäviä, joiden kesken on olemassa tietoriippuvuuksia. Edellisen tehtävän tulokset palvelevat seuraavien tehtävien lähtöaineistona, ja suunnittelun edetessä tiedot tarkentuvat.

Perussuunnittelu alkaa, kun laivasopimus on tehty ja tämän vaiheen aikana laivan rungon, tilojen, järjestelmien ja yleisjärjestelyn suunnittelu täytyy hyväksyttää viranomaisilla, luokituslaitoksella sekä tilaajalla. Myös tärkeimmät materiaalit ja laitteet tulee hyväksyttää. (Räisänen 2000: 35-1.)

Perussuunnitteluvaihe kestää joitain kuukausia riippuen laivatyyppistä. Perussuunnitteluvaiheessa määritetään myös rakennustapa, lohko- ja aluejako sekä

aikataulu. Lisäksi laaditaan hankintasuunnitelmat ja työpiirustusluettelot sekä tehdään valmistussuunnittelun edellyttämät resurssivaraukset. Perussuunnitteluvaiheen aikana on todella tärkeää, että telakan sisäinen tiedonsiirto kaikkien osastojen välillä toimii jouhevasti. Erityisesti muutosten hallinnat ovat avainasemassa. (Räisänen 2000: 35-1.)

Perussuunnittelun tuotoksena syntyvät hyväksytyt kaaviot, laskelmat, mallitukset, järjestely- ja luokituspiirustukset, käytettävien komponenttien tekniset määritykset sekä tilaukset. Ennen perussuunnitteluvaiheen loppua pidetään suunnittelukatselmus, jossa todennetaan hankintojen, aikataulujen ja järjestelypiirustusten tilanne. Suunnittelukatselmuksessa kirjataan mahdolliset poikkeamat suunnitelmaan nähden – usein joitain asioita on vailla lopullista hyväksyntää tai muuten avoinna. Tällöin on hyvä tunnistaa poikkeamat ja sopia siitä, miten asiat jatkossa käsitellään. (Räisänen 2000: 35-1.)

Perussuunnittelussa määritetään käytettävät koneet, laitteet ja niiden vaatimat putkikoot. Perussuunnitteluvaiheessa määritetään myös rakennustapa, lohko- ja aluejako sekä aikataulu. Perussuunnittelun voidaan katsoa jakautuvan neljään osaan. Nämä ovat tilasuunnittelu, järjestelmäsuunnittelu, rakennesuunnittelu ja muu perussuunnittelu. Perussuunnitteluun kuuluu myös materiaalihankinta, suunnitellulla teknisen käsittelyn vastuu hankinnoissa. Järjestelmäsuunnittelussa määritetään tarvittavat järjestelmät, niiden kuvaus, kapasiteetti, periaatekaaviot sekä toiminta- ja laiteluettelot. Näiden avulla saadaan runkosuunnittelulle lisätietoa, jonka avulla määritetään kuilu- ja reittivaatimukset sekä laitteiden sijoitus- ja painotiedot. (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2018.)



### 3.2 Valmistussuunnittelu (VAS)

Valmistussuunnittelun tarkoituksena on tuottaa hyväksytyin perussuunnitteluaineiston pohjalta telakan ja muiden käytössä olevien tuotantolaitosten tuotantomenetelmiin soveltuva dokumentaatio. Valmistussuunnittelussa pyritään ohjaamaan ja sen omalta osalta määrittämään materiaalit tuotantosuunnitelmien mukaisesti. (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2018.)

Sähkövalmistussuunnittelun suunnitteluasiakirjat ovat pääosin kaapelointi ja kytkentäpiirustuksia. Kaapelilistat ja erilaiset kytkentäkaavio ohjaavat tuotantoa siten, että järjestelmät voidaan toteuttaa suunnitellun mukaisesti laivalla. On mahdollista, että dokumentaatioon tulee muutoksia valmistussuunnittelun aikana sekä jos prosessin aikana tapahtuu tarpeellisia muutoksia. Tämä tarkoittaa, että perussuunnitelman valmistumisen jälkeen projektien isommat aikataulupiirustukset on vielä päivitettävä vastaavasti jälkikäteen. Päivitetyt perussuunnitteluasiakirjat ovat osa valmistussuunnittelun tuotantoa. Muita valmistussuunnittelun tuotoksia ovat työpiirustukset, osaluettelot, laitteiden hankinta ja komponentit, joita ei vielä perussuunnitteluvaiheessa hankittu. (Räisänen 2000, 36-1.)

Sähkövalmistussuunnittelu saa lähtötiedot sähköperussuunnittelun kautta. Tässä vaiheessa sähkölaitteiden paikat on määritelty jo noin metrin tarkkuudella. Sähkön perussuunnitteluun sisältyvät kaaviot ja materiaalit sekä sähköä käyttävät kuluttajat. Näiden tietojen perusteella tehdään mm. kytkentäpiirustukset.

## 4 SÄHKÖSUUNNITTELU

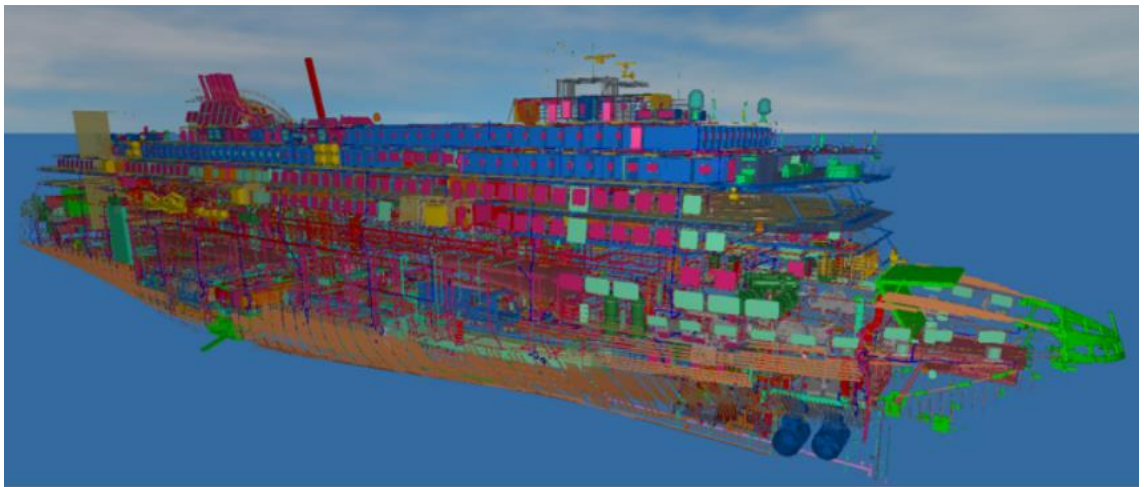
### 4.1 Sähkösuunnittelun tarkoitus ja tavoitteet

Sähkösuunnittelu nimensä mukaisesti käsittää aluksen sähköt. Sähkösuunnittelu on riippuvainen muiden osastojen lähtötiedoista, varsinkin sähkönjakelun osalta. Sähkösuunnittelutyötä tarvitaan, kun laite, järjestelmä, kone, rakennus tai kiinteistö tarvitsee sähköenergiaa toimiakseen. Laitteisiin, laitteistoihin ja järjestelmiin liitetään usein myös tietotekniikan sovelluksia ja tiedonsiirtoa. Sähkösuunnittelu tehtäviin kuuluu käyttäjätarpeiden ymmärtäminen, tarvittavien selvitysten tekeminen, erilaiset tekniset mitoitus- ja järjestelmävalinnat, dokumenttien laatiminen sekä yhteydenpito muihin hankkeen osapuoliin. (Harsia ym. 2004, 9.)

