



Joonas Söderlund

Sähköverkon mitoitusyökalujen vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

6.6.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Joonas Söderlund
Otsikko: Sähköverkon mitoitusyökalujen vertailu
Sivumäärä: 30 sivua
Aika: 6.6.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Tuomo Heikkinen
Proxion Plan Oy, Suunnittelija Ville Damski
Proxion Plan Oy, Suunnittelija Juho Tenhunen

Opinnäytetyön tehtävänä oli kartoittaa ja vertailla erilaisia sähköverkon mitoitusyökaluja työn toimeksiantajalle Proxion Oy:lle.

Mitoitusyökaluja kartoitettiin sekä laitevalmistajien tarjonnasta, että täysin laitevalmistajista riippumattomilta tarjoajilta. Vertailussa käytettiin Proxionin asiantuntijoilta saatuja kriteerejä, joilla ohjelmia pisteytettiin sekä karsittiin.

Ohjelmista suoritettiin alkukarsinta kriteerien perusteella, minkä jälkeen karsinnan läpäisseistä ohjelmista ladattiin kokeiluversiot, joissa ohjelmien ominaisuuksia päästiin kokeilemaan ja näiden kokeilujen pohjalta tehtiin hankintapäätös.

Tämän opinnäytetyön pohjalta Proxionille hankittiin uusi suunnitteluohjelma, joka vastaa parhaiten yrityksen tarpeisiin.

Avainsanat: Sähköverkko, sähkösuunnittelu, suunnitteluohjelma, mitoitusyökalu

Abstract

Author: Joonas Söderlund
Title: Electrical Network Dimensioning Tool
Number of Pages: 30 pages
Date: 6 June 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation engineering
Professional Major: Electrical power engineering
Supervisors: Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
Proxion Plan Oy, Ville Damski, Designer
Proxion Plan Oy, Juho Tenhunen, Designer

The task of the thesis study was to map and compare different electrical grid dimensioning tools for Proxion Oy.

The dimensioning tools were mapped from different component manufacturers and from companies that were solely focused on developing dimensioning programs. Criteria obtained from Proxions experts were used in the comparison which was used for the scoring and qualifying of the tools.

The initial qualifying of the programs was carried out based on criteria, after which trial versions of the qualifying programs were downloaded, in which the features of the programs could be tested, and a procurement decision could be made based on these experiments.

Based on this thesis study, a new dimensioning software was acquired for Proxion, that best meets the company's needs.

Keywords: Electrical grid, electrical planning, planning tools, dimensioning programs

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	2
2.1	Lähtökohdat	2
2.2	Ohjelmien rajaus	2
2.2.1	Kaupalliset kysymykset:	3
2.2.2	Tekniset kysymykset	3
3	Verkostolaskenta	4
3.1	Verkon mallintaminen	4
3.2	Perusmitoituservojen laskeminen	5
3.3	Kaapelin kuormitettavuus	5
3.4	Oikosulkulaskenta	6
3.5	Suojalaitteiden selektiivisyys	7
4	Verkostonlaskentaohjelmat	9
4.1	Malliverkko	9
4.2	Malliverkon ominaisuuksia	9
4.3	Huomioita malliverkosta	11
5	Verkonmitoitustyökalujen esittely	12
5.1	Laitevalmistajista riippumattomat	12
5.1.1	Trimble NIS	12
5.1.2	Nelfo Febdok	13
5.2	Laitevalmistajien ohjelmat	14
5.2.1	Siemens Simaris	14
5.2.2	Schneider Ecodial	14
5.2.3	ABB DOC	14
5.3	Verkonmitoitustyökalujen karsinta	15
5.4	Huomioita ohjelmien testaamisesta	16
5.5	Neplan	17
5.5.1	Yleistä	17
5.5.2	Tekniset ominaisuudet	17
5.6	DigSILENT PowerFactory	20

5.6.1	Yleistä	20
5.6.2	Tekniset ominaisuudet	22
5.7	ETAP	23
5.7.1	Yleistä	23
5.7.2	Tekniset ominaisuudet	24
6	Oikean työkalun valinta	27
6.1	Sähköradan mallintaminen	27
6.2	Ohjelman hankinta	28
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet

AC: *Alternating current.* Vaihtovirta.

CAD: *Computer aided design.* tietokoneavusteinen suunnittelu.

DC: *Direct current.* Tasavirta.

EM: Erotusmuuntaja.

MK: Mittauskeskus.

PK: Pääkeskus.

SM: Syöttömuuntaja.

UPS: *Uninterruptible Power System.* Katkeamattoman tehonsyötön järjestelmä.

1 Johdanto

Sähköverkkojen mitoittaminen käsin on mahdollista, mutta hidasta, mikä tekee siitä epäkannattavan tavan yritykselle, joka pyrkii tehokkuuteen ja tasalaatuisuuteen projektien läpiviennissä. Onneksi kuitenkin tähän on tehty mitoitusohjelmia, joiden avulla työ saadaan toteutettua tehokkaammin ja laadukkaammin. Ohjelmia valmistavat muun muassa erilaiset laitevalmistajat kuten ABB, Schneider Electric ja Siemens. Laitevalmistajien lisäksi ohjelmistoja valmistavat alalle erikoistuneet ohjelmisto- ja konsultointiyrietykset.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla erilaisia mitoitusohjelmistoja ja tulosten perusteella valita niistä sellainen, joka parhaiten vastaa työn toimeksiantajan tarpeita. Proxion Oy on raideliikennealan suunnittelu- sekä asiantuntijapalveluita tarjoava konserni, joka työllistää työn tekemisen hetkellä noin 170 alan tulevaa ja nykyistä asiantuntijaa. Toimistoja Proxionilla on Suomessa useampia, sijoittuen muun muassa Helsingissä, Tampereella, Mikkelissä, Pieksämäellä, Kuopiossa ja Oulussa. Vuoden 2021 alussa Proxion avasi myös toimiston Tallinaan Viroon.

Sähkösuunnittelun osalta Proxion tarjoaa muun muassa:

- sähköverkkojen selvityksiä ja kuntoarvioita
- vaihteenlämmitysjärjestelmien suunnittelua
- virransyöttölaitteiden, akustojen ja UPS verkkojen suunnittelua
- alue-, tie- ja katuvalaistus suunnittelua
- sähköratasuunnittelua
- kiinteistösähkösuunnittelua.

Suunniteltavaa on siis paljon ja jatkuvasti kasvavassa rautatiemaailmassa teki-
jöiden kysyntä kasvaa koko ajan. Jotta kysyntään pystytään vastaamaan, on
yritykselle hankittava uusia työkaluja, jotka tehostavat ja nopeuttavat projektien
läpivientiä. Yksi näistä työkaluista on uusi sähköverkon mitoitusohjelma.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

2.1 Lähtökohdat

Sähköverkkojen laskenta on toistaiseksi ollut pieni osa Proxionin suunnittelupal-
veluita, mutta yrityksen tavoitteena on olla mahdollisimman moniulotteinen tar-
jottavien palveluittensa suhteen.

Proxionilla on tällä hetkellä useampia laskentaohjelmia käytössään. Ohjelmien
käytön yhteydessä on kuitenkin havaittu puutteita. Jotkin laskettava verkot ovat
osoittautuneet liian laajoiksi ottaen laskentaohjelmien rajoitteet huomioon. Ha-
vainnoituja rajoitteita ovat muun muassa DC-verkkolaskennan puute, rajoitettu
syöttöjen määrä ja -monipuolisuus. Tähän mennessä edellä mainitut laajemmat
verkot ovat mallinnettu manuaalisilla laskentatyökaluilla.

Tarkoituksena on kartoittaa mahdollisia korvaavia ohjelmia, maksullisia tai ilmai-
sia. Opinnäytetyö suoritetaan toimintatutkimuksena Proxionin toimeksiannosta.

2.2 Ohjelmien rajaus

Verkonmallinnustyökaluja on tarjolla suuri määrä. Useat niistä tarjoavat saman-
kaltaisia ominaisuuksia, mutta esimerkiksi eroavat tulosten esitystavat tai
päänäkymien käyttöliittymät voivat olla merkittävä tekijä valinnan suhteen. Työn
haasteena on kaikkien tarjolla olevien ohjelmien joukosta kartoittaa juuri Proxio-
nin kriteereitä vastaava ohjelma.

Jotta olisi mahdollista kartoittaa potentiaalisia vaihtoehtoja, on ensin esitettävä oikeat tutkimuskysymykset, jotka ovat jaettu kaupallisiin kysymyksiin ohjelmasta sekä teknisiin kysymyksiin ohjelmien ominaisuuksista.

2.2.1 Kaupalliset kysymykset:

Kaupallisilla kysymyksillä ohjelmantarjoajille pyritään rajaamaan vaihtoehtoja tarkempia vertailuja varten. Uudet verkonmallinnustyökalut, varsinkin maksulliset, ovat todella monipuolisia ominaisuuksiensa suhteen. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että tarjoajalla olisi myös hyvät tukipalvelut. Seuraavassa luettelussa luetellaan kaupalliset kysymykset, jotka esitettiin tarjoajille:

- 1) Millainen hintaluokka ohjelmalla on? (Jos ei ole ilmainen.)
- 2) Kuuluuko ohjelmaan tuki? Jos kuuluu, niin millainen?
- 3) Onko ohjelma saatavilla suomeksi? Ja/tai englanniksi?
- 4) Millaista tukea ohjelman käyttöön on tarjolla?
- 5) Onko ohjelmasta tarjolla erilaisia lisenssejä? Basic, Professional yms.

2.2.2 Tekniset kysymykset

Kaupallisten ominaisuuksien lisäksi esitettiin tarjoajille kysymyksiä ohjelmien teknisistä ominaisuuksista. Näiden kysymysten avulla pystyttiin tehdä alustavaa pohdintaa ennen mahdollista kokeiluversion lataamista.

- 1) Onnistuuko DC-verkon laskenta?
- 2) Onko mahdollista lisätä yhtäaikaista syöttöä? Esim. Sähköradan ajo-lanka ja UPS- syöttö.
- 3) Pystyykö ohjelmassa luomaan muuntajia omilla arvoilla?
- 4) Onnistuuko ohjelmassa sekä 1- että 3-vaihelaskenta?
- 5) Miten ohjelmassa tarkastellaan suojalaitteiden selektiivisyyttä?

