

Ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelun standardisointi

Aku Backman

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2022

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

BACKMAN, AKU:
Ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelun standardisointi

Opinnäytetyö 45 sivua
Marraskuu 2022

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelun vaatimusten standardisointi Comatec Mobility Oy:n tarpeisiin. Tehtävänä oli kartoittaa ja analysoida sopivia standardeja ja päivittää E³-suunnitteluohjelmiston ympäristön komponenttietokantaa kartoitettujen standardien pohjalta. Opinnäytetyön tavoitteena oli standardisoinnin lisäksi helpottaa ja nopeuttaa sähkösuunnittelun tiedonhankintaan käytettävää aikaa. Opinnäytetyö toteutettiin tiedonhankinta- ja kehitystyönä yhteistyössä Comatec Mobility Oy:n kanssa.

Opinnäytetyössä kartoitettiin ja analysoitiin standardeja, joista on apua ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelussa. Kartoitettujen standardien perusteella luotiin uusia ohjesymboleita, jotka päivitettiin ja dokumentoitiin E³-ympäristön tietokantaan. Ohjesymboleista löytyy tarvittava tieto nopeasti, esimerkiksi eri maiden kaapeloinnin osalta. Ohjesymboleissa on viittaus standardiin, jonka pohjalta kyseinen symboli on luotu.

Työn tuloksena kartoitettiin kattava kokoelma ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun soveltuvia standardeja sekä luotiin ohjesymboleita standardien pohjalta Comatec:n E³-ympäristöön. Ohjesymboleita laadittiin tietokantaan erillisiin pää- ja aliluokkiin riippuen symbolin sisällöstä ja standardista.

Tulevaisuudessa voidaan helposti luoda uusia ja päivittää vanhoja symboleja, kun löydetään uusia ja ajantasaisempia ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelun standardeja. Kuka tahansa E³-ympäristöä käyttävä suunnittelija voi päivittää komponenttietokantaa ohjesymbolien osalta, jolloin tietokantaa saadaan pidettyä ajantasaisena.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, standardit, ajoneuvo, liikkuva kalusto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

BACKMAN, AKU:
Standardization of the Electrical Design of Vehicles and Rolling Stock

Bachelor's thesis 45 pages
November 2022

The purpose of this thesis was to standardize the electrical standards needed for the electrical design of vehicles and rolling stock to the needs of Comatec Mobility Oy. In addition to standardizing electrical design, the aim of the thesis was to facilitate and speed up the designer's information acquisition and reduce the time spent on information acquisition.

In the thesis standards were mapped and analyzed that are helpful in the electrical design of vehicles and rolling stock. Based on the appropriate standards, new instruction symbols were created, which were updated and documented to the database of the E3 environment. In the instruction symbols, the designer can quickly find the necessary information about the standards.

As a result of the work, a comprehensive collection of standards needed for the electrical design of vehicles and rolling stock were mapped, and own categories for standards and instruction symbols were created in the database for E3 environment. As a further development in the future, new symbols can be easily created, and old symbols updated when new and more up-to-date electrical design standards for vehicles and rolling stock are found.

Key words: electrical design, standards, vehicle, rolling stock

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	YRITYSESITTELY	10
	2.1 Comatec Group.....	10
	2.1.1 Comatec Mobility Oy	10
3	SUUNNITTELUOHJELMISTON RAKENNE	12
4	STANDARDIT	16
	4.1 Standardien merkitys	16
	4.1.1 Standardin tunnus ja nimeäminen	16
	4.2 Määräykset ja direktiivit.....	17
	4.3 Kansainväliset ja Euroopassa käytettävät standardit	18
	4.3.1 IEC-standardit.....	18
	4.3.2 ISO-standardit	19
	4.3.3 Eurooppalaiset standardit.....	19
	4.3.4 Suomalaiset standardit SESKO ja SFS	20
	4.3.5 Brittiläiset standardit	20
	4.4 Amerikkalaiset standardit	21
	4.4.1 UL-standardit.....	21
	4.4.2 CSA-standardit	22
	4.4.3 ANSI-standardit	22
5	STANDARDIEN TIEDONKERUU JA OHJESYMBOLIT	24
	5.1 Työn rajaus	24
	5.1.1 Standardien kartoitus ja analysointi	25
	5.2 Komponenttietokannan päivitys.....	27
	5.2.1 Symbolien luonti standardien perusteella	27
6	TULOSTEN KÄSITTELY	31
	6.1 Standardeja ajoneuvosuunnitteluun	31
	6.1.1 Standardien välinen vertailu esimerkki	33
	6.2 Esimerkkejä ohjesymboleista	34
7	POHDINTA	40
	7.1 Jatkoimenpiteet	41
	LÄHTEET	43

LYHENTEET JA TERMIT

ANSI	American National Standards Institute, standardien kehittämistä valvova organisaatio Yhdysvalloissa.
BSI	British Standard Institution eli Yhdistyneessä kuningaskunnassa toimiva kansallinen standardointielin
CE	CE-merkinnällä varmistetaan sähkölaitteen Euroopan Unionin laatimat lainsäädännön vaatimukset
CEC	Canadian Electric Code eli CSA C22.1 on standardi sähköjohtojen ja -laitteiden turvalliselle asennukselle Kanadassa
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization eli eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
CSA	Canadian Standards Association
EN	EN-standardit eli CENELECin laatimia sähköalan standardeja Euroopan alueelle
IEC	International Electrotechnical Commission eli kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
IP	International Protection eli IP-koodi, jolla ilmaistaan kotelon suojaus
ISO	International Organization for Standardization eli kansainvälinen standardisoimisjärjestö

NEC	National Electrical Code eli NFPA 70 on standardi sähköjohtojen ja -laitteiden turvalliselle asennukselle Yhdysvalloissa
SESKO	Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardointijärjestö, joka valmistaa ja julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n kanssa suomalaisia sähköalan standardeja
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
UL	Underwriters Laboratories, pohjoisamerikkalainen turvallisuusstandardisointijärjestö
ULC	Underwriters Laboratories of Canada, pohjoisamerikkalainen turvallisuusstandardisointijärjestö
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe eli Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio

1 JOHDANTO

Suunnittelijan tärkeimpiä tiedonlähteitä omassa työssään ovat standardit, joilla varmistetaan, että suunniteltu tuote tai järjestelmä vastaavat ajantasaisia viranomaismääräyksiä. Standardeilla taataan suunnitellun laitteen tai järjestelmän laadukkuus ja taloudellisuus sekä lopputuloksen turvallisuus loppukäyttäjälle, sillä standardien ja määräysten laiminlyönti voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa hengenvaaran. Suunnittelijan on hyvä oppia tuntemaan oman alansa keskeisimmät standardit niin kansainväliset kuin kotimaisetkin sekä määräykset ja direktiivit, jotka ovat monien standardien lähtökohtana. Omassa suunnittelussa vaadittavien standardien tiedonkeruu saattaa kuitenkin olla aikaa vievää standardien valtavan määrän takia, jonka lisäksi joidenkin maiden ja maanosien omat määräykset tuovat omat haasteensa. Etenkin ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston suunnittelussa suurimmat haasteet luo standardien puute, sillä näille ei ole laadittu omia standardeja samalla tavalla kuin esimerkiksi rakennusten sähkösuunnitteluun vaadittavia standardeja. Monessa tapauksessa suunnittelu on ollut muiden standardien soveltamista. Tämä aiheuttaa sen, että ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston suunnittelijoilla ei ole selkeää ja yhteistä suuntaa sähkösuunnittelussa, joten eri tuotteissa saattaa olla erilaisia ratkaisuja.

Erilaisten piiri- ja johdinsarjakuvien suunnittelun sekä kotelo- ja keskussuunnittelun lähtökohtana ovat standardit, sillä esimerkiksi sähkösuunnittelun dokumentointi, säännöt ja erilaisten graafisten symbolien esitys perustuvat aina standardeihin. Standardeissa on tarkat ohjeistukset niin johtimen väreihin ja merkintöihin kuin piirrosmerkkeihin. Kun sähkösuunnittelun dokumentteja laaditaan asiakkaalle, täytyy kaavioiden ja ohjeistuksen olla kunnossa, jotta sähköpiirustukset vastaavat ajantasaisia viranomaismääräyksiä. Joskus kuvissa esiintyvät symbolit, merkinnät ja muut kohteet eivät kuitenkaan ole täysin ymmärrettäviä asiakkaille, joten näiltä osin on hyvä luoda ohjesymboleita ja ohjeita avuksi sähköpiirustuksiin, jotka auttavat dokumenttien luettavuutta. Piirikaavioiden voidaan esimerkiksi luoda SFS-EN IEC 60757: Code for designation of colours- standardin mukaisesti taulukko väreistä ja niitä vastaavista kirjainkoodeista (taulukko 1), joita käytetään hyväksi johtimissa riippuen, mikä on johtimen käyttötarkoitus. Näin do-

kumentin lukija osaa yhdistää piirikaaviossa esiintyvien johtimien kirjainkoodit oikeaan väriin. Kyseinen esimerkki voidaan luoda myös ohjesymboliksi suunnittelijaa varten, joka on löydettävissä heti suunnitteluohjelmiston tietokannasta. Suunnittelija voi helposti käydä tarkistamassa tietyn värin kirjainkoodi ilman, että tarvitsee etsiä oikeaa standardia. Suunnittelija säästää aikaa, kun suunnittelijalle tarvittavia ohjeistuksia ja normeja on standardisoitu valmiiksi ohjelmiston tietokantaan.

TAULUKKO 1. Värit ja niistä vastaavat kirjainkoodit (SFS-EN IEC 60757 2021, 7)

VÄRI	Kirjainkoodit
Musta	BK
Ruskea	BN
Punainen	RD
Oranssi	OG
Vihreä	GN
Keltainen	YE
Sininen	BU
Violetti	VT
Harmaa	GY
Vakoinen	WH
Vaaleanpunainen	PK
Kulta	GD
Turkoosi	TQ
Hopea	SR

Idea opinnäytetyöhön lähti Comatec Mobility Oy:n tarpeesta lähteä kehittämään ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähköstandardisointi yrityksen tarpeisiin, jota suunnittelijat voivat käyttää hyödykseen sähkösuunnittelussa. Opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa tiedonsaantia suunnittelun eri vaiheissa. Tarkoituksena oli lisäksi standardisoida ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston suunnitteluun tarvittavat standardit, sillä suunnittelijalla kuluu paljon aikaa oman aihealueen standardien tiedonkeruuseen. Työn tarkoituksena on lisäksi auttaa suunnittelijaa ymmärtämään eri maissa käytettäviä standardeja sekä niiden vastineita

esimerkiksi IEC-standardeista. Näiden analysoitujen standardien sisältöjen pohjalta luodaan uusia ohjesymboleita ja päivitetään komponenttitietokantaa ajantasaisemmaksi Comatecin E3-suunnitteluympäristössä, jossa symbolit ovat kaikkien työntekijöiden saatavilla.

Comatec Mobility Oy on osa Comatec Group konsernia, joka on erikoistunut liikkuvien työkoneiden, hyötyajoneuvojen ja liikkuvan kaluston kehittämiseen ja suunnitteluun. Tästä syystä sähkösuunnittelun standardisointi on lähdetty luomaan ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston osalta, jossa sähkösuunnittelun standardisointi on rajattu laitteen tiettyihin osiin standardien ja ajoneuvon/liikkuvan kaluston osalta, esimerkiksi kotelointiin, kaapelointiin ja toimilaitteisiin.

