

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jarmo Pakarinen

SAARION VOIMALAITOKSEN VARAVOIMAJÄRJESTELMÄN  
SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

Joulukuu 2016



OPINNÄYTETYÖ

Joulukuu 2016

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3

80200 Joensuu

Tekijä

Jarmo Pakarinen

Nimeke

Saarion voimalaitoksen varavoimajärjestelmän suunnittelu

Toimeksiantaja

Enerke Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Saarion voimalaitokselle diesel-aggregaatilla toimiva varavoimajärjestelmä. Varavoimajärjestelmällä varmistetaan voimalaitoksen ohjauksutus, jos voimalaitokselta häviää sähkönsyöttö ja voimalaitos ei ole normaalissa toimintatilassa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään dieselgeneraattorilla toteutettuun varmennetun sähkönsyötön suunnitteluun, mutta suurelta osin samat periaatteet toimivat muulla tavoin toteutetuissa järjestelmissä.

Aluksi työssä käsitellään dieselgeneraattorilla toteutetun varmennetun sähkönsyötön periaatteita ja varavoimajärjestelmän suunnittelua. Lisäksi käydään läpi sähkötekniisen suojauksen asettamia vaatimuksia varavoiman osalta.

Toiseksi käydään läpi varavoimajärjestelmän suunnittelu Saarion voimalaitoksen osalta. Suunnittelussa käydään läpi varavoimajärjestelmään tulevat kuormat ja tarvittavan varavoimajärjestelmän teho. Lisäksi tutustutaan varavoimajärjestelmälle suunniteltavan keskuksen sähkösuunnitteluun sekä muihin keskuksiin tuleviin muutoksiin. Sähkösuunnittelun tein CADS-ohjelmalla.

Lopuksi tutustutaan varavoimajärjestelmän hankintaprosessiin, joka voidaan jakaa varmennetun keskuksen hankintaan, varavoima-aggregaatin hankintaan sekä kaapelointi-, sähköasennus- ja muutostöiden hankintaan.

Kieli

suomi


Sivuja 40

Liitteet 17

Liitesivumäärä 27

Asiasanat

Varmennettu sähkönsyöttö, varavoima

 <b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	<p>THESIS</p> <p>December 2016</p> <p>Degree Programme in Electrical Engineering</p> <p>Karjalankatu 3</p> <p>80200 Joensuu</p>
<p>Author</p> <p>Jarmo Pakarinen</p>	
<p>Title</p> <p>Planning a Standby Electric Supply System to Saario Power Plant</p> <p>Commissioned by</p> <p>Enerke Oy</p>	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to plan a diesel generator based standby electric supply system to Saario power plant. With this standby supply system it is ensured that upper and downside water level can be controlled by diversion if a normal power supply breaks off and the power plant is not in a normal operational condition.</p> <p>The first part presents the theoretical background of standby supply systems. The basics of planning and electrical protection in standby supply systems are also included.</p> <p>The second part focuses on planning the Saario power plant standby supply systems. All the needed electrical drawings were made with the CADS program. As part of this thesis I had to plan a new distribution board was planned to this system and changes were made to the old distribution boards.</p> <p>The last part covers a purchasing process of standby supply system in Saario power plant case. The purchase process can be divided in three main parts; purchasing a generator, purchasing a distribution board purchasing and purchasing other electrical work including cable installation work and other wiring work.</p>	
<p>Language</p> <p>Finnish</p>	<p>Pages 40</p> <p>Appendices 17</p> <p>Pages of Appendices 27</p>
<p>Keywords</p> <p>standby supply system, generator</p>	

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
1.1	Pohjois-Karjalan Sähkö Oy .....	7
1.2	Enerke Oy .....	8
1.3	Saarion voimalaitos .....	8
2	Varmennettu sähkönsyöttö .....	9
2.1	Generaattorilla varmennettu varavoima .....	11
2.2	Varavoimajärjestelmän periaatteellinen toiminta .....	12
3	Varavoimajärjestelmän suunnittelu .....	13
3.1	Suunnittelun lähtökohdat .....	13
3.2	Varavoimajärjestelmän käyttövarmuus .....	14
3.3	Tilantarve ja varavoiman sijoitus .....	15
3.4	Varavoiman koon mitoitus .....	17
3.5	Keskuksen ja varavoimajärjestelmän välinen kaapelointi .....	19
4	Suojaus .....	20
4.1	Kosketusjännitesuojaus .....	20
4.2	Ylikuormitussuojaus .....	21
4.3	Maadoitus ja potentiaalintasaus .....	22
5	Saarion voimalaitoksen varavoimajärjestelmän suunnittelu .....	22
5.1	Varavoimajärjestelmän sijoitus .....	24
5.2	Varavoimajärjestelmän koon mitoitus .....	24
5.3	Varavoimajärjestelmän sähkösuunnittelu .....	29
5.4	Kaapelointi .....	32
5.5	Lisälaitteet .....	33
5.6	Huolto ja kunnossapito .....	34
6	Varavoimajärjestelmän hankintaprosessi .....	34
6.1	Varmennetun keskuksen hankinta .....	35
6.2	Varavoima-aggregaatin hankinta .....	36
6.3	Kaapelointi- ja sähkötyöt sekä muut muutostyöt .....	37
6.4	Kustannusarvio .....	38
7	Pohdinta .....	39
	Lähteet .....	40

## Liitteet

- Liite 1 Saarion voimalaitoksen pääkaavio 45/20 kV
- Liite 2 Saarion voimalaitoksen syötön pääkaavio
- Liite 3 Falico Oy aggregaattikoppi
- Liite 4 Saarion voimalaitoksen asemakuva ja kaapelointireitit
- Liite 5 Saarion voimalaitoksen yleiskaavio
- Liite 6 Saarion voimalaitoksen omakäyttökeskuksen kojeiden sijoitus
- Liite 7 Saarion voimalaitoksen varmennetun keskuksen esimerkki layout
- Liite 8 Saarion voimalaitoksen varmennetun keskuksen kojeluettelo
- Liite 9 Saarion voimalaitoksen varmennetun keskuksen piirikaavio
- Liite 10 Saarion voimalaitoksen tasasähköjärjestelmän pääkaavio
- Liite 11 Varmennetun keskuksen riviliitinkytkennät
- Liite 12 Varmennetun keskuksen sisäinen johdotus
- Liite 13 Saarion voimalaitoksen maadoitusverkko
- Liite 14 Kaapeliluettelo
- Liite 15 Syöttö omankäytönkeskukselta verkonvaihto keskukselle
- Liite 16 Vanhan luukkukeskuksen pääkaavio
- Liite 17 Uuden luukkukeskuksen pääkaavio

# 1 Johdanto

Tässä työssä tarkoituksena on suunnitella Saarion vesivoimalaitoksen varavoimajärjestelmä, jossa varavoima tuotetaan dieselaggregaatilla. Varavoimajärjestelmällä laitos voidaan ajaa suojattuun tilaan, jos sähkönsyöttö voimalaitokselle katkeaa. Suojatussa tilassa voimalaitoksen turbiini/generaattori ei ole toiminnassa, joten laitoksen tulvaluukkuja on ohjattava ohjuoksutusta varten, jos vedenpinta laitoksen yläpuolella nousee liikaa tai alapuoleinen vedenpinta laskee liikaa. Ohjuoksutuksella varmistetaan että ylä- ja alapuolen vesistöjen pinnankorkeudet pysyvät normaaleina. Koska jo työn alussa oli valittu varavoiman lähteeksi dieselaggregaatti, tässä työssä ei käsitellä laajemmin muita varmennettuja sähkönsyöttöjärjestelmiä kuten UPS-laitteistoja.

Tämä opinäytetyö tehdään Enerke Oy:n toimeksiannosta yhteistyössä PKS Oy:n kanssa. Saarion voimalaitos on ollut PKS Oy:n omistuksessa vuodesta 1991 lähtien. PKS Oy:n omistamalla Ruskeakosken voimalaitoksella on jo dieselaggregaatilla toteutettu varavoimajärjestelmä, jonka dokumentteja on mahdollista hyödyntää Saarion varavoimajärjestelmän suunnittelussa.

Varavoiman suunnitteluun liittyvät standardit löytyvät SFS-käsikirja 600:n kohdasta 551, jossa käsitellään pienjännitteisiä generaattorilaitteistoja ja kohdassa 551.6 generaattorin käyttöä varavoimajärjestelmässä. Muuten varavoimaan sovelletaan samoja standardeja kuin normaaliin sähköverkkoon. ST-kortistossa ST 31 Varavoimalaitokset on yleisohje varavoimalaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen, asennukseen, tarkastukseen sekä huoltoon ja ST 31 keskittyy varavoimaan tehoalueella 100 - 2000 kW, mutta sitä voi hyödyntää myös pienempi-tehoisten varavoimalajärjestelmien hankinnassa. Tietoa erilaisista sähköverkkojen varmennusratkaisuista on ST-kortistossa ST 20 Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät.

## 1.1 Pohjois-Karjalan Sähkö Oy

PKS Oy on perustettu vuonna 1945 ja sen tytäryhtiöinä toimivat Enerke Oy, PKS Sähkönsiirto Oy ja Kuurnan Voima Oy. Emoyhtiö PKS Oy:n liiketoimintaan sisältyy sähkökauppa, sähköntuotanto ja konsernipalvelut. PKS Oy lukuina:

- liikevaihto 117 miljoonaa euroa
- liikevoitto 17,9 miljoonaa euroa
- toimialueen sähkön siirto 1102 GWh:a
- sähköverkon pituus 21493 km
- omaa vesivoimatuotantoa 186 GWh:a
- henkilöstöä 266
- asiakkaita 88528. (PKS Oy a. 2015.)

PKS Oy:llä on vesivoimalaitoksia ympäri Pohjois-Karjalaa

- Pielisjoen Kuurnankoskella Kuurnan voimala
- Jänisjoella
  - Ruskeakosken voimala
  - Vihtakosken voimala
  - Saarion voimala
  - Vääräkosken voimala
- Höytiäisen kanavassa Puntarikosken voimala
- Nurmeksessa Valtimojoessa Kuokkaistenkosken voimala
- Nurmeksessa Saramojoessa Louhikosken voimala
- Kiteen Puhoksessa Puhoksen voimala
- Heinävedellä Palokin voimala. (PKS Oy b. 2015.)

PKS Oy omistaa tuulivoimaa kahdesta tuulipuistosta

- Röyttän tuulipuisto Torniossa
- Ajoksen tuulipuisto Kemissä.

Näiden voimalaomistusten ansiosta PKS Oy toimittaa noin 2,2 miljoonaa kWh:a tuulivoimaa vuodessa. (PKS Oy c. 2015.)

## 1.2 Enerke Oy

Enerke Oy on perustettu 1.1.2002 PKS Verkostorakennuksen nimellä ja on toiminut osana PKS Oy:tä, mutta myöhemmin erotettu erilliseksi yhtiöksi Enerke Oy:ksi ja edelleen Pohjois-Karjalan Sähkön 100 %:sti omistama tytäryhtiö. Enerke Oy kotipaikka on Kontiolahti ja päätoimipiste on Lehmossa, toimipisteitä on Pohjois-Karjalassa yhteensä 8 ja Savossa 3. Enerke Oy:n ydinosuamista on sähköverkkojen ja sähköasemien suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito sekä voimalaitosten käynnissäpito ja -huolto. Enerke Oy:n asiakkaita ovat sähköyhtiöt, teollisuusyritykset, kiinteistöyhtiöt, liikelaitokset ja julkisyhteisöt. Enerke Oy:llä on tytäryhtiö SLT-Consults Oy. (Enerke Oy. 2015.)

Enerke Oy:n asiakkaille suuntautuvat palvelut jakautuvat elinkaari- ja projektipalveluihin. Elinkaaripalvelut käsittävät omaisuuden hallintaan liittyvät palvelut, kuten

- sähköverkkojen yleissuunnitelmat
- investointi- ja kunnossapitotarpeet
- sähköinen- ja maastosuunnittelu
- kuntotarkastukset
- huolto- ja kunnossapito
- häiriöiden hoitovalmiuden ylläpito.

Projektipalvelut käsittävät esim.

- sähköasemien ja linjojen rakennushankkeet
- verkstourakoinnin
- suunnittelun
- suunnitellun huolto- ja kunnossapidon
- häiriöiden ja vikojen hoito. (Enerke Oy. 2015.)

## 1.3 Saarion voimalaitos

Saarion voimalaitos sijaitsee Tohmajärven kunnassa Jänisjoen varressa. Alkuperäinen voimalaitos on rakennettu vuonna 1908 ja toimii nykyisin voimalaitosmuseona, kun se korvattiin vuonna 1984 uudella voimalaitoksella. Vuonna 1991



Saarion voimalaitos siirtyi PKS Oy:n omistukseen, samalla siirtyivät myös muut Jänisjoen voimalaitokset (Ruskeakoski, Vihtakoski ja Vääräkoski) PKS Oy:lle.

Saarion voimalaitoksen tekniset tiedot:

- teho 1,7 MW
- putouskorkeus 6,5 m
- suunniteltuvirtaama 29 m<sup>3</sup>/s
- keskivirtaama 20 m<sup>3</sup>/s
- vuosienergia 6300 MWh
- Kaplan-tyyppinen vaaka-akselinen turbiini. (PKS Oy b.2015.)

Vesivoimalaitokset ovat sähköntuotantokoneiston käyttövarmin osa. Mikäli niitä on järjestelmässä, ne yleensä huolehtivat verkon tehonsäädöstä, eli että sähköntuotanto ja -kulutus on hetkellisessä tasapainossa. (Elovaara & Laiho 2007, 27.) Koska polttoaine on ilmaista, kannattaa vesivoima käyttää hyväksi mahdollisimman tehokkaasti. Vesivoiman kustannukset muodostuvat lähes yksinomaan kiinteistä kustannuksista eli laitoksen ja säännöstelylaitteiden hankinnasta. Vesivoimalaitoksen kuoletusajaksi lasketaan n. 40 vuotta (Elovaara & Laiho 2007, 27). Muuttuvat kustannukset ovat hyvin pienet, sillä polttoaine on ilmaista ja laitokset pyritään tekemään kauko-ohjatuiksi. Myös PKS Oy:n omistuksessa olevien vesivoimalaitosten käyttö ja valvonta on automatisoitu. Muuttuvia kustannuksia aiheuttavat lähinnä voimansiirtohäviöt, jos sähköä joudutaan siirtämään pitkiä matkoja.

## **2 Varmennettu sähkönsyöttö**

Maailma teknistyy kiihtyvää vauhtia ja sähköisten laitteiden määrä kasvaa, jolloin sähkönsyötön häiriöiden vaikutus aiheuttaa enemmän taloudellisia, tuotannollisia ja henkilöturvallisuuteen liittyviä riskejä. Varavoimalla voidaan pienentää tai poistaa verkkosyötön häiriöistä aiheutuvaa riskiä.

Verkkosyötön katketessa voidaan varmennetulla järjestelmällä syöttää koko verkkoa tai vain osa verkosta on varmennetun järjestelmän takana. Varmenne-

tussa sähkönsyötössä voidaan käyttää UPS-laitteistoja, akustoja, generaattoria, riippuen millaisesta jakeluhäiriöstä on kyse. Lyhyissä katkoksissa riittää akkuvarmennus tai UPS-laitteisto, pitkät katkot ja sähkön jakelun keskeyttäminen vaativat omaa sähkön tuotantoa ja mahdollisia huoltotoimenpiteitä esim. polttoaineen lisäystä. Jos halutaan vian sattuessa katkoton sähkönsyöttö, käytetään UPS-laitteistoja tai akustoja. Isommissa kuormissa katkollinen sähkönsyöttö toteutetaan käsin- tai automaattisesti käynnistyvällä aggregaattivaravoimajärjestelmällä.

Sähkönsyötön varmuuden tarve voi perustua taloudellisiin näkökohtiin, jolloin voidaan arvioida varavoimaan sijoitetun pääoman suhdetta häiriöistä aiheutuviin kustannuksiin. Varmuuden tarve voi perustua myös henkilöturvallisuuden tai omaisuuden turvallisuuden varmistamiseen. Sähkön syötön katkeamisesta aiheutuvien riskien tunteminen sekä riskeistä aiheutuvien kustannusten ja turvallisuusuhkan tiedostaminen ovat lähtökohtana varavoiman suunnittelulle. Hakasen, Bovellanin, Heikkilän, Kappin, Kivekkään, Kousan, Poikosen, Sahlströmmän ja Tummavuoren (2005, 28) mukaan, kun varmuusjärjestelmää käytetään varmistamaan ihmisten turvallisuudelle tärkeiden laitteiden toimintaa (mm. turva-, paloilmoitin-, sammutus-, valvonta- ja rikosilmoitusjärjestelmät) on kyseessä turvasyöttöjärjestelmä.

Standardi määrittelee varavoimajärjestelmän seuraavasti: Varavoimajärjestelmä (standby supply system) on syöttöjärjestelmä, jonka tarkoituksena on varmistaa asennuksen tai sen osan toiminnan jatkuminen muista kuin henkilöturvallisuuden liittyvistä syistä normaalin syötön keskeytyessä. (Hakanen ym. 2005, 57.) Varavoiman tärkein ominaisuus on sen käytettävyyden eli varavoimajärjestelmä on valmis käyttöön kun sähkönsyötössä tapahtuu häiriö. Käytettävyyttä voidaan ylläpitää testaamalla varavoimajärjestelmän toimintaa säännöllisesti.

Varmennusajalla tarkoitetaan aikaa, jonka järjestelmä kykenee syöttämään varmuusjärjestelmää kuormaa ilman normaalia verkkosyöttöä. Pieni tehontarve (maksimissaan noin 40–50 kVA) ja lyhytaikainen varmuusaika (noin 10 minuuttia) voidaan tuottaa akustolla. Suuri tehontarve ja pitkä varmuusaika edellyttävät yleensä varavoimalaitosta tai muuta omaa sähköntuotantoa. Raja-arvona voi-

taneen pitää esimerkiksi yli 50 kVA:n tehoa ja yli 30 minuutin varmennusaikaa. (Hakanen ym. 2005, 90.)

## 2.1 Generaattorilla varmennettu varavoima

Generaattorilla varmennetun varavoimalaitoksen avulla voidaan varmistaa sellaiset kuormat, jotka sallivat useampien sekuntien sähkökatkoksen. Automaattisesti käynnistyvä varavoimajärjestelmä on yleisempi kuin käsin käynnistettävä toteutustapa. Varavoimakoneen käynnistys ja täyden kuormanottokyvyn saavuttaminen voi kestää noin kymmenestä sekunnista muutamaan minuuttiin. Joskus käynnistysyrityksiä tarvitaan useita, jos varavoimalaitos ei käynnisty ensimmäisellä yrityksellä. Kun automaattinen varavoimajärjestelmä tunnistaa verkkosyötön puuttumisen se käynnistää varavoima-aggregaatin, joka alkaa syöttää varmennettua verkkoa. Tämä aiheuttaa syöttökatkon ja on varmistettava suunnitteluvaiheessa, että varmennuksen perässä olevat laitteet sallivat katkollisen syötön. Laitteille, jotka tarvitsevat katkottoman syötön, on laitettava UPS-varmistus.

Generaattorilaitteistot jaetaan (Fingen Oy. 2015) sähköjakelutavan mukaan eri luokkiin

**Luokka 1** = yleisestä jakeluverkosta erillään toimivat laitteistot (pienet kannettavat tai hinattavat työmaakäyttöön tarkoitetut aggregaatit).

**Luokka 2** = yleisestä jakeluverkosta erillään toimivat automaattisella verkonvaihdoilla varustetut laitteistot esim.

- erillisellä verkonvaihtokeskuksella toteutetut järjestelmät
- kiinteistön keskukseen integroidut verkonvaihtokytinlaitteet
- varavoimakoneeseen integroidut verkonvaihtokojeet.

**Luokka 3** = yleisen jakeluverkon kanssa rinnan käyvät laitteistot, joiden tuotantoa ei siirretä yleiseen verkkoon. Laitteisto käy hetken verkon kanssa rinnan, jolloin tapahtuu ns. paluutahdistus ja sillä vältetään syöttökatko verkon palaututtua.

**Luokka 4** = yleisen jakeluverkon kanssa rinnan käyvät laitteistot, joiden tuotanto voidaan osittain tai kokonaan siirtää verkkoon. Laitteisto mahdollistaa katkotoman paluun verkkoon ja varavoiman koekäytön verkon rinnalla. Laitteistoa voidaan käyttää myös kulutushuipun tasauksessa.

## 2.2 Varavoimajärjestelmän periaatteellinen toiminta

Varavoimajärjestelmällä varmistetaan laitteiston toiminta, kun sähkönsyöttö katkeaa. Yleensä käytetään automaattista ohjausta, joka käynnistää aggregaatin asetellun viiveen jälkeen, kun verkkosyötön katkettua. Jos aggregaatti on saarekekäytössä, verkonvaihtokeskuksessa verkonvaihtokytkimellä on estetty generaattorin ja valtakunnan verkon yhtäaikainen käyttö. Verkkoon tahdistuva varavoima-aggregaatti mahdollistaa myös rinnankäytön valtakunnanverkon kanssa. Verkkojännitteen palauduttua verkonvaihtokeskuksen verkonvaihtoautomaatiikka kytkee verkkosyötön takaisin. Varavoima-aggregaatti käy vielä ennalta määritellyn ajan verkkosyötön palauduttua. Näin vältetään turhat pysähdykset, jos verkkosyöttö katkeaa uudelleen. Ilman kuormaa käyttö myös jäähdyttää varavoima-aggregaatin ennen sammuttamista.

Luokan 2 varavoimajärjestelmissä SFS-käsikirja 600 määrittelee kohdassa 551.6.1 erotusvaatimukset, joilla estetään generaattorin käyttö rinnan yleisen jakeluverkon kanssa

- sähköinen, mekaaninen tai sähkömekaaninen lukitus vaihtokytkimen käyttömekanismien tai ohjauspiirien välillä
- lukitusjärjestelmä, johon ainoastaan yksi siirrettävä avain
- kolmiasentoinen vaihtokytkin, joka katkaisee toisen syötön ennen kuin toinen syöttö kytkeytyy
- sopivalla lukituksella varustettu automaattinen vaihtokytkin
- muut yhtä turvalliset menetelmät. (SFS-käsikirja 600. 2007, 342.)