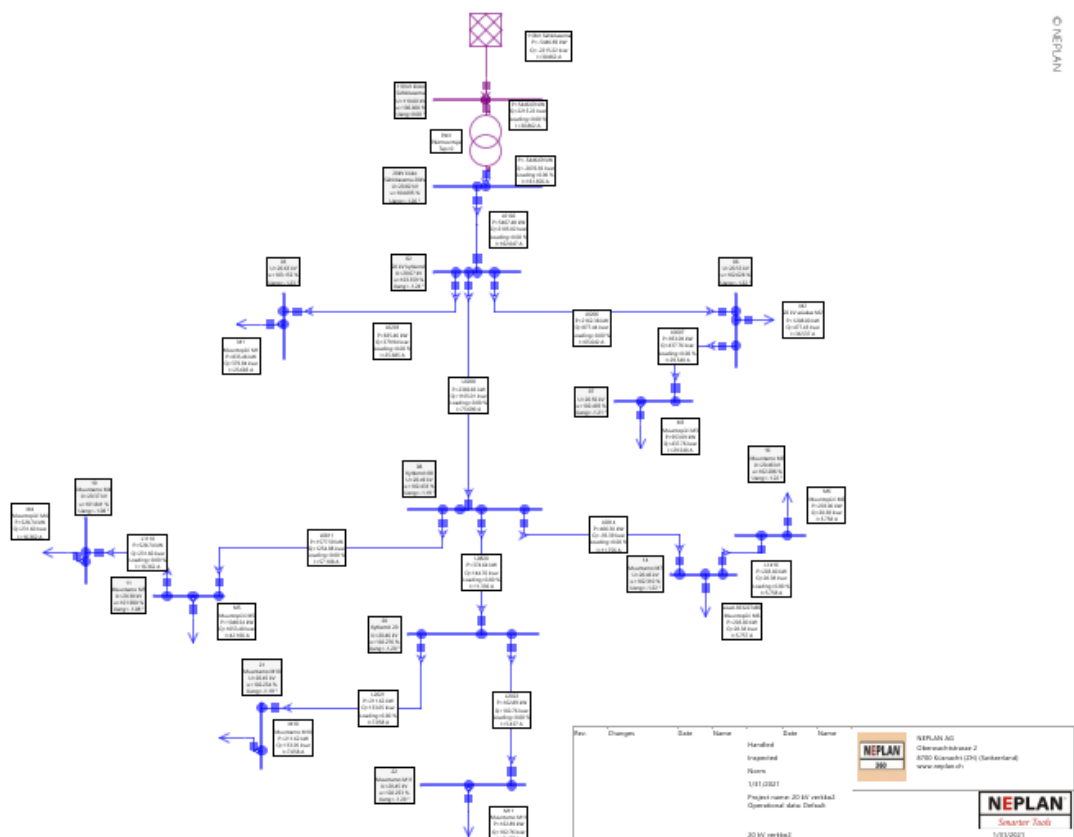
6) Huomioiko ohjelma kaapelin korjauskertoimet laskelmissa?

7) Mitä jännitetasoja on mahdollista mallintaa? (Pien-, keski- ja suurjännite)

3 Verkostolaskenta

3.1 Verkon mallintaminen

Verkon mallintaminen on suunnittelua, joka pohjautuu kokemukseen sekä ohjelman antamiin tuloksiin. Verkon mallintamisessa suunnittelija piirtää työstettävänä olevan verkon rakenteen ja määrittää siinä käytettävät jännitetasot, keskkukset, kaapelit, kuormat, suojalaitteet ym. komponentit. Verkko voi olla täysin uusi, tai valmiina olemassa oleva verkko, johon tehdään muutoksia. Piirustukset esitetään aina niin sanotulla yksiviivaesityksellä (Single Line Diagram). Tällä piirustustavalla monimutkaisenkin verkon piirtäminen onnistuu yhdelle sivulle ja suunnitelma on helposti luettavissa (ks. kuva 1).



Kuva 1. Esimerkki Single Line Diagram esityksestä Neplan-ohjelmistolla.

Verkostolaskentaohjelmissa käytettäessä yksiviivaesitystä, komponentit sekä niiden välillä kulkevat kaapelit yhdistetään niin sanotuilla solmupisteillä eli nodeilla sekä virtakiskoilla eli busbareilla. Solmupisteet esitetään kaavioissa pisteinä, joihin on mahdollista yhdistää kaapelilla symboleita, kuten muuntajia, kuormia tai syöttöjä. Virtakiskot vuorostaan esitetään leveämpinä palkkeina, joihin on solmupisteen tavoin mahdollista yhdistää symboleita. Muut komponentit, kuten muuntajat ja generaattorit, ovat esitetty standardien mukaisilla kuvilla.

3.2 Perusmitoituservojen laskeminen

Verkonmallinnustyökalulla suunnitellaan toimiva sähköverkko, johon kuuluu muun muassa suojalaitteiden poiskytkentäaikojen, kaapeleiden kuormitettavuuksien ja jännitteenalenemien laskenta.

Seuraavissa alaluvuissa havainnollistetut verkostonlaskentaominaisuudet ja standardit ovat sisäänrakennettuina verkonmallinnustyökaluissa, mikä helpottaa suunnittelijan työtä, kun ohjelma osaa itse suorittaa verkon mitoituskalkelmat standardien mukaisia laskentayhtälöitä ja korjauskertoimia käyttäen.

Alaluvuissa 3.3, 3.4 ja 3.5 esitetyt kaavat sekä ohjeistus perustuvat SFS 6000-standardisarjaan, joka koskee sähköasennuksia, joiden nimellisjännite voi olla vaihtojännitteellä enintään 1000 V.

3.3 Kaapelin kuormitettavuus

Kaapelin kuormitettavuus vaihtelee sen koon, ympäristön olosuhteiden sekä asennustavan mukaan. Kun ollaan valitsemassa johtimen poikkipintaa, tulee oletettu kuormitus ottaa huomioon. Kun kuormitusarvo tiedetään, voidaan korjauskertoimia käyttämällä valita oikean kokoinen kaapeli. Korjauskertoimia ovat mm. ympäristön lämpötila, maan lämpöresistiivisyys, asennustapa sekä viereen asennettujen kaapeleiden määrä. Korjauskertoimet löytyvät SFS standardista SFS 6000-5-52 liitteestä 52B. [1, s. 31.]

Kun kaapelia halutaan suojata mahdolliselta ylikuormitukselta, siihen asennetaan suojalaite, kuten johdonsuojakatkaisija tai sulake. Kun kaapelille valitaan suojalaitetta, sen on täytettävä yhtälöiden 1 ja 2 ehdot [2, s. 8.]:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (2)$$

I_B on piirin suunniteltu virta

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n on suojalaitteen mitoitusvirta

I_2 on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa.

Näillä ehdoilla varmistetaan suojalaitteen toimivuus. Mahdollinen läpi kulkeva ylikuormitusvirta aiheuttaa kaapelille sekä sen komponenteille, liitoksille sekä eristyksille lämpötilan nousua ja tätä kautta vaurioittaa piiriä. [2, s. 8.]

3.4 Oikosulkulaskenta

Jokainen virtapiiri on varmistettava SFS-standardin 6000–4–43 mukaisella oikosulkusuojalla. Oikosulkusuojan tehtävä on katkaista virtapiiri, mihin oikosulku tai vastaava vikatilanne on sattunut. Näin estetään kaapelin termisen ja dynaamisen oikosulkukestoisuuden ylittyminen ja siten virtapiirin vaurioituminen. Oikosulkusuojauksen toiminta perustuu suojalaitteiden, kuten johdonsuojakatkaisijoiden ja sulakkeiden laukaisuaikaan. Kaapelin oikosulkukestoisuus oikosuluille, jotka kestävät korkeintaan 5 sekuntia saadaan laskettua yhtälöllä 3 [2, s. 12.]:

$$t = \left(k * \frac{S}{I}\right)^2 \quad (3)$$

t on aika, jonka kuluessa johtimen lämpötila nousee sallittuun rajalämpötilaan

S on johtimen poikkipinta (mm^2)

I on tehollinen oikosulkuvirta (A)

k on johdinmateriaalin resistiivisyyskerroin.

AC- oikosulkuvirtojen laskeminen käsitellään standardissa IEC 60909 ja DC- oikosulkuvirtojen laskeminen standardissa IEC 61660. Oikeaa

verkonmitoitustyökalua etsiessä karsitaan kaikki ohjelmat, jotka eivät noudata verkostolaskennassa näitä standardeja.

Oikosulkusuojauksen toimivuus edellyttää myös oikean suojalaitteen mitoittamista, eli tiedossa on oltava lasketut oikosulkuvirrat, sekä jännitteenalenemat. oikosulkuvirta I_K saadaan kolmivaiheiselle piirille laskettua yhtälöllä 4 [3, s. 95.]:

$$I_K = (c * U) / (\sqrt{3} * Z) \quad (4)$$

I_K on pienin kolmivaiheinen oikosulkuvirta (A)

c on jännitekerroin, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa jne.

U on pääjännite (V)

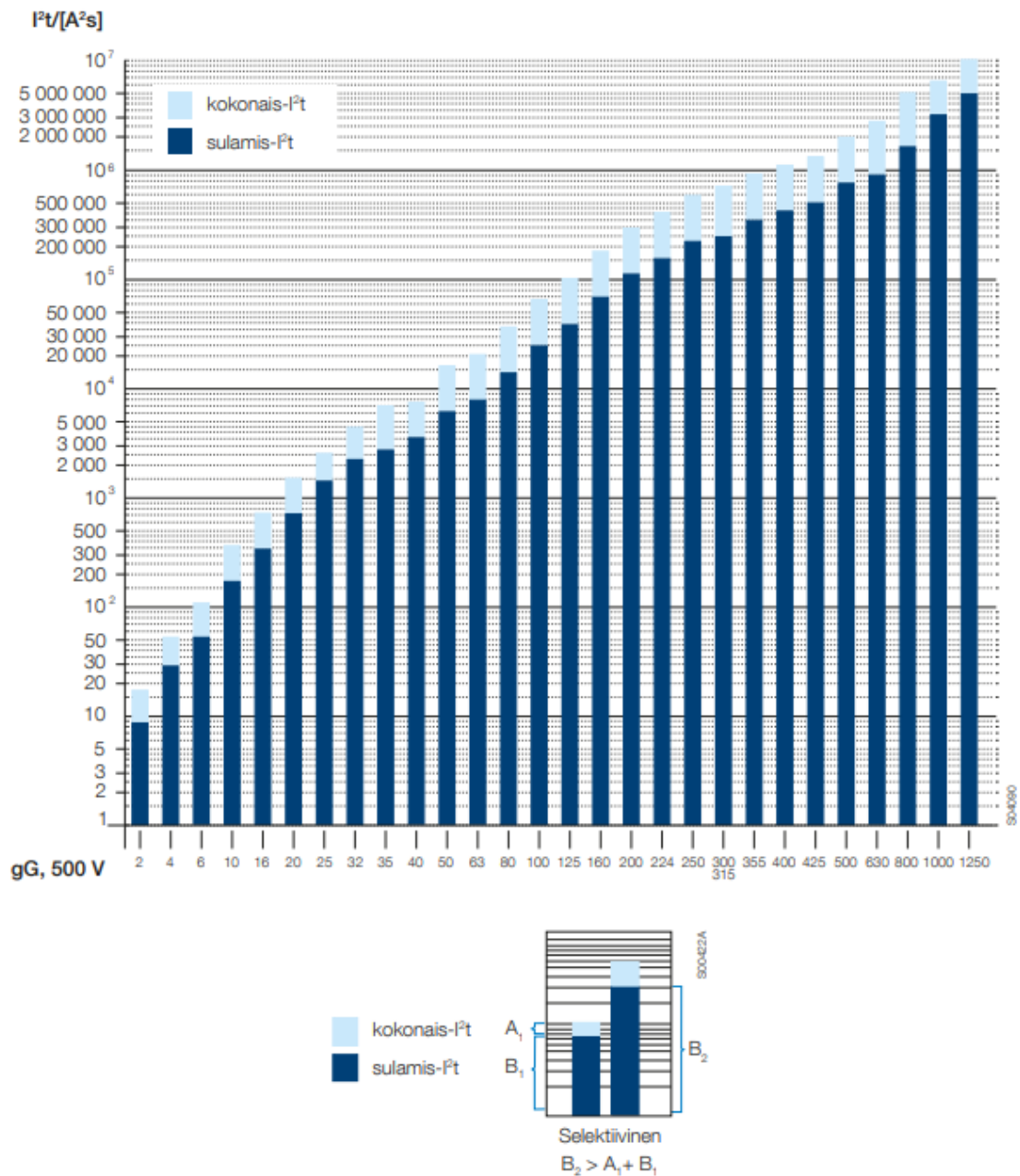
Z on virtapiirin kokonaisimpedanssi.

