

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2023

Janne Lähtinen

**Finelcomp E-NFS**  
kennorakenteen saattaminen  
Gistelen tuotantoon

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2023 | 70 sivua

Janne Lähtinen

## Finelcomp E-NFS kennorakenteen saattaminen Gistelen tuotantoon

Opinnäytetyölle syntyi tarve, kun yrityksen käytössä oleva F-sarjan kennokeskus rakenne on jäämässä liian pieneksi sähkökeskusten nimellisvirtojen kasvaessa. Lisäksi sähkökeskusten syötöt ja suuret lähdöt edellyttävät kiskosiltoja, jotka vievät paljon tilaa keskusrakenteelta. Tämän seurauksena yrityksen toimintaa on kehitettävä vastaamaan nykyisiä tarpeita.

Opinnäytetyössä selvitettiin E-NFS kennokeskus rakenteen soveltuvuutta Gistele Oy:n suurivirtaisten sähkökeskusten valmistuksessa. Lisäksi tehtiin kustannusvertailu nykyisen F-sarjan ja uuden E-NFS-sarjan välillä sekä laskettiin kokonaiskustannukset. Työssä arvioitiin, onko E-NFS-sarjan käyttöönotto taloudellisesti kannattava vaihtoehto nykyisen F-sarjan sijaan. Lisäksi selvitettiin, että kannattaako kaikki yrityksen valmistamat kennokeskukset vaihtaa E-NFS-sarjaan vai tapauskohtaisesti.

Kustannusvertailun perusteella E-NFS-sarjan kennokeskus on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto pääasiassa tukieristeiden ja niihin liittyvien kiinnitystarvikkeiden korkeamman hinnan vuoksi. Tutkimusten perusteella E-NFS-sarjan kennokeskus rakenne sopii hyvin suurivirtaisten sähkökeskusten valmistukseen Gistele Oy:n tuotannossa. Oikosulkuvirta ja tilantarve huomioon ottaen käyttöä tulee harkita huolellisesti, sillä se ei ole suora vaihtoehto F-sarjalle.

Asiasanat: E-NFS, kennokeskus, keskus rakenne, sähkökeskus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

Completion year of the thesis | 70 pages

Janne Lähtinen

## Bringing the Finelcomp E-NFS cell centre structure into Gistele production

The need for the thesis arose when the F-series cell centre used by the company is becoming too small as the nominal currents of the electrical centres increase. In addition, electrical center inputs and large outputs require rail bridges, which take up a lot of space from the central structure. As a result, the company's operations must be developed to meet current needs.

The thesis examined the suitability of the E-NFS cell centre structure in the manufacture of Gistele Oy's high-current electrical power centres. In addition, a cost comparison was made between the current F-series and the new E-NFS-series, and the total cost was calculated. The work assessed whether the introduction of the E-NFS series is an economically viable option instead of the current F-series. In addition, it was examined whether all the cell centers manufactured by the company should be change to the E-NFS series or on a case-by-case basis.

Based on a cost comparison, the E-NFS series cell center is a significantly more expensive option, mainly due to the higher price of the support insulation and related fixing accessories. Based on the findings, the cell center structure of the E-NFS series is well suited to produce Gistele Oy's high-current electrical centers. Due to the short-circuit current and the space requirement, the use should be carefully considered, as it is not a direct alternative to the F-series.

Keywords:

E-NFS, cell centre, central structure, electrical centre

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>8</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>9</b>
<b>2 Gistele Oy</b>	<b>10</b>
<b>3 E-NFS kennokeskusrakenne</b>	<b>11</b>
3.1 Standardit	12
3.1.1 SESKO	13
3.1.2 Kansainväliset standardointijärjestöt	14
3.2 Tekniset tiedot	15
3.2.1 Nimellis- ja eristysjännite	15
3.2.2 Nimellisvirta	15
3.2.3 Terminen- ja dynaaminen oikosulkukestoisuus	15
3.2.4 Nimellistaajuus	16
3.3 Runkovaihtoehdot	16
3.3.1 650-R	17
3.3.2 800-R	19
3.4 Sokkelit	21
3.5 Virtakiskostot	22
3.6 Suojamaadoitus	24
3.7 Kotelointiluokat	24
3.7.1 Kotelointiluokat IP20–31	27
3.7.2 Kotelointiluokat IP34–44	28
3.7.3 Kotelointiluokat IP55	30
<b>4 Suunnittelu</b>	<b>31</b>
4.1 Suunnittelun lähtötiedot	31
4.2 ElfleX3D	32
4.2.1 Ohjelman käyttö	32
4.2.2 ElfleX3D-ohjelmistolla luotuja layout-kuvia ja 3D-malli	38

<b>5 Toteutus ja työohje</b>	<b>41</b>
5.1 Sokkelit	41
5.2 Keskusrungot	43
5.3 Kiskosto	49
5.4 Kuoret	55
5.5 Ovet ja takalevyt	56
<b>6 Yhteenveto</b>	<b>59</b>
<b>Lähteet</b>	<b>61</b>

## **Kuvat**

Kuva 1. E-NFS kennorakenne (E-NFS tuoteluettelo 2023).	11
Kuva 2. SFS-61439-sarjan osat ja muita sähkökeskuksen suunnitteluun liittyviä standardeja.	13
Kuva 3. E-NFS 650-R keskusrunko (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)	18
Kuva 4. E-NFS 650-R vaaka- ja pystykiskostot (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4).	18
Kuva 5. Vasemmalla rungon jatko 66-1960 ja oikealla 136-1960 (E-NFS tuoteluettelo 2023, 35).	19
Kuva 6. E-NFS 800-R keskusrunko (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5).	20
Kuva 7. E-NFS 800-R vaaka- ja pystykiskostot (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5).	21
Kuva 8. Sokkeli 650 (E-NFS tuoteluettelo 2021, 8).	21
Kuva 9. Sokkeli 800 (E-NFS tuoteluettelo 2021, 8).	21
Kuva 10. E-NFS kiskostojen vaiheiden ryhmittely (E-NFS tuoteluettelo 2023, 44).	22
Kuva 11. VMS vaakakiskoston kuormitustaulukot alumiini- ja kuparikiskoille (E-NFS tuoteluettelo 2023, 47).	23
Kuva 12. Tiivistenauhalla tiivistäminen (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).	26
Kuva 13. Liimamassalla tiivistäminen (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).	27
Kuva 14. Saumatiivisteiden asennus etu- ja väliprofiiliin (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).	28
Kuva 15. Katto-osien saumatiiviste (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).	29

Kuva 18. ElfleX3D käyttöliittymä.	33
Kuva 19. Rakennustiedot.	34
Kuva 20. Sähkötekniset tiedot.	35
Kuva 21. Kenttien ominaisuuksien määrittely.	35
Kuva 22. Ryhmien ominaisuuksien määrittely.	36
Kuva 23. Syöttö- ja kokoojakiskostojen määrittäminen.	37
Kuva 24. Dokumenttien luonti ja luodut dokumentit.	37
Kuva 25. Kennokeskuksen 1. layout-kuva.	38
Kuva 26. Kennokeskuksen 2. layout-kuva.	39
Kuva 27. Kennokeskuksen 3. layout-kuva.	39
Kuva 28. Kiskotilan 3D-kuva.	40
Kuva 29. Sokkeli 650-R kasattuna.	42
Kuva 30. Sokkeli 800-R kasattuna.	43
Kuva 31. 650-R Päätyrunkolevyt yhdistettynä sokkeliin, tuenta asennuslevyillä (E-NFS tuoteluettelo 2023, 24).	44
Kuva 32. 800-R päätyrunkolevyt yhdistettynä sokkeliin, tuenta tuuletuskatoilla (E-NFS tuoteluettelo 2023, 25).	45
Kuva 33. Runkolevyissä olevat kiinnitys reiät.	46
Kuva 34. Päätyrunkolevyn takaosassa oleva kolo.	47
Kuva 35. Runkoprofiiliyhdistimet ja runkotukilevyt (E-NFS tuoteluettelo 2023, 25).	47
Kuva 36. Sivulevyjen vaakatukilistat.	48
Kuva 37. VMS3-10 tukieristimien asennus (E-NFS tuoteluettelo 2023, 46).	49
Kuva 38. VMS3-10 tukieristimien välituenta.	50
Kuva 39. Päätyrunkolevyn tukilevy.	51
Kuva 40. Päätyrunkolevyistä poistettavat metallipalat (E-NFS tuoteluettelo 2023, 51).	52
Kuva 41. Päätyvalokaarisuojat asennettuna.	53
Kuva 42. Vaakakokoojakiskot ja VMS3-10 tukieristimet asennettuna.	54
Kuva 43. Ohjeistus VMS kiskojen minimiväleille (E-NFS tuoteluettelo 2023, 50).	54
Kuva 44. Päätyvalokaarisuojat asennettuna.	55

Kuva 45. Kuoriosat asennettuna 800-R runkoon.	56
Kuva 46. Etuvälitaso ja välipiena asennettuna.	57
Kuva 47. Ovet ja takalevyt asennettuna.	58

## **Taulukot**

Taulukko 1. IP-koodin 1. tunnusnumero.	24
Taulukko 2. IP-koodin 2. tunnusnumero.	25
Taulukko 3. IP-koodin lisäkirjain.	25
Taulukko 4. IP-koodin täydentävä kirjain.	25

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

E-NFS	Finelcomp Oy:n keskusrakenteen tyyppi.
Kennokeskus	Modulaarinen lattialla seisova rakenne, jota käytetään yleisimmin teollisuuden pää-, nousu- tai alakeskuksena.
Kokoojakisko	Keskuksen päävirtakisko, virranjakoon.
Lattakisko	Kuparinen- tai alumiininen virtakisko, joka on valmistettu vedetystä lattakelasta- tai tangosta.
Layout-kuva	Suunnitelma keskusten komponenttien ja osien esittämiseen.
Pystykiskosto	Virtakiskosto, joka asennetaan pystysuuntaiseen asentoon.
Sokkeli	Sokkeli muodostaa kennokeskuksen pohjan eli perustan.
Tuuletuskotelo	Mahdollistaa ilman virtaamisen.
Vaakakiskosto	Virtakiskosto, joka asennetaan vaakasuuntaiseen asentoon.
VMS	Versatile Mounting Support on monipuolinen asennustuki eli tukieristin.
E-NFS-sarja	Elcover-New Frame System eli uusi kehikkorakenne vanhempaan E-sarjaan verrattuna.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyö todettiin tarpeelliseksi, kun käytössä oleva F-sarjan kennokeskusrakenne jää liian pieneksi sähkökeskusten nimellisvirtojen kasvaessa yhä suuremmiksi. Kiskosiltojen käyttö on yleistynyt keskusten syötöissä ja suurissa lähdöissä. Nämä vaativat paljon tilaa keskusrakenteesta, joten toimintaa on kehitettävä vastaamaan nykyistä tarvetta.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia E-NFS kennokeskusrakenteen soveltuvuutta suurivirtaisten sähkökeskusten valmistuksessa ja sen soveltuvuutta yrityksen tuotannossa. Tämän lisäksi opinnäytetyössä tehdään kustannusvertailua nykyisen F-sarjan ja uuden E-NFS-sarjan välillä ja lasketaan työn kokonaiskustannukset. Tarkoituksena on selvittää, onko käyttöönotto kokonaiskustannuksiltaan kannattava vaihtoehto verrattuna nykyiseen F-sarjaan. Lisäksi tarkastellaan, että kannattaako kaikkien yrityksessä valmistettavien kennokeskusten rakenne vaihtaa uuteen E-NFS-sarjaan vai ainoastaan tapauskohtaisesti. E-NFS-sarjan kokoojakiskosto on mahdollista toteuttaa viidellä erityyppisellä kiskostorakenteella. Tämän lisäksi kennokeskuksen pystykiskosto on mahdollista toteuttaa kolmella erilaisella toteutustavalla, joten tarkastelua tehdään myös näiden osalta.

Käytännön osuudessa rakennetaan malleiksi 650 mm ja 800 mm syvät keskusrungot. Rakennettaviin keskusrunkoihin asennetaan mahdollisesti joitain komponentteja, kuten ilmakatkaisija. Malleissa demonstroidaan myös kiskostojen rakentamista ja niiden yhdistämistä. Tavoitteena on luoda havainnollistava esimerkki uuden kennokeskusrakenteen käytöstä ja toiminnasta. Tämän lisäksi laaditaan asennusohjeet erillisenä työnä tuotannolle, uutta E-NFS-sarjaa varten.

Työn tulokset antavat arvokasta tietoa ja auttavat yritystä sen tulevilla projekteilla.

## 2 Gistele Oy

Gistele Oy on Varsinais-Suomessa sijaitseva sähkönjakelujärjestelmien ja automaatiokeskusten valmistaja. Yritys on saanut alkunsa vuonna 1979, jolloin toiminta oli vielä harrastetasolla ja keskittyi vain ohjauskeskusten valmistukseen. Toimitilat sijaitsivat perustajien Ismo ja Gunnar Siilon autotallissa. Vuoteen 1985 mennessä harrastetoiminnasta oli kehittynyt yritys ja ensimmäiset toimitilat valmistuivat Liedon Tuulissuolle. Yritys siirtyi nykyisiin 3400 m<sup>2</sup> kattaviin toimitiloihin, Turun Urusvuorelle, vuonna 1994. (Gistele 2023.)

Yritys työllistää nykyään 46 henkilöä. Liikevaihto viime vuosina on ollut noin 8,2 miljoonaa euroa. Vuonna 2022 se oli 9 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos 83 000 euroa. (Finder 2023.)

### 3 E-NFS kennokeskusrakenne

E-NFS on pienjännitesähkökeskuskotelojärjestelmä, joka on mahdollista toteuttaa kuvan 1 mukaisesti kennokeskusrakenteena. Kennokeskuksilla on monipuolisia käyttötarkoituksia, sillä niitä käytetään pääasiassa teollisuuden pää-, nousu- ja alakeskuksina. Kennokeskuksia käytetään myös moottorien ohjauskeskuksina tai vaihtoehtoisesti edellä mainittujen yhdistelminä.

Kiinteistöjen yhteydessä kennokeskukset toimivat usein myös pääkeskuksina. Kennokeskuksien pääasiallinen nimellisjännite on 400 tai 690 voltia, ja nimellisvirta voi olla jopa useita tuhansia ampeereita. (Poutala 2018, 27–28.)

Kennokeskukset on suunniteltu vastaamaan suojausvaatimusten mukaisia kotelointiluokkia, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti IP 20–55. Tämä tarkoittaa, että kennokeskukset on suojattu pääasiassa pölyltä ja roiskevedeltä. Kotelointiluokista kerrotaan lisää opinnäytetyön kohdassa 3.7. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 6.)



Kuva 1. E-NFS kennorakenne (E-NFS tuoteluettelo 2023).