Opinnäytetyön sisältö on jaettu kahteen eri aihealueeseen. Ensimmäinen aihealue sisältää sopivien standardien tiedonkeruuta sähkösuunnittelun avuksi yrityksen tarpeita varten. Kerätyistä standardeista analysoidaan niiden sisältöä, lähtötietoja, vaatimuksia ja viittauksia muihin standardeihin. Standardien kartoituksessa otetaan huomioon eri maiden ja maanosien vaatimuksia ja määräyksiä, joita suunnittelussa täytyy ottaa huomioon. Ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelua varten ei ole paljoa olemassa olevia standardeja, joten tällä prosessilla halutaan selkeyttää ja yhtenäistää yrityksessä olevia standardeja sekä kuinka niitä voitaisiin käyttää ja soveltaa ajoneuvojen sähkösuunnittelussa.

Toinen aihealue sisältää Comatecin E³-suunnitteluympäristön ja komponenttitietokannan päivitystä esimerkiksi asiakasdokumentaation, ohjesymbolien ja sähkösymbolien osalta standardien mukaisesti. Ensimmäisen aihealueen tulosten perusteella E³-suunnitteluympäristön kirjastoon kerätään standardeista tärkeimmät dokumentoitavat asiat, joista luodaan ohjeistuksia ohjesymbolein suunnittelijan tarpeisiin. Suunnittelija pystyy helposti ja nopeasti tarkistamaan tarvitsemansa tiedon E³-tietokannasta.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Comatec Group

Comatec Group (kuvio 1) on teknologiateollisuuden ja koneenrakennuksen suunnittelu-, projektinhallinta- ja asiantuntijapalveluita tarjoava konserni, jonka emoyhtiö Insinööritoimisto Comatec Oy perustettiin 24.3.1986. Vuodesta 1987 eteenpäin Insinööritoimisto Comatec Oy on sijainnut Tampereella.



KUVIO 1. Comatec Group (Comatec, Tietoa meistä. n.d.)

Tänä päivänä Comatecin Group on kasvanut yhden miehen suunnittelutoimistosta lähes 600 osaajan suuruiseksi organisaatioksi, joka vaikuttaa yli 20 paikkakunnalla neljässä maassa. Comatec Groupiin kuuluu monia tytäryhtiöitä, jotka ovat Insinööritoimisto Comatec Oy, Comatec Poland, Comatec Estonia OÜ, Comatec Mobility Oy, Comatec Industrial and Marine Oy, Comatec Automation Oy, Oucons Oy, Rantotek Oy ja Comatec Project Services Oy. (Comatec, Tietoa meistä. n.d.)

2.1.1 Comatec Mobility Oy

Comatec Mobility Oy on osa Comatec Group konsernia, joka irtaantui tytäryhtiöksi emoyhtiö Insinööritoimisto Comatec Oy:sta päivämäärällä 1.10.2021. Muutoksen tavoitteena oli yhdenmukaistaa Comatec Groupin konsernirakennetta ja tehostaa toimintaa liiketoimintastrategian mukaisesti. (Comatec, Muutoksia Comatec Groupin organisaatiossa. n.d.)

Comatec Mobility Oy tarjoaa erityisesti suunnittelu- ja asiantuntijapalveluja työkonoiden, hyötyajoneuvojen ja muun liikkuvan kaluston osalta. Comatec Mobility

Oy:n keskeisimpiä osaamisalueita on suunnittelun osalta mekaniikka-, hydraulikka-, sähkö-, automaatio- ja ohjelmistosuunnittelu sekä asiantuntijapalveluiden osalta tekninen laskenta, dokumentointi, projektinhallinta, turvallisuus ja vaatimustenmukaisuus. Comatec Mobility Oy:n keskeisimpänä tavoitteena on olla asiakkaan strateginen kumppani koko tuotekehitysprosessin elinkaarin ajan. (Comatec, Comatec Mobility. n.d.)

3 SUUNNITTELUOHJELMISTON RAKENNE

Comatec Mobility Oy:lla on käytössä Zukenin luoma tietokantapohjainen E³.series suunnitteluohjelmisto, jonka etuna on yhteinen komponenttietokanta jokaisen E³.seriesin tuotteen eli moduulin välillä. E³.seriesiin voidaan laatia tarvittavat sähkösymbolit tuotekoodein ja komponentit yrityksen tarkoituksiin, jossa ne ovat kaikissa projekteissa saatavilla. Näin ollen jokaisessa projektissa ei tarvitse erikseen etsiä eri sähköosien, kuten liittimien, kontaktien ja kaapeleiden tuotekoodeja. Tietokanta koostuu kolmesta eri kirjastosta: suunnittelu-, symboli- ja komponenttikirjasto (taulukko 2).

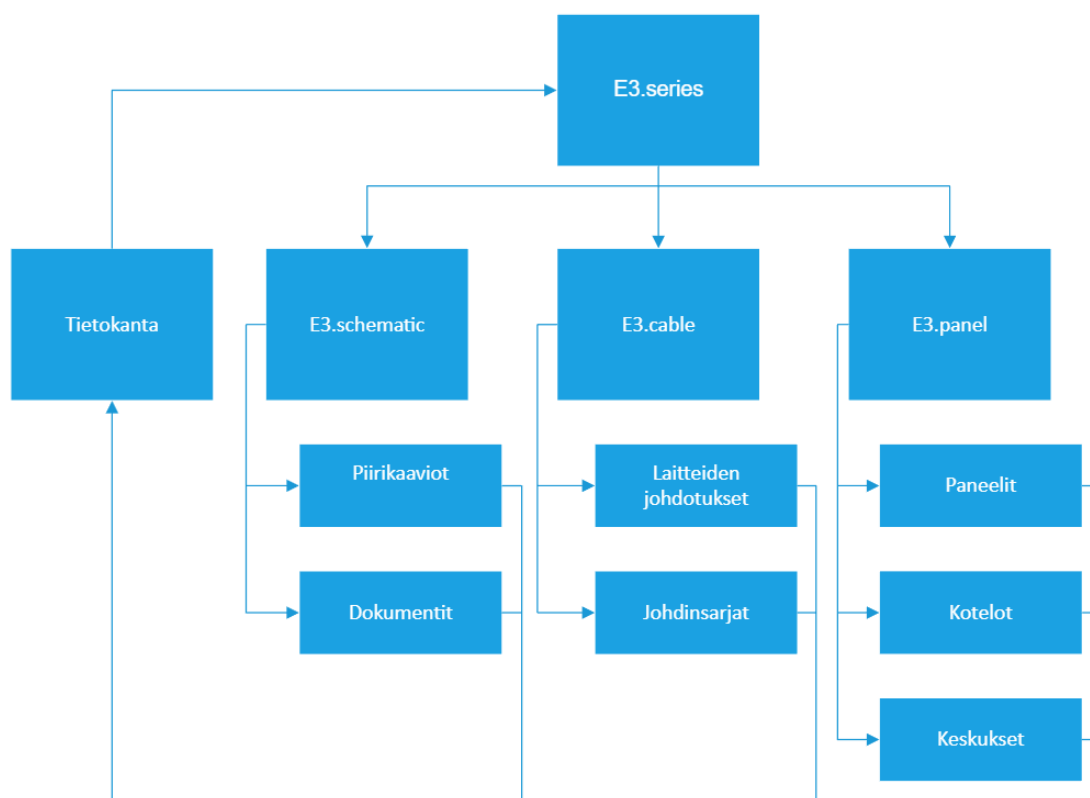
TAULUKKO 2. Tietokannan rakenne (Zuken, Database E3.schematic/cable – manual, 2019)

Configuration library	<ul style="list-style-type: none"> • Tekstityypit, värien määritelmät, attribuuttien nimet • Ristiviittaukset, yhteystyytit, johtimien värit
Symbol library	<ul style="list-style-type: none"> • Kaavojen symbolit • Erikoissymbolit (viittaukset, attribuuttien tekstimallit, arkkien formaatit, ...) • Mallit (Paneeli & Layout)
Component library	<ul style="list-style-type: none"> • Komponenttien perustiedot • Symbolien määrittäminen malleihin • Kontaktien määrittäminen, vastaavaisuudet, kontaktin nimeäminen

Suunnittelukirjastosta (Configuration Library) löytyy projektissa käytettävät tekstityypit, värimääritykset, attribuuttien nimet, poikkileikkaukset, yhteystyytit ja johtimien värit. Symbolikirjastosta (Symbol Library) löytyy piirikaavioissa käytettävät symbolit, erikoissymbolit ja mallit paneeleihin ja layoutteihin. Komponenttikirjastossa (Component Library) sijaitsee kaikki komponentit ja komponenttien kontaktien nimet ja määritykset (taulukko 2).

E³.seriesin toisena etuna kaikki eri sähkösuunnittelun dokumentit ovat linkitettyinä toisiinsa. Koska kaikki dokumentit ovat yhteydessä toisiinsa, voidaan E³.series-ohjelmistolla laatia helposti niin piiri- ja johtosarjakaavioita, kuin osa- ja kaapeliuetteloita loppudokumentaatioon asiakasta varten. E³.seriesin edut tehostavat suunnittelua ja dokumentointia, sillä E³.seriesin älykäs suunnittelujärjestelmä määrittää laitetunnukset yksilöllisesti laitteille automaattisesti. Suunnittelijan ei tarvitse määrittää erikseen tunnuksia. E³.series osaa näiden lisäksi päivittää risiiviittaukset ajantasaiseksi automaattisesti.

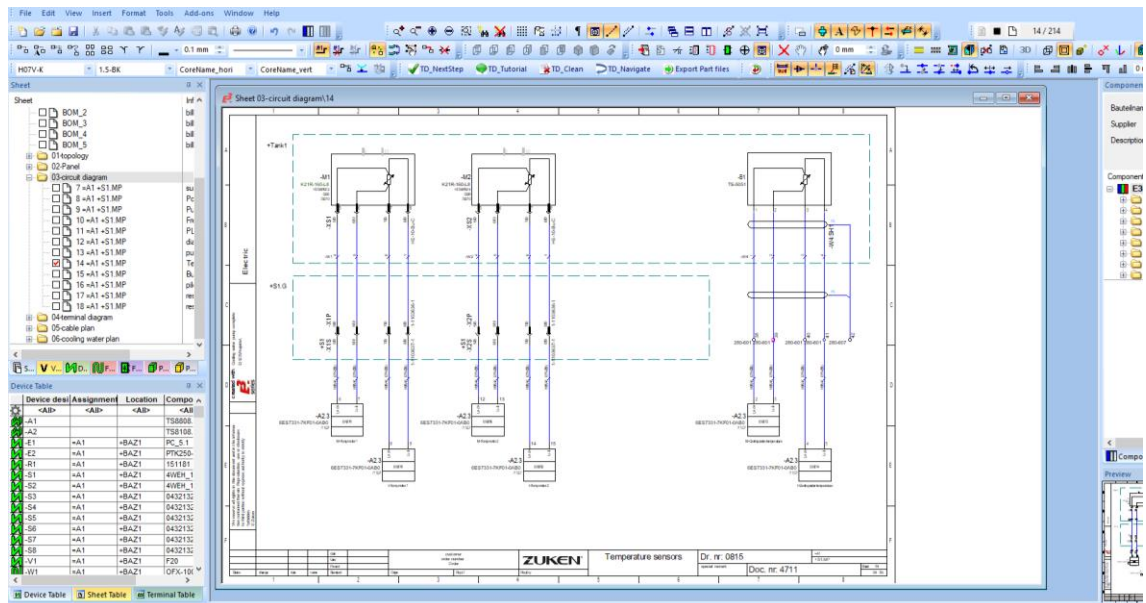
E³.seriesiin kuuluu monipuolisesti eri käyttötarkoituksiin olevia moduuleita, kuten piirikaaviosuunnitteluun ja dokumenttien tuottamiseen E³.schematic, laitteiden johdotukseen ja johdinsarjojen suunnitteluun E³.cable ja E³.panel paneelien, koteloiden ja keskusten suunnitteluun (kuvio 2). (E³.series, 2022.)



