



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Kortejärvi

SÄHKÖSUUNNITTELUPROSESSIN KUVAUS

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Kortejärvi
Opinnäytetyön nimi	Sähkösuunnitteluprosessin kuvaus
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	40 + 3 liitettä
Ohjaaja	Timo Männistö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa sähkösuunnitteluprosessin kuvaus Rosendahl Nextrom Oy:lle. Kuvauksen tuottaminen oli tärkeä, koska sähkösuunnitteluprosessia ei oltu kuvattu yrityksessä lainkaan ja tämän takia ymmärrys sähkösuunnittelun eri työvaiheista oli vajavaista.

Työn teoriaosuudessa tutustutaan valokuitu- ja valokuitukaapeliteknologiaan ja -tuotantoon, joiden valmistusratkaisuja Rosendahl Nextrom Oy toimittaa. Koneen valmistajan velvollisuuksiin perehdytään ja käydään läpi koneturvallisuuden asettamia velvotteita sähkösuunnittelulle.

Opinnäytetyössä on kerrottu käytössä olevat suunnitteluohjelmat, joiden avulla toteutetaan ja ylläpidetään koneiden tyyppirakenteita. Eri projektiluokat on avattu, jotka ohjaavat sähkösuunnitteluprosessin etenemistä. Sähkösuunnitteluun syvennytään ja sähkösuunnitteluprosessin eri työvaiheet selvitetään asiakasprojektin alusta loppuun.

Työn tuloksena saatiin sähkösuunnitteluprosessi kuvattua ja kaavio luotua. Lopputulosta voidaan hyödyntää yrityksen sisällä tarvittavan sähkösuunnitteluohjeistuksen luontiin ja muiden osastojen kouluttamiseen.

ABSTRACT

Author	Tuomas Kortejärvi
Title	Description of Electrical Design Process
Year	2019
Language	Finnish
Pages	40 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Timo Männistö

The purpose of the thesis was to produce a description of the electrical design process for Rosendahl Nextrom Oy. Producing the description was important because the electrical design process was not described in the company at all and therefore the understanding of the different phases of the electrical design was incomplete.

The theoretical part of the thesis introduces optical fiber and fiber optic cable technology and production, the manufacturing solutions of which are supplied by Rosendahl Nextrom Oy. The machine manufacturer's responsibilities are familiarized and the machine safety obligations for electrical engineering will be clarified.

The thesis describes the design programs which designers utilize to implement and maintain machine type structures. Different project categories which direct the electrical design process have been opened. The electrical design is observed in-depth, and the different phases of the electrical design process are explained from the beginning of the customer project to the end.

As a result, the electrical design process was described, and the diagram created. The result can be utilized to create the necessary electrical design instructions within the company and to train other departments.

Keywords	Fiber optic, machine, electrical design, process and description
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	ROSENDAHL NEXTROM GMBH	10
3	VALOKUITUTEKNOLOGIA- JA TUOTANTO	11
	3.1 Toimintaperiaate ja rakenne.....	11
	3.2 Preformin valmistus	11
	3.3 Valokuidun veto.....	12
	3.4 Valokuidun testaus.....	14
	3.5 Valokuidun kaapelointi.....	15
4	KONEEN VALMISTAJAN VELVOLLISUUDET	18
	4.1 Riskien arviointi.....	18
	4.2 Suunnittelu	19
	4.3 Käyttöohje.....	19
	4.4 Tekninen tiedosto.....	19
	4.5 Vaatimustenmukaisuusvakuutus.....	19
	4.6 CE-merkintä.....	20
5	KONETURVALLISUUS.....	21
	5.1 Koneiden sähkölaitteistot.....	21
	5.2 Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat	22
6	SUUNNITTELUOHJELMISTOT	23
	6.1 EPLAN Electric P8	23
	6.2 Aton.....	23
	6.3 CLIP PROJECT	24
	6.4 TIA Selection Tool	24
	6.5 Project Portal.....	24

7	PROJEKTIEEN LUOKITTELU	25
7.1	Vakioprojekti	26
7.2	Päivitysprojekti	26
7.3	Räätälöinti projekti.....	26
7.4	Modernisointiprojekti	27
7.5	R&D-projekti	27
8	VALOKUITU- JA VALOKUITUKAAPLIKONEIDEN SÄHKÖSUUNNITTELU	29
8.1	Sähkökeskus.....	29
8.2	Ohjelmoitava logiikka.....	31
8.3	Käyttöpaneelit ja painikkeet	32
8.4	Kaapelointi	32
8.5	Osaluettelo	33
9	SÄHKÖSUUNNITTELUPROSESSI	34
9.1	Esisuunnittelu.....	34
9.2	Aloituspalaveri	34
9.3	Toteutussuunnittelu.....	34
9.3.1	Tyypirakenteen luominen.....	35
9.3.2	Tyypirakenteen päivitys	35
9.3.3	Asiakasprojekti.....	35
9.4	Materiaali tuotantoon	36
9.5	Asiakasdokumentointi.....	36
9.6	Muutossuunnittelu.....	36
9.7	Tuki	37
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
	LÄHTEET.....	39

LIITTEET

KUVALUETTELO

Kuva 1. Valokuidun rakenne /4/.	11
Kuva 2. OFC 05 OVD Clad Deposition System -polttoprosessi /7/.	12
Kuva 3. OFC 20 High Speed Dual Draw Tower -kuidunvetotorni /8, 9/.	13
Kuva 4. OFC 35 High Speed Proof Tester -valokuiduntestaaaja /10/.	14
Kuva 5. OFC 40 Secondary Coating Line -toisiopäällystyslinja /11/.	15
Kuva 6. OFC 70 SZ Stranding Line -kertauslinja /11/.	16
Kuva 7. OFC 60 Sheating Line -päällystyslinja /11/.	16
Kuva 8. Valokuitukaapelin rakenne /11/.	17
Kuva 9. Virallinen CE-merkki.	20
Kuva 10. Tyypillisen koneen lohkokaavio /19/.	22
Kuva 11. Projektiluokkien arvioidut sähkösuunnitteluajat.	25
Kuva 12. Piirikaaviosivu.	30
Kuva 13. Sähkökeskuksen asennuslevyn sijoittelukuva.	31
Kuva 14. Koneen sähköosaluettelo tyyppirakenteella.	33

LYHTENTEET JA MERKINNÄT

GmbH	-	Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Yksityinen osakeyhtiö
LED	-	Light-emitting diode. Valodiodi
SiCl ₄	-	piitetrakloridi
GeCl ₄	-	germaniumtetrakloridi
OFC	-	Optic Fiber Cable. Valokuitukaapeli. Rosendahl Nextromin linjatunnus
OVD	-	Outside Vapor Deposition. Ulkopuolinen höyrykasvatus
UV	-	Ultra Violet. Ultravioletti
N	-	newton
telecom	-	tietoliikenne
HDPE	-	High-density polyethylene. Suuritiheksinen polyeteeni
direktiivi	-	Euroopan unionin jäsenvaltioille tarkoitettu lainsäädäntöohje
EY	-	Euroopan yhteisö (engl. European Community, EC)
CE	-	Conformité Européenne. Eurooppalainen yhdenmukaisuus
SFS	-	Suomen Standardisoimisliitto
ISO	-	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardointijärjestö
PLM	-	Product Lifecycle Management. Tuotteen elinkaaren hallinta
CPU	-	Central Processing Unit. Keskusyksikkö
AutoCAD	-	Yleiskäyttöinen suunnitteluohjelmisto
R&D	-	Research and Development. Tutkimus ja tuotekehitys
PLC	-	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikkaohjain
I/O	-	Input/Output. Sisääntulo/ulostulo
ethernet	-	lähiverkkotekniikka

LIITELUETTELO

LIITE 1. Sähkösuunnitteluprosessikaavio

LIITE 2. Työaika eri projektiluokissa

LIITE 3. Tarkistuslista

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Rosendahl Nextrom Oy:n suunnitteluosastolle. Työn tavoitteena on tehdä kokonaan uusi kuvaus yrityksen nykyisestä sähkösuunnitteluprosessista. Sähkösuunnitteluprosessin kuvaukselle on tarve, jotta sähkösuunnitteluosaston toimintaa voidaan ohjeistaa ja kehittää.

Tässä opinnäytetyössä tullaan aluksi käsittelemään valokuituteknologiaa ja -tuotantoa, joiden valmistusratkaisuja Rosendahl Nextrom Oy toimittaa. Koneen valmistajan velvollisuuksiin tutustutaan omassa luvussa. Työssä käydään läpi koneturvallisuuden liittyvät standardit, jotka ohjaavat koneiden sähkösuunnittelua. Tarvittaviin suunnitteluohjelmistoihin perehdytään, joiden avulla koneiden tyyppirakenteet luodaan ja ylläpidetään.

Projektiluokat esitellään työssä, josta selviää eri projektien vaikutus sähkösuunnitteluprosessiin. Valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden sähkösuunnittelussa avataan yksityiskohtaisemmin, mitä kaikkea sähkösuunnitelmaan kuuluu ja mistä lähtötiedot saadaan.

Lopuksi sähkösuunnitteluprosessi kuvataan ja syvennyttään eri työvaiheisiin projektin alusta loppuun.

2 ROSENDAHL NEXTROM GMBH

Itävaltalainen Rosendahl Nextrom GmbH koostuu kolmesta strategisesta liiketoimintayksiköstä, jotka ovat BM-Rosendahl, Rosendahl ja Nextrom. BM-Rosendahl on lyijyakkujen-, Rosendahl kaapeli- ja johdin- ja Nextrom valokuitu- ja valokuitukaapelivalmistusratkaisuiden toimittajia. Kukin yksikkö on omien teknologioidensa johtavia toimittajia maailmassa. Yhtiö työllisti 760 työntekijää maailmanlaajuisesti ja liikevaihto oli 158 milj. €. vuosina 2017-2018. /1/

Rosendahl Nextrom GmbH:n omistaa yksityinen itävaltalainen perheyhtiö Knill Gruppe.

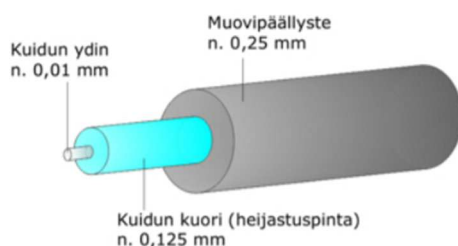
Rosendahl Nextrom Oy on Vantaalla toimiva valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden toimittaja. Yrityksen juuret ovat Nokian Kaapelikoneissa, josta yritys eriytettiin monen omistajanvaihdoksen jälkeen vuonna 2005 /2/. Tuotevalikoimaan kuuluu koneita ja laitteita preformin tuotantoon, valokuidun vetoon, päällystykseseen ja testaukseen ja valokuitukaapeleiden valmistukseen.

3 VALOKUITUTEKNOLOGIA- JA TUOTANTO

3.1 Toimintaperiaate ja rakenne

Valokuitu on ohut lasista tai muovista vedetty kuitu, jonka tarkoituksena on johtaa valoa. Valon taajuus on satoja terahertsejä ja tietoliikenteessä moduloiduilla LED- tai laservaloilla voidaan lähettää tietoa suurella nopeudella /3/.