Pienjännitesähkökeskuskotelojärjestelmät on ensisijaisesti suunniteltu jako-, ohjaus- ja automaatiokeskusten kotelointiin, jotta kojeistojen sisällä olevat laitteet olisivat asianmukaisesti suojattuja mekaanisilta vaikutuksilta, vierailta esineiltä, pölyltä ja kosteudelta sisä- ja ulkoasennuksissa. Kotelointiratkaisut on suunniteltu tuomaan käyttäjälle lisäturvaa, estämällä kosketus jännitteisiin osiin tai virtateihin. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

E-NFS kotelointijärjestelmä on testattu ja sertifioitu, joka täyttää asianmukaiset standardit ja niiden asettamat vaatimukset. Standardeja sivutaan seuraavassa luvussa. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

### 3.1 Standardit

Perustana sähkökeskusten suunnittelussa ovat standardit ja määräykset. Standardi SFS-EN 61439-1 asettaa yleisvaatimukset sähkökeskusten suunnittelulle eikä yksinään sen perusteella voi rakentaa sähkökeskusta. Tämän lisäksi on noudatettava myös muita standardin osia. Lisäksi sähkölaitos asettaa omia rajoituksia, kuten sähköenergian mittausvaatimuksia, jotka vaikuttavat sähkökeskusten toteutustapaan. Standardi SFS-EN 61439-1 sisältää yleiset määritelmät ja asettaa käyttöolosuhteet, rakennusvaatimukset, tekniset tunnusmerkit ja todentamisvaatimukset pienjännitekeskuksille. (Jokinen 2022, 9.)

Sähkökeskusten suunnitteluun liittyy paljon erilaisia standardeja. Kuvassa 2 esitetään ne standardit, jotka ovat yleisimmin käytettyjä keskusvalmistuksessa.

SFS-EN 61439-1	Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset.
SFS-EN 61439-2	Pienjännitekeskukset. Osa 2: Ammattikäyttöön tarkoitetut kojeistot.
SFS-EN 61439-3	Pienjännitekeskukset. Osa 3: Maallikoiden käyttöön tarkoitetut keskukset.
SFS-EN 61439-4	Pienjännitekeskukset. Osa 4: Työmaakeskusten erityisvaatimukset.
SFS-EN 61439-5	Pienjännitekeskukset. Osa 5: Jakeluverkkokeskukset.
SFS-EN 61439-6	Pienjännitekeskukset. Osa 6: Jakelukiskojärjestelmät.
SFS-EN 62208	Tyhjät koteloinnit jakokeskuskäyttöön. Yleiset vaatimukset.
SFS 2529	Vaihtosähköenergian mittausta. Energiamittarin alusta.
SFS 3381	Vaihtosähköenergian mittausta. Mittauslaitteistot.

Kuva 2. SFS-61439-sarjan osat ja muita sähkökeskuksen suunnitteluun liittyviä standardeja.

### 3.1.1 SESKO

Suomen Sähkötekniikan Standardisoimisyhdistys SESKO ry on perustettu vuonna 1954. SESKO-lyhenne tulee sanojen sähkö, elektrotekniska, standardisoimis-, ja komitea alkukirjaimista. Lyhenne otettiin virallisesti käyttöön vasta vuonna 1963. SESKO valmistelee Suomessa käytettäviä sähkö- ja elektroniikkaan liittyviä SFS-standardeja. SESKO tarjoaa myös paljon perehdytysmateriaalia, opiskelumateriaaleja, koulutuksia ja workshopeja sähköalan tulokkaille ja pitkään alalla työskennelleille SESKO-akatemian kautta. SESKO toimii Suomen lisäksi myös kansainvälisellä tasolla ja edustaa Suomea sähköalan kansainvälisissä standardointielimissä IEC:ssä ja CENELEC:ssä. (Sesko ry, 2023.)

### 3.1.2 Kansainväliset standardointijärjestöt

CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) on 34 jäsenmaata kattava eurooppalainen sähköalan standardointijärjestö. Jäsenet työstävät yhdessä asiantuntijoiden, teollisuusliittojen ja kuluttajien kanssa vapaaehtoisia sähköalan standardeja, jotka tukevat teknologian kehitystä, turvallisuutta ja yhdenmukaisuutta. (Sesko ry, 2023.)

Euroopan unionin lainsäädännössä, eurooppalaisilla EN-standardeilla on erityinen rooli. Euroopan unionin asetukset astuvat automaattisesti voimaan kaikissa EU-maissa, ja jokaisen jäsenmaan on sisällytettävä direktiivit osaksi kansallista lainsäädäntöään. Euroopan unionin ottaessa käyttöön yhdenmukaistetun standardin sähkökeskuksille, jäsenmaiden on kansainvälisesti noudatettava sitä. Tämä johtaa siihen, että ristiriidassa olevat standardit kumotaan ja yhdenmukaistetut standardit astuvat voimaan. (Sesko ry, 2023.)

IEC (International Electrotechnical Commission) on maailmanlaajuinen voittoa tavoittelematon sähköalan standardointijärjestö. Järjestö on perustettu vuonna 1906 ja se on maailman suurin sähköalan standardoimisjärjestö. IEC operoi yli 170 maassa ja sen toimintaan osallistuu yli 20 000 asiantuntijaa maailmanlaajuisesti. Järjestön laatimat ja julkaisemat sähkötekniset standardit toimivat eurooppalaisen ja kansallisen standardointityön pohjana. (Sesko ry, 2023.)

IEC-standardien noudattaminen varmistaa, että yritysten tuotteet ja palvelut täyttävät kunkin maan kansalliset lait ja vaatimukset. Tämä puolestaan helpottaa merkittävästi yritysten toimintaa eri markkinoilla, sillä ne voivat luottaa siihen, että niiden tuotteet vastaavat paikallista lainsäädäntöä. (Sesko ry, 2023.)

## 3.2 Tekniset tiedot

E-NFS kennokeskukselle on asetettu tiettyjä teknisiä vaatimuksia, jotka vaikuttavat olennaisesti suunnittelu- ja valmistusprosessiin. Nämä tekniset ominaisuudet ovat tärkeitä kennokeskuksen toimivuuden ja turvallisuuden kannalta. Tässä kohdassa käydään läpi yleisimmät ja tärkeimmät kohdat E-NFS kennokeskuksen tuoteluettelon tekniset tiedot -osiosta.

### 3.2.1 Nimellis- ja eristysjännite

Kennokeskuksen nimellisjännite ( $U_n$ ) vaihtelee 400–690 voltin välillä, mutta se on oltava kuitenkin  $\leq 690$  V. Keskuksen eristysjännite ( $U_i$ ) on  $\leq 1000$  V. Standardi SFS EN 61439-1 määrittelee, että: ”keskuksen eristysjännite on se jännitteen arvo, johon sähköiset testijännitteet ja pintavälit viittaavat. Keskuksen piirin mitoituseristysjännitteen on oltava yhtä suuri tai suurempi kuin saman piirin  $U_n$  ja  $U_e$  arvot.” (SFS-EN 61439-1 2022, 28.)

### 3.2.2 Nimellisvirta

Kennokeskus on suunniteltu kattamaan laaja nimellisvirta-alue aina 5 000 ampeeriin asti. Keskuksessa käytettävien kiskostojen virrankestoisuus riippuu käytettävästä kiskosto mallista. Vaakakokoojakiskoston nimellisvirta on enintään 5 000 ampeeria, ja pystykiskoston vastaavasti 1 500 ampeeria. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 6.)

### 3.2.3 Terminen- ja dynaaminen oikosulkukestoisuus

Terminen- ja dynaaminen mitoituskestovirran arvot ovat valmistajan ilmoittamia arvoja, määritellyissä olosuhteissa. E-NFS kennokeskus on suunniteltu siten, että terminen oikosulkukestoisuus ( $I_{cw}$ ) = 100 kA ja dynaaminen oikosulkukestoisuus ( $I_{pk}$ ) = 220 kA. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 6.)

Terminen oikosulkukestoisuus eli  $I_{cw}$  on lyhytaikainen mitoituskestovirran arvo. Se määritellään virran ja ajan suhteen lyhytaikaisen vaihtovirran tehollisarvona tai tasavirran keskiarvona. Dynaaminen oikosulkukestoisuus eli  $I_{pk}$  on huippuoikosulkuvirran arvo. (SFS-EN 61439-1 2022, 24–25.) Tarvittaessa dynaamista oikosulkukestoisuutta on mahdollista parantaa pienentämällä suositeltua tukieristinväliä, mikä puolestaan lisää käytettävien tukieristimien määrää. Termiseen oikosulkukestoisuuteen ei ole mahdollista vaikuttaa nostamalla tukieristimien lukumäärää. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 44.)

### 3.2.4 Nimellistaajuus

Nimellistaajuus ( $F_n$ ) on valmistajan ilmoittama arvo, joka E-NFS keskuksessa on 50 Hz tai 60 Hz. Nimellistaajuudesta käytetään usein myös termiä mitoitustaajuus, joka on hyvä tietää sekaannusten välttämiseksi.

Standardi SFS EN 61439-1 määrittelee mitoitustaajuutta seuraavasti: ”Piirin mitoitustaajuus on taajuuden arvo, johon viitataan käyttöolosuhteissa. Jos keskuksen piirit on suunniteltu eri taajuusarvoille, kunkin piirin taajuus on annettava.”

Liittyvien komponenttien IEC-standardeissa on asetettu tarkat rajat taajuudelle. Näiden ennalta määriteltujen rajojen tulisi olla 98 % ja 102 % nimellistaajuudesta, ellei keskusvalmistaja erikseen määrittele muita arvoja. (SFS-EN 61439-1 2022, 30.)

### 3.3 Runkovaihtoehdot

E-NFS kennokeskus on mahdollista toteuttaa seitsemällä erilaisella runkovaihtoehdolla. Kaikissa runkovaihtoehdoissa kenttäleveudet ovat 150 mm nousulla 300–1050 mm. Runkoihin on mahdollista asentaa vaaka- ja pystykiskostot. 650-R ja 650-T malleihin on saatavilla myös kasetti-/plug-in toimintayksiköt. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

Saatavilla olevat E-NFS runkovaihtoehdot:

1. 500-R
2. 650-R
3. 650-T
4. 800-R
5. 800-2S
6. 1000-R
7. 1000-2S

Runkovaihtoehtojen perässä olevien kirjainten merkitys:

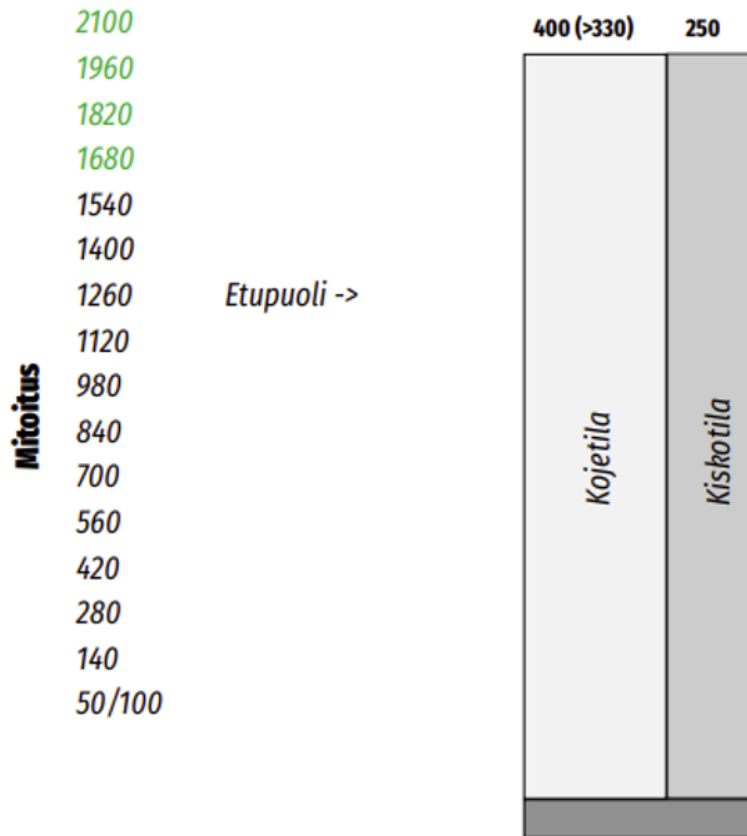
- R = Kiskosto takana (Rear busbar)
- T = Kiskosto ylhäällä, mutta käytössä myös takakiskosto (Top busbar)
- 2S = Kaksi puoleinen rakenne ja kiskotila keskellä (Two sided)

Käytännön osuudessa rakennetut mallikeskukset toteutettiin 650- ja 800-R runkoihin. Esiteltäviksi runkovaihtoehtoiksi valikoitiin todennäköisimmät runkovaihtoehdot, jotka soveltuisivat kokonsa puolesta Gistele Oy:n tuotantoon. Runkovaihtoehtojen yksityiskohtaisempaa tarkastelua varten tulee perehtyä E-NFS tuoteluetteloon. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

### 3.3.1 650-R

E-NFS 650-R runkokorkeus vaihtelee 1680–2100 mm välillä. Runko on mahdollista toteuttaa kuvan 3 mukaisesti neljällä eri korkeudella. Korkeutta on mahdollista säätää 140 mm:n välein. Korkeuteen on huomioitava tämän lisäksi myös sokkelin korkeus, joka on 50 mm tai 100 mm. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

Kojetilaa rungossa on 400 mm ja kiskotilaa 250 mm. Kojetilan syvyyteen on mahdollista vaikuttaa, mutta sillä reunaehdolla, että kojetilan on oltava > 330 mm. Vaikka kojetilan syvyyttä muutettaisiin, niin keskuksen runkosyvyys 650 mm pysyy vakiona. Kiskotilan syvyyteen ei ole mahdollista vaikuttaa. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)



Kuva 3. E-NFS 650-R keskusrunko (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

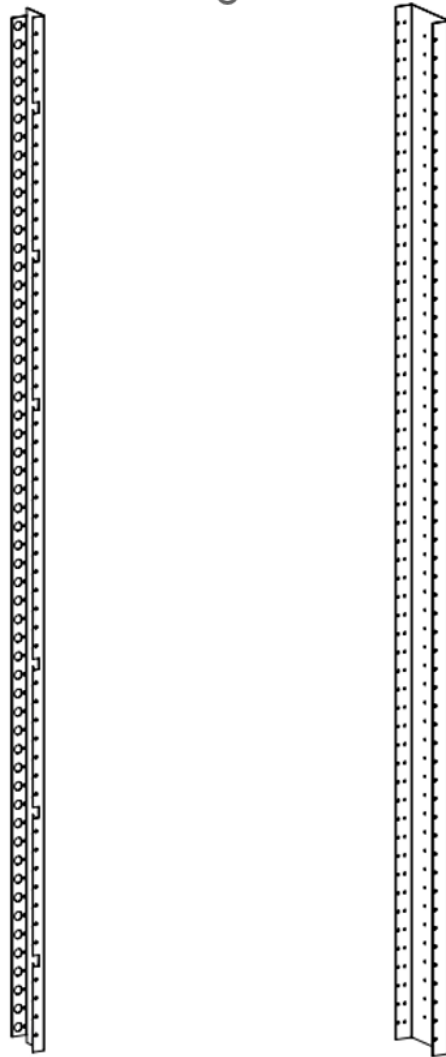
E-NFS 650-R voidaan toteuttaa kuvan 4 mukaisesti kolmella erilaisella vaakaja pystykiskostolla.