### 4.2 3D-mallin hyödyntäminen sähkösuunnittelussa

3D:n käyttö on hyvin yleistä nykyaikana tietokoneavusteisessa suunnittelussa. Useimmat tuotteet, rakennukset ja laitokset suunnitellaan kokonaan tai edes osittain kolmiulotteisesti. Kolmiulotteinen suunnittelu on piirrepohjaista, parametrista ja adaptiivista. Suunniteltava asia siis kuvataan erilaisilla piirteillä, jotka liittyvät toisiinsa tiettyjen parametrien mukaan. Parametreja muuttamalla muuttuu koko kohde. Adaptiivisessa suunnittelussa tietyt piirteet seuraavat automaattisesti toisiaan ja kohde muuttuu aina jotain piirrettä muuttaessa. 3D-mallin hyödyntämisen tavoitteena on leikata prototyyppikustannuksia tuotannossa, lisätä esivalmistusta ja parantaa materiaalien hallintaa. Lisäksi 3D-suunnittelua käytetään sähkökaapelien reitityksessä. 3D-malleja voidaan käyttää monipuolisten tuotekuvien tuottamiseen ja samalla voidaan sitä käyttää osien yhteensovittamiseen ja rakenteen toimivuuden varmistamiseen. (Tuhola & Viitanen 2008, 13– 16.)

3D-mallinnus on kolmiulotteista tuotteiden suunnittelua. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne fyysiset ja mekaaniset ominaisuudet, jotka kappaleella on todellisuudessa. Kappaleet ovat kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu X-, Y- ja Z-koordinaattiakseleista. Pyöritettäessä kappaletta tai karttaa kolmiulotteisessa avaruudessa tulee ottaa huomioon eri koordinaattiakselien suunnat ja niiden muutokset. 3D suunnittelussa on tärkeää tietää kulmien kiertosuuntien positiivisuus ja negatiivisuus aivan kuin 2D-piirtämisessäkin (Tuhola & Viitanen 2008, 17–18.)



Kuva 5 Laivan 3D malli (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2017)

### 4.3 3D-suunnittelu perussuunnittelussa

Perussuunnitteluvaiheessa varmistetaan, että suunnitelmiin sisältyvät järjestelmät ja komponentit mahtuvat niille varattuihin tiloihin ja reitteihin. Pääpainotus on suurissa järjestelmissä ja komponenteissa, jotka vaativat paljon tilaa. Reititys- ja tilavarauksia tehdään käyttäen telakan standardi komponentti- ja laitemallikirjastoa. Näin luodaan paremmat edellytykset valmistussuunnittelulle aloittaa työt ilman suuria järjestelyihin vaikuttavia muutoksia. Mallinnuksen tarkkuus ei ole samalla tasolla kuin valmistussuunnittelussa. Tarkoitus on varmistaa, että suunnittelu on toteutettavissa ja sopii perussuunnittelun järjestelyihin. Perussuunnittelun jälkeen 3D malli siirtyy valmistussuunnitteluun. (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2018.)

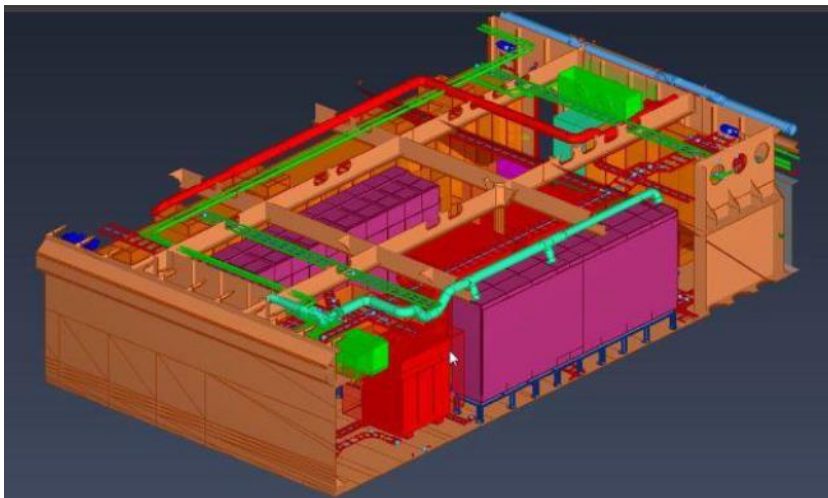
### 4.4 3D suunnittelu valmistussuunnittelussa

Ennen valmistussuunnittelun alkua pidetään 3D-mallin luovutuskokous, jossa käydään läpi mallin nykytila ja tiedossa olevat valmistussuunnitteluun liittyvät ongelmat. Kokoukseen osallistuu ainakin perussuunnittelussa reitityksestä vastaava henkilö sekä valmistussuunnittelun aluevastaa suunnittelija. Tässä kokouksessa sovitaan perussuunnittelussa malliin lisättyjen ja reititettyjen kohteiden omistusoikeuden siirrosta. Valmistussuunnittelu on vastuullinen siitä, että suunnittelutyö perustuu aina viimeisimpään kaavioversioon. (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2018.)

#### 4.5 Laitteiden sijoittaminen 3D malliin

Telakalla laitesijoittelu tehdään 3D-malliin perussuunnitteluvaiheessa. Laitteiden sijoittaminen 3D malliin auttaa havainnollistamaan niiden tilavaatimukset ja suorittamaan törmäystarkastelua. Sähkösuunnitelmien visualisoinnista 3D:nä saadaan havainnollistettua todellista tilannetta paremmin kuin perinteisissä 2D-suunnitelmissa. Protolaivoja tehdessä käytetään aiempaa laivaa referenssipohjana, jotta on saatavilla hahmotelma esimerkiksi koneiden sijainneista. Suurimmalla osalla laitteista kuitenkin toistuu samat sijainnit laivasta laivaan. Tästä laivasuunnittelu prosessi tyypillisesti lähtee liikkeelle, käytetään saman kokoluokan laivaa referenssinä. Laitteiden tarkka sijainta tarkentuu prosessin edetessä, mutta alussa tiedetään jo melko tarkasti, minne laitteistot sijoittuisivat.