KUVIO 2. E3.seriesin moduulit ja käyttötarkoitukset

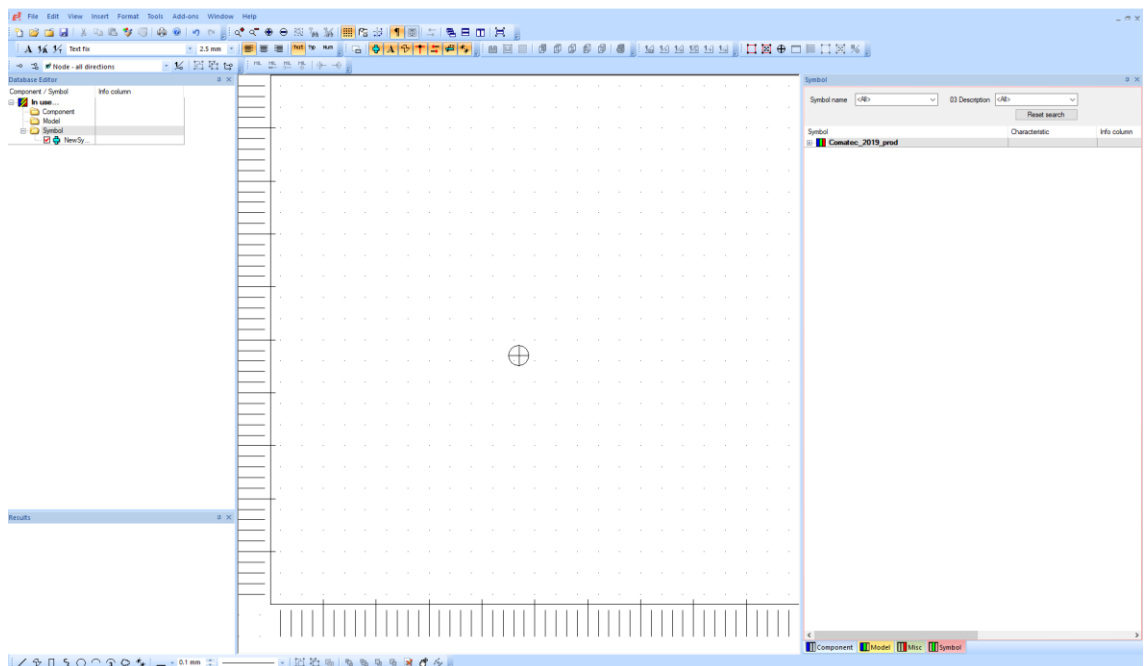
Kuvassa 1 nähdään keskellä piirikaavio, johon on luotu esimerkkikuva lämpötilantureista. Kuvaan pystytään helposti lisäämään uusia symboleita ja komponentteja drop-and-draq tyypisesti projektin kirjastosta. Vasemmalla on "Sheetit" eli projektiin laadittuja piirikaavio- ja johdinsarjapohjia. Johtimia pystytään lisäämään

helposti vetämällä viiva laitteesta laitteeseen, joiden laitetiedot tallentuvat automaattisesti "Device Tableen" eli laitetaulukkoon. Taulukosta nähdään komponenttien laitetietoja ja niiden sijainteja piirikaavioissa.



KUVA 1. Yleisnäkymä E³.cable suunnitteluohjelmistosta (E³.series, 2022)

Ohjesymbolien laadinnassa käytettiin avuksi E³.seriesin tietokantaeditoria (kuva 2), jolla pystyttiin määrittämään komponentteja, malleja ja symboleja sekä attribuuttien, tekstien ja värien vakiomäärittäksiä.



KUVA 2. Tietokantaeditori

Editorilla voidaan symbolien lisäksi luoda olemassa olevia komponentteja, joista ilmenee eri tuotteiden tarkemmat tiedot ja yksityiskohdat asiakkaalle.

4 STANDARDIT

4.1 Standardien merkitys

Standardeilla eli normeilla tarkoitetaan eri standardointiorganisaatioiden laatimia kirjallisia julkaisuja, joihin on määritetty ja sisällytetty informaatiota. Informaatiota on tietyn asian vaatimuksista, ohjeista, ominaisuuksista ja suosituksista. Standardeja on luotu esimerkiksi teollisuustuotteille, tuotteiden valmistukselle, tuotteiden testaukselle, järjestelmille ja erilaisille palveluille. (SFS, Mikä on standardi. n.d.)

Standardit perustuvat yhteisymmärrykseen ja ovat jonkun tunnustetun elimen hyväksymiä asiakirjoja, kuten SFS-standardit Suomessa. Standardit syntyvät tarpeesta luoda yhteiset säännöt kaikille. Standardit luovat myös pohjan suunnittelulle, joilla varmistetaan tuote laadukkaaksi ja turvalliseksi. Standardien käyttö pohjautuvat useassa tapauksessa vapaaehtoisuuteen, mutta niitä noudattamalla varmistetaan, että suunnittelussa noudatetaan viranomaismääräysten vaatimuksia. (SFS, Mikä on standardi. n.d.)

Esimerkiksi suorittamalla sähköitä tekevälle pakollinen sähkötyöturvallisuuskortti SFS 6002 varmistetaan siitä, että sähköalan ammattilainen ymmärtää omassa työssään SFS 6002 sähkötyöturvallisuusstandardin asettamia sähkötyöturvallisuuden vaatimuksia sähkölaitteistojen käyttöönotossa ja niiden läheisyydessä turvalliseen sähkötyöskentelyyn. Kyseistä standardia noudattamalla noudatetaan voimassa olevia viranomaisten määräyksiä koskien sähkötyöturvallisuutta. (Koulutusmaailma, SFS 6002. n.d).

4.1.1 Standardin tunnus ja nimeäminen

Standardin tunnuksesta selviää paljon tietoa, kuten onko standardi missä vahvistettu. Standardi on voitu vahvistaa esimerkiksi joko kansalliseksi, eurooppalaiseksi tai kansainväliseksi standardiksi. Standardin tunnus kertoo lisäksi yksilöidyn standardin numeron ja vahvistamisvuoden. Standardin nimestä selviää standardin johdanto, pää- ja sivuosa, eli standardin nimi pyrkii kertomaan kaiken

tärkeän oleellisen tiedon, kuten mihin standardi liittyy, mikä on standardin aiheisältö ja vielä standardin tarkennettu sisältö (kuva 3).



KUVA 3. Standardin nimeäminen (SFS, Mikä on standardi. n.d)

4.2 Määräykset ja direktiivit

Standardien lisäksi suunnittelijan on tunnettava keskeisimpiä määräyksiä ja direktiiviä, sillä nämä ovat standardien lähtökohtana. Määräykset ovat julkista valtaa käyttävän elimen antamia yksipuolisia, velvoittavia ja kirjallisia tahdonilmaisuja, jotka ovat oikeudellisesti velvoittavia. Vuonna 1947 perustettu Yhdistyneiden kansakuntien talouskomissio (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) on yksi tällaisesta julkista valtaa käyttävä elin, jonka määräyksiä pohjalta on esimerkiksi standardeja laadittu. (UNECE, n.d.) Sähkölaitteiden ja johtojen suojauksesta on määrätty seuraavanlaisesti UN R107- määräyksessä:

“7.5.2. Electrical equipment and wiring

7.5.2.1. All cables shall be well insulated and all cables and electrical equipment shall be able to withstand the temperature and humidity conditions to which they are exposed. In the engine compartment, particular attention shall be paid to their suitability to withstand the environmental temperature and the effects of all likely contaminants.” (UNECE R107 2021, 45).

Kyseinen määräys on sähkösuunnittelun lähtökohtana ajoneuvotekniikassa, kun puhutaan johtojen ja sähkölaitteiden suojauksesta. Määräyksen mukaan kaikkien kaapeleiden on oltava hyvin eristettyjä ja kaikkien kaapeleiden ja sähkölait-

teiden on kestettävä lämpötila- ja kosteusolosuhteet, joille ne ovat alttiina kyseisen määräyksen mukaisesti. Käyttämällä standardeja noudattaa myös näitä määräyksiä. (UNECE R107, 2021, 45)

Direktiivit ovat Euroopan unionin laatimia toimintaohjeita, joita kansallisen lainsäätäjän on noudatettava maansa lainsäädännössä. Suomessa lainsäätäjänä toimii eduskunta, jonka velvollisuus on noudattaa Euroopan unionin antamia lainsäädäntöohjeita. *Conformité Européenne* eli CE-merkintä on esimerkki Euroopan unionin laatimasta direktiivistä, joka tunnetaan CE-merkintänä sähkölaitteissa. CE-merkinnällä varmistutaan siitä, että laite on turvallinen ja se vastaa Euroopan unionin asettamia toimintaohjeita. (Tukes, n.d.)

4.3 Kansainväliset ja Euroopassa käytettävät standardit

Kansainvälisesti on olemassa monia eri standardointijärjestöjä, jotka määrittävät kansainvälisesti käytettäviä vaatimuksia. Kansainvälisten standardien lisäksi löytyy maanosien omia standardeja, kuten Euroopassa käytettäviä EN-standardeja ja näiden lisäksi joka maiden omia kansallisia standardeja, kuten Suomen SFS-standardit ja Ruotsin SS-standardit.

4.3.1 IEC-standardit

Yksi tunnetuimmista ja tärkeimmistä kansainvälisistä sähköalan standardiorganisaatioista on vuonna 1906 perustettu International Electrotechnical Commission (IEC), jonka kansainvälisiä sähkötekniikan standardeja käytetään Euroopan ja kansallisen standardointityön pohjana. IEC-standardit kattavat laajan valikoiman sähkön tuotannosta, puolihohteista, akuista sekä monesta muusta. Nämä standardit tarjoavat ohjeita, sääntöjä ja määritelmiä eri tarkoituksiin. IEC-standardit tunnistaa IEC- alkutunnuksesta, esimerkiksi standardi IEC 60417: Graphical symbols for use on equipment. (SESKO, IEC-standardit, n.d.)

IEC-standardeja käytetään esimerkiksi sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksissa, testauksissa ja sertifiointeissa. IEC-

standardit ovat vapaaehtoisia ja suosituksia, mutta kuitenkin useasti teknisissä määräyksissä viitataan näihin kansainvälisiin standardeihin, sillä ne helpottavat lainsäädäntöä. Suurin osa eurooppalaisista standardeista perustuvat IEC-standardeihin, kuten Suomessa suurin osa sähköalan SFS-standardeista, ovat identtisiä tai perustuvat EN- ja IEC-standardeihin. IEC-standardit ja näihin perustuvat standardit ovat tärkeitä sähkösuunnittelijalle standardien vapaaehtoisuudesta huolimatta, sillä IEC-standardeilla mahdollistetaan kansainvälinen yhteistyys sähkösuunnitteluun ja joiden käytöstä ei kannata poiketa direktiivien ja määräysten vuoksi. Standardeja noudattamalla täytetään viranomaismääräysten vaatimuksia. (IEC, Understanding standards, n.d.)