Vaakakiskosto	Pystykiskosto
MFBH (<=3150A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A), EBVC (<=1280A)
VMS3-10 (<=3200A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A), EBVC (<=1280A)
EBHC (<=5000A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A), EBVC (<=1280A)

Kuva 4. E-NFS 650-R vaakaja pystykiskostot (E-NFS tuoteluettelo 2023, 4.)

Mikäli pystykiskosto asennetaan EBHC vaakakiskoston kanssa, silloin on välttämätöntä hyödyntää kuvassa 5 esitetyjä rungon jatkoja. Tästä kerrotaan lisää E-NFS tuoteluettelon sivuilla 69–73. Tämän seurauksena myös vapaa asennussyvyys muuttuu seuraavasti:

- Rungon jatko 136, 400 mm → 260 mm
- Rungon jatko 66, 400 mm → 330 mm



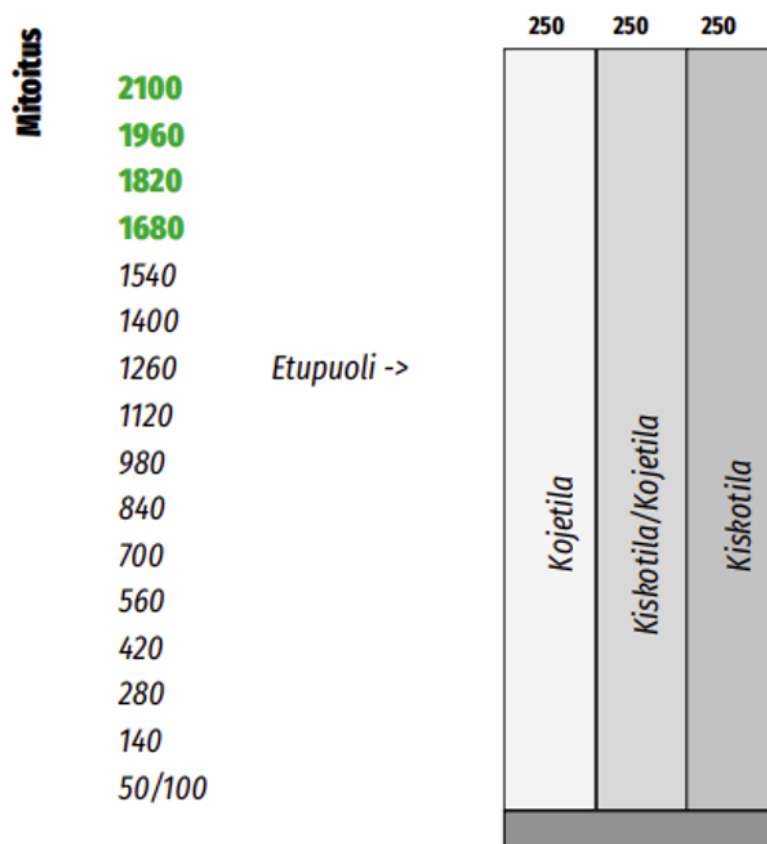
Kuva 5. Vasemmalla rungon jatko 66-1960 ja oikealla 136-1960 (E-NFS tuoteluettelo 2023, 35).

### 3.3.2 800-R

Samoin kuin edellä mainitussa 650-R rungossa, myös kuvan 6, 800-R runkokorkeus vaihtelee 1680–2100 mm välillä. Runko voidaan myös toteuttaa neljällä eri korkeudella ja sen säätömahdollisuudet ovat samat kuin rungossa

650-R. Sokkelin korkeus 50 mm tai 100 mm on lisättävä myös 800-R rungon korkeuteen. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5.)

E-NFS 800-R runko voidaan jakaa kolmeen osaan kuvan 6 mukaisesti. Runko on kuitenkin toteutettava siten, että kojetilä on keskuksen etuosassa ja kiskotila takaosassa. Rungon keskiosa mahdollistaa kuitenkin koje- tai kiskotilalle ylimääräisen 250 mm:n lisätilan, joka mahdollistaa 500 mm kokonaissyvyyden. Vaikka koje- tai kiskotilan syvyyttä muutettaisiin, niin keskuksen runkosyvyys 800 mm pysyy vakiona. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5.)



Kuva 6. E-NFS 800-R keskusrunko (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5).

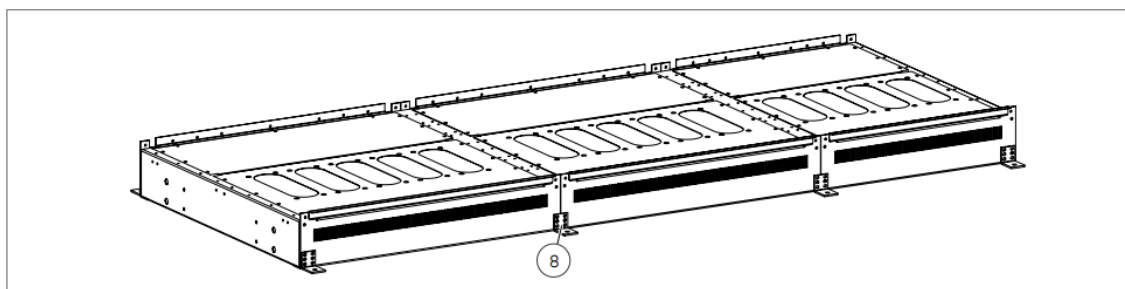
E-NFS 800-R voidaan toteuttaa kuvan 7 mukaisesti, kolmella vaaka- ja kahdella pystykiskostolla.

Vaakakiskosto	Pystykiskosto
MFBH (<=3150A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A)
VMS3-10 (<=3200A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A)
EBHC (<5000A)	MFBH (<=1500A), GF (<=1600A)

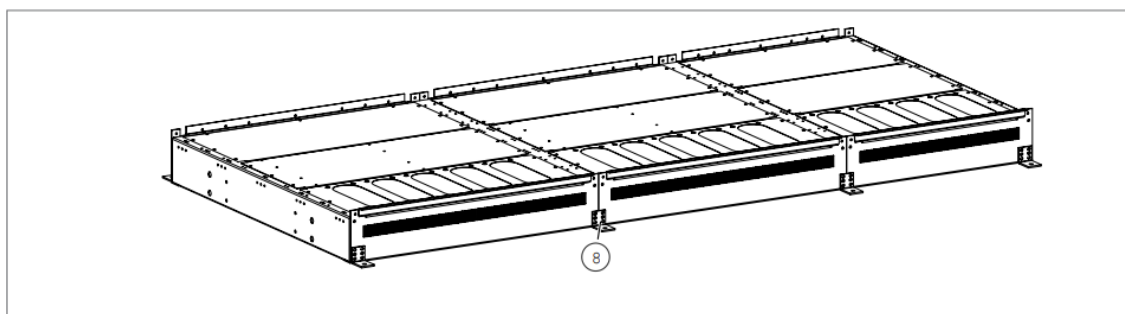
Kuva 7. E-NFS 800-R vaaka- ja pystykiskostot (E-NFS tuoteluettelo 2023, 5).

### 3.4 Sokkelit

E-NFS kennokeskuksen sokkelit ovat korkeudeltaan 50 mm tai vaihtoehtoisesti 100 mm, rungosta riippumatta. Sokkelit ovat käytännössä kaikki samanlaisia pieniä eroja lukuun ottamatta. Sokkelien väliset erot ilmenevät etu- ja takalevyissä, riippuen onko keskus yksi- vai kaksipuoleinen. Sokkelien koko vaihtelee myös sen mukaan, mitä runkoa käytetään. (E-NFS tuoteluettelo 2021, 8)



Kuva 8. Sokkeli 650 (E-NFS tuoteluettelo 2021, 8).

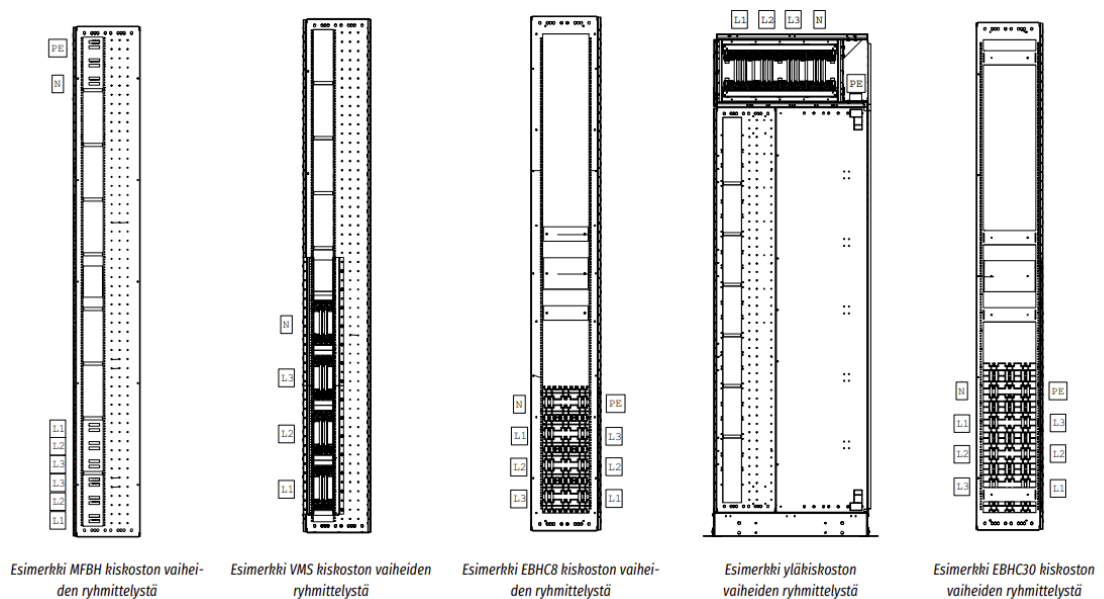


Kuva 9. Sokkeli 800 (E-NFS tuoteluettelo 2021, 8).

### 3.5 Virtakiskostot

E-NFS kennokeskuksen kokoojakiskosto on mahdollista toteuttaa viidellä erityyppisellä kiskostorakenteella. Tämän lisäksi kennokeskuksen pystykiskosto on mahdollista toteuttaa kolmella erilaisella toteutustavalla. Tässä opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään VMS vaakakiskostoa, joka vaikuttaisi olevan kompakti ja virrankestoltaan sopiva Gistele Oy:n tuotantoon. Finelcomp Oy on tehnyt kattavan tuoteluettelon, joka tarjoaa runsaasti tietoa kaikista saatavilla olevista kiskosto vaihtoehdoista.

E-NFS kennokeskuksen kokoojakiskosto asennetaan yleensä rakenteen takaosaan, mutta vaihtoehtoisesti se voidaan toteuttaa myös yläkiskostorakenteella. Vaihekiskot ryhmitellään kuvan 10 mukaisesti, tällä tavoin saadaan minimoitua pyörrevirtojen aiheuttamat ääni- ja lämpenemisilmiöt. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 44.)



Kuva 10. E-NFS kiskostojen vaiheiden ryhmittely (E-NFS tuoteluettelo 2023, 44).

VMS vaakakiskostoa on mahdollista kuormittaa 3 200 ampeerin virralla, termisen oikosulkukestoisuuden ollessa 85 kiloampeeria. Alla olevassa kuvassa on esitetty alumiini- ja kuparikiskojen kuormitustaulukot VMS vaakakiskostolle.

**VMS vaakakiskosto (Al)**

Nimellisvirta In [A]	Kiskojen lukumäärä/vaihe	Al-kiskon koko	Oikosulkukestoisuus Icw / Ipk [A]*103
1000	2	10*60	Calc.
1250	2	10*80	Calc.
1600	2	10*100	Calc.
2000	2	10*120	Calc.
2500	3	10*100	Calc.
3200	3	10*120	85/Calc.

**VMS vaakakiskosto (Cu)**

Nimellisvirta In [A]	Kiskojen lukumäärä/vaihe	Cu-kiskon koko	Oikosulkukestoisuus Icw / Ipk
1000	2	10*40	Calc.
1250	2	10*50	Calc.
1600	2	10*60	Calc.
2000	2	10*100	Calc.
2500	3	10*80	Calc.
3200	3	10*100	85/Calc.

Kuva 11. VMS vaakakiskoston kuormitustaulukot alumiini- ja kuparikiskoille (E-NFS tuoteluettelo 2023, 47).

Kun VMS-vaakakiskoston nimellisvirta ylittää 2 500 ampeeria on sen runkolevyjen materiaali vaihdettava ruostumattomaan teräkseen. Teräksen vaihtaminen on perusteltua, jotta voidaan ehkäistä mahdollinen "virtamuuntajaefekti". Finelcomp on suorittanut laboratoriotestejä, joissa on käytetty normaaleja kuumasinkityistä teräksestä valmistettuja runkolevyjä jopa 2 500 ampeerin nimellisvirroilla. Testitulosten perusteella alle 2 500 ampeerin nimellisvirroilla ei ole havaittu merkittävää vaikutusta virtamuuntajaefektin suhteen. (Finelcomp 2023.)

Johtimien kiinnittämiseksi kiskostoihin ja kiskostojen yhdistämiseksi toisiinsa on saatavilla laaja valikoima erilaisia kiskoliittimiä ja liitospaloja. E-NFS tuoteluettelossa on viitattu EI-parts Oy:n tuoteluetteloon, josta kiskoliittimiä ja liitospaloja voi tarkastella. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 45.)

SFS 640 -käsikirjassa on kattava opastus alumiinijohtimien liittämistä ja alumiinikiskojen yhdistämisestä. Tämän lisäksi E-NFS tuoteluettelon osassa 1.4 esitetään alumiini- ja kupariliitosten ruuvien kiristysmomentit. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 45.)

E-NFS tuoteluettelon kohdasta 7 on katsottavissa yksityiskohtaiset ohjeet syöttö- ja kokoojakiskojen yhdistämiseksi. Pääasiallisesti kiskot liitetään toisiinsa ruuvi-mutteripareilla ja tarpeen vaatiessa erilaisia liitospaloja sekä aluslaattoja apuna käyttäen. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 45.)