Suunnittelija vastaa tallentamastaan aineistosta 3D malliin. Kun työskennellään yhteiseen tietokantaan, suunnittelijan on noudatettava erityistä huolellisuutta, ettei tallenna virheellistä tietoa, mikä voi vaikeuttaa muiden suunnittelua. Ensimmäisistä kaikki komponenttitunnuksen omaavat objektit sijoitetaan 3D-laivamalliin.



Kuva 6 tilajärjestelyä 3D tilassa (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2017)

#### 4.6 3D-sijoitteluohjeistus ja ongelmat

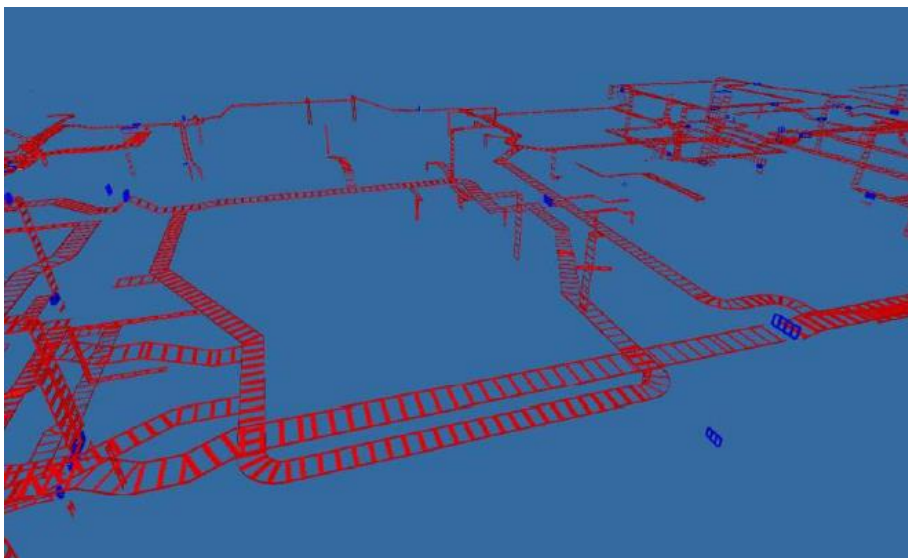
Tällä hetkellä Meyerilla ei ole kunnollista ohjeistusta laitteiden sijoittelusta 3D malliin. Kronodocista löytyy tietoa aiheesta jonkin verran mutta ohjeistus ei keskity toimintatapaan lainkaan. Ohjeistuksessa kerrotaan esimerkiksi mitä vaatimuksia komponenteilla, laitteilla ja reitityksillä on, kun niille luodaan 3D malli tai kuinka laitteiden mittapiirustukset tallennetaan ja miten laitteet mallit luodaan Cadmatic 3D -mallikirjastoon. Ohjeistus on kattavaa mutta varsinainen selkeä prosessin kuvaus puuttuu, jonka vuoksi työntekijät usein oppivatkin työtapoja vain toisiltaan.

Laitteiden sijoittamiselle 3D malliin ei ole yhtä tiettyä tapaa, mutta yleinen tapa Meyerilla on käyttää apuna Excel-taulukkoa. Laivoja suunnitellessa käytetään kaksiulotteisia GA (general arrangement) sijoittelukuvia. GA kuvissa on jokainen laivan kansi esitetty limittäin. Alin kansi, 0 kansi on alimmaisimpana. Kannot on kuvattu ylhäältä päin. Kuvat ovat DWG-tiedostomuodossa ja niitä käsitellään AutoCadilla. GA kuviin sijoitettujen komponenttien tiedot pitää saada Excel-taulukoon, jotta ne voidaan ladata 3D-malliin. Komponenttien sijoittaminen vaatii X, Y ja Z-koordinaatit. Tämä aiheuttaa sijoittamisessa ongelmia, sillä vain 0-kannen Y-koordinaatit ovat oikein ja Z-koordinaatteja ei ole kuvissa lainkaan. Oikean Y-koordinaatin puuttuminen johtuu siitä, että kuvan origo eli koordinaatiston nollapiste löytyy vain alimmasta kannesta. Joten jos siirrytään 0-kannesta ylöspäin, on Y-koordinaatista liikuttu jo liian kauas. Tällä hetkellä ainut tapa saada oikeat Y-koordinaatit oikein on kopioimalla 0- kannen pohjakuvaan. Tämä on kömpelö tapa saada koordinaatteja oikein ja luo ylimääräisiä työtunteja ja alkujaankin kii-  
reisille suunnittelijoille. GA kuvissa ei myös ole komponenttien tarvitsemaa Z-koordinaattia automaattisesti, joten suunnittelijat ovat käyttäneet Exceliä laske-  
maan automaattisesti Z-koordinaatin arvon heidän siirtäessä komponentin koor-  
dinaatit Exceliin.

#### 4.7 3D reititys

3D reitityksen periaatteena on keskittyä eniten vain suuriin kokonaisuuksiin. Suunnittelussa on tärkeää saada tilat toimivaan kokonaisuuksina, joissa riittää tilaa putkiradoille ja johtoteille. Reitityksen aikana tutkitaan isojen laitteiden kuten pääkoneiden, generaattorien ja propulsiomoottorien tilavarauksia. Reititys tehdään yhtä aikaa järjestelmäsuunnittelun kanssa. Alustavissa kaapeliratakaaviossa pyritään mahdollisimman suoraviivaiseen ratasuunnitteluun. Kaapeliradat on suunniteltava pääsääntöisesti paikkoihin, joihin on helppo päästä kuten käytävien katot jne. Läpimeneviä kaapeleita ei saa vetää keittiöihin ja muihin palovaarallisiin paikkoihin. Projektin alussa on varmistettava, että kaapelikuiluille on riittävät tilavaraukset. Kaapeliradat suunnitellaan niin, että kaapeleiden veto ja asennus on mahdollisimman tehokasta, tämän vuoksi suunnittelussa vältetään liian jyrkkiä käännöksi.

Reititys tehdään aluksi 2D ohjelmalla, josta siirrytään vähitellen 3D reititykseen. Suunnittelussa tehdään aluksi pääkuva, josta valitaan leikkaus joka printataan ulos DWG kuvana. Tämän DWG:n päälle piirretään Autocad-ohjelman avulla kaapelointi. Autocad kuvasta luodaan Excel tiedosto, joka voidaan ajaa Cadmaticiin jonka kautta voidaan aloittaa 3D reititys. Lopputuloksen tulisi olla sellainen, että 3D reitityksestä voidaan siirtyä helposti VAS-suunnitteluun. VAS-suunnittelussa suunnitelmat ”hiotaan” tarkemmiksi.