IEC-standardit ovat tärkeimpiä sähköalan standardeja suunnittelijalle. IEC-standardeja käytetään lähes kaikkialla jollakin tavalla.

4.3.2 ISO-standardit

International Organization for Standardization (ISO) on kansainvälinen standardisointijärjestö, jonka ISO-standardit keskittyvät laatu- ja materiaalistandardeihin, rakennus-, tuote- ja materiaalistandardeihin. (ISO, N.d). Erona IEC-standardeihin on se, että IEC keskittyy pääasiassa kaikkiin kansainvälisiin sähkötekniikan standardeihin. ISO-standardit tunnistaa ISO etuliitteestä, kuten SFS-EN ISO 12100: Safety of machinery. General principles for design. Risk assessment and risk reduction.

4.3.3 Eurooppalaiset standardit

Vuonna 1973 perustettiin Euroopan sähkötekniikan standardointikomitea eli CENELEC (European Committee For Electrotechnical Standardization), joka vahvistaa eurooppalaisia EN-standardeja. EN-standardien on oltava identtisiä kaikissa CENELECin jäsenmaissa eli ne ovat käytössä kaikissa EU- ja EFTA-maissa. (CENELEC, n.d). EN-standardit on saatettava kansallisen standardin asemaan, joten EN-standardit eivät saa olla ristiriidassa kansallisten standardien kanssa. Täten EN-standardit perustuvat suurimmalta osin kansainvälisiin IEC-

standardeihin. (SESKO, EN-standardit, n.d). EN-standardit tunnistaa EN- alkutunnuksesta, esimerkiksi SFS-EN 60204: Safety of machinery – Electrical equipment of machines tai EN 13501: Fire classification of construction products and building elements. (CENELEC, n.d.) Lähes 80% EN-standardeista perustuvat IEC-standardeihin. (IEC, Understanding standards, n.d.)

4.3.4 Suomalaiset standardit SESKO ja SFS

Suomessa toimiva SESKO on Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardointijärjestö, joka valmistaa ja julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n kanssa suomalaisia sähköalan standardeja. SFS-standardit ovat suomalaisia sähköalan standardeja, jotka suurimmalta osin perustuvat eurooppalaisiin EN-standardeihin ja kansainvälisiin IEC-standardeihin. Suomalaiset SFS-standardit tunnistaa SFS- alkuliitteestä, kuten eurooppalainen vahvistettu SFS-EN 60529: Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi) tai Suomen omat SFS 6000-standardit. (SESKO, SFS-standardit, n.d.)

4.3.5 Brittiläiset standardit

British Standards Institution (BSI) perustettiin vuonna 1901 ja on Iso-Britanniassa toimiva voittoa tavoittelematon standardointielin, joka tarjoaa maailmanlaajuisia palveluita toisiinsa liittyvillä standardoinnin, järjestelmien arvioinnin, tuotesertifiointin, koulutuksen ja neuvontapalvelujen aloilla. (BSI Group, n.d.)

Kyseiset standardit tunnistaa BS- etuliitteestä. BSI on edelleen osa eurooppalaisista standardisointiorganisaatiota CENELEC:ä huolimatta siitä, että Iso-Britannia erosi Euroopan unionista vuonna 2020. (BSI jatkaa CENELECin jäsenenä, METSTA. n.d.) BSI on velvollinen ottamaan käyttöön ja julkaisemaan kaikki EN- standardit identtisinä brittiläisinä standardeina, jolloin standardit saavat etuliitteen BS EN, kuten standardi BS EN 14861: Forest machinery – Self propelled machinery- Safety requirements. BSI on lisäksi velvollinen poistamaan aiemmat brittiläiset standardit, jotka ovat ristiriidassa EN-standardien kanssa. (BS standardit, Valmistajat, n.d.)

4.4 Amerikkalaiset standardit

Kansainvälisten standardien IEC ja ISO lisäksi Yhdysvalloissa ja Kanadassa käytetään amerikkalaisia standardeja. Pohjois-Amerikassa on omat vaatimukset esimerkiksi turvallisuudelle.

4.4.1 UL-standardit

UL eli Underwriters Laboratories standardit ovat useasti pohjoisamerikkalaisissa vaatimuksissa IEC-standardien ohella. UL on turvallisuustieteen asiantuntija, jonka UL-merkintä on turvallisuus- ja laatuhyväksyntä Pohjois-Amerikan markkinoille. UL-merkinnästä tietää, että tuote on testattu ja valmistettu turvallisesti. Esimerkkinä UL 508A- ohjauspaneelistandardi, määrittää ohjauspaneelin suunnittelun niin, että se täyttää hyväksyttävät turvallisuusstandardit. (Yleiselektronikka, UL-Hyväksytyt kaapelit, n.d).

UL-listaus on vaikeampi saada kuin UL-tunnustusta, sillä valmistajat itse valitsevat sertifioidut komponentit. UL-listaukseen hyväksyntä on haettava erikseen. UL-listaus on erikseen Yhdysvaltojen ja Kanadan omille markkinoille, mutta myös näiden maiden yhteisille markkinoille. Markkina-alue ilmenee nimestä, kuten ULC eli Underwriters Laboratories of Canada merkintä laitteessa kertoo, että tuote on testattu Kanadan vaatimuksien mukaisesti (kuva 4). (Yleiselektronikka, UL-Hyväksytyt kaapelit, n.d.)

	Mark for U.S.	Mark for Canada	Mark for U.S. / Canada
Listing mark			
Recognition mark			

KUVA 4. UL-hyväksynät (Yleiselektronikka, UL-Hyväksytyt kaapelit, n.d)

4.4.2 CSA-standardit

CSA-standardit ovat kanadalaisen standardisoimisjärjestön eli Canadian Standards Associationin laatimia turvallisuusstandardeja esimerkiksi sähkölaitteille, koneille ja laitteille, jotka säätelevät sovellettavien sähkötuotteiden turvallisuutta. Canadian Standards Association perustettuun vuonna 1919 voittoa tavoittelemattomaksi standardointijärjestöksi. Monet CSA turvallisuusstandardit ovat hyväksytyt Kanadan virallisiksi standardeiksi, joita hallitukset, maakunnat ja viranomaiset viittaavat niihin laeissa ja määräyksissä. Tämän vuoksi joidenkin CSA-standardien noudattaminen on pakollista soveltuville sähkötuotteille, esimerkiksi kaikissa Kanadan alueilla lait edellyttävät, että virtalähteisiin kytketyt sähkökoneet ja laitteet ovat CSA:n turvallisuusstandardien mukaisia tyyppistä ja määrästä riippumatta. (SMC, What are CSA standards. N.d). Useimmat standardit kuitenkin ovat vapaaehtoista, joiden noudattamisesta on yritykselle hyötyä. (CSA Group, N.d).

CSA-standardit, jotka ovat hyväksytyt Kanadan virallisiksi standardeiksi, on merkitty etukoodilla ”CAN”. Kun ajoneuvon tai liikkuvan kaluston tuotekehitystä tehdään Kanadan suuntaan, suunnittelijan on otettava huomioon paikalliset CSA-standardit sähkösuunnittelussa. Huomioonotettavia CSA:n sähköasennusten turvallisuusstandardeja ovat CAN/CSA C22.1 ja CAN/CSA C22.2, joissa määritellään esimerkiksi johdotusmääräyksiä, sähkökoneille, laitteille ja niiden osille ja materiaaleille. (What are CSA standards, SMC, n.d.) CSA C22.1 tunnetaan myös nimellä Canadian Electrical Code eli CEC. Canadian Electrical Code -standardi määrittelee sähköjohtojen – ja laitteiden turvalliset asennukset Kanadassa. (Canadian Electrical Code, CSA Group, n.d.)

4.4.3 ANSI-standardit

Yhdysvalloissa standardien kehitystä valvoo vuonna 1918 perustettu American National Standards Institute eli ANSI. (ANSI, n.d.) Eräs ANSIn hyväksymiä standardeja on National Electrical Code (NEC), tunnetaan myös nimellä National Fire Protection Association 70, NFPA 70 tai ANSI/NFPA 70, joka on standardi Yhdys-

valloissa sähköjohtojen ja -laitteiden turvallisille asennuksille. Kyseisessä standardissa on esimerkiksi määritetty Yhdysvalloissa käytettävien kaapeleiden värit. (NFPA 70, 2023.)

5 STANDARDIEN TIEDONKERUU JA OHJESYMBOLIT

5.1 Työn rajaus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda ja päivittää Comatecin E³-suunnitteluympäristön tietokantaa standardien pohjalta sekä standardisoida ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston suunnittelussa tarvittavia standardeja. Ongelmana on ollut, että puhtaasti ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun tarkoitettuja standardeja ei ole montaa olemassa, vaan on jouduttu soveltamaan muista standardeista, kuten ajoneuvojen keskusten luonnissa. Lisäksi haasteensa on tuonut eri maiden vaatimukset koneturvallisuudelle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli poistaa näitä ongelmia ja selkeyttää sähkösuunnittelussa tarvittavia standardeja. Standardeista kerättiin tärkeimmät asiat, joiden pohjalta luotiin ajantasaisia ohjesymboleista sähkösuunnittelun avuksi. Tämän tarkoituksena oli nopeuttaa suunnittelijan tiedonkeruuta.

Standardien valtavan määrän vuoksi aihealuetta rajattiin tiedonkeruuta varten seuraavan laisesti:

- Ohjaamo
- Voimanlähde
- Alusta
- Toimilaitteet
- Kotelointi
- Kaapelointi
- Liitäntätavat
- Mahdollisesti muut soveltuvat standardit

Edellä mainitussa rajauksessa on rajattu standardit pääpiirteittäin ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sisältämään tekniikkaan. Kyseiset rajaukset ovat pääalueet, joiden alle standardeja lähdettiin kartoittamaan, jotka tukevat ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston suunnittelua.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain tiettyihin esimerkkeihin aihealueen laajuuden ja vuoksi kuitenkin siten, että opinnäytetyön prosessin eteneminen ja sen tulokset välittyvät lukijalle.