### 3.6 Suojamaadoitus

Sähkökeskusten turvallinen käyttö mahdollistetaan suojamaadoituksella. Suojamaadoituksen tehtävänä on turvata keskuksen käyttäjää mahdollisen toimintahäiriön sattuessa. Keskuksen toimintahäiriö voi johtua esimerkiksi keskuksen sisäisestä viasta tai keskusta syöttävän ulkoisen piirin vikaantumisesta. Tuoteluettelosta löytyy lisätietoa E-NFS-kennokeskuksen suojamaadoituksesta ja siihen liittyvästä asennuksesta. Tämän lisäksi tietoa suojamaadoituksesta kannattaa etsiä standardista IEC/EN 61439-1 ja SFS-käsikirjasta 154. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 45.)

### 3.7 Kotelointiluokat

IP-koodi (International Protection), jota usein kutsutaan kotelointiluokaksi tai IP-luokaksi, määrittelee keskusten kotelointiluokat. IP-koodi sisältää IP:n, kaksi numeroa, mahdollisen lisäkirjaimen ja täydentävän kirjaimen. Tarvittaessa numero voidaan korvata kirjaimella X, jos sen esittäminen ei ole tarpeellista. Jos kumpikin numero jätetään pois, niin korvataan kirjainyhdistelmällä XX. (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019 2013, 14.)

IP-koodin numeroiden ja kirjainyhdistelmien merkitys selitetään alla olevien taulukoiden avulla.

IP-koodin 1. tunnusnumero		
IP	Tuntemattomien objektien ja pölyn sisäänpääsy estetty	Kosketus vaarallisiin osiin ehkäisty
0	suojaamaton	Suojaamaton
1	Halkaisijan ollessa $\leq 50$ mm	Nyrkeiltä
2	Halkaisijan ollessa $\leq 12,5$ mm	Sormilta
3	Halkaisijan ollessa $\leq 2,5$ mm	Työkaluilta
4	Halkaisijan ollessa $\geq 1,0$ mm	Langoilta
5	Pölyltä suojattu	Langoilta
6	Tiiviisti pölyltä suojattu	Langoilta

Taulukko 1. IP-koodin 1. tunnusnumero.

IP-koodin 2. tunnusnumero	
IP	Suojattu sisään pääsevän veden haittavaikutuksilta
0	Suojaamaton
1	Vedeltä, joka tippuu pystysuoraan
2	Valuva vesi, kun koteloa kallistettu 15°
3	Vedeltä, joka sataa
4	Roiskevedeltä
5	Vedeltä, joka suihkuu
6	Voimakkaalta vedeltä, joka suihkuu
7	Lyhytaikaiselta veteen upottamiselta
8	Jatkuvalta veteen upottamiselta

Taulukko 2. IP-koodin 2. tunnusnumero.

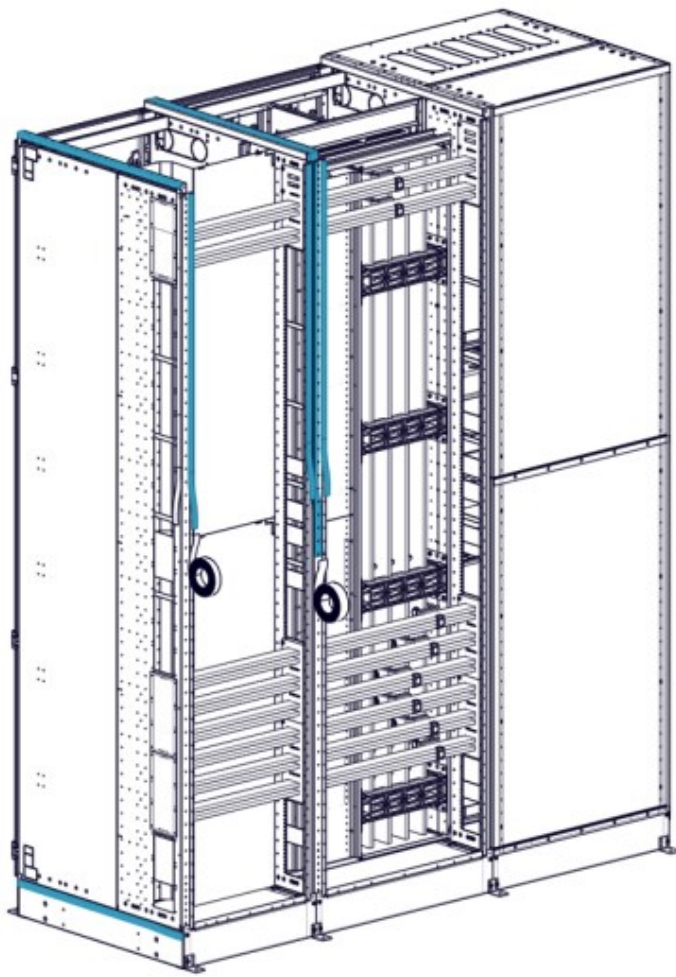
IP-koodin lisäkirjain	
IP	Kosketus vaarallisiin osiin ehkäisty
A	Nyrkeiltä
B	Sormilta
C	Työkaluilta
D	Langoilta

Taulukko 3. IP-koodin lisäkirjain.

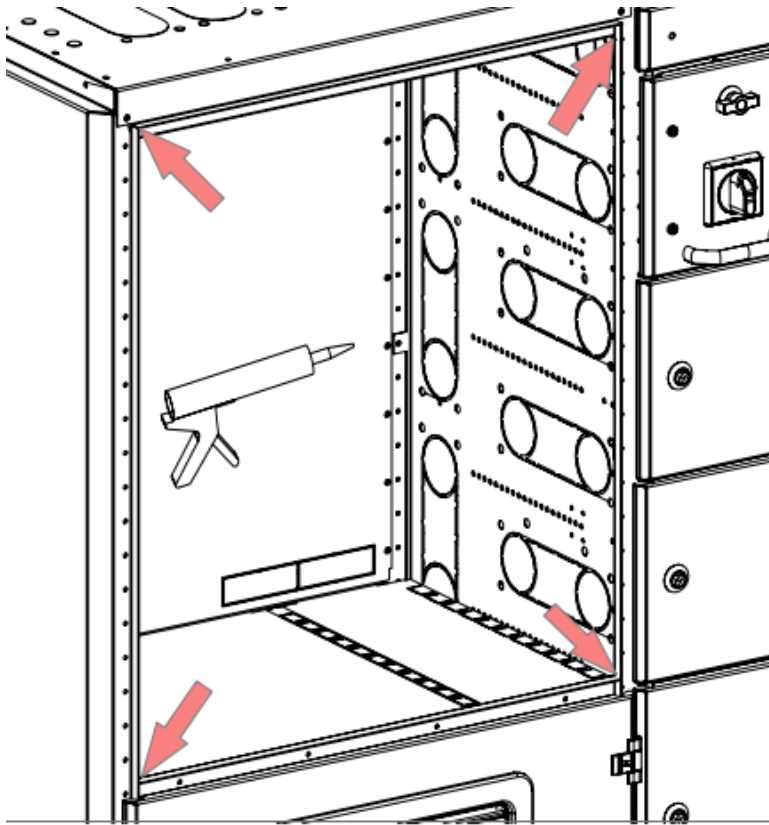
IP-koodin täydentävä kirjain	
IP	Täydentävän informaation rooli
H	Kun kyseessä suurjännitelaitte
M	IP-luokitus on testattu laitteen käydessä
S	IP-luokitus on testattu laitteen ollessa pysähdyksissä
W	Laitte on testattu erityisiin sääoloihin

Taulukko 4. IP-koodin täydentävä kirjain.

E-NFS kennokeskus on mahdollista rakentaa kotelointiluokkien IP20–55 asettamien vaatimusten mukaisesti käyttämällä tiivistemassaa ja tiivistenauhaa keskusrakenteessa.



Kuva 12. Tiivistenauhalla tiivistäminen (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).



Kuva 13. Liimamassalla tiivistäminen (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).

Keskusta tiivistäessä on tärkeää ottaa huomioon mahdolliset ääni- ja värinäilmiöt, erityisesti kun keskuksia käytetään teollisuusympäristöissä. Teollisuusympäristöt ovat tunnetusti meluisia ja kesukset saattavat altistua melusta aiheutuvalla värinällä. Tiivistämisen lisäksi on tarpeen suunnitella myös ääni- ja värinäeristyskeinoja, jotta keskus voi toimia luotettavasti ympäristön haasteista huolimatta. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 141.)

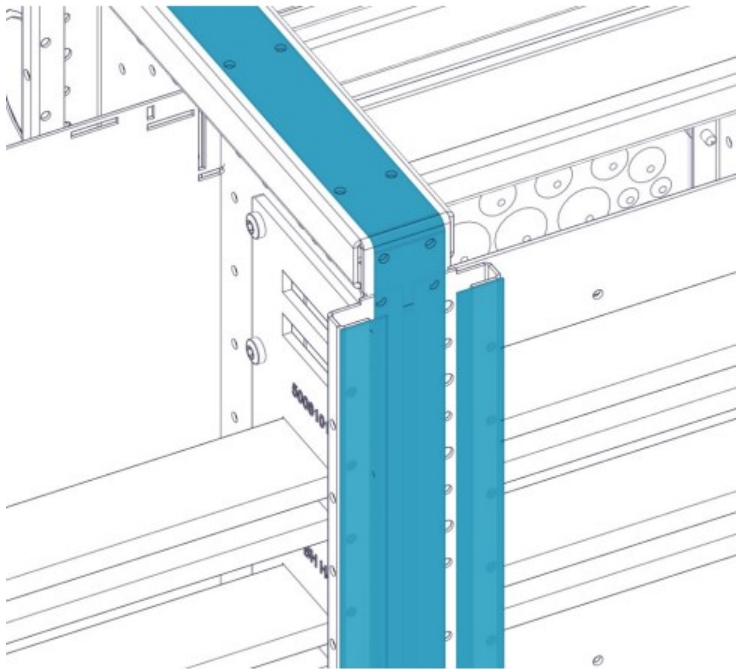
### 3.7.1 Kotelointiluokat IP20–31

Kotelointiluokan IP20–31 saavuttamiseksi ei yleensä tarvita tiivistenauhaa- tai massaa. Tiivistäminen on kuitenkin välttämätöntä silloin, kun etuprofiilit, vaakavälipienat tai sokkelien etulevyt ovat rei'itetty siten, että kotelointiluokan vaatimukset eivät täyty. Tiivistenauhaa suositellaan käyttämään takalevyissä värinöiden ehkäisemiseksi. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 141.)

### 3.7.2 Kotelointiluokat IP34–44

Kotelointiluokan IP34 vaatimukset keskusrungon osalta sisältää seuraavat osatekijät:

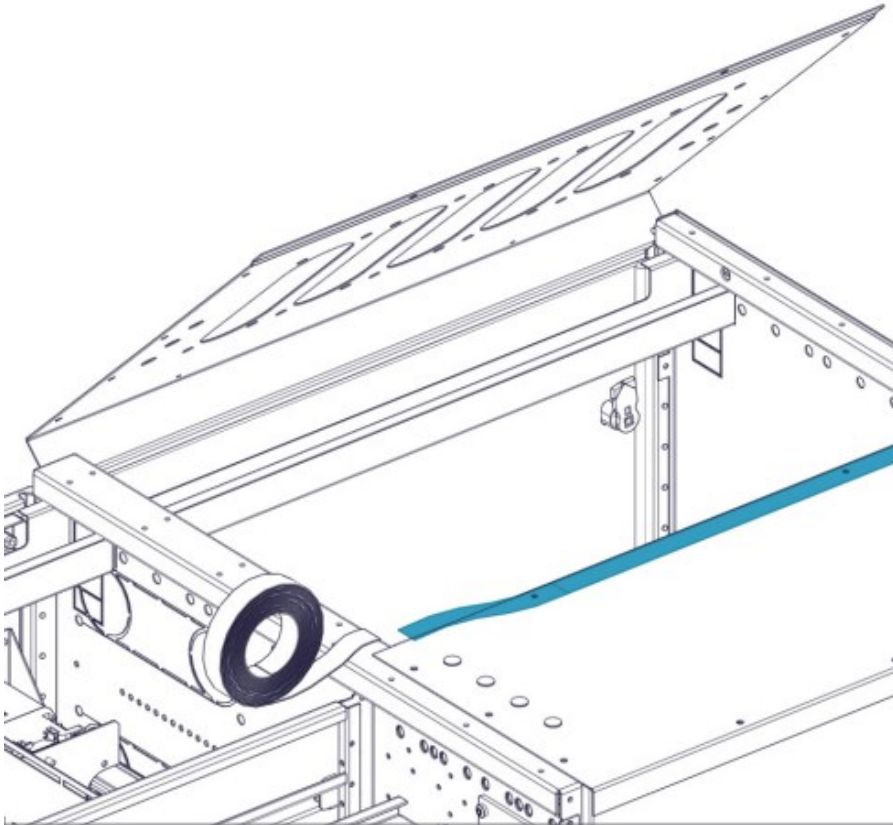
- Kattojen, sokkelien etulevyjen ja kennokeskusrunkojen takalevyjen on oltava suljettuja eli umpinaisia.
- Välipienojen käyttämättömät reiät on tiivistettävä tiivistenauhalla- tai massalla.
- Keskusrungon ympärillä olevien osien, kuten kattojen, sivu- ja takalevyjen saumat on tiivistettävä.
- Keskusrungon pääty- ja takalevyjen sekä sokkelien väliset saumat tiivistetään kuvan 12 esittämällä tavalla.
- Etu- ja väliprofiilit tiivistetään kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 14. Saumatiivistein asennus etu- ja väliprofiiliin (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).

Kotelointiluokan IP34 vaatimukset kattorakenteen osalta sisältää seuraavat osatekijät:

- Saumatiiviste on asennettava väli-, taka- ja keskikaton etureunoihin kuvan 5 mukaisesti.
- Silloin, kun käytössä on 500 mm tai 650 mm oleva kenno, niin silloin ei ole käytössä keskikattoa. Tällöin keskikatto korvataan takakatolla, jonka etureuna tiivistetään.



Kuva 15. Katto-osien saumatiiviste (E-NFS tuoteluettelo 2023, 140).

Kotelointiluokan IP34 ylittävissä tilanteissa on tarpeen käyttää IP55 tuuletuskoteloä. Tuuletuskotelon pystysauma on tiivistettävä massalla ja liitospinta on tiivistettävä tiivistenauhalla- tai massalla tarvittavan tiiveysluokan varmistamiseksi. Myös takimmainen runkolevy tiivistetään tiivistenauhalla. Tämän lisäksi kaikki oviaukot ja sivulevyjen liitoskohdat tiivistetään liimamassalla kuvan 13 mukaisesti. (E-NFS tuoteluettelo 2023, 141.)