Kun oikosulkuvirta on laskettu, valitaan suojalaite, joka pystyy katkaisemaan virtapiirin vaaditussa poiskytkentäajassa.

3.5 Suojalaitteiden selektiivisyys

Suojalaitteiden selektiivisyydellä tarkoitetaan suojalaitteiden toimintaa siten, että ne ovat ominaisuuksiltaan yhteensovitettuja. Kun piirissä, jossa suojalaitteet toimivat selektiivisesti esiintyy vikatilanne, kuten ylivirta tai vikavirta, siinä toimii vain se suojalaite, joka on tarkoitettu toiminaan kyseisessä vikatilanteessa. [3, s. 9.] Selektiivisyyden toimivuus auttaa rajaamaan piirissä esiintyvän vian pienelle alueelle ja näin nopeuttaa vian paikantamista. Monet laitevalmistajat ovat tehneet selektiivisyydestä taulukoita, sekä kaavioita, jotka helpottavat suojalaitteiden valitsemista siten, että ne toimisivat selektiivisesti.

Kuvasta 2 voidaan tarkastella erisuuruisten gG- kahvasulakkeiden selektiivisyyksiä. Jos palkkien vaaleat osat leikkaavat, on suojaus epäselektiivistä.



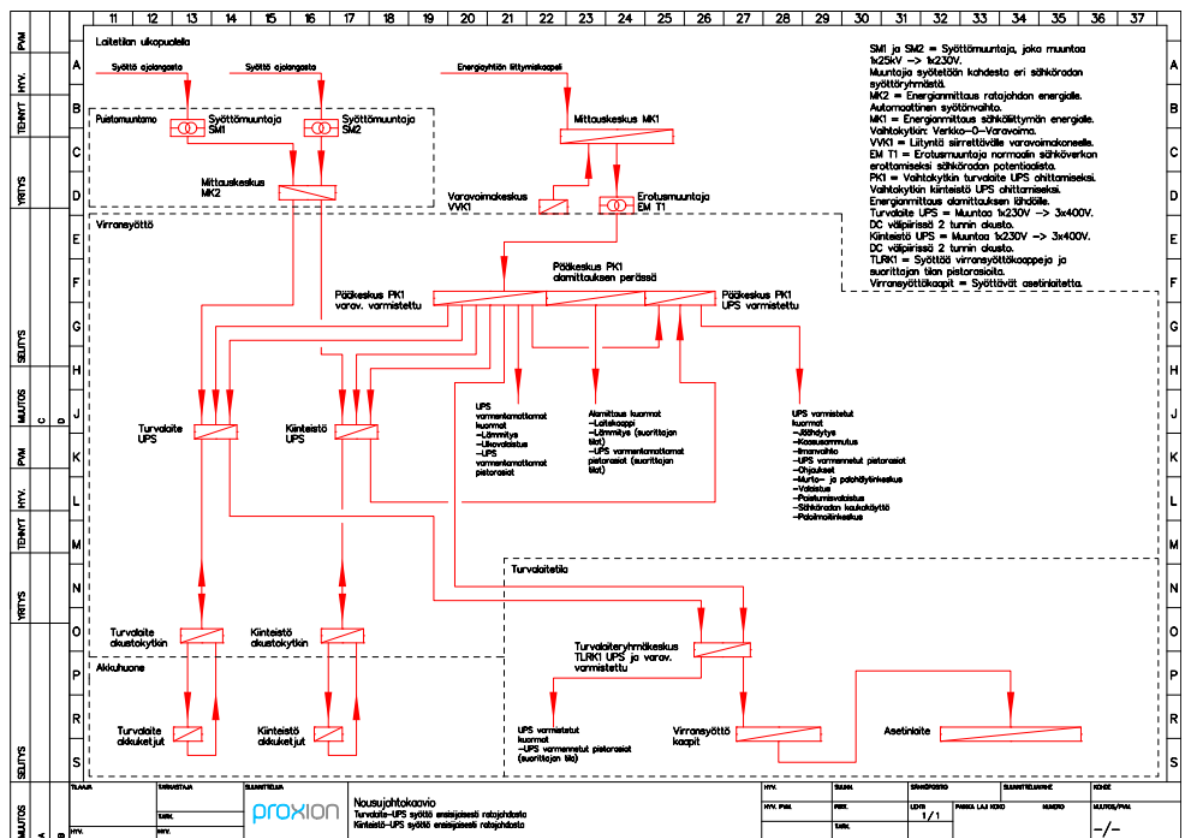
Kuva 2. ABB:n esittämä taulukko selektiivisyydestä gG-kahvasulakkeille [4, s.39].

Yksi uuden verkonmitoitustyökalun halutuista ominaisuuksista oli selektiivisyyden vaatimusten täyttymisestä kertova automaattinen ilmaisu. Vanhoissa laskeintaohjelmissa selektiivisyyttä tuli tarkastella manuaalisesti.

4 Verkostonlaskentaohjelmat

4.1 Malliverkko

Malliverkkona mitoitusohjelmien testaamiseen käytettiin Proxionilta saatua nousujohtokaaviota (ks. kuva 3). Kyseisessä verkossa oli tarkoitus olla mahdollisimman monipuolisia ominaisuuksia, jotta mitoitusohjelmat voitaisiin laittaa kunnon kokeiluun. Nousujohtokaavio on piirretty CAD-ohjelmistolla ja on vasta mallinuvvaiheessa, eli sen komponenteille ei ole asetettu arvoja.

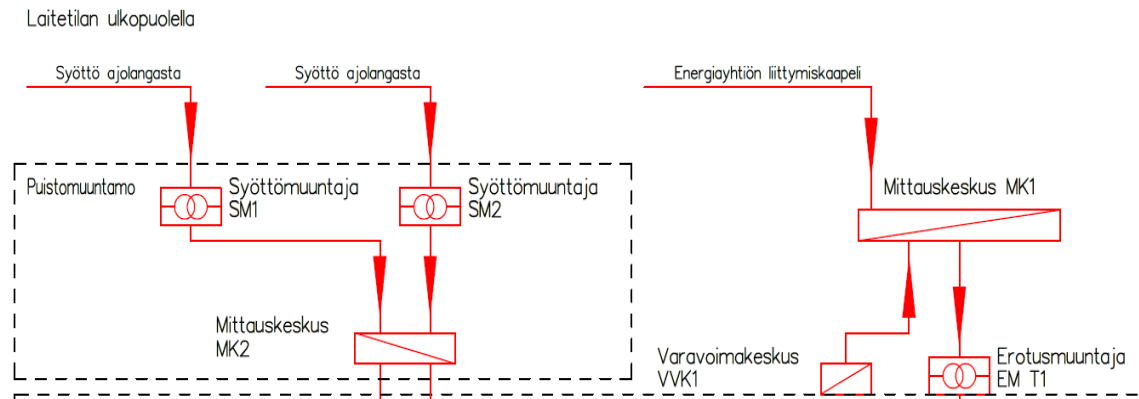


Kuva 3. Insinööriyössä käytetty malliverkko.

4.2 Malliverkon ominaisuuksia

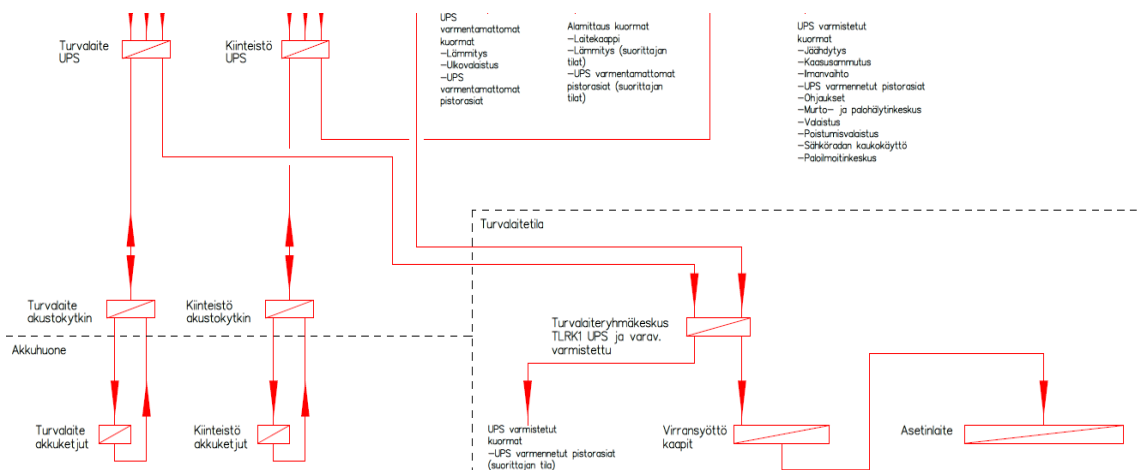
Seuraavissa kappaleissa käydään läpi malliverkon ja sen kojeiden ominaisuuksia.

Kuvan 4 kaaviossa on esitetty nousujohtokaavio eräältä asetinlaitetilalta. Syöttö tapahtuu kuvan vasemmassa ylänurkassa kahdesta eri sähköradan ryhmästä. Syöttö ryhmiltä saapuu puistomuuntamolle, jossa syöttömuuntajat SM1 ja SM2 muuntavat ajolangasta otetun 1 x 25 kV:n yksivaiheiseksi syötöksi 1 x 230 V.



Kuva 4. Malliverkon syötöt kuvattuna nousujohtokaaviossa.

