



MRI-tilan sähkösuunnitteluohje

Tanja Tikkanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIKKANEN, TANJA:
MRI-tilojen sähkösuunnitteluohje

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Huhtikuu 2024

Tässä opinnäytetyössä laadittiin GE Healthcare Finland Oy:lle lähtötietomateriaaliksi MRI-laitetilojen sähkösuunnitteluohje. Laitekohtaisesti muokattavaa suunnitteluohjetta ei yrityksessä aikaisemmin ole ollut. Tämän kaltainen suunnitteluohje koetaan tärkeäksi suunnittelun sujuvuuden ja oikeellisuuden takaamiseksi.

Työssä käsitellään sähkösuunnittelun pääpiirteet tilojen suunnittelusta huomioiden tilan ja laitteen vaatimukset. Tämän lisäksi esiteltiin MRI-laitteen toimintaperiaatteita.

Tulokseksi saatiin sähköpiirustukset ohjeineen, joilla helpotetaan suunnittelutyön tekemistä. Standardeja ja laitetietoja tulkiten, sekä ammattilaisten kommenttien avulla saatiin selvitettyä kuvantamistilassa huomioitavat asiat ja koostettua ne ohjeisiin. Suomeen tulevien ohjeistusten on hyvä olla laadittu Suomessa käytetyillä merkeillä, jolloin ohjeistus palvelee suunnittelijoita parhaiten. Ohjeita tullaan päivittämään sopivin väliajoin, jotta tiedot pysyvät ajan tasalla. Ajatuksena on lisäksi laajentaa ohjeita, jotta niillä voitaisiin kattaa erilaisia laitekokonaisuuksia.

ABSTRACT

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

TIKKANEN, TANJA:
Electrical Design Guidelines for MRI Facilities

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 8 pages
April 2024

This thesis was prepared as initial information material for the GE Healthcare Finland Oy as an electrical design guide for MRI equipment rooms. The company did not previously have a customizable design guideline for electrical designers.

This thesis contains main features of electrical designs and a review of the rooms in which the installations are affected by the chosen device. Also, the operating principles of the devices are presented.

The outcome of this thesis is a guide which makes it easy to provide correct plans for an electrical designer. The guide can be updated whenever any changes are made to devices or to regulations. Also, the guide can be altered to give instructions about different devices and installations.

All the information in this thesis was gathered from the instruction manuals and from interviews with professionals. Guides that are used in Finland should be made with symbols that are used in Finland which helps designers to better understand the instructions.

Key words: MRI-room, design guide, electrical design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	GE Healthcare	8
3	Magneettikuvaus.....	9
3.1	Magneettikuvauslaitteen teoria	9
3.2	Sähköstaattinen purkaus.....	12
4	SÄHKÖSUUNNITTELUN ESITIEDOT	13
4.1	SIGNA™ Hero 3T MRI-kuvantamislaitte	13
4.2	Faradayn häkki.....	14
4.3	Vastuut.....	17
4.3.1	Valmistajan ja myyjän vastuut	17
4.3.2	Käyttäjän vastuut	18
4.3.3	Sähkösuunnittelijan vastuu	18
4.3.4	Urakoitsijan vastuut	19
5	SÄHKÖSUUNNITTELU	20
5.1	Vahvavirtajärjestelmät.....	20
5.1.1	Valaistus.....	20
5.1.2	Pistorasiat.....	21
5.1.3	Laitesyötöt	22
5.1.4	Turvavalaistus	22
5.1.5	Potentiaalintasausjärjestelmä	23
5.1.6	Kaapelointi.....	23
5.1.7	Kaapelireitit.....	24
5.2	Heikkovirtajärjestelmät	24
5.2.1	Yleiskaapelointijärjestelmä	25
5.2.2	Paloilmaisinjärjestelmä	25
5.3	Muut tarvittavat piirustukset	25
5.3.1	Pääkaavio.....	26
5.3.2	Piirikaavio	26
6	POHDINTA	27
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	31
	Liite 1. Vahvavirta-asennukset.....	31
	Liite 2. Laitetasennukset	32
	Liite 3. Turvavalaistusjärjestelmä	33
	Liite 4. Potentiaalintasausjärjestelmä	34
	Liite 5. Paloilmaisinjärjestelmä.....	35

Liite 6. Pääkaavio.....	36
Liite 7. Pääkaavio.....	37
Liite 8. Pääkaavio.....	38

LYHENTEET JA TERMIT

MRI	Magneettinen resonanssikuvaus (Magnetic resonance imaging)
T	Tesla, magneettikenttä
Hz	Taajuus, Hertsi
μ T	Mikrotesla, magneettikenttä
RMS	Tehollisarvo
ESD	Sähköstaattinen purkaus (Electrostatic discharge)
MRU	Magneetin alasajoyksikkö (Magnet rundown unit)
MDP	Laittekeskus (Main Disconnect Panel)
ISC	Integroitu järjestelmäkaappi (Integrated System Cabinet)
ICC	Integroitu jäähdytyskaappi (Integrated Cooling Cabinet)
MON	Magneettimonitori (Magnet Monitor)
CRY	Kylmäpään kompressori (Cryocooler Compressor)
GOC	Käyttökonsoli (Operator console)
RF-koppi	Faradayn häkki
RF	Radiotaajuus, sähkömagneettisen säteilyn taajuusalue
RF-suodatin	Läpivientipaneelissa oleva sähköisten signaalien yksikkö
V	Voltti, jännitteen yksikkö
lux	Luksi, valaistusvoimakkuus
G1	Lääkintätila luokka
UPS	Keskeytymätön virransyöttö (Uninterrupted Power Supply)
RJ-45-rasia	Datapistorasia
Patch	Liitoskaapeli

1 JOHDANTO

Tämä GE Healthcare Finland Oy:lle toteutettu opinnäytetyö käsittelee magneettikuvaustilojen sähkösuunnittelussa huomioon otettavia asioita niin laitteiston, kuin tilojenkin suhteen. Tavoitteenani on tuottaa yritykselle mahdollisimman kattava ja helposti muokattava sähkösuunnitteluohje, joka helpottaa alan suunnittelijoita magneettikuvaustilojen suunnittelussa. Aihe on syntynyt tarpeesta antaa suunnittelijoille entistä paremmat lähtötiedot magneettikuvaustilojen suunnitteluun.

Suunnitteluohjeen sisältönä ovat magneettikuvauslaitteiden vaatimukset ja tilojen vaatimukset. Magneettikuvaustilojen suunnittelussa on huomioitava voimassa olevat standardit, määräykset, lait, sekä mahdolliset sairaalan tai terveyskeskuksen omat vaatimukset. Toteutettavan suunnitteluohjeen avulla voidaan saada entistä parempi käsitys siitä mitä asioita on otettava huomioon ennen suunnittelun aloittamista, sekä tukea suunnitteluprosessia sen aikana.

Työn vaiheita ovat teoria, suunnittelussa huomioitavien asioiden koostaminen, asiantuntijahaastattelut, pohjatietojen kerääminen, sekä niiden läpi käyminen. Näiden tietojen pohjalta tehdään esimerkki kohteesta sähkösuunnitelmat, joihin lisätään ohjeita suunnitteluprosessia tukemaan. Toteutettava suunnitteluohje rajataan käsittelemään vain kyseessä olevia tiloja, vaikka osa tekniikasta liittyykin kiinteistön suurempaan kokonaisuuteen.

Lopputuotteena syntyy suunnitteluohjetta on tarpeen päivittää mahdollisten standardien, määräyksien ja lakien muuttuessa. Ohje on suunnittelijoiden tarpeiden mukaan laajennettavissa ja siihen voidaan sisällyttää tarpeellisia kaavioita saadun palautteen mukaan. Suunnitteluohjeen on tarkoitus olla mahdollisimman selkeä ja helposti ymmärrettävä kokonaisuus, jotta sen hyödyntäminen olisi vaivatonta.

2 GE Healthcare

GE Healthcare on laitetoimittaja, jonka pääasiallinen toimiala on terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet. Yritys on toiminut Suomessa vuodesta 2003 lähtien, mutta sen historia ulottuu vuoteen 1969. GE Healthcarella on maailmanlaajuisesti noin 50 000 ja Suomessa noin 700 työntekijää. (GE Healthcare suomessa n.d.)

GE Healthcare Finland Oy:n pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Yritys toimii kolmessa eri toimipaikassa, jotka ovat Helsinki, Kuopio ja Oulu. Vuonna 2022 GE Healthcare Finland Oy: n liikevaihto oli 184,47 miljoonaa euroa. (GE Healthcare suomessa n.d.)

3 Magneettikuvaus

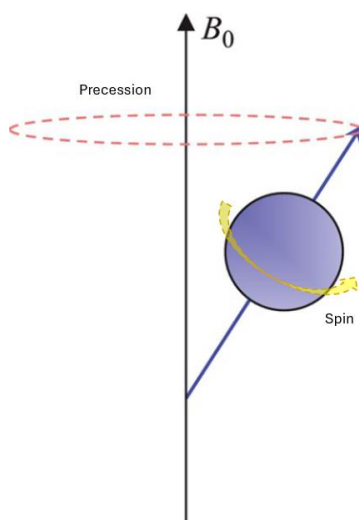
Magneettikuvaus eli MRI on lääketieteellinen kuvantamismenetelmä, jonka toiminta perustuu ydinmagneettiseen resonanssiin. MRI tutkimuksella saadaan kehosta tarkka anatominen kuva, esimerkiksi nivelten, selkärangan, pään ja verisuonten kuvauksessa. Tämän ansiosta voidaan tehdä entistä tarkempia diagnooseja potilaasta. Magneettikuvaus perustuu ihmisen kehossa olevaan veteen, radioaaltoihin, sekä magneettikenttään. (Helsingin Magneettikuvaus n.d.)