### 3.7.3 Kotelointiluokat IP55

Tiiveysluokan IP55 saavuttamiseksi on huolehdittava seuraavista kohdista:

- Osien väliset saumat on tiivistettävä liima- tai saumatiivistemassalla.
- Massaa vedetään vähintään 1,5 mm korkeana ja leveänä massavanana toisiinsa yhdistettävien levyjen väliin. Massa levittyy levyjen väliin, kun ne ruuvataan yhteen.
- Erityistä huomiota on kiinnitettävä osien nurkka- ja liitoskohtiin tiiveyden varmistamiseksi.

## 4 Suunnittelu

Suunnittelutyön pohjana käytettiin aiemmin valmistunutta F-sarjan kennokeskusprojektia, josta suunniteltiin kaksi pienempää E-NFS keskusrunkomallia käytännön osuutta varten. Tämän lisäksi suunniteltiin identtinen keskusrunko E-NFS-rakenteeseen ja F-sarjan-rakenteeseen.

Gistele Oy käyttää lähtökohtaisesti suunnitelmissaan CADmatic -ohjelmistoa. Opinnäytetyössä päätettiin kuitenkin hyödyntää Finelcomp Oy:n tarjoamaa digitaalista Elfex3D -suunnittelutyökalua. Päätöksen taustalla oli halu selvittää, miten Elfex3D -ohjelma soveltuu uuden E-NFS kennokeskusrakenteen suunnitteluun. Tällä tavoin oli mahdollista saada myös jokaiseen suunniteltuun keskusrunkomalliin ohjelman tuottama komponenttilista, joka mahdollistaa helpon tilauksen.

### 4.1 Suunnittelun lähtötiedot

Työn suunnitteluvaihe aloitettiin tarkastelemalla aiemmin toteutetun projektin kennokeskusta ja sen projektitietolomaketta sekä layout-kuvaa. Projektitietolomakkeeseen on kirjattu keskuksen oleelliset tiedot, kuten sähkötekniset tiedot, rakennetiedot ja keskuksen sijoitusta sekä asennusta koskevia tietoja.

Sähkötekniisiä tietoja tarkastelemalla saatiin selville, että kennokeskuksen käyttöjännite oli 400 volttia, nimellisvirta 2000 ampeeria, dynaaminen oikosulkuestoisuus 120 kiloampeeria ja terminen oikosulkukestoisuus 60 kiloampeeria.

Rakennetietoja tarkastellessa saatiin selville, että keskuksen kotelointiluokka on IP30. Keskus asennetaan pinnalle ja kiinnitetään lattiaan. Keskus rakennetaan täyttämään standardin SFS EN 61439-3 mukaiset vaatimukset. Keskuksen sisäisten nolla- ja vaihejohtimien tulee olla samansuuruiset ja keskuksen väri on RAL 5007.

Keskuksen sijoittamista ja asennusta koskevista tiedoista saatiin selville, että ryhmäjohdot liitetään keskuksen ala- ja yläpuolelta. Syöttöä varten asennetaan kiskosto, joka liitetään keskuksen yläpuolelta. Ohjauskaapeloinnin osalta huomioitavaa oli, että kaikki yli 16 mm<sup>2</sup> kaapelit kytketään suoraan kojeisiin ja sitä pienemmät riviliittimille. Ohjauskaapelit tuodaan keskuksen yläpuolelta.

Layout -kuvaa tarkastelemalla saatiin selville kennokeskuksen rakenteelliset mitat, kenttien lukumäärä ja ryhmien jako kussakin kentässä.

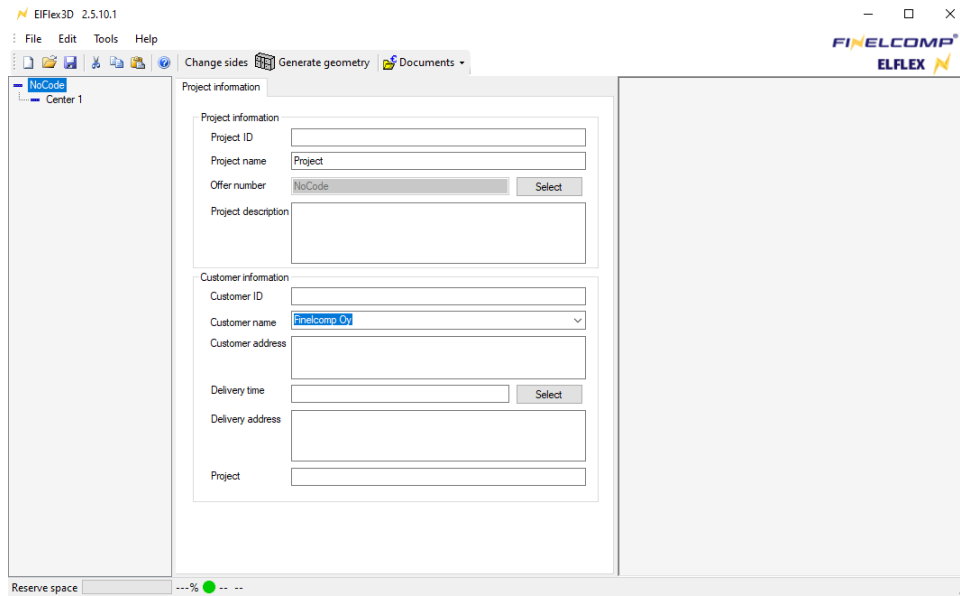
Kennokeskuksessa oli yhteensä kahdeksan kenttää. Ensimmäisten kahden kentän syvyys oli 510 mm ja lopuilla kuudella kentällä syvyys oli 670 mm. Kennokeskuksen leveys oli 5000 mm ja korkeus 2100 mm. Layout -kuvasta oli mahdollista päätellä myös läpivientien tarve kunkin kentän kohdalla.

## 4.2 ElfleX3D

Opinnäytetyön tässä osiossa esitellään ElfleX3D-suunnittelutyökalu, jonka avulla keskusrakenteen suunnitelmat luotiin. Opinnäytetyössä ei käydä yksityiskohtaisesti läpi kaikkia suunnitteluohjelman toimintoja, vaan käydään läpi ne toiminnot, jotka suunnittelussa tarvittiin. ElfleX3D on käyttäjäystävällinen suunnittelutyökalu, jonka selkeä ja helppokäyttöinen käyttöliittymä tekee suunnittelusta vaivatonta.

### 4.2.1 Ohjelman käyttö

Suunnitelman luonti aloitetaan yksinkertaisesti määrittelemällä työlle nimi ja valitsemalla tallennuskansio.



Kuva 16. Eiflex3D käyttöliittymä.

Seuraavaksi määritellään rakennustiedot, johon sisältyy keskusrunгон valinta ja kotelointiluokan määrittäminen. Lisäksi on mahdollista valita keskuksen väri ja päättää, sijoitetaanko syöttökiskosto keskuksen päälle ja halutaanko PE-kisko asennettavan alas, keskuksen etuosaan.

Cabling information	Electrotechnical information	Additional information
Construction information	Markings	Apparatus information
<b>Enclosure</b>		
IP class	IP30	
Internal separation	Form 4a	
System	E-serie NFS	
<b>Structure of the center</b>		
<input type="radio"/> Enclosure <input type="radio"/> Screen-protected		
<input checked="" type="radio"/> Cell center <input type="radio"/> Covers behind doors		
<input type="checkbox"/> Rain roof <input type="checkbox"/> Busbars on top <input type="checkbox"/> PE busbar bottom front		
<b>Fastening way</b>		
<input type="radio"/> Pylon		
<input type="radio"/> Foot balk fastening <input type="text" value="30"/> <input type="checkbox"/> Free-standing support		
<input type="radio"/> Wall <input checked="" type="radio"/> Fastening angle <input type="radio"/> Fixing rail <input type="radio"/> Raising part 50mm		
<input checked="" type="radio"/> Floor         Height <input type="text" value="100"/>		
<input type="radio"/> No fastening		
<b>Surface finishing</b>		
Colour	RAL7035	
<b>Available space for center at final destination</b>		
Width	<input type="text"/>	
Height	<input type="text"/>	
Depth	<input type="text"/>	

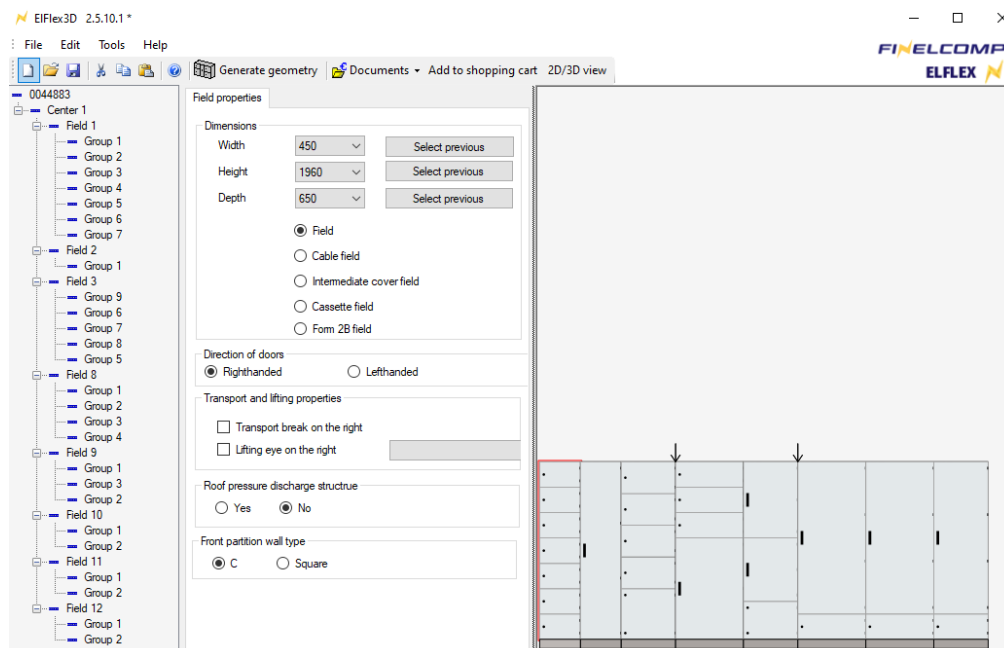
Kuva 17. Rakennustiedot.

Kun rakennustiedot on syötetty, on vuorossa sähkötekniisten tietojen määrittäminen. Tiedot sisältävät keskuksen nimellisjännitteen, nimellisvirran, termisen oikosulkuvirran ja jakelujärjestelmän tiedot. Kun sähkötekniiset tiedot on tallennettu ohjelmaan, siirrytään keskuksen rakenteen suunnitteluun.

Construction information	Markings	Apparatus information
Cabling information	Electrotechnical information	Additional information
Electrotechnical information		
Rated voltage (V)	230/400V	
Rated current (A)	2000A	
Short-circuit tolerance (I <sub>cw</sub> , kA)	60	
Distribution system	TN-C	
Control voltage (V)	0	
Auxiliary voltage (V)		

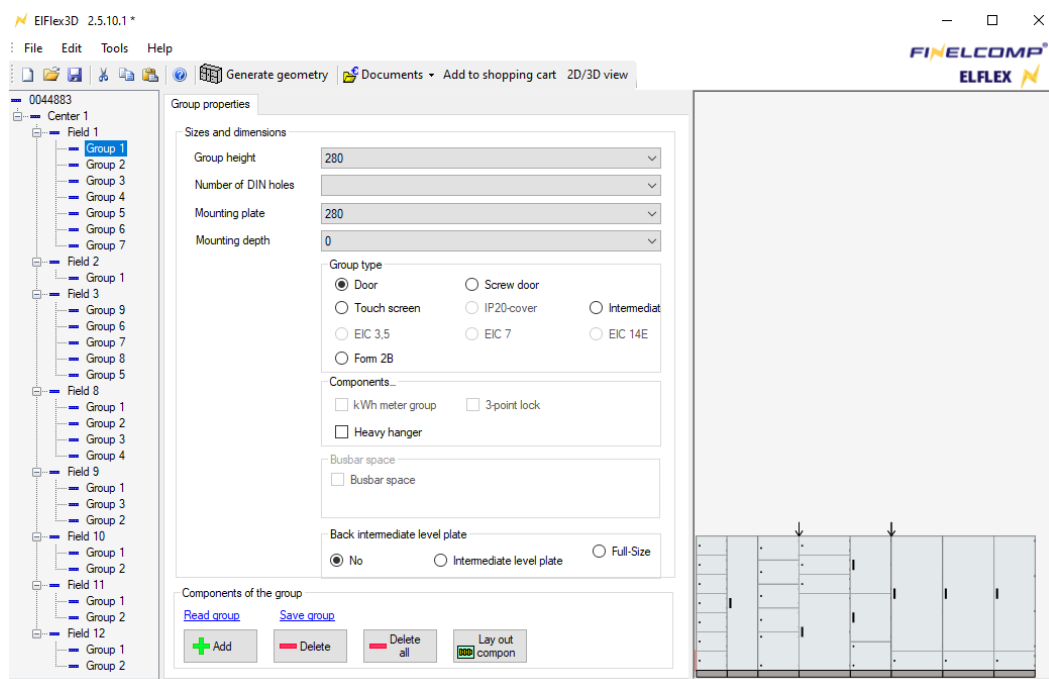
Kuva 18. Sähkötekniset tiedot.

Seuraava suunnitteluvaihe aloitetaan määrittelemällä keskuksen mitat, syvyys, leveys ja korkeus. Tämän lisäksi on mahdollista valita kullekin kentälle haluttu kansijako, joka mahdollistaa kätevän ryhmittelyn. Kansien avautumissuuntaan on myös mahdollista vaikuttaa tässä kohdassa. Tämän lisäksi on mahdollista vaikuttaa kuljetuksen aikana tarvittavien kuljetuskatkojen paikkaan, jos keskus on liian suuri kuljetettavaksi sellaisenaan.