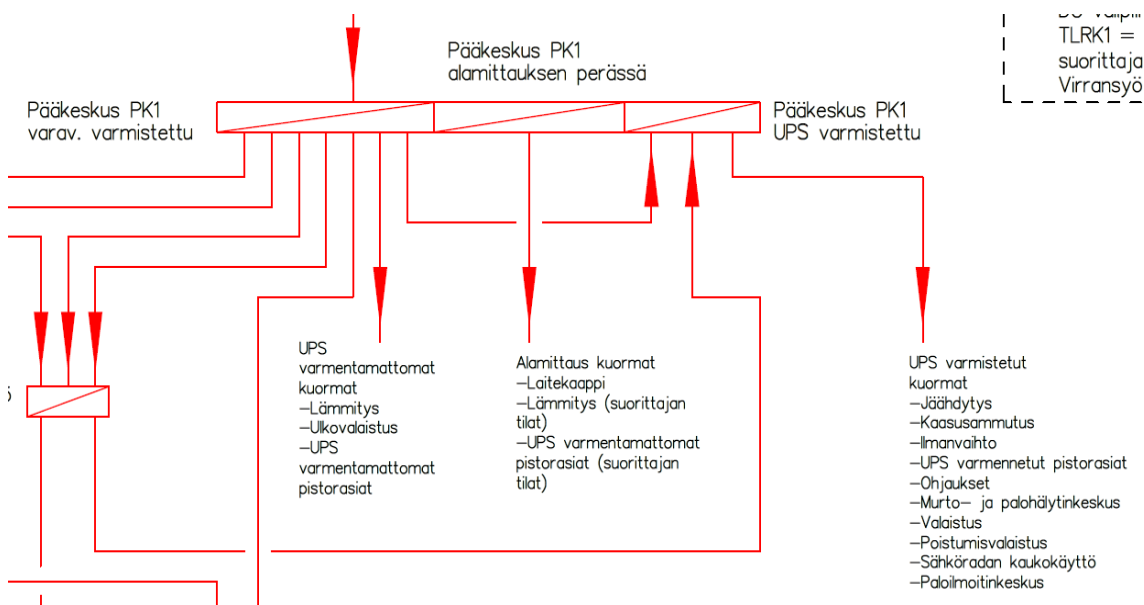
Kun syötöt ovat kulkeneet syöttömuuntajien kautta mittauskeskus MK2:n läpi, jossa on energianmittaus ratajohdon energialle ja lähdöt turvalaite sekä kiinteistö UPS-laitteille (ks. kuva 5). Molemmat UPS-laitteet muuntavat niille tulevan 1 x 230 V jännitteen 3 x 400 V:n jännitteeksi. UPS-laitteet on varustettu akustolla.



Kuva 5. UPS-akustot vasemmalla varmistavat ajolangalta ja energiayhtiön liittymiskaapelilta tulevia syöttöjä.

Kiinteistö UPS syöttää pääkeskuksen PK1 UPS-varmistettuja kuormia ja turvalaite UPS turvalaiteryhmäkeskukseen kytkettyjä kuormia.

Pääkeskusta PK1 syöttää energiayhtiön liittymiskaapeli, joka tulee mittauskeskukseen MK1 ja erotusmuuntajan EM T1 kautta. Pääkeskus PK1 on jaettu kolmeen osaan: UPS-varmentamattomaan, alamittaukseen sekä aiemmin mainittuun UPS-varmistettuun osaan (ks. kuva 3). Nämä keskuksen osat syöttävät erityyppisiä kuormia.



Kuva 6. Pääkeskus ja kuormat.

4.3 Huomioita malliverkosta

Malliverkko oli tarkoituksellisesti laaja, jotta se kattaisi mahdollisimman laajalti ominaisuudet, mitä uudelta ohjelmalta toivotaan. Laajuuden vuoksi kuitenkin ohjelmien testausvaiheessa ohjelmien kokeiluversiot kompastelivat niiden solmupisterajoitteisiin, joten täydellistä verkkoa ei saatu mallinnettua ohjelmilla kokonaisuudessaan. Tämän vuoksi malliverkko jaettiin pienempiin osiin ominaisuuksia testattaessa.

5 Verkonmitoitustyökalujen esittely

Tässä luvussa esitellään kaikki kartoitetut verkonmitoitusohjelmat. Ohjelmien kartoittaminen tapahtui suurimmaksi osaksi internetin välityksellä. Muita kartoitustapoja oli muun muassa vanhat opinnäytetyöt ja Proxionin asiantuntijoilta saatu informaatio.

Ensimmäisissä alaluvuissa esitellään pintapuolisesti ohjelmia, joihin perehdyttiin, mutta karsittiin myöhemmissä vaiheissa puutteellisten ominaisuuksien takia. Ohjelmia, joista tiedusteltiin pidemmälle, käsitellään myöhemmissä kappaleissa

Seuraavien lukujen ohjelmista kertova tieto on saatu joko sähköpostikeskustelulla ohjelman yhteyshenkilön kanssa, ohjelman sivuilta tai käyttäjäkohtaisesta kokemuksesta.

5.1 Laitevalmistajista riippumattomat

5.1.1 Trimble NIS

Trimble NIS Suomalaisen Trimble Solutions Oy:n kehittämä maksullinen verkotietojärjestelmä. Ohjelma poikkeaa muista mitoitusohjelmista siten, että sen käyttö perustuu karttapohjaiseen suunnitteluun. Karttapohjalla tarkoitetaan Trimblen kutsumaa 'Master-verkkoa', johon on mallinnettu geometriapohjalle verkonjakeluyhtiön käytössä olevat reitit. Tämän ansiosta esimerkiksi jakeluverkkojen mallinnus ohjelmaan on helppoa. Master-verkko-ominaisuus helpottaa myös uusien verkkojen lisäämistä tai vanhojen korjaamista, sillä jos ohjelmaan halutaan mallintaa uutta verkkoa, avataan esimerkiksi Vantaan Master-verkko, missä näkyy valmiina kaikki aiemmin suunnitellut Vantaan alueen verkot. Tämän ominaisuuden ansiosta ohjelma on suosittu kunnossapidon keskuudessa, sillä verkkovikojen paikannus tapahtuu suoraan oikealla kartalla. [5.]

Ohjelmassa on mahdollista mallintaa pienempikin kohde, esim. asetinlaitetila tai vastaava rakennus jännitepisteellä, jonka sisään on mahdollista piirtää 1-viivaesityksellä kyseinen verkko. [5.]

Ohjelma ei kuitenkaan täyttänyt Proxionin antamia kriteereitä. Ohjelma ei tue DC-verkon laskentaa, sekä pienjännitepuolella ohjelma tukee pelkästään 1-vaihe laskentaa.

5.1.2 Nelfo Febdok

Febdok on Norjalaisen Nelfo-nimisen sähköurakoitsijaliiton kehittämä verkonmitoitusohjelma. Ohjelman ensimmäinen versio julkaistiin 1991. Febdok on suunniteltu käytettävän pienjännitesähköasennuksien mitoituksessa ja niiden dokumentoinnissa [5]. Febdokin suurin käyttäjäkunta sijaitsee pohjoismaissa ja Suomessa sen jälleenmyyjänä toimii Sähköinfo.fi.

Ohjelma on maksullinen, mutta siitä on ladattavissa kokeiluversio 45 päiväksi. Febdok on myös laitevalmistajista riippumaton, mikä mahdollistaa laajan komponenttikirjaston. Kirjastosta on mahdollista arvojen perusteella käydä valitsemassa vastaava todellinen komponentti tai luoda arvoja syöttämällä omat komponentit. Verkkolaskennassa Febdok antaa tarkat analyysit ja siltä onnistuu niin AC- kuin DC-verkon laskenta. Laskentatulokset ohjelma esittää väreillä, punaisen tarkoittaessa virhettä ja keltainen toimivaa. Febdokilla on myös mahdollista tehdä graafinen esitys suojalaitteiden selektiivisyyden tarkasteluun, mikä helpottaa suojalaitteiden valintaa. [6.]

Febdokin yhteyshenkilön kanssa käytiin keskustelua ohjelman ominaisuuksista sähköpostitse. Keskusteluista selvisi, ettei laskentaohjelma täytä Proxionilta saatuja kriteereitä. Esimerkiksi suurjännitepuolen verkon mallinnus ei onnistu.

5.2 Laitevalmistajien ohjelmat

5.2.1 Siemens Simaris

Simaris on saksalaisen laitevalmistaja Siemensin verkonmallinnustyökalu. Febdokin tavoin Simaris on suunniteltu mitoituksiin pienjänniteverkoissa ja verkkoa on mahdollista mallintaa ainoastaan keskijännitemuuntajalle saakka. [7.]

Ohjelma on ilmainen, mutta siitä on saatavilla Professional-lisenssi maksua vastaan. Ohjelman ollessa laitevalmistajan tarjoama tarkoittaa se myös, että komponenttikirjastosta on mahdollista valita vain Siemensin valmistamia tuotteita. Rajoittavia tekijöitä ohjelmasta löytyi Proxionin tarpeisiin monia, mm. ohjelmalla ei onnistu 1-vaiheverkon mallinnus tai DC-verkon laskenta. [7.]

5.2.2 Schneider Ecodial

Schneiderin valmistama Ecodial ohjelmisto on Siemens Simariksen tavoin suunniteltu mallintamaan keskijänniteverkon muuntajalta alaspäin, eli keskijänniteverkkoa ei ole mahdollista mallintaa. Kaikki ohjelman tarjoamat tuotteet kirjastosta ovat myös Schneiderin kehittämiä. Ohjelmistosta on hankittavissa ilmainen International-lisenssi. [8.]

Simariksen tapaan ei Ecodialillakaan onnistu DC-verkon mallintaminen, ja 1-vaiheverkon mallintaminen on rajoitettua. Ohjelma on suunniteltu käytettäväksi kiinteistösähkösuunnittelun puolella. [8.]

5.2.3 ABB DOC

DOC on laitevalmistaja ABB:n kehittämä ilmainen ohjelma, joka on ladattavissa ABB:n sivuilta. Ohjelmassa on kuitenkin samat puutteet, niin kuin muissakin edellä mainituissa laitevalmistajien ohjelmistoissa. Yksinkertaisen käyttöliittymänsä ansiosta ABB DOC on kuitenkin ollut pätevä työkalu verkkojen mallintamiseen ja laskentatulosten saamiseen.

DOC:in käytössä on rajoitteita, joiden vuoksi se ei ole soveltuva ohjelma Proxionin tarpeisiin nähden. Verkkoon on mahdollista asettaa vain yksi syöttö, minkä vuoksi aiemmin esitetyn malliverkon mallintaminen ei täysin onnistu. Ohjelma ei myöskään tue DC-verkon laskentaa.

Opinnäytetyön alussa tuli tietoon, että DOC:ista olisi tarjolla mahdollinen uusi versio, joten selvitettiin, mitä uusia ominaisuuksia DOC tarjoaisi. Uudet ominaisuudet selvitettiin ABB:n yhteyshenkilöltä ja vastaukseksi saatiin seuraavat ominaisuudet:

- Kaapelit, kuormat, muuntajat yms. ovat nyt LV ja MV:n yhteisiä komponentteja.
- Makrot esim. moottorilähdöt ovat nykyään kiinteät ryhmät (ei voi räjäyttää).
- Jokainen suunnitelma on osa projektia.

Näiden ominaisuuksien lisäksi DOC on siirretty verkkoon ja täten ohjelma on alustasta riippumaton. Muutoksia on tehty myös käyttöliittymään ja kojekirjastoon, jota ei enää stand-alone-versiossa päivitetä. Muutokset eivät siis olleet tarpeeksi mullistavia, jotta DOC:in käyttö jatkossa olisi kannattavaa muihin ohjelmiin verrattuna. [9.]

5.3 Verkonmitoitustyökalujen karsinta

Alaluvuissa 2.2.1 ja 2.2.2 esitetyt kaupalliset sekä tekniset kysymykset esitettiin ohjelmien tarjoajille. Näiden kysymysten avulla suoritettiin pisteytystä, jotta ohjelman valinta selkeytyisi.