Kuva 7 Pääkaapeliratareittien suunnittelua 3D tilassa (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2018)

## 4.8 3D reitityksen ohjeistus

Meyerilla löytyy sen tietokannasta, Kronodocista kattava ja yksityiskohtaista ohjeistusta kuinka reititys tulisi tehdä laivoissa. Ohjeistus löytyy Kronodocista Ship specific Guidance / Design osastolta nimellä ”Basic rules how to design cabletrays and -ways in areas”. Ohjeistuksessa käydään läpi vaihe vaiheelta, kuinka kaapelireittien 3D suunnittelu suoritetaan Cadmatic ohjelmalla ja miksi asiat tehdään näin. Ohjeistuksesta löytyy paljon havainnollistavia esimerkkikuvia joko Cadmatic ohjelmasta tai oikeita kuvia paikan päältä. Kuviin on merkitty hyymiöillä, mitkä ovat oikeita tapoja toimia ja mitkä vääriä, ohjeiden väärin ymmärtäminen on hyvin epätodennäköistä.

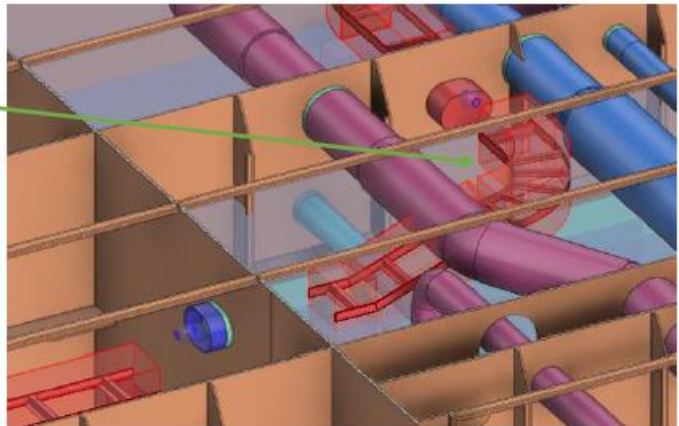
### 3D DESIGN

When re-locating schematic cabletrays with other objects, do not cross space reservation for cables.

Space reservation for cables is shown with dimmed red around tray

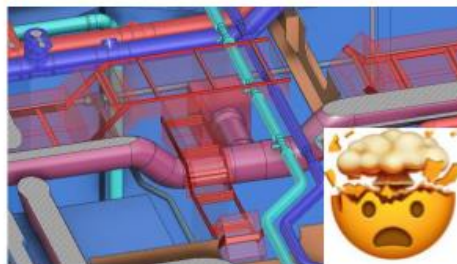
Collision test with other structures must always be performed after design has been completed.

And make a re-design if collisions has been detected.



Kuva 8 3D reitityksen ohjeistus (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2021)

Main cable trays are to be easy accessible (also after installation of all systems, e.g. HVAC ducts/piping systems). NOT like pic below



Why such steep curves in cabletray? They should run as straight as possible and below all other items on area. And it is possible to design it correctly!

Cable bending radius does not allow such a steep corners.

Kuva 9 Esimerkki väärin sijoitetuista pääkaapeliradoista 3D reititys ohjeistuksessa (Meyer Turku Oy suunnitteluosaston dokumentit 2021)



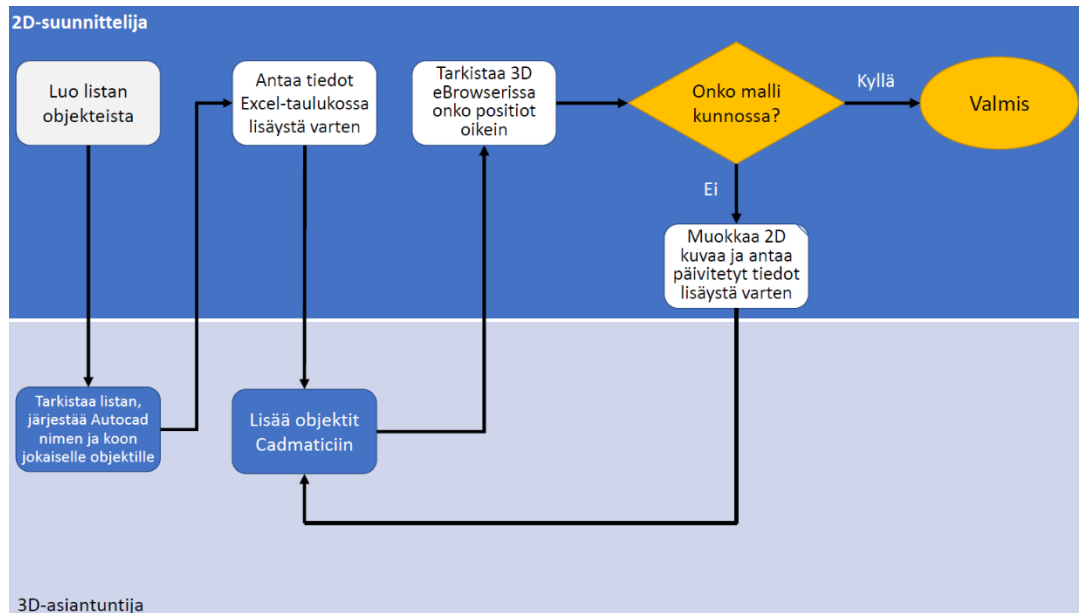
#### 4.9 3D reitityksen ongelmat

Meyerissa on syntynyt ristiriitaa aluesuunnittelijoiden sekä sähkösuunnittelijoiden välillä kaapelihyllyjen suunnittelusta. Kaapelihyllyt suunnitellaan ja piirretään kuviin samaan aikaan kaikkien reititysten kanssa eli myös kanavat ja putket huomioidaan, jotta ne saadaan mahtumaan samoihin reitteihin helposti. Aluesuunnittelijat ovat kuitenkin kieltäytyneet asettamasta kaapelihyllyjä paikoilleen sillä heidän mukaansa kaapelihyllyt kuuluvat sähkösuunnittelijoille. Kaapelihyllyt ovat kuitenkin vain mekaanisia osia ja eivät liity sähköön kovin paljon, niiden tarkoitus on vain pidätellä kaapeleita. Meyerin oma ohjeistus reitittämisestä mainitsee tämän, samassa ohjeistuksessa myös mainitaan kuinka kaapelihyllyt kuuluvat aluesuunnittelijoiden vastuulle. Tällaiset ristiriidat ovat merkki siitä kuinka vähän virallisia ohjeistuksia seurataan ja kuinka Meyerilla saattaa olla kehittämistä vastuualueiden jakamisessa.