Kuvassa 1 on esitetty valokuidun rakenne, joka koostuu lasiytimestä, ydintä ympäröivästä lasisesta kuorikerroksesta sekä mekaanista suojaa antavista muovikerroksista. Ydin kuljettaa valon, kuorikerros toimii heijastuspintana, joka pitää valon ytimessä ja muovikerros tekee valokuidusta taipuisaa ja suojaa kuorikerrosta. Valokuidun halkaisija on vain noin 0,1-0,2 mm, joten kyseessä on hiustakin ohuempi johdin. /4/



Kuva 1. Valokuidun rakenne /4/.

3.2 Preformin valmistus

Valokuidun tuotantomateriaalia kutsutaan preformiksi, joka on tehty puhtaasta ja tasalaatuisesta kvartsilasista. Preformia sulattamalla kuidunvetoprosessissa saadaan lopputuotteeksi valokuitua. Ydinpreformin valmistus aloitetaan polttamalla vetyä ja happea ja polton yhteydessä lisäämällä SiCl_4 ja GeCl_4 raakamateriaaleja /5/. Polttoprosessissa syntyy ns. suuttia, joka on hattaran näköistä materiaalia ja koostuu piidioksidipartikkeleista. Ydinpreformin ollessa halutun kokoinen, se kuivataan ja sintrataan eli sulatetaan kiinteäksi lasiksi. Sintratusta ydinpreformista poistetaan

kaasut, siihen lisätään apulasia, sitä venytetään haluttuun muotoon, testataan ja pestään /6/.

Kuorikerros valmistetaan kasvattamalla ydinpreformin päälle uusi kerros suuttia, jonka jälkeen tehdään sintraus, kaasujen poisto, kärjen muotoilu ja pesu. /6/

Kuvassa 2 on polttoprosessi, jossa valmistetaan kuorikerros ydinpreformin päälle /7/.

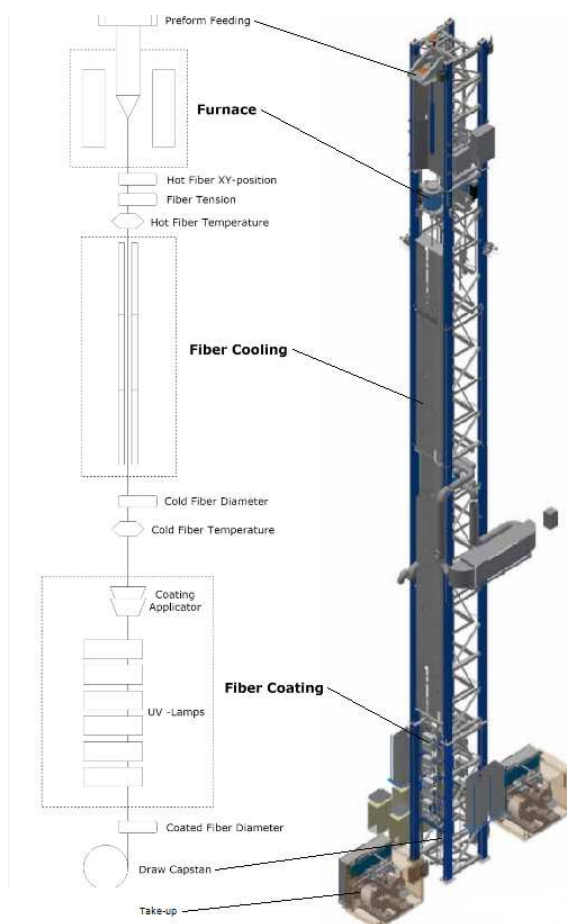


Kuva 2. OFC 05 OVD Clad Deposition System -polttoprosessi /7/.

3.3 Valokuidun veto

Kuidunvetotornin huipulla on iduktiouuni, jossa preformin kärkeä sulatetaan. Kärjen lämpötilan noustessa 2000 °C:n lasi sulaa ja valuu tornia pitkin alas. Valokuitu vedetään vetolaitteen avulla vastaanotto puolaimelle. Matkalla uunista

vetolaitteelle valokuitua jäähdytetään heliumilla ja siihen ruiskutetaan muovikerroksia, jotka kuivataan UV-valolla. Kuidunvetonopeuteen vaikuttavat preformin syöttönopeus, uunin lämpötila ja vetolaitteen pyörimisnopeus. Kuidunvetonopeus säädetään mittamalla valokuidun halkasijaa ja kireyttä. Valmis valokuitu kerätään vastaanottopuolaimella jopa 3000 m/min. Vastaanottopuolaimen normaali kelakoko on 1000 km ja kelavaihto voidaan suorittaa automaattisesti täydessä vauhdissa ilman kuitukatkoa. Kuvassa 3 on esitetty OFC 20 High Speed Dual Draw Tower, jossa on kaksi kuidunvetolinjaa /8/. Torni voi olla 38 m korkea ja tämän hetken suurimmalla preformilla voidaan tuottaa 15 000 km valokuitua.



Kuva 3. OFC 20 High Speed Dual Draw Tower -kuidunvetotorni /8, 9/.

3.4 Valokuidun testaus

Ennen valokuidun kaapelointia halutaan varmistaa, että se täyttää tietyt vaatimukset. Valokuidulle tehdään vetolujuustesti. Valokuiduntestaaja tekee kahden vetolaitteen välissä kulkevalle valokuidulle noin 10 N:n jännityksen säätämällä vetolaitteiden pyörimisnopeuksia niin, että valokuitukelalle kelaava vetolaite pyörii aavistuksen nopeammin kuin valokuitua purkava vetolaite. Kuvassa 4 on suurinopeuksinen valokuiduntestaaja, jolla pystytään testaamaan 3000 m/min telecom valokuitua /10/. Vetolujuustestin jälkeen valokuitukelan vaimennus mitataan desibeleissä laservalolla. Tällä varmistetaan, että valokuitu on laadukasta ja puolattu tasaisesti valokuitukelalle.



Kuva 4. OFC 35 High Speed Proof Tester -valokuiduntestaaja /10/.

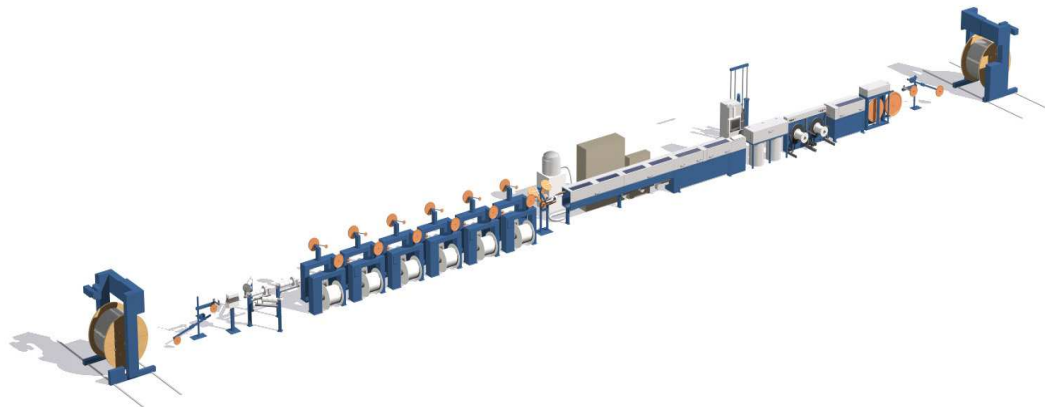
3.5 Valokuidun kaapelointi

Testattua ja värikoodattua valokuitua puretaan 6-24 valokuitukelasta toisiopäälystyslinjaan. Valokuidut yhdistetään yhdeksi nipuksi ja ne ohjataan muovipuristimeen, joka tekee muoviputken valokuitunipun ympärille. Muoviputken sisälle lisätään vesieristyslankaa tai -rasvaa suojaamaan valokuituja. Tämän jälkeen muoviputki jäähdytetään vesirännissä ja kuivataan kuivaimessa. Valmis muoviputki puolataan kelalle 400-600 m/min. Kuvassa 5 on OFC 40 Secondary Coating Line -toisiopäälystyslinja, jossa nähdään vasemmalta lähtöpuolaimet, muovipuristin, jäähdytysränni, kuivain ja vastaanottopuolain. Linjassa tehdään tyypillisesti 10-20 km:n erivärisiä muoviputkikeloja. /11/



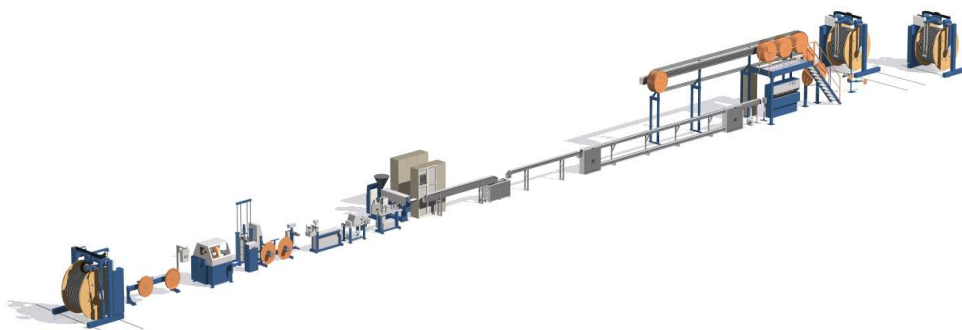
Kuva 5. OFC 40 Secondary Coating Line -toisiopäälystyslinja /11/.

Valmiit muoviputkikelat viedään kertauslinjaan missä ne yhdistetään kaapelirakenteesta riippuen 6-18 putken kaapelisydämeiksi. Muoviputket puretaan lähtöpuolaimista ja ne kierretään keskielementin ympärille. Kaapelisydämen ympärille pyöritetään sidontalankaa pitämään kaapelisydän koossa ja valmis tuote kerätään vastaanottopuolaimella 80-120 m/min. Kuvassa 6 on OFC 70 SZ Stranding Line -kertauslinja, jossa on esitetty vasemmalta keskielementin lähtöpuolain, muoviputkien lähtöpuolaimet, SZ-kertauskone, ristositoja ja vastaanottopuolain, jonka kela on 2 metriä leveä. /11/



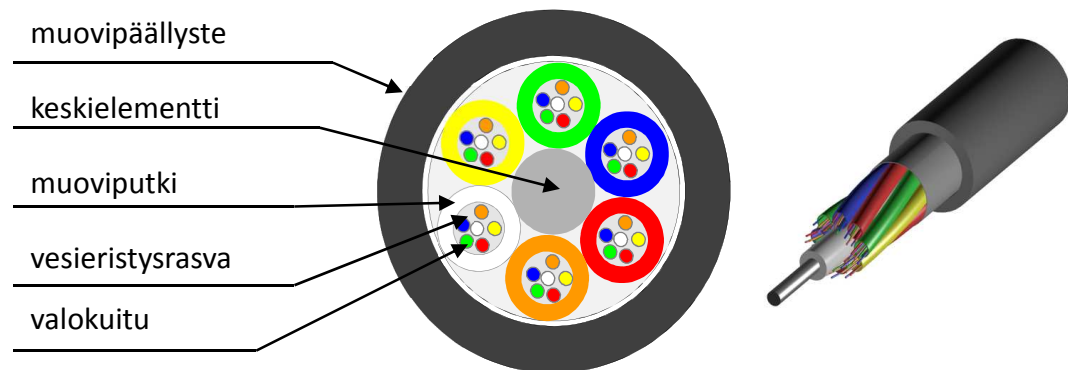
Kuva 6. OFC 70 SZ Stranding Line -kertauslinja /11/.