Edellä mainittujen ohjelmien lisäksi vertailussa olivat ohjelmat Neplan, Power-Factory sekä ETAP. Nämä ohjelmat esitellään tarkemmin kappaleissa 5.5, 5.6 ja 5.7.

Taulukosta 1 nähdään, että ohjelmista karsinnan läpäisivät Neplan, PowerFactory ja ETAP. Näiden ohjelmien kanssa jatkettiin keskusteluita mahdollisista kokeiluversioista ja ohjelmien näytöistä.

Taulukko 1. Ohjelmien karsinta minimivaatimuksilla.

	NEPLAN	PowerFactory	Trimble NIS	Siemens Simaris	Schneider Ecodial	ABB DOC	ETAP	Febdok
DC-verkon laskenta	+	+	-	-	-	-	+	+
Jännitetasot	Pien-, keski- ja suurjännite	Pien-, keski- ja suurjännite	Pien-, keski- ja suurjännite	Pienjännite	Pienjännite	Pien- ja keskijännite	Pien-, keski- ja suurjännite	Pienjännite

5.4 Huomioita ohjelmien testaamisesta

Ohjelmista, jotka läpäisivät Proxionin minimivaatimukset, ladattiin demoversiot ja perehdyttiin ominaisuuksiin. Ohjelmista mainitut ominaisuudet ovat siis käyttäjäkokemukseen perustuvia.

Suurin osa testissä olleista kokeilulisensseistä oli rajoitettu ajallisesti sekä osa niiden ominaisuuksista oli lukittuna. Neplanin, PowerFactoryn sekä Etapin kokeilulisenssit olivat 30 päivän pituisia testijaksoja. Aika oli tarpeeksi pitkä ohjelmien pinnalliseen selailuun, mutta syvempään perehtymiseen ohjelmista tarvittaisiin täydet lisenssit, tai pidemmät kokeilujaksot.

Mainitaan myös, että tässä opinnäytetyössä ohjelmista kirjoitetut ominaisuudet, sekä mahdolliset kuvankaappaukset, perustuvat testiaikana ladattavissa olleisiin julkisiin versioihin. Eli mainitut ominaisuudet ja ulkoasut ovat saattaneet opinnäytetyön jälkeen muuttua. Ohjelmat olivat testissä ajanjakson 1.1.2022 – 31.1.2022. Käytössä olleet ohjelmistoversiot olivat seuraavat:

- Neplan 360 Version: V10.9.1.0
- PowerFactory 2022 Preview (x64)
- ETAP 20 series Demo version

5.5 Neplan

5.5.1 Yleistä

Neplan AG on vuonna 1988 perustettu sveitsiläinen yksityinen ohjelman tarjoaja. Yrityksen päämaja sijaitsee Küsnachtissa Zürichin lähellä. Neplan AG:n tarjoama Neplan-ohjelmisto on yksityisomisteinen, eli laitevalmistajasta riippumaton, maksullinen ohjelma. Neplan ohjelmista tarjoaa laajat ratkaisut sähkönlisäksi myös kaasun, veden ja kaukolämmön mallintamiseen sekä laskentaan. Ohjelmasta on kuitenkin mahdollista hankkia vain ne moduulit, jotka koetaan tarpeellisiksi. Ohjelman hinta määräytyy hankittujen moduulien mukaan. [10.]

Ohjelma on jo laajassa käytössä yli 110 maassa [10]. Lähestymistapoja ohjelman hankintaan on kaksi. Ensimmäinen on ns. ”on-premise” eli paikan päällä ratkaisu. Tässä ratkaisussa ohjelmisto asennettaisiin paikallisesti asiakkaan omalle palvelimelle. Toinen vaihtoehto on pilvimuotoinen Neplan360, missä ohjelmisto vuokrataan aina vuodeksi kerralla. Ohjelman oston yhteydessä molemmilla ratkaisuilla hintaan sisältyy vuoden ylläpitopalvelu. Ylläpitopalvelu pitää sisällään muun muassa tukipalvelut ja ilmaiset päivitykset asennusten kanssa. Vuoden jälkeen ylläpitopalvelu on uusittava paitsi Neplan360 ratkaisulla palvelu uusiutuu joka vuosi vuokran yhteydessä. [11.]

5.5.2 Tekniset ominaisuudet

Neplan tarjoaa suunnittelijalle laajat mitoitusominaisuudet. Testauksessa käytössä oli Neplanilta saatu demoversio, joka on rajoitettu 15 solmupisteeseen. Demoversio tarjoaa kuitenkin laajan skaalan ominaisuuksia, kuten kuormanjakolaskenta, oikosulkuvirtalaskenta, ylivirtasuojaus analyysia ja harmonista analyysia.

The image shows a 'New Project' dialog box with the following fields and options:

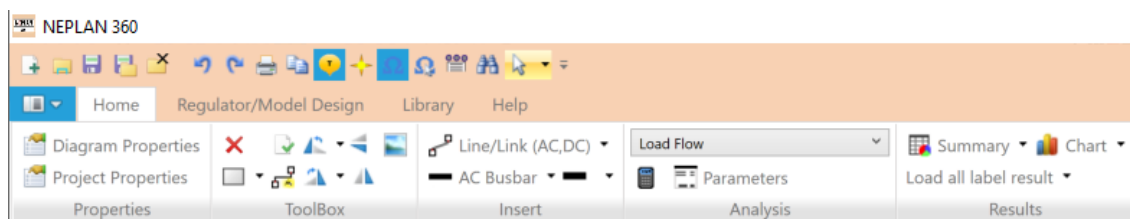
- Medium type:** Power
- Name:** Testi_Proxion
- Path:** Own Projects//
- Diagram type:** schematic (selected), geographic, regulator block
- Regulator type:** Exciter
- Regulator name:** (empty field)
- Use settings from another project: (empty field)
- Settings and Variables according to:**
 - IEC (selected), ANSI
 - Units: Distribution, Transmission (selected)
 - Currency: € (selected), \$, € (input field)
 - Frequency .. Hz: 50 Hz (selected), 60 Hz

Buttons: Create, Cancel, Help

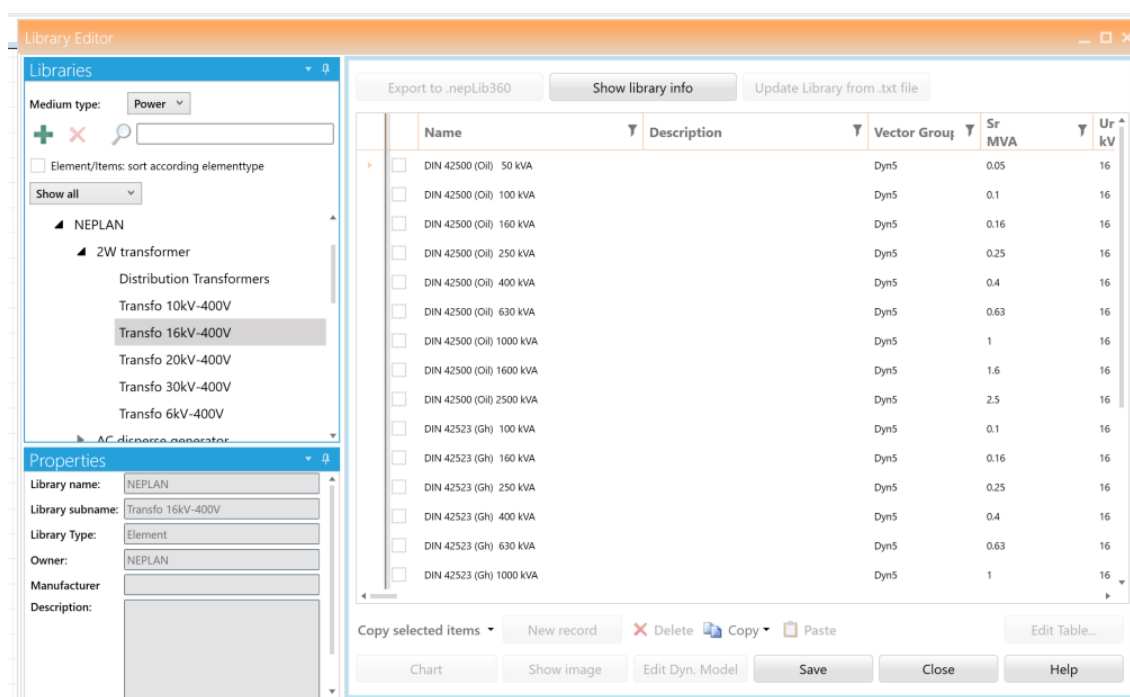
Kuva 7 Neplan projektin aloitusnäky.

Projektin luominen ohjelmalla oli vaivatonta eikä aloitusarvoihin tarvinnut juuri-kaan koskea. Suoraan luomisen jälkeen aukeaa Neplanin yksinkertainen käyttäjäympäristö. Keskellä näytöllä on iso ”piirustuspaperi”, mihin suunnittelutyö tehdään. Suunnittelualustan koko Neplanissa on käyttäjän määritettävissä, mikä mahdollistaa suurten kokonaisuuksien mallintamisen. Komponenttisyömbolit saa helposti näkyviin sivun reunaan, josta ne ovat mahdollista vetämällä sijoittaa suunnitelmaan. Sijoituksen jälkeen ohjelma avaa kyseisen komponentin, esim. muuntajan tekniset tiedot, mihin voi täyttää muuntajan koon ja muuntosuhteen.

Verkon mallintamisen toimintaperiaate on yksinkertainen. Busbarit, eli jännite-kiskot ja nodet, eli solmupisteet toimivat referenssipisteinä jännitteelle.



Mallintaminen aloitetaan sijoittamalla käyttöliittymän yläkulmasta jännitepisteitä. Tämän jälkeen niitä on mahdollista yhdistää erilaisilla kaapeleilla ja komponenteilla.



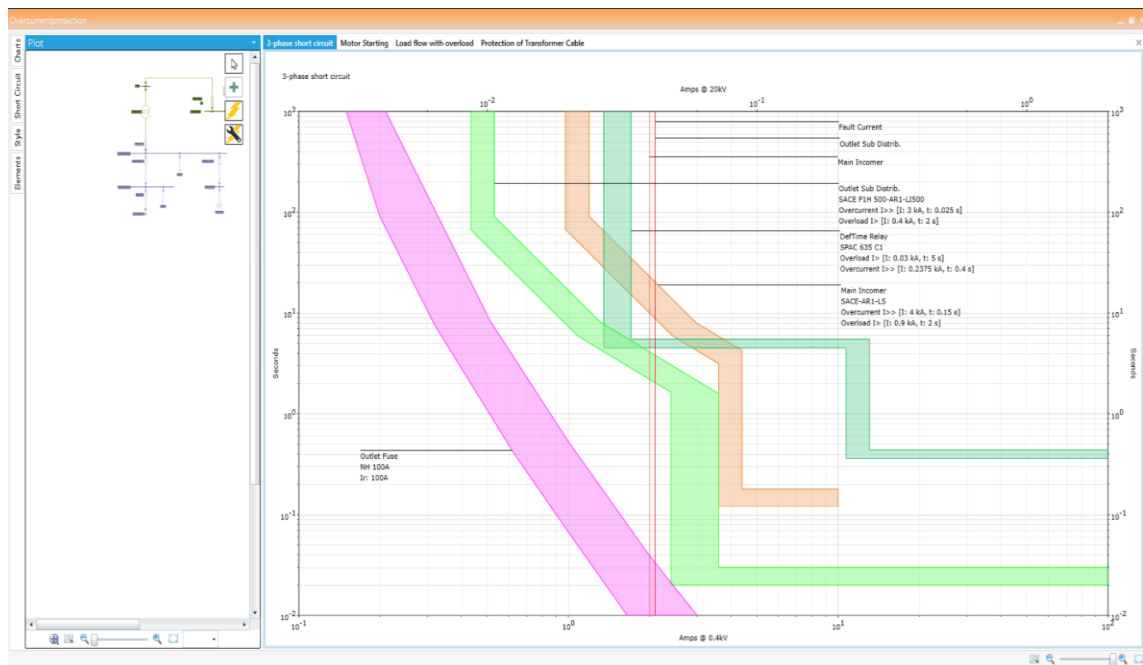
Kuva 8 Neplanin komponenttikirjaston näkymä.