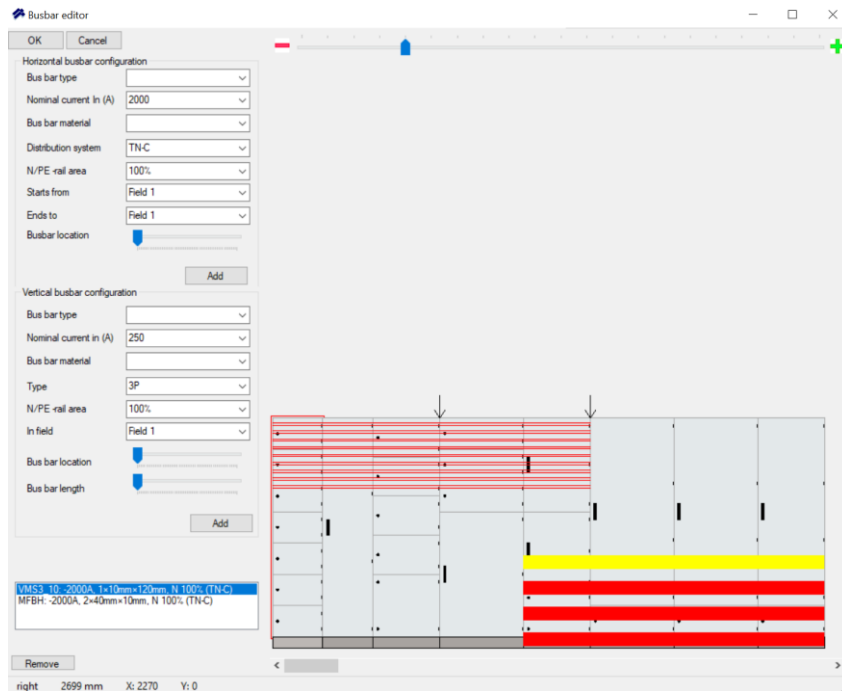
Kuva 19. Kenttien ominaisuuksien määrittely.

Kun kenttien ominaisuudet on määritelty, siirrytään määrittelemään ryhmät. Ryhmien ominaisuuksiin on mahdollista vaikuttaa niiden korkeuden lisäksi myös asennuslevyn valinnassa ja kiinnityssyvyydessä. Kun tiedetään, että johonkin ryhmään tullaan asentamaan raskas komponentti, niin silloin on mahdollista valita järeä ripustin. Ripustin on suunniteltu erityisesti raskaiden komponenttien kannattelemiseen ja varmistamaan, että rakenne pysyy ehjänä, eikä aiheuta rakennevaurioita. Tämän lisäksi on mahdollista valita ovien lukitukseen kolmepistelukitus, joka tekee ovien avaamisesta ja sulkemisesta vaivattomampaa.



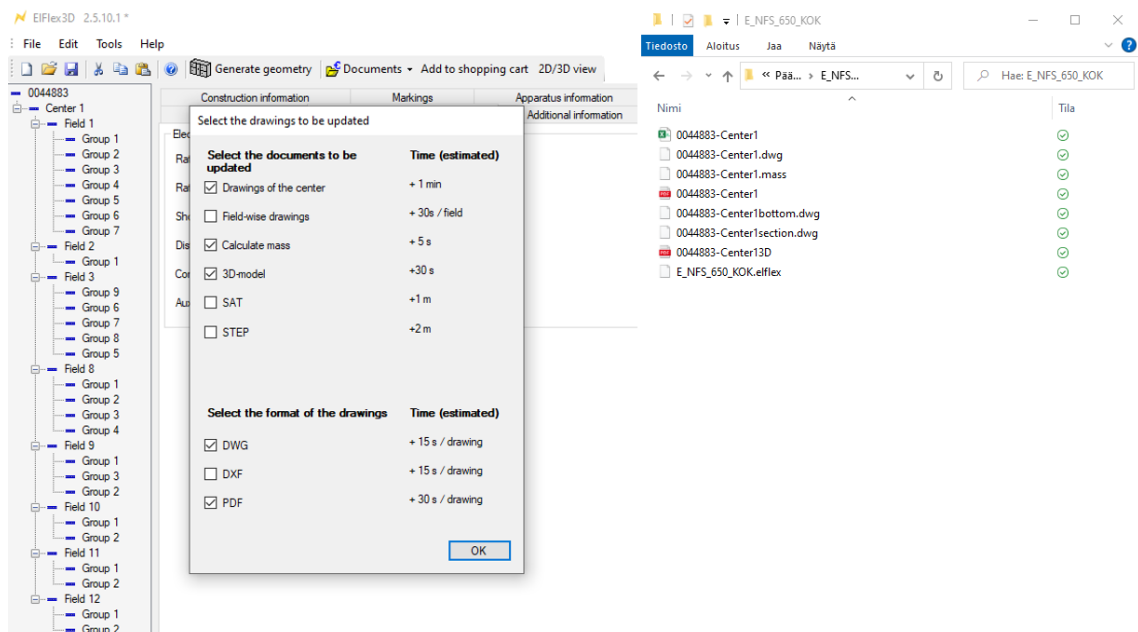
Kuva 20. Ryhmien ominaisuuksien määrittely.

Syöttö- ja kokoojakiskostojen määrittäminen alkaa tietojen syöttämisellä. Ensin valitaan kiskostojen tyyppi, nimellisvirta, materiaali ja jakelujärjestelmä. Tämän jälkeen määritellään kiskon alkamis- ja loppumiskentät. Kiskostoja on mahdollista suunnitella vaaka- ja pystysuunnassa. Kiskojen sijaintia voidaan helposti säätää siirtämällä liukuvalikon osoitinta haluttuun suuntaan. Kun kiskosto on saatu määriteltyä halutulla tavalla, niin se lisätään rakenteelle painamalla add-näppäintä.



Kuva 21. Syöttö- ja kokoojakiskostojen määrittäminen.

Viimeisenä vaiheena luodaan piirustukset, 3D-kuvat ja osalista sekä muita dokumentteja painamalla "Generate geometry" -näppäintä. Tämän jälkeen avautuu valikko, missä valitaan halutut dokumentit.



Kuva 22. Dokumenttien luonti ja luodut dokumentit.

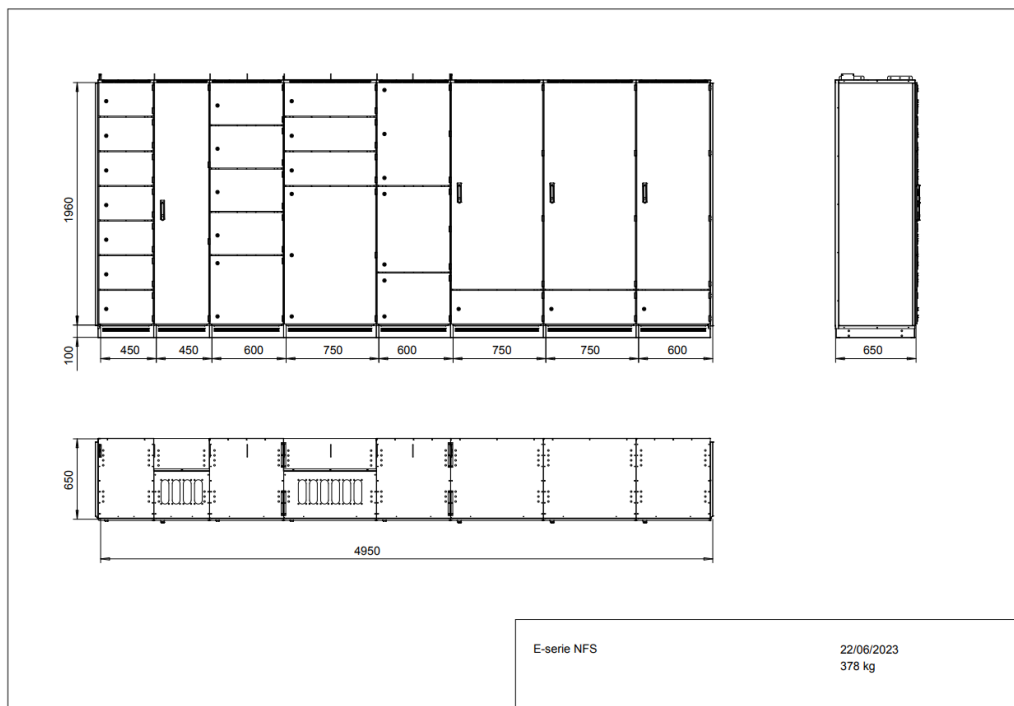
#### 4.2.2 Elflex3D-ohjelmistolla luotuja layout-kuvia ja 3D-malli

Ohjelman avulla suunnitellusta keskusrakenteesta on saatavilla kolme erilaista layout-kuvaa. Näiden layout-kuvien avulla keskusrakenne on mahdollista esittää mahdollisimman selkeästi ja yksiselitteisesti.

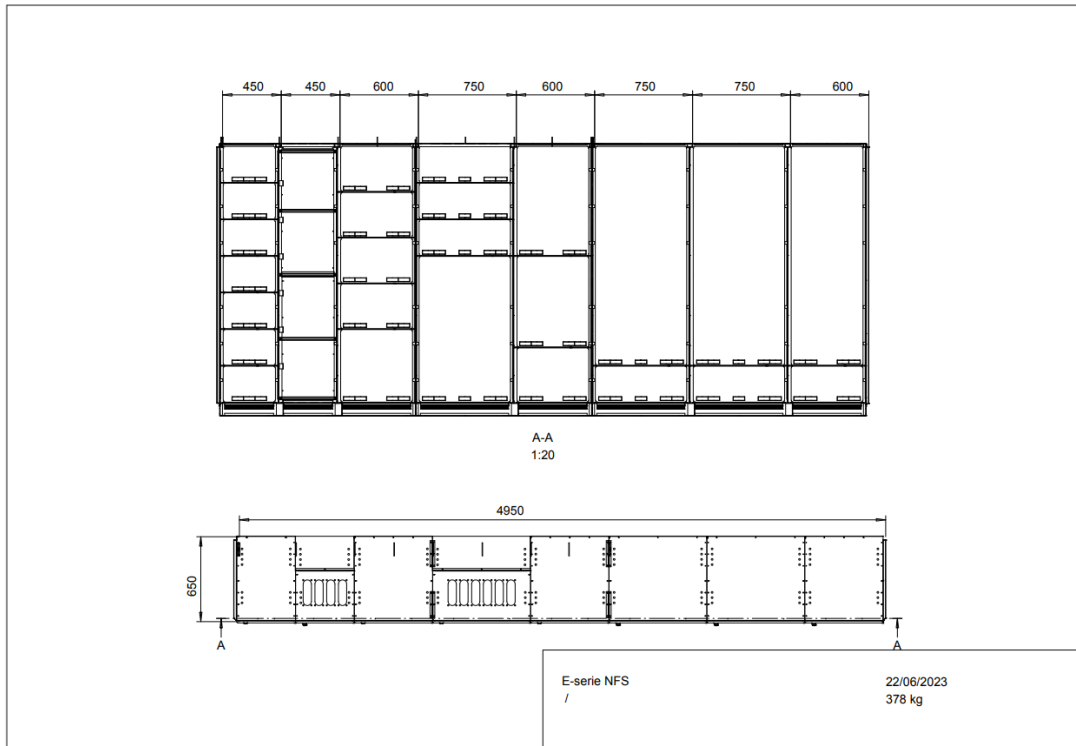
Ensimmäisessä layout-kuvassa keskusrakenne eli pääprojektiio on esitetty kolmesta eri kuvakulmasta. Pääprojektiio on kuvattu suoraan edestäpäin. Lisäksi on luotu lisäkuvat, joissa pääprojektiota on käännetty 90 astetta. Lisäkuviissa keskusrakenne on kuvattu suoraan ylhäältä ja oikealta sivulta katsottuna kuvan 25 mukaisesti.

Toisessa layout-kuvassa on esitetty leikkauskuva, joka leikkaa keskusrakenteen kannen ja kojetilän välillä kuvan 26 mukaisesti. Tämä paljastaa kojetilat ja mahdollistaa keskusrakenteen sisäisen tarkastelun.

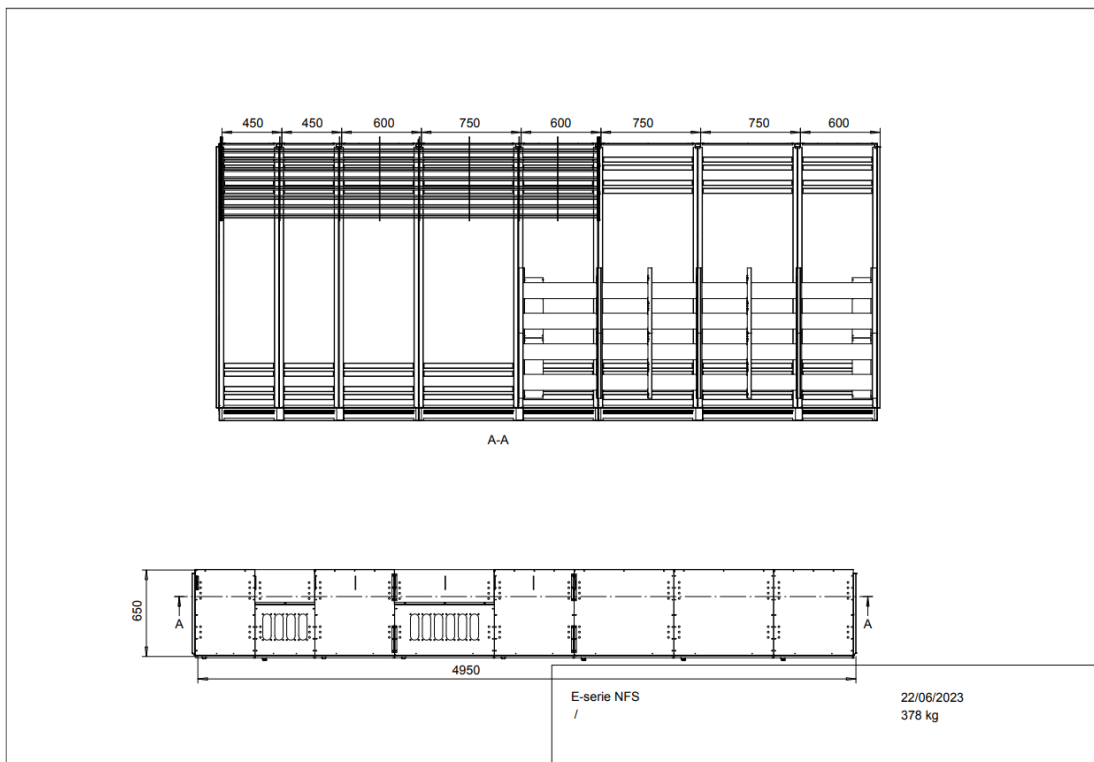
Kolmannessa layout-kuvassa on keskusrakenteen leikkauskuva, jossa keskus on leikattu kisko- ja kojetilän välistä kuvan 27 tavalla. Tämä antaa mahdollisuuden esittää keskusrakenteen kiskostoa.



Kuva 23. Kennokeskuksen 1. layout-kuva.