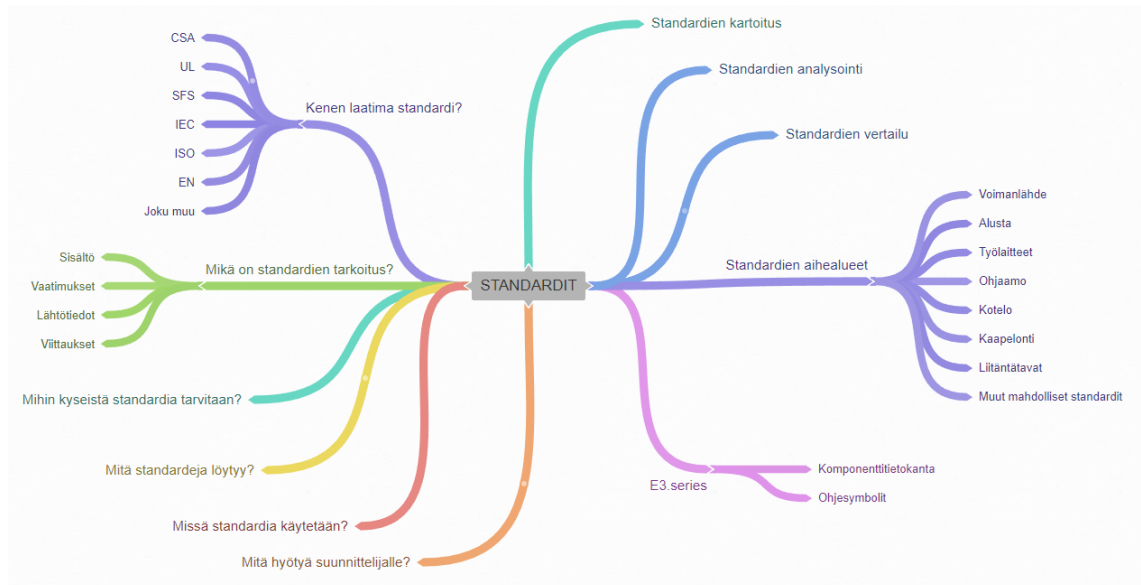
5.1.1 Standardien kartoitus ja analysointi

Oikean standardin löytäminen saattaa olla hankalaa standardien valtavan määrän vuoksi. Eri maiden ja maanosien standardien takana saattaa olla eri standardointiorganisaatiot, jotka laativat standardeja omien maiden ja maanosien määräysten mukaan. Joitakin standardeja käytetään kaikkialla, joitakin vain tietyissä maissa, kuten Suomessa SFS-standardit, Kanadassa CSA-standardit tai Iso-Britanniassa BSI-standardit. Standardien kartoituksessa selkeytetään eri standardien merkityksiä ja käyttötarkoituksia sekä verrataan muiden maiden vastaaviin standardeihin.

Yrityksen tarpeita varten kartoitettiin voimassa olevia standardeja, joita tarvitaan ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelussa sekä mistä olisi oikeasti hyötyä suunnittelijalle. Kartoitus alkoi sopivien standardien ja määräyksien keräämisellä ja analysoinnilla. Standardien analysoinnissa tarkasteltiin näiden sisältöjä ja vaatimuksia, sekä kuinka niitä mahdollisesti voitaisiin käyttää ja hyödyntää komponenttietokannan päivittämisessä ja ohjesymbolien laadinnassa. Sisällöstä analysoitiin lisäksi näiden antamia lähtötietoja ja viittauksia muihin standardeihin. Tarkastelemalla viittauksia muihin standardeihin sai laadittua selvän polun eri standardien välillä. Kartoituksessa standardien sisältö lajiteltiin eri aihealueisiin, kuten eri maissa käytettävien kaapeleiden väreihin. Kartoituksessa pääpaino oli kansainvälisissä standardeissa, kuten IEC-standardeissa, mutta tutkimustyössä haluttiin mahdollisesti löytää vastaavia Pohjois-Amerikassa käytettävistä turvallisuusstandardeista.

Sopivien standardien löydettyä ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston osalta näitä standardeja tarkasteltiin paremmin. Standardeista haluttiin tietää näiden sisältö, vaatimukset, lähtötiedot ja mahdolliset viittaukset muihin standardeihin sekä mihin kyseistä standardia tarvitaan. Standardien sisältöjen perusteella tarkasteltiin

ja pohdittiin hyödyllisyyttä suunnittelijan tarpeita ja komponenttietokantaa varten. Prosessista laadittiin kuvan 5 mukainen ajatuskartta.



KUVA 5. Ajatuskartta prosessista

Ajatuskartta auttoi hahmottamaan standardien tarkastelua. Kyseisellä prosessilla karsittiin turhat standardit pois, sillä mahdollisesti sopivien standardien tiedonkeruussa standardien määrä kasvoi valtavaksi.

Ajatuskarttaa (kuva 5) hyödyntäen lähdettiin kartoittamaan, analysoimaan ja vertailemaan ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston aihealueen rajauksen mukaisesti, kuten ohjaamoon, kaapelointiin ja kotelointiin, liittyviä standardeja. Standardeista analysoitiin näiden käyttötarkoitusta ja soveltuvuutta, sekä missä sitä käytetään, kenen laatima, mitä hyötyä suunnittelijalle ja mihin kyseistä standardia käytetään. Näiden tietojen pohjalta voitiin lähteä suunnittelemaan, kuinka löydettyjä standardeja voidaan hyödyntää suunnittelussa ja komponenttietokannan päivittämisessä.

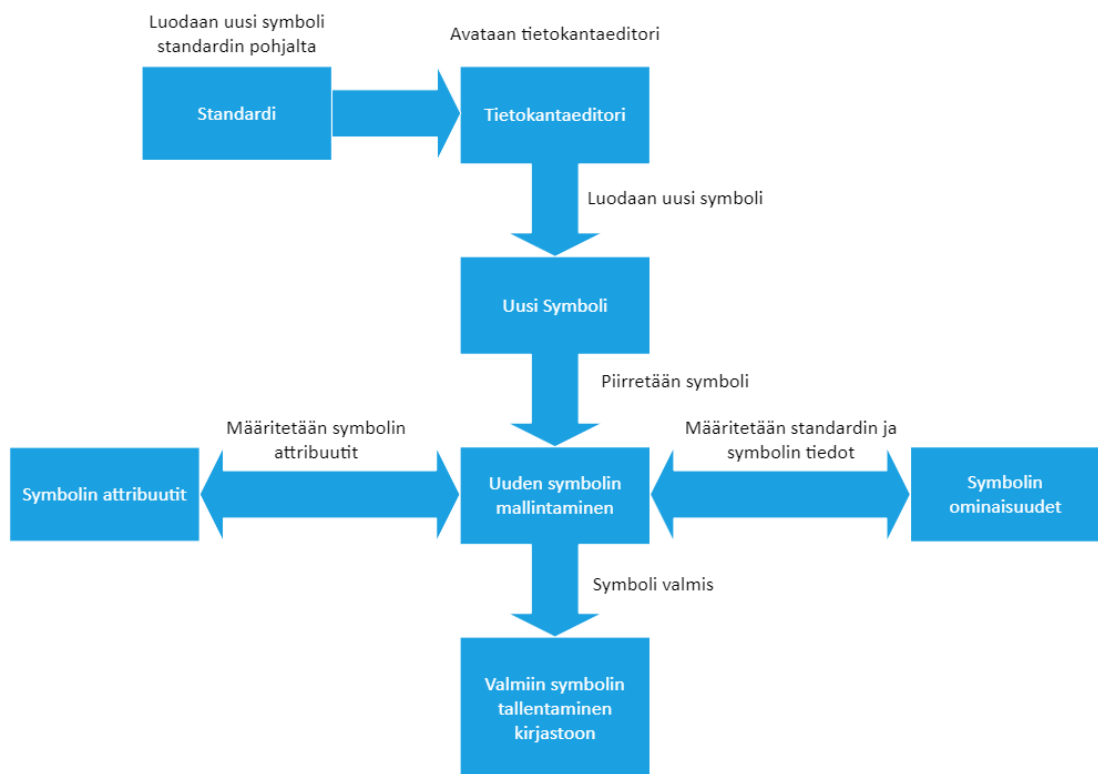
Sopivia standardeja etsittiin Comatecin omasta standardikirjastosta, internetistä löytyvästä materiaalista ja Comatecin työntekijöiden haastatteluiden kautta, joilla on kokemusta ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelun osalta. Haastatteluissa haastateltiin kokeneimmilta suunnittelijoilta etenkin heille tärkeimpiä standardeja omassa työssään ja kuinka he ovat soveltaneet niitä.

5.2 Komponenttietokannan päivitys

Kartoituksessa löydetystä sopivista standardeista voitiin standardien sisällöistä luoda uusia ohjesymboleita ja päivittää komponenttietokantaa. Symboleista haettiin tehdä yksinkertaisia mahdollisimman käytännön viittauksineen.

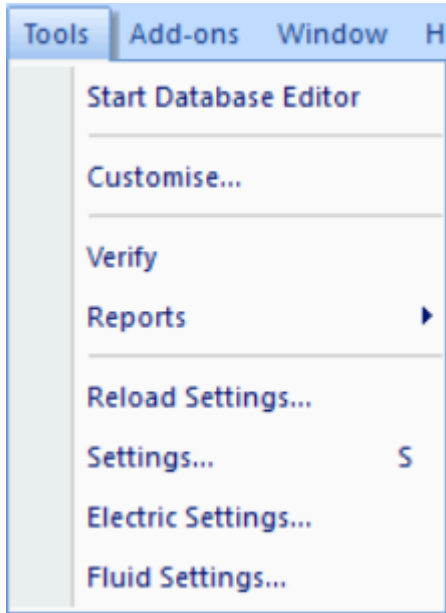
5.2.1 Symbolien luonti standardien perusteella

Kun luodaan symboli standardin pohjalta, piirretään ja mallinnetaan se ensin tietokantaeditorilla. Valmiiseen symboliin määritetään attribuutit ja oikeat tiedot standardista ja symbolista. Kun symboli on valmis, voidaan se tallentaa kirjastoon (kuvio 3).



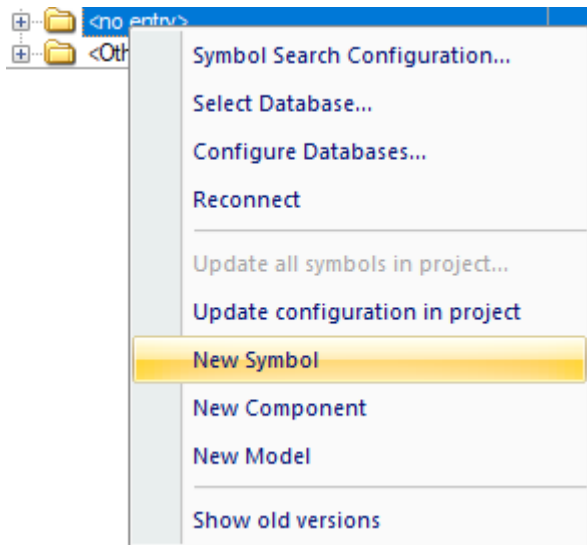
KUVIO 3. Symbolin luominen

Valitaan jollakin E3.seriesin ohjelmalla ”Tools” välilehdeltä ”Start Database Editor”, joka avaa E³.dbe tietokantaeditorin, jossa päästään muokkaamaan tietokannan valmiita voimassa olevia symboleita tai luomaan täysin uusia symboleita. (kuva 6).