Kun laite on sijoitettu verkkoon, siihen on mahdollista syöttää halutut arvot tai valita Neplanin komponenttikirjastosta vastaava oikea komponentti. Ohjelman demoversio kirjastossa oli rajoitettu määrä komponentteja.

Kun verkko on mallinnettu halutuilla arvoilla ja se on valmiina laskentaan, valitaan yläpalkista haluttu laskuanalyysi. Halutun laskentaominaisuuden valittua on ohjelmaan valintapalkin alapuolelta mahdollista syöttää laskentaparametreja. Parametreista saa myös vaihdettua laskentatyylin ja käytetyn standardin.

Esimerkiksi kuormanjakolaskennassa on mahdollista vaihtaa Newton-Raphson menetelmästä DC- kuormanjakolaskentaan. Oikosulkuvirtalaskennassa on mahdollisuus laskea joko 1-vaihe tai 3-vaihe vikatilanteet ja valita solmupisteet, joissa vikatilanne esiintyy. Kun analyysi on valittu ja parametrit syötetty, painetaan samassa osiossa näkyvää laskimen kuvaa. Tämän jälkeen ohjelma suorittaa analyysin ja ilmoittaa arvot laatikoihin objektien alueelle.

Verkon suojalaitteista voidaan myös suorittaa selektiivisyysanalyysin, jolloin ohjelma piirtää kaavion toiminta-aikojen t ja prospektiivisten oikosulkuvirtojen I_p perusteella.



Kuva 9. Selektiivisyyden tarkastelu Neplanilla

5.6 DigSILENT PowerFactory

5.6.1 Yleistä

PowerFactory on saksalaisen DigSILENT GmbH:n kehittäämä verkostonmitoitushjelma. DigSILENT GmbH on Martin Schmiegin vuonna 1985 perustama yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Gomaringenissa Tübingenin lähellä. Yritys on

vuosien aikana laajentanut toimintaansa mm. Australiaan, Etelä Afrikkaan, Espanjaan, Ranskaan ja Chileen. DlgSILENTin 35 vuoden toiminnan aikana se on palkannut yli 140 ihmistä ympäri maailmaa ja sen palveluita hyödynnetään yli 12 000 lisenssillä yli 160 maassa. DlgSILENT operoi myös omaa minivesivoimalaa, jossa yritys suorittaa mittaus- sekä testausmenetelmien tutkimustoimintaa. Voimala toimii kahden Francis-turbiinin voimalla ja tuottaa noin 1GWh vuodessa. [12.]

Ohjelman hankinta määräytyy haluttujen ominaisuuksien sekä solmupisteiden mukaan. DlgSILENT tarjoaa sivuillaan hankintalomakkeen, missä on mahdollista valita listalta edistyneitä ominaisuuksia, kuten valokaarianalyysin, distanssi-suojausanalyysin, moottorinkäynnistysanalyysin sekä kaapelianalyysin. Hakemus on myös mahdollista tehdä erilaisista lisensseistä kuten: tutkimus-, opiskelija- ja koulutuslisenssin. Solmupisteiden määrän voi valita 100 ja loputtoman välillä. [13.]

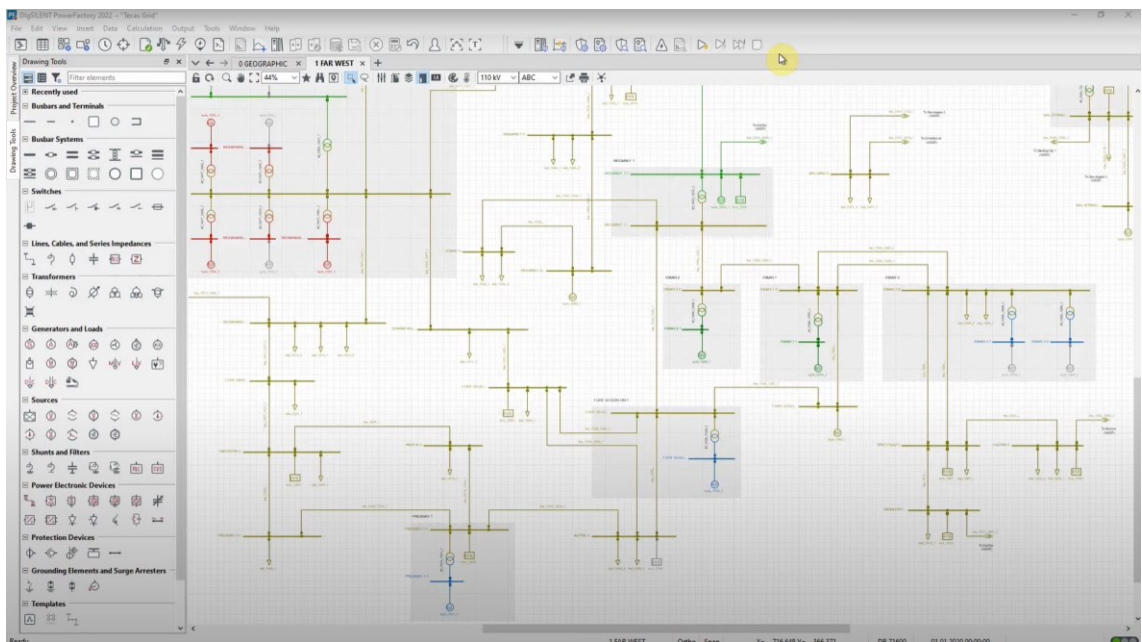
Lisenssistä on saatavilla versioita eri muodoissa, kuten Single-User Edition, joka on tarkoitettu nimensä mukaisesti lähinnä yksityiseen käyttöön. Tämän lisäksi tarjolla on Multi-User Edition sekä Team Edition. Molemmat lisenssit ovat tarkoitettu yrityksille ryhmäkäyttöön. Multi-User lisenssi on enemmän tarkoitettu yrityksille, jotka teettävät projektimuotoista suunnittelutyötä, kun taas Team lisenssi on tarkoitettu yrityksille, jotka työskentelevät jatkuvasti projektin kanssa, kuten esimerkiksi sähkönjakelu ja -siirto yritykset. [13.]

Demoversio oli kaikista kokeillusta ohjelmista vapainten käytettävissä. Ohjelmaan oli ladattu esimerkkiverkkoja 1- ja 3-vaiheisista verkoista, IEC- standardien mukaisista verkoista ja eri taajuuksilla toimivista rautatieverkoista. Esimerkkejä pääsi muokkaamaan vapaasti ja kaikki kokoversion ominaisuudet olivat testattavissa.

5.6.2 Tekniset ominaisuudet

PowerFactory on käyttöliittymältään hyvin yksinkertainen. Ohjelmassa onkin keskitytty enemmän ominaisuuksiin kuin näyttävyyteen. Demoversiota käytettäessä tuli alussa valita jokin ohjelman valmiiksi tarjoamista esimerkeistä, joita oli mahdollisuus tutkia ja muokata vapaalla kädellä, tai valinnan jälkeen luoda täysin uusi projekti. Uuden projektin alkaessa liittymälle aukeaa valkoinen piirustusalue, jossa on muokattava rasteri helpottamassa mallintamista.

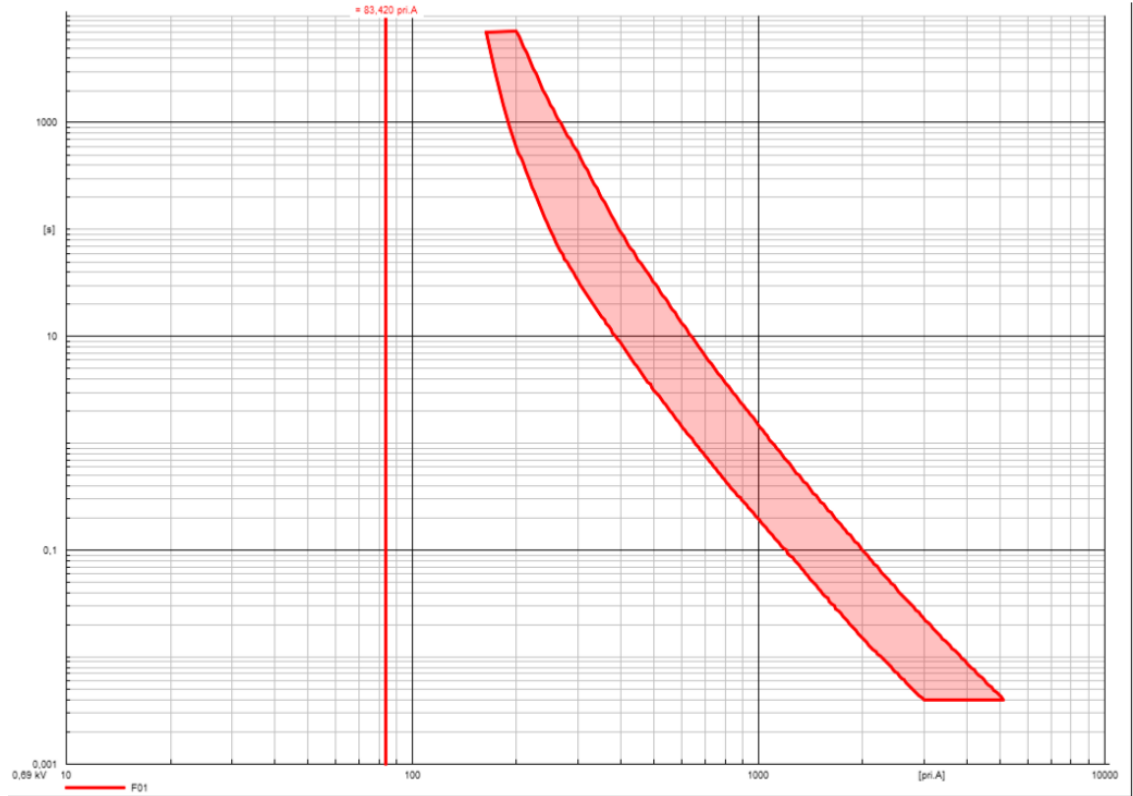
Mallintaminen aloitetaan vetämällä verkon komponentteja vasemmalle aukeavasta komponenttipalkista. Ohjelman käyttöliittymä on kustomoitavissa eli erilaiset palkit, kuten komponenttilista, tulosraporttinäkymä ja kirjastonäkymä ovat mahdollista avata omalle ikkunalleen, tai siirtää kiinteäksi osaksi ohjelmaan ja venyttää sopivan kokoiseksi tarvittaessa.