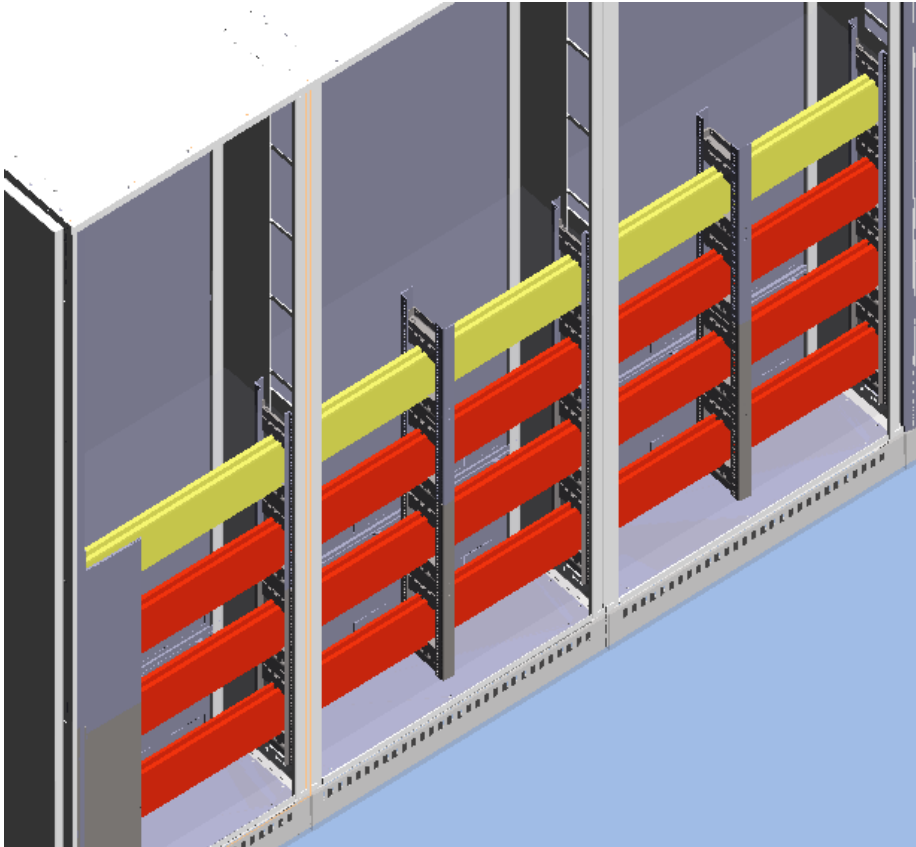


Kuva 24. Kennokeskuksen 2. layout-kuva.



Kuva 25. Kennokeskuksen 3. layout-kuva.

Edellä esiteltyjen layout-kuvien lisäksi ja keskusrakenteen tarkempaa tutkimista varten on saatavilla 3D-malli. Tämän 3D-mallin avulla yksittäisten komponenttien poistaminen rakenteelta on mahdollista, mikä puolestaan mahdollistaa rakenteen yksityiskohtaisemman tarkastelun. Tämä on hyödyllistä myös keskuksen valmistusvaiheessa.



Kuva 26. Kiskotilan 3D-kuva.

## 5 Toteutus ja työohje

Tässä osiossa käsitellään suunniteltujen mallikeskusten rakennusvaiheet kronologisesti, ja tuodaan esiin niihin liittyvät merkittävät seikat, jotka on otettava huomioon keskusrunkojen kokoamisvaiheessa. Tämän lisäksi opinnäytetyössä laaditaan täydentävät työohjeet Gistelen tuotantoa varten jo olemassa olevien Finelcomp Oy:n asennusohjeiden tueksi. Työohjeet tehdään erillisenä työnä ja niitä ei ole tarkoitus läpikäydä tässä opinnäytetyössä. E-NFS keskusrunkojen kokonaisvaltaiset asennusohjeet on katsottavissa Finelcomp Oy:n tuoteluettelosta.

Mallikeskusten kasaaminen toteutettiin siten, että ensimmäisenä rakennettiin E-NFS 650-R keskusrunko, jonka jälkeen siirryttiin kasaamaan E-NFS 800-R keskusrunkoa. Molemmat mallikeskukset toteutettiin suojausluokan IP 30 mukaisesti. Runko-osien kokoonpanossa käytettiin kahdenlaisia kiinnitysruuveja, jotka toimitettiin tilattujen runko-osien mukana:

- M5 x 10 DIN 7500-C
- M5 x 12 DIN 7500-M

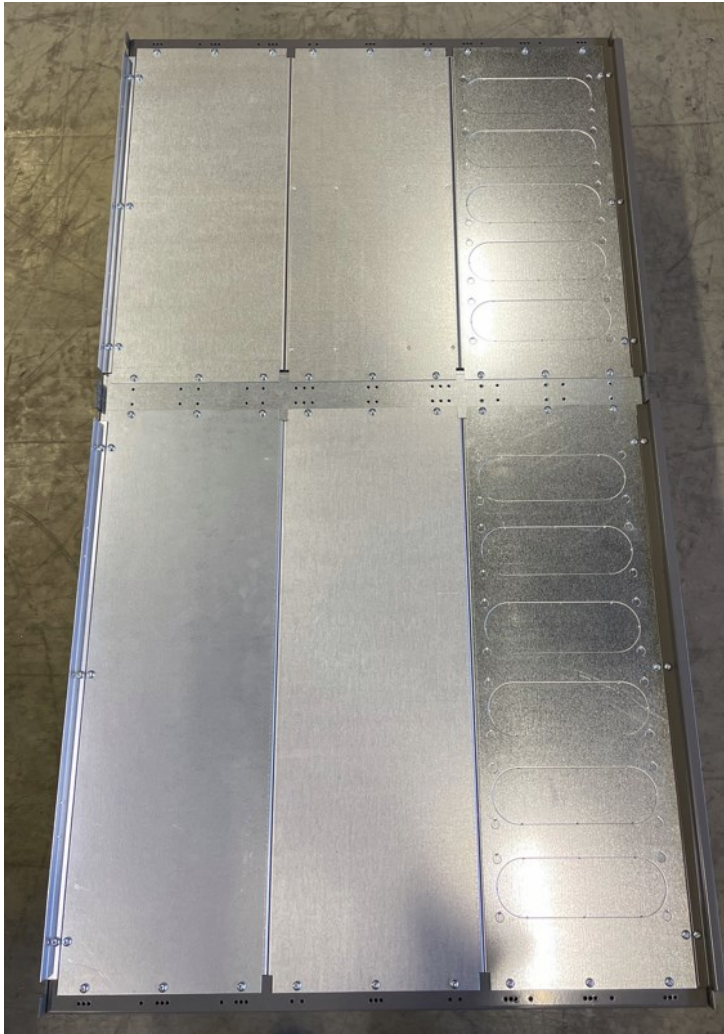
### 5.1 Sokkelit

Sokkelien kasaaminen aloitetaan yhdistämällä sokkelien pääty- ja välilevyt yhteen etu- ja takalevyjen kanssa. Tämän jälkeen asennetaan tiivistelistat ja tarpeen mukaan taka-, väli- sekä etulattiat.

Sokkelien asentamiseen liittyen on tärkeää kiinnittää huomiota läpivientien sijaintiin. Asentajan tulee varmistua siitä, että suunnitelluilla läpivienneillä varustetut lattiat asettuvat oikeille paikoilleen.



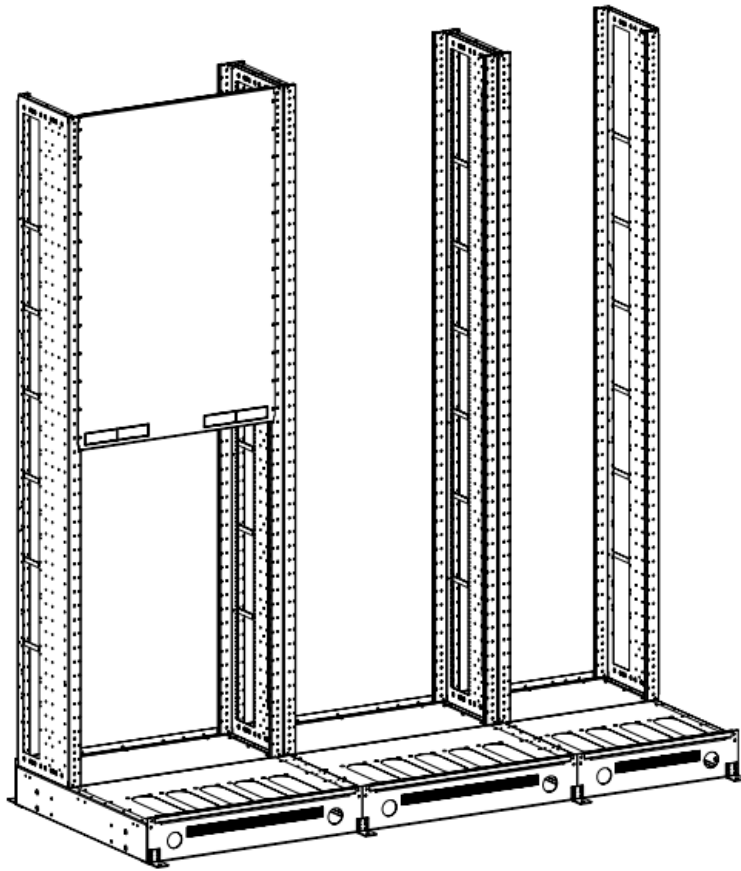
Kuva 27. Sokkeli 650-R kasattuna.



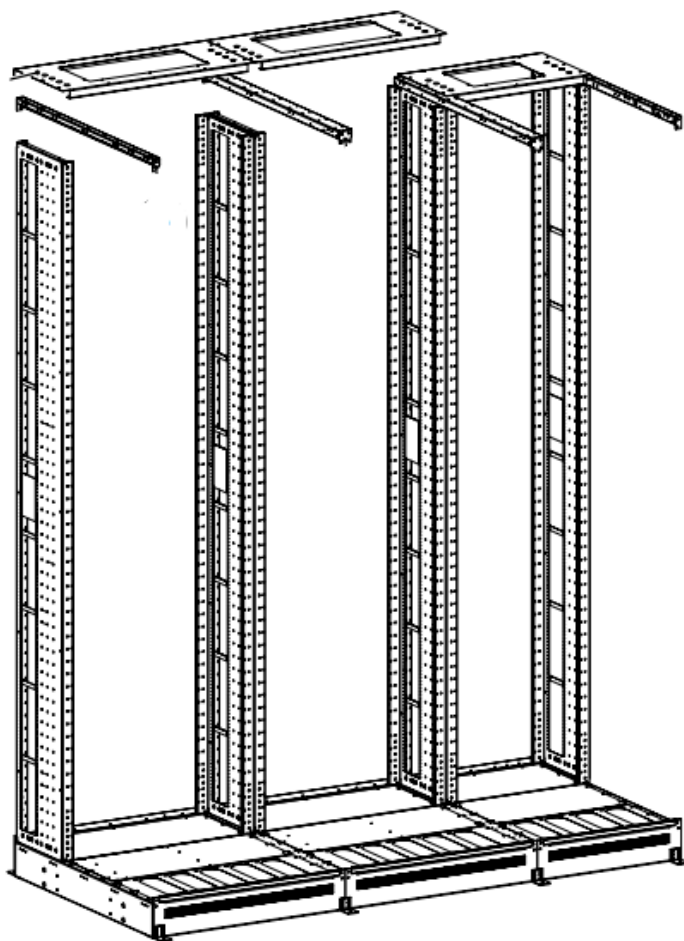
Kuva 28. Sokkeli 800-R kasattuna.

## 5.2 Keskusrungot

Rungon kokoonpano aloitetaan liittämällä päätyrunkolevyt yhteen sokkelin kanssa. Runkolevyt ovat erittäin huojuvia ilman kunnollista tuentaa. Joten ne on tuettava esimerkiksi asennuslevyillä, kiskosuojilla tai katto-osilla, kuvien 31 ja 32 mukaisesti.



Kuva 29. 650-R Päätyrunkolevyt yhdistettynä sokkeliin, tuenta asennuslevyillä (E-NFS tuoteluettelo 2023, 24).



Kuva 30. 800-R päätyrunkolevyt yhdistettynä sokkeliin, tuenta tuuletuskatoilla (E-NFS tuoteluettelo 2023, 25).

Päätyrunkolevyjä asennettaessa on erityisen tärkeää ottaa huomioon, että kaikki runkolevyt eivät ole identtisiä. Runkolevyissä olevat valmiit reiät eivät ole samankokoisia koko matkalta, kuten kuvassa 32 on esitetty. Tämä yksityiskohta osoittautuu merkittäväksi myöhemmässä vaiheessa kiskoston kiinnityksen suhteen. Jos runkolevyt asennetaan virheellisesti, kiskoston kiinnittäminen keskuksen yläosaan vaikeutuu kiinnitysreikien ollessa liian suurina.



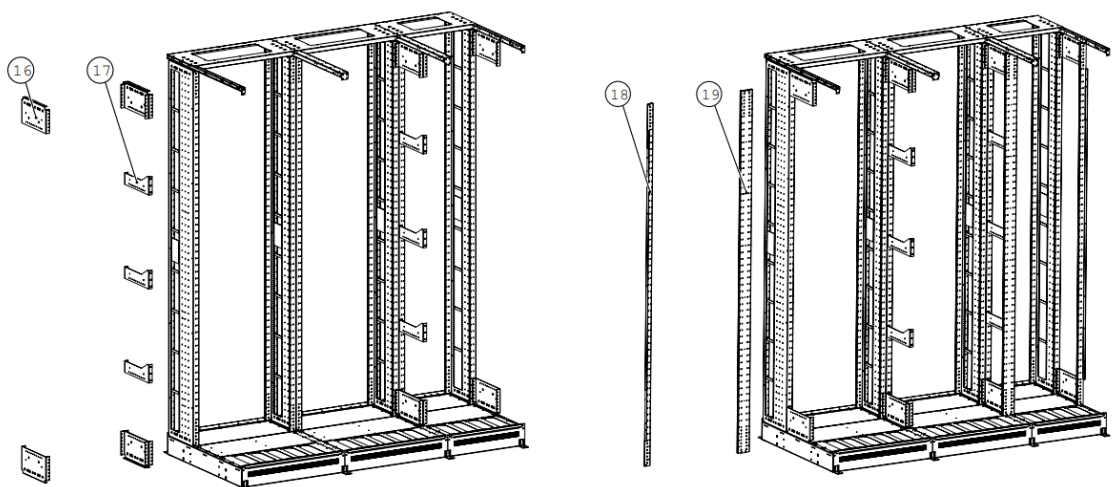
Kuva 31. Runkolevyissä olevat kiinnitys reiät.

Seuraava työvaihe on asentaa pääty- ja väliprofiilit sekä mahdollisesti myös tuuletuskatto (kuva 32). Kun asennetaan pääty- ja väliprofiileja, on tärkeää varmistaa, että kappaleiden olakkeet sopivat päätyrunkolevyn takaosan koloihin kuvan 34 mukaisesti. Katon asennusvaihe on tapauskohtainen suunnitelmasta riippuen. Katto on mahdollista hankkia yhtenä tai erillisinä kappaleina. Tässä tapauksessa katto hankittiin yhtenäisenä elementtinä ja sen vuoksi asennus suoritetaan viimeisenä työvaiheena runkoa kasattaessa.