### 3 Varavoimajärjestelmän suunnittelu

Isommissa kohteissa toimivan varavoiman suunnittelu on monen ammattilaisen yhteistyötä

- Automaatiosuunnittelija suunnittelee varavoiman liittämisen kiinteistön automaatiojärjestelmään.
- Sähkösuunnittelija määrittää varavoiman tehontarpeen ja laskee, että automaattisen poiskytkennän vaatimukset toteutuvat SFS-käsikirja 600:n mukaisesti.
- LVI-suunnittelija huolehtii varavoiman tulo- ja poistoilma- sekä pako- kaasujen poistokanavien suunnittelusta. (Fingen Oy. 2015.)

Isoissa kohteissa voi olla myös prosessisuunnittelija, joka määrittelee, minkä laitteiden on toimittava varavoimalla ja millainen käyttövarmuusaste varavoimalla on oltava. Jos kyseessä on iso varavoimalaitos, voidaan sen koon ja painon vuoksi käyttää myös rakennussuunnittelijaa suunnittelemaan varavoimalle tarvittavaa tilaa. Pienemmissä kohteissa yrityksen sähkösuunnittelija ja varavoimatoimittaja voivat yhdessä voivalt suunnitella tarvittavat varavoimajärjestelmän. (Fingen Oy. 2015.)

#### 3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Koska tässä työssä keskitytään dieselgeneraattorilla varmennettuun varavoimajärjestelmään, on ensimmäisenä ratkaistava, tarvitaanko yleisen jakeluverkon kanssa rinnan toimiva varavoimajärjestelmä, vai riittääkö, että varavoimajärjestelmä toimii saarekekäytössä. Jakeluverkon kanssa rinnan toimiva varavoimajärjestelmä mahdollistaa myös generaattoritehon syöttämistä jakeluverkkoon. Jakeluverkon kanssa rinnan toimiva varavoimajärjestelmä vaatii automaattisen tahdistuslaitteiston, joka tahdistaa generaattorin jakeluverkon kanssa samaan vaiheeseen. Automaattisella paluutahdistuksella mahdollistetaan paluu verkosyöttöön ilman katkoja, myös varavoimajärjestelmän koekäyttö onnistuu katkottomasti. Fingen Oy:n (Fingen Oy. 2015) mukaan tahdistuvat varavoimalai-

tokset ovat helposti 25 - 50 % kalliimpia hankintahinnaltaan kuin pienen paluukatkoksen salliva laitos. Palattaessa kiinteään verkkosyöttöön katkoksen pituus on vain muutamia millisekunteja eikä sillä usein ole merkitystä sähkön syötön kannalta.

### 3.2 Varavoimajärjestelmän käyttövarmuus

Laitoksen käyttötarkoituksen ja käyttövarmuustavoitteen määrittelevät ne laitteet, joiden tulee toimia myös verkkokatkoksen aikana. Samalla määritellään ne kohteen alueet tai huoneet, joissa valaistuksen tulee toimia ja minkä pistoriaryhmien tulee olla jännitteisiä. (Elovaara & Laiho 2007, 27.) Varavoimajärjestelmän on toimittava luotettavasti, silloin kun sitä tarvitaan, vaikka suurimman osan ajastaan se on käyttämättömänä. Hyvä käyttövarmuus on keskeinen varavoimalle asetettava vaatimus. Varavoimajärjestelmän käyttövarmuustavoite (Fingen Oy. 2015) lasketaan kaavalla 1

$$\frac{8760 - (vika - aika + huoltoaika)}{8760} \quad (1)$$

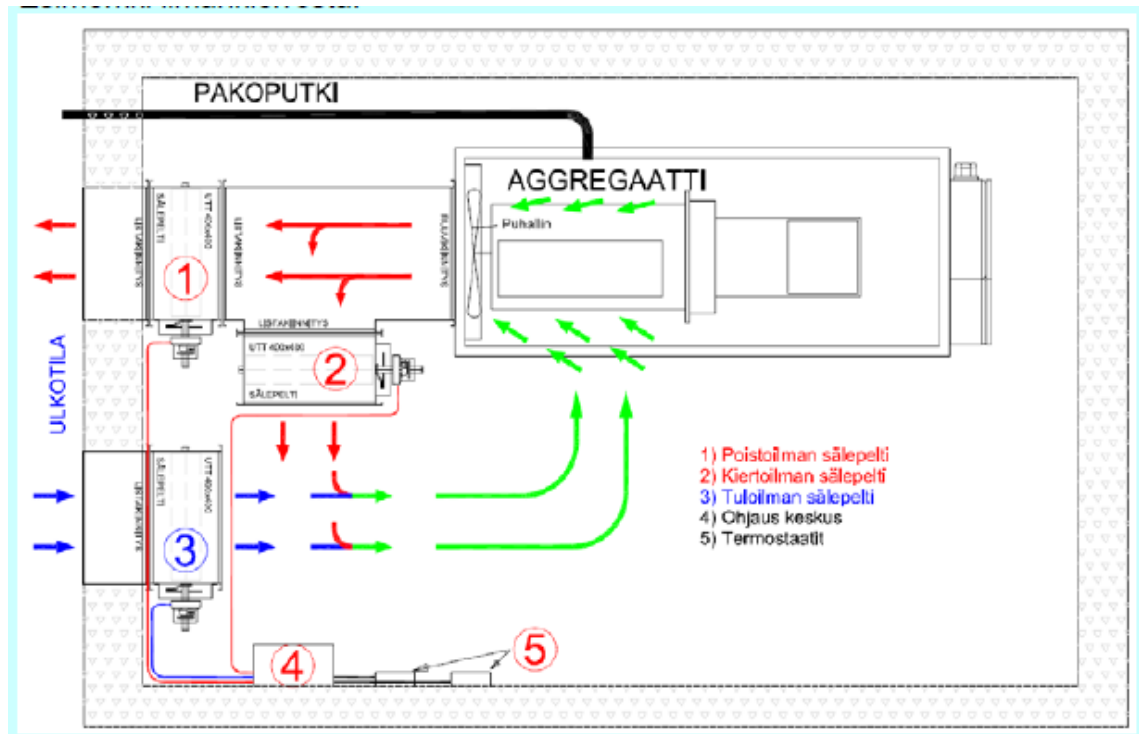
Käyttövarmuusluokat (Fingen Oy. 2015)

- luokka 1 = 0,995 (kone pois käytöstä enintään 44 h vuodesta)
- luokka 2 = 0,990 (kone pois käytöstä enintään 88 h vuodesta)
- luokka 3 = 0,985 (kone pois käytöstä enintään 132 h vuodesta).

Säännöllinen testikäyttö ja ennakoiva kunnossapito varmistavat varavoimajärjestelmän toimivuuden ja lisäävät järjestelmän käyttövarmuutta. Testikäytön yhteydessä tehdään myös aistinvarainen tarkastus, jossa tarkastetaan esim. mahdolliset nestevuodot, akun kunto ym. aistinvaraisesti ilmenevät viat. On tärkeää, että haluttu käyttövarmuus voidaan ylläpitää mahdollisimman pienin kokonaiskustannuksin.

### 3.3 Tilantarve ja varavoiman sijoitus

Jos mahdollista varavoima pyritään sijoittamaan pääkeskuksen lähelle ja näin pitämään kaapelointimatkat lyhyinä. Varavoima-aggregaatti voidaan sijoittaa sisätiloihin tai ulos sääsuojattuun koteloon tai lukittavaan konttiin. Sisätiloihin sijoitettaessa joudutaan suunnittelemaan laittilan paloturvallisuus, ilmanvaihto tuloilman sekä poistoilma generaattorin tuottaman lämpökuorman osalta, polttoainesäiliöiden sijoitus sekä rakentamaan pakoputki pakokaasun poistoa varten. Tilasta poistettavan lämpötehon määrän voi laskea kertomalla generaattorin sähkötehon 1.5:llä (Fingen Oy. 2015). Vesi- ja öljyjäähdytteisissä laitteissa ilmanava olisi hyvä asentaa moottorin poistoilma-aukon ja seinän läpiviennin väliin, jolloin moottorin oma puhallin kierrättää ilmaa. Ilmajäähdytteisille koneille tarvitaan erillinen puhallin sisäilman kierrätykseen. Ilmanvaihto ja pakokaasun poisto on helpompi suunnitella ja toteuttaa, jos laittilassa olisi ainakin yksi ulkoseinä. Varavoimalaitteen helppo siirtäminen laittilaan tulee myös huomioida suunnittelussa. Varavoimalaitteiston huoltoa varten olisi hyvä jättää tyhjää tilaa koneen joka puolelle 600 - 1000mm. Jos varavoima-aggregaatti sijoitetaan esim. merikonttiin, voi varavoima-aggregaatin toimittaja rakentaa valmiiksi toimivan kokonaisuuden, jossa on tarvittava ilmanvaihto ja pakokaasunpoisto ym. järjestelmät valmiina. Kuvassa 1 on Hollolan sähköautomaatiikka Oy:n mukainen toteutus varavoimakonehuoneen jäähdytysilman hallintaan, siinä on huomioitu talvikäyttö, jolloin aggregaatin tuottamaa lämpöä sekoitetaan kylmään tuloilmaan. Sääsuojattuun koteloon sijoitettu varavoima-aggregaatti voidaan sijoittaa ulkotilaan, mutta vaatii moottorilämmityksen talvella ja lisäsuojan ainakin lumi-kuormaa varten.



Kuva 1. Aggregaatin ilmanvaihdon järjestäminen (Hollolan Sähköautomaatiikka Oy. 2015).

Lait ja viranomismääräykset säätelevät varavoimalaitoksen yhteydessä varastoitavan ja käsiteltävän polttoaineen enimmäismääriä sekä polttoainesäiliöiden rakennetta. Huomioitavia säännöksiä on mm. seuraavista seikoista:

- varastoitavat enimmäismäärät
- määräykset tiloista, joissa käsitellään polttoaineita
- säiliöstandardi
- varastointi pohjavesialueella
- ATEX-määräykset, räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuudesta
- paikallisen viranomaisen erityismääräykset (esim. säiliön vuotoaltaan koko). (Hakanen ym. 2013,107.)

Polttoainesäiliöiden tilavuuden mitoituksessa voidaan käyttää ohjeellisena kulusarvona 0,3 l/kWh. Näin esimerkiksi teholtaan 125 kVA:n/100 kW:n laitos kuluttaa 30 l/h:ssa nimellisteholla toimiessaan. Yleinen käytäntö on mitoittaa käytösäiliö siten, että sen tilavuus riittää 8 tunnin toimintaan nimellisteholla tai 75 %:n kapasiteetilla nimellistehostaan. Jos vaadittava miehittämätön käyttöjakso on pitempi, on joko valittava suurempi käytösäiliö tai järjestettävä automaattinen pumppaus varastosäiliöstä käytösäiliöön. (Hakanen ym. 2013, 109.)



### 3.4 Varavoiman koon mitoitus

Varavoiman koon mitoituksessa on otettava huomioon varavoiman pitkä elinkaari ja siksi on suunnitteluvaiheessa jätettävä tehoreserviä mahdollisia lisäkuormia varten. Generaattorin koon mitoituksessa on tunnettava verkon rakenne (alakeskukset nousujohtoinen sekä pistorasiat) sekä verkossa olevat kuormat. Varavoiman mitoituksen kannalta hankalia kuormia ovat

- suuret oikosulkumoottorit tai -ryhmät suuren käynnistysvirtansa takia
- tyristori- ja puolijohdetekniikkaa sisältävä kuormitus sähköön aaltomuotoa vääristävän ominaisuutensa vuoksi
- isot muuntajakuormat joiden kytkentäsäysvirta aiheuttaa jännitteen alenemista
- kapasitiiviset kuormat.

Kuormien laskennassa moottorikuormat lasketaan erikseen ja niihin lisätään muu resistiivinen kuorma esim. lämmitys- ja valaistuskuorma. Moottorikuorman laskentaan vaikuttaa moottorin käynnistystapa (suora-, tähti-kolmio-, taajuusmuuttajaohjattu- tai pehmokäynnistys). Oikosulkumoottorin käynnistysvirta aiheuttaa hetkellisen jännitteen ja taajuuden aleneman. Näistä kahdesta merkittävämpi tekijä on jännitteenalenema. Suurin oikosulkumoottorikoko, jonka varavoimalaitos pystyy käynnistämään, on 25 - 35 % varavoimalaitoksen pätötehosta, tällöin hetkellinen jännitteenalenema on noin 30 %. (Hakanen ym. 2013, 115.) Generaattorin tehoa laskettaessa (Fingen Oy. 2015) suorakäynnisteisessä moottorikuormassa voidaan käyttää kaavaa 2, jossa suurin moottorikuorma kerrotaan kolmella ja siihen lisätään muut moottorikuormat, summa jaetaan  $\cos \varphi$ :llä. Saatuun tulokseen lisätään resistiiviset kuormat.

$$\frac{(3 \times M1 + M2 + M3 \dots)}{\cos \varphi} + R1 + R2 \dots = \text{kokonaisteho [kVA]} \quad (2)$$

*Jossa,*

*M1 = suurin käynnistettävä moottori kW:na*

*M2, M3 = moottori 2,3 jne.*

*cos  $\varphi$  yleensä 0,8*

*R1 = lämmityskuorma*

*R2 = valaistus ym. kuormat*

Suoran käynnistyksen ottama virta on 5 - 10 kertaa oikosulkumoottorin nimellisvirta. Tähti-kolmio käynnistyksessä moottorin virta on noin 1/3 suoran käynnistyksen ottamasta virrasta. Pehmo- ja taajuusmuuttajakäytöissä käynnistysvirta saadaan pysymään jopa moottorin nimellisvirran suuruisena. Jos moottorit käynnistetään taajuusmuuttajalla, voidaan mitoituksessa käyttää jopa kerrointa 1,5. Tämä riippuu kuitenkin taajuusmuuttajan tasasuuntaajan tekniikasta ja siksi suositellaan, että kertoimena käytetään arvoa 2. (Fingen Oy. 2015.) Syötettäessä oikosulkumoottoria suoraan varavoimakoneella sen ottama käynnistysvirta saa olla enintään varavoimakoneen nimellisvirran suuruinen, jos sallitaan enintään 15%:n hetkellinen jännitteenalenema syötössä (Hakanen ym. 2005, 104).

ST-käsikirjassa 20 (Hakanen ym. 2005, 104) on hiukan erilaiset arvot oikosulku moottorin ottaman käynnistysvirran määrälle eri käynnistystapoja käytettäessä.

- muuntaja/kuristin  $I_k = 2,5 - 4 \times I_n$
- tähti-kolmiokytkentä  $I_k = 2,5 \times I_n$
- pehmokäynnistin  $I_k = 1,5 - 3 \times I_n$
- taajuusmuuttaja  $I_k = I_n$ .

Jossa  $I_k$  on moottorin käynnistysvirta ja  $I_n$  on moottorin nimellisvirta.

Jos varavoimalaitoksen kuormana on runsaasti epälineaarista kuormaa, voi vaarana olla jännitteen aaltomuodon vääristyminen. Jos epälineaarisesta kuormasta aiheutuu häiriöitä voidaan kuormien yliaaltoja suodattaa tai parannetaan jännitejäykkyyttä suurettamalla generaattoria. Epälineaarisia kuormia ovat mm.

- purkauslamppuvalaisimet
- taajuusmuuttajakäytöt
- induktiouunit
- UPS-laitteet
- hakkuriteholähteet
- tasasuuntaajat.

Muuntajan kytkentäsysteemin virta riippuu muuntajan verkkoon kytkentäajanhetkestä. Jatkuvuustilassa muuntajan magneettivuo on jännitettä jäljessä ja jännitteen ja muuntajan magneettivuon vaihesiirtokulma on noin 90°. Kun jännitteetön muuntaja kytketään verkkoon (magneettivuo 0°), rautasydämen hitaudesta johtuen siirrytään jatkuvuustilaan tasoitusilmiön kautta. Muuntajan mag-

neettivuo saa huippuarvonsa silloin, kun jännitteen hetkellisarvo on kytkeytymishetkellä nolla kohdassa, jolloin muuntajan kytkentäsysäysvirta on suurimmillaan, kun jännitteen hetkellisarvon on kytkeytymishetkellä huippukohdassa ei kytkentäsysäysvirtaa esiinny. Piirissä olevan resistanssi vaimentaa kytkentävirrasysäyksen normaaliin jatkuvuustilaan noin sekunnissa kytkentähetkestä (Hietalahti 2011, 21). Muuntajan kytkentäsysäysvirta on noin 10 kertaa nimellisvirran suuruinen (Hakanen ym. 2005, 106).

Epäsymmetrinen kuormitus eri vaiheiden kesken aiheuttaa sen, että varavoimakoneen koko tehoa ei pystytä hyödyntämään, joten kuormituksen jakaminen tasaa eri vaiheiden välille on tärkeää. Varavoimakoneen kohdalla virtaepäsymmetrian sietoraja on valmistajasta ja konetyypistä riippuen noin 50 %:n tasolla. Tällöin vaihe- ja pääjännitteet ovat vielä  $\pm 5$  %:n sisällä nimellisistä. Vaiheen virta ei saa tietenkään ylittää nimellistä. (Hakanen ym. 2005, 108.)

### 3.5 Keskuksen ja varavoimajärjestelmän välinen kaapelointi

Varavoimakoneelle tuodaan keskukselta yleensä yksi päävirtakaapeli, yksi ohjauskaapeli ja maadoituskaapeli päämaadoituskiskoon. Päävirtakaapelina käytetään esim. jäykkää MCMK- tai AMCMK-kaapelia, joka tuodaan konehuoneeseen ja vaihdetaan siellä taipuisaan kaapeliin, näin vältetään koneen tärinän ja käynnistyksen/sammutuksen kaapeliin aiheuttamilta rasituksilta. Lisäksi voidaan tuoda keskukselta kaapelit aggregaatille moottorilämmitystä, valaistusta sekä mahdollisia pistorasioita varten. Päävirtakaapelin mitoituksessa noudatetaan johdon kuormitettavuuden osalta samoja mitoitusääntöjä kuin normaalissa verkossa. Yleensä varavoiman toimittaja mitoittaa syöttökaapelin verkonvaihtokeskukselle asti.

Hakanen ym. (2005, 151) mukaan varavoimalaitoksen toimintaa ei pidä vaarantaa riippuvuudella ulkopuolisista järjestelmistä, mutta laitoksesta olisi hyvä ottaa ainakin seuraavat tiedot jatkuvasti valvottuun paikkaan

- häiriöhälytys pysäyttävästä viasta

- ”varoittava” hälytys syystä, joka uhkaa käyttövalmiutta (esim. polttoaineen väheneminen hälytysrajalle)
- ilmaisu ”ei käyttövalmiina” tilanteesta, jossa laitos ei käyttötoimenpiteen seurauksena ole käyttövalmiina, vaikka laitoksessa ei ole vikaa (esim. käyttökytkin unohtunut 0-asentoon)
- käyntitieto.

Joissain tapauksissa riittää, että varavoimalta tulee vain yksi häiriötieto, joka käydään sitten tarkistamassa ja kuittaamassa varavoimakoneen ohjauspaneelilta.

## **4 Suojaus**

Varmennetun verkon suojaukseen pätevät periaatteessa muuten samat ehdot ja olosuhteet kuin normaaliin verkkoon sillä poikkeuksella, että varmennetun syötön vikavirran syöttökyky on pienempi kuin normaalissa syöttötilanteessa ja suojalaitteiden toiminta-asettelut on määriteltävä siten, että ne toimivat myös varmennetun syötön perässä. (Hakanen ym. 2005, 151.) Toisin sanoen on varmistettava, että aggregaatin oikosulkuvirta on riittävä suojauslaitteiden toiminnan kannalta.

SFS käsikirjan 600:n kohdan 551.2.2 mukaan jokaiselle syöttöjärjestelmälle tai niiden yhdistelmälle, jota voidaan käyttää muista syöttöjärjestelmistä tai syöttöjärjestelmien yhdistelmistä riippumatta, on määriteltävä odotettavissa olevat (prospektiiviset) oikosulku- ja maasulkuvirrat. (SFS käsikirja 600. 2007, 340.)

### **4.1 Kosketusjännitesuojaus**

Kosketusjännitesuojauksen tarkoitus on suojata niin, että vian ym. seurauksena jännitteelliseksi tulevat osat eivät aiheuta vaaraa. Suojaus toteutetaan yleensä syötön automaattisella poiskytkennällä. Pienimmillä generaattoreilla saattaa tul-

la ongelmia liian pienen oikosulkuvirran kanssa, jos automaattisen poiskytkennän on toimittava 0,4 sekunnin aikana. Generaattorin jatkuva oikosulkuvirta on 2,5 - 3 kertaa generaattorin nimellisvirta  $I_n$ . Oikosulkusuojien toiminta voi olla epävarmaa, koska yleensä generaattorin oikosulussa napajännite ja vikavirta putoavat nopeasti liian pieniksi (Tiainen. 2013, 315).

Generaattorin henkilöturvallisuutta voidaan parantaa rajoittamalla vikavirtaa, jolloin generaattorilaitteisto varustetaan esim. vikavirtasuojalla. Kosketusjännitesuojaus voidaan toteuttaa myös rajoittamalla kosketusjännitettä, jolloin verkko on rakennettava niin, ettei kosketusjännitteen arvo nouse missään tapauksessa yli 50 volttiin. Kosketusjännitteen rajoittaminen toteutetaan paikallisella potentiaalintasauksella, jolloin kosketusjännite saadaan pysymään pienenä.

Syötön nopean poiskytkennän vaatimukset voidaan täyttää myös varustamalla aggregaatin pääkytkinyksikkö alijännitelaukaisukelalla, koska aggregaatin ohjauspaneelista saadaan tarvittava virtatieto.

## 4.2 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitussuojauksen tarkoitus on suojata käytettyä johtoa liialliselta lämpenemiseltä, jonka johdossa kulkeva virta aiheuttaa. Ylikuormitussuojaus toteutetaan sekä varmennetun verkon syöttöjohdon että siihen liitettävien laitteiden ja järjestelmien syöttölähtöjen osalta (Hakanen ym. 2005, 153). Ylikuormitussuoja estää johdon liiallisen kuumenemisen, jos siihen kytketään liian suuritehoista kuormaa. Ylikuormitusvirralla tarkoitetaan muulloin kun vian aikana esiintyvää normaalia mitoitusvirtaa suurempaa virtaa, eli johdolla johdon kuormitettavuutta suurempaa virtaa. Ylikuormitussuojien ja johdonkuormitettavuuden on täytettävä seuraavat epäyhtälöt (kaavat 3 ja 4).