Kuva 10. PowerFactoryn suunnittelunäkymä.

Komponentit ovat listalla jaettu kategorioihin, joista ne on helppo vetää piirustusalueelle. Kun verkko on mallinnettu, sille voidaan ohjelman yläpalkissa sijaitsevista painikkeista suorittaa lukuisia erilaisia analyysejä, kuten kuormanjakotai oikosulkuvirta-analyysejä. Demoversioon oli myös sisällytetty ohjelman

edistyneempiä analyysimahdollisuuksia, kuten valokaarivaara-analyysi, jolla on mahdollista luoda ja tulostaa valokaarivaaralomakkeita, joita voidaan maastossa hyödyntää.



Kuva 11. Selektiivisyyden tarkastelu PowerFactorylla

5.7 ETAP

5.7.1 Yleistä

ETAP on yhdysvaltalainen 1986 perustettu yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Irvinessä, Kaliforniassa. ETAP yrityksenä on keskittynyt tarjoamaan ratkaisuja sähköjärjestelmien mallinnus-, suunnittelu-, analyysi ja automaatio-ohjelmistoissa. ETAP on ohjelmana täysin keskitetty sähköverkkoihin. Ohjelmaa on myyty yli 50 000 lisenssiä ympäri maailmaa ja se on yli 10 000 yrityksen, valtion viraston ja oppilaitoksen käytössä. Ohjelma on Neplanin ja PowerFactoryn tapaan valmistajasta riippumaton. [14.]

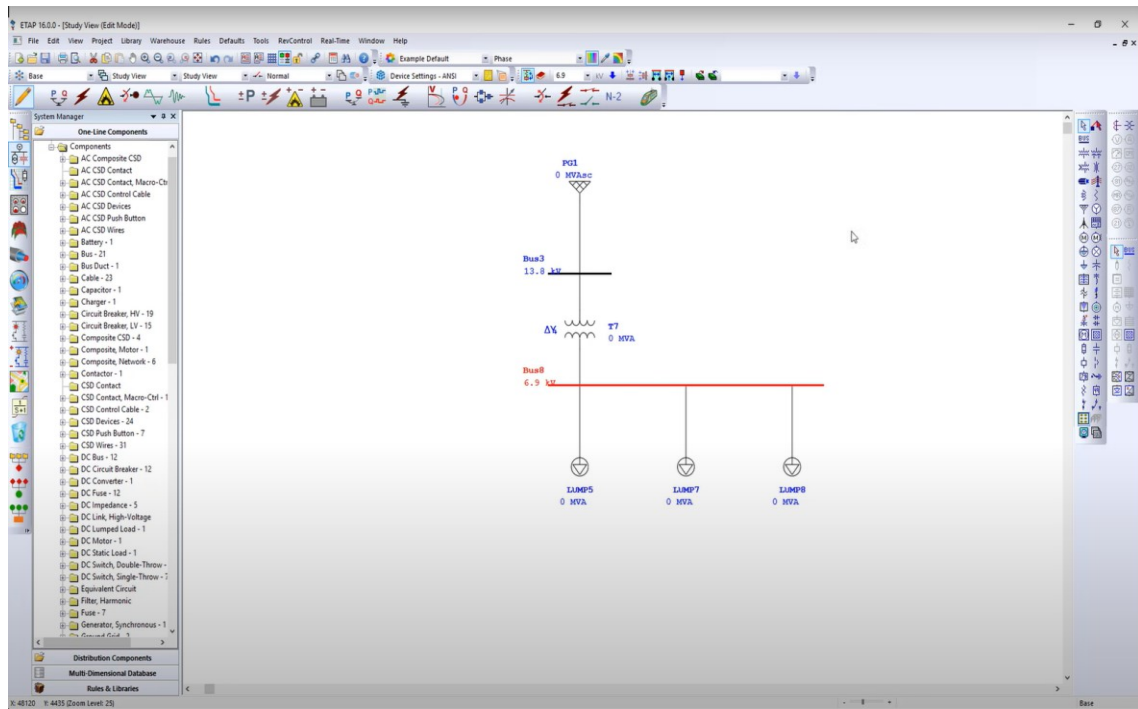
Ohjelman lisenssien hinta määräytyy haluttujen moduulien ja solmupisteiden määrän mukaan. Peruslisenssin ominaisuuksiin lukeutuvat AC- kuormalaskenta 3- ja 1-vaiheverkoille, kaapelinmitoitus, sekä vaihteenalenema-analyysit. Ominaisuudet, kuten DC-laskenta ja vikavirtalaskenta on valittava erikseen. Ohjelmaan on myös saatavilla sähköratalaskentamoduuli eTrax, jota ei ollut mahdollista demoversiossa kokeilla. Lisenssistä on saatavilla neljä eri versiota. Ensimmäinen on Stand-Alone versio, joka toimii konekohtaisesti ja on paras yksityiskäyttöön. Pienille yrityksille suunniteltu Concurrent User Network LAN, joka mahdollistaa ohjelman käytön samassa verkossa olevalle henkilökunnalle. Viimeisenä suuremmille yrityksille suunnatut WAN lisenssit, jotka mahdollistavat maan sisäisen tai jopa maailmanlaajuisen käytön. [14.]

Demoversio ohjelmasta oli rajoitettu, ja sillä pystyi pääpiirteittäin vain tarkastelemaan valmiita esimerkkejä eri standardeista. Tässä tapauksessa tarkasteltavaksi valittiin IEC- standardin mukainen esimerkki.

5.7.2 Tekniset ominaisuudet

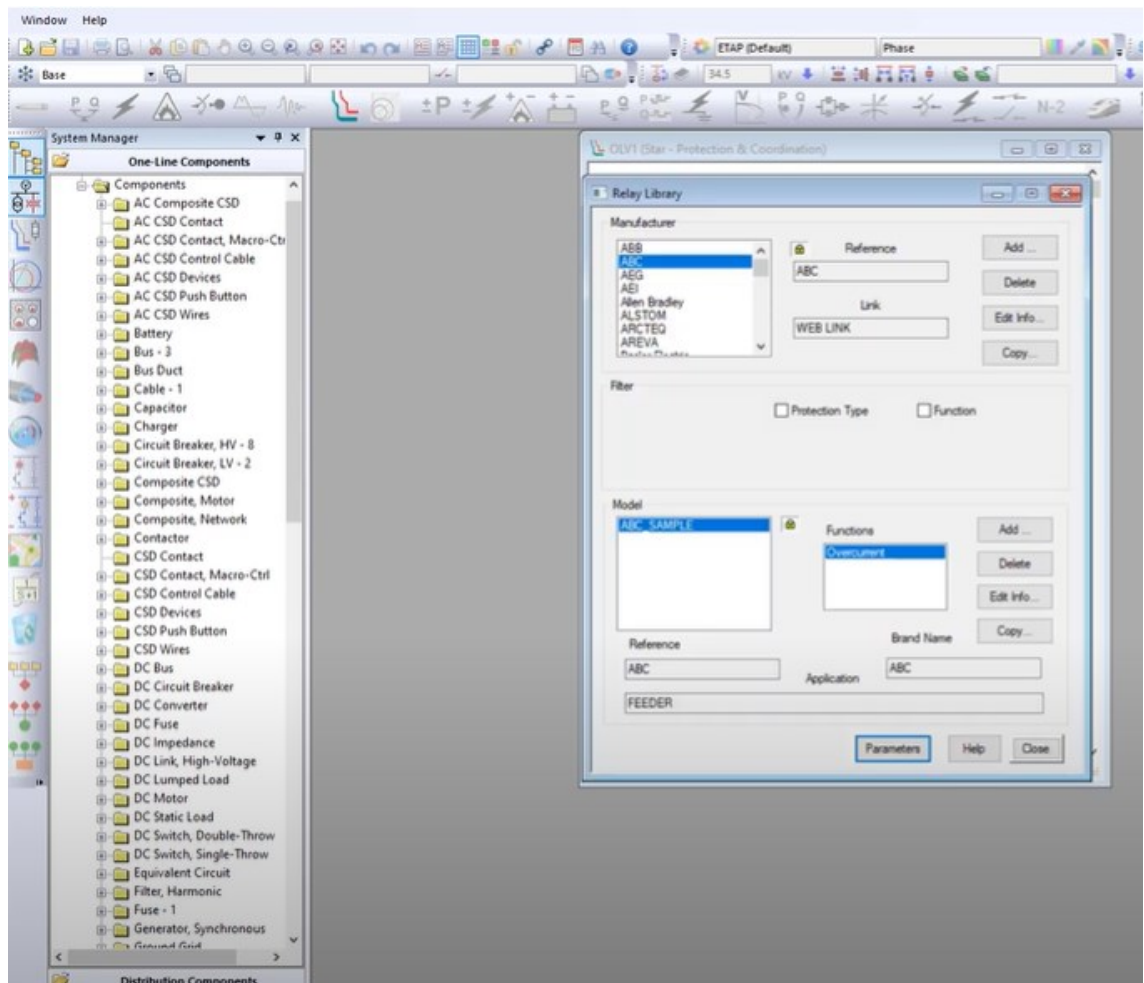
Projektin aloittaminen ETAP: 5in demoversiossa on yksinkertaista eikä ohjelma demoversiossa kysy parametreja alussa. Parametreja on mahdollista asettaa ja muuttaa projektin edetessä, esim. komponenttejen minimietäisyydet, sallitut jännitetasot ja standardit. Ohjelmassa on myös automaattiyhdistysominaisuus, joka yhdistää sivupalkista vedetyt komponentit automaattisesti, mikä nopeuttaa verkon rakentamista ohjelmassa.

Käyttöliittymältään ETAP on alkutekijöissä hieman monimutkaisempi kokonaisuudessaan verrattuna Neplanin ja PowerFactoryn yksinkertaisuuteen. Etapin käyttöliittymässä on enemmän painotettu graafiseen esitystapaan, eli eri ominaisuudet ovat esitettynä väritetyillä kuvilla. Ominaisuuksista saa kuitenkin lisätietoa siirtämällä hiiren niiden päälle. Hetken käytön jälkeen kuitenkin ominaisuudet alkavat hahmottua ja käytöstä tulee nopeampaa.



