

Rauli Alaruikka

VERKOSTOMITOITUS SAIRAALAKOHOTEESSA

VERKOSTOMITOITUS SAIRAALAKOHOEISSA

Rauli Alaruikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikankoulutusohjelma, sähköinsinööri

Tekijä: Rauli Alaruikka

Opinnäytetyön nimi: Verkostomitoitus sairaalakohteessa

Työn ohjaaja(t): Pekka Rantala, Jukka Kinnunen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 46

Työssä suoritettiin verkostomitoitus uuteen tulevaan sairaalaan Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta. Optimoitu verkostomitoitus suoritettiin ottaen huomioon jännitteenalenema, selektiivisyys sekä taloudellisuus suunnittelussa sekä toteutuksessa.

Työn toisena aiheena oli vertailla verkostomitoituksen suorittamisen eroja sairaalakohteen sekä normaalin asuinrakennuksen välillä. Työssä käsiteltiin verkostomitoitusta yleisellä tasolla eri kohteiden välillä ja otettiin kantaa pääasiallisiin eroavaisuuksiin verkostomitoitusta suorittaessa.

Työssä suoritettiin ensin lähtötietojen keskitys sähkötasopiirrustuksiin AutoCadin MagiCad-ohjelmaa käyttäen. Sähkötasopiirrustusten pohjalta verkostomitoitusta tehtiin ABB:n eDesign verkstolaskelma-ohjelmalla. Työn laajuus oli yhden muuntamon alue, joita kohteessa oli yhteensä neljä.

Verkostomitoitus on tärkeä jokaiselle uudelle rakennettavalle kohteelle. Verkostomitoituksella selvitetään rakennuksen huipputehon kulutus joko todellisen tai oletetun tehotarpeen mukaan, minkä pohjalta rakennuksen sähköliittymä voidaan myös mitoittaa. Verkostomitoituksella on myös taloudellinen aspekti, sillä alimitoitettuna verkosto rajaa rakennuksen käyttöä ja ylimitoitettuna verkosto kasvattaa kuluja sekä rakennusvaiheessa että myöhemmin käyttökuluina. Verkostomitoitus pyritään optimoimaan tarpeeksi suureksi, jotta tulevaisuuden mahdolliset muutokset voidaan myös toteuttaa.

Asiasanat: verkostomitoitus, verkstolaskelma, sairaala

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in electrical engineering, electrical engineer

Author: Rauli Alaruikka

Title of thesis: Designing Power Grid for Hospital Building

Supervisor(s): Pekka Rantala, Jukka Kinnunen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 46

The purpose of this thesis was to design a power grid for a new hospital. The design work was commissioned by Ramboll Finland Oy. The voltage loss, selectivity and economic efficiency were taken into account in the execution of the optimized design of the power grid.

The subject of the thesis was to execute the design of a power grid in a hospital and to compare the differences in execution of a power grid design between a hospital building and a regular residential building. Power grid design on a general level and the execution of the power grid are discussed in the thesis as well.

The first step in the design work was to gather all initial data and insert it into electric schematics by using MagiCad by AutoCad. Based on the electric schematics, the execution of the power grid design was performed by using eDesign by ABB-software. The scope of the thesis work was the area of a single transformer station out of four transformer stations total in the hospital.

The design of the power grid is a crucial task in every new building construction. The total consumption of energy is investigated in the design of a power grid either by factual or by supposed power consumption. The size of the electric junction for the building can be sized by the conclusion of the total power consumption. The design of a power grid also has an economic aspect. If the power grid is undersized, the usage of the building will be limited. On the other hand, if the power grid is oversized, it will increase the expenses in the construction phase and also later in operating costs. Endeavour of an optimized design of a power grid is to have a proper size, which allows the execution potential alterations for the building in the future.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 VERKOSTOMITOITUS RAKENNUKSESSA	8
2.1 Sähkön jakelujärjestelmät	9
2.1.1 TN-järjestelmät	9
2.1.2 IT-järjestelmä	12
2.2 Mitoitettavan tehon laskeminen asuinrakennuksissa	13
2.3 Selektiivisyys	17
3 SAIRAALAN SÄHKÖVERKKO	21
3.1 Lääkintätila	23
3.2 Turvasyöttöjärjestelmä	26
3.3 Varavoimajärjestelmä	29
3.4 UPS	30
3.5 IT-järjestelmä	31
3.6 Mitoitettavan tehon laskeminen sairaalarakennuksessa	34
4 VERKOSTOMITOITUSTEN VERTAILU	35
4.1 Keskuksset ja jakelujärjestelmät	35
4.2 Sähköasennukset	35
4.3 Tarkastukset	36
4.4 Kaapelointi	36
5 VERKOSTOMITOITUKSEN SUORITUS	37
5.1 Työkohde	37
5.2 Työvälineet	37
5.3 Verkostomitoituksen toteutus	37
6 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44

LYHENTEET

EI	Encapsulating, Insulating; tiiviys ja eristävyys paloluokissa
FRHF	Fire Resistant Halogen Free; Palonkestävä ja halogeenivapaa
G0, G1, G2	Lääkintätilojen ryhmien 0, 1 ja 2 tunnuks
IT	Isolated Terra; nollapisteestä ei yhdistystä suoraan maahan ja jännitteelle alltiit osat yhdistetty erilliseen maadoituselektrodiin
L1, L2, L3	Vaihejohtimet 1, 2 ja 3
N	Nollajohdin
PE	Protective Earth; suojamaa
PEN	Protective Earth and Neutral; yhdistetty suojamaa ja nollajohdin
TN	Terra Neutral; jakelujärjestelmän yksi piste maadoitettu suoraan; sähkölaitteiston jännitteelle alltiit osat yhdistetty tähän pisteeseen
TN-C	Terra Neutral-Combined; nolla- ja suojamaadoitusjohdin yhdistetty
TN-C-S	Terra Neutral-Combined-Separated; järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin osassa järjestelmää
TN-S	Terra Neutral-Separated; erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin
UPS	Uninterruptible Power System; keskeytymätön virransyöttö

1 JOHDANTO

Työn tilaajalla, Ramboll Finland Oy:llä oli tarve saada verkostomitoitus uuteen tulevaan sairaalakohteeseen. Työn tavoitteena oli tehdä optimoitu verkostomitoitus uuteen, neljä muuntamoaluetta käsittävään sairaalakohteeseen. Opinnäytetyö käsittelee muuntamon 1 aluetta. Optimoidussa verkostomitoituksessa oli otettava huomioon selektiivisyys, riittävän pieni jännitteenalenema sekä taloudellisuus verkostomitoituksessa ja sen suunnittelussa. Sairaalakohteessa on paljon sellaisia erikoisuuksia, joita ei kohtaa muissa kohteissa, sillä kokonaisuus on monimutkainen eri järjestelmien, tekniikan ja ympäristön puolesta. Tavoitteena oli myös vertailla sairaalakohteen ja normaalin asuinrakennuksen verkostomitoitusta.

Työn tilaaja Ramboll on kansainvälinen suunnittelu- ja konsulttiyritys, jonka pääkonttori on Kööpenhaminassa. Ramboll toimii 35 eri maassa ja päätoimintayksiköt sijaitsevat Tanskassa, Ruotsissa, Norjassa, Iso-Britanniassa ja Suomessa. Vuonna 2017 Ramboll Finland Oy on Suomen suurin suunnittelu- ja konsulttialan yritys, joka toimii maan laajuisesti ja työllistää noin 2 200 ihmistä. (1.)

2 VERKOSTOMITOITUS RAKENNUKSESSA

Rakennuksen sähköliittymän ja sähköverkon mitoittaminen ovat tärkeimpiä asioita rakennusten sähkösuunnittelussa. Alimitoitettuna liittymä ja sähköverkko rajoittavat rakennuksen käyttöä, kun taas ylimitoitettuina ne aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia sekä käyttökuluina että jo rakentamisvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa rakennuksen sähköverkko ja -liittymä pyritään mitoittamaan siten, että ne ovat riittävän suuria myös tulevaisuudessa mahdollisia muutoksia varten. (2, s.1)

Rakennuksen liittymän mitoittamisessa on pyrittävä todellisen huipputehon selvittämiseen laskemalla se todellisen tai oletetun tehontarpeen mukaan. Rakennuksen tehontarvetta määriteltäessä suunnittelija joutuu poikkeuksetta tekemään arvion tarvittavasta tehosta rakennuksen laajuuden ja käyttötarkoituksen mukaan. Arviota tehtäessä on huomioitava sähkösaannin varmuus, tulevaisuuden sähkötehon tarpeet sekä mahdolliset muutostarpeet. Alustavia arvioita tarkennetaan suunnittelun edetessä ja laitevalintojen tarkentuessa. Rakennuksen huipputehon mitoituksessa on otettava huomioon kaikki sähkölaitteet, myös ne, jotka eivät ole normaalisti käytössä samanaikaisesti, kuten lämmitys- ja jäähdytyslaitteet. (2, s. 3.)

Verkostomitoitusta ennen rakennukselle täytyy määrittää ja laskea huipputeho, jonka mukaan kohteeseen tehdään verkostomitoitus. Verkostomitoituksessa kohteessa käytettävät keskukset, kaapelit, kytkimet, sulakkeet ja muut komponentit mitoitetaan vaadittavien tarpeiden mukaisiksi. Lisäksi komponenttien tarkemmat tyypit ja asennustavat on otettava huomioon. Verkostomitoituksessa jännitteenalenema sekä käytettävän sähköenergian kulutus pyritään optimoimaan eli saamaan mahdollisimman alhaisiksi. Verkostomitoituksen optimointiin liittyy myös taloudellinen aspekti, eikä kokonaisuutta tai yksittäisiä komponentteja ylimitoiteta liikaa. (2, s. 1 - 3.)

2.1 Sähkön jakelujärjestelmät

Kiinteistön sähkönjakelujärjestelmä muodostaa yhden keskeisimmistä kiinteistön teknisistä järjestelmistä. Kaikkien sähköisten laitteiden toiminta on riippuvainen sähköenergian häiriöttömästä saannista. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät muodostavat kokonaisuuden, jolla täytetään seuraavia tarpeita ja vaatimuksia:

- sähköenergian liittäminen rakennukseen
- sähköenergian jakelu ja liittäminen laitteisiin ja järjestelmiin
- sähköenergian jakelu työpisteisiin
- sähköenergian mittaaminen
- varasähköenergian tuottaminen ja jakelu. (3.)

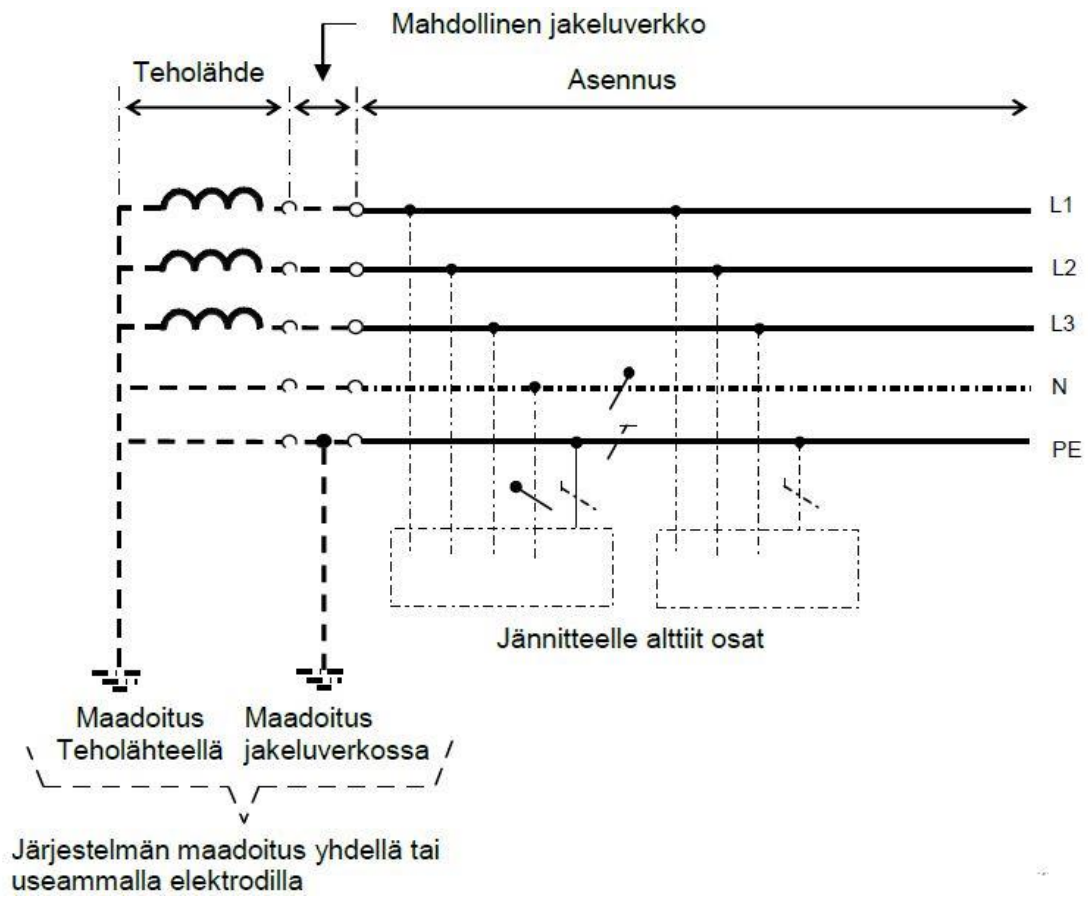
Sähkönjakeluverkoissa käytetään useita erilaisia jakelujärjestelmiä. Jakelujärjestelmät jaotellaan jännitteisten johtimien järjestelmien ja maadoitustavan mukaan.

Useissa vaihtosähköjärjestelmissä on käytössä jännitteisten johtimien L1, L2 ja L3 lisäksi maan potentiaalissa oleva virrallinen paluujohdin, nollajohdin N. Käyttömaadoitetussa järjestelmässä yksi virtapiirin piste on yhdistetty maan potentiaaliin, yleensä muuntajan tähtipiste. Suojaustarkoituksia varten on tarvittaessa virrallisten johtimien lisäksi suojajohdin PE. (3.)

2.1.1 TN-järjestelmät

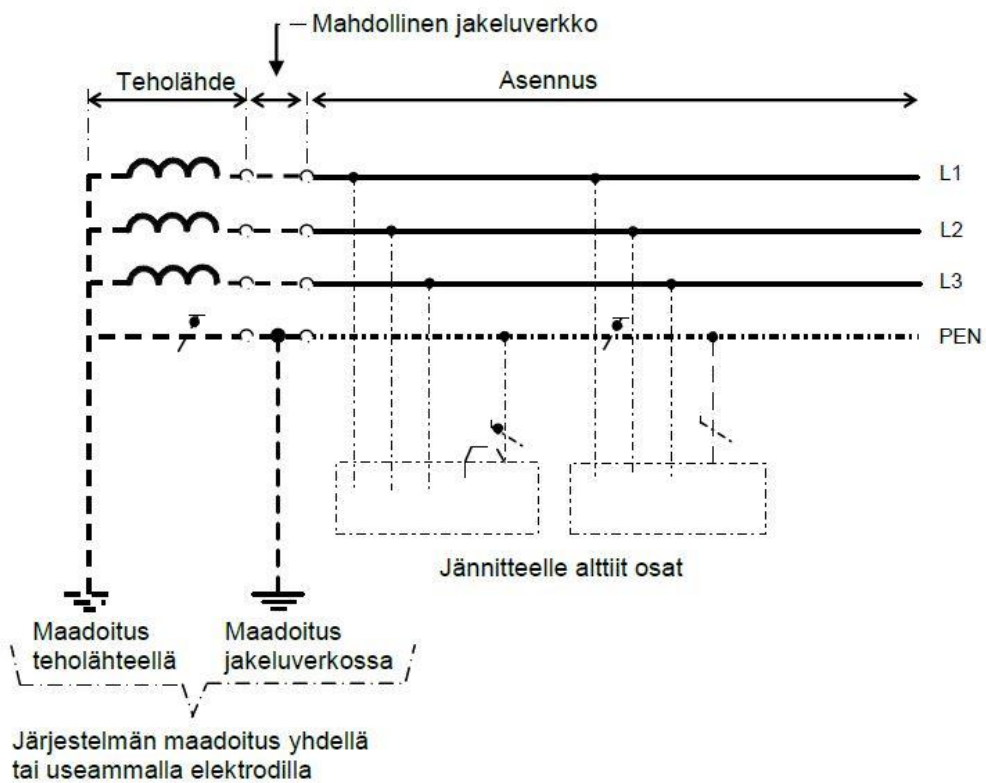
TN-järjestelmässä virtapiirin yksi piste on maadoitettu suoraan teholähteessä ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän maadoituspisteeseen suojamaadoitusjohtimella tai PEN-johtimella. TN-järjestelmät jaetaan kolmeen eri tyyppiin nolla- ja suojajohtimen keskinäisen järjestelyn perusteella.

TN-S-järjestelmässä on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä, kuten kuva 1 esittää. (4, s. 46.)