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (3)$$

$$1,45 \times I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (4)$$

*Jossa,*

$I_B =$  virtapiirin mitoitusvirta

$I_N =$  suojalaitteen mitoitusvirta

$I_Z =$  johdon kuormitettavuus

$I_2 =$  virta, jolla suojalaite toimii tehokkaasti. Sulakkeilla ylempi toimintarajavirta ja johdonsuojakatkaisijoilla termisen laukaisun ( $I_h$ ) rajavirta.

Yleensä sama suojalaite voi toimia sekä oikosulku- että ylikuormitussuojana. Generaattorin vikavirran putoaminen pieneksi oikosulkuutilanteessa voi johtaa oikosulkusuojien epävarmaan toimintaan.

### 4.3 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Varavoimajärjestelmissä maadoitukset tulee suunnitella siten, että kosketus- suojaus toteutuu määräysten edellyttämässä poiskytkentä ajassa. Suojaus syötön automaattisen poiskytkennän avulla on toteuduttava SFS 6000 standardin luvun 411 mukaisesti (SFS 600. 2007, 341).

Varavoimakoneelle vedetään aina erillinen potentiaalintasauskaapeli, jonka koko määräytyy seuraavasti (Fingen Oy. 2015):

- $16\text{mm}^2 < 50 \text{ kVA:n}$  laitteet
- $50\text{mm}^2 > 50 \text{ kVA:n}$  laitteet.

## 5 Saarion voimalaitoksen varavoimajärjestelmän suunnittelu

Opinnäytetyö aiheeseen perehtymisen aloitin tutustumalla viikon ajan Jänisjoen varrella sijaitseviin voimalaitoksiin (Ruskeakosken, Vihtakosken, Saarion ja Vääräkosken voimalaitokset). Ruskeakosken voimalaitokseen tutustuin tar-

kemmin, koska siellä on jo aggregaatilla toteutettu varavoimajärjestelmä. Koska varavoimajärjestelmä oli tarkoitus suunnitella Saarion voimalaitokselle, tutustuin siellä laitoksen toimintaan ja siihen mitä kuormia Saarion voimalaitoksella tarvitaan varmennetun syötön piiriin. Samalla mietimme myös varavoima-aggregaatin että varmennetun keskuksen suunniteltuja sijoituspaikkoja. Olin mukana myös sekä Saarion ja Ruskeakosken voimalaitosten syyshuolloissa, joissa tehtiin huoltolistan mukaiset toimenpiteet. Ruskeakosken voimalaitoksella suoritettiin mm. varavoima-aggregaatin toiminnan testaus.

Kun olin tutustunut Saarion voimalaitoksen toimintaan ja kuormiin, jotka on tarkoitus laittaa varmennetun syötön piiriin, suunnittelin CADS-ohjelmalla tarvittavat sähköpiirustukset. Saarion varavoimajärjestelmän suunnittelun lähtökohtana käytin Ruskeakosken voimalaitosta, jossa on jo toteutettu aggregaatilla toimiva varavoimajärjestelmä. Ruskeakosken voimalaitoksella varavoima-aggregaattina on Falico Oy:n toimittama dieselgeneraattori tyypiltään FB30A, jonka teho on 30 kVA:a ja nimellisvirta 43 A:a. Isommat generaattorit ovat aina ns. matalakierroksisia, kierrosnopeus on 1500 kierr./min.

Saarion voimalaitoksen sähkön syöttö tulee Hammastahdesta Honkavaaran sähköasemalta 45 kV:n sähkölinjaa pitkin Ruskeakosken ja Vihtakosken voimalaitoksien kautta Saarion voimalaitokselle liitteen 1 mukaisesti. Jos 45 kV:n syöttö Vihtakosken voimalaitoksen kautta katkeaa, varasyöttö Saarion voimalaitokselle on järjestetty Tohmajärveltä 20 kV:n linjaa pitkin. Saarion ja Vääräkosken voimalaitoksen välillä on 20kV:n linja, jota kautta on käytännössä mahdollista syöttää Saarion voimalaitosta. Voimalaitoksen generaattorin tuottama teho syötetään verkkoon 45 kV:n linjaa pitkin Honkavaaran sähköasemalle. Voimalaitoksen käyttämä oma sähkö otetaan liitteen 2 mukaisesti omankäytön muuntajalta (OKM) tai Tohmajärven varasyötöstä, kun jompikumpi syötöistä toimii on omankäytönkeskus (OKK) jännitteellinen.

Kun Saarion voimalaitokselle rakennetaan varavoimajärjestelmä siirretään tarvittavat toiminnot varmennetun syötön piiriin ja omankäytön keskukselta otetaan syöttö varmennetussa keskuksessa olevalle verkonvaihtoautomaatiikalle,

jolle tulee syöttö myös varavoima-aggregaatilta (Liite 2). Jos omankäytönkeskuksesta häviää jännite siirrytään automaattisesti varavoimakäyttöön.

## **5.1 Varavoimajärjestelmän sijoitus**

Saarion voimalaitoksessa ei ole mahdollista käyttää olemassa olevia tiloja varavoimajärjestelmän aggregaatin sijoituksessa, joten paras vaihtoehto on sijoittaa aggregaatti erilliseen rakennukseen tai konttiin. Koska aggregaatti rakennukseen joudutaan sijoittamaan näkyvälle paikalle, konttityyppinen ratkaisu ei sovi maisemaan, vaan kyseeseen tulee erillinen kevytrakenteinen ja lämpöeristetty aggregaattikoppi tai muu vastaava ratkaisu. Esimerkki vaihtoehtoisesta ratkaisusta on Falico Oy on suunnittelema liitteen 3 mukainen lämpöeristetty aggregaattikoppi, jota on käytetty esimerkiksi maataloilla. Kyseinen aggregaattikoppi voidaan varustaa tarvittavalla tulo- ja poistoilmanlaitteistolla. Tässä aggregaattikopissa ei ole pohjaa, joten se sijoittava esim. betonilaatan tai pilarien päälle, se on myös mahdollista sijoittaa hiekkapedille nelosparrujen päälle. Kyseinen aggregaattikoppi on tilattavissa myös metallirunkoisella lattiarakenteella varustettuna. Lattian lämpöeristys voidaan toteuttaa esim. uretaanilevyllä ja filmivänerillä. Sijoituksessa on otettava huomioon, ettei kaapelointi matka aggregaattikopin ja keskuksen välillä kasva kohtuuttoman pitkäksi. Aggregaattikopin alustava sijoituspaikka näkyy asemakuvassa (liite 4), koska kopin paikka on rinneessä, perustuksiin on lumen sulamisvesien takia kiinnitettävä huomiota. Pilariperustuksessa sulamisvedet menevät kopin ali, laattaperustuksessa on kiinnitettävä huomiota, ettei sulamisvedet pääse lattian kautta aggregaattikopin sisään.

## **5.2 Varavoimajärjestelmän koon mitoitus**

Varavoimajärjestelmän koon mitoitusta varten on selvitettävä suunniteltavan varavoimakeskuksen alle tulevan verkon rakenne alakeskuksineen sekä kuormat,



joita varavoimalla syötetään. Saarion voimalaitoksessa varavoimalla syötettävät kuormat ovat liitteen 5 yleiskaavion mukaisesti

- tulvaluukkukeskus LUK 1
- vuotovesikaivon ohjauskeskus OK
- tasasuuntaajat akustojen lataukseen
- aggregaattikopin lämmitys- ja valaistuskuorma.

Tulvaluukulla on oma ohjauskeskus LUK 1 (kuva 2), johon syöttö tulee omakäyttökeskuksesta kennosta 09, liitteessä 6 on omakäyttökeskuksen kojeiden sijoituskuva. Syöttökaapelina AMCMK 3x70+21Cu ja johdonsuojana on kahva-varokekytkin 160/250 A.



Kuva 2. Tulvaluukkukeskus LUK 1.

#### Luukkukeskuksen kuormat

- pielilämmitys muuntaja  $S_n$  18 kVA, kytketty kahden vaiheen väliin (kuva 3)
- suoraikäynnisteinen kolmivaihemoottori 4 kW  $\cos \varphi$  0,8 (kuva 4)
- luukkulämmitys 10 kW
- ylä-/alavesipinnan mittauksen saattolämmitys
- valaistus ja pistorasiat.



Kuva 3. Pielilämmitysmuuntaja.



Kuva 4. Tulvaluukun moottori.

Tulvaluukun ohjauskeskukselta tulee automatiikkaan seuraavat liittynät

- luukun asento
- luukku käsiohjauksessa
- luukkukeskuksen hälytys
- veden ylärajahälytys
- luukku nousee/laskee ohjaukset automatiikalta.

Vuotovesialtaan pumppujen ohjaukset on toteutettu omalla ohjauskeskuksella OK (kuva 5) ja pinta-antureilla. Keskuksesta saadaan keskushäiriö-tieto ja kaihvon yläraja-hälytys automatiikkaan. Ohjauskeskuksen (OK) kuormana on 2 kpl - 1,1 kW kolmivaihepumppeja. Syöttö ohjauskeskukseen tulee omankäytönkeskuksen 16/25 A tulppasulakkeilta (kuva 6) numerot 23 ja 24 (liite 6). Syöttökaapelina on 2 kpl MCMK 3x2,5+2,5.



Kuva 5. Vuotovesikaivon pumppujen ohjauskeskus.



Kuva 6. Vuotovesikaivon pumppujen sulakkeet ovat alarivin oikealta kolmas ja neljäs tulpasulake.

Kuvassa 7 on akustojen lataukseen 2 kpl Enercotek Urho tasasuuntaajia (220V/20A) ja 1 kpl Enercotek Kaarlo tasasuuntaaja (220V/10A). Varaajien lähtöjännite ja maksimivirta ovat tyypikilpien mukaisia. Normaalitylanteessa tasasuuntaajat pitävät akut täysinä ja silloin tasasuuntajan ottama virta on noin 2A. Tasasuuntaajille tulee syöttö omankäytönkeskuksesta (kuva 8) sulakkeilta 54.1, 54.2 ja 54.3 (liite 6).



Kuva 7. Tasasuuntaajat akustojen lataukseen.



Kuva 8. Tasasuuntaajien tulppasulakkeet ovat rivien keskimmäiset sulakkeet.

Muun liitteen 5 mukaisen kuorman määrän (aggregaattikopin valaistus-, lämmitys ja pistorasiakuormat, tasasuuntaajien- ja ylä-/alavesipinnan mittauksen saattolämmitysten kuormat) voidaan olettaa olevan yhteensä noin 10 kW:a.

Varavoimajärjestelmän koon mitoituksen kannalta hankalia kuormia Saarion voimalaitoksella ovat

- tulvaluukun avaamiseen ja sulkemiseen käytettävä suoraikäynnisteinen 4 kW:n moottori, suuren käynnistysvirtansa ja syötölle aiheuttaman jännitteenaleneman takia
- tulvaluukun nostomekanismin sulana pitämiseen käytettävä pieli-lämmitysmuuntaja suuren tehonsa ja käynnistysvirtasysäyksen takia
- akustojen lataukseen käytettävät tasasuuntaajat, koska ne vääristävät jännitteen aaltomuotoa. Saarion voimalaitoksella olevat tasasuuntaaja kuormat ovat suhteellisen pieniä, joten niillä ole suurta vaikutusta aaltomuotoon.

Tarvittavaa varavoima-aggregaatin tehoa voidaan laskea esim. kaavan 2 mukaan.

$$\text{Kokonaisteho } S_k = \frac{3 \times 4kW + 1,1kW + 1,1kW}{0,8} + 18kVA + 10 kW + 10kW = 55,75 kVA$$

Kaavan 2 mukaan saatu tehontarve olisi tarvittava minimiteho, johon on vielä liittävä mahdollinen tehoreservi, jolloin mahdollinen varavoima-aggregaatin koko olisi 60 - 70 kVA. Aggregaatin toimittaja tekee oman ehdotuksensa tarvittavasta varavoima-aggregaatin koosta liitteessä 5 annettujen tietojen perusteella. Koska tämän kokoluokan aggregaatin oikosulkuvirta < 300A , on aggregaattitoimittajan kanssa on varmistettava syötön nopean poiskytkennän toimivuus esim. alijännitelakaisukelalla.

### 5.3 Varavoimajärjestelmän sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelussa pohjana voidaan käyttää Ruskeakosken voimalaitoksella suunniteltua varavoimalla varmennettua keskusta. Ruskeakosken varmennetun keskuksen on suunnitellut VEO Oy.

Varavoiman sähkösuunnittelussa tarvitaan seuraavat sähköpiirustukset (Hakanen ym. 2005, 216)

- dieselvarmistetun sähköverkoston pää- ja yleiskaavio
- varavoimalaitoksen pääkaavio
- kaapelointikaaviot
- piirikaaviot ja kojetaulukot ryhmittäin
- kojeiden sisäiset piirikaaviot ja kojetaulukot tarpeelliseksi katsotussa laajuudessa
- maadoituskaavio.

Lisäksi voidaan tarvita seuraavia piirustuksia (Hakanen ym. 2005, 216)

- varavoimalaitoksen asennuspiirustus
- tarpeelliseksi katsotut pääkokoontapano- ja osakokoontapanopiirustukset
- osaluetteloineen
- apujärjestelmien kaaviot
- logiikkakaaviot.

Enerke Oy:ssä opinnäytetyön ohjaajan Markku Tuupaisen sekä Falico Oy:n Tatu Järvenpään kanssa keskusteltuani, katsoin tarpeelliseksi tehdä seuraavat CADS dokumentit:

- uusittu pääkaavio, luukkukeskus liite 2
- pääkaavio, syöttö liite 2
- asemakuva, kaapelointireitit liite 4
- yleiskaavio, varmennettu syöttö/kuormat liite 5
- varmennettu keskus, layout liite 7
- piirikaavio, varmennettu keskus liite 9
- maadoituskaavio, liite 13.

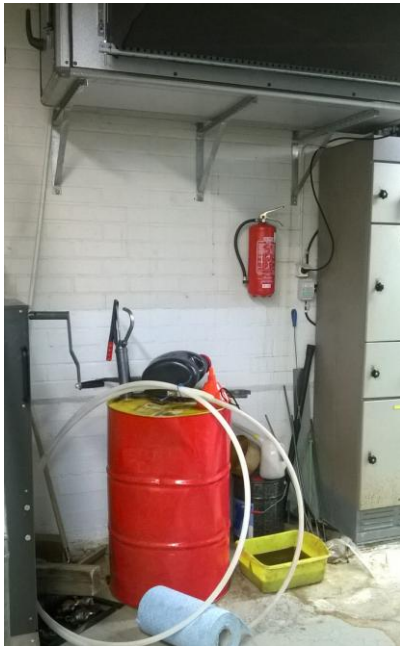
Lisäksi keskuksen valmistukseen tarvittavia dokumentteja tein Excelillä

- varmennettu keskus, kojeluettelo liite 8
- riviliittimen kytkennät liite 11
- keskuksen sisäinen johdotus liite 12.

Liite 2 on uusittu pääkaavio voimalaitoksen syötöstä. Pääsyöttö tapahtuu omankäytön muuntajan (OKM) kautta, jos pääsyöttö katkeaa, syöttö vaihtuu varasyötölle Tohmajärven TOH-J09 muuntajan M7381 kautta. Normaalitylanteessa omankäytön keskus (OKK) syöttää varmennettua keskusta (VK). Jos molemmat syötöt katkeaa ja omankäytön keskukselta (OKK) häviää jännite, siirrytään varavoima syöttöön. Varmennetussa keskuksessa oleva verkonvaihtoautomaattikka (VVA) huolehtii syötön vaihdosta aggregaatin ja omankäytön keskuksen välillä. Liitteessä 5 on yleiskaavio syötöstä ja varavoimakeskuksessa olevista kuormista.

Varavoimakeskuksen suunnittelussa on käytetty pohjana Ruskeakosken voimalaitoksessa olevaa varavoimakeskusta. Kuvassa 9 näkyy varmennetulle keskukselle varattu tila, keskus voi olla maksimissaan leveydeltään 1650 mm ja korkeudeltaan 2120 mm. Varmennetun keskukselle suunnitellun paikan yläpuolella olevan tuloilmakojeen kiinnityksiä on muutettava, jotta keskus mahtuu tuloilmakojeen alapuolelle myös jauhesammuttimen paikka on muutettava. Liitteessä 7 on esimerkki layout varmistetusta keskukselta, lopullisen layoutin ja kojeiden sijoittelun määrittää keskusvalmistaja. Liitteessä 8 on kojeluettelo varmennettuun keskukseseen tulevista sähkökojeista, suunnittelussa on käytetty

mahdollisimman paljon samoja komponentteja kuin Ruskeakosken voimalaitoksen varmennetussa keskuksessa.



Kuva 9. Varmennetulle keskukselle suunniteltu paikka. Vieressä oikealla omankäytön keskus ja yläpuolella tuloilmakoje.

Varmennetun keskuksen piirikaaviosuunnitelma on liitteessä 9. Pohjana on käytetty Ruskeakosken voimalaitoksen 400 VAC varmennetun keskuksen piirikaavio kuvia. Ruskeakosken voimalaitoksella on erillinen verkonvaihtokeskus, mutta tilanpuutteen vuoksi Saarion voimalaitoksella verkonvaihtoautomaatiikka joudutaan sijoittamaan varmennettuun keskukseseen, esimerkki layout kuvassa verkonvaihtoautomaatiikka on sijoitettu kennoon 0205 (liite 7). Verkonvaihtoautomaatiikan suunnittelee aggregaatin toimittaja. Verkonvaihtoautomaatiikalta tulee syöttö varmennetun keskuksen pääsulakkeeseen F501 kenno 0105 (liite 7).

Liitteen 9 sivulla 1 on verkonvaihtoautomaatiikalta tuleva syöttö varmennetulle keskuksen kahvavarokeytkimelle F501. Syötön F501 ja kiskomaadoituksen Q91 lukituksen ohjauspiirit on liitteen 9 sivuilla 3,4 ja 5. Kiskomaadoituksen Q91 ollessa lukittuna lukittuu myös syöttö F501 niin, ettei sitä voi kytkeä päälle. Kiskoston jännitteiden valvontaa varten on valvontarele K1101, jolla voidaan valvoa vaiheiden välistä ali- tai ylijännitettä, vaiheiden ja nollan välistä ali- tai ylijännitettä tai nollan puuttumista. Kiskojen jännitteet voidaan tarkistaa myös nokkakytkimellä S1 jännitemittarista U1. YS1 on 3-napainen ylijännitesuoja sa-

lamanisku virtojen ja muiden jännitepiikkien pysäyttämiseksi. Liitteen 9 sivulla 3 on tasasähkösyöttö varmennetun keskuksen ohjauspiireille, tasasähkökeskusta syötetään 110 VDC akustolla, joten tasasähkökeskus pysyy jännitteisenä myös sähkökatkojen aikana.

#### 5.4 Kaapelointi

Kaapelointityöt jakautuvat useaan eri osa-alueeseen. Aggregaattikopilta voimalaitoksen sisään tulevien kaapelien asennuksen ajaksi on laitos ajettava alas, koska kaapelireitti kulkee muuntajahuoneen kautta laitostilaan (liite 4).

Asemakuvan (liite 4) mukaan aggregaattikopilta lähtevät kaapelit asennetaan suojaputkeen, joka upotetaan maahan. Putkena voidaan käyttää esim. Pipelife OPTO 110x6000 SN16/A suojaputkea, lujuusluokka SN16/A kestää hiekka-vaippaisissa kanavissa raskaanliikenteen kuorman. Liitteen 4 mukaisesti asennetaan kaksi putkea rinnakkain, toiseen jännitekaapelit ja toiseen ohjauskaapeli. Muuntajahuoneessa käytetään valmiita kaapelihyllyjä, jos niitä on mahdollista käyttää kaapelireitteinä, muussa tapauksessa asennetaan uusia kaapelihyllyjä. Muuntajahuoneen kaapelireititystä ei ole suunniteltu, koska voimalaitos on ajettava alas, ennen kuin muuntajahuoneeseen voi mennä. Voimalaitostilassa on lattiassa kaapelikanava omankäytönkeskuksen alle asti. Aggregaattikopin lisäpotentiaalin tasauskiskolta tuodaan 50 mm<sup>2</sup> kevi-maadoituskaapeli päämaadoituskiskolle. Varmennetusta keskuksesta tuodaan syöttö MMJ 5x2.5 S aggregaattikopin pistorasiakeskukselle, josta otetaan syöttö aggregaattikopin valaistukselle, lämmityspatterille ja aggregaatin moottorinlämmittimelle. Aggregaatilta tuleva syöttö varmennetun keskuksen verkonvaihtokytkimelle kaapeloidaan aggregaattitoimittajan mitoittamalla kaapelilla, koska varmennetun keskuksen pääsulake F501 on 200A gG kahvasulake, on kaapelin ilman korjauskertoimia oltava vähintään alumiinikaapelina AMCMK 4x120/41Cu tai kuparikaapelina MCMK 4x95/50, kun kaapeli asennetaan kaapelihyllylle.

Liitteen 10 mukaisesti 110 VDC tasasähkökeskuksesta NM1 kennossa 0110 on vapaa 35/63A kahvavaroke, josta voidaan ottaa syöttö varmennetun keskuksen



ohjauksille liitteen 9 sivun 3 mukaisesti. Kaapelointiin tasasähkökeskuksen NM1 ja varmennetun keskuksen välillä käytetään MMJ 3x6 S.

Varmennetun keskuksen sisäiset kaapeloinnit suorittaa keskustoimittaja. Kaapeloinnit tehdään piirikaavion (liite 9) sekä liitteen 11 riviliittimen –X51 kytkentä ja liitteen 12 keskuksen sisäinen johdotus mukaan.

Maadoitusverkko on piirretty vanhan maadoitusverkko suunnitelman pohjalta, siihen on lisätty liitteessä 13 näkyvät 50 mm<sup>2</sup> kevi-kaapelit (M23 ja M24) päämaadoituskiskolta (kuva 10) aggregaattikopin ja varmennetun keskuksen lisämaadoituskiskoihin, sekä lisämaadoituskiskoilta tarvittavat kaapelit eteenpäin.