## 5 SIIRTO 2D KUVISTA 3D KUVIIN

### 5.1 Siirtoprosessi

Prosessin aloittamiseksi 2D-suunnittelija tarjoaa luettelon objekteista, jotka lisätään Cadmaticiin. 3D asiantuntija tarkistaa Cadmatic kirjaston objektien varalta sekä antaa tietoa objektien Autocad nimistä ja ko'osta. Tämän jälkeen 2D-suunnittelija luo lisäystiedot ".csvsheet"-tiedostoon ja siirtää sen 3D-asiantuntijalle. Kun objektit ovat lisätty 3D malliin, 2D suunnittelija tarkastaa tietojen tarkkuuden 3D-mallissa, eBrowserissa ja tekee muutoksia malliin, mikäli tälle on tarvetta.

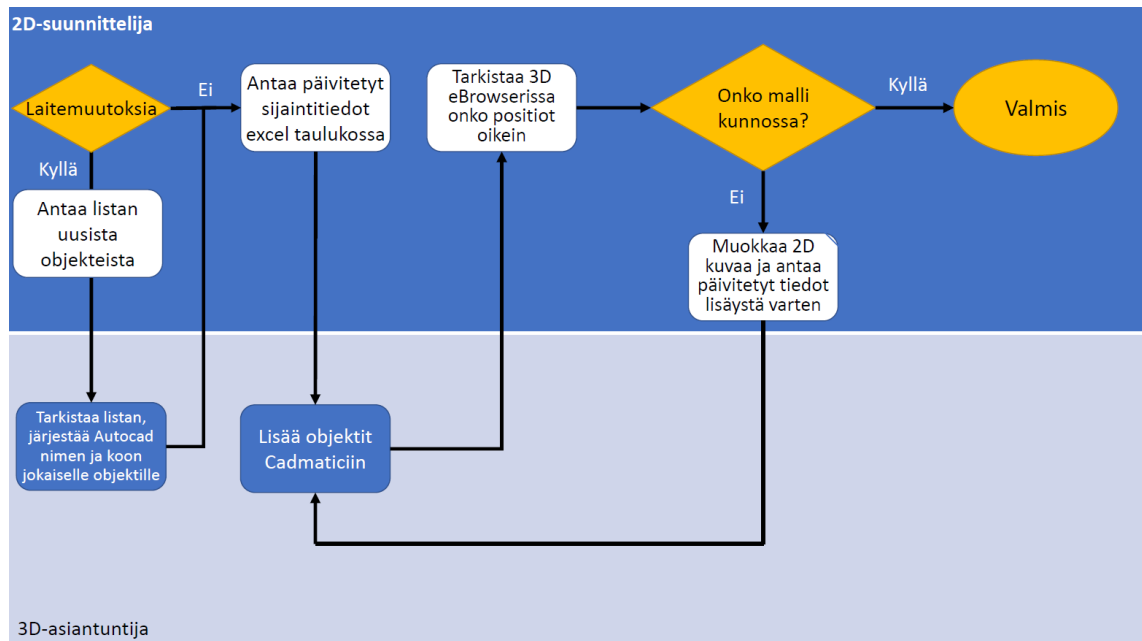


Kuva 2 Datansiirtoprosessi

## 5.2 Tarkistusprosessi

2D piirustuksen päivityksen jälkeen siirretään päivitykset myös 3D malliin. 3D mallien ylläpitoa varten tarvitaan kaksi asiaa. Ensimmäiseksi, joko luettelo poistetuista objekteista tai vahvistus että mitään ei ole poistettu. Toiseksi uusi lisäystieto kohteista, jotka ovat muuttuneet uudessa versiossa. Jos laitemalleja on muutettu, on hyvin tärkeää, että uudet mallit annetaan 3D asiantuntijalle.

Sijaintotaulukossa tulee olla vain muutetut objektit. Luomisen helpottamiseksi tässä luettelossa tulee käyttää objektiattribuuttia. jokaisen muuttuneen objektin tulee olla merkitty asiaankuuluvalla versiovalvontakirjeellä. Näin muutokset on helppo erottaa toisistaan dataotteessa.



Kuva 3 Tarkistusprosessi

### 5.3 2D- suunnittelusta luopuminen

Meyerissa on harkittu lisätä 3D:n käyttöä suunnittelussa, niin että 3D malli toimisi suunnittelun masterina alusta saakka suunnitteluprosessissa. Tällä tarkoitetaan, että kaikki tarvittava tieto on mallissa niin kuin sen pitäisi olla. Jokainen piirustus perustuu 3D malliin ja 3D mallista tulevaan geometriaan. Mikäli esimerkiksi mitaamisessa tapahtuu virheitä, voidaan aina katsoa 3D mallista mikä meni pieleen.

3D mallin avulla olisi helpompaa ottaa tarvittavia kuvia mallista ulos. Autocadin objektidatoiden käsittely on hyvin työlästä ja hidasta. Meyerilla 3D malli ja 2D kuva eivät ole pari keskenään. Autocadissa tehdyssä kuvassa tehtyjä muutoksia ei välttämättä aina viedä malliin 3D malliin, mikä aiheuttaa ristiriitaisuuksia suunnittelussa. Cadmaticin avulla voitaisiin tehdä töitä 3D-näkymässä ja tasokuvissa. Cadmaticin avulla kuviin saa ajettua GA:n taustaksi suunnittelua varten samoin kuin AutoCadissa ilman suuria eroavaisuuksia. Sama käy myös laitteiden sijoittamisessa paitsi, että Cadmaticissa laite olisi automaattisesti heti 3D-mallissa ilman objekti-kirjaston kanssakäymistä. Aina kun tarvitaan kuva jostain, se olisi vain näkymä 3D mallissa olevaan tietoon. Kun tieto, kuten laitteen sijainti laivassa on kerran tallennettu digitaaliseen muotoon telakan tietoverkkoon, se on siellä automaattisesti käytettävissä kaikkiin muihin prosesseihin ja järjestelmiin. Eräs haastateltava totesi näin:

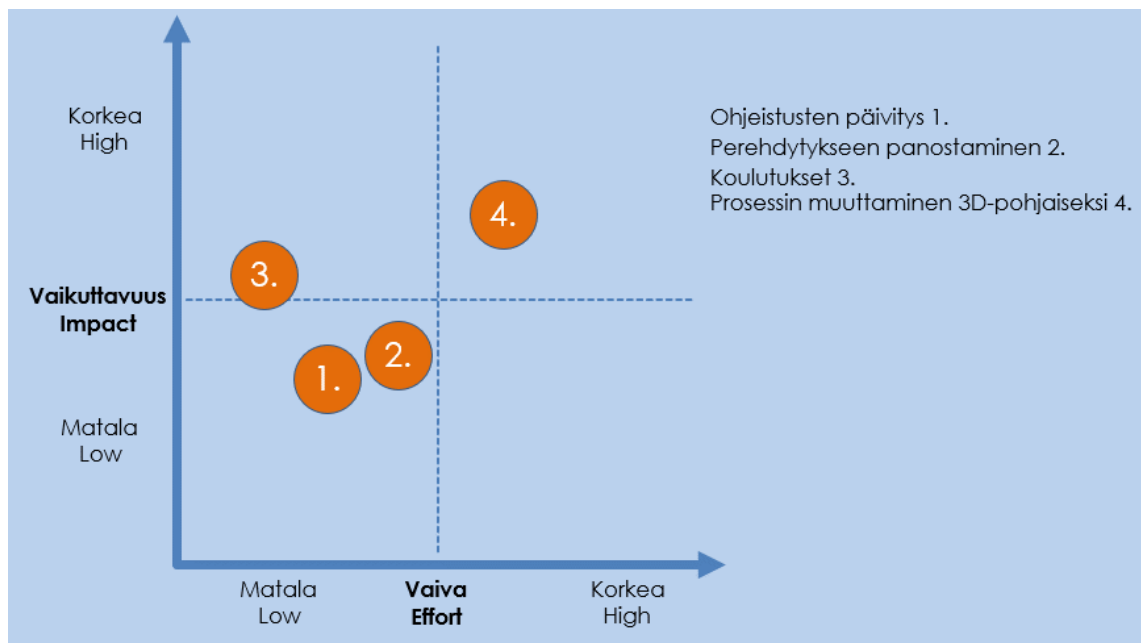
*"Turun telakalta ei ole koskaan toimitettu litteää laivaa, tämän vuoksi 3D mallin kanssa on aina tehokkaampaa kuin AutoCadilla työskenteleminen. Kun nähdään laiva kolmannessa ulottuvuudessa voi haastekohtia seurata paljon helpommin. Jos joudut tulkitsemaan kaiken 2D kuvasta on paljon vaikeampaa tulkita mitä on meneillään.*

## 6 KEHITYSEHDOTUKSET

### 6.1 Toimenpiteiden vaikutus

Uusia toimenpide-ehdotuksia on useita ja niiden toteuttamiseen löytyy useita eri tapoja ja ratkaisuja. Opinnäytetyön puitteissa on kuitenkin vaikea arvioida ongelmiin ratkaisuja. Haastattelujen ja kyselyjen kautta tuli selväksi, että kokeneemilla työntekijöillä on asiasta paljon enemmän ideoita ja ongelmia. Työntekijät, jotka ovat olleet Meyerilla alle vuoden verran eivät osanneet ehdottaa paljoa mutta eivät myöskään pitäneet tämän hetkisiä työtapoja liian vaikeina.

Kuvassa 16. on ”effort vs. impact” esitetty matriisi, jossa käsitellään kuinka vaikeaa uusien toimenpiteiden implementointi saattaa olla ja kuinka suuri vaikutus niillä olisi tämänhetkiseen työskentelytapaan telakalla. On kuitenkin otettava huomioon, että näiden toimenpiteiden toteuttamisen vaativuus ja hyödyt ovat hyvin subjektiivista. Nämä johtopäätökset ovat tehty opinnäytetyötä varten tehdyn tapaustutkimuksen pohjalta.



Kuva 4 Impact/effort matrix

## 6.2 Perehdytykset ja ohjeistukset

Perehdytyksellä tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla uusi työntekijä oppii työpaikkaansa kuuluvat työtehtävät, tavat, ihmiset ja mitä häneltä odotetaan.

Haastattelujen ja kyselyiden perusteella perehdytys Meyerilla uusille työntekijöille on melko vähäistä. Suurin osa vastanneista sanoivat, että töissä oppii eniten omilta työkavereilta. Toisilta oppiminen töissä ei ole huono tapa oppia työntekoa, kokeneemmat työntekijät osaavat jo talon tavat tietävät kuinka toimia tehokkaasti. Tätä tietoa kannattaisi kuitenkin tukea jonkinlaisella kirjallisella opastuksella. Mikäli tietoa löytyisi myös kirjallisena välttyttäisiin muiden työntekijöiden kuormittamiselta. Osa työntekijöistä jopa kirjoittavat pitkiä ja havainnollisia ohjeistuksia varsinkin uusille työntekijöille.

Perehdyttämisen kehittäminen on matriisissa matalalla vaivan puolella sillä jokaista uutta työntekijää pitäisi jo alkujaankin perehdyttää, heitä ei saisi päästää töihin ennen, kun ymmärrys työtehtävistä on selkeä.

Esikuvaoppimista kuitenkin hankaloittaa ihmisten suuri vaihtelu Meyerilla. Meyerilla palkataan paljon uusia työntekijöitä jatkuvasti, mutta heitä myös lähtee paljon pois. Telakalla ei ole tarkkaa kuvausta esimerkiksi siitä, kuinka laitteiden sijoittaminen malliin tulisi tehdä. Prosesseja tulisi aukaista niin että ne olisivat kaikille tiedossa ja kirjannut niin että kaikki osaavat ne löytävät. Kun prosessikuvauksia ei ole tai niitä ei ole päivitetty tarpeeksi hyvin, tapahtuu paljon virheitä. Virheiden korjaaminen aiheuttaa tuplatyötä. Ihmisten lähtemisen takia osa tavoista on kadonnut kokonaan koska esimerkiksi uusia työtapoja ei kirjata ylös.

Kyselyn vastauksien mukaan ohjeistusta Meyerilta löytyy, mutta kukaan ei ole kovin tyytyväinen ohjeistuksen määrään tai löytyvyyteen. Ohjeistuksen määrän ja saatavuuden vuoksi työntekijät turvautuvat enemmän vain toisiinsa. Ohjeistus mitä telakalta löytyy, on usein kattavaa mutta samalla myös vaikeaselkoista. Ohjeistuksen tulisi kirjoittaa henkilö, joka varmasti tuntee käsiteltävän aiheen, näin saadaan luotua ohjeita, joista löytyy varmasti vain kaikki oleellinen tieto ja ohje pysyy helposti luettavana ja ymmärrettävänä. Ohjeistusta tulisi myös päivittää tehokkaammin kuin tällä hetkellä. Telakalla työ on hyvin moninaista ja tilanteet muuttuvat siellä jatkuvasti, joten ohjeistus saattaa vanhentua nopeasti. Tästä huolimatta kannattaisi sitä päivittää, esimerkiksi mikäli telakalla keksitään jokin uusi ja tehokas työtapa kannattaisi tämä kirjata ylös, jottei tämä tieto katoa työntekijöiden mukana, jos he lähtevät pois telakalta. Ohjeistuksen päivittäminen on myös matalammalla vaivan puolella matriisissa, sillä Meyerilta löytyy paljon ammattitaitoisia työntekijöitä, jotka osaisivat päivittää ohjeistusta tehokkaasti. Päivitykselle pitäisi vain varata aikaa ja nähdä lisää vaivaa sen eteen.