Kerratun kaapelisydämen ympärille lisätään tarvittavat mekaaniset vahvikeaineet ja vedeneristysmateriaalit päällystyslinjassa. Vahvikeaineina toimivat aramidilanka ja terästeippi sekä vedeneristysmateriaaleina vesieristysteippi- tai rasvat. Kaapeliin voidaan lisätä tarvittaessa kannatinvahvikkeet. Käytettävät vahvikeaineet ja muovipäällystysmateriaalit, kuten HDPE, riippuvat valokuitukaapelin käyttöolosuhteista ja ympäristövaatimuksista. Tämän takia päällystyslinjojen eri konfiguraatioita on runsaasti. Kuvassa 7 nähdään OFC 60 Sheating Line -päällystyslinja, jolla voidaan tehdä valmista valokuitukaapelia 30-80 m/min. /11/



Kuva 7. OFC 60 Sheating Line -päällystyslinja /11/.

Valmiissa kaapelissa on valokuituja tyypillisesti 122-864 ja enimmillään 3 456. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki valokuitukaapelista, jossa nähdään värjätty valokuituniput muoviputken sisällä, kaapelisydämen rakenne ja kaapelin vahvikeaineet. /11/



Kuva 8. Valokuitukaapelin rakenne /11/.

4 KONEEN VALMISTAJAN VELVOLLISUUDET

Ennen kuin valmistaja voi saattaa koneensa EU:n markkinoille tai ottaa omaan käyttöönsä EU:ssa, pitää tiettyjen vaatimusten täytyä. Markkinoille saattamisella tarkoitetaan sitä, kun kone tuodaan ensimmäistä kertaa EU:n markkinoille, esimerkiksi myyntiin tai vuokrattavaksi. Valmistaja osoittaa vaatimusten täyttymisen CE-merkitsemällä koneensa. CE-merkitty kone voi liikkua vapaasti EU:n alueella. /12/

Koneen valmistajan tehtävä on:

- arvioida riskit
- selvittää konetta koskevat turvallisuusvaatimukset
- suunnitella ja rakentaa kone olennaisten turvallisuusvaatimusten mukaisesti
- laatia käyttöohjeet ja tehdä koneeseen tarvittavat merkinnät
- laatia tekninen tiedosto
- tehdä vaatimustenmukaisuusvakuutus
- kiinnittää koneeseen CE-merkintä. /13/

4.1 Riskien arviointi

Koneen turvallisuuden osoittaminen edellyttää, että koneelle on tehty jo sen suunnitteluvaiheessa kattava riskien arviointi, jonka perusteella on sitten valittu ja tehty asianmukaiset suojaus- ja turvajärjestelyt. /14/

Koneen aiheuttamien riskien arvioinnissa on kartoitettava niin sähköiset, mekaaniset kuin muutkin ennalta oletettavissa olevat vaaratekijät käytön, säädön ja huollon aikana. /15/

Vaaratekijöiden tunnistaminen ja riskien arviointi voidaan tehdä käyttäen apuna standardeja, SFS- EN ISO 14121, SFS-EN ISO 12100 osat 1 ja 2 sekä konekohtaisia standardeja. /13/

4.2 Suunnittelu

Kone on suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskiarvioinnin tulokset. Jos koneen suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan kaikilta osin yhdenmukaistettuja standardeja, koneen oletetaan täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset /13/.

4.3 Käyttöohje

Koneen mukana on toimitettava ohjeet, joiden vähimmäissisältö on esitetty koneasetuksessa, joka pohjautuu EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY. Koneen valmistajan on ratkaistava ohjeiden sisältö jo suunnittelun alkuvaiheessa arvioidessaan koneeseen liittyviä vaaroja sekä pohtiessaan koneen käyttötarkoitusta ja ennakoitavissa olevia vääriä käyttötapoja. /12/

4.4 Tekninen tiedosto

Valmistajan on laadittava koneesta tekninen tiedosto /12/. Teknisessä tiedostossa on osoitettava, että kone on koneasetuksen tai sitä vastaavan konedirektiivin vaatimusten mukainen. Tiedostossa on oltava vaatimuksenmukaisuusarvioinnin tekemiseen tarvittavat riittävät tiedot koneen suunnittelusta, valmistuksesta ja toiminnasta. /16/

4.5 Vaatimustenmukaisuusvakuutus

Vaatimustenmukaisuusvakuutus (engl. Declaration of Conformity) on oikeudellinen asiakirja, joka on liitettävä kaikkiin Euroopan unionissa myytäviin CE- merkintöihin /17/. Valmistaja laatii ja allekirjoittaa vakuutuksen ja ilmoittaa, että tuote täyttää kaikki sitä koskevat vaatimukset. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa ilmoitetaan kaikki direktiivit ja asetukset, joiden vaatimukset tuote täyttää /14/.

4.6 CE-merkintä

Kun vaatimustenmukaisuusvakuutus on laadittu ja allekirjoitettu, koneeseen voi kiinnittää kuvan 7 mukaisen CE-merkinnän ja kone voidaan saattaa markkinoille /12/.



Kuva 9. Virallinen CE-merkki.

5 KONETURVALLISUUS

Koneturvallisuuden standardit käsittelevät koneiden sekä niissä olevien järjestelmien, laitteiden ja toisinaan myös komponenttien turvallisuuskysymyksiä. Ne liittyvät tyypillisesti koneiden suunnitteluvaiheessa toteutettavissa oleviin kysymyksiin, mutta voivat käsitellä myös koneen elinkaaren muissa vaiheissa sovellettavissa olevia asioita. Koneet voivat olla sekä kuluttajatuotteita että tuotantovälineitä. /18/

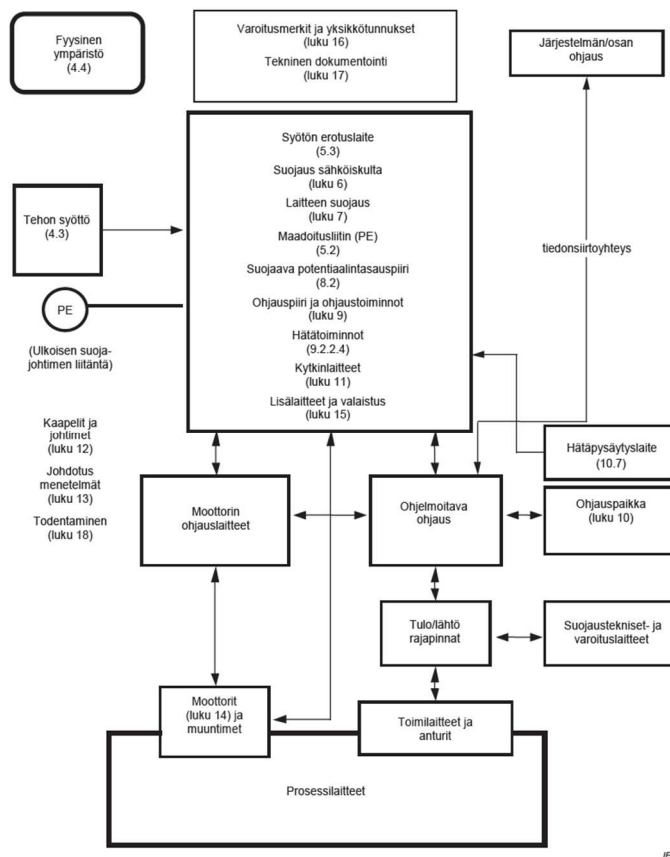
Nykyisten koneturvallisuuden standardien lähtökohtana on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY /18/.

5.1 Koneiden sähkölaitteistot

SFS-EN 60204-1 määrittelee koneiden sähkölaitteistoille vaatimuksia ja suosituksia, joiden tarkoituksena on edistää

- henkilöiden ja omaisuuden turvallisuutta
- ohjauksen ja sen aiheuttaman toiminnan yhteensopivuutta
- käytön ja huollon helppoutta. /19/

Kuvan 6 tarkoituksena on auttaa ymmärtämään koneen eri osien ja oheislaitteiden keskinäistä suhdetta /19/. SFS EN 60204-1 asettamat vaatimukset ja ohjeistukset toimivat pohjana koneiden sähkösuunnittelulle.



Kuva 10. Tyypillisen koneen lohkokkaavio /19/.

5.2 Turvallisuuden liittyvät ohjausjärjestelmien osat

Konedirektiiviin pohjautuvan SFS-EN 13849-1 tarkoituksena on luoda selkeä perusta, jonka avulla minkä tahansa koneen turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien rakenne ja toiminta voidaan arvioida. /20/

SFS-EN 13849-1 voidaan soveltaa turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osiin kuten

- turvalaitteisiin
- ohjausyksiköihin (esim. ohjaustoimintojen logiikat)
- tehonohjauselimet (esim. releet, venttiilit). /20/

Koneiden turvallisuuden liittyvät ohjausjärjestelmät suunnitellaan ottaen SFS-EN 13849-1 vaatimukset huomioon.

6 SUUNNITTELUOHJELMISTOT

6.1 EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8 on älykäs tietokantapohjainen sähkö- ja automaatiojärjestelmien suunnitteluohjelmisto. Järjestelmä sisältää monia hyödyllisiä automatisoituja toimintoja, jotka nopeuttavat suunnitteluprosesseja ja minimoivat virheiden ja erehdysten määrää. /21/ Nämä automatisoidut toiminnot ovat esimerkiksi virheajot sekä laite- ja kaapelitunnuslistaukset.

EPLAN toimii sähkösuunnitteluohjelmalla valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden sähkösuunnittelussa. Ohjelmassa suunnitellaan piirikaaviot, sijoittelukuvat ja kaapelilistaukset yhdessä ja samassa projektitiedostossa.

Valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden sähkösuunnittelu eroaa EPLANin yleisestä käyttötavasta, jossa projekti aloitetaan luomalla uusi projektitiedosto järjestelmän tietokantaan ja toteuttamalla suunnittelu käyttäen hyväksi valmiiksi luotuja makrokokonaisuuksia. Koneista on luotu valmiit tyyppiprojektit tietokantaan, jotka toimivat pohjana jokaisessa asiakasprojektissa. Tyyppirakenne ajattelutapa toimii konesuunnittelussa, koska normaalikoneet on nopeasti suunniteltavissa valmiista pohjaratkaisusta. Huonona puolena on koneen tyyppiprojektin jatkuva ylläpito komponenttien uudistuessa ja tuotekehityksen edetessä.

6.2 Aton

Aton on PLM-järjestelmä eli tuoteylläpito-ohjelmisto /22/. Atoniin on tallennettu mm. projektit, koneiden sarjanumerot, komponentit, toimittajat ja dokumentointi. Edellä mainittuja tietoja voidaan linkittää keskenään.

Koneista on tehty tyyppirakenteet Atoniin, jotka sisältävät kaikki koneeseen tarvittavat mekaniikka- ja sähköosat. Kun koneeseen tehdään muutoksia tuotekehityksen yhteydessä tai komponentit uudistuvat, päivitetään tyyppirakenne uuden suunnitelman mukaiseksi. Tyyppirakenne toimii asiakasprojektien osaluettelon pohjana.