Kuva 10. Päämaadoituskisko

## 5.5 Lisälaitteet

Jos varavoima-aggregaatti on lämmittämättömässä tilassa tai halutaan varmistaa aggregaatin toiminta kaikissa olosuhteissa, voidaan aggregaattiin asentaa moottorin esilämmitys. Ilma- ja öljyjäähdytteisissä aggregaateissa moottorin esilämmitys voidaan hoitaa esim. termostaattiohjatulla lämmittimellä, joka sijoitetaan aggregaatin öljypohjan alle. Aggregaatin käynnistysakun ylläpitolaturilla pidetään akku aina käyttövalmiina käynnistystä varten.

Saarion voimalaitoksella on otettava huomioon, ettei aggregaatista pääse valumaan missään tilanteessa öljyä tai polttoainetta maaperään. Esim. aggregaatin alle sijoitettavalla metallisella valuma-altaalla saadaan tehokkaasti suojattua, ettei mahdollisista vuotoista aiheudu haittaa ympäristölle.

Varavoiman käyttöajaksi normaali polttoainesäiliöllä mitoitetaan usein 8 tuntia 75 %:n kuormalla tai nimelliskuormalla, koska Saarion voimalaitoksella halutaan pidempi yli 12 tunnin miehittämätön käyttöjakso, on tilausvaiheessa sovittava isomman polttoainesäiliön toimittamisesta. Falico Oy:n aggregaateissa polttoainesäiliö on aggregaatin jalustassa ja esim. 60 kVA:n kokoluokassa säiliön koko on normaalisti 100 litraa. 60 kVA:n nimellistehoinen aggregaatti antaa pätötehoa 48 kW, jos aggregaatti kuluttaa n. 0,3 l/kWh:a, niin tunnissa kuluu n. 14-15 litraa polttoainetta nimelliskuormalla. 75 %:n kuormalla kulutus on 10 litraa tunnissa. Jos tilausvaiheessa sovitaan esim. 150 litran polttoainesäiliöstä, jolloin saadaan ainakin 15 tunnin miehittämätön käyntiaika, tulee muutostöistä lisähintaa noin 300 - 400 €:a.

## **5.6 Huolto ja kunnossapito**

Varavoiman huollolla varmistetaan varavoiman toimintavarmuus sähkökatkon aikana. Komponenttien vaurioituminen voi vaikuttaa varmennustason säilymiseen, siksi esim. huoltosopimuksilla ja/tai varaosien varastoinnilla voidaan varmistaa varmennustason säilyminen. (Fingen. 2015.)

Varavoiman toimivuus simuloitun verkkokatkon aikana on testattava säännöllisesti esim. syys- ja keväthuoltojen yhteydessä. Varavoima-aggregaatin käynnistymisen testausta olisi hyvä suorittaa esim. kerran kuukaudessa, jotta välttyttäisiin käynnistysvirheiltä tositilanteessa. Jos varavoima on poissa käytöstä pitkään esim. huollon aikana, on siitä aiheutuvat riskit huomioitava.

## **6 Varavoimajärjestelmän hankintaprosessi**

Saarion voimalaitoksen varavoimajärjestelmän hankintaprosessi voidaan jakaa kolmeen osaan:

- varmennetun keskuksen VK hankinta keskustoimittajalta
- varavoima-aggregaatin hankinta
- paikanpäällä suoritettavien kaapelointi- ja sähkötöiden ym. töiden hankinta.

## 6.1 Varmennetun keskuksen hankinta

SFS-EN 61439 standardisarjassa on jakokeskuksia koskevat rakennevaatimukset, osassa 1 (SFS-EN 61439-1) käsitellään yleisvaatimukset keskuksen rakentamisesta ja osassa 2 (SFS-EN 61439-2) käsitellään ammattikäyttöön tarkoitettuja kojeistot. Jakokeskusten hankintaan ja toimitukseen liittyviä ohjeita on käsitelty ST-kortissa 70.21, sähkökeskusten yleiset toimitusohjeet ja vaatimukset. ST-kortissa 53.34 käsitellään jakokeskusten suunnittelua ja valmistusta, ohje käsittelee pääasiassa rakennusten jakokeskuksia, mutta sivuaa myös teollisuuden ja koneiden jakokeskuksia.

Tässä kohteessa ei voida käyttää vakiokeskusta vaan keskus joudutaan rakentamaan tätä kohdetta varten. Keskustoimittajan valinta voidaan suorittaa tarjouskyselyn perusteella ja arvioimalla toimittajan teknisiä, taloudellisia ja toimitusaikaan liittyviä seikkoja.

Keskustoimittajalle tarjouspyynnön mukana toimitettavia asiakirjoja ovat mm. (Rousku ym. 2014, 26)

- sähköselostuksen kohdasta H0 keskuksia koskevat asiat (urakan laajuus, asiakirjojen pätevyysjärjestys, dokumentointi, työn suorittaminen ja merkinnät jne.)
- sähkökeskuksen osa sähköselostuksen kohdasta H2 "Sähkön pääjakelujärjestelmät"
- keskuskaaviot (mahdolliset piirikaaviot)
- nousujohtokaavio
- maadoituskaavio
- tiedot mahdollisista erityisolosuhteista ja -tiloista.

Teollisuuskohteissa on huomioitava myös

- erikoiset ympäristöolot (lämpötila, kosteus, lämpötilojen vaihtelu, palo- ja räjähdysvaaralliset tilat, pöly, savu ja tärinä)
- kosketusjännitesuojausmenetelmät
- valvonnan ja käyttötoiminnan vaatimukset
- huoltotoiminnan vaatimukset
- jännitteisinä tehtävien laajennusten tarve
- oikosulkusuojauksen koordinaatio
- osastointimuoto
- ympäristön lämpötila lämpenemistestissä
- asennuspaikalla tapahtuva koestaminen.

Yllä olevassa on huomioitu keskusten hankinta erilaisiin tarpeisiin esim. asuinrakennukset, teollisuus, koneenrakennus ym. Tässä tapauksessa keskustoimittajalle riittää seuraavat kuvat:

- varmennetun keskuksen piirikaavio liite 9
- varmennetun keskuksen esimerkki layout liite 7
- kojeluettelo liite 8
- riviliitinkytkennät liite 11
- keskuksen sisäinen johdotus liite 12
- maadoituskaavio liite 13.

## 6.2 Varavoima-aggregaatin hankinta

Varavoima-aggregaatin hankinta sisältää myös aggregaatin ohjauskeskuksen ja verkovaihtokeskuksen hankinnan. Koska Saarion voimalaitoksella joudutaan aggregaatti sijoittamaan ulkotilaan, kannattaa aggregaattitoimittajalta hankkia myös aggregaatin koppi/kontti, jolloin pakokaasun poistoputkisto ja ilmanvaihtoon liittyvät tulo- ja poistoilmapelit ja niiden ohjaukset ovat valmiina. Tilanpuutteen vuoksi on järkevää, ettei Saarion voimalaitokselle hankita erillistä verkovaihtokeskusta vaan verkovaihtokeskuksen komponentit sijoitetaan varmennettuun keskukseen. Verkovaihtoautomatiikan voi tilata keskukseen sijoitettavana komponenttina tai tilata keskuksen aggregaattitoimittajalta, jolloin toimittaja huolehtii, että tarvittavat varavoimaan liittyvät kojeet on keskuksessa valmiina.

na. Aggregaattitoimittajan tarvitsee seuraavat dokumentit aggregaatin koon ja syöttökaapelin mitoittamista varten

- yleiskaavio varmennetun keskuksen kuormista liite 5
- pääkaavio syötöstä liite 2
- maadoituskaavio liite 13
- varmennetun keskuksen esimerkki layout liite 7
- kojeluettelo liite 8.

### 6.3 Kaapelointi- ja sähkötyöt sekä muut muutostyöt

Voimalaitoksella joudutaan tekemään uusien muutostöitä vanhojen kaapelointien osalta sekä lisäämään uusia kaapeleita. Siirrettävien ja uusien kaapeleiden tiedot löytyvät kaapeliluettelosta liite 14. Kaapelointi- ja muutostöiden kustannusten laskennassa on huomioitu seuraavat asiat.

- Aggregaatilta syöttö verkonvaihtoautomaatikalle. Aggregaattitoimittaja määrittää kaapelin paksuuden.
- Varmennettuun keskukseen siirretään tulvaluukkukeskuksen syöttö omankäytönkeskuksesta paikasta OKK-09, jatkamalla vanhaa syöttö kaapelia AMCMK 3x70/21 Cu.
- Uusi kaapeli, syöttö omankäytönkeskuksesta varmennetussa keskuksessa olevalle verkonvaihto automaatikalle (liite 15). Sama kaapelipaksuus kuin aggregaatilta tulevassa syöttökaapelissa.
- Omankäytönkeskukseen asennettava kahvavarokeytkin paikkaan OKK-09, jossa oli aiemmin tulvaluukkukeskuksen syöttö.
- Tulvaluukkukeskuksesta LUK 1 poistetaan 110 VDC varasyöttö, vanha kuva on liitteessä 16 ja uusi kuva liitteessä 17.
- Tasajännitekeskukselta kaapeli MMJ 3x6 S varmennettuun keskukseen, tasajännitekeskuksessa on valmiina kahvavarokeytkin.
- Vuotovesikaivojen ohjauskeskuksen OK syöttöjen vanhat kaapelit OKK23 ja OKK24 (MCMK 3x2,5+2,5) siirretään omankäytön keskuksesta varmennettuun keskukseen.
- Akustojen lataukseen käytettävien tasasuuntaajien (1NM G2, 2NM G2 ja 1NU G2) syöttöjä varten vedetään uudet kaapelit tasasuuntaajilta varmennettuun keskukseen tai jatketaan vanhoja kaapeleita.
- Aggregaattikoppiin on laitettava lisäpotentiaalintasauskisko ja sieltä tuotava 50mm<sup>2</sup> potentiaalintasauskaapeli päämaadoituskiskoon. Lisäpotentiaalintasauskiskoon liitetään aggregaatti, aggregaattikopin hyllyt sekä tulo- ja poistoilma pellit.

- Pääpotentialintasauskiskolta 50mm<sup>2</sup> potentialintasauskaapeli varmennettuun keskukseseen.

#### Muut työt

- Tuloilmakojeiston kiinnitysten muuttaminen.
- Varmennetun keskuksen asennus paikalleen.
- Varmennetun keskuksen kytkennät.
- Aggregaattikopin perustusten tekeminen.
- Kaapelioja ja kaapeliputkien asennus aggregaattikopin ja voimalaitos rakennuksen välille.
- Läpivienti voimalaitosrakennuksen seinään, rakenne tiivistettävä rakenteen ominaisuuksia vastaavaksi.
- Kaapelihyllyjen asennuksia muuntaja huoneeseen.
- Aggregaattikopin perustusten tekeminen.

## 6.4 Kustannusarvio

Alustava kustannusarvio aggregaatin ja siihen tarvittavan lisävarustuksen sekä varmennetun keskuksen valmistuksen osalta on kysytty Falico Oy:ltä sekä Hololan sähköautomaatiikka Oy:ltä (tammikuu 2015). Hinnat on verottomia noin hintoja. Sähkötöiden ja perustusten kustannukset on laskettu opinnäytetyön ohjaaja Markku Tuupaisen kanssa.

- aggregaatti 60 kVA:a 11500 €:a, 75 kVA +1200 €:a
- aggregaattikoppi ilman pohjaa 6000 €:a, metallirunkoisella pohjalla +4000 €:a
- asennukset, käyttöönotto ja koulutus 3000 - 4000 €:a
- varmennettu keskus 3000 €:a
- muut kappaleessa 6.3 mainitut sähkötyöt 2500 €:a
- aggregaattikopin perustukset 3000 €:a.

Lisäksi tulee tarvittavien kaapeleiden hinnat. Aggregaattikoppia halvempi ratkaisu olisi hankkia aggregaatti lukollisella sääsuojatulla kotelolla, jolloin ei tarvita aggregaattikoppia. Sääsuojatussa mallissa olisi hyvä olla lukollinen verkkoaitaus ympärillä ja katos lumikuorman takia.

## 7 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esisuunnitelmat Saarion voimalaitoksen varavoimajärjestelmän hankintaan. Lopputyön alussa minulla ei ollut tarkkaa kuvaa tarvittavasta työmäärästä, koska en ollut aiemmin tutustunut varavoimajärjestelmiin. Tutustuttuani Ruskeakosken voimalaitoksen varavoimajärjestelmään, sain kuvan opinnäytetyön laajuudesta ja siitä, mitä dokumentteja varavoimajärjestelmän suunnittelu vaatisi.

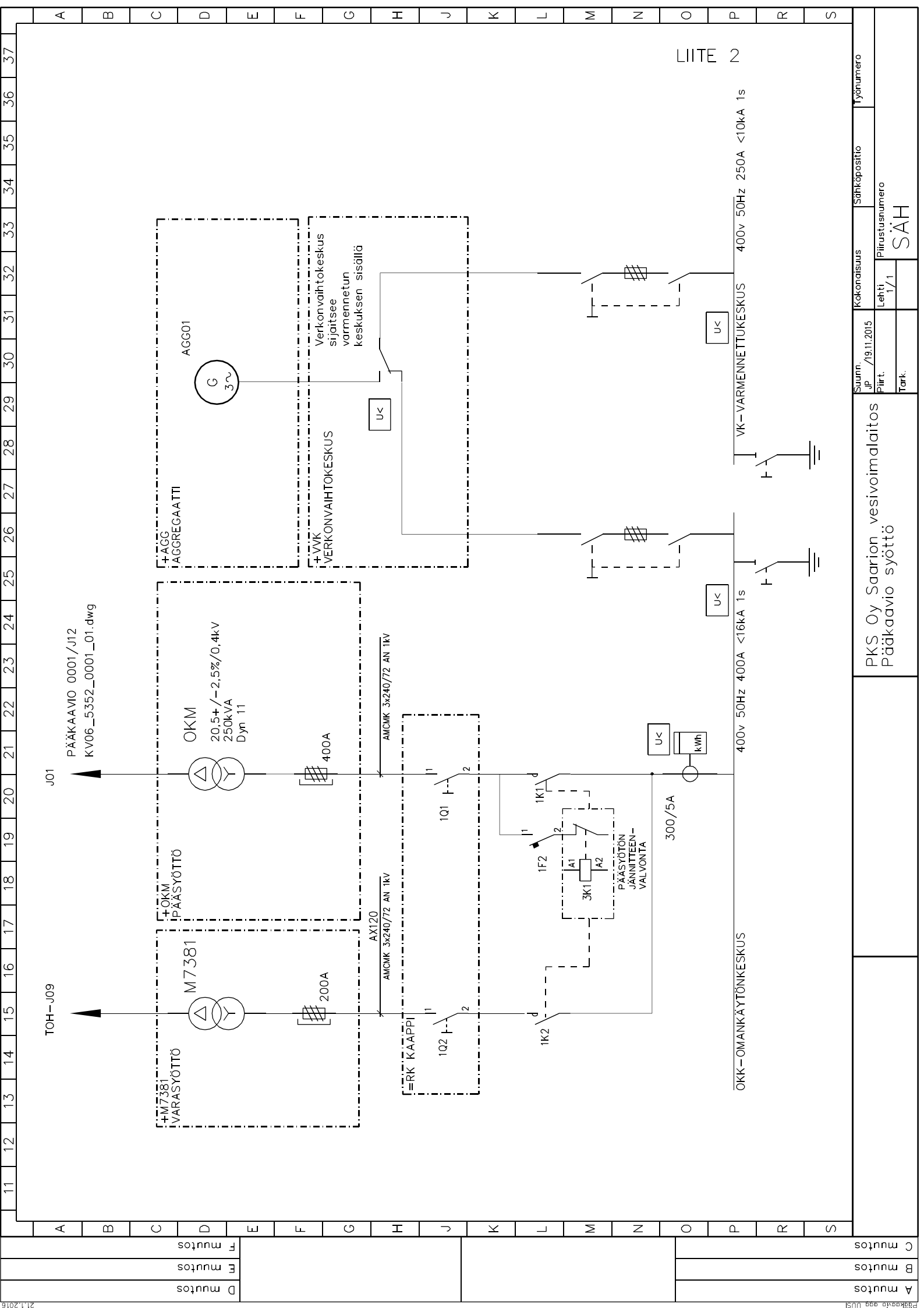
Tämä opinnäytetyö oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja sopivan vaativa insinööritason opinnäytetyöksi. Työ sisälsi runsaasti CADS dokumenttien piirtämistä, pääsin perehtymään monipuolisesti sekä CADS piirtämiseen sekä sähkösuunnitteluun keskuksen piirikaavio- ja muita sähkösuunnitelmia tehdessäni.

## Lähteet

- Elovaara J. & Laiho Y. 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.
- Enerke Oy. 2015. Enerke Oy toimitusjohtaja Janne Huotarin Powerpoint esitys.13.10.2015.
- Fingen Oy. 2015. Varavoiman suunnittelu. <http://www.fingen.fi/suunnittelu/>. 22.9.2015.
- Hakanen P., Bovellan K., Heikkilä J., Kapp H., Kivekäs S., Kousa P., Poikonen P., Sahlström T. & Tummavuori J. 2005. ST-käsikirja 20 Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähköinfo.
- Hakanen P., Hakala P., Kortelainen T., Kousa P., Laaksonen M., Nurmi M., & Piippo E. 2013. ST- käsikirja 31 Varavoimalaitokset. Espoo: Sähköinfo.
- Hietalahti L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka
- Hollolan Sähköautomaatiikka Oy. 2015. Jäähdytysilman kanavointi. [http://www.hsaoy.com/aggregaatit/Lisavarusteet/JP\\_Ilmakanavat/ES\\_JP\\_Ja\\_ahdytysilman\\_kanavointi.pdf](http://www.hsaoy.com/aggregaatit/Lisavarusteet/JP_Ilmakanavat/ES_JP_Ja_ahdytysilman_kanavointi.pdf). 1.10.2015.
- PKS Oy a. 2015. Vuosikertomus 2014. <http://www.pks.fi/vuosikertomukset> 2015. 12.10.2015.
- PKS Oy b. 2015. Vedestä voimaa. <http://www.pks.fi/vesi-voimaa>. 12.10.2015.
- PKS Oy c. 2015. Tuulivoimalat. <http://www.pks.fi/tuulivoimaa>. 12.10.2015.
- Rousku H. , Autio I., Hieta-Wilkman S., Kytöpuu M., Nurmi T., Siivola S. 2014. Jakokeskusopas. Espoo: Sähköinfo Oy.
- SFS-käsikirja 600, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Helsinki: SFS
- Tiainen E. 2013. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo.





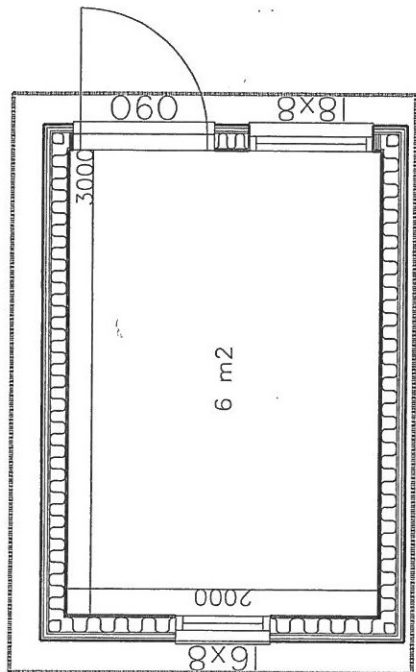


LIITE 2

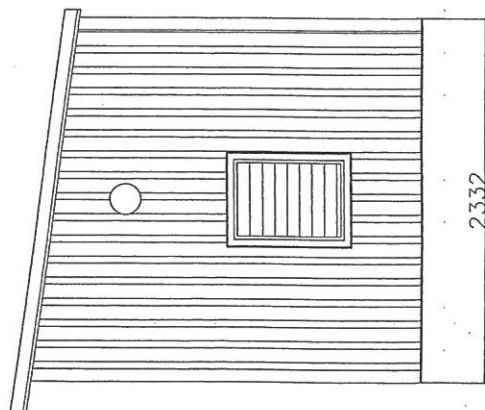
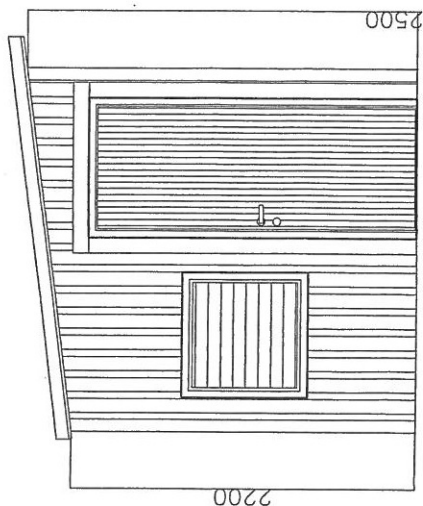
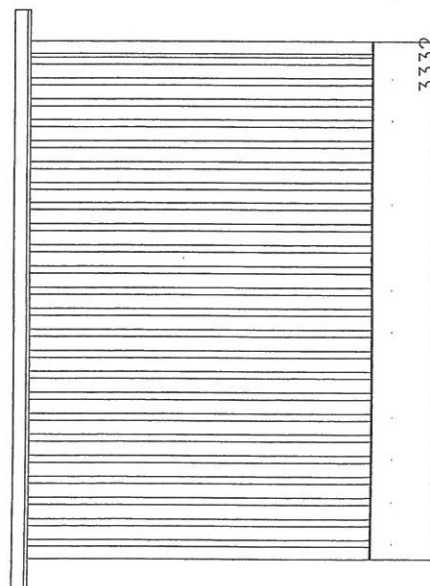
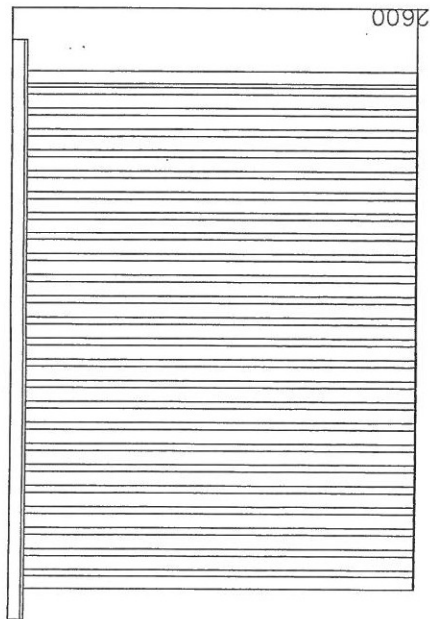
A muutokset		B muutokset		C muutokset	
D muutokset		E muutokset		F muutokset	
Suunn. J.P. /19.11.2015		Kokonaisuus		Lisänumero	
Piirt.		Lehti		Päästusnumero	
Tark.		1/1		SÄH	
PKS Oy Saarion vesivoimalaitos Pääkaavio syöttö					