Ohjeiden löytämistä Meyerin tietokannasta pitäisi helpottaa. Kronodoc tietokantaan pystyisi luomaan oman kansion ohjeistukselle ja perehdytys materiaalille. Kronodocissa olevat ohjeistukset usein viittaavat toisiinsa ja näiden välillä hyppiminen tuntuu turhan hankalalta.

Koulutuksiin kannattaisi myös painostaa. Meyer järjestää työntekijöilleen koulutuksia eri ohjelmien käytöstä, mutta tämä kannattaisi olla jotain mitä järjestetään heti varsinkin uusille työntekijöille. Telakan kovan aikataulun vuoksi uudet työntekijät voivat joutua käyttämään ohjelmia, joista heillä ei ole vielä kokemusta. Tämä voi johtaa turhiin ja vältettäviin virheisiin ja siihen että työntekijät perehdyttävät toisiaan. Koulutuksien järjestäminen on kuitenkin todennäköisesti kallista ja aikaa vievää. Yksi haastatelluista suunnittelijoista kommentoi telakan työntekijöiden osaamattomuutta:

*”Piirustuksia tehdään todennäköisesti, alkeistason AutoCad osaamisella. Joku näyttää, miten asiat on yleensä tehty ja miten on itse oppinut ja sitten seuraava päättyy tekemään samalla tavalla ja kun on kauhea kiire ei asioita mietitä sen enempää, se on vain, miten on aina toimittu”*

### 6.3 Cadmatic AutoCadin sijasta

Meyerilla toimitaan monella eri ohjelmalla, tämän vuoksi kaikki tarvittava tieto kulkeudu sitä tarvitsevalle henkilölle. Cadmatic ohjelma yleisempi käyttö kaikissa suunnitteluvaiheissa lievittäisi tätä ongelmaa. Osa suunnittelijoista käyttävät vielä paljon AutoCad ohjelmaa, vaikka Cadmatic tarjoaa samoja ominaisuuksia. Komponentit voivat päätyä paikkoihin, joissa ne eivät fyysisesti voi olla, koska AutoCad ohjelmassa ei näy kaikkia tietoja, jota osa suunnittelijoista on asettanut Cadmaticin kautta.

Cadmaticin avulla pystyy kaikki komponentit mallinnettua samaan isoon 3D-malliin, josta on helppo rajata tarvitsemansa alue ja siellä sijaitsevat komponentit. Pelkällä Cadmaticin käytöllä välttyttäisiin päällekkäisyyksiltä, joita tapahtuu paljon helpommin AutoCadin ja Cadmaticin sekakäytössä. Virheet pystyttäisiin korjaamaan ennen asennusvaihetta. Cadmatic ohjelmalla kyetään tekemään yksi iso kokonaiskuva risteilijästä 3D-mallina, josta on helppo ottaa ulos kuvia myös 2Dna. 2D kuvilla työskentely alkaa olemaan melko vanhanaikaista, 3D mallin avulla vähennettäisiin tuplatyötä. Uuden 3D suunnitteluohjelmiston käyttö pääasiallisena suunnittelualustana on varmasti suuri muutos monelle. Tämän vuoksi vaikuttaa siltä, että tämä vaatisi melko paljon vaivaa. Meyerilla ei vaikuta, että työntekijät haluaisivat vaihtaa työtapojaan, vaikka ajan mittaa tämä helpottaisi heidän töitään. Haastateltu systeemivastaaja ja tiiminvetäjä moittia asiaa seuraavasti:

*” Muissa paikoissa, jos pyydetään suunnittelijaa tutkimaan jotain tilaa, avaa hän ensimmäisenä 3D mallin, mutta Meyerilla otetaan AutoCad käyttöön ja aletaan miettimään mihin laite mahtuisi. Meyer on toiminut näin jo vuodesta 1995 saakka. On ikävää, että muissa paikoissa on oltu telakan toimintavasta edellä jo 27 vuotta sitten.”*



#### 6.4 Vastuualueet ja uudet työtavat

Meyer Turussa työskentelee hyvin paljon suunnittelijoita, kun suunnittelijoita on näin paljon, kannattaisi heitä hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Tämän vuoksi on tärkeä kiinnittää huomiota vastuualueisiin telakalla. Suunnittelijat voisivat erikoistua enemmän omiin vahvuuksiinsa tai he voisivat hankkia laajemman peruskäsityksen useasta suunnittelun osa-alueesta. Hajautelulla osaamisella saataisiin esimerkiksi kuvien siirtoa 2D kuvista 3D kuviin sujuvammaksi. Kuten kappaleessa 5 on näytetty, kuvien siirto on tällä hetkellä turhan monimutkaista työtä. Prosessissa ei tarvitsisi hyppiä niin paljon 2D suunnittelijan ja 3D asiantuntijan välillä. Tämä saattaisi kuitenkin lisätä suunnittelijoiden työmäärää, mikä voi vaikuttaa heidän tuottavuuteensa.

Telakalla seurataan tiukkaa aikataulua ja tämän myötä suunnittelijoilla on kova paine saada työnsä tehtyä mahdollisimman nopeasti. Kiireen vuoksi telakan työntekijöillä ei ole paljoa aikaa kehittää uusia työtapoja ja tapojen vaihtaminen saattaa vaikuttaa liian vaivalliselta. Laivaprojektien alkuvaiheen perussuunnittelu tehdään liian nopeasti ja "tehokkaasti", joten perussuunnittelussa tehtyjä virheitä ja tekemättä jätettyjä asioita korjataan myöhemmin suurella tuntimäärällä. Telakalla vaikuttaa painavan asenne: "näin on aina ennenkin tehty" joten uusia tapoja kuten 3D mallin käyttö masterina on vaikea ottaa käyttöön. 3D mallin ylläpitäminen saattaa vaikuttaa työläältä ja paljon vaikeammalta kuin 2D kuvien käyttö. Haastatellun suunnittelijan kommentti työntekijöiden asenteesta ja 3D mallin kanssa työskentelystä:

*"Telakalla on sellainen asenne, että suunnittelutyötä on kun AutoCadillä piirretään viivaa. Kun kaikki tarvittava tieto on Cadmaticissa, Cadmatic on tietokannan pohja. Tarvittaessa tehdään työkuvia ja muita näkymiä tai alustavia perussuunnittelukuvia, tämä kaikki perustuu dataan, joka löytyy jo 3D mallista. Kuvia ei tarvitse erikseen piirtää, ne ovat vain näkymiä 3D malliin. Näin pitäisi Meyerilla ajatella, 3D mallin ylläpitäminen ei ole ylimääräistä työtä. Ensisijainen työ on suunnittelu sijamallissa ja kuvat ovat vain uutta näkymää"*