Kuva 32. Päätyrunkolevyn takaosassa oleva kolo.

Seuraavaksi asennetaan runkoprofiiliyhdistin, runkotukilevyt, runkoprofiilit ja runkoprofiilien päädyt. Tässä kohtaa asennusta on tärkeää huomioida profiilien asennussuunta. Edellä mainitut osat asennetaan vain 800-R keskusrunkoon, osat on esitetty kuvassa 35.



Kuva 33. Runkoprofiiliyhdistimet ja runkotukilevyt (E-NFS tuoteluettelo 2023, 25).

Seuraavassa vaiheessa suoritetaan asennuslevyjen kiinnitys. Nämä levyt toimivat tukena rakenteelle ja varmistavat sen suoran asennon. Asennuslevyt voidaan tarvittaessa poistaa, jos niihin tarvitsee asentaa komponentteja.

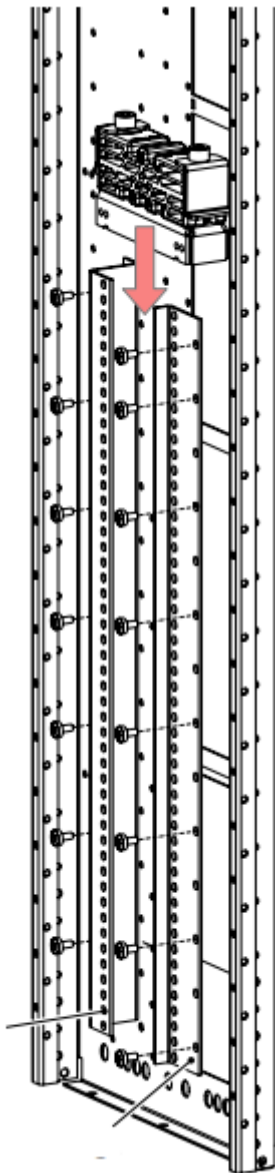
Kesusrunkojen viimeisessä vaiheessa asennetaan etuväliseinät, väli- ja etuprofiilit sekä katto. Tässä vaiheessa on myös suositeltavaa kiinnittää sivulevyjen vaakatulokilistat keskuksen kylkiin kuvan 36 mukaisesti. Sivulevyjen vaakatulokilistat asennetaan vain 800-R runkoon. Runko-osien kasaaminen viimeistellään asentamalla katto, jonka jälkeen siirrytään kasaamaan kiskostoa.



Kuva 34. Sivulevyjen vaakatulokilistat.

### 5.3 Kiskosto

Kiskostoasennuksessa käytetään M5x12 DIN7500-C taptite ruuveja. Asennus aloitetaan VMS3-10 tukieristimien asentamisella. Tämä tapahtuu niin, että ensin kiinnitetään tukieristinkiinnittimien etu- ja takapäät runkolevyihin. Kiinnittimien pääasiallisena tavoitteena on mahdollistaa tukieristimien helppo ja tukeva sijoittaminen kennokeskuksen runkolevyihin, kuten kuvassa 37 on havainnollistettu.



Kuva 35. VMS3-10 tukieristimien asennus (E-NFS tuoteluettelo 2023, 46).

Tukieristimien asennuksessa on huomioitava tuentaväli. Kenttälevyden ollessa suurempi kuin 600 mm, kiskostoon on asennettava välituenta, joka toteutetaan tukieristimillä. Tukieristimien ei tarvitse sijaita keskellä kuten kuvassa 38. Pääasia on, että VMS3-10 tukieristimille määritetty enintään 600 mm:n tuentaväli toteutuu.



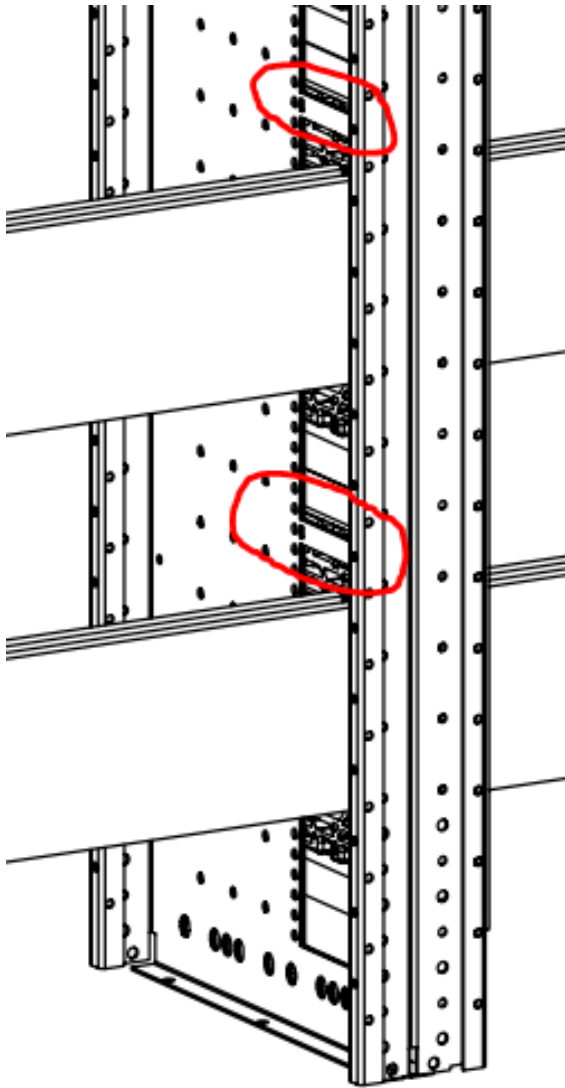
Kuva 36. VMS3-10 tukieristimien välituenta.

Kiskoston asennuksen yhteydessä on otettava huomioon päätyrunkolevyjen tukilevyjen sijainti. Jos tukilevyt sijaitsevat vaihekiskostojen kohdalla (kuva 39), tukilevyt poistetaan.



Kuva 37. Päätyrunkolevyn tukilevy.

Lisäksi on suositeltavaa poistaa pienet metallipalat tukilevyjen yläpuolelta, kuten havainnollistetaan kuvassa 40. Tämä toimenpide suoritetaan tarkoituksena poistaa mahdollinen "virtamuuntajaefekti".



Kuva 38. Päätyrunkolevyistä poistettavat metallipalat (E-NFS tuoteluettelo 2023, 51).

Tukieristimiä ei ole kannattavaa kiristää ennen päätyvalokaarisuojien asentamista, sillä tämä hankaloittaa päätyvalokaarisuojien asennusta merkittävästi. Päätyvalokaarisuojat asennetaan päätyrunkolevyjen sisäpuolelle siten, että ne sijoittuvat VMS3-10 tukieristeiden ja tukilevyjen väliin, kuvan 41 mukaisesti.



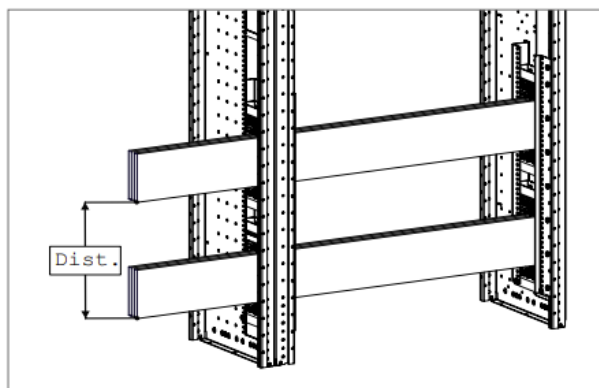
Kuva 39. Päätyvalokaarisuojat asennettuna.

VMS vaakakokoojakiskosto asennetaan kennokeskuksen kiskotilaan. Kiskosto asennetaan VMS3-10 tukieristimien päälle, jotka ovat kiinnitettynä päätyrunkolevyihin kuvan 42 mukaisesti.



Kuva 40. Vaakakokoojakiskot ja VMS3-10 tukieristimet asennettuna.

VMS kiskojen asennuksessa on otettava huomioon kiskoille määritetyt minimivälit korkeussuunnassa kuvan 43 mukaisesti. Mallikeskuksissa käytettiin 10 mm x 100 mm kiskoja, joten kiskostojen välillä käytettiin 260 mm väliä.



**VMS kiskojen minimivälit korkeussuunnassa**

Kiskon koko	Kiskoväli min. (Dist.)
10*40	150mm
10*50	160mm
10*60	170mm
10*80	220mm
10*100	260mm
10*120	260mm

Kuva 41. Ohjeistus VMS kiskojen minimiväleille (E-NFS tuoteluettelo 2023, 50).

Viimeiset vaiheet käsittävät pätyeristimien asentamisen, mikä kiinnittää valokaarisuojukset tukevasti rakenteeseen. Asennuksen päätteeksi päätyvalokaarisuojat kiinnitetään takaseinään.



Kuva 42. Päättyvalokaarisuojat asennettuna.

#### 5.4 Kuoret

Kun kennokeskuksen kokoonpano on lähestymässä loppuaan, asennetaan kuoriosat paikoilleen. Kuoriosiin kuuluu keskuksen sivulevyt, takalevyt ja sivulevyjen tukilistat. Viimeisimpänä mainitut tukilistat asennetaan vain 800-R runkoon.



Kuva 43. Kuoriosat asennettuna 800-R runkoon.

### 5.5 Ovet ja takalevyt

Kennokeskuksen viimeistelyvaiheessa suoritetaan ovikalusteiden ja takalevyjen asentaminen. Ovikalusteisiin kuuluvat ovet, välipienat, etuvälitasot sekä lukot. Ovien asennuksen yhteydessä asennetaan välipienat ja etuvälitasot, mikäli ovia on useampia kuin yksi. Etuvälitasot ja välipienat toimivat käytännössä osana tilanjakajaa ovien välissä tarkoituksena erottaa eri kentät toisistaan. Etuvälitasot ovat myös olennainen osa turvallisuutta, sillä ne ehkäisevät esineiden putoamista eri kenttien välillä.



Kuva 44. Etuvälitaso ja välipiena asennettuna.

Kun välitason ja välipienojen asennus on suoritettu asianmukaisesti, asennetaan varsinaiset ovet, lukot sekä takalevyt. Ovien kiinnityksessä käytetään taptite-din 7500-M M5x12 -standardin mukaisia ruuveja.



Kuva 45. Ovet ja takalevyt asennettuna.

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia E-NFS kennokeskusrakenteen soveltuvuutta suurivirtaisten sähkökeskusten valmistuksessa, ja selvittää sen soveltuvuutta Gistele Oy:n tuotannossa. Aihe oli ajankohtainen, sillä yrityksen nykyinen F-sarjan kennorakenne on jäämässä liian pieneksi. Kiskosiltojen käyttö keskusten syötöissä ja suurissa lähdoissa on yleistynyt merkittävästi, mikä on puolestaan aiheuttanut sähkökeskusten nimellisvirtojen kasvun.

Työ aloitettiin suunnittelemalla uuden E-NFS-rakenteen mallikeskukset. Suunnittelutyön lähtökohtana hyödynnettiin aiemmin valmistunutta F-sarjan kennokeskusprojektia, jonka pohjalta suunniteltiin kaksi pienempää E-NFS-keskusrunkomallia käytännön toteutusta varten. Lisäksi luotiin identtinen keskusrunkomalli E-NFS- ja F-sarjan rakenteisiin. Tämä mahdollisti eri rakenteiden välisen kustannusvertailun.

Kustannusvertailusta kävi ilmi, että E-NFS-sarjan kennokeskus on huomattavasti kalliimpi kuin vastaava F-sarjan kennokeskus. Tämä hintaero selittyy pääasiassa tukieristeiden ja niihin liittyvien kiinnitystarvikkeiden korkeammilla kustannuksilla, jotka vaikuttavat merkittävästi kokonaishintoihin.

Uuden rakenteen käyttöä on harkittava tarkoin keskuksen nimellisvirran ylittäessä 2 500 ampeeria. Tällöin kennokeskuksen runkolevyjen materiaali on vaihdettava ruostumattomaan teräkseen, jotta voidaan ehkäistä mahdollinen ”virtamuuntajaefekti”. Materiaalin vaihto kuumasinkitystä teräksestä ruostumattomaan teräkseen lisää kustannuksia merkittävästi.

E-NFS-sarjan kennokeskusten kiskotila on samanlainen kuin F-sarjassa, mutta virtakiskot on mahdollista asentaa vaakasuunnassa. Tämä kytkentätilaa, mikä helpottaa asennustyötä. E-NFS 850 vaatii merkittävästi enemmän asennustyötä verrattuna E-NFS 600:aan. Mallikeskusten välillä tehtyjen vertailujen perusteella E-NFS 600:n valitseminen Gistele Oy:n tuotantoon on perusteltua, koska se tarjoaa yksinkertaisemman ratkaisun ja säästää kustannuksissa.

Tutkimusten perusteella E-NFS kennokeskusrakenne on hyvä vaihtoehto suurivirtaisten sähkökeskusten valmistukseen Gistele Oy:n tuotannossa. Uuden rakenteen käytön tulee perustua yksilölliseen harkintaan, johon vaikuttavat oikosulkuvirta ja tilantarve, eikä se ole suora vaihtoehto F-sarjalle.

## Lähteet

Alumeco Oy, 2023. Sähköposti. Vastaanotettu 10.8.2023.

Finelcomp E-NFS tuoteluettelo. 2023. Asennusohje ja osaluettelo.

Finelcomp Oy, 2023. Sähköposti. Vastaanotettu 1.8.2023.

Finder, 2023. Gistele Oy – taloustiedot. Viitattu 19.5.2023.

<https://www.finder.fi/S%C3%A4hk%C3%B6keskus/Gistele+Oy/Turku/yhteystiedot/134685>

FocusEconomics, 2023. Viitattu 14.9.2023. <https://www.focus-economics.com/commodities/>

Gistele, 2023. Gistele Oy. Viitattu 19.5.2023. <https://gistele.fi/>

Metalcenter Group, 2022. Viitattu 26.7.2023.

<https://www.metalcentergroup.fi/uutiset/2023/?s=0>

Jokinen, S. 2022. Pää- ja kiinteistökeskusten taloudellinen suunnittelu ja mitoitus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022121630595>

Poutala, J. 2018. Keskusten rakenteet sähkösuunnittelijan näkökulmasta. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018053011218>

Sesko ry, 2023. Viitattu 17.7.2023. <https://sesko.fi/>

Sesko ry, 2023. Viitattu 17.7.2023. <https://sesko.fi/standardit/iec-ja-cenelec/>

SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019. 2013. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). 3. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN IEC 61439-1. 2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.