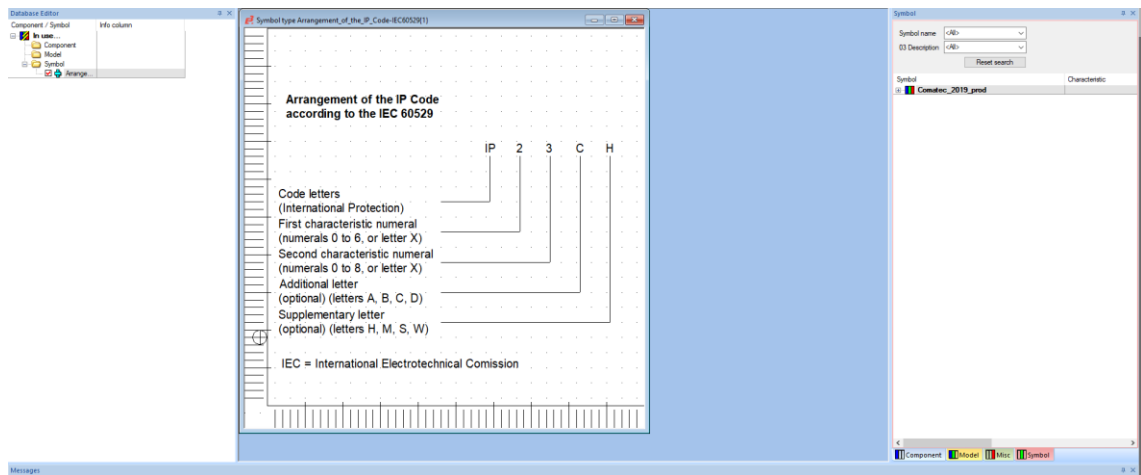
KUVA 6. Tietokantaeditorin käynnistäminen

Kun tietokantaeditori on auki, valitaan kirjasto, johon uusi symboli halutaan luoda ja valitaan hiiren oikealla ”New Symbol”. (kuva 7)



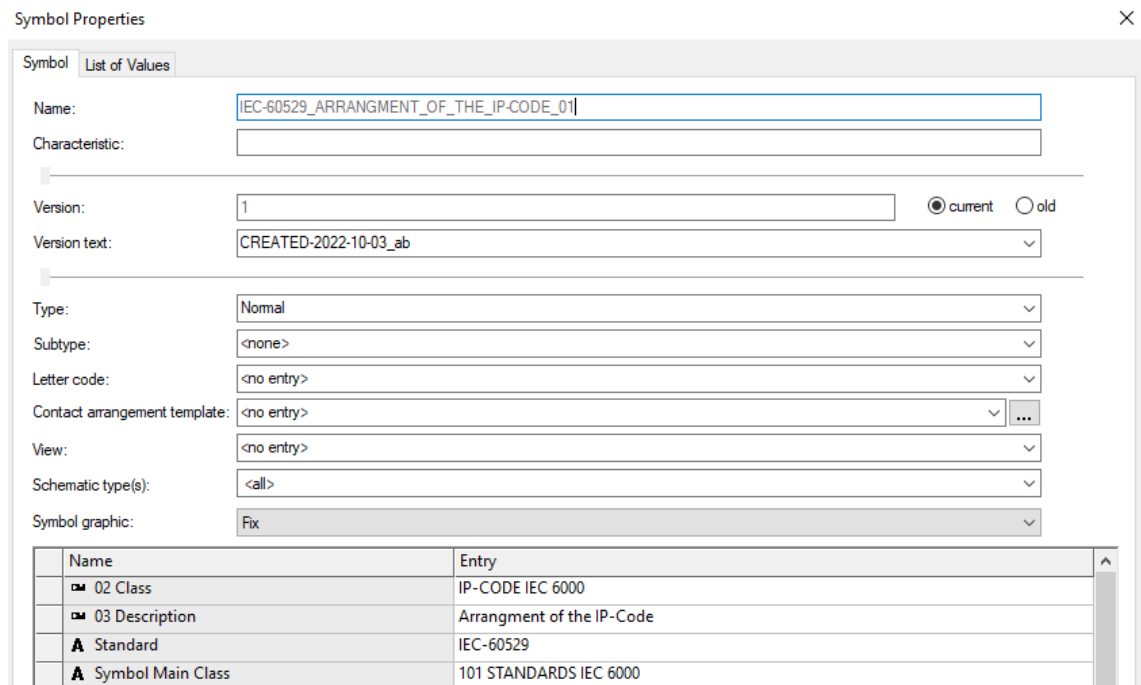
KUVA 7. Uuden symbolin luonti

Päästään kuvan 2 kaltaiseen tilanteeseen, johon voidaan luoda uusi symboli. Tilanteessa on esimerkiksi luotu symboli (kuva 8) SFS-EN 60529- standardin mukaisesti IP-koodin muodostaminen, joka määrittää koteloitiluokan tunnuksen (SFS-EN 60529 2000, 22.)



KUVA 8. Tietokantaeditori esimerkin kanssa

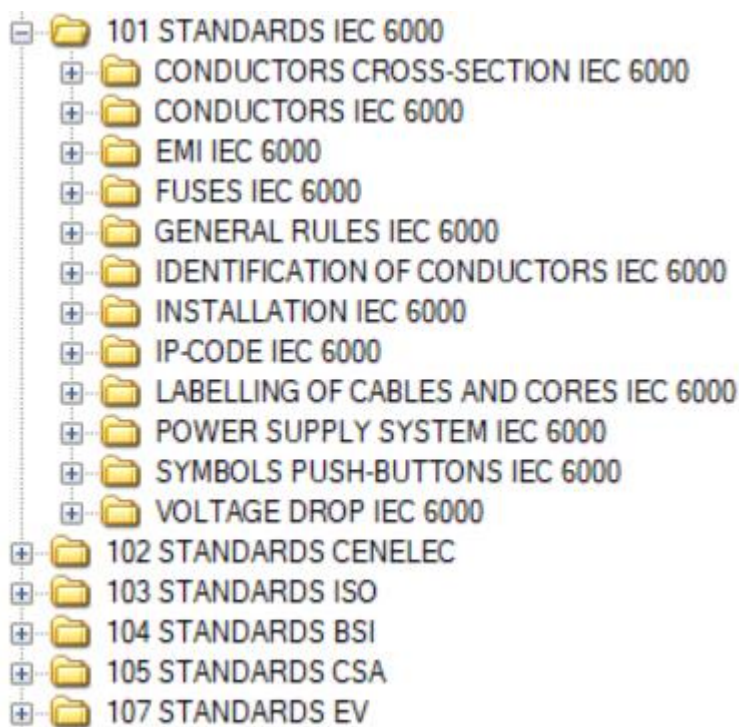
Hiiren oikealla valitaan "Symbol Properties", jossa päästään määrittämään symbolille tietoja (kuva 9).



KUVA 9. Symbolin ominaisuudet

Symboleihin ja tietoihin halutaan määrittää standardit, joihin symbolit perustuvat. Edellä oleva symboli perustuu IEC 60529 standardiin, joten kyseinen standardi merkitään tietoihin. Ohjesymbolin nimeämisessä käytetään Comatecin omia sääntöjä. Nimi aloitetaan standardilla, jonka jälkeen kerrotaan, mihin kyseinen symboli liittyy. Nimi lopetetaan versionumerolla, eli mikä versio on kyseessä. Jos symbolissa on käytetty moneen standardiin perustuvaa tietoa, merkitään kaikki käytetyt standardit. Symboleihin merkitään myös tekijä ja koska kyseinen symboli on luotu.

Symbolin tietoihin merkitään kyseisen symbolin pää- ja aliluokka, josta kyseinen symboli löytyy tietokannasta. Pääluokka voi olla esimerkiksi suunnittelun IEC-standardit, jossa koteloiden IP-luokitus on aliluokka. Kyseisen aliluokan alta löytyvät kaikki IP-luokitukseen liittyvät ohjesymbolit (kuva 10).



KUVA 10. Pää- ja aliluokat tietokannassa

Symboleihin voidaan tarvittaessa luoda attribuutteja, jos on tarvetta käyttää symboleita esimerkiksi piirikaaviokuvissa. Attribuuteilla voidaan määrittää monipuolisesti erikoistoimintoja symbolille, kuten symbolin kiinnityskohdat, piilotettavat osiot tai eri tekstien käyttötarkoitus eli onko jokin teksti esimerkiksi laite- tai johdintunnus. Attribuuteilla määritetään yleisesti symbolin toiminta ja käyttötarkoitus projekteissa.

6 TULOSTEN KÄSITTELY

6.1 Standardeja ajoneuvosuunnitteluun

Opinnäytetyössä kartoitettiin sopivia standardeja ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston osalta. Standardien suuren määrän vuoksi tässä esitellään ja kerrotaan vain muutamasta standardista, jotta tulosten käsittely saadaan pidettyä kohtuullisen kokoisena.

Standardeja kartoitettiin monipuolisesti eri aihealueiden osalta, kuten ajoneuvojen alustan, voimansiirron, hytin, kaapeloinnin, johdotuksen ja yleisen sähkösuunnittelun osalta. Taulukkoon 3 on kerätty muutamia standardeja esimerkkeinä, joita voidaan soveltaa ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnittelussa.

TAULUKKO 3. Esimerkkejä ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun sopivista standardeista

Numero/Number	Nimi/Name	Maa/Country	Selite/Definition
SFS-EN 60204-1	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements	European/FIN	Safety of machinery
SFS-EN 60204-32	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 32: Requirements for hoisting machines	European/FIN	Safety of machinery
ISO 7000 / IEC 60417	Graphical symbols for use on equipment	International	Graphical symbols
ISO 6722	Road vehicles – 60 V and 600 V single-core cables – Part 1: Dimensions, test methods and requirements for copper conductor cables	International	Dimensions, cabling
SFS-EN 62491	Industrial systems, installations and equipments and industrial products. Labelling of cables and cores	European/FIN	Labeling of cables and cores

Kyseisissä standardeissa käsitellään esimerkiksi graafisia symboleita ajoneuvoissa, koneturvallisuuden yleisiä vaatimuksia, koneturvallisuus nostolaitteissa, kuparikaapelien vaatimuksia maantieajoneuvoissa ja kaapeleiden merkintä. Esimerkissä mainitut standardit soveltuvat hyvin sellaisinaan ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun.

6.1.1 Standardien välinen vertailu esimerkki

Standardien tiedonkeruussa vertailtiin mahdollisia eri maiden vaatimuksia ja haettiin löytää eri maiden vastaavia standardeja esimerkiksi ajoneuvojen sähköasennusten ja -suunnittelun osalta. Sähkö- ja koneturvallisuuden vaatimukset ja johdinten värit ovat erilaiset Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa, jonka sähkösuunnittelijan on hyvä tiedostaa omassa työssään. Esimerkiksi Suomessa käytetään SFS 6000- standardisarjaa sähköasennuksiin, mutta muualla maailmassa on käytössä eri standardit (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Sähköasennus- ja turvallisuusstandardit eri mailla

Numero/Number	Nimi/Name	Maa/Country	Selite/Definition
CSA C22.1	Canadian Electrical Code, Part I, Safety Standard for Electrical Installations	CAN	Electrical installations
BS 7671	Requirements for Electrical Installations	UK	Electrical installations
IEC 60364	Electrical Installations for Buildings	International	Electrical installations
NFPA 70	National Electrical Code	USA	Electrical installations
SFS 6000	Low-voltage electrical installations	FIN	Electrical installations

Taulukossa mainituissa standardeissa on myös määritelty näissä maissa käytettävien kaapeleiden värit. Esimerkiksi vanhat brittiläiset johdinvärit olivat aikoinaan ristiriidassa EN-standardien kanssa. Iso-Britanniassa on otettu käyttöön 2000-luvun alkupuolella IEC 60446 standardin, nykyään IEC 60445, mukaiset johtojen värykset, jotka sisällytettiin brittiläiseen standardiin BS 7671. (RS, Guide to Electrical Wiring Colours in the UK. n.d.) Vaihevärit olivat aikaisemmin punainen (L1),

keltainen (L2) ja sininen (L3) Musta toimi nollajohtimena (N) (BS 7671, N.d). Nykyään ne ovat IEC-standardien mukaisesti vaihteittain ruskea (L1), musta (L2) ja harmaa (L3), sekä nollajohdin sininen (N) (Taulukko 5). Maadoitusjohto pysyi väriältään samana eli keltavihreä (PG). (SFS-EN IEC 60445, 2021.)