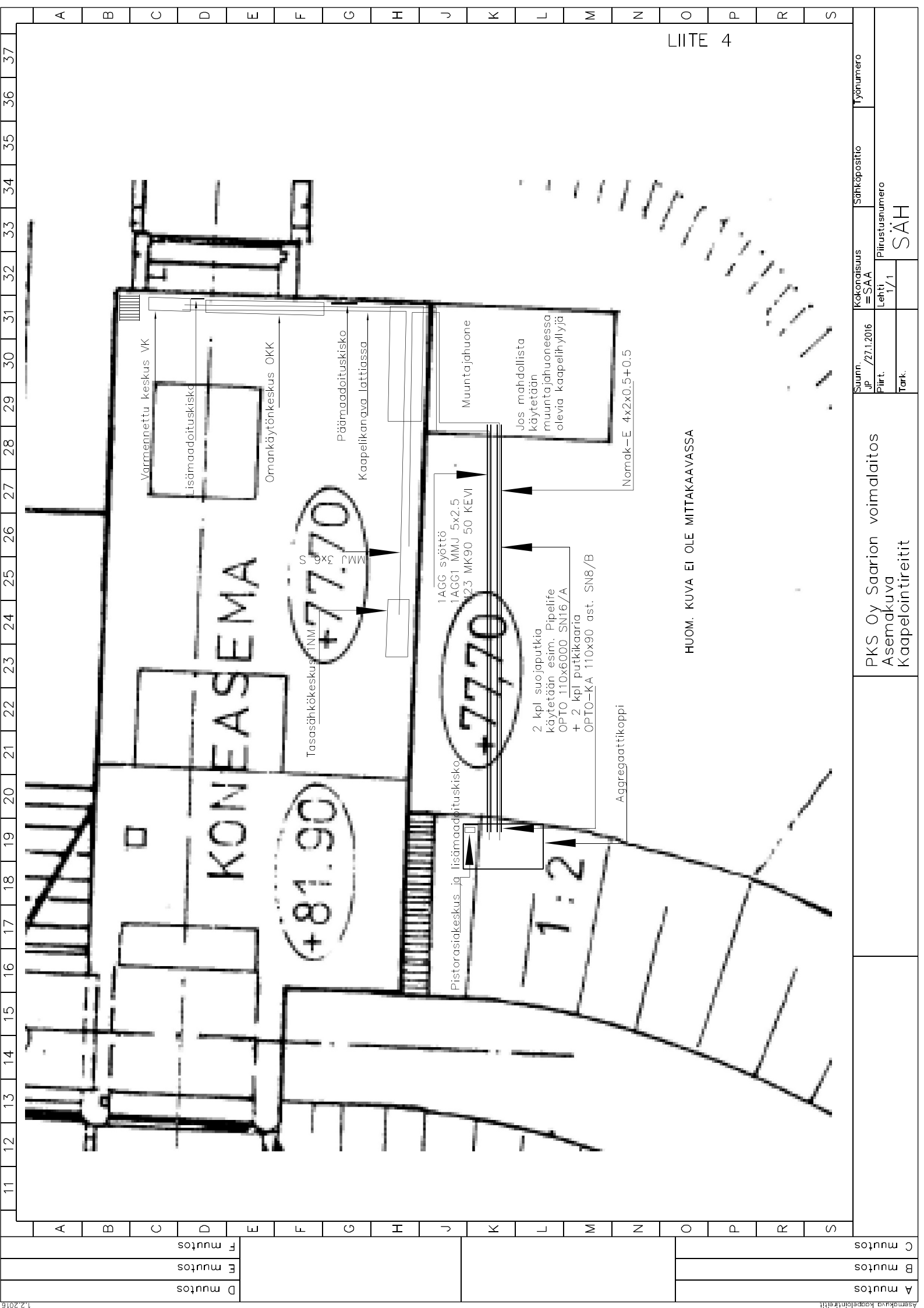
FALICO OY  
 Tikinmaankatu 16  
 37630 VALKEAKOSKI

p. 044-31248800  
 f. 03-3124 8810



- 1 PELTIKATTO TUMMA HARMA
- 2 SEINÄPELTI PUUNEN
- 4 TEHOSTEET JA OTSAT HALLANSIIVONIN
- 5 ULKO-OVI JA RÄPPÄNÄT RUSKEA

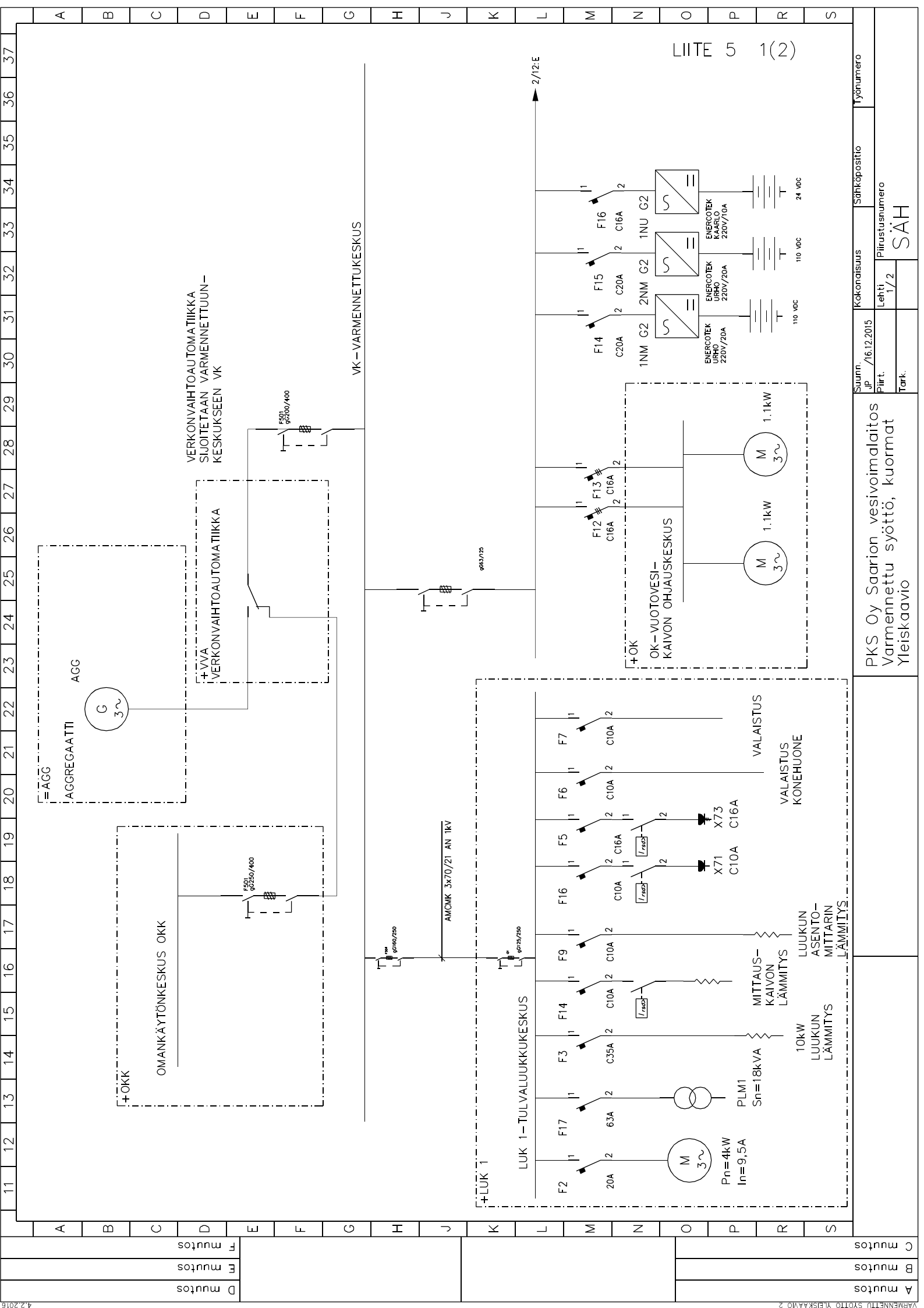




HUOM. KUVA EI OLE MITTAKAAVASSA

A muutos	B muutos	C muutos	Suunn. J.P. /27.1.2016	Kokonaissuus =SAA	Sähköposito	Työnumero
D muutos	E muutos	F muutos				
						SÄH

PKS Oy Saarion voimalaitos  
Asemakuva  
Kaapelointireitit

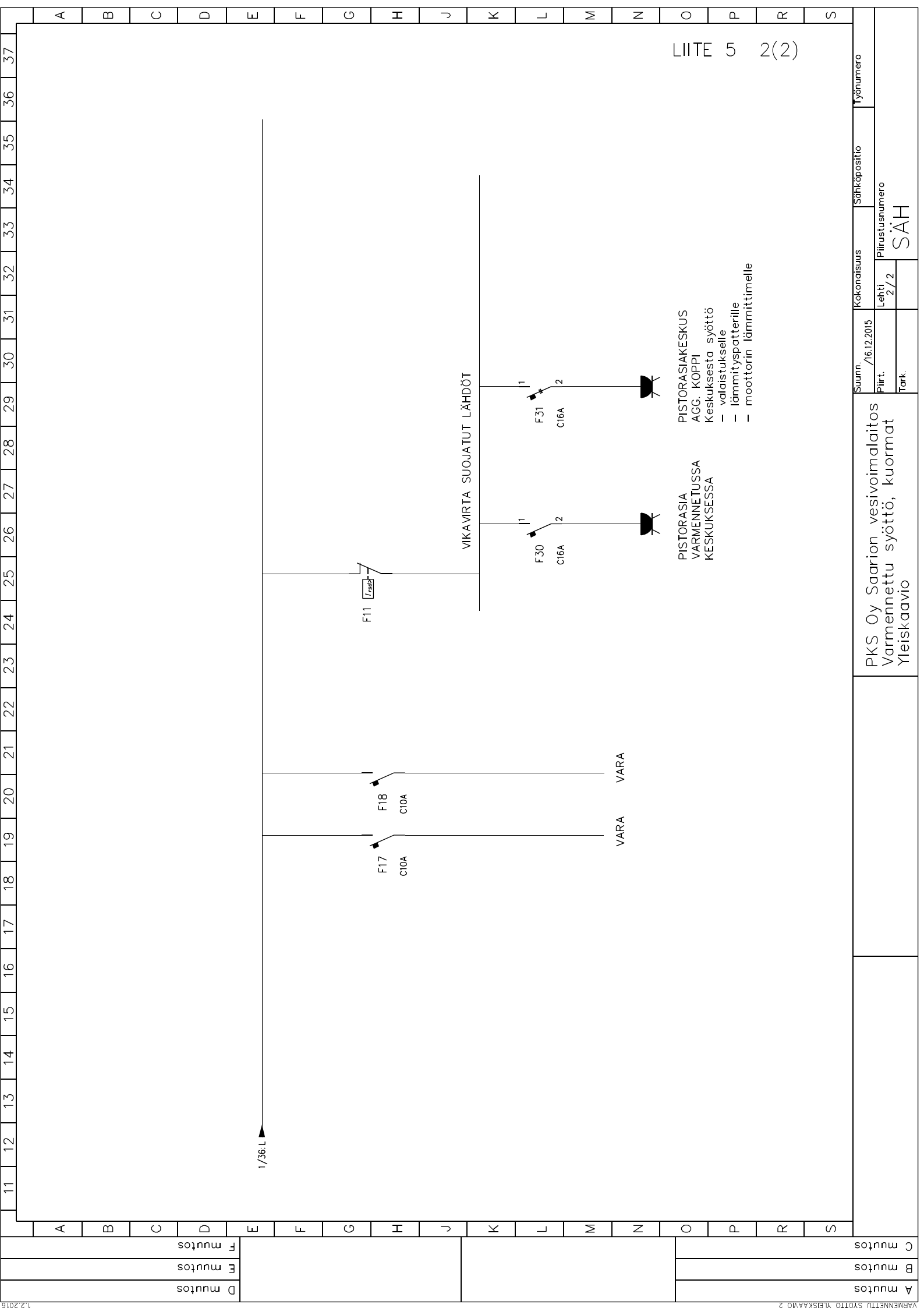


Suunn. J.P. /16.12.2015		Kokonaissuus	Sähköposito	lyynumero
Piirt.	Lehti 1/2	Piirustusnumero		
Tark.	SÄH			

PKS Oy Saarion vesivoimalaitos  
Varmennettu syöttö, kuormat  
Yleiskaavio

A mutos	
B mutos	
C mutos	

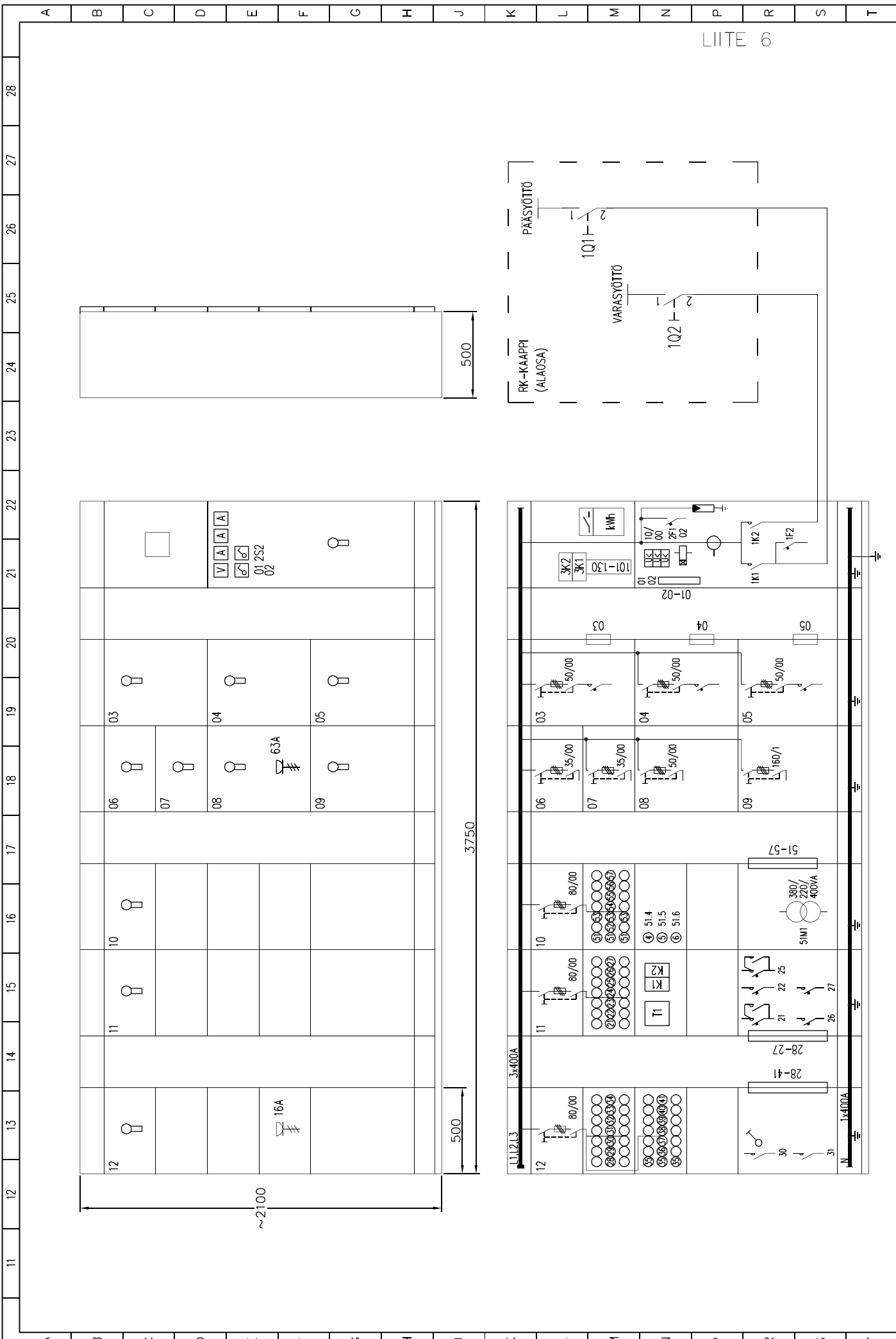
D mutos	
E mutos	
F mutos	



LIITE 5 2(2)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S			
PKS Oy Saarion vesivoimalaiteos Varmennettu syöttö, kuormat Yleiskaavio													Suunn. /16.12.2015		Kokonaisuus		Sähköposito		Työnumero
													Piirt.		Lehti		Piiustusnumero		
													Tark.		2/2		SÄH		

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S			
													D muutos						
													E muutos						
													F muutos						



LIITE 6

 VAASA FINLAND	OSASTO DEPART. AV	SUHE SCALE	POHJOIS-KARJALAN SÄHKÖ OY	SAARIOKOSKEN	TYÖNO PROJ.NO K/V06.5352
	SUUNN. PREPARED VESA TALONPOIKA PÄIV. DATE 20.11.06 TARKASTI CHECKED VT	PIIRT. DRAWN p/s HYVÄKSYI APPROVED HS	SAARION VESIVOIMALAITOS	SAARIOKOSKEN OMAKÄYTTÖKESKUS OKK	LEHTI SHEET 1
				KOJEIDEN SUIJOITUS	PIIR.NO DRAWING 0400
				OKK	CAD TIED. CAD FILE K/V06_5352_0400_01

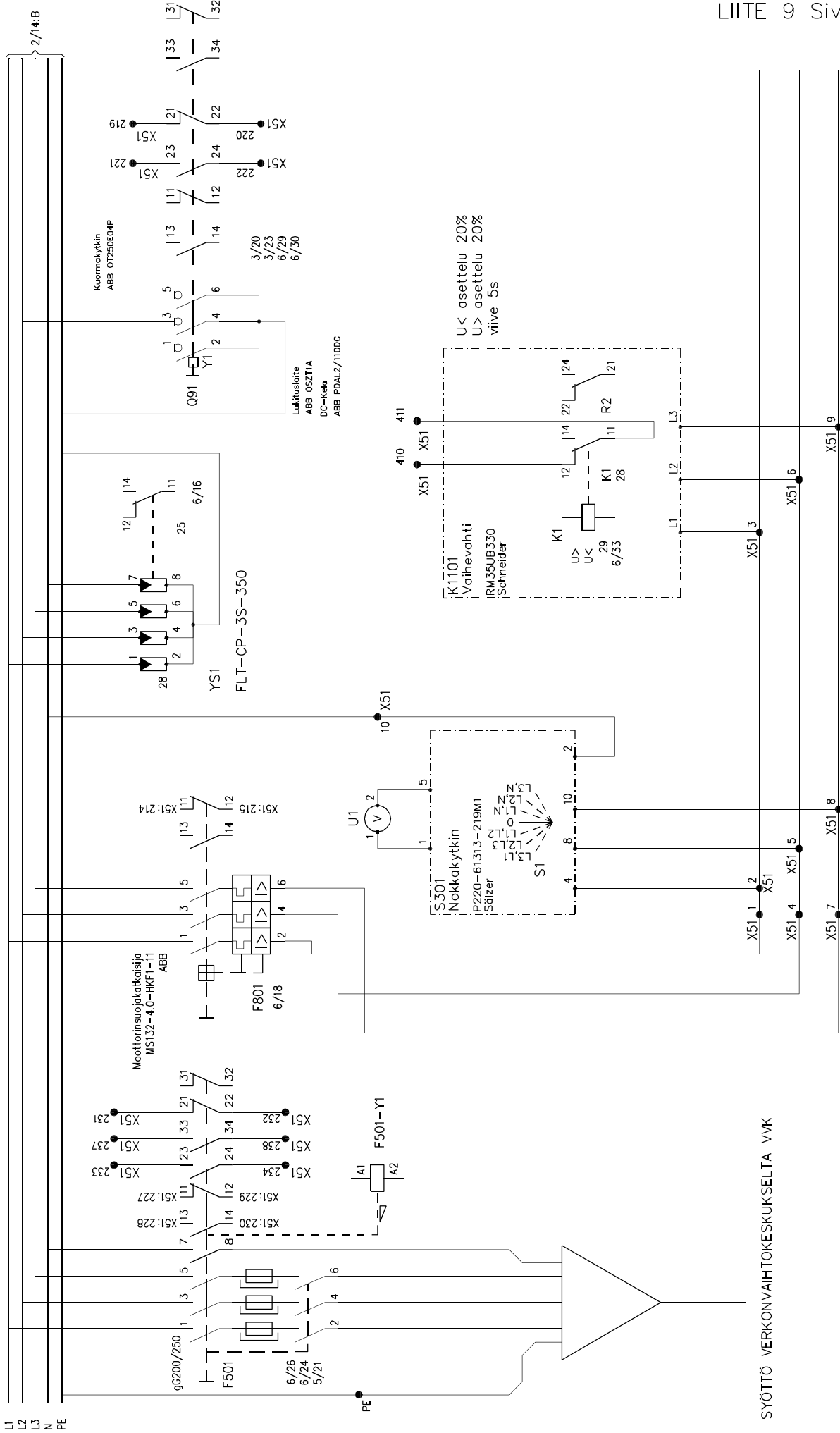




## Varmennettu keskus, kojeluettelo

Tunnus	Tyyppi	Nimike	Tuotenumi	Valmistaja	Määrä
0101	Q91	OT250E04P	Kuormakytkin	ABB	1
	Q91	PDAL2/110DC	Lukituskela	ABB	1
	Q91	OSZT1A	Sähköinen lukituslaite	ABB	1
	Q91	OTS250G1L/4	Liittinsuoja	ABB	2
	Q91	OA1G10	Apukosketin	ABB	3
	Q91	OA3G01	Apukosketin	ABB	3
0102		1771950000	Riviliitin	Weidmüller	16
		1771870000	Päätylevy	Weidmüller	4
		1933980000	Erotusliitin	Weidmüller	55
0103	F801	MS132-4.0-HKF1-11	Moottorisuojakatkaisija	ABB	1
	K1101	RM35UB330	Valvontarele yli-/alijännite	Schneider	1
	K216	C3-A30110D	Pistokantarele	OEM-Finland/Releco	1
	K217	C3-A30110D	Pistokantarele	OEM-Finland/Releco	1
	F201	S202-B6	Johdonsuojakatkaisija	ABB	1
	F201	S2-S/H	Apu-/hälytyskosketin S280	ABB	1
	S301	P220-61313-219M1	Nokkakytkin askel	UTU Oy/Sälzer	1
	U1	RQ-96 0-500V	Jännitemittari	SM-Komponentit/klaus pötter	1
0104	YS1	2859712	Ylijännitesuoja FLT-CP-3S-350	Phoenix Contact	1
0105	F501	OS250D04N2P	Kytkinvaroke	ABB	1
	F501	OFAA1GG200	Kahasulake	ABB	3
	F501	OSS250G1L/4	Liittinsuoja	ABB	2
	F501	PDAL2/110DC	Lukituskela	ABB	1
	F501	OSZT1A	Sähköinen lukituslaite	ABB	1
	F501	OA1G10	Apukosketin	ABB	3
	F501	OA3G01	Apukosketin	ABB	3