Magneettikuvauksen aikana kuuluu kova pauke, joka johtuu magnetismista. Kuvauslaitteen magneetti ei vaikuta pelkästään ihmisen kehoon, sillä se vaikuttaa myös itse laitteessa oleviin metalliosiin. (Tieteen Kuvalehti n.d.)

3.1 Magneettikuvauslaitteen teoria

MRI-laitteen magnetoituva aine saadaan magneettiseksi sähkövirralla, magnetisoijalla tai kestromagneetilla. Kuvantamislaitte on magneettinen, kun protonit ovat kääntyneet samansuuntaisiksi. Laitte magnetoidaan asettamalla voimakas tasavirtakäämi, joka pakottaa protonit samansuuntaisiksi tai vastasuuntaisiksi. (Ahoranta 2015, 195–196)

MRI-kuvantamisessa tarvitaan protoneja, sillä ne ovat positiivisesti varautuneita ja ne tuottavat presessiotaajuutta pyörivän liikkeen ansiosta. Jokaisen protonin ympärillä on pieni magneettikenttä, jota voidaan myös kutsua magneettiseksi dipolimomentiksi tai spiniksi kuvan 1 mukaisesti. (Prof. Dr. Hans 1990, 3)



KUVA 1. Precessio ja Spin (Cambringe Core 2017, muokattu)

Magneettikentän vahvuus vaikuttaa suoraan precessionopeuteen, eli mitä korkeampi magneettikenttä sitä suurempi precessionopeus ja pressiotaajuus. Potilaan ollessa MRI-kuvauksessa kehon protonit menevät rinnakkain tai vastasuunnaisesti laitteen ulkoisen magneettikentän kanssa. (Prof. Dr. Hans 1990). Protonien voimat kumoavat toisensa positiivisella ja negatiivisella puolella, siitä huolimatta protoneja liikkuu aina positiivisella puolella enemmän. Näin ollen toistensa voimien mitätöimisen jälkeen positiivisella puolella on muutamia protoneja jäljellä, jotka pitävät yllä voimaa. Jäljellä olevien protonien voima muodostaa magneettisen vektorin pitkin Z-akselia ja sen vuoksi tätä kutsutaan pitkittäismagnetoinniksi. (Govind B Chavhan, 2013, 4)

Magneettikuvauksessa lähetetään hyvin lyhytkestoista sähkömagneettista pulssia, jota kutsutaan radioaaltopulssiksi. Sitä tarvitaan, jotta protonien kohdistus muuttuu ja ne pääsevät korkeammalle energiatasolle. (Prof. Dr. Hans, 1990, 4)

Pressiotaajuutta voidaan laskea Larmorin yhtälöllä, joka antaa meille tarvittavan taajuuden radioaaltopulssille lähetettäväksi. Määriteltäessä pressiotaajuutta voidaan käyttää kaavaa 1.

$$\omega_0 = \gamma B_0, \quad (1)$$

jossa ω_0 on preessiotaajuus, B_0 kuvaa ulkoisen magneettikentän voimakkuutta, joka on annettu Tesloina (T), kun taas γ on gyromagneettinen suhde, joka kertoo magneettisen momentin ja pyörimismäärän suhteen. (Prof. Dr. Hans, 1990).

Presessioivat protonit ottavat jonkin verran energiaa radioaaltopulssista. Osa kyseisistä protoneista alkavat kulkea vastakkaissuuntaisesti mennessään korkeammalle energiatasolle. Tästä muodostuva epätasapaino johtaa magnetoinnin kallistumisen poikittaiseen tasoon eli X-Y tasolle ja sen vuoksi tätä kutsutaan poikittaismagneettisaatioksi. Protonien preessiotaajuuden on oltava sama kuin pulssitaajuus, jotta protonien ja radioaaltopulssin välillä syntyisi energianvaihtoa. Protoneilla voi poimia jonkin verran energiaa radioaaltopulssista, kun pulssilla ja protoneilla on sama taajuus. Radioaaltotaajuuden ollessa sama, ilmiötä kutsutaan resonanssiksi eli magneettiresonanssiksi. (Govind B Chavhan, 2013, 4)

MRI-signaalin paikantamisessa päämagneettikentän päällä on kolme muuta magneettikenttää päällekkäin X-, Y- ja Z- akseleita pitkin paikantamassa kehon signaalien lähdettä. Kyseisillä magneettikentillä on eri voimakkuuksia vaihtelevissa paikoissa, minkä vuoksi näitä kutsutaan gradienttikentiksi eli gradienteiksi. Niiden tuottamiseen käytetään keloja, joita kutsutaan gradienttikeloiksi. Gradientteja on kolme erilaista: viipaleiden valinnan gradientti, vaihekoodausgradientti ja taajuuskoodaus gradientti. (Govind B Chavhan, 2013, 4)

Magneettikentän voimakkuus suurenee asteittain päästä toiseen viipale valinta gradientissa. Tämä määrittelee viipaleiden sijainnin, kun taas radioaaltopulssin taajuusalue määrittää viipaleen paksuuden. (Govind B Chavhan, 2013, 5)

Sähkösuunnittelussa on huomioitava laitteen magneettisuus. Magneettikentän homogeenisuuteen voivat vaikuttaa magneetin lähellä olevat suurjännitejohdot, muuntajat, moottoreiden tai generaattoreiden sähkövirta. Taajuuden ollessa 50 Hz tai 60 Hz magneettikentän häiriöt eivät saa ylittää $1,622 \mu T$ tai $1,710 \mu T$ arvoa RMS magneetin sijainnissa. (GE Healthcare n.d.)

Määritellessä sallittua syöttölinjan maksimivirtaan tietyllä etäisyydellä 3.0 T (teslan) magneetin, isosenterin ja syöttöjohtimen välillä voidaan käyttää kaavaa 2.

$$I = (8,55 \cdot X^2) \div S, \quad (2)$$

jossa I on suurin sallittu RMS-yksivaihevirta ampeereina tai suurin sallittu RMS-linjavirta ampeereina kolmivaiheissa syöttöjohdoissa. S on yksivaiheisten johtimien välinen erotus metreinä tai suurin ero kolmevaihejohtimien välillä ja X on pienin etäisyys syöttölinjoista magneetin isosenteriin metreinä. (GE Healthcare n.d.)

3.2 Sähköstaattinen purkaus

Sähköstaattinen purkaus eli staattisen sähkövarauksen purkautumisesta johtuva ilmiö tunnetaan myös lyhenteellä ESD eli Electrostatic discharge. Ilmiö tapahtuu kahden varautuneen kappaleen välillä. Yleensä purkaus tapahtuu huomaamattomasti, mutta se voi näkyä myös kipinäinä. Varautumisen suuruuteen vaikuttavat materiaalien kemialliset- ja fysikaaliset ominaisuudet, kosteus ja epäpuhtaus, sekä kappaleiden välinen sijainti. Purkaukset ovat harvoin haitallisia ihmisille, mutta herkät elektroniset laitteet ja komponentit voivat vaurioitua purkauksen satuttaessa. (Yleiselektroniikka n.d.)

ESD-suojaus on tärkeää, sillä herkille elektronisille laitteille ja komponenteille purkaus voi aiheuttaa vikaantumista sen tapahtuessa tuotannossa, testauksessa, huollossa tai logistiikassa. Suojautuminen tapahtuu pääsääntöisesti johtamalla staattiset varaukset maadoitukseen tai varausta poistavan materiaalin avulla sähköjärjestelmän maatasoon. (Yleiselektroniikka n.d.)

4 SÄHKÖSUUNNITTELUN ESITIEDOT

Esitiedot ovat tärkeä osa suunnittelua, sillä niiden avulla suunnittelija saa kokonaiskäsityksen tilasta, sekä sen vaatimuksista. Suunnittelusta tulee sujuvampaa ja turhilta vihreiltä vältytään.

MRI-tilan rakentamisessa on omat vaatimuksensa, joita tulee noudattaa. Tämä johtuu siitä, että laite on todella herkkä vikaantumaan.

4.1 SIGNA™ Hero 3T MRI-kuvantamislaitte

Tämä työ sisältää suunnitteluohjeet GE Healthcaren SIGNA™ Hero 3T MRI (kuva 2) nimiseen MRI-laitteeseen sen ominaisuuksien ja vaatimusten pohjalta. Laitteessa on 3.0 T (teslan) suprajohtava magneetti, jossa käytetään nestemäistä heliumia suprajohtavuuden ylläpitämiseen. (GE Healthcare n.d.)



KUVA 2. SIGNA™ Hero 3T (GE Healthcare n.d.)

Kuvantamislaitetekonaisuuteen kuuluu useampia laitteita, jotta se saadaan toimimaan. Kuvantamistilaan sijoitetaan magneettilaite, sekä magneetin alasajoyksikkö (MRU). MRU:n avulla magneettikenttä saadaan poistettua nopeasti, sitä tulee kuitenkin käyttää vain hätätilanteessa. (GE Healthcare n.d.)

Laitteistotilaan sijoitetaan laitekeskus (MDP), joka ohjaa itse kuvantamislaitetta ja siihen tulevia oheislaitteita. Integroitu järjestelmäkaappi (ISC), sekä integroitu jäähdytyskaappi (ICC) sijoitetaan keskenään samaan tilaan. (GE Healthcare n.d.)

Magneettikuvauslaitteiston toimintaa valvotaan magneettimonitorilla (MON), joka on tietokonepohjainen moduuli ja se liitetään magneettiin, sekä järjestelmän laitekaappeihin. Magneetissa olevaa nesteheliumsäiliötä jäähdytetään kylmään kompressorilla (CRY), joka on sijoitettu ICC- kaappiin. Magneettikuvauslaitteistoa ohjataan ohjaustilassa olevalla käyttökonsolilla (GOC), johon on liitetty tietokone näytöt sekä näppäimistö. (GE Healthcare n.d.)

4.2 Faradayn häkki

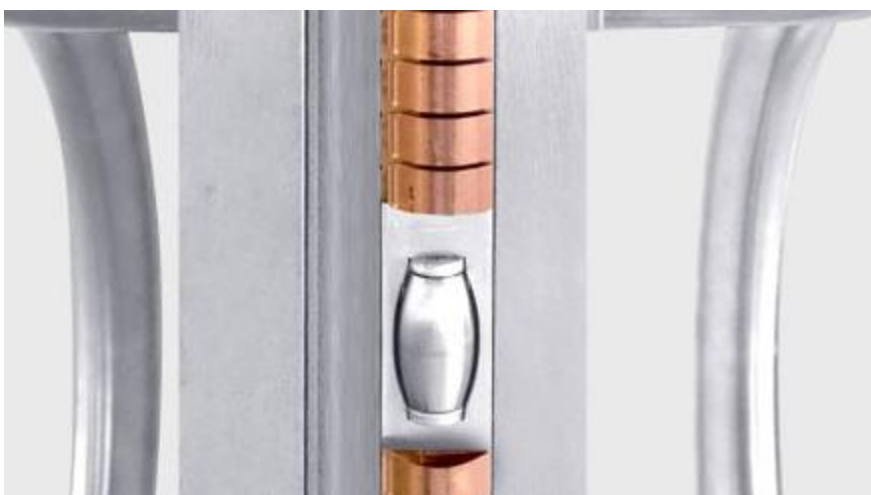
Faradayn häkki perustuu Gaussin lakiin sekä sähköä johtavaan materiaaliin, jota tässä työssä ei käsitellä tarkemmin. Häkin pinnalla olevat vapaat elektronit siirtyvät sähkökentän mukaan joutuessaan ulkoiseen sähkökenttään. Faradayn häkin ansiosta pystytään estämään ulkopuolelta tulevaa sähkömagneettista säteilyä pääsemästä laitteen sisälle, sekä sen poistumista kuvantamishuoneesta. (IMEDCO Shielding Products, No.9080-BE n.d.)

Faradayn häkki tunnetaan myös RF-koppina (kuva 3), joka voidaan rakentaa korkealaatuisesta ohuesta kuparilevystä. RF-koppi sähköeristetään muusta rakennuksesta ja kytketään samaan potentiaalintasaukseen magneettikuvauslaitteen kanssa. Kytkeä piste on RF-kopin läpivientipaneelissa. (IMEDCO Shielding Products, No.9080-BE n.d.)



KUVA 3. Kuparinen RF-koppi (IMEDCO AG, rfshielding_room_outside 2024)

Ovet ja ikkunat vaimentavat sähkömagneettisia aaltoja. Ovissa on kupariset johdinpinnat ja kaksi akustista reunatiivistettä (kuva 4), jotka takaavat riittävän tiiveyden estämällä sähkömagneettista säteilyä kulkeutumasta huoneeseen. Aukkojen vaikutusten vähentämiseksi käytetään sähköä johtavia tiivisteitä. Tiivisteiden ansioista saadaan kiinteä ja jatkuva yhteys saumoihin. (W. Tyni 2021, 13.)



KUVA 4. RF-kosketinsormi tiiviste (IMEDCO AG, RF-door_IMEDCON_handles n.d.)

RF-suodatin (kuva 5) on reitti, jonka kautta kulkevat kaikki huoneiden välille asennettavat kaapelit. MRI-huoneeseen tulevat teho- ja signaalipiirit viedään suodattimen lävitse ja yhdistetään maadoitusjärjestelmään, joka on suodattimen lähellä. Näin vältetään sähkömagneettisilta häiriöiltä. RF-suodatin tunnetaan myöskin nimellä filtti. Yleisvalaistuksen, hätäseispainikkeiden ja paloilmainten kaapelit menevät yksinapaisista suodattimista. Kohdevalaisimien, pistorasioiden, hätäpoistumisvalojen, sekä MRU:n kaapelit viedään isoista suodatinryhmistä. (IMEDCO Shielding Products, No.9080-BE n.d.)



KUVA 5. RF-suodatin (Kuva: IMEDCO AG RFFeedthroughs_power n.d.)

4.3 Vastuut

Tässä osioissa käydään läpi erityisiä velvollisuuksia, jotka tulevat kuvantamistilan hankinnassa ja suunnittelussa vastaan. Velvollisuudet perustuvat henkilön tai yrityksen tekemiseen tai toimintaan.

Kuvantamistilan suunnittelussa ja toteutuksessa, sekä sen käyttöönottamisessa on tarkat säännöt, joita tulee noudattaa. Tässä kappaleessa kerrotaan tiivistetysti mitä sääntöjä ja ohjeita tulee noudattaa eri tahojen suunnalta.

4.3.1 Valmistajan ja myyjän vastuut

Valmistaja vastaa lääkinnällisen laitteen suunnittelusta, valmistuksesta, pakkaamisesta ja merkinnöistä, huolimatta siitä, toteuttaako valmistaja nämä toimenpiteet itse. Valmistajan on huolehdittava turvallisuuden kannalta lääkinnällisen laitteen tarpeellisista tiedoista käytön, varastoinnin ja kuljetuksen osalta. Laitteen mukana tulevien tietojen tulee olla suomen-, ruotsin- tai englanninkieliset, mikäli tietoja ei ole annettu yleisesti tunnetuilla ohje- tai varoitusmerkinnöillä. Laitteen turvallisen käytön vaatimuksena olevien tietojen on oltava suomen- tai ruotsinkielisiä. Turvallisen käytön edellyttämiä tietoja valmistaja määrittelee riskianalyysin perusteella. Laitteet, joiden testaukset on tarkoitettu itse suoritettavaksi, käyttöohjeet ja merkinnät on oltava suomeksi ja ruotsiksi. (Finlex 720/2021,12§)

Valmistajan velvollisuutena on luokitella lääkinnällisen laitteen vaatimustenmukaisuus luokitussäännön mukaisesti. Tämän perusteella valitaan tuoteluokan mukainen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen käytettävä menettely. (Finlex 720/2021,13§)

Valmistajalla on velvollisuus ilmoittaa vaaratilanteista lääketeollisuuden turvallisuus- ja kehittämiskeskuselle tilanteissa, jotka johtavat tai olisivat voineet johtaa potilaan, käyttäjän tai muun henkilön terveyden vaarantumiseen. Tarvittaessa pitää samaa tyyppiä olevat laitteet poistaa markkinoilta. (Finlex 720/2021,14§)

Valmistajan velvollisuus on varmistaa sähkölaitteen vaatimustenmukaisuus ennen laitteen markkinoille saattamista. Laitteelle on suoritettava soveltuva arviointimenettely ja laadittava vaatimustenmukainen asiakirja. Tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvaatimukset ovat lähtökohtaisesti oltava suomen ja ruotsin kielellä. Valmistajan on säilytettävä tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus vähintään kymmenen vuoden ajan sen jälkeen, kun sähkölaite on tuotu markkinoille. (Finlex 16.12.2016/1135,13§)

4.3.2 Käyttäjän vastuut

Laitteen käyttäjän vastuulla on valmistella käyttötilat työmaa-asiakirjoissa sovitulla tavalla ja huolehdittava, että tarkastusluettelossa olevat määräykset toteutuvat. Lisäksi on myös huolehdittava, että kantavat seinät, katot ja lattiat ovat asennettu ennen asennuksen aloittamista. (GE Healthcare n.d.)

Käyttäjällä on vastuu käyttää laitetta ohjeiden mukaisesti. Lisäksi käyttäjän on huolehdittava laitteen määräaikaishuolloista laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. (GE Healthcare n.d.)

4.3.3 Sähkösuunnittelijan vastuu

Sähkösuunnittelijan vastuulla on noudattaa voimassa olevia standardeja ja määräyksiä, sekä lakeja. Suunnittelija vastaa suunnitelmiansa oikeellisuudesta, sekä niiden ristiriidattomuudesta muiden tekniikanalojen suunnitelmien kanssa. Sähkösuunnitelmat on laadittava siten, että niiden mukaisesti tehdyt asennukset ovat turvallisia ja määräyksien mukaisia. (Tukes b, n.d.)

Sähkösuunnittelija ratkaisee kohteen toiminnallisia tavoitteita suunnitelmissaan. Tärkeimpinä näistä ovat turvallisuus, suojaukset sekä laitteiden valinnat ja sijoittelut. Tilan käytännöllisyyden vuoksi on huolehdittava myös valaistuksesta, lämmityksestä sekä virtalähteistä. (Tukes b, n.d.)

4.3.4 Urakoitsijan vastuut

Urakoitsijalla on yrityksessään palveluksessa sähkötöiden johtaja. Sähkötöiden johtajan velvollisuuksiin kuuluu varmistaa, että työntekijät ovat ammattitaitoisia ja, että he saavat tarvittavan opastuksen työhön. Hän pitää huolen työn kulusta ja valvoo, että työntekijöillä on tarvittavat työvälineet ja hyvät työolosuhteet. Hän johtaa ja valvoo sähkötöitä vastuullaan olevista toimipaikoista samanvertaisesti. (Tukes a, n.d.)

Sähkötöiden johtaja vastaa omalta osaltaan sähkötyöturvallisuudesta ja valitsee työkohteisiin sähkötyöturvallisuuden valvojan. Sähkötöiden johtajan velvollisuutena on ylläpitää ammattitaitoaan ja tuntea työhön liittyvät turvallisuusasiat, sekä voimassa olevat sähköturvallisuusvaatimukset. Hän huolehtii, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja, että sähkölaitteet ja – laitteistot ovat lain vaatimassa kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle osapuolelle luovuttamista. (Tukes a, n.d.)

5 SÄHKÖSUUNNITTELU

Sähkösuunnittelu jakautuu kahteen kokonaisuuteen, jotka ovat vahvavirta-asennukset ja heikkovirta-asennukset. Nämä taas jakautuvat useampaan osa-alueeseen eli järjestelmään, joista kaikki eivät sisälly tämän kohteen suunnitteluun.

Puuttuvia heikkovirtajärjestelmiä saattaa tulla suunniteltavalle alueelle, mikäli kyseessä olevassa kohteessa niitä tarvitaan, mutta ne ovat kokonaan erillisiä ja siten epäolennaisia tämän suunnitteluohjeen kannalta. Tällaisia ovat esimerkiksi äänentoistojärjestelmä, aikakellojärjestelmä ja hoitajakutsujärjestelmä.

5.1 Vahvavirtajärjestelmät

Vahvavirtajärjestelmät toimivat pääsääntöisesti 400 V / 230 V jännitteillä. Vaihtoehtoisesti ne voivat toimia korkeammalla jännitteellä tai liittyä muulla tavalla vahvavirtajärjestelmiin.

Vahvavirtajärjestelmiin, joita tässä työssä käsitellään, kuuluvat pistorasiat, valaistus, laitesyötöt, maadoitus eli potentiaalintasaus ja turvalaistus. Turvalaistus ei aina toimi vahvavirralla, eikä potentiaalintasauksessa normaalitilanteessa kulje sähköä juurikaan, mutta nämä luokitellaan silti vahvavirtajärjestelmään.

5.1.1 Valaistus

MRI-tilan valaisimien valinta on hyvin merkittävässä roolissa. On otettava huomioon valaisimen materiaali, kirkkaus ja värilämpötila, jotta valaisin tuottaa oikean sävyistä valoa. Materiaalissa pitää ottaa huomioon, että ne täyttävät RF-suojaus- ja RF-maadoitusvaatimukset, sekä ovat antimagneettisia, ettei tilaan tule laitetta haittaavia häiriöitä. (GE Healthcare n.d.)

MRI-tilan valaistustason tulee olla 300 lux hoitolaitteen edessä ja päällä. Valaisimien tulee toimia tasavirralla, sekä niiden tulee olla himmennettäviä, jotta hoitotoimenpiteet voidaan suorittaa tarpeellisessa valaistuksessa, mutta itse kuvaustilanne voidaan suorittaa miellyttävämmässä valaistuksessa. Valaistuksen himmennys on toteutettava tasasähköpuolella, jotta häiriöiltä vältytään. Valaisimien liitäntälaitteet sijoitetaan MRI-tilan ulkopuolelle samasta syystä. (GE Healthcare n.d.)

MRI-tila on lääkintäluokaltaan G1. Tämä on hoitotilalle tehtävä määräys, joka tarkoittaa käytännössä sähköisen lääkintälaitteen käyttöä kehon sisäisesti. MRI-laitte ei varsinaisesti tätä määritystä fyysisesti täytä, mutta MRI-tilat luetaan tähän luokkaan kuuluviksi. Tämän vuoksi tilassa tulee olla valaistuksessa vikavirtasojakytkimet. Valaistuksen tulee saada syöttönsä kahdesta eri ryhmästä ja osan valaisimista pitää olla varavoimaan liitettynä, jotta yksittäinen vika ei sammuta tilan valaistusta kokonaisuudessaan. (SFS 6000-7-710:2022)

Liitteessä 1 on esitetty tilan valaistuksen ja sen ohjauskojeiden sijoittelu, sekä kaapelointi. Suunniteltaessa on valaistuksen osalta suuri ero, onko kyseessä MRI-tila, joka on G1-tila, vai onko kyseessä tavallinen ei lääkinnällinen tila. Muissa tiloissa ei tarvitse huomioida niin monia voimassa olevia standardeja, jolloin toteutettavat asennuksetkin ovat yksinkertaisempia.

Sähkösuunnitelmissa olevista valaisimista tehdään valaisinluettelo, jonka mukaan urakoitsija voi tehdä hankinnat. Valaisinluettelossa on mainittu valaisintyytit, valaistuksen värilämpötilat, kosteus- ja kosketussuojausluokat, valaisimien määrät ja positiot. Luetteloon listataan myös mahdolliset erityishuomiot.

5.1.2 Pistorasiat

Pistorasioita sijoitetaan toimintaa palvelevien laitteiden syötöiksi. Tällaisia ovat esimerkiksi magneettimonitori ja ohjaustilan tietokoneet. Magneettimonitorin syöttö tuodaan UPS-järjestelmästä, mikäli se on kiinteistössä saatavilla, jotta sähköverkon häiriöt, eivät vaikuta laitteen toimintaan. Pistorasioiden sijoittelu ja kaapelointi on esitetty liitteessä 1. (GE Healthcare n.d.)

Muut pistorasiat sijoitellaan tarvittaviin paikkoihin yleiskäyttöä varten, kuten huoltoa ja siivousta. Niiden korkeus määräytyy standardien, sekä kohdekohtaisten ohjeiden mukaan.

5.1.3 Laitesyötöt

MRI-laitetta palvelevat laitteet sijoitetaan laitetoimittajan tekemien suunnitelmien mukaisesti. Näille viedään tarvittavat syötöt ja verkkoyhteydet. Laitteistoa varten asennetaan hätäseis-painikkeet ohjaustilaan ja MRI-tilaan, joiden avulla henkilökunta voi sammuttaa MRI-laitteen sähköt hätätilanteen sattuessa. (GE Healthcaaren n.d.)

Laitteiden vaatimat sähkösyötöt, joista osa on pistorasian kautta tapahtuvia syötöitä, on esitetty liitteessä 1. Muut laitteiden väliset kaapeloinnit on esitetty liitteessä 2.

5.1.4 Turvavalaistus

Turvavalaistuksen tarkoituksena on taata turvallinen poistuminen rakennuksesta silloin, kun normaali tehon syöttö häiriintyy ja tavallinen valaistus sammuu. Poistumisreittivalaistus auttaa rakennuksessa olevia henkilöitä poistumaan turvallisesti tiloista ja antamalla riittävän näkyvyyttä poistumista varten, sekä auttaa vähentämään paniikin todennäköisyyttä. Valaisimien tulee olla päällä vähintään tunnin, jotta tarvittava evakuointi ehditään suorittaa turvallisesti. (SFS-EN 1838, 6–10)

Poistumisopasteiden on lähtökohtaisesti oltava aina valaistuja ja turvavalaistuksen on käynnistytävä 5 sekunnin sisällä siitä, kun tavallinen valaistus joutuu epäkuuntoon. MRI-tilassa poistumisopaste käynnistyy vasta normaalin valaistuksen joutuessa epäkuuntoon, ettei laitteen elektroniikka häiritse MRI-laitteistoa kuvauksen aikana. Jokaisen hätäpoistumiseen tarkoitettulla käytävällä, sekä kulkureitillä

on oltava valaistut poistumisopasteet. Mikäli uloskäytävän opasteita ei näe suoraan, on käytettävä riittävää määrää suuntanuolia osoittamaan ulospääsyä. (SFS-EN 1838, 6–10)

Tilojen turvalistussuunnitelmat kaapelointineen on esitetty liitteessä 3. Turvalaisimien valintaan vaikuttaa kiinteistössä käytettävä järjestelmä. Mikäli kiinteistössä on käytössä turvalaisimet, joissa on akut, pitää MRI-tilaan tulevien turvalaisimien akut sijoittaa laittilan puolelle, jotta ne eivät aiheuta häiriötä laitteen toiminnalle.

5.1.5 Potentiaalintasausjärjestelmä

Johtavien osien välisellä sähköisellä liitännällä on tarkoitus saavuttaa niiden tasapotentiaali, jota kutsutaan potentiaalintasaukseksi. Johtavia osia ovat sellaiset, jotka tulevat jännitteiseksi peruseristyksen pettäessä, kuten sähkölaitteiden rungot. (SFS 6000-7-710:2022,13)

Potentiaalintasauksella taataan henkilöturvallisuus, kun vikaantumisen yhteydessä metallinen osa ei jää jännitteiseksi. Tällöin virta johtuu potentiaalintasauksen kautta maahan, jolloin suojalaite katkaisee sähkönsyötön. (SFS 6000-7-710:2022,13)

G1 luokan lääkintätilassa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus lisäpotentiaalintasausjohtimilla, jotka kytketään potentiaalierojen tasaamiseksi metallisten osien ja potentiaalintasauksikon välille. Näin vältetään metallisten osien mahdollisilta potentiaalieroilta. (SFS 6000-7-710:2022,13) MRI-tilassa tarvittava potentiaalintasaus on esitetty liitteessä 4.

5.1.6 Kaapelointi

MRI-tilan kaapeloinnit viedään RF-suodattimen läpi, jotta vältetään MRI-laitteeseen kohdistuneilta häiriöiltä. Tilaan ei saa tehdä muita kaapelireittejä. Tarvittavia kaapelointeja on esitetty liitteissä 1, 2, 3, 4, ja 5. (GE Healthcare n.d.)

Laitekeskukselle (MDP) määritellään syöttökaapeli MRI-laitteen tehon, syöttävän keskuksen etäisyyden, sekä verkon rakenteen perusteella. Muut laitteisiin liittyvät kaapelityypit määräytyvät laitetoimittajan ohjeiden mukaisesti. (GE Healthcare n.d.)

5.1.7 Kaapelireitit

MRI-tilassa kaapelihyllyjen tulee olla antimagneettisia. Niiden asennuskorkeus lattiasta mitattuna on oltava 2449 mm – 3251 mm. Katon ja hyllyn välissä, sekä sivuilla tulee olla vähintään 254 mm tilaa. Kaapelihyllyn yläpuolella olevaan esteeseen tulee olla vähintään 178 mm tilaa, sekä hyllyjen välissä vähintään 12 mm tila. Näillä etäisyyksillä saavutetaan riittävät asennustilat kaapelien taivutussäteet huomioiden. (GE Healthcare n.d.)

Liitteessä 1 on esitetty tilojen kaapelireittisuunnitelmat. MRI-tilan osalta kaapelireittejä on vähän, mutta muissa tiloissa reittejä tarvitaan paljon. Kaapelihyllyjä pitkin tuodaan kaapelit keskuksille ja laitteille. Kaapelikanaviin taas asennetaan kojeita, kuten pistorasioita, käytettäville korkeuksilla.

5.2 Heikkovirtajärjestelmät

Heikkovirtajärjestelmät toimivat pienemmillä jännitteillä ja niissä kulkevat pienemmät virrat. Nämä järjestelmät saavat yleensä syöttönsä vahvavirtajärjestelmästä, mutta muuttavat sen järjestelmälle sopivaan tasoon laitekeskuksessa.

Tähän suunnitteluohjeeseen sisältyy yleiskaapelointijärjestelmä eli kiinteä internetyhteys ja paloilmoinjärjestelmä. Muita järjestelmiä on mahdotonta yleispätevästi käsitellä, tietämättä kohteesta enemmän.

5.2.1 Yleiskaapelointijärjestelmä

RJ-45-rasia tunnetaan myös nimellä datarasia. Sitä käytetään, jotta laitteelle, kuten tietokoneelle, saadaan fyysinen yhteys verkkoon. Vaihtoehtoisesti tämä yhteys voidaan tehdä myös langattomasti, mutta kiinteä yhteys on monella tavalla paljon parempi, koska se on toimintavarmempi.

RJ-45-rasiat sijoitetaan liitteen 1 mukaisesti siten, että tietokoneet, magneettimonitori ja laitekeskus voidaan liittää operaattorin verkkoon. Rasiat kaapeloidaan kiinteistön jakamolta. Laitteet liitetään datarasioihin patch-, eli liitoskaapeleilla.

5.2.2 Paloilmaisinjärjestelmä

Paloilmaisinjärjestelmän laitteet valitaan kiinteistössä käytettävän paloilmaisinjärjestelmän mukaan. Ilmaisimet liitetään kiinteistön paloilmaisinsilmukkaan. Paloilmaisimet sijoitellaan ST-ohjeiston 1 paloilmoittimen suunnittelu, asennus ja ylläpito dokumentin mukaisesti. Ohjeistossa on määritelty valvottavat tilat, sekä ohjeet ilmaisimien sijoitteluun.

Liitteessä 5 on esitetty kohteen ilmaisinsijoittelu. Tiloissa, joissa kaapelihylly on sijoitettu alakaton yläpuolelle, on tarpeellista sijoittaa lisämerkkivalollinen ilmaisim myös alakaton yläpuolelle. Ilmaisimien sijoittelussa on lisäksi otettava huomioon tulo- ja poistoilmapäätteiden sijainnit, jotta ilmaisimet toimivat palon sattuessa oikein.

5.3 Muut tarvittavat piirustukset

Tasopiirustuksien lisäksi kohteista on laadittava muitakin piirustuksia. Tällaisia ovat muun muassa järjestelmäkaaviot, pääkaaviot ja piirikaaviot.

Järjestelmäkaavioita ei tähän suunnitteluohjeeseen ole sisällytetty. Tämä johtuu siitä, että järjestelmäkaaviot ovat kuvaus kokonaisuudesta, kun taas tämä ohje kohdentuu tiettyyn osa-alueeseen.

5.3.1 Pääkaavio

Pääkaavioissa on esitetty tiedot tilaan hankittavasta sähkökeskuksesta. Ensimmäisellä sivulla on listattu keskuksen yleiset tiedot. Tämän jälkeisellä sivulla on kaaviossa esitetty keskuksen tuleva syöttö, sekä siihen liittyvät komponentit. Syötön jälkeen kaaviossa on esitetty lähdöt tarpeellisine tietoineen.

Liitteessä 6 on suunnitteluohje kohteeseen hankittavan sähkökeskuksen pääkaaviosta. Pääkaaviossa on ryhmänumeroittain esitetty sopivat lähdöt kutakin laitekokonaisuutta varten. Lähtöihin on lisäksi merkitty sopivat kaapelit. Keskuksessa on esitetty muutama lähtö, jotka olisi syytä olla varavoimakeskuksessa ja UPS-keskuksessa, mikäli kohteessa on sellaisia saatavilla.

5.3.2 Piirikaavio

Piirikaaviossa esitetään ohjatun lähdön kojeiden ja laitteiden kytkentä keskuksen sisällä. Lisäksi niistä selviää ohjauskaapeleiden kytkentä. Piirikaaviot tehdään keskusvalmistajaa varten, jotta keskus valmistetaan suunnitellulla tavalla. Lisäksi urakoitsija eli sähköasentaja näkee keskuksen kytkettävät ohjauskaapelit.

Suunnitteluohjeeseen ei sisälly piirikaavioita. Tämä johtuu siitä, että kaikki tarvittavat ohjaukset sisältyvät laitetoimituksessa tulevaan keskuksen. Suunniteltu sähkökeskus sisältää vain ohjaamattomia lähtöjä, joten keskusvalmistajalle riittää pääkaavio sen rakentamisohjeeksi.

6 POHDINTA

Tulokseksi saatiin kattavat sähkösuunnitelmat ohjeineen, joilla helpotetaan suunnittelutyön tekemistä. Ohjeet on tehty Suomessa käytetyillä merkinnöillä, jolloin suunnittelijan on helppoa tulkita ohjeita ja välttyttyä virheiltä. Ohjeet on mahdollista muokata jatkossa sähkösuunnitteluohjelmalla.

Tässä työssä saatiin kuvantamistilassa huomioitavat asiat tuotua ohjeisiin. Ohjeistukset on tehty jokaiseen kaavioon erikseen, jotta ne olisivat mahdollisimman selkeästi luettavissa.

Työn toteutuksessa täytyi ottaa huomioon standardit, laki ja määräykset. Suunnitteluohjetta tehdessä huomioitiin magneettikuvauslaitteen ominaisuudet, sekä RF-kopin vaatimukset. Tässä ohjeessa on kuvitteellinen kuvantamistila, jonka vuoksi tilan vaatimukset ovat yleisellä tasolla otettu huomioon. Ohjeet kirjattiin jokaisen kaavion kohdalle erikseen, jotta luettavuus pysyisi mahdollisimman selkeänä.

Tämä ohje sopii suunnittelijalle, jolla on jo jonkin verran kokemusta suunnittelusta, mutta ei ollenkaan kuvantamistilojen suunnittelusta. Ohjeet eivät kuitenkaan anna suoraa vastausta jokaiseen kysymykseen, sillä suunnittelijan on otettava huomioon tilan ja laitteen vaatimukset jokaisessa suunnittelukohteessa erikseen.

Ohjeiden päivitystarvetta on hyvä seurata. Suunnittelu perustuu standardeihin, määräyksiin ja lakiin, jonka vuoksi tämä on tärkeää. Jotta tätä ohjetta voidaan käyttää eri magneettikuvauslaitteen tilan suunnitteluun, sen laitevaatimukset on syytä käydä läpi. Laitevaatimukset voivat olla hyvinkin erilaisia esimerkiksi tehollaan ja magneettisuudeltaan. Lisäksi on hyvä ottaa huomioon tila, johon laite sijoitetaan, sekä kiinteistön omat vaatimukset.

Ohjeessa oleviin tasopiirustuksiin olisi voinut laittaa tarkemmin komponenttien tiedot, sekä kaapelityypit. Koen kuitenkin, että pääkaaviossa olevat tiedot riittävät tämän tiedon antamiseen. Mikäli suunnittelussa on jotain erityistä huomioitavaa,

silloin on tarpeen mainita se erikseen tasopiirustuksessa. Tämä ratkaisu helpottaa suunnittelua.

Pienimuotoiseksi haasteeksi koitui kuvantamislaitteen ja sen ympärillä olevien laitteiden sijoittelu, sekä kaapelointi. Kuvantamislaitteen sijoitteluun vaikutti laitteen massa, sekä magneettisuus. Laitetta sijoittaessa on huomioitava, että magneettikenttä ei ylity, jonka vuoksi sen sijainnin on erittäin tärkeää olla juuri siinä, minne laitetoimittaja on sen määrittänyt. Kaapelointi tulee viedä RF-suodattimen kautta laitteistotilaan, jossa laitteet sijoitetaan määrätuille paikoille ja kaapeloidaan niille tarkoitetuilla kaapeleilla.

Tulevaisuudessakin Suomeen tulevien ohjeistusten olisi hyvä olla Suomessa käytetyillä merkinnöillä tehtyjä, jolloin ohjeistus palvelee suunnittelijoita parhaiten. Muissa maissa merkinnät voivat olla hyvinkin erilaiset, jolloin suunnittelija joutuu tekemään enemmän pohjatyötä suunnittelun aloittamiseksi.

LÄHTEET

Ahoranta, J. 2015. Sähkötekniikka. Magnetismi. Magnetismin perusilmiö.14. uud.painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

B.Govind 1990: Made Easy, 2 Edition. Basic Principles. Longitudinal Magnetization. Berlin: Schering, 1990.a.

B.Govind 1990: Made Easy, 2 Edition. Basic Principles. Transverse Magnetization. Berlin: Schering, 1990.b.

B.Govind 1990: Made Easy, 2 Edition. Basic Principles. MR Signal. Berlin: Schering, 1990.c.

B.Govind 1990: Made Easy, 2 Edition. Basic Principles. Localization of the Signal. Berlin: Schering, 1990.d.

Cambridge University press. n.d. Resonance and Relaxation. MRI_from_picture_to_proton.2017. Verkkosivu. Viittaus 9.2.2024

<https://www.cambridge.org/core/books/abs/mri-from-picture-to-proton/getting-in-tune-resonance-and-relaxation/10C0B206FCE6049DCD2C3F89206F82F9>

Chavhan, Govind B. *MRI Made Easy (for Beginners)*. Second edition. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers P Ltd, 2013. Print.

GE Healthcare suomessa. n.d. Verkkosivut. Viittaus 29.1.2024

<https://www.gehealthcare.fi/about/ge-healthcare-offices-in-finland>

GE Healthcare. SIGNA Hero, Preinstallation Manual. PDF-dokumentti. Luettu 6.2.2024. Ei yleisessä jaossa.

Helsingin Magneettikuvaus. n.d. Magneettikuvauksesta. Verkkosivu. Viittaus 29.1.2024 <https://helsinginmagneettikuvaus.fi/magneettikuvauksesta/>

IMEDCO AG. n.d. a. Shielding Products. Coupper RF Enclosure. PDF-dokumentti. Luettu 2.2.2024. Ei yleisessä jaossa.

IMEDCO AG. n.d. b. Shielding Products. RF-filters. PDF-dokumentti. Luettu 2.2.2024. Ei yleisessä jaossa.

IMEDCO AG.n.d. c. Imedco RF Enclosure. Verkkosivu. Viittaus 1.2.2024 <https://www.imedco.com/>

Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 720/2021. Viittaus 13.3.2024 <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210720#Pidm46651395421088>

SFS-EN 6000-5-56:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–56: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Turvajärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardiliitto SFS. PDF. Viitattu 27.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden.

SFS-EN 1838. 2014 Valaistussovellukset. Turvavalaistus. Helsinki: Suomen Standardiliitto SFS. PDF. Viitattu 27.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden.

SFS 6000-7-710:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Helsinki. Suomen Standardiliitto SFS.PDF: Viittaus 1.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden.

Säköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Viittaus 13.3.2024
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135#L2P13>

Tieteen Kuvalehti. Magneettikuvauslaite paukkuu magnetismin vuoksi. Verkkosivu. Viittaus 6.4.2024 <https://tieku.fi/laaketiede/laaketieteellinen-tekniikka/magneettikuvauslaite-miksi-se-meluaa>

Tukes. n.d. a. Sähkötöiden johtajan tehtävät. Verkkosivu. Viittaus 29.3.2024
<https://tukes.fi/sahko/sahkotoiden-johtaja>

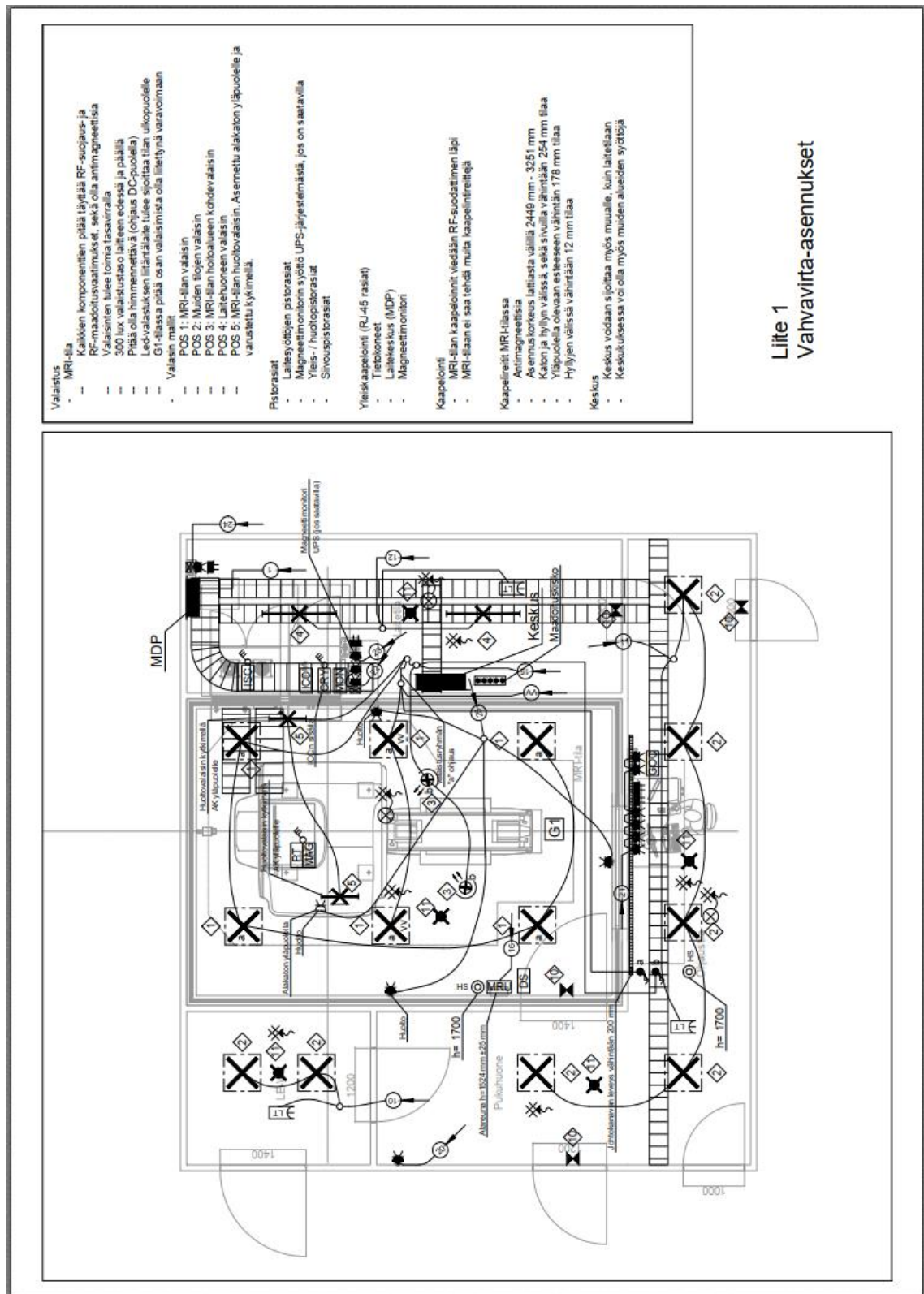
Tukes. n.d. b. Sähkölaitteistot. Suunnittelu. Verkkosivu. Viittaus 13.3.2024
<https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot/suunnittelu>

W.Tyni.2021. Elektroniikan suojaaminen sähkömagneettiselta pulssilta kriittisissä kohteissa. Metropolia. Opinnäytetyö. Viittaus 7.3.2024
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497470/Elektroniikan%20suojaaminen%20s%E4hk%F6magneettiselta%20pulssilta%20kriittisiss%E4%20koh-teissa.pdf?sequence=2>

Yliselektroniikka. n.d. Mitä on ESD? Verkkosivut. Viitattu 13.3.2024
<https://www.yeint.fi/uutiset/esd-suojaus>

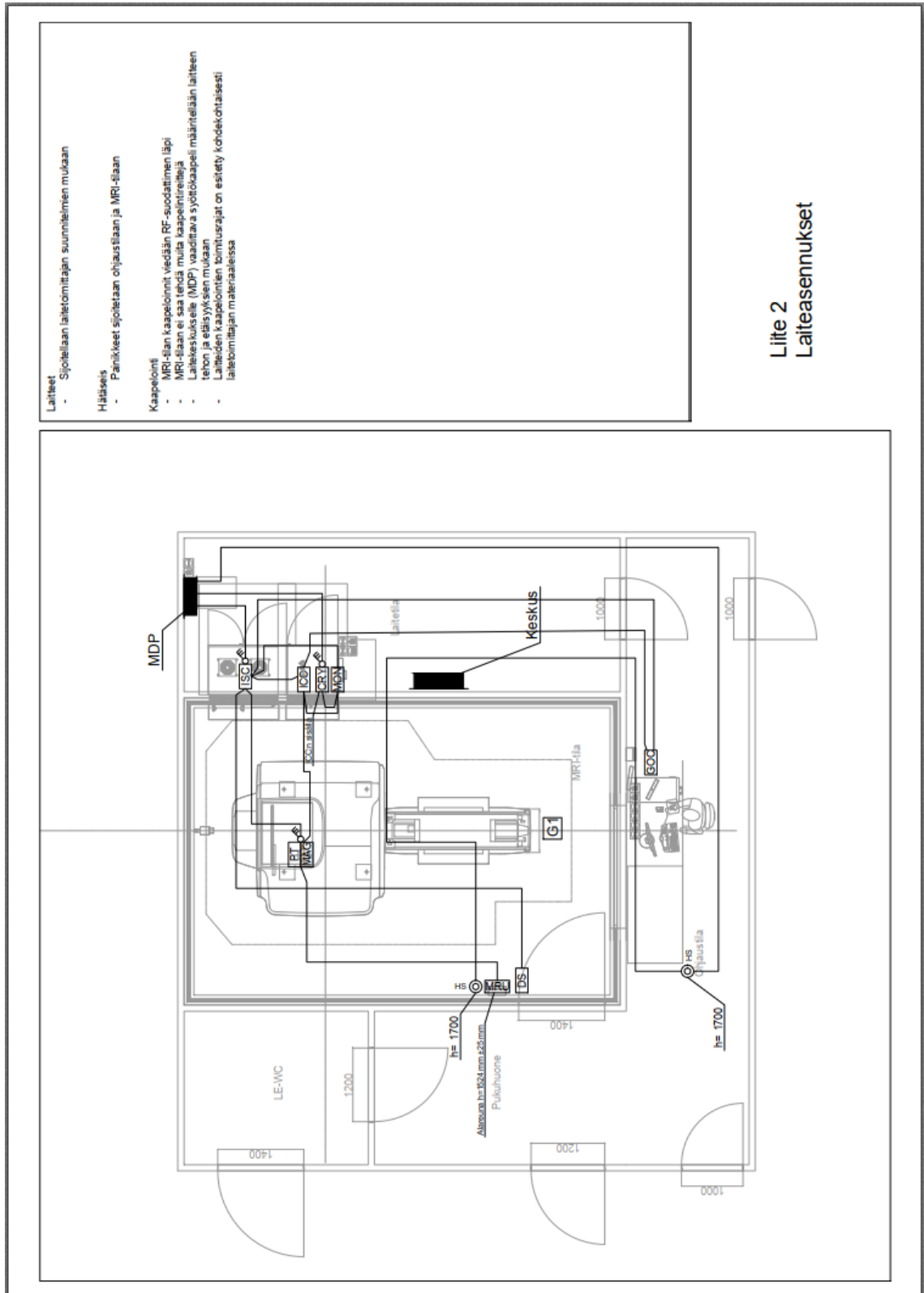
LIITTEET

Liite 1. Vahvavirta-asennukset

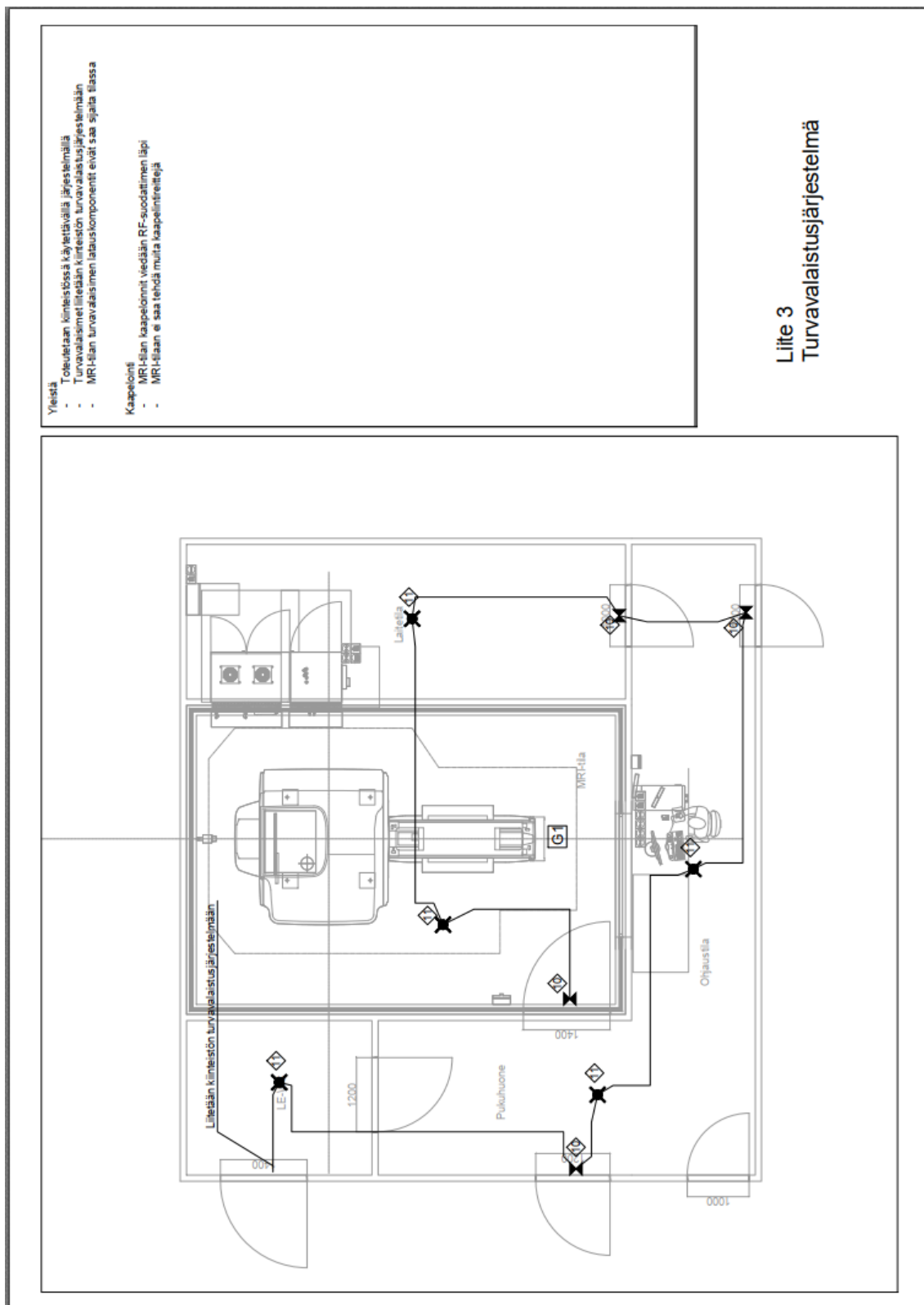


Liite 1
Vahvavirta-asennukset

Liite 2. Laitesennukset

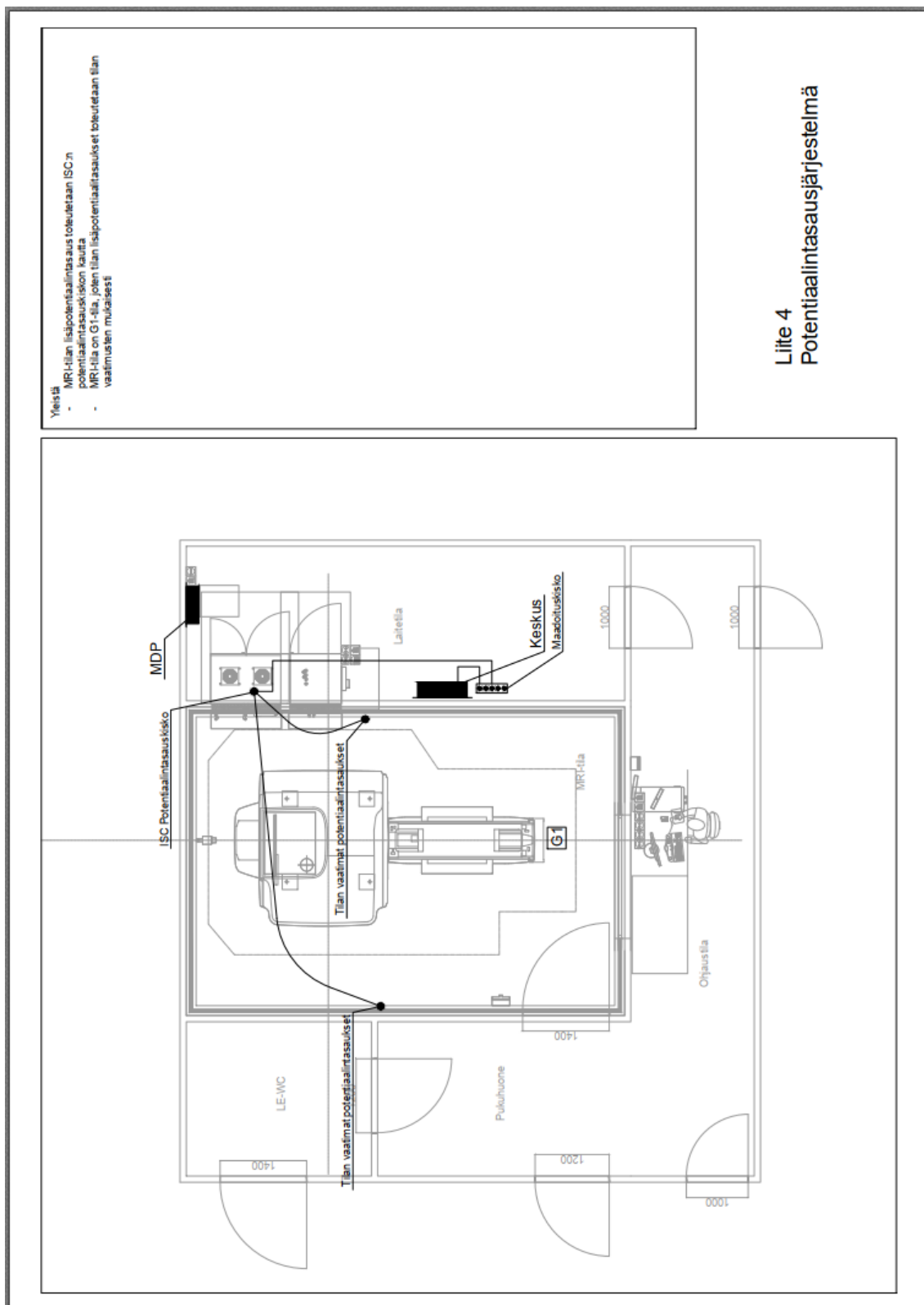


Liite 3. Turvavalistusjärjestelmä

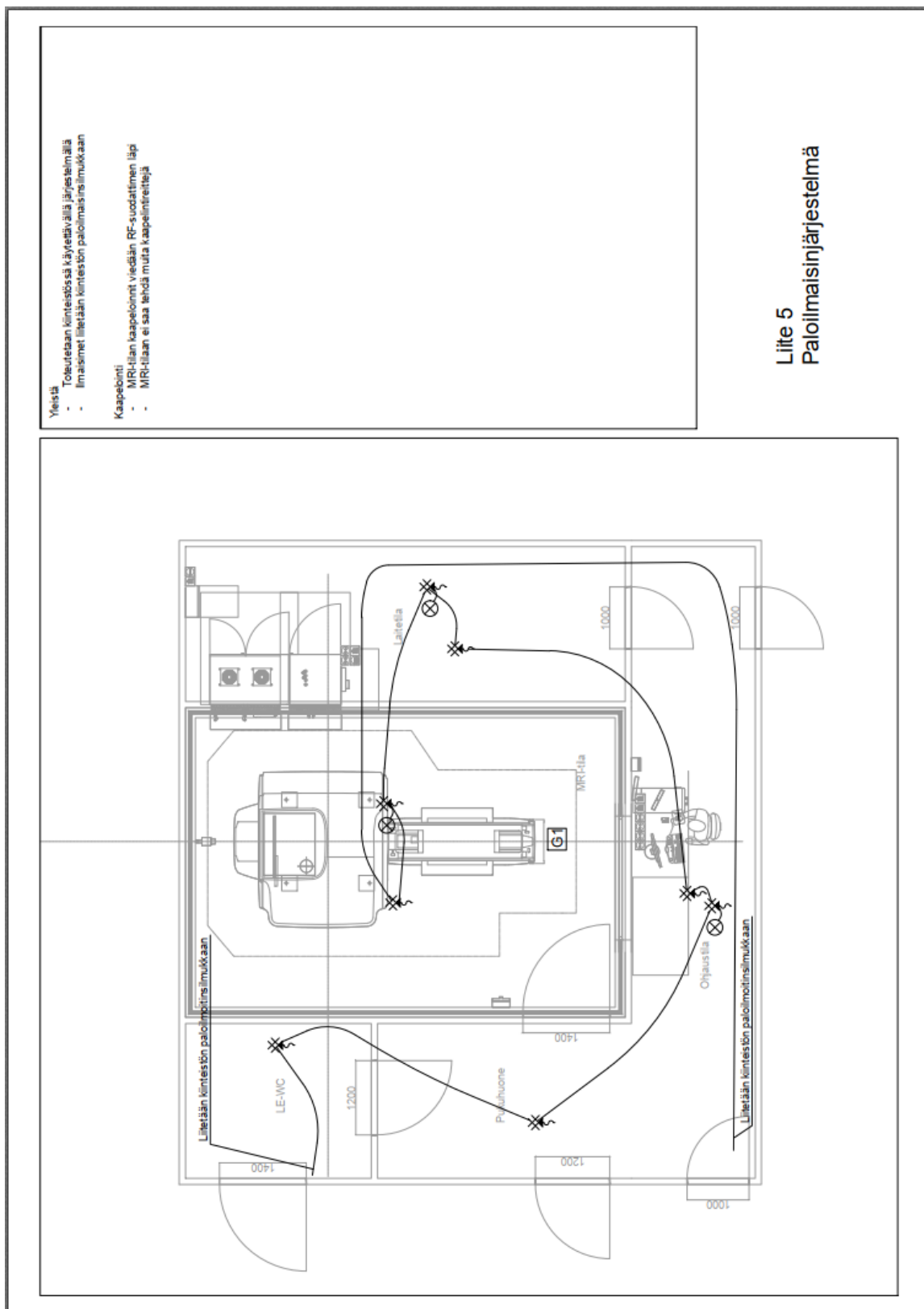


Liite 3
Turvavalistusjärjestelmä

Liite 4. Potentiaalintasausjärjestelmä



Liite 5. Paloilmaisinjärjestelmä



Liite 6. Pääkaavio

1 (3)

A SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT	B KOTELONTYÖ- JA ASENNUSTIEDOT	C HYVÄKSYTTÄMINEN JA MERKINNÄT	D KALUSTUS- JA KAAPELONTIEDOT
<p>1. Nimi ja yhteystiedot 2. Käyttöalue 3. Pääkaavio toteutusvaihe 4. Järjestelmä 5. Teho 6. Ohjelmointi 7. Käyttöolosuhteet 8. Käyttöolosuhteet 9. Ohjelmointi 10. Apuohjelma 11. Apuohjelma</p>	<p>1. Kesäkausi ja koteloitus 2. Asennustapa 3. Ilmitys 4. Asennus- ja laite 5. Keskitehollisten yhteyksien ovi 6. Käyttöolosuhteet 7. Pinta- ja tilavuus 8. Kesäkausi 9. Ympäristön lämpötila 10. Kesäkausi 11. Normaalit käyttöolosuhteet</p>	<p>1. Kokonaisuutena hyväksytty 2. Merkinnät 3. Kesäkausi 4. Kipien materiaali 5. Kesäkausi 6. Kesäkausi 7. Sähköteknilliset 8. Verotus 9. TH-C-5 10. Nollan erotus 11. Energiatehollisuus</p>	<p>1. Kalustetapa 2. Kalustuksen tyyppi 3. Merkinnät 4. Laskutusmittareiden toiminta 5. Laskutusmittareiden toiminta 6. Muiden mittareiden koko 7. Syöttö 8. Syöttö 9. Kaapelien lähtösuunta 10. Pääpiirien kaapelien lähtösuunta 11. Ohjelmointi</p>
<p>Liite 6 Pääkaavio</p>	<p>KOHDE kohde 1 kohde 2 kohde 3</p>	<p>SISÄLTÖ Keskus PÄÄKAAVIO</p>	<p>SÄHKÖ TYÖ NO PAINAUS</p>
<p>MIUTOS SUUNN. PIRT.</p>	<p>LEHTI 1/3 MIUTOS</p>		

(jatkuu)

Liite 8. Pääkaavio

3 (3)

Nro	Kaavio	Nimitys	Teho kW	Teho kVA	Virta A	Sulake/ Varoke	Kaapeli	Muutos SUUNN.	Pihitt.
15		MRI-fila Valaistus				C10	MMJ 3x1,5 S		
16		MRI-fila MRU				C10	MMJ 3x1,5 S		
VV		MRI-fila Varavoimavalistus Lähtö varavoimakeskuksesta				C10	MMJ 3x1,5 S		
20		Pukuhuone Pistorasia				C16	MMJ 3x2,5 S		
21		Ohjaustila Pistorasiat				C16	MMJ 3x2,5 S		
22		Laitetila Pistorasiat				C16	MMJ 3x2,5 S		
23		Laitetila Pistorasia, Magneettimonitori Lähtö UPS-keskuksessa, jos kohteessa on				C16	MMJ 3x2,5 S		
24		Laitetila Pistorasia				C16	MMJ 3x2,5 S		
25		MRI-fila Pistorasia				C16	MMJ 3x2,5 S		
		Keskuksesta on lisäksi keskusalueen muut lähdöt							
Liite 6 Pääkaavio								SISÄLTÖ	
KOHDE								Keskus PÄÄKAAVIO	
kohde 1								SÄHKÖ	
kohde 2								TYÖ NRO	
kohde 3								PÄÄVYS	