TAULUKKO 5. Britanniassa käytettävät kaapelit (RS, Guide to Electrical Wiring Colours in the UK. n.d)

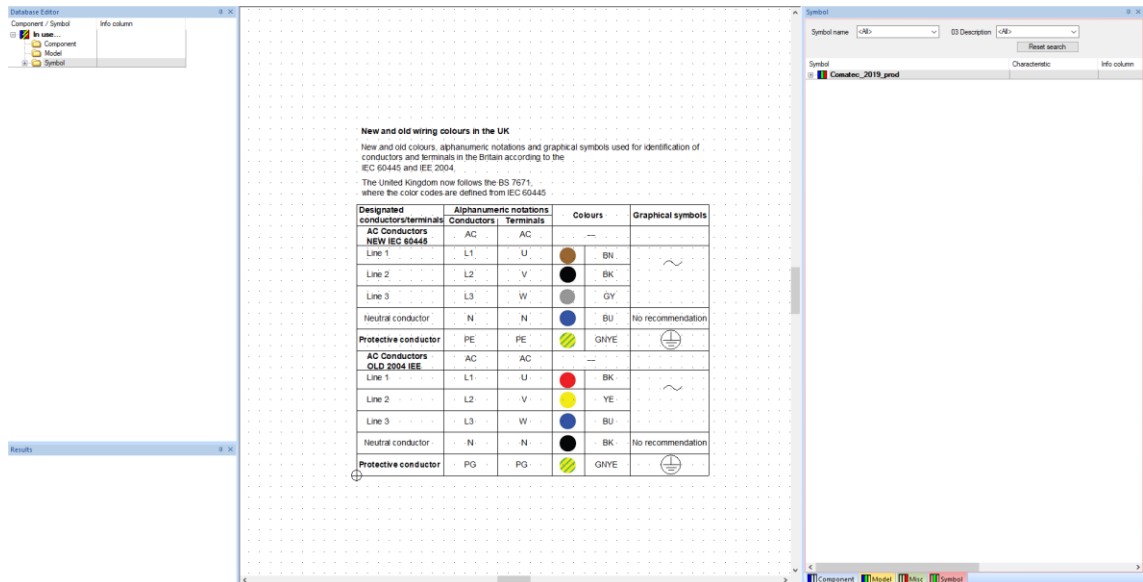
	Old UK 3-Phase Colours	New UK 3-Phase Colours
Phase 1	Red	Brown
Phase 2	Yellow	Black
Phase 3	Blue	Grey
Neutral	Black	Blue

ANSI/NFPA 70 standardiin on määritetty Yhdysvalloissa käytettävien kaapeleiden värit, jotka ovat 120, 208 ja 240 V sähköjärjestelmässä musta (L1), punainen (L2), sininen (L3), valkoinen (N) ja vihreä tai keltavihreä (PG). 277 ja 480 V sähköjärjestelmässä värit ovat ruskea (L1), oranssi (L2), keltainen (L3), harmaa (N) ja vihreä tai keltavihreä (PG). (NFPA 70, 2023.)

Standardien välinen vertailu ja analyysi toteutettiin edellä mainitun esimerkin mukaisesti, jos mahdollisia eroavaisuuksia eri maiden väliltä löytyi. Tärkeimmät eroavaisuudet toteutettiin ohjesymbolina E3-tietokannassa.

6.2 Esimerkkejä ohjesymboleista
























Tähän on kerätty muutamia esimerkkejä tehdyistä ohjesymboleista, jotta symbolien merkitys konkretisoituu lukijalle ja kuinka suunnittelija voi käyttää niitä hyödyksi. Taulukon 4 mukaisesti on luotu Britanniassa käytettävistä kaapeleista oma ohjesymbolinsa, josta ilmenee nykyiset ja vanhat kaapelivärit (kuva 11).



KUVA 11. Brittiläiset kaapelivärit esimerkkinä Database Editorissa (RS, Guide to Electrical Wiring Colours in the UK. n.d.)

Taulukossa 4 mainituista Pohjois-Amerikkalaisista standardeista eli CSA C22.1 ja NFPA 70 standardien mukaisesti on luotu myös oma ohjesymbolinsa, josta ilmenee Yhdysvalloissa ja Kanadassa käytettävät kaapelivärit (kuva 12)

Colours, alphanumeric notations and graphical symbols used for identification of conductors and terminals in the North America according to the CEC, NFPA 70 (NEC) and IEC 60445

Designated conductors/terminals	Alphanumeric notations		Colours		Graphical symbols
	Conductors	Terminals			
AC Conductors CANADA	AC	AC	—		
Line 1	L1	U		RD	
Line 2	L2	V		BK	
Line 3	L3	W		BU	
Neutral conductor	N	N		WH	No recommendation
AC Conductors 120/208/240 USA	AC	AC	—		
Line 1	L1	U		BK	
Line 2	L2	V		RD	
Line 3	L3	W		BU	
Neutral conductor	N	N		WH	No recommendation
AC Conductors 277/400 USA	AC	AC	—		
Line 1	L1	U		BN	
Line 2	L2	V		OR	
Line 3	L3	W		YE	
Mid-point conductor	N	N		GY	No recommendation
DC Conductors	DC	DC	—		
Positive	L+	+		RD	
Negative	L-	-		BK	
Ground	N	N		WH	No recommendation
Protective conductor	PG	PG		GN	

NOTE
Can use black wire instead of red if only 1-phase wire is used in the Canada

NOTE
Can use black wire instead of red if only 1-phase wire is used in the USA

NOTE
Can use GNYE or bare wire instead of green on PG

CEC = Canadian Electrical Code
IEC = International Electrotechnical Commission
NEC = National Electric Codes
NFPA = National Fire Protection Association.

KUVA 12. Pohjois-Amerikassa käytettävät kaapelivärit ohjesymbolina

Viitaten NFPA 70 ja IEC 60204 standardiin on luotu kuvan (kuva 13) mukainen johtimien poikkipinta-alojen vertailu ohjesymboli.

Comparison of typical conductor cross-sectional areas
 NFPA 70
 IEC 60204
 Standard Specification for Standard Nominal Diameters
 and Cross-Sectional Areas of AWG Sizes of Solid Round
 Wires Used as Electrical Conductors.

Wire size	Gauge No.	Cross-sectional area		DC resistance of copper at 20 °C Ω per km	Circular mils
		mm ²	inches ²		
0,2		0,196	0,000304	91,62	387
	24	0,205	0,000317	87,60	404
0,3		0,283	0,000438	63,46	558
	22	0,324	0,000504	55,44	640
0,5		0,500	0,000775	36,70	987
	20	0,519	0,000802	34,45	1 020
0,75		0,750	0,001162	24,80	1 480
	18	0,823	0,001272	20,95	1 620
1,0		1,000	0,001550	18,20	1 973
	16	1,31	0,002026	13,19	2 580
1,5		1,500	0,002325	12,20	2 960
	14	2,08	0,003228	8,442	4 110
2,5		2,500	0,003875	7,56	4 934
	12	3,31	0,005129	5,315	6 530
4		4,000	0,006200	4,700	7 894
	10	5,26	0,008152	3,335	10 380
6		6,000	0,009300	3,110	11 841
	8	8,37	0,012967	2,093	16 510
10		10,000	0,001550	1,840	19 735
	6	13,3	0,020610	1,320	26 240
16		16,000	0,024800	1,160	31 576
	4	21,1	0,032780	0,8295	41 740
25		25,000	0,038800	0,7340	49 338
	2	33,6	0,052100	0,5211	66 360
35		35,000	0,054200	0,5290	69 073
	1	42,4	0,065700	0,4139	83 690
50		47,000	0,072800	0,3910	92 756

AWG = American Wire Gauge

IEC = International Electrotechnical Commission

NFPA = National Fire Protection Association

The resistance for temperatures other than 20 °C can be found using the formula:

$$R = R_1 [1 + 0,00393 (t - 20)]$$

R₁ is the resistance at 20 °C;

R is the resistance at a temperature t °C.

KUVA 13. Eri poikkipinta-alojen vertailu (SFS-EN 60204, 2018, 115)

SFS 6000-1 standardin pohjalta on luotu symboleja TN-virransyöttöjärjestelmistä, kuten TN-S-, TN-C-S TN-C-järjestelmistä (kuva 14).

Power Supply Systems

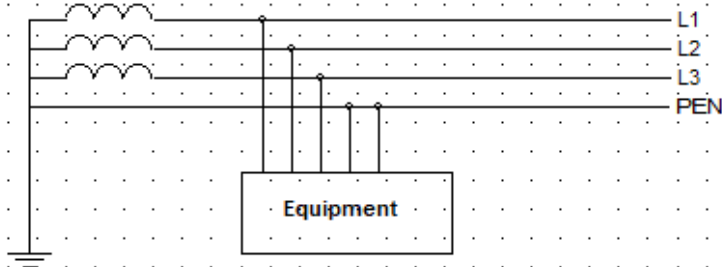
TNC system

SFS 6000-1

The TN-C system has a combined neutral and protective earth conductor throughout the system

TNC system

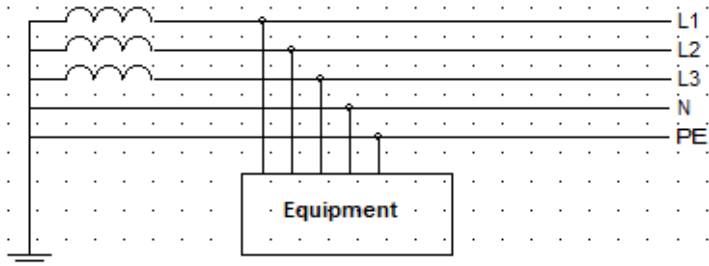
230/400 V



The TN-S system has a separate neutral and protective earth conductor throughout the system.

TNS system

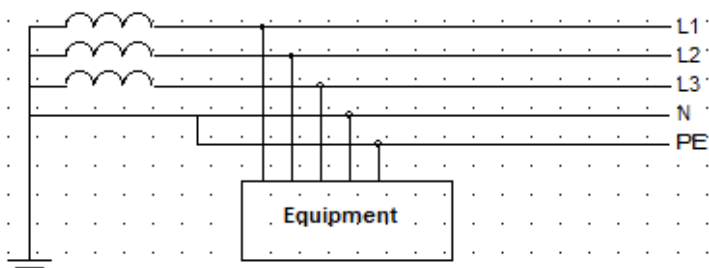
230/400 V



The TN-C-S system has a combined neutral and protective grounding conductor in part of the system

TNC-S system

230/400 V







KUVA 14. Eri järjestelmien maadoitustapoja (SFS 6000-1 2022, 49–51)

SFS-EN 60204-32 koneturvallisuusstandardin perusteella on luotu painonappien symbolien ohjeistus symboli, josta ilmenee eri symbolien käyttötarkoitus (kuva 15).

Symbols for push-buttons

According to the IEC-60204-32 it is recommended that push-buttons be marked, near to or preferably direct on the actuators, with the symbols shown in table.