0201									
0202	F11	F204A-40/0.03	Vikavirtasuojaja	4-napainen 40A 30mA 10kA, 230/400VAC, A-Tyyppi	ABB	1			
	F12	S203-C16	Johdonsuojakatkaisija	3-napainen C-käyrä 16A 6kA, Jousiliitin kuorman puolella	ABB	1			
	F13	S203-C16	Johdonsuojakatkaisija	3-napainen C-käyrä 16A 6kA, Jousiliitin kuorman puolella	ABB	1			
	F14	S201-C20	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 20A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F15	S201-C20	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 20A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F16	S201-C10	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 10A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F17	S201-C10	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 10A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F18	S201-C10	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 10A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F19	S201-C10	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 10A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F30	S201-C10	Johdonsuojakatkaisija	1-napainen C-käyrä 10A 6kA, Un= 230/400VAC ja 72VDC	ABB	1			
	F31	S203-C20	Johdonsuojakatkaisija	3-napainen C-käyrä 20A 6kA, Un= 400VAC ja 125VDC	ABB	1			
0203	F503	OS125GD03P	Kytinvaroke	3-nap. 125A 690V AC-22A DIN, DIN 000, 00. Akseli + väännin vakio	ABB	1			
	F503	OFAA000GG63	Kahvasulake	gG DIN 000-koko 63A 690V	ABB	3			
	F503	OSS160GG1L/4	Liittinsuojaja	korkea harmaa 4x1-nap., OS/OSM100G ...160G	ABB	2			
0204	F504	OS250D03P	Kytinvaroke	3-nap. 250A 690V AC-22A DIN, DIN 0-1. Akseli + väännin vakiona	ABB	1			
	F504	OFAA1GG160	Kahvasulake	gG DIN 1-koko 160A 690V	ABB	3			
	F504	OSS250G1L/4	Liittinsuojaja		ABB	2			

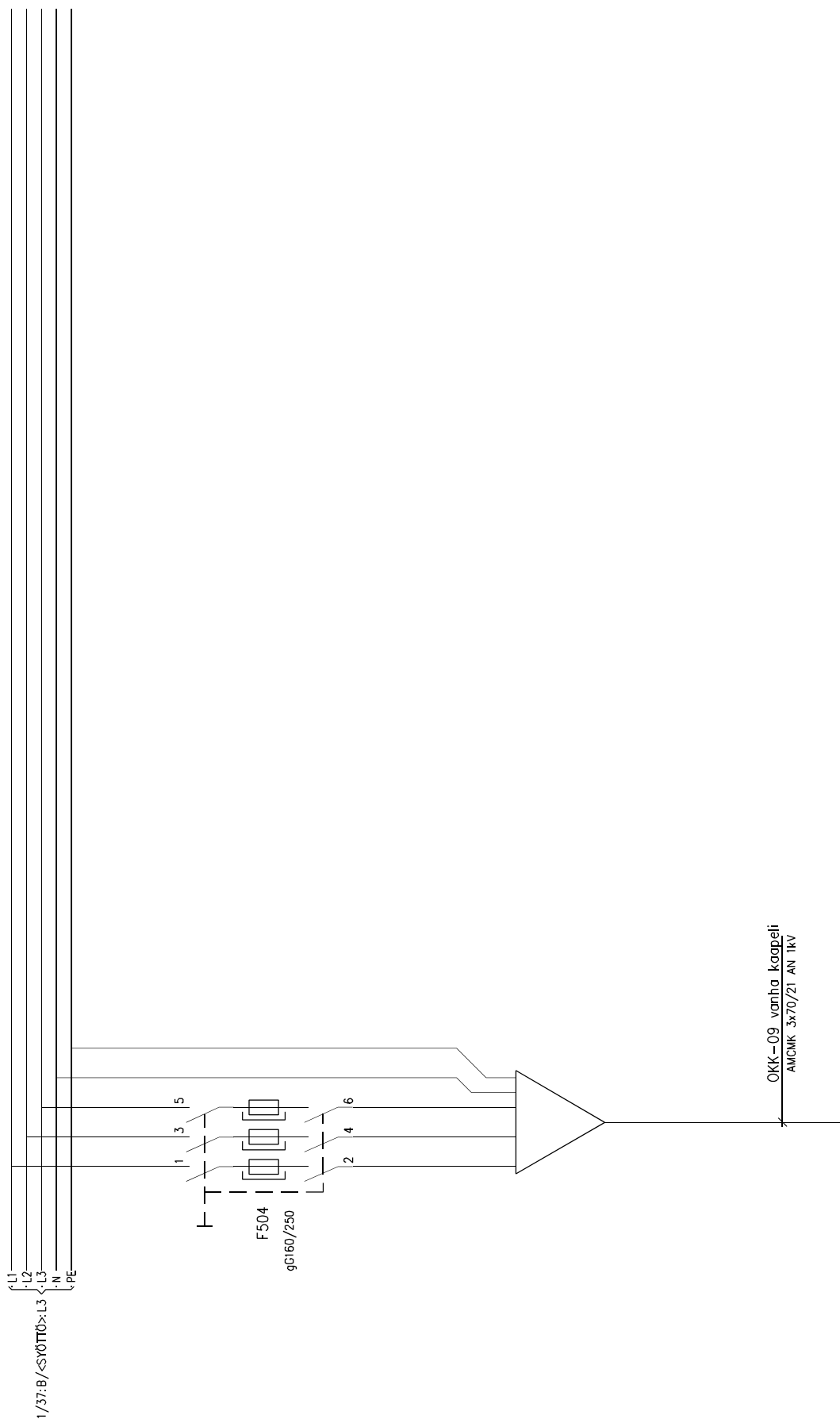


SYÖTTÖ VERKONVAIHTOKESKUSLTA VVK

A muutos  
B muutos  
C muutos

PKS Oy Saarion vesivoimalaitos  
Varmennettu keskus VK  
Syöttö

Suunn. J.P.	/15.12.2015	Kokonaisuus = SAA	Sähköpositio	Yönumero
Piirt.		Lehti 1/9	Piirustusnumero	
Tark.			<b>SÄH</b>	



A muutos		B muutos		C muutos	
D muutos		E muutos		F muutos	
Suunn. /15.12.2015		Kokonaissuus = SAA		Sähköpositio	
Piirt.		Lehti 2/9		Piirustusnumero	
Tark.				SÄH	
PKS Oy Saarion vesivoimalaitos Varmennettu keskus VK Syöttö tulvaluukkukeskus				Lytynumero	

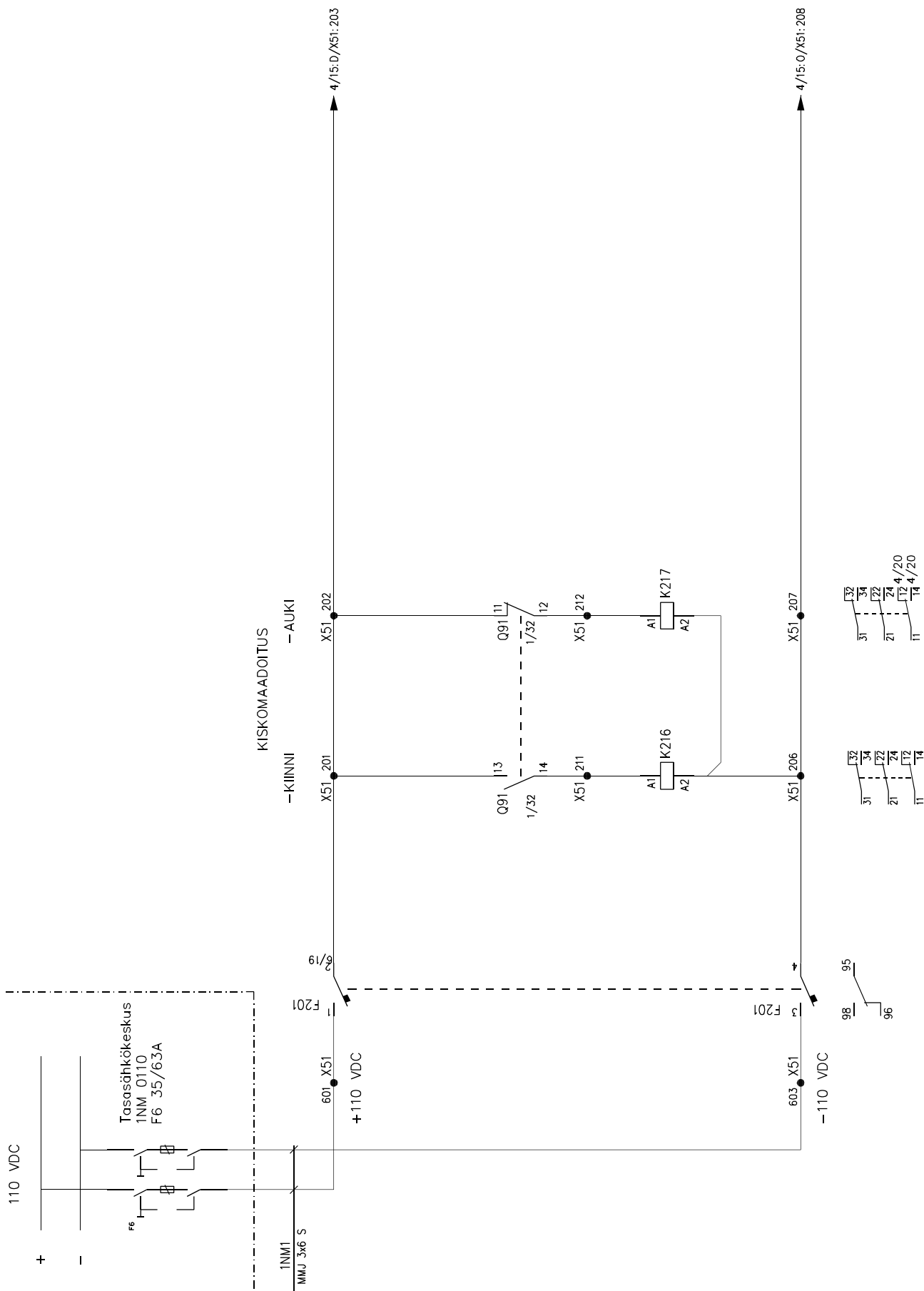
LUK - TULVALUUKKUKESKUS

OKK-09 vanha kaapeli  
AMGMK 3x70/21 AN 1kV

1/37: B/SYÖTÖ>L3

F504

9G160/250

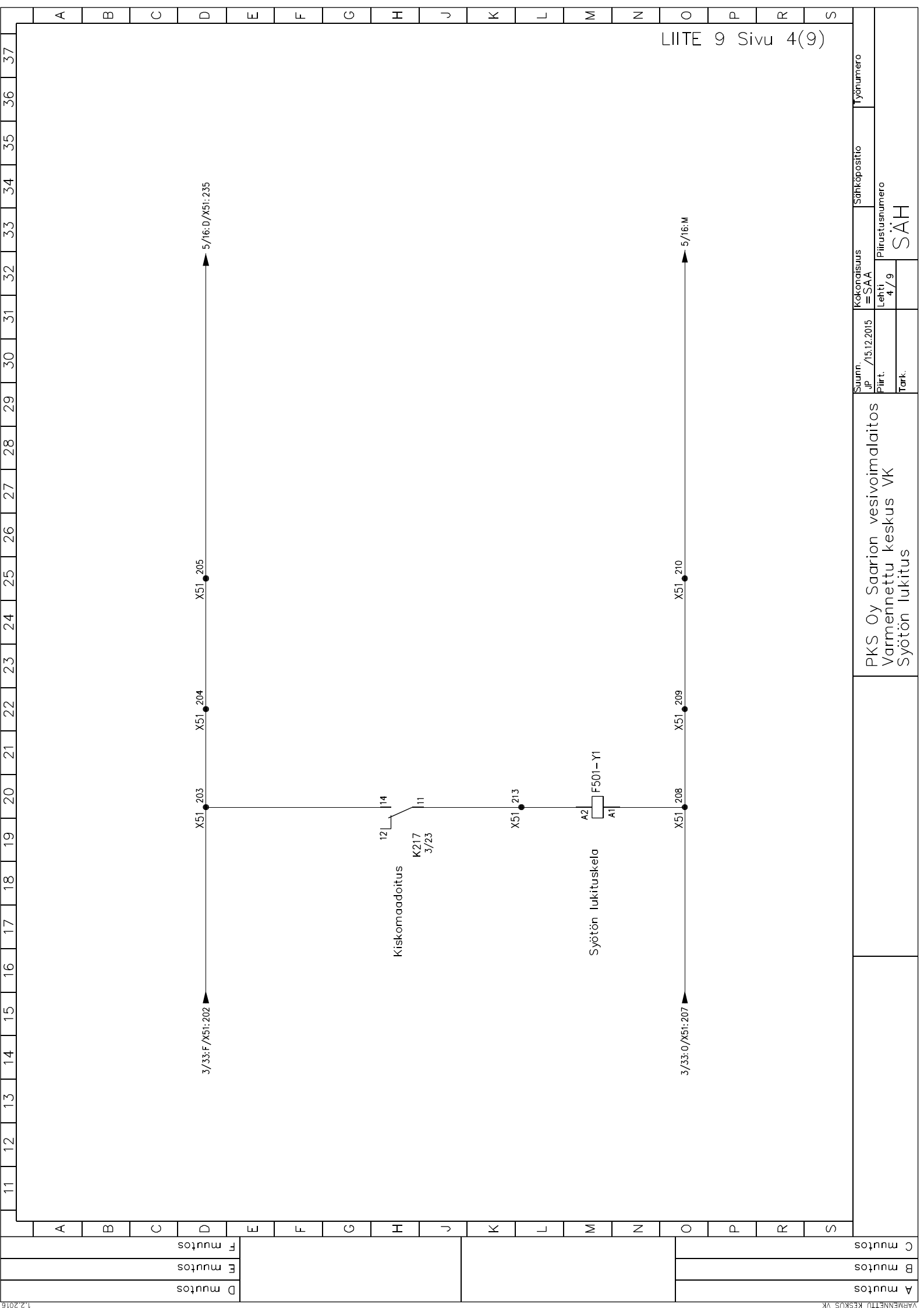


D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos

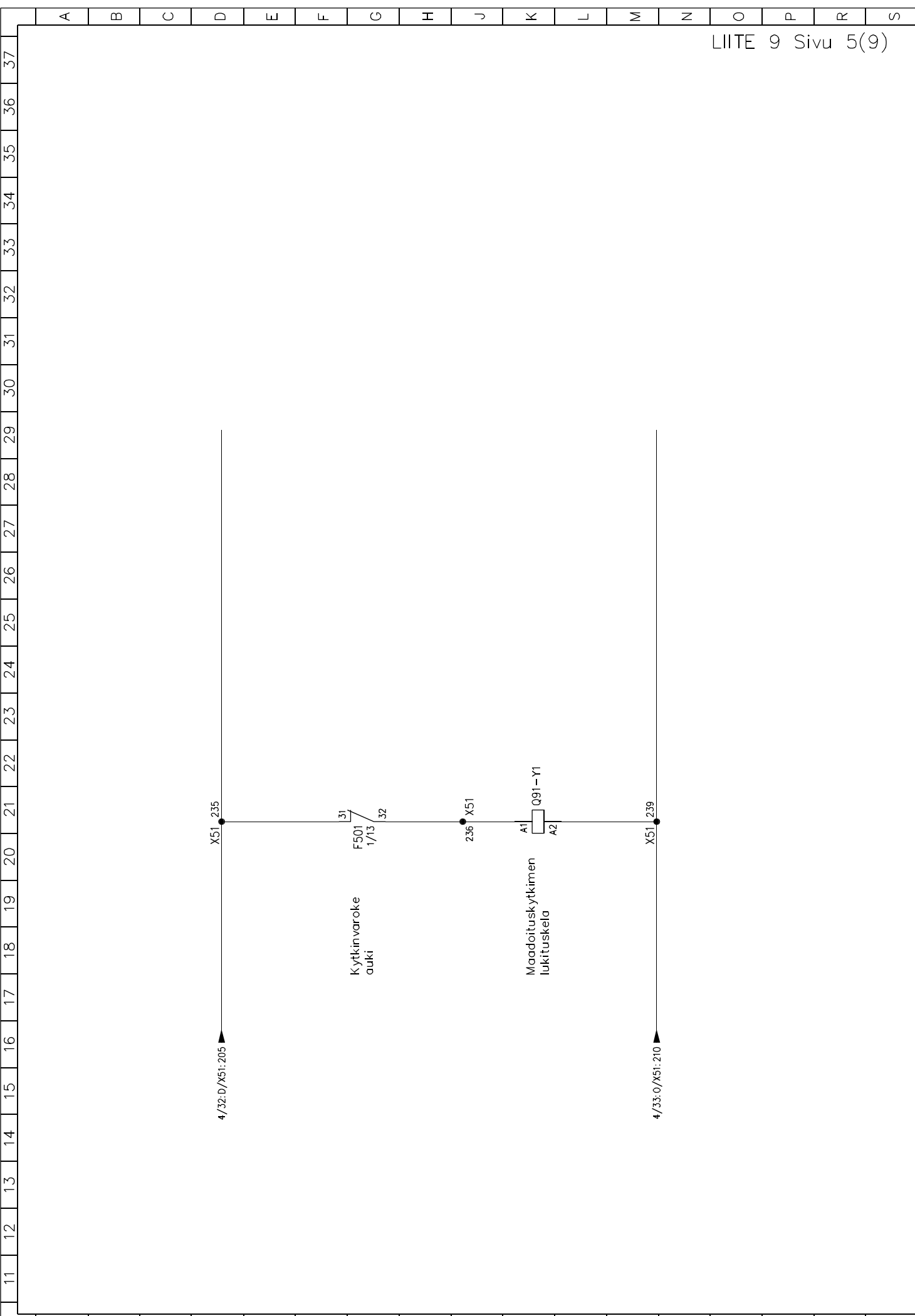
PKS Oy Saarion vesivoimалаitos  
Varmennettu keskus VK  
Kiskomaadoitus lukitukset

Suunn. JP	/15.12.2015	Kokonaisuus = SAA	Sähkösäätö	Liikenumero
Piirt.		Lehti 3/9	Piirustusnumero	
Tark.				SÄH

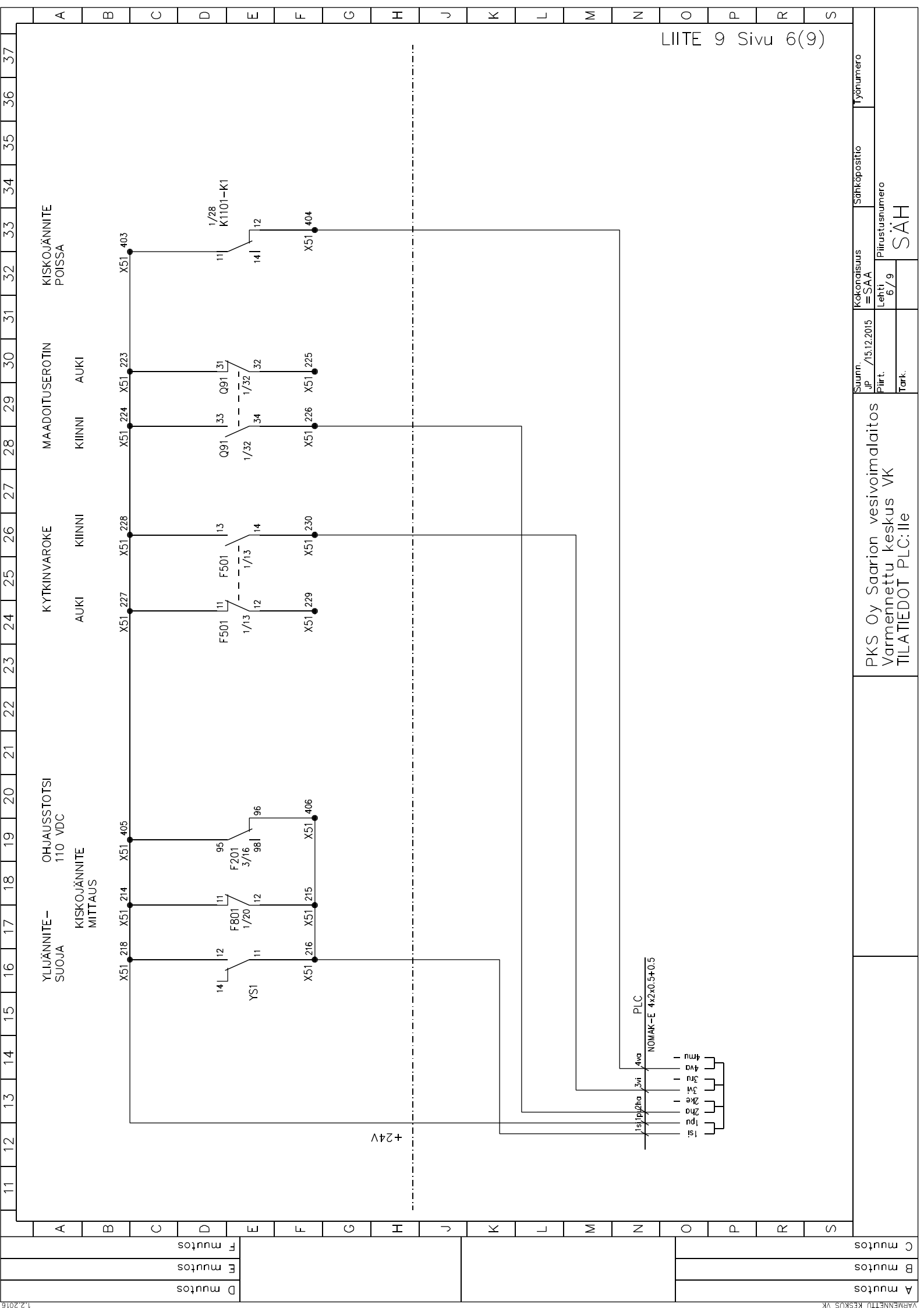


A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S		
A muutos			B muutos			C muutos			Suunn. /15.12.2015			Kokonaissuus = SAA		Sähköpositio		Työnumero		
D muutos			E muutos			F muutos			Piirt.			Lehti 4 / 9		Piiustusnumero		SÄH		
									Tark.									
PKS Oy Saarion vesivoimlaitos																	Työnumero	
Varmennettu keskus VK																	Piiustusnumero	
Syötön lukitus																	SÄH	

A	D mutos
B	E mutos
C	F mutos



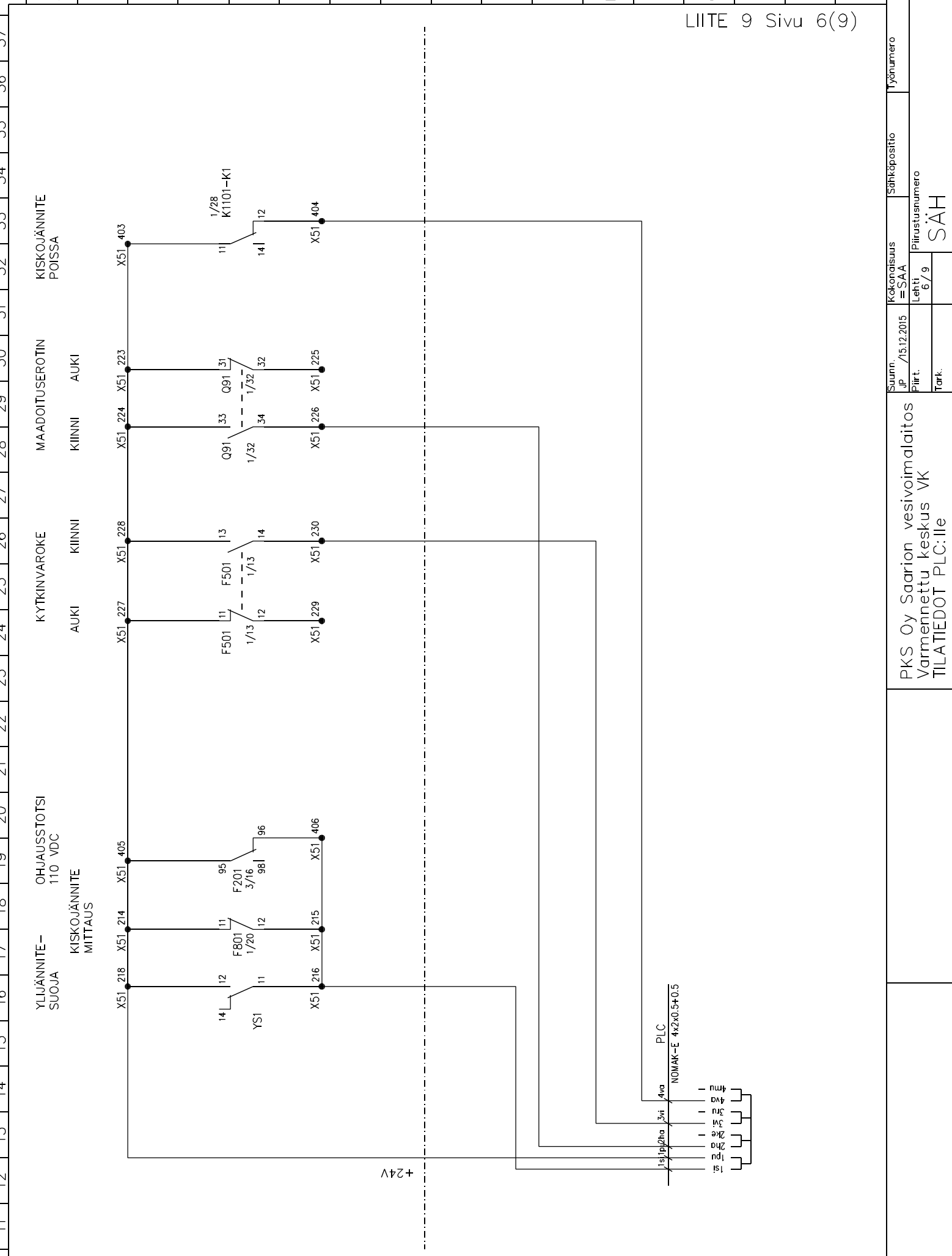
A mutos	PKS Oy Saarion vesivoimlaitos Varmennettu keskus VK Maadoituksen lukitus	Suunn. JP /15.12.2015	Kokonaisuus = SAA	Sähköpositio	Työnumero
B mutos		Piirt.	Lehti 5/9	Piirustusnumero	
C mutos		Tark.			SÄH



A muutos	B muutos	C muutos	Suunn. /15.12.2015		Kokonaisuus	Sähköpositio	työnumero
			Piirt.	Tark.	Lehti 6/9	Piirustusnumero	
			PKS Oy Saarion vesivoimalaitos Varmennettu keskus VK TILATIEDOT PLC:lle				SÄH

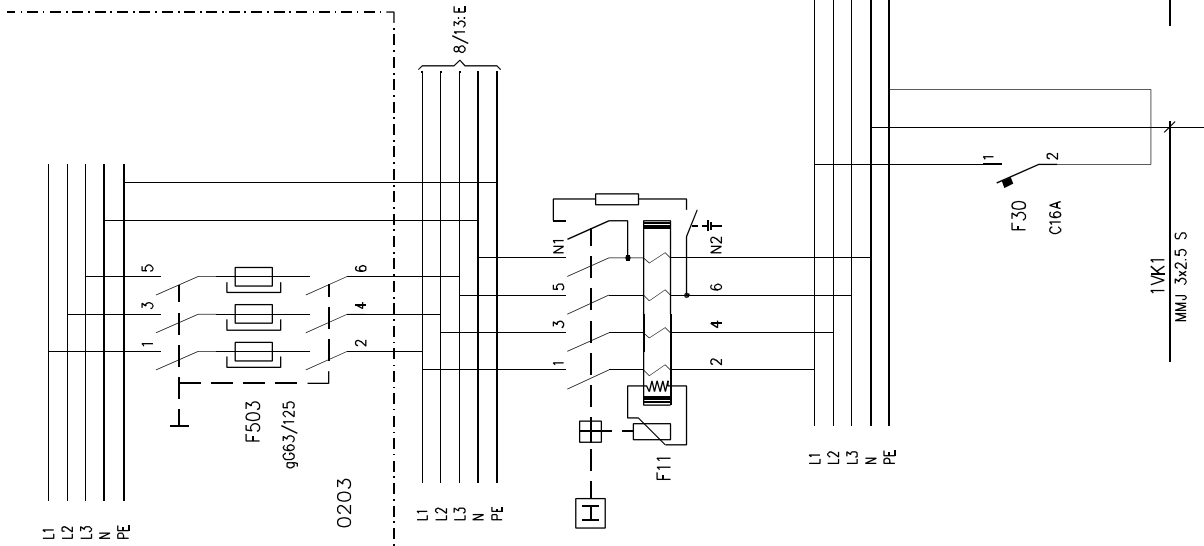
D muutos	F muutos	F muutos
----------	----------	----------

A B C D E F G H J K L M N O P R S



11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37



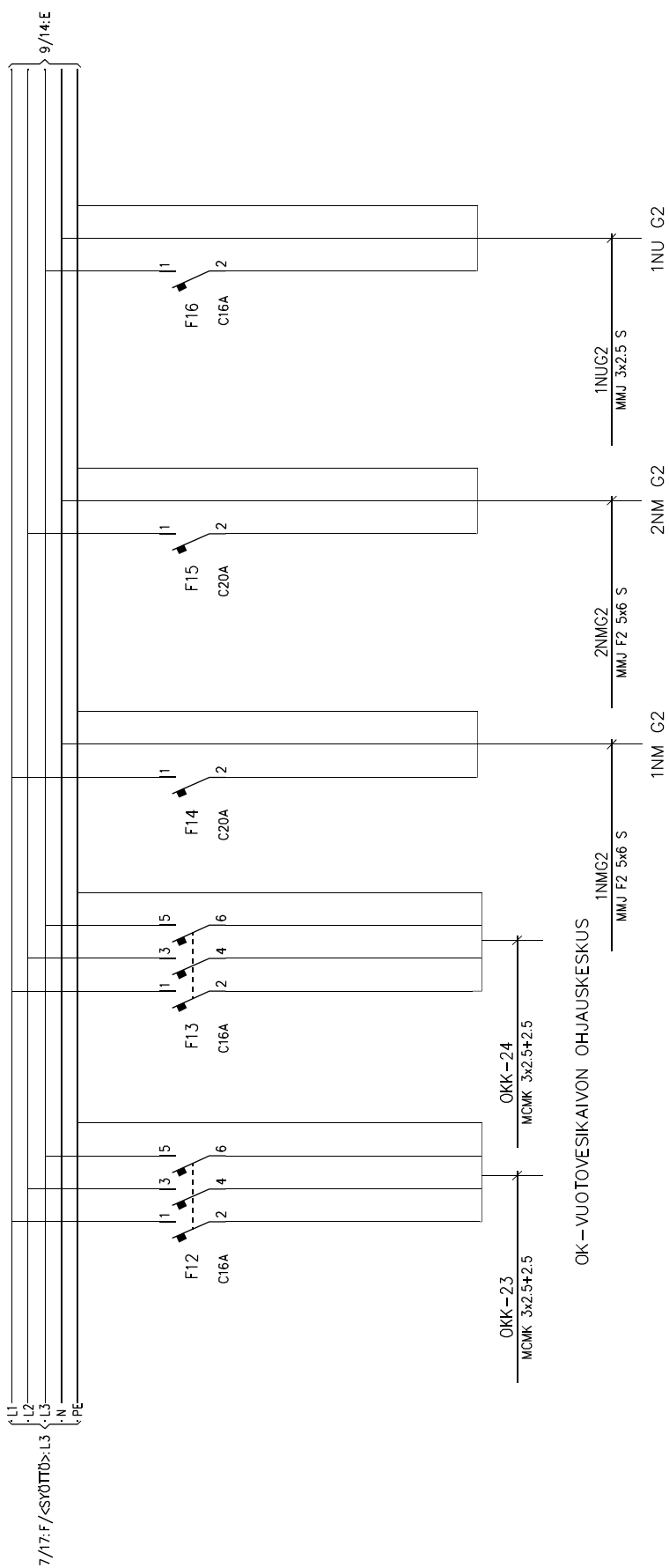


PISTORASIAKESKUS  
 AGG. KOPPI  
 Keskukselta syöttö  
 - valaistukselle  
 - lämmityspatterille  
 - moottorin lämmittimelle

PISTORASIA  
 VARMENNETUSSA  
 KESKUKSESSA

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
PKS Oy Saarion vesivoimlaitos Varmennettu keskus VK Vikavirtasuojatut lähdöt																
Suunn. /15.12.2015 Piiir. /7/9 Tark.																
Kokonaissuus = SAA Piiirustusnumero 7/9 SÄH																
Sähkösopitus Lytynumero																

D muutos  
 E muutos  
 F muutos  
 C muutos



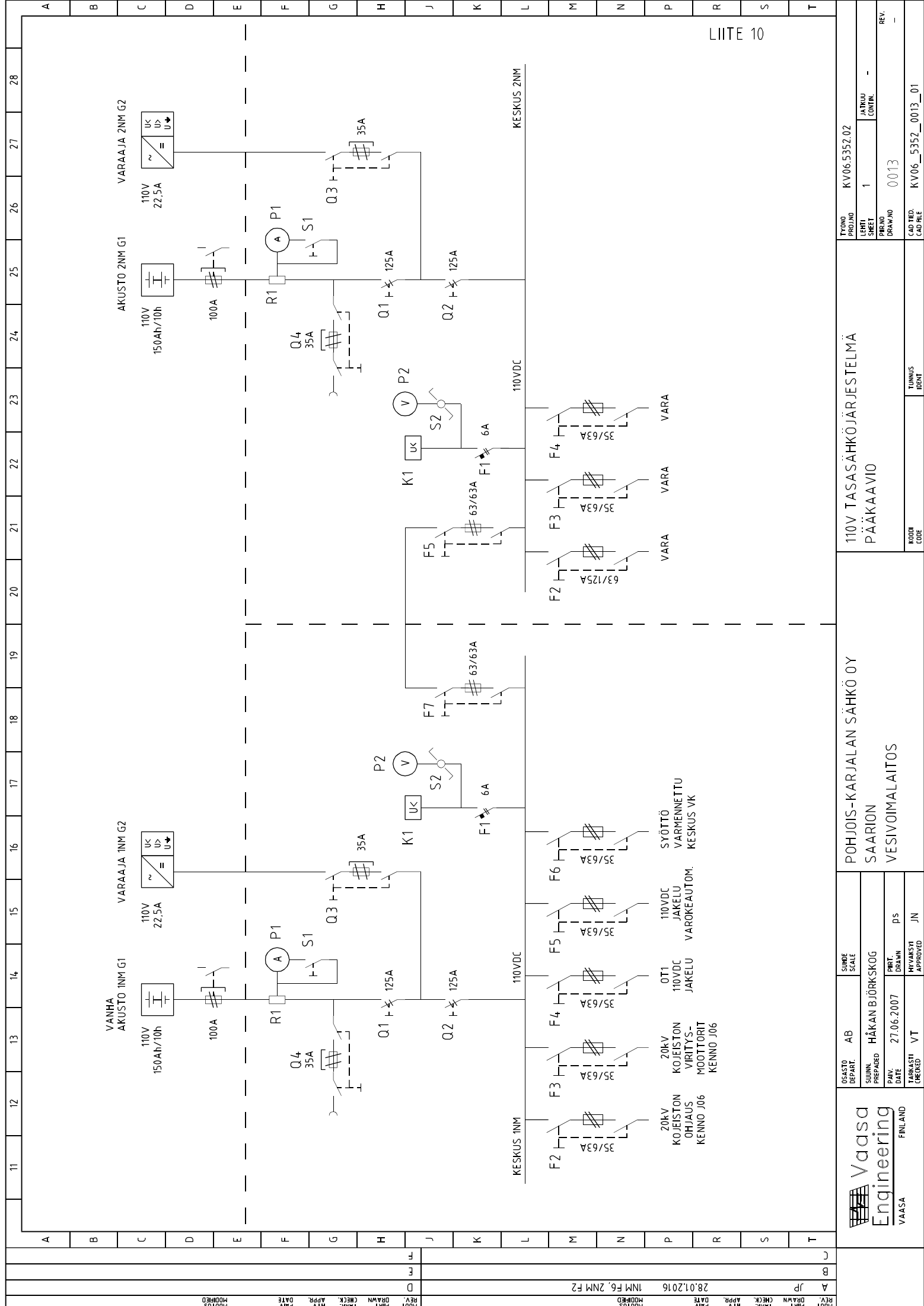
OK-YUOTOVESIKAIVON OHJAUKESKUS

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
PKS Oy Saarion vesivoimalaitos Varmennettu keskus VK Lähdöt																
Suunn. /15.12.2015 Pihl. /8/9 Tark.																
Kokonaissuus = SAA Lehti 8/9 Piiustusnumero SÄH																
Sähköpositio																
Lyy numero																

D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos





REV. DATE	28.01.2016	1NM F6, 2NM F2	
REV. DATE			
REV. DATE			

REV. DATE	27.06.2007	PT. DATE	ps
REV. DATE		PT. DATE	
REV. DATE		PT. DATE	

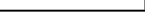
OSASTO DEPART.	AB	SUURE SCALE	
SUUNN. PREPARED	HÅKAN BJÖRKSÖG		
PAIV. DATE	27.06.2007	PT. DATE	ps
TARKASTI CHECKED	VT	HYVAKSYI APPROVED	JN

TYÖNÖ PROJING	KV06.5352.02
LEHTI SHEET	1
PIIRIÄ DRAWING	0013
CAD TIED. CAD FILE	KV06_5352_0013_01

POHJOIS-KARJALAN SÄHKÖ OY  
 SAARION  
 VESIVOIMALAITOS

110V TASASÄHKÖJÄRJESTELMÄ  
 PÄÄKAAVIO

LIITE 10



## Riviliittimen -X51 kytkentä

Tunnus	Liitin		Numero	Tunnus	Liitin
-F801	2		1		
-S301	4		2		
-K1101	L1		3		
-X51	5		4	-F801	4
-S301	8		5	-X51	6
-K1101	L2		6		
			7	-F801	6
-S301	10		8		
-K1101	L3		9		
KISKO-N			10	-S1	2
			11		
			12		

-F201	2		● 201	-Q91	13
			● 202	-Q91	11
			● 203	-K217	14
			● 204		
-X51	235		● 205		
-F201	4		● 206	-K216	A2
			● 207		
			● 208	-F501-Y1	A1
			● 209		
-X51	239		● 210		
-K216	A1		211	-Q91	14
-K217	A1		212	-Q91	12
-F501-Y1	A2		213	-K217	11
-F801	11		214	-X51	218/405
-X51	406		● 215	-F801	12
			● 216	-YS1	11
			217		
-X51	214/223		218	-YS1	14
			219	-Q91	21
			220	-Q91	22
			221	-Q91	23
			222	-Q91	24
-Q91	31		● 223	-X51	403
-Q91	33		● 224	-X51	228
			225	-Q91	32
			226	-Q91	34
-F501	11		● 227	-X51	405
-F501	13		● 228	-X51	224
			229	-F501	12
			230	-F501	14
			231	-F501	21
			232	-F501	22
			233	-F501	23
			234	-F501	24
-F501	31		235	-X51	205
-F501	32		236	-Q91-Y1	A1
			237	-F501	33
			238	-F501	34
-X51	210		239	-Q91-Y1	A2
			240		
			241		
			242		

## Riviliittimen -X51 kytkentä

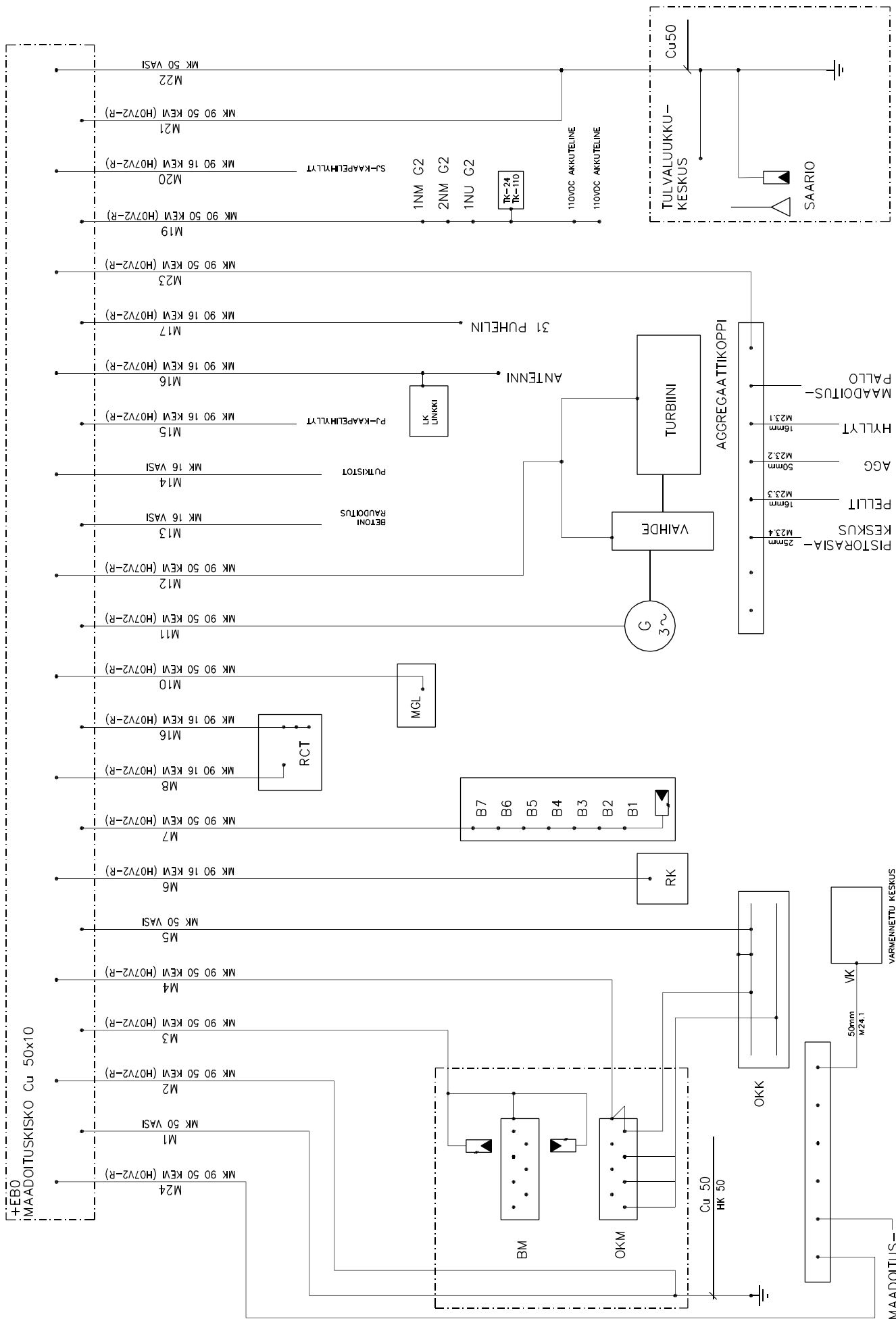
Tunnus	Liitin		Numero	Tunnus	Liitin
			243		
			244		
			245		