Lisäämällä työtunteja perussuunnittelussa säästetään laivan rakennuksen myöhemmissä vaiheissa paljon enemmän aikaa. Projektin alkuvaiheessa tekeminen ja virheiden korjaaminen on paljon halvempaa kuin laivanrakennuksen loppuvaiheessa. Opinnäytetyötä varten tehdyssä kyselyssä melkein jokainen vastanneista, joilla oli paljon työkokemusta telakalla vastasi myöntävästi kysymykseen: ”Tehdäänkö asioita Meyerissa liian vaikeasti?”. Uudemmat työntekijät eivät vielä osanneet asiaa kommentoida. Useat työntekijöistä toivoisivat, että työskentelytapoja kehitettäisiin ja että järjestelmät ja muut työkalut, joita telakoiden välillä käytetään, olisivat samat, sen sijaan että molemmat paikat toimivat omin tavoin. Valitettavasti asiat kuten mitä järjestelmiä käytetään saattaa olla kiinni sopimuksista mitä telakalla on tehty.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa 3D sähkösuunnittelua Meyer Turussa ohjeistuksien kannalta. Lisäksi tavoite oli tehdä kehitysehdotuksia, mikäli näitä työaikana ilmenee. Tiesin jo alusta saakka, että työhön tulee liittymään paljon Kronodocin selausta, sillä se on paikka, josta kaikki tarvittava materiaali Meyerilla pitäisi löytyä. Valmistuin myös siihen, että tulen haastattelemaan paljon telakan työntekijöitä ja että paljon työajastani tulee kulumaan tiedonhaun parissa.

Laivan suunnittelu ja varsinkin sähkösuunnittelu on hyvin monimutkainen prosessi. Arvelinkin alussa, että siitä lukeminen ja kirjoittaminen tulee varmasti olemaan paikoin kuormittavaa. Lisäksi minulla oli vaikeuksia löytää asiaan liittyvää kirjallisuutta muualta kuin Meyerilta itse. Tämä saattaa johtua siitä, että eri yritykset haluavat suojella omia prosessejaan. Kronodocissa on paljon materiaalia mutta se on usein melko vaikeasti luettavaa ja hajanaista. Sain kuitenkin avattua asiaa opinnäytetyössä melko paljon. Ei ollut yllättävää, että useat telakan työntekijöistä eivät osanneet sanoa melkein mitään ohjeistuksesta tai mistä se edes löytyy.

Jotta saisin mahdollisimman tarkan, kattavan ja luotettavan 3D sähkösuunnittelun tämänhetkisestä tilanteesta, olen haastatellut monta eri henkilöä Meyer Turussa. Haastattelemani henkilöt olivat kaikki äärimmäisen mukavia ja asiantuntevia. Heiltä sai todella hyvin ja kattavasti tietoa opinnäytetyötä varten. Arvostan myös kuinka he eivät pelänneet antaa omia mielipiteitään asioista ja yrittivät opastaa minua eteenpäin parhaansa mukaan. Jokainen henkilö, jota haastattelin, oli sitä mieltä, että sähköperussuunnittelun ja sähkösuunnittelun aineistoa ja toiminta tapoja kannattaisi aikaistaa. Työtä tehdessä ilmeni melko nopeasti, että 3D-mallin käyttö masterina on jotain mitä moni haluaisi tehdä, ja sain kattavan kuvan siitä, miten se suunnittelutyötä helpottaisi.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kattaus 3D suunnittelun ja sen ohjeistuksen tämän hetkiestä tilanteesta. Lisäksi lopussa on usea kehitysidea prosessien ja työskentelyn helpottamiseksi. Ehdottamani toimenpiteet ovat loppujen lopuksi telakan johdon päätettävissä. Nämä ovat kuitenkin asioita, joita kannattaisi mielestäni ottaa huomioon, mikäli Meyer Turku haluaa helpottaa suunnitteluprosessia ja nopeuttaa tuotantoaan.

## LÄHTEET

Asiakastieto 2022. Meyer Turku Oy Viitattu 03.01.2022. <https://www.asiakastieto.fi/yrietykset/fi/meyer-turku-oy/07720174/taloustiedot>

Autodesk 2022. Viitattu 05.01.2022. <https://www.autodesk.fi>

Bluecielo 2022. Viitattu 05.01.2022. [https://documentation.bluecieloecm.com/BCWebHelp/en/kronodoc/2012/ug/Kronodoc\\_UG.htm](https://documentation.bluecieloecm.com/BCWebHelp/en/kronodoc/2012/ug/Kronodoc_UG.htm)

Cadmatic 2022. Viitattu 05.01.2022. <https://www.cadmatic.com/fi>

Harsia, P., Autio, I., Leskinen, M. & Välimäki, E. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja. Espoo: Sähköinfo.

Technology Design and Engineering Eng'nD Oy. Viitattu 03.01.2022 <https://engnd.com>

Meyer Turku Oy 2022. Viitattu 03.01.2022 [https://www.meyerturku.fi/fi/meyer-turku\\_com/shipyard/company/company.jsp](https://www.meyerturku.fi/fi/meyer-turku_com/shipyard/company/company.jsp)

Meyer Turku Oy:n suunnitteluosaston dokumentit 2017. Sisäinen intranet.

Meyer Turku Oy:n suunnitteluosaston dokumentit 2018. Sisäinen intranet.

Meyer Turku Oy:n suunnitteluosaston dokumentit 2021. Sisäinen intranet

Ojasalo, K., Moilanen, T, & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Pro Sanoma.

Räisänen, P. 2000. Laivatekniikka - Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-Mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

## LIITTEET

Liite 1. Opinnäytetyössä käytetty kysely

- Kerro lyhyesti työtehtävistäsi ja kuinka kauan olet ollut töissä telakalla.
- Minkä kautta opit uusia asioita? Ohjeistuksen ja perehdytyksen kautta vai muilta työntekijöiltä?
- Onko ohjeistusta ja perehdytystä riittävästi?
- Mistä ohjeistus löytyy ja onko sen löytäminen helppoa?
- Onko ohjeistus ja perehdytys tarpeeksi hyvää vai kaipaisiko se päivitystä?
- Kuinka usein töitä tehdessä tulee vastaan ongelmia?
- Tehdäänkö asioita Meyerissa liian vaikeasti? Onko sinulla omia ideoita, miten työtä saataisiin helpotettua?
- Tehdäänkö suunnittelu 3Dnä? Mitä 3Dn käyttö edellyttää?
- 3D suunnittelun hyödyt ja mahdolliset haitat
- Mitä jää vielä 2D suunnittelun varaan? Hyödyt ja haitat
- Voidaanko 2D kuvista luopua kokonaan?