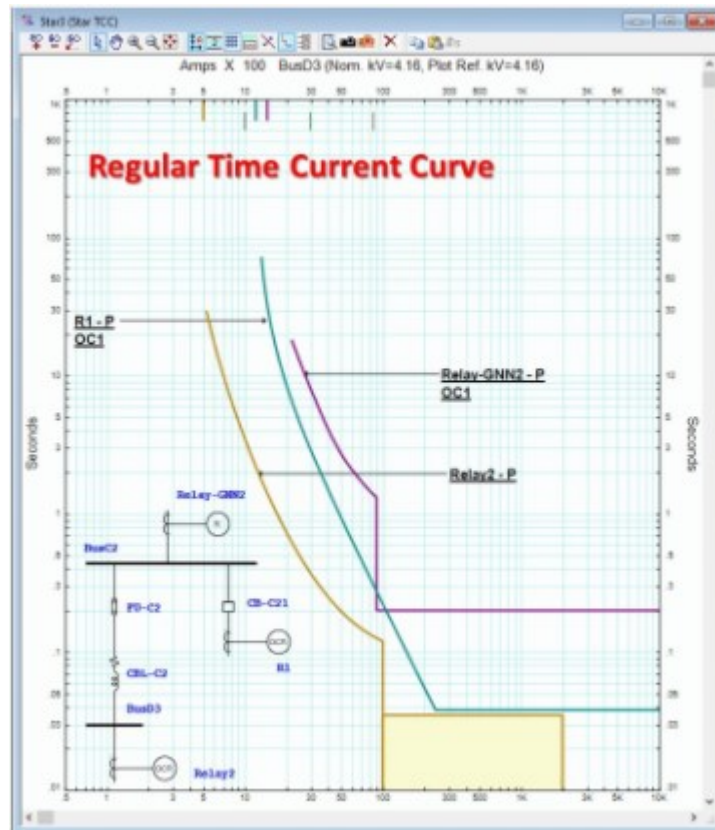
Kuva 12. Etapin käyttöliittymä

Kuvan 12. oikeassa reunassa näkyvät palkit ovat komponentteja mitä on mahdollista sijoittaa verkkoon. Kun komponentti on verkossa, sille on mahdollista asettaa halutut omat arvot. Etapilla on myös laaja kirjasto, josta on mahdollista valita standardin mukaan IEC tai ANSI komponentteja. Komponentit pystytään myös jakamaan AC ja DC komponentteihin tarvittaessa, jolloin tarvitsee listasta vain valita tuotevalmistaja ja vastaava koje. Etapin kirjasto on hieman erilaisempi kuin Neplanin tai PowerFactoryn. Erillisen ikkunan sijaan ohjelmassa aukeaa käyttöliittymään listaus komponenteista kansioittain. Kirjastosta löytyy pitkä lista komponentteja kuten: Akustoja, kontaktoreita, DC moottoreita sekä sulakkeita. Tuote on myös mahdollista avata reunasta tarkempaan tarkasteluun.



Kuva 13. ETAP:in kirjastonäkymä

Kun verkko on mallinnettu, valitaan käyttöliittymän yläpalkista analyysi, mikä halutaan verkolle suorittaa. Myös suojalaitteiden selektiivisyyden tarkistelu onnistuu yläpalkista, minkä jälkeen ohjelma piirtää graafisen kuvan selektiivisyyden tarkkailua varten.



Kuva 14. Selektiivisyyden tarkastelu ETAP:issa tapahtuu erillisessä ikkunassa

6 Oikean työkalun valinta

Seuraavissa kappaleissa tarkistellaan karsinnasta läpi päässeitä ohjelmia. Ohjelmien ominaisuudet olivat pääpiirteittäin samankaltaisia. Suurimmat erot olivat graafisia tulosten esitystapaan tai käyttöliittymään liittyviä. Jokaiselta vertailulta ohjelmalta luonnistui niin kuormanjakolaskenta, vikavirtalaskenta kuin selektiivisyyden tarkastelu.

6.1 Sähköradan mallintaminen

Opinnäytetyön edetessä kävi ilmi, että sekä PowerFactorylla että ETAP:illa oli mahdollisuuksia sähköradan verkon mallintamiseen. ETAP:illa kappaleessa 5.7.1 mainittu eTrax moduuli ja PowerFactorylla löytyi demosta valmiita malleja 50 Hz sähkörataverkosta. Näiden ominaisuuksien perusteella karsittiin vielä Neplan kolmikosta pois.

Taulukko 2. Karsinta sähköradan mallintamisen perusteella.

	Neplan	ETAP	PowerFactory
Sähköradan mallintaminen	Ei mahdollista	eTrax- moduuli	Sisältyy perusversioon

ETAP:in kokeiluversio ei sisältänyt eTrax- moduulia. Tämän vuoksi sitä ei päästy kokeilemaan, vaan tutustuttiin vain videoiden avulla.

6.2 Ohjelman hankinta

Ohjelman hankinnat alkoivat heti, kun päätös lisenssin hankinnasta tehtiin. Alustavasti ohjelmasta päätettiin hankkia lisenssi, joka saataisiin nopeasti käyttöön, ja jos verkonmallinnus osa-alueen työt ja projektit lisääntyvät, tehdään lisähankintoja.

Hankintaprosessi oli hieman odotettua pidempi sähköpostiyhteydenpidon, sekä tarkentavien kysymysten vuoksi. Kysymyksiä oli kuitenkin tärkeä miettiä kunnona, jotta voitaisiin olla täysin varmoja hankinnasta. Hankintaprosessissa keskusteltiin laskentaohjelman teknisen edustajan kanssa halutuista ominaisuuksista, sekä hankinnan suorittamisesta. Yhtenä ominaisuuksien selvityskeinona käytettiin kappaleessa 4.1 esitettyä malliverkkoa. Verkon suunnitelmasta tehtiin käännöstyö englanniksi, jonka jälkeen se lähetettiin toimintaperustein laskentaohjelman edustajalle. Yhteiseen ymmärrykseen ohjelman ominaisuuksista päästiin, ja ohjelman hankinta eteni mutkattomasti.

Kun ohjelman ominaisuuksista oli päästy yhteisymmärrykseen, tuli seuraavaksi selvittää ohjelman Proxionille sopiva lisenssityyppi. Vaihtoehtoja lisenssille oli kaksi: Softkey versio, eli verkkoversio, joka asennettaisiin kiinteälle serverikoneelle, joka on täysin tarkoitettu laskentaohjelman lisenssin toimintaan. Softkey lisenssin ongelmaksi osoittautui Proxionin käyttämä virtuaalinen yhteys eli VPN, jota Softkey lisenssi ei tue. Tämän vuoksi päädyttiin toiseen vaihtoehtoon, eli USB- tikku tyyliseen ratkaisuun. Ideana on, että lisenssi asennetaan laskentaohjelman tarjoajalla USB- tikulle ja lähetetään asiakkaalle. Tikku asetetaan

tietokoneeseen VPN- tarjoajan pisteellä, ja aktivoidaan avaimella. Tämä mahdollistaa lisenssin käytön virtuaalisessa ympäristössä, mikä on välttämätöntä Proxionille, jonka työpisteet sijaitsevat ympäri Suomea, eikä samaa verkkoyhteyttä pystytä jakamaan ilma VPN- yhteyttä.

Hankintapäätöksen jälkeen pidettiin vielä jo ennaltaan sovittu laskentaohjelman esittelytapaaminen Zoomin välityksellä 2.3.2022. Esittelyyn osallistui kaksi laskentaohjelman edustajaa, jotka tunsivat ohjelman käytön läpikotaisin. Ohjelman esittelyssä käytiin läpi mm. kuormanjako- ja oikosulkuvirtalaskenta, sähkörata-laskentaominaisuuksia, joihin sisältyi sekä imu- että säästömuuntajajärjestelmä ja suojalaitteiden selektiivisyyden tarkastelu graafisesti.

Ohjelman esittelyssä myös selvisi, että Proxionille tarvittaisiin ohjelman perusominaisuuksien lisäksi lisämooduli, joka sisältää edistyneitä toimintoja mm. suojalaitteiden analysoinnille sekä niiden selektiivisyyden tarkkailulle. Ohjelman tarjouksessa myös tarjottiin ohjelmasta sekä 100, että 250 solmuista versiota. Tarvittavien solmujen määrä selvitettiin eräästä suuresta virransyöttöverkosta, josta käsin laskettiin 86 solmupistettä. Tämän myötä tultiin lopputulokseen, että 100 solmua on riittävä määrä aluksi, ja jos suurempia verkkoja ilmenee, niin ollaan tarjoajaan yhteydessä ja pyydetään päivitystä.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön selvitysten pohjalta Proxionille tehtiin hankinta uudesta sähköverkon mitoitus työkalusta, joka vastasi parhaiten yrityksen tarpeita. Työn aikana ohjelmia kartoitettiin monia, joista kuitenkin monet karsittiin pois heti ensikosketuksessa. Proxionin ohjelmalle annetut kriteerit myös elivät opinnäytetyön etenemisen aikana.

Lisenssin hankinta onnistui suhteellisen mutkattomasti. Ainoa ongelma projektissa oli ajankäytön hallinta. Jokainen askel työssä vei vähintään muutaman päivän, sillä yhteyshenkilöt sijaittivat kaikki ulkomailla, jotkut jopa Yhdysvalloissa

asti. Tämän takia ongelmaksi koitui muun muassa aikavyöhyke-erot sekä kieli-
muuri.

Iso tekijä opinnäytetyöhön oli se, että demolisenssien aika oli rajoitettu vain 30-
päivään. Tämän takia pystyi ohjelmiin tutustumaan vain pintapuolisesti, käyt-
täen ohjelmantarjoajien luomia videoita itseopiskeluun. Jos ohjelmassa ilmeni
ongelmia käytön aikana tai tuli jotain kysyttävää ohjelmantarjoajalle, kesti kon-
taktin saamisessa aina suhteellisen pitkä aika, aina muutamasta päivästä viik-
koihin. Tämän vuoksi työn aikataulussa tarvittiin joustavuutta. Ja jos ohjelman-
tarjoajalta ei saatu vastauksia, etsittiin ominaisuudet empiirisellä tutkimuksella.

Lähteet

- 1 SFS 6000-5-52:2017. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Luettu 4.2.2022. SFS- Online.
- 2 SFS 6000-4-43:2017. Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus. Luettu 4.2.2022. SFS- Online.
- 3 SFS 6000-5-53:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. Luettu 5.6.2022. SFS-Online.
- 4 ABB. Kahvasulakkeet, 2...1600 A, gG ja aM -tyypit. Luettu 4.2.2022. <https://library.e.abb.com/pub-lic/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/1SCC317002C1801.pdf>
- 5 Trimble NIS -ohjelmistoesittely Proxionille. 17.1.2022. Helsinki.
- 6 Nelfo verkkosivut. Luettu 8.2.2022 <https://www.nelfo.no/produkter-tjenester/programvare/febdok/om/>
- 7 T. Lonqvist. Engineering Consultant. Siemens. Sähköposti. 7.1.2022.
- 8 A. Uskalinmäki. Solution Architect. Schneider electric. Sähköposti 12.2.2022.
- 9 C. Visser. ABB Oy. Kotimaan myynti. Sähköposti 20.1.2022.
- 10 Neplan verkkosivut. <https://www.neplan.ch/en-company/>. Luettu 17.2.2022
- 11 L. Busarello. PSI NEPLAN AG. Teknisten tieteiden tohtori. Sähköposti 22.1.2022.

12 DigSILENT verkkosivut. <https://www.digsilent.de/en/company.html> Luettu 14.2.2022

13 B. Weise. DigSILENT GmbH. Vanhempi konsultti. Sähköposti 21.1.2022.

14 ETAP verkkosivut. <https://etap.com/> Luettu 23.2.2022