			401		
			402		
-K1101	11		403	-X51	223
			404	-K1101	12
-F201	95		405	-X51	214/227
-X51	215		406	-F201	96
			407		
			408		
			409		
			410		

110VDC +		⌋	601	-F201	1
			602		
110VDC -		⌋	603	-F201	3
			604		

## Keskuksen sisäinen johdotus

Tunnus	Liitin	Tunnus	Liitin
-YS1	1	KISKO-L1	
-YS1	3	KISKO-L2	
-YS1	5	KISKO-L3	
-YS1	7	KISKO-N	
-YS1	2-4-6-8	KISKO-PE	
-U1	1	-S1	1
-U1	2	-S1	5
-F501	1	KISKO-L1	
-F501	3	KISKO-L2	
-F501	5	KISKO-L3	
-F501	7	KISKO-N	
-F801	1	KISKO-L1	
-F801	3	KISKO-L2	
-F801	5	KISKO-L3	
-Q91	1	KISKO-L1	
-Q91	3	KISKO-L2	
-Q91	5	KISKO-L3	
-Q91	2-4-6	KISKO-PE	
-F504	1	KISKO-L1	
-F504	3	KISKO-L2	
-F504	5	KISKO-L3	
-F503	1	KISKO-L1	
-F503	3	KISKO-L2	
-F503	5	KISKO-L3	
K216	A2	K217	A2



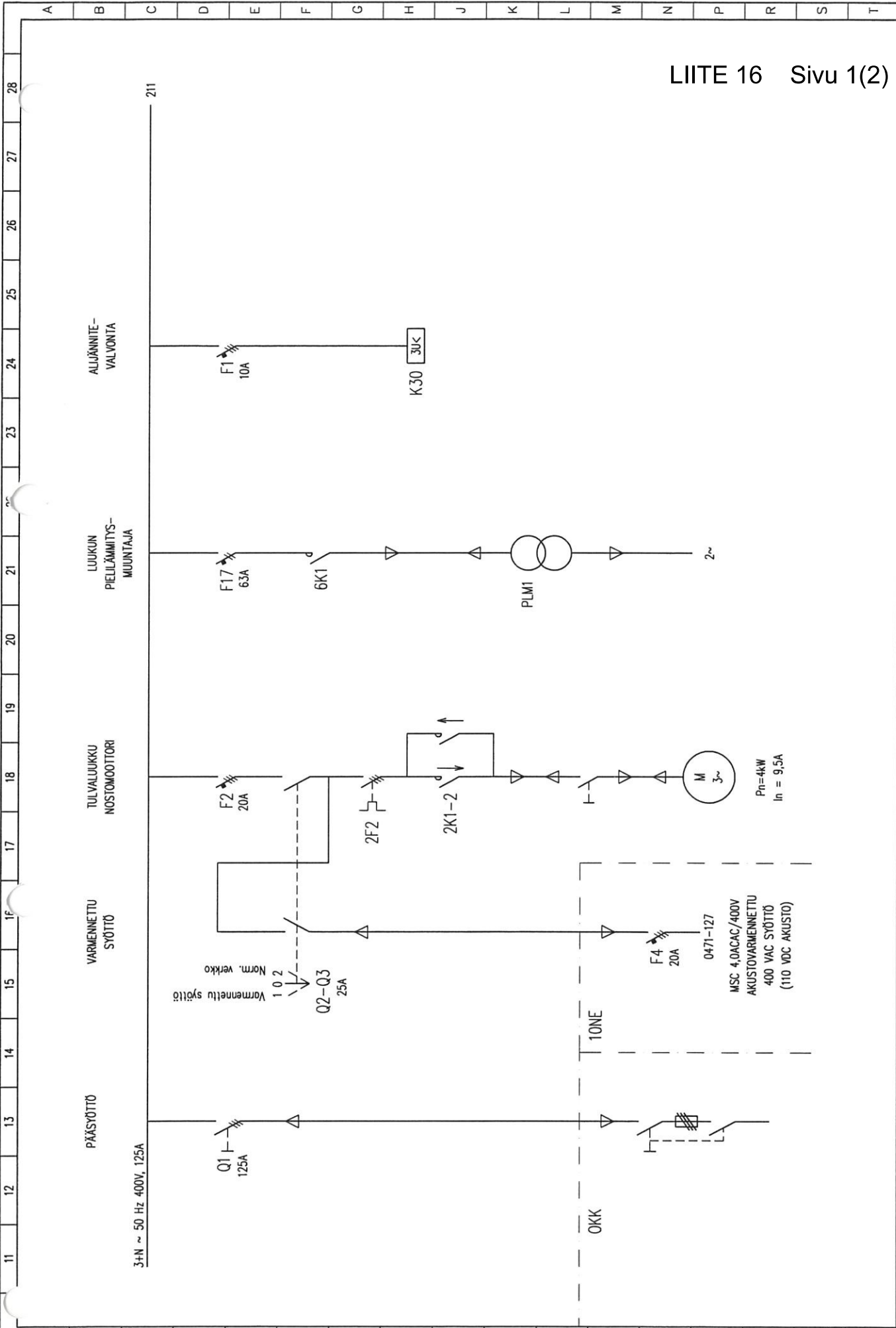
A muutos		20.01.2016/jP Aggkoppi ja varn keskus		D muutos	
B muutos				E muutos	
C muutos				F muutos	
Suunn. PV /31.10.84		Kokonaisuus		Sähköpositio	
Piirt. 1/1		Lehti 1/1		Piiustusnumero	
Tark.		SÄH		Lytynumero	
PKS Oy Saarion voimalaitos Maadoitusverkko					



## Kaapeliuettelo

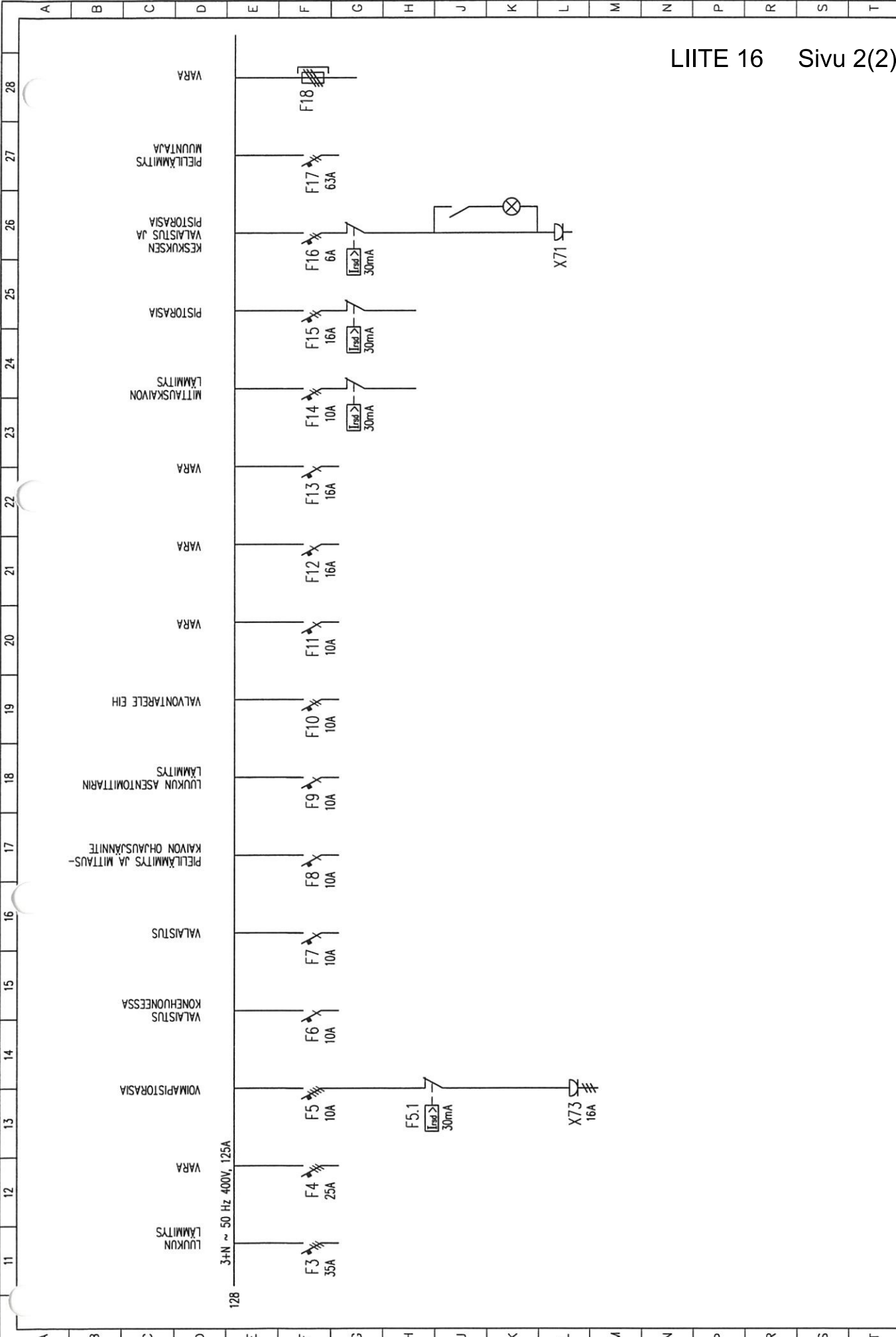
Rivi Numero	Laji	Mistä vanha	Mistä uusi	Piir. Nro	Mihin	Piir. Nro	Pituus metriä	HUOM.
1			OKK 09		VK Verkonvaihtoaunitilakalle			Syöttö omankäytönkeskuksesta
2	OKK-09	AMCMK 3X70AL+21Cu	VK F504		Tulvaluokkukeskus LUK 1			Vanha kaapeli jatketaan varmennettuun keskukseen
3	OKK-23	MCMK3x2,5+2,5	VK F12		Ohjauskeskus OK			Vanha kaapeli siirretään varmennettuun keskukseen
4	OKK-24	MCMK3x2,5+2,5	VK F13		Ohjauskeskus OK			Vanha kaapeli siirretään varmennettuun keskukseen
5	1NMG2	MMJ 5x6	OKK 54.1		1NM G2			OKK 54.1-1NMG2 vanha kaapeli pois tai jatko
6	2NMG2	MMJ 5x6	OKK 54.2		2NM G2			OKK 54.2-2NMG2 vanha kaapeli pois tai jatko
7	1NUG2	MMJ 3X2,5	OKK 54.3		1NU G2			OKK 54.3-1NUG2 vanha kaapeli pois tai jatko
8	1AGG		Aggregaattikoppi		VK Verkonvaihtoaunitilakalle		40	Aggregaatti syöttö (agg. toimittaja määrittää)
9	1AGG1		Agg.koppi pistor. keskus		VK F31			
10								
11	M23	MK90 50 KEVI (H07V2-R)	Päamaadoituskisko		Aggregaattikoppi maadoituskisko			
12	M24	MK90 50 KEVI (H07V2-R)	Päamaadoituskisko		VK lisämaadoituskisko			
13	M24.1	MK90 50 KEVI (H07V2-R)	VK lisämaadoituskisko		VK PE			
14	M23.1	MK90 16KEVI (H07V2-R)	Agg.koppi maad.kisko		Agg.koppi kaapeliyhylly			
15	M23.2	MK90 50KEVI (H07V2-R)	Agg.koppi maad.kisko		Aggregaatti			
16	M23.3	MK90 16KEVI (H07V2-R)	Agg.koppi maad.kisko		Agg.koppi ilmanvaihtopellit			
17	M23.4	MK90 25KEVI (H07V2-R)	Agg.koppi maad.kisko		Agg.koppi pistorasiakeskus			
18								
19	1NM1	MMJ 3X6 S	1NU 0110 F6		VK F2			Tasajännitesyöttö
20								
21								
22		Nomak-E 4x2x0.5+0.5	Agg.koppi		PLC			Häiriötieto aggregaatilta logiikalle
23		Nomak-E 4x2x0.5+0.5	VK		PLC			Kontaktoritiedot varmennettu keskus - PLC
24								
								110 VDC syöttö tulvaluokkukeskuksesta kytkettävä irti





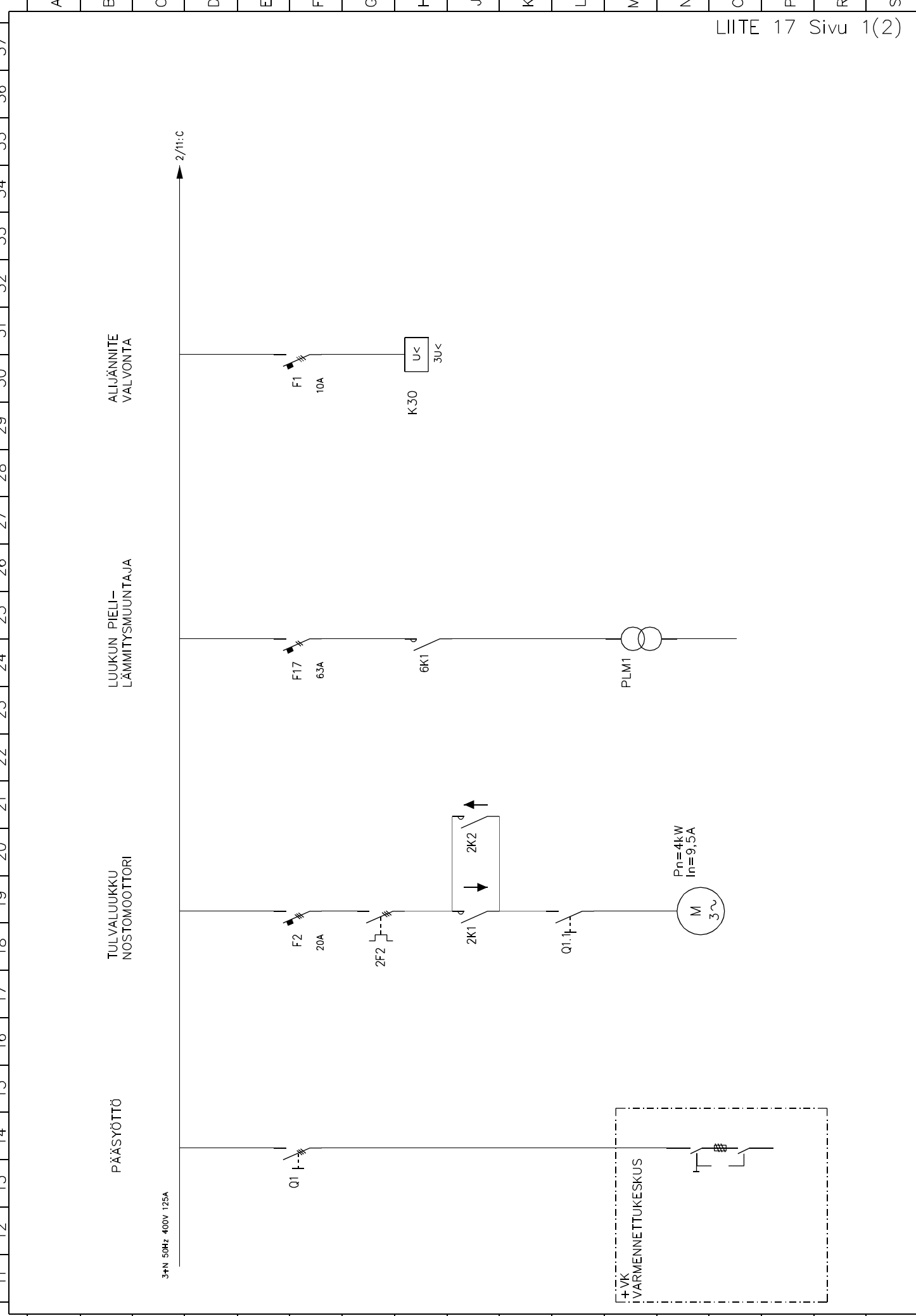
<p><b>Vaasa Engineering</b> FINLAND VAASA</p>		OSASTO AV DEPART. SCALE SUUNNITTELMAN PREPARED MARCUS ÖSTMAN PÄIV. DATE 01.12.06 TARKASTI IA CHECKED HYVÄKSI HS		POHJOIS-KARJALAN SÄHKÖ OY SAARION VESIVOIMALAITOS		TULVALUUKKUKESKUS PÄÄKAAVIO		TYÖNO PROJANO KV06.5352 LEHTI SHEET 1 KATKUU CONTIN. 2 PIIRIN DRAWING 0451		REV. —
				KOODI LUK1 TUNNUS LUK1		CAD TIED. KV06 5.352 04:51 01				

MUUT.	PIIRIT.	TARK.	HYV.	PÄIV.	DATE	MUUTOS
REV.	DRAWN	CHECK	APP.	DATE	MODIFIED	
F						
E						
D						
C						



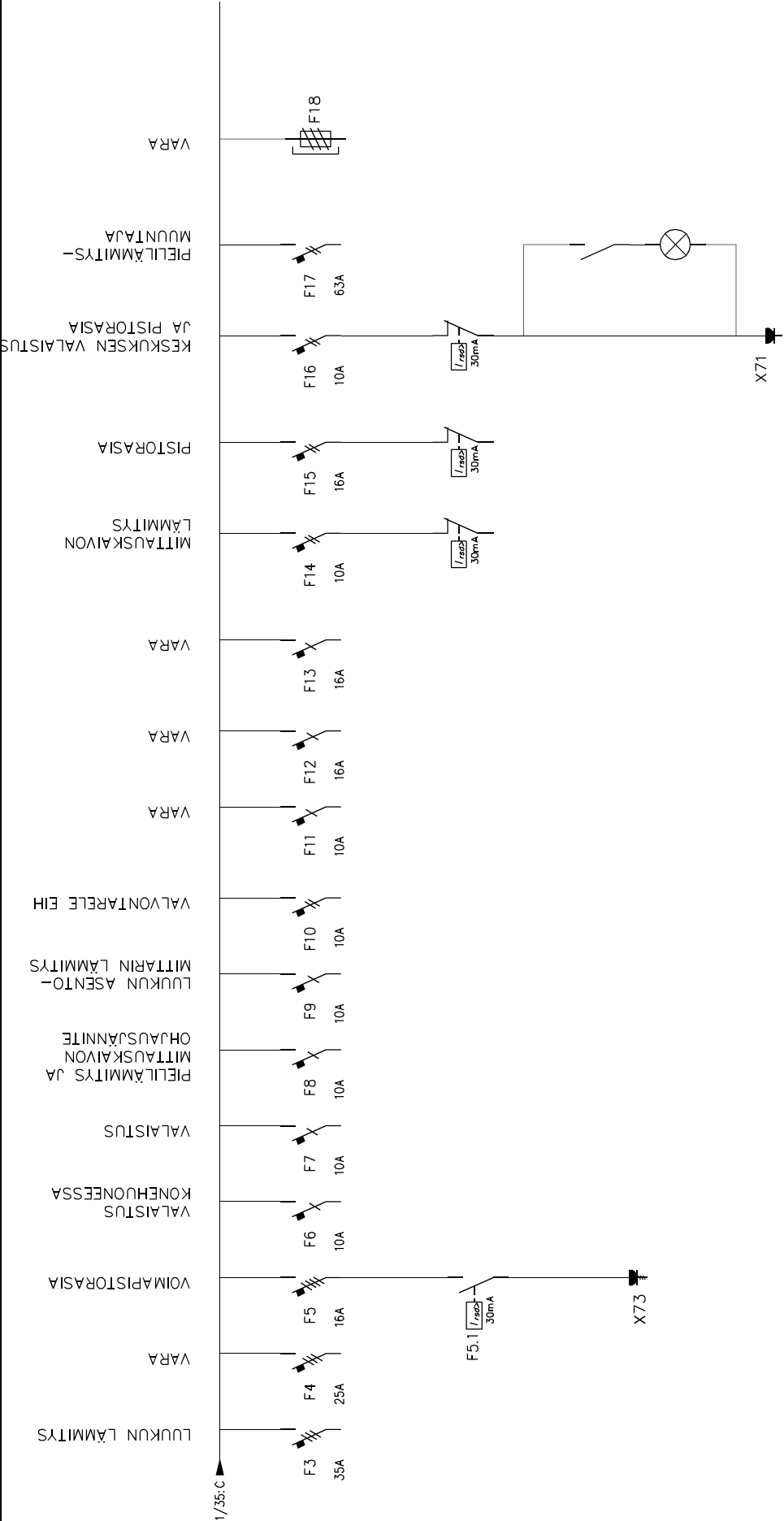
TYÖNO PROJ.NO	KV06.5352	
LEHTI SHEET	2	JÄTKÖJÄ CONTIN.
PIIRI.NO DRAWING	0451	
REV.	—	
CAD TIED. CAD FILE	KV06_5352_0451_02	
OSASTO DEPART.	AV	SUHDE SCALE
SUUNN. PREPARED	MARCUS ÖSTMAN	PIIRI. DRAWN
PÄIV. DATE	01.12.06	PS
TARKASTI CHECKED	IA	HYVÄKSY APPROVED
		HS
<b>Vaasa Engineering</b> FINLAND VAAASA		
POHJOIS-KARJALAN SÄHKÖ OY SAARION VESIVOIMALAITOS		
TULVALUUKKUKESKUS PÄÄKAAVIO		
TYÖNO PROJ.NO	KV06.5352	
LEHTI SHEET	2	JÄTKÖJÄ CONTIN.
PIIRI.NO DRAWING	0451	
REV.	—	
CAD TIED. CAD FILE	KV06_5352_0451_02	
TUNNUS IDENT	LUK1	
KOODI CODE		

MUUT. REV.	PIIRI DRAWN	TARK. CHECK	HYV. APP.	PÄIV. DATE	MUUTOS MODIFIED
A					
B					
C					



A	muutos	Vanha piir.nro 0451
B	muutos	
C	muutos	

Suunn.	/18.11.2015	
	Piirt.	Lehti
Tark.	1/2	
	SÄH	
Kokonaisuus	Sähköpositio	työnumero
PKS Oy Saarion vesivoimlaitos Luukkukeskus LUK 1 Pääkaavio		



A	D mutos
B	F mutos
C	F mutos

A mutos
B mutos
C mutos

PKS Oy Saarion vesivoimlaitos  
 Tulvaluukkukeskus  
 Pääkaavio

Suunn.	/18.11.2015
Piirt.	
Tark.	

Kokonaisuus	Sähköpositio
Lehti	Piirustusnumero
2/2	SÄH

työnumero
-----------