Atoniin tallennetaan koneiden asiakasdokumentaatio, joka koostuu mm. linjan sijoittelukuvasta, osaluetteloista, konepiirroksista, sähkökuvista ja testiraporteista.

6.3 CLIP PROJECT

Phoenix Contactin tuottamassa CLIP PROJECTissa suunnitellaan sähkökeskuksiin ja kytkentäkoteloihin tarvittavat riviliittimet. Ohjelmassa valitaan riviliittimien tyypit ja koot ja riviliittimet numeroidaan ja silloitetaan. Riviliitinkoonnasta voidaan tarvittaessa tulostaa osaluettelo.

6.4 TIA Selection Tool

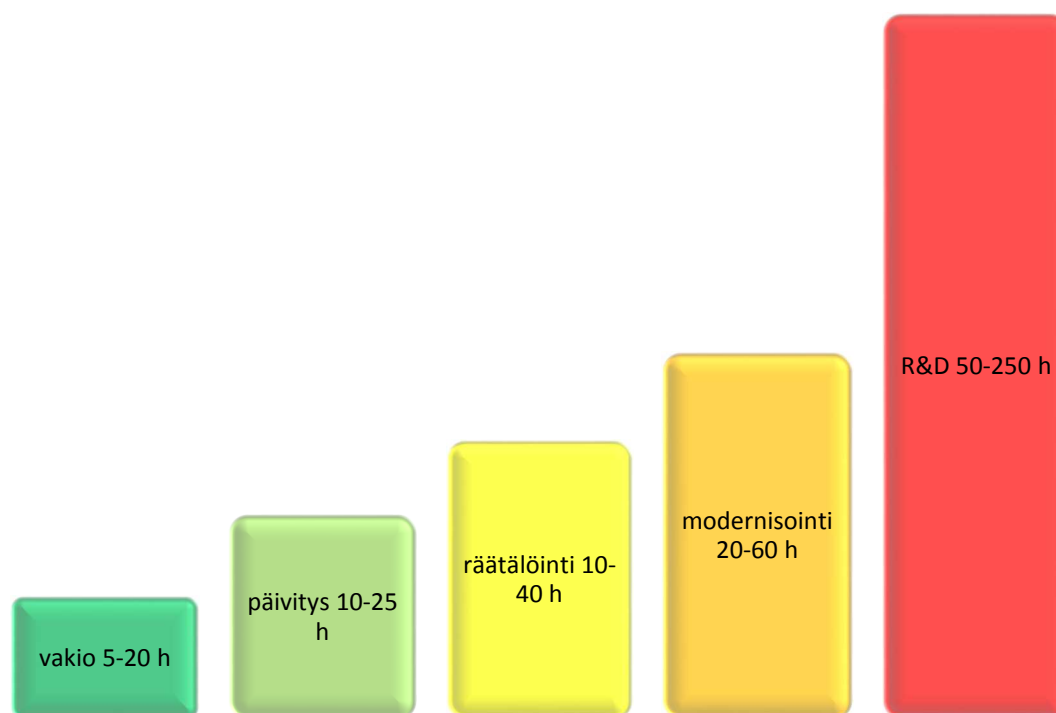
Siemensin TIA Selection Tool toimii tukiohjelmana ohjelmoitavien logiikoiden suunnittelussa. Ohjelmassa löytyy komponenttikirjasto, jonka avulla voidaan tehdä CPU:n ja tarvittavien korttien valinnat. TIA Selection Tool antaa virheilmoituksen, jos komponentit eivät ole fyysisesti yhteensopivia. Myös osaluettelo pystytään tulostamaan ohjelman kautta.

6.5 Project Portal

Project Portal on Rosendahl Nextromin sisäinen sivusto, joka on luotu projektihallintaa varten. Project Portalista löytyy suunnittelijalle osoitetut työtehtävät, tuntiraportointi ja projektinäkömä, josta selviää projektien spesifikaatiot, aikataulut ja projektitiimit.

7 PROJEKTIEIN LUOKITTELU

Valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden konevalikoima on laaja ja koneportfoliosta on arvioilta 300 konetta ja laitetta erilaisiin prosesseihin. Tuotekehitystä tehdään paljon ja usein yhteistyössä asiakkaan kanssa. Asiakkailla on erilaisia tarpeita ja räätälöintiä toteutetaan valmiisiin koneratkaisuihin, mikä tuo omat haasteensa suunnitteluun. Projekteja on erilaisia ja suunnitteluajat vaihtelevat laajasti riippuen tarvittavan päivityksen, räätälöinnin ja tuotekehityksen määrästä. Tässä luvussa on jaettu erilaiset projektit omiin projektiluokkiin sähkösuunnittelun näkökulmasta. Kuva 8 antaa kokonaiskuvaa eri projektien arvioiduista sähkösuunnitteluajoista. Projekti voi kuitenkin koostua monesta esitetystä luokasta.



Kuva 11. Projektiluokkien arvioidut sähkösuunnitteluajat.

7.1 Vakioprojekti

Yksikertaisin ja helpoin suunniteltava on vakioprojekti. Tämä tarkoittaa projektia, jossa asiakas on tilannut ns. vakiokoneen ilman räätälöintiä. Koneen tyyppirakenne eli sähkökuvat ja osaluettelo ovat ajan tasalla ja mahdolliset optiot löytyvät tyyppirakenteelta. Suunnittelu onnistuu aloituspalaverin spesifikaatiolla. Tyyppirakenne kopioidaan asiakasprojektiksi, tarpeettomat optiokokonaisuudet poistetaan, järjestelmästä tulostetaan tarvittava materiaali ja laitetaan tuotantoon.

7.2 Päivitysprojekti

Laajan konevalikoiman seurauksena on joidenkin koneiden suunnitelman vanhentuminen. Sähkökomponenttisarjat päivittyvät nopealla tahdilla, jolloin myös tyyppirakenteet vanhentuvat. Päivitysprojektilla tarkoitetaan projektin konetta, jonka tyyppirakenne on ehtinyt vanhentua ja sitä joudutaan päivittämään paljon ennen kuin asiakasprojekti voidaan siitä suunnitella. Kaikki komponentit käydään läpi ja vanhentuneet komponentit korvataan uusilla piirikaavioihin ja osaluetteloon. Vanhat esitystavat päivitetään. Sähkökeskuksen komponenttien päivitys voi joskus aiheuttaa paljon päänvaivaa, jos uudet mallit ovat fyysisesti isompia kuin vanhat. Tällöin ahtaasta sähkökeskuksesta voi loppua asennustila ja pahimmassa tapauksessa joudutaan siirtymään seuraavaan kotelo- tai kaappikokoon ja asennuslevyn sijoittelu suunnittelemaan uusiksi.

7.3 Räätälöintiprojekti

Räätälöintiprojekti on vakioprojekti, johon lisäksi tehdään asiakaserikoisuuksia. Tarvittavien lisäyksien suunnittelu voi viedä moninkertaisen ajan verrattuna peruskoneen suunnitteluun. Selvittämiseen mitä asiakas haluaa, mitä komponentteja räätälöintiin tarvitaan ja miettien miten kyseinen lisäys pystytään lisäämään olemassa olevaan sähkökeskukseen, voi olla haasteellista. Tarvittavat komponentit täytyy valita, piirtää kytkennät piirikaavioon ja esittää sähkökeskuksen sijoittelussa. Tuen tarve on näissä projekteissa suurempi, koska kysymyksiä ohjelmistosuunnittelusta ja asennuksesta tulee paljon normaali konetta enemmän.

7.4 Modernisointiprojekti

Modernisointiprojektilla tarkoitetaan asiakkaan vanhan linjan päivittämistä uuteen designiin. Asiakas haluaa esimerkiksi päivittää linjan tietyt koneet, jotta tuotannosta saadaan tehokkaampi ja lopputuotteesta laadukkaampi. Vanhentuneiden komponenttien, kuten ohjelmoitavien logiikoiden varaosatuki päättyy määrätyn ajan jälkeen ja linjojen automaatiojärjestelmiä saatetaan modernisoida varaosapuutosten takia.

Modernisointiprojektien suunnittelu poikkeaa muista projektista täysin. Se on vanhan dokumentaation varassa, jonka pohjalta suunnittelijan täytyy hahmottaa minkälainen linja tai kone asiakkaalla on, jota aloitetaan modernisoimaan. Asiakkaan vanhoja dokumentteja revisioidaan, kun modernisoinnissa tarvitaan esimerkiksi releitä ja kaapeleita hätäpysäytyspainikkeita varten vanhoihin keskuksiin. Vanhojen dokumenttien revisiointi on työlästä. Niiden saaminen tai löytäminen voi olla haasteellista ja ovat usein vanhoja tiedostoja, kuten AutoCAD-piirustuksia, joiden päivittäminen on työlästä ja hidasta. Modernisoitavat osuudet linjasta suunnitellaan niin, että koneen liittäminen vanhaan linjaan pystytään toteuttamaan. Tämä tarkoittaa usein, esimerkiksi väylämuuntimen asennusta, jotta uuden designin kone pystyy keskustelemaan vanhan linjan ohjausjärjestelmän kanssa.

7.5 R&D-projekti

R&D-projektit eli tutkimus- ja tuotekehitysprojektit voivat vaatia paljon suunnittelu-aikaa riippuen siitä, kehitetäänkö koneen tiettyä osaa, pohjautuuko uuden koneen tuotekehitys vanhaan koneeseen vai ollaanko luomassa jotain täysin uutta. R&D-projekti alkaa selvittämällä mitä ollaan suunnittelemassa ja mitä on jo suunniteltu. Mekaniikkasuunnittelun kanssa tehdään paljon tietojen vaihtoa kun selvitetään mitä sähkökomponentteja tullaan koneen sähkökeskuksessa tarvitsemaan. Sähkösuunnittelun käyttämää tyyppirakennetta lähdetään luomaan kopioimalla muista konerakenteista sopivia palasia ja sivuja ja muokkaamalla niistä uuden R&D-koneen tyyppirakenne. Yhteistyössä mekaniikkasuunnittelun kanssa mietitään sähkökeskuksen paikkaa ja kokoa. Sähkökeskuksen asennuslevyn

komponenttien sijoittelu suunnitellaan ja mietitään kaapelointireitit sähkökeskukselle. Tarvittavien toimilaitteiden manuaaleja selataan ja etsitään tietoa syöttö- ja signaalikaapeleiden kytkentöihin. Sähkösuunnittelija selvittää ja tarvitsee suuren määrän tietoa, että R&D-projektin suunnittelu saadaan valmiiksi.

Tyyppirakenne tulee suunnitella niin, että lopulta uusien asiakasprojektien koneet pystytään suunnittelemaan sen pohjalta vakioprojekteina.

8 VALOKUITU- JA VALOKUITUKAAPLIKONEIDEN SÄHKÖSUUNNITTELU

Tässä luvussa perehdytään yksityiskohtaisemmin siihen, mitä kaikkea sähkösuunnitelmaan kuuluu valokuitu- ja valokuitukaapelikoneiden sähköistyksissä.

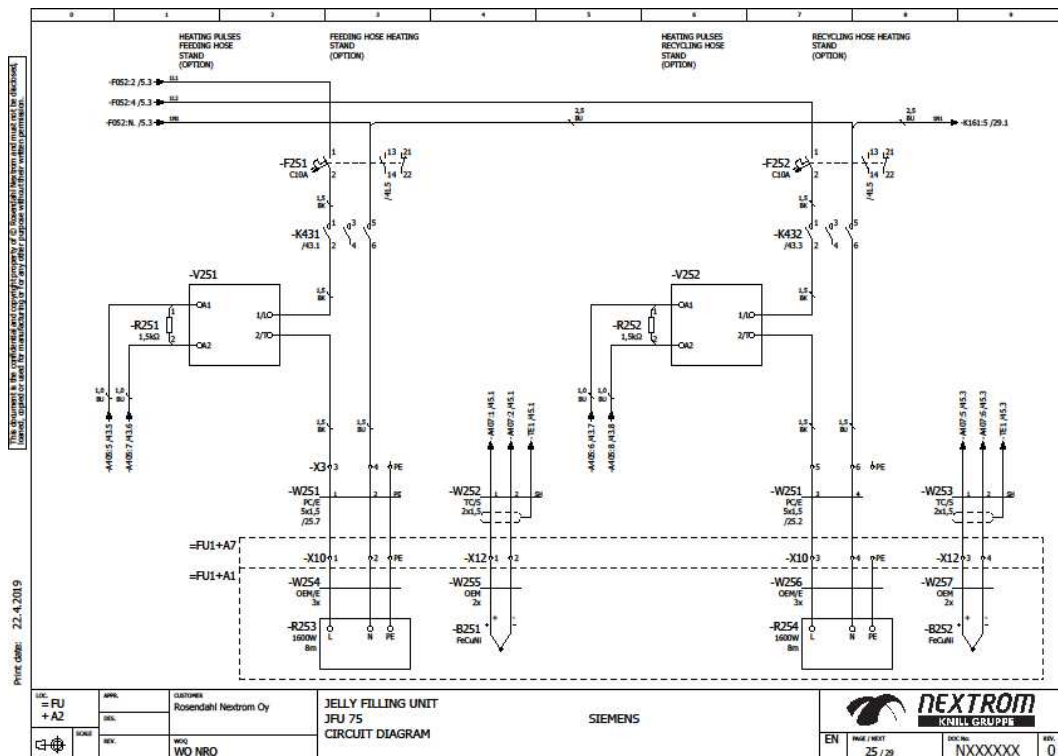
8.1 Sähkökeskus

Koneesta riippuen, sähkökeskukset pitävät sisällään mm. pääkytkimen, sähkömoottorikäytöt, katkaisijat, moottori- ja vikavirtasuojat, ohjelmoitavan logiikan, ethernet-kytkimen, riviliittimet, lämmitysvastuksen ja puhaltimen tai ilmastoinnin.

Mekaniikkasuunnittelu tekee tarvittavat moottori-, toimilaitte-, anturi-, säädin- ja lämmitysvalinnat koneen prosessista riippuen ja sähkösuunnittelu tukee valinnoissa kertoen parhaat väylä-, syöttö- tai liitävaihtoehdot. Sähkösuunnittelija suunnittelee sähkökeskukseen tarvittavat komponentit riippuen mitä moottoreita, antureita, toimilaitteita ja lämmityksiä koneessa tarvitaan. Yleensä logiikka- ja sähkömoottorikäyttövalintoja tehtäessä pyydetään tukea ohjelmasuunnittelijalta.

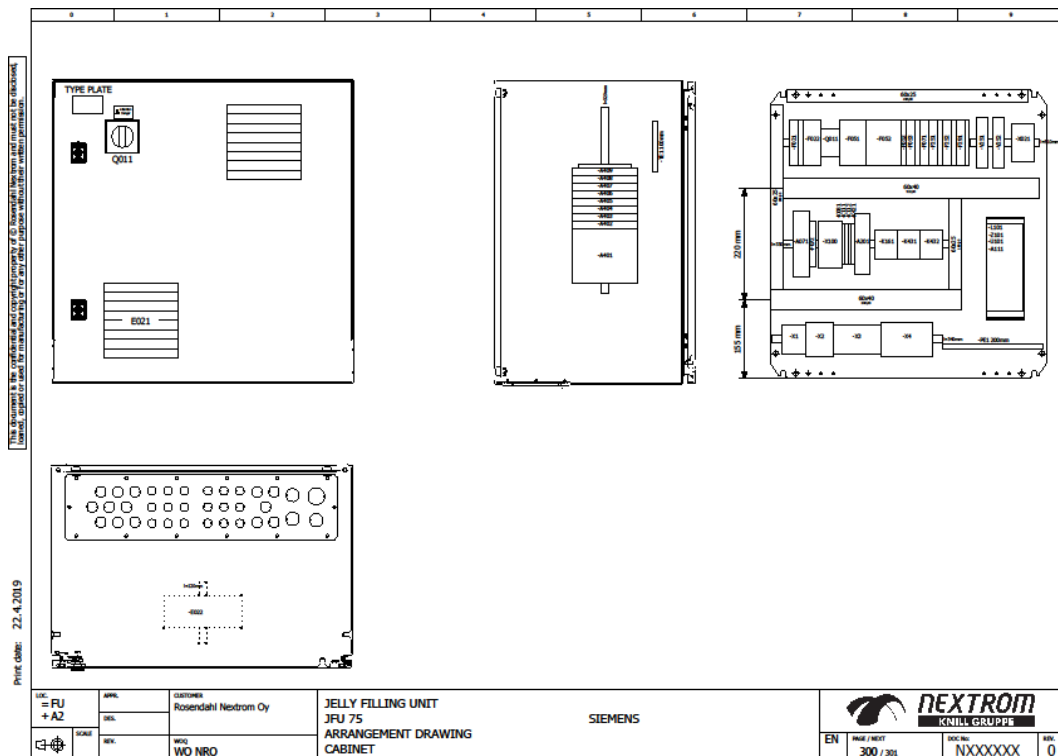
Komponentit esitetään piirikaavio- ja sijoittelusivuilla. Piirikaaviosta käy ilmi komponentin kytkennät ja mahdolliset ohjaukset. Sijoittelusivulla nähdään komponentin paikka sähkökeskuksen asennuslevyllä ja antureiden ja toimilaitteiden laitetunnukset koneen rungolla.

Piirikaavioihin merkitään sopivat johtimet, joilla komponentit kytketään toisiinsa sähkökeskuksessa ja riviliittimet suunnitellaan sähkökeskuksen ulkopuolelta tulevien kaapeleiden kytkentää varten. Kuvassa 9 on piirikaaviosivu, josta voidaan nähdä sähkökeskuksen katkaisijoiden, kontaktorien ja puolijohdereleiden johdinkytkenät ja sivun alaosassa esitettyjen koneen ulkopuolisten kaapeleiden liitokset riviliittimiin.



Kuva 12. Piirikaaviosivu.

Piirikaavioiden ollessa valmiit, tehdään sähkökeskuksen asennuslevyn sijoittelukuva. Siihen tuodaan kaikki sähkökeskuksen komponentit mittakaavassa ja suunnitellaan sopivaan järjestykseen asennuskiskoille. Asennuslevylle lisätään kaapelikourut asennuskiskojen ympärille, joissa johtimet ja kaapelit saadaan vietyä siististi. Maadoitusjohtimia varten suunnitellaan maadoituskisko ja signaalikaapeleita varten häiriönsuojakisko. Kuvassa 10 on sijoittelukuva, jossa on esitetty komponenttien, kaapelikourujen ja maadoituskiskon asennuspaikat.



Kuva 13. Sähkökeskuksen asennuslevyn sijoittelukuva.

Sähkökomponentit tuottavat hukkalämpöä, jota varten sähkökeskukseen asennetaan puhallin viilentämään tilaa. Jos asiakkaan ympäristön lämpötila on korkea, asennetaan sähkökeskukseen ilmastointi. Sähkösuunnittelija miettii sopivan paikan sähkökeskukseen, johon puhallin tai ilmastointi kiinnitetään ja kytketään. Sijoittelukuviin tehdään puhaltimen tai ilmastoinnin aukotuskuvat tuotantoa varten.

8.2 Ohjelmoitava logiikka

Koneiden äly on ohjelmoitavassa logiikassa, PLC:ssä. PLC koostuu CPU:sta, tehonlähteestä ja I/O-korteista. PLC ohjaa ja säätää mm. moottoreita, venttiileitä ja painikkeita ja kerää antureista mittaustiedot. Ohjelmasuunnittelijat tekevät ohjelmat koneiden ohjelmoitaviin logiikoihin.

Koneille on usein suunniteltu oma ala-PLC, että kone pystytään testaamaan yksilöllisesti ennen sen lähettämistä asiakkaalle. Ala-PLC liitetään linjanohjauksen pää-PLC:lle väylällä.

CPU:n ja tarvittavat I/O-kortit suunnitellaan sähkökeskukseen koneeseen tarvittavien ohjauksien, painikkeiden ja antureiden pohjalta. Kytkenät I/O-korteille esitetään piirikaavioissa ja mietitään tuodaanko kaapelointi suoraan I/O-korteille koneen ulkopuolelta vai tarvitaanko riviliittimiä kaapeleiden ja korttien väliin.

8.3 Käyttöpaneelit ja painikkeet

Koneissa on usein koneen runkoon kiinnitettyjä käyttöpaneeleja, painikkeita, painikekoteloita ja hätäpysäytyspainikkeita, joiden avulla operaattori monitoroi ja ohjaa konetta. Sähkösuunnittelu suunnittelee sopivat painikkeet ja käyttöpaneelit koneen tarpeiden mukaan ja mekaniikkasuunnittelija katsoo tarvittaessa niiden kiinnitykset ja aukotukset runkoon tai suunnittelee kotelon, johon käyttöpaneeli ja tarvittavat painikkeet saadaan kiinnitettyä.

8.4 Kaapelointi

Mekaniikkasuunnittelun suunnitteleminen moottoreille, antureille ja toimilaitteille, kuten venttiilit, suunnitellaan sähkökaapelit sähkökeskukselta. Sähkösuunnittelija mitoittaa kaapelit ja katsoo tarvittavien kaapelien ja liittimien tyypit varmistaen, että kaapelien pituus riittää kytkettäväksi sähkökeskukselle.

Kaapelireitti suunnitellaan yhteistyössä mekaniikkasuunnittelun, sähkösuunnittelun ja asennuksen kanssa. Kaapelireittejä suunniteltaessa tulee huomioida ettei tehonsyöttö- ja signaalikaapelit kulje samaa reittiä tai kourua pitkin häiriöiden estämiseksi.

Sähkösuunnittelija katsoo sopivan läpivientilaipan sähkökeskukseen, jonka läpi kaapelointi tuodaan. Vedonpoisto kaapeleille suunnitellaan keskuksen sisälle tai läpivientiholkeilla sähkökeskuksen läpivientilaippaan. Sijoittelukuvassa esitetään läpivientilaipan kautta kulkevien kaapeleiden järjestys.

8.5 Osaluettelo

Piirikaavioiden ja sijoittelusivujen suunnittelun rinnalla kerätään osaluettelorakenteelle kaikki tarvittavat sähkökomponentit. Jokaiselle sähkökomponentille on avattu oma komponenttinumero ja järjestelmään voidaan luoda rakenteita, joihin komponentit tallennetaan kappalemäärineen. Tyypirakenteella sähköosaluettelo jaetaan asennuslevyn tai sähkökeskuksen sähköosiin ja runkosähköosiin. Koneen rungolle tulevat runkosähköosat sisältävät usein kaapeleita, liittimiä, pistokkeita, painikkeita ja kytkinkoteloita. Kuvassa 14 nähdään tyypirakenteen yksi sähköosarakenne.

Partno	Code	Ver	Pcs	QTY	UoM	Desc 1	Desc 2	Desc 3	Group	Created
-A071	CN216766	0	1		Pieces	POWER SUPPLY UNIT	TRIO-PS-2G1AC/24DC/3A	No2903147	Transformers and co	23.08.2017
-F021	CN203917	0	1		Pieces	CONTACT, AUXILIARY	5ST3010 1s*1s	5SY6 SARJAAN SOPIVA	Protection devices	24.04.2009
-F021	CN203925	0	1		Pieces	CIRCUIT BREAKER	5SY6104-7 1 POLE C 4A	5SY6 SARJAAN SOPIVA	Protection devices	28.04.2009
-F022	CN207364	0	1		Pieces	RESIDUAL CURRENT OP CIRCUIT	ESL1 356-6KK06, B 6A/30	6KA, 230VAC, 50/60Hz, TY	Protection devices	24.09.2012
-F071	CN203934	0	1		Pieces	CIRCUIT BREAKER	5SY6106-6 1 POLE B 6A		Protection devices	05.05.2009
-F072	CN213090	0	1		Pieces	BASE ELEMENT FOR CIRCUIT BRE	CB 1/10-1/10 UT-BE No.2E		Protection devices	26.09.2015
-F072	CN213206	0	1		Pieces	ELECTRONIC CIRCUIT BREAKER	CB E1 24DC/2A NO P No.2	2A, 1NO	Protection devices	27.10.2015
-K081	C0105689	0	1		Pieces	RELAY, INTERMEDIATE, DIODE +	LE PLC-RSC-24D-C21		Other catalogue part	09.02.1999
-K111	C0105689	0	1		Pieces	RELAY, INTERMEDIATE, DIODE +	LE PLC-RSC-24D-C21		Other catalogue part	09.02.1999
-O011	CN203954	0	1		Pieces	TURN HANDLE, LOAD SWITCH	OHBS2AJ1 BLACK	(OT18F...OT125F)	Protection devices	15.05.2009
-O011	CN204900	0	1		Pieces	LOAD SWITCH	OT 25F BASE FIXING	25A/400V	Protection devices	03.06.2009
-O011	CN206105	0	1		Pieces	SHUNT, LOAD SWITCH	OXSK465 465mm		Protection devices	01.02.2012
-S501	CN210037	0	1		Pieces	PUSH BUTTON, E-STOP	3SB3000-1HA20 (USE CN	ROUND 40mm	PLCs and accessori	27.03.2014
-S501	CN210038	0	1		Pieces	CONTACT BLOCK, 2/NC	3SB3400-0E (USE CN218		PLCs and accessori	27.03.2014
-S501	CN210581	0	1		Pieces	SHIELD, E-STOP	3SB3921-0AB	80mm WITHOUT TEXT	PLCs and accessori	08.07.2014
-X021	CN231219	0	1		Pieces	PLUS SOCKET 1, PART	SD-DISPLAY No29634	RAIL MOUNTING	Other catalogue part	23.04.2007
-10	CN210002	0	1		Pieces	CONNECTION BOX	MAS 0606040R5	H600W600xD400	Housing cabinets an	21.03.2014
-20	CN205056	0	1		Pieces	GLAND PLATE, with knock outs	AFK42R5	SIZE 4	Housing cabinets an	17.12.2010
-30	CN207798	0	1		Package	FASTENER WALL, 4 pcs	AW41		Housing cabinets an	29.11.2012
+100	SN180357	0	1		Pieces	TERMINAL BLOCKS, CABINET	JFU 44 / 75	JELLY FILLING UNIT	Electrical assemblies	24.03.2014
+110	SN180358	0	1		Pieces	MOUNTING ACCESSORIES, CABINE	JFU 44 / 75	JELLY FILLING UNIT	Electrical assemblies	24.03.2014
-200	CN209528	0	1		Pieces	CABLE GLAND SPLIT M25x1,5	QVT 25 45702	FOR 1xQT	Housing cabinets an	10.12.2013
-210	CN209527	0	1		Pieces	SEALING SLEEVE	QT 7 42507	FOR CABLE DIAMETER 7-	Plugs, sockets, termi	10.12.2013
-220	CN210013	0	5		Pieces	SEALING SLEEVE	HSK-K M16x1,5	1.219.1600.50 FOR CABLE	Housing cabinets an	25.03.2014
-230	CN204968	0	5		Pieces	SEALING SLEEVE'S NUT	GM-FS M16x1,5 1.262.16	1.209.2000.50 FOR CABLE	Housing cabinets an	23.11.2010
-240	CN209899	0	4		Pieces	SEALING SLEEVE	HSK-K M20x1,5 1.262.20	1.209.2000.50 FOR CABLE	Housing cabinets an	25.02.2014
-250	CN205141	0	4		Pieces	SEALING SLEEVE'S NUT	GM-FS M20x1,5 1.262.20		Housing cabinets an	02.02.2011
-260	CN207803	0	1		Pieces	SEALING SLEEVE	HSK-K M25x1,5 1.209.25	FOR CABLE DIAMETER 9-	Housing cabinets an	29.11.2012
-270	CN205142	0	1		Pieces	SEALING SLEEVE'S NUT	GM-FS M25x1,5 1.262.25		Housing cabinets an	02.02.2011

Kuva 14. Koneen sähköosaluettelo tyypirakenteella.

9 SÄHKÖSUUNNITTELUPROSESSI

Sähkösuunnitteluprosessi voidaan katsoa alkavan projektin esisuunnitteluvaiheesta ja päättyvän asiakashyväksyntään, jolloin sähkösuunnittelijoilta tarvittava tuki päättyy. On kuitenkin mahdollista, että sähkösuunnittelija tukee esimerkiksi varaosatiimiä vielä asiakashyväksynnän jälkeen. Toisin sanoen, sähkösuunnittelija voi olla projektissa mukana koko sen elinkaaren ajan.

9.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelua voidaan tehdä jos on tarve selvitystyölle jo ennen aloituspalaveria. Selvitystöitä ovat esimerkiksi myynnin tukeminen sähköteknisissä asioissa ja projektinhallinnalle suunnittelutyöajan arviointi.

Sähkösuunnittelija valmistautuu aloituspalaveriin selvittämällä hänen vastuulleen projektissa annetut suunnittelutehtävät ja listaa ylös tarvittavat kysymykset aloituspalaveria varten.

9.2 Aloituspalaveri

Projektin suunnittelu alkaa yhteisellä aloituspalaverilla, jonka projektipäällikkö kutsuu koolle. Aloituspalaveriin osallistuu projektista riippuen suunnitteluosastojen esimiehet, mekaniikka-, sähkö-, ohjelma-, ja tuotannonsuunnittelijat, hankinta, tuotepäälliköt ja -insinöörit ja palaverin vetäjänä toimiva projektipäällikkö. Aloituspalaverissa käydään läpi projektitiimi, koneiden spesifikaatiot ja projekti aikataulu. Projektin kannalta kriittisiin asioihin kiinnitetään huomioita. Suunnittelijat voivat kysyä tarkentavia kysymyksiä suunnittelun toteuttamisesta. Projektipäällikkö laatii palaverista yleensä muistion, mutta suunnittelijan odotetaan tekevän henkilökohtaiset muistiinpanot itse.

9.3 Toteutussuunnittelu

Sähkösuunnittelun eri toteutusvaiheet riippuvat projektiluokasta. Toteutussuunnittelu voidaan jakaa tyyppirakenteen luomiseen, tyyppirakenteen päivitykseen ja tyyppirakenteen kopioimiseen asiakasprojektille.

9.3.1 Tyyppirakenteen luominen

Tyyppirakenteen puuttuessa tai tehtäessä R&D-projektia suunnitellaan ensin tyyppirakenne, joka toimii koneen pohjaratkaisuna kaikissa tulevilla asiakasprojekteissa. Tyyppirakenne sisältää piirikaaviot, sijoittelukuvat, kaapelilistan, osaluettelon, testausohjeen ja testiraportin. Tyyppirakenteelle mietitään yhdessä muiden suunnitteluosastojen ja tuotepäälliköiden ja -insinöörien kanssa mitkä osat koneesta on vakiota ja minkälaisiin optiokokonaisuuksiin tulisi varautua ajatellen asiakkaiden erilaisia tarpeita.

Tyyppirakenteen piirikaavioissa ja sijoittelukuvissa on tärkeää olla suunnittelua ohjeistavaa tekstiä, jotta sähkösuunnittelija, jolle kone ei ole ennestään tuttu, pystyy suunnittelemaan asiakasprojektin tyyppirakenteen avulla.

9.3.2 Tyyppirakenteen päivitys

Tyyppirakenteet vanhentuvat nopeasti uusien komponenttien ja esitystapojen korvattessa vanhat. Vanhentumiseen vaikuttaa laaja konevalikoima, jolloin päivitettävää on runsaasti, koska osaa konetyypeistä myydään harvoin. Piirikaavioihin piirretään ja päivitetään uudet komponentit ja esitystavat, osaluetteloon päivitetään uudet komponentit sekä testausohje ja testiraportti päivitetään vastaamaan uutta suunnitelmaa.

9.3.3 Asiakasprojekti

Tyyppirakenne kopioidaan asiakasprojektin sarjanumerolle pohjaksi. Piirikaaviot, sijoittelukuvat ja osaluettelot muokataan vastaamaan projektin tietoja, jolloin tarpeettomat tyyppirakenteelta kopioituneet optiokokonaisuudet poistetaan. Asiakaserikoisuudet, joita ei ole tyyppirakenteella, suunnitellaan ja lisätään projektille. Asiakkaan kytkemistä kaapeleista tehdään kaapelilistat.

Tässä työvaiheessa on tärkeää, että projektin spesifikaatio on selvillä sähkösuunnittelun näkökulmasta. Tärkeiden tietojen puuttuessa, suunnittelua ei pystytä toteuttamaan alusta loppuun yhdellä kertaa ja projekti joudutaan laittamaan hetkeksi syrjään kunnes tarvittavat tiedot saadaan. Palaaminen keskeneräiseen

projektiin on työlästä. Suunnittelija joutuu palauttamaan mieleen missä kohtaa työtä hän on menossa ja mikä on projektin spesifikaatio. Tärkeiden tietojen puuttuessa, on oleellista tietää kuka vastaa tiedon välittämisestä ja milloin tarvittava tieto saadaan.

9.4 Materiaali tuotantoon

Sähkösuunnittelun valmistuessa tulostetaan tarvittava tuotantomateriaali suunnitteluohjelmistoista ja lähetetään tuotannosuunnittelulle ja keskustuotannolle. Tuotantomateriaali koostuu piirikaavioista, sijoittelukuvista, osaluetteloista, osakuvista, riviliitinkoonnista, testausohjeista ja testiraporteista. Tuotantoon tehdään laite- ja kaapelitunnuslistat ja toimituksen yhteydessä pakattavat tavarat merkataan järjestelmään.

Suunnittelija lähettää alustavat piirikaaviot projektipäällikölle, joka ohjaa ne tarvittaessa asiakkaalle.

9.5 Asiakasdokumentointi

Koneen asennuksen ja testauksen valmistuessa, tuotannosta tulevien dokumenttien korjaukset päivitetään piirikaavioihin. Sähkökuvat, testiraportti ja mahdolliset CD:t ja lisenssit dokumentoidaan ja tallennetaan järjestelmään. Dokumentoinnille annetaan tieto, kun asiakasdokumentointi on valmis haettavaksi järjestelmästä.

9.6 Muutossuunnittelu

Jos projektiin tarvitaan muutoksia sen ollessa jo tuotannossa tai käyttöönotossa, tarvitaan sähkösuunnittelijaa suunnittelemaan muutos ja päivittämään dokumentointi. Muutoksen suunnittelu on sitä vaikeampaa mitä pidemmälle projekti on edennyt ja mitä laajempaa muutosta lähdetään tekemään.

Muutos suunnitellaan ja mietitään parhaat ratkaisut miten se pystytään toteuttamaan tuotannossa tai käyttöönotossa kaikkein helpoiten. Sähkösuunnittelija tekee tarvittavat muutokset projektin piirikaavioihin, sijoittelukuviin ja kaapelilistoille. Osaluettelo päivitetään ja tarvittavat lisäosat ja komponentit lähetetään ostolle.

Tuotantoa tai käyttöönottoa informoidaan muutoksesta ja heille lähetetään päivitetty dokumentaatio.

Muutoksen vaikuttaessa koneen pohjaratkaisuun, joudutaan tyyppirakenne päivittämään. Sähkösuunnittelija miettii, miten muutos saadaan parhaiten lisättyä tyyppirakenteelle ja päivittää tiedon piirikaavioihin, sijoittelukuviin, kaapelilistoille ja osaluetteloihin.

9.7 Tuki

Sähkösuunnittelu toimii projektin eri vaiheissa tukena mm. mekaniikkasuunnittelulle, ohjelmistosuunnittelulle, keskusvalmistukselle, asennukselle, testaukselle, dokumentoinnille ja käyttöönotolle. Kysymyksiä tulee laajasti projekteihin liittyen ja näihin kysymyksiin vastaaminen voi olla aikaa vievää kun suunnittelija joutuu palauttamaan mieliin joskus jopa vuoden takaisia asioita.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kuvaus sähkösuunnitteluprosessista, koska sellaista ei ollut olemassa yrityksessä. Sähkösuunnitteluprosessi haluttiin kuvata, jotta sähkösuunnitteluosaston toimintaa voidaan ohjeistaa ja kehittää. Prosessikuvauksella voidaan myös esittää muille osastoille sähkösuunnitteluprosessin eri työvaiheita ja kertoa eri projektiluokkien vaikutus suunnittelutyöhön.

Esitän opinnäytetyössä sähkösuunnitteluprosessin sanallisesti ja loin yritykselle kaavion, josta nähdään prosessin eteneminen asiakasprojektin alusta loppuun. Kaavio löytyy liitteestä 1.

Eri projektiluokkien vaikutus sähkösuunnitteluprosessiin kerrotaan ja sähkösuunnittelijan tehtäviä avataan työssä. Erityisesti haluttiin tietää eri työvaiheiden ajantarvetta suunnittelutyössä. Liitteessä 2 on arvioitu suunnittelutyöaika eri projektiluokissa.

Tarpeena oli myös tuottaa tarkistuslista, josta sähkösuunnittelija voi varmistaa, että jokainen työvaihe on tehty. Tein tarkistuslistan, joka on nyt käytössä sähkösuunnittelijoilla muistilistana. Tarkistuslista on liitteessä 3.

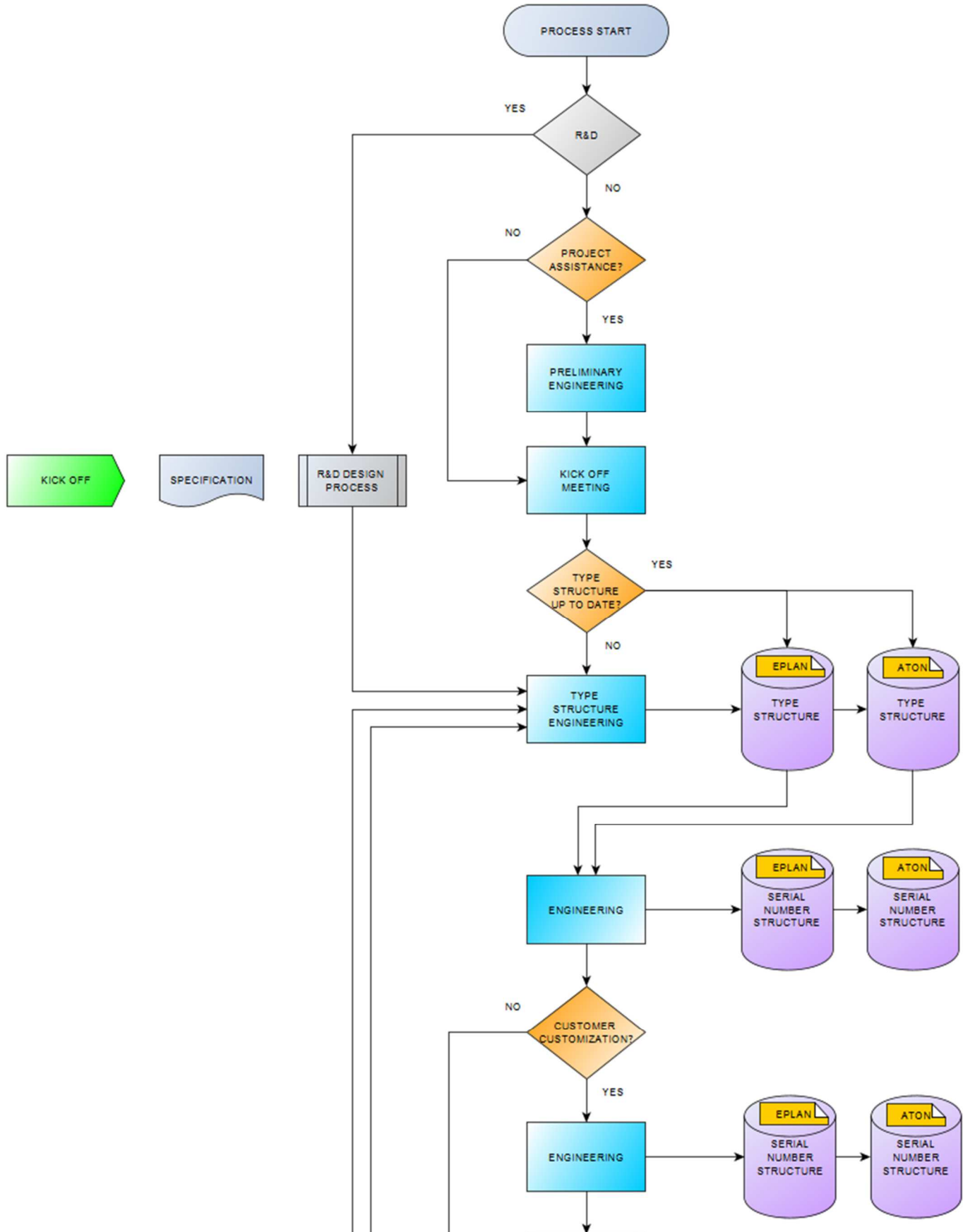
Työn edetessä on noussut esiin erilaisia kehitysideoita. Nyt kun sähkösuunnitteluprosessi on kuvattu, voidaan aloittaa suunnitteluohjeistuksen tekeminen ja miettiä, miten prosessia voitaisiin kehittää ja mitä esille nousseista kehitysideoista toteutetaan.

LÄHTEET

- /1/ Rosendahl Nextrom GmbH. Yritysesittely. Viitattu 16.3.2019.
<http://www.rosendahlnextrom.com/about-rosendahl-nextrom>
- /2/ Nokia pääsi eroon tappioyhtiöstä. 2005. Tekniikka ja talous. Viitattu 16.3.2019.
<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/2005-03-24/Nokia-p%C3%A4si-eroon-tappioyhti%C3%B6st%C3%A4-3268994.html>
- /3/ Wikipedia. Valokuidun toimintaperiaate ja rakenne. Viitattu 17.3.2019.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Valokuitu>
- /4/ Härkönen, T. 2003. Optiset liityntäverkot. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 17.3.2019.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57766/Harkonen_Tapio.pdf?sequence=1
- /5/ Rosendahl Nextrom Oy. Valmistusratkaisut. OFC 04 VAD Core Deposition System. Preformin valmistus. Viitattu 17.3.2019.
<http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/manufacturing-solutions/telecom-fibers-and-preforms/ofc-04/>
- /6/ Rosendahl Nextrom Oy. 2018. Valmistusratkaisut. Nextrom preform factory. Youtube video. Preformin valmistus. Viitattu 16.3.2019.
<https://www.youtube.com/watch?v=gyELB9i35Z0>
- /7/ Rosendahl Nextrom Oy. Valmistusratkaisut. OFC 05 OVD Clad Deposition System. Kuorikerroksen lisäys. Viitattu 17.3.2019.
<http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/manufacturing-solutions/telecom-fibers-and-preforms/ofc-05-ovd/>
- /8/ Rosendahl Nextrom Oy. Valmistusratkaisut. OFC 20 High Speed Dual Draw Tower kuidunvetotorni. Viitattu 16.3.2019.
<http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/manufacturing-solutions/telecom-fibers-and-preforms/ofc-20/>
- /9/ Pajunen, P. 2018. Control architecture of optic fiber-draw. Aalto yliopisto. Sähkötekniikan korkeakoulu. Master's thesis.
- /10/ Rosendahl Nextrom Oy. Valmistusratkaisut. OFC 35 High Speed Proof Tester kuiduntestaaja. Viitattu 16.3.2019.
<http://www.rosendahlnextrom.com/fiber-optics/manufacturing-solutions/telecom-fibers-and-preforms/ofc-35/>
- /11/ Seppelin, T. Tuotepäällikkö. 29.4.2019. Haastattelu. Rosendahl Nextrom Oy. Vantaa.

- /12/ Koneen valmistajan velvollisuudet. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Viitattu 31.3.2019
<https://tukes.fi/koneen-valmistaja>
- /13/ Koneturvallisuus. Koneiden tekniset vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 2008. Työsuojeluhallinto. Tampere. Viitattu 31.3.2019
https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc
- /14/ EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Viitattu 30.3.2019
<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/eu-vaatimustenmukaisuusvakuutus>
- /15/ Koneen sähkölaitteiston asennustyöt. 2007. Sähköalan tietokansio. Sähköinfo Oy.
- /16/ Uuden konedirektiivin/asetuksen edellyttämät dokumentit. 2009. Muistio. Sundcon Oy. Viitattu 31.3.2019.
http://www.sundcon.fi/uploads/Koneen_dokumentit.pdf
- /17/ Declaration of Conformity. Conformance. Viitattu 23.3.2019.
<https://www.conformance.co.uk/our-services/declaration-of-conformity-ce-marking>
- /18/ Koneturvallisuuden standardit. Koneturvallisuusesite. 2015. Suomen Standardisoimisliitto. Viitattu 23.3.2019.
<https://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuusesite2015web.pdf>
- /19/ SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteistot. Osa 1: Yleisen vaatimukset. s.9-10.
- /20/ SFS-EN 13849-1:2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleisen suunnitteluperiaatteet. s.7.
- /21/ Rantanen M. 2016. Eplan-makrojen hyödyntäminen sähköasemien 110 kV:n kytkinlaitoksen layout-suunnittelussa. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
- /22/ Tuotteen elinkaari haltuun. Roima. Viitattu 2.5.2019
<https://www.roimaint.fi/tuotehallinta/tuotteen-elinkaaren-haltuun/>

LIITE 1. Sähkösuunnitteluprosessikaavio



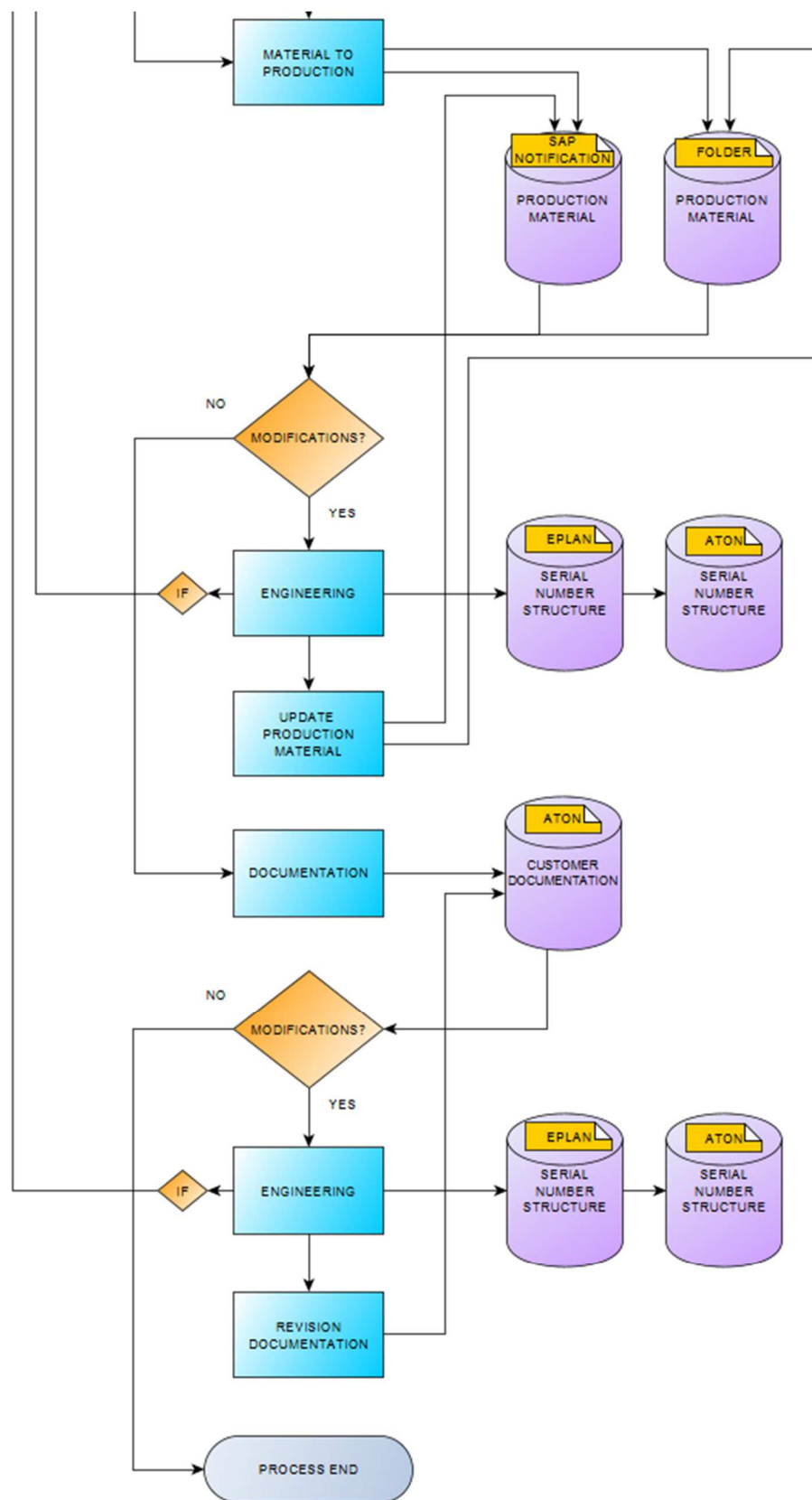
BOM READY

MECHANICAL,
SOFTWARE,
PRODUCTION,
INSTALLATION,
TESTING

TESTING READY

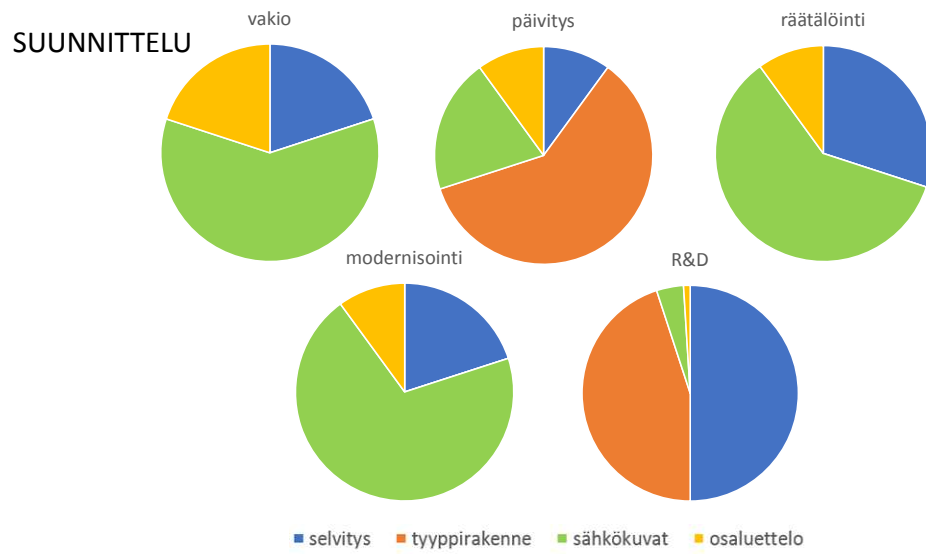
COMISSIONING

ACCEPTANCE



LIITE 2. Työaika eri projektiluokissa

	vakio	päiv.	rääät.	mod.	R&D
Suunnittelu	70%	90%	90%	95%	97%
- <i>selvitystyö</i>	20%	10%	30%	20%	50%
- <i>tyyppirakenne</i>	0%	60%	0%	0%	45%
- <i>sähkökuvat</i>	60%	20%	60%	70%	4%
- <i>osaluettelo</i>	20%	10%	10%	10%	1%
	<u>=100%</u>				
Tuotantoon	15%	10%	5%	2%	1%
- <i>manufacturing file</i>	20%	20%	20%	20%	20%
- <i>SAP Notification</i>	20%	20%	20%	20%	20%
- <i>hallimappi</i>	40%	40%	40%	40%	40%
- <i>hallituotantomateriaali</i>	20%	20%	20%	20%	20%
	<u>=100%</u>				
Asiakasdokumentointi	15%	10%	5%	3%	2%
- <i>punakynäkorjaukset</i>	20%	20%	20%	20%	20%
- <i>dokumentit Atoniin</i>	80%	80%	80%	80%	80%
	<u>=100%</u>				



LIITE 3. Tarkistuslista

Suunnittelu

- **kick off**
- **puutteet**
 - mitkä tiedot tarvitaan
 - keneltä tiedot saadaan
 - milloin tiedot saadaan
- **spec ready**
- **tyyppirakenne päivitetty**
 - katso sähköpostilista ”Kuvista ja osaluettelosta tarkistettavia asioita”
 - sähkökuvat
 - piirikaavio
 - layout
 - asennuslevy
 - kotelo/kaappi
 - aukotuskuvat
 - kone
 - läpivientilaippa
 - cable list
 - cable diagram
 - →Eplan virheajoja korjattu 1-3 kpl
 - osaluettelo
 - testausohje
 - testiraportti
- **dokumenttinumero avattu sähkökuville**
 - linkitetty sarjanumerolle
 - laitettu customer-dokumentiksi
- **dokumenttikortti avattu terminal arrangement drawingille**
 - linkitetty doc-positiolla
 - laitettu customer-dokumentiksi
- **dokumenttikortti avattu väyläkuville**
 - linkitetty doc-positiolla
 - laitettu customer-dokumentiksi
- **sähkökuvat valmiit**
 - piirikaavio
 - layout
 - asennuslevy
 - kotelo/kaappi
 - aukotuskuvat
 - kone
 - läpivientilaippa
 - cable list

- cable diagram
- →Eplan virheajot katsottu läpi
- **osaluettelo valmis**
- **piirikaavio ja osaluettelo tarkistettu paperilla**
- **pakkalistafilteerit tarkistettu**

Tuotantoon

- **manufacturing file .zip**
 - kansilehti .doc
 - sähkökuvat .pdf
 - osaluettelot .pdf & .xls
 - mounting plate/cabinet
 - frame
 - osakuvat .pdf & .dxf/dwg
 - riviliitinkoonnat .kpl & .pdf
 - testausohje .doc
 - testiraportti .doc
- **SAP Notification**
 - sähköposti tuotannosuunnittelijalle
- **esidokumentit projektipäällikölle .pdf**
- **hallimappi**
 - hallimapin etusivu
 - sähköasennusohje
 - sähkökuvat
 - osaluettelot
 - mounting plate/cabinet
 - frame
 - osakuvat
 - riviliitinkoonnat
 - testausohje
 - testiraportti
- **hallituotantoon ”HW material to manufacturing”**
 - hallimapin etusivu .doc
 - laitetunnukset .xls
 - kaapelitunnukset .xls
 - arvokilpi .pdf
- **task kuitattu portal**

Asiakasdokumentointi

- **sähkökuvien punakynäkorjaukset**
 - piirikaavio ajan tasalla
 - layoutkuvat ajan tasalla
 - cable list ajan tasalla
 - cable diagram ajan tasalla
- **terminal arrangement drawing**

- ajan tasalla
 - tiedosto tallennettu Atoniin
- **väyläkuva**
 - ajan tasalla
 - tiedosto tallennettu Atoniin
- **sähkökuvat**
 - tiedosto tallennettu Atoniin
 - sivunumerot infokentästä tarkistettu
- **testiraportti**
 - dokumenttikortti avattu
 - laitettu customer dokumentiksi
 - tiedosto tallennettu Atoniin
- **osaluettelo tarkistettu**
 - addit lisätty
 - pakkalistafiltrit
- **komponenttidokumentit**
 - CD:t
 - lisenssit
- **dokumentit valmiit**
 - sähköposti dokumentoinnille
 - task kuitattu portal