START or ON	STOP or OFF	Push-buttons acting alternately as START or STOP buttons and as ON or OFF buttons	Push-buttons acting as START or ON buttons when pressed and as STOP or OFF buttons when released (i.e. hold-to-run)
IEC 60417-5007 	IEC 60417-5008 	IEC 60417-5010 	IEC 60417-5011 

IEC = International Electrotechnical Commission

KUVA 15. Painonappien symbolit (IEC 60204-32 2018, 63)

Esimerkeissä olevat symbolit ovat löydettävissä Comatecin E3-komponenttietokannasta, josta suunnittelija voi tietyn pääluokan alta etsiä suunnittelijan tarpeisiin olevan aliluokan, josta löytyvät tiettyyn aiheeseen liittyvät standardien pohjalta luodut ohjesymbolit. Esimerkiksi IP-luokitukseen tai johdinväreihin liittyvät ohjesymbolit ovat löydettävissä omista aliluokistaan. Symboleihin on merkitty oikea standardi lähteeksi, jos suunnittelija mahdollisesti tarvitsee lisätietoa kyseiseen symboliin liittyen.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö toteutettiin tiedonhankinta- ja kehitystyönä, jonka tarkoituksena oli standardisoida Comatec Mobility Oy:n käyttöön ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun tarvittavia standardeja. Ongelmana on ollut sopivien ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähköstandardien puute, sillä näitä ei ole maailmassa monia luotu standardointiorganisaatioiden puolesta. Joitakin ajoneuvoihin keskittyviä sähköstandardeja löytyy, mutta yleisesti suunnittelijan on täytynyt soveltaa muista olemassa olevista standardeista. Opinnäytetyöllä haluttiin helpottaa suunnittelijan arkea ja nopeuttaa tiedonhankintaa, joka tulisi vähentämään kustannuksia. Opinnäytetyöllä haluttiin myös kertoa tietoa yleisesti eri standardien merkityksistä suunnittelijoille.

Opinnäytetyössä pyrittiin korjaamaan standardien tiedonhankintaan liittyviä ongelmia ja kartoittamaan potentiaalisia vaihtoehtoja ajoneuvojen sähkösuunnitteluun, joista olisi oikeasti hyötyä. Sopivia standardeja kerättiin E3-ympäristöön ja näiden pohjalta tehtiin ohjesymboleja suunnittelijan avuksi. Pääpainona oli kansainväliset ja eurooppalaiset standardit, mutta mahdollisia muiden maiden standardeja pyrittiin kartoittamaan.

Opinnäytetyön sisällöstä ja aikataulutuksesta ei ollut alussa täysin selkoa. Standardien valtava määrä toi haasteensa, jonka lisäksi monia sopivia standardeja oli kumottu eikä näille löytynyt uutta vastaavaa. Koska standardeja oli valtava määrä, meni myös analysoinnissa paljon aikaa. Työssä kului eniten aikaan standardien hakuun ja analysointiin, jossa analysoinnin perusteella monia epäsoivia standardeja hylättiin. Hylätyt standardit eivät soveltuneet aihealueiltaan opinnäytetyön tarkoitusta varten. Haasteensa toi myös monet englanninkieliset standardit, jotka sisälsivät paljon ammattisanastoa. Tiettyjen standardien analysoinnissa meni aikaa, kun tietyissä lauseissa ja sanoissa tarvitsi sanakirjan apua. Kuitenkin standardit kehittivät analysoijan englanninkielistä ammattisanastoa ajoneuvojen ja sähkötekniikan osalta.

Standardien analysoinnin osalta piti ajatella kuin kokenut suunnittelija eli mistä standardien sisältöjen tiedoista oli todellisuudessa oikeasti hyötyä. Kaikkea tietoa

ei ollut järkevä sisällyttää työhön, jotta projektin sisältö pystyttäisiin pitämään inhimillisenä. Kuitenkin projektin ajatuksena oli kehittää tietokantaa enemmän tulevaisuudessa, joten kaikkea tietoa ei tässä vaiheessa olekaan tarkoituksena päivittää tietokantaan. Opinnäytetyössä olevat haasteet eivät kuitenkaan olleet ylittämättömiä, vaan ainoastaan aikaa vieviä.

Työn edetessä projektin sisältö ja aikataulu selkiytyivät paremmin, kun tietty määrä standardeja oli kerätty ja analysoitu sopiviksi E³-tietokannan päivittämistä varten. Sopivia standardeja löydettiin monipuolisesti niin ajoneuvojen kuin muunkin suunnittelun osalta ja ohjesymboleita saatiin luotua sopiva määrä. Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin ja opinnäytetyö vastasi projektin alussa laadittua sisältö- ja aikataulusuunnitelmaa.

Opinnäytetyössä esiteltiin vain muutamia esimerkkejä standardeista ja ohjesymboleista, sillä niitä kertyi valtava määrä, joten ei ole järkevää jokaista esitellä erikseen. Tämän lisäksi jotkut tulokset ja tiedot haluttiin pitää vain yrityksen sisällä.

Opinnäytetyö laajensi tietämystä eri standardeista ja niiden merkityksistä. Yhteisiä kansainvälisiä sähköalan standardeja löytyy paljon, mutta niin myös maan tai maanosien omia sähköstandardeja. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa on omat sääntönsä sähköasennuksille, jotka suunnittelijan on tiedostettava, jos suunnitellaan ajoneuvoja Pohjois-Amerikan markkinoille. Opinnäytetyö opetti paljon tämänkaltaisista eroavaisuuksista.

7.1 Jatkotoimenpiteet

E³-tietokantaa jatkokehitetään symbolien osalta ja lisäämään niitä tulevaisuudessa, kun löydetään sopivia dokumentoitavia vaihtoehtoja. Tietokantaan lisätään muiden maiden standardien sisältöä, jos suunnittelijoilla on tarvetta ja ohjesymboleiksi kelpaavia vaihtoehtoja löydetään. Vanhoja symboleita pyritään muokkaamaan ja päivittämään uudella versionumerolla ajantasaisemmaksi aina kun sille on tarve.

Comatecilla on sovittu säännöt, kuinka eri symboleja nimetään tai kuinka symboleihin liittyviä attribuutteja täytetään. Comatecilla on laadittu säännöt esimerkiksi symbolien perusasetteluista ja näiden kokoluokista. Comatecin E3-suunnittelu-ympäristön pääkäyttäjien vastuulla on kehittää ja ylläpitää tietokannan kirjastoja. Pääkäyttäjät määrittävät attribuuttien ominaisuudet.

Suunnittelija ei voi keksiä omia tai tehdä oman näköisiänsä symboleja eikä käyttää näitä projekteissa sovittujen sääntöjen ulkopuolella. Tämän seurauksena voi syntyä erilaisia ulkoasuja, visuaalisen ilmeen vääristymiä tai komponenttien, johdotuksien sekä keskuskuvien toimimattomuutta. Ongelmaksi voi koitua se, että määritellyt toiminnot esimerkiksi raporteissa eivät toimi oikein. Tästä syystä esimerkiksi attribuuttien määrittelyt on jätetty pääkäyttäjien vastuulle.

Jatkoselvitykseen jää myös uusien standardien tilaaminen Comatecin standardi-kokoelmaan. Opinnäytetyötä tehdessä löytyi monia hyviä mahdollisia standardeja ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähkösuunnitteluun liittyen, mutta näiden standardien sisältöjä ei päässyt tarkastelemaan maksullisuuden vuoksi.

LÄHTEET

About ANSI. N.d. ANSI. Verkkosivusto. Luettu 2.10.2022.
<https://www.ansi.org/about/introduction>

About UNECE. N.d. UNECE. Verkkosivu. Luettu 04.10.2022.
<https://unece.org/mission>

BS standardit. N.d. Valmistajat. Verkkosivusto. Luettu 11.10.2022. <https://valmistajat.fi/standardit/bs-standardit>

BSI. N.d. BSI Group. Verkkosivu. Luettu 3.10.2022
<https://www.bsigroup.com/>

BSI. N.d. ISO. Verkkosivusto. Luettu 3.10.2022. <https://www.iso.org/member/2064.html>

BSI jatkaa CENELECin jäsenenä. 2021. METSTA. Verkkosivusto. Luettu 11.10.2022. <https://metsta.fi/bsi-jatkaa-cenin-ja-cenelec-in-jasenenä/>

Canadian Electrical Code. N.d. CSA Group. Verkkosivusto. Luettu 10.10.2022.
<https://www.csagroup.org/store/canadian-electrical-code-products/>

CE-merkintä. N.d. TUKES. Verkkosivusto. Luettu 20.10.2022. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>

CLC/TR 50480. 2015. Determination of cross-sectional area of conductors and selection of protective devices. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 6.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Comatec. Muutoksia Comatec Groupin organisaatiossa. Verkkosivu. Luettu 01.10.2022 <https://www.comatec.fi/uutiset/muutoksia-comatec-groupin-organisaatiossa/>

Comatec. Tietoa meistä. N.d. Comatec Group. Luettu 01.10.2022.
<https://www.comatec.fi/tietoa-meista/comatecin-historia/>

Comatec. Comatec Mobility Oy. N.d. Comatec Group. Luettu 01.10.2022.
<https://www.comatec.fi/comatec-mobility/>

E3.series. 2021. Zuken. Verkkosivu. Luettu 02.10.2022. <https://www.zuken.com/en/product/e3series/>

European standardization. N.d. CENELEC. Verkkosivusto. Luettu 1.10.2022.
<https://www.cencenelec.eu/>

Frequently Asked Questions. N.d. CSA Group. Verkkosivusto. Luettu 5.10.2022. <https://www.csagroup.org/faq/>

Guide to Electrical Wiring Colours in the UK. N.d. RS. Verkkosivusto. Luettu 1.10.2022. <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/wiring-colours-guide>

IEC-standardit, N.d. SESKO. Verkkosivusto. Luettu 30.9.2022. <https://sesko.fi/standardit/sfs-iec-en-standardit/>

International Organization for Standardization. N.d. ISO. Verkkosivusto. Luettu 4.10.2022. <https://www.iso.org/home.html>

National Fire Protection. N.d. NFPA. Verkkosivusto. Luettu 10.10.2022. <https://www.nfpa.org/>

NFPA 70. 2023. National Fire Protection Association. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu 15.10.2022. <https://link.nfpa.org/free-access/publications/70/2023>

SFS. N.d Mikä on standardi. Verkkosivu. Luettu 02.10.2022 <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>

SFS 6000-1. 2022. Low-voltage electrical installations. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics and definitions. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 9.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. 2021. Koulutusmaailma. Verkkosivusto. Luettu 5.10.2022. <https://koulutusmaailma.fi/fi/news/sfs-6002>

SFS-EN 60204-1. 2018. Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 10.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60204-32. 2018. Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 32: Requirements for hoisting machines. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 10.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN IEC 60445. 2021. Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification - Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 9.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS EN 60529. 2000. Degrees of protection provided by enclosures. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 30.9.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN IEC 60757. 2021. Code for designation of colours. Helsinki: Suomen Standarditoimistoliitto SFS. Luettu 30.9.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

What are CSA standards. 2011. SMC. Verkkosivu. Luettu 30.9.2022 <https://www.smc.com.cn/overseas/international/en-jp/csa/csa01.html>

Zuken, Database E3.schematic/cable – manual. Comatec sisäinen verkko. PDF-dokumentti. Luettu 02.10.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

UL-Hyväksytyt kaapelit. N.d. Yleiselektroniikka. Verkkosivusto. Luettu 10.10.2022 <https://www.yeint.fi/uutiset/UL-hyvaksytyt-kaapelit>

UN Regulation 107. 2021. UNECE. PDF-dokumentti. Luettu 3.10.2022. <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/R107r7e.pdf>

Understanding standards. N.d. IEC. Verkkosivusto. Luettu 29.9.2022. <https://www.iec.ch/understanding-standards>

What are CSA standards. 2011. SMC. Verkkosivu. Luettu 30.9.2022 <https://www.smc.com.cn/overseas/international/en-jp/csa/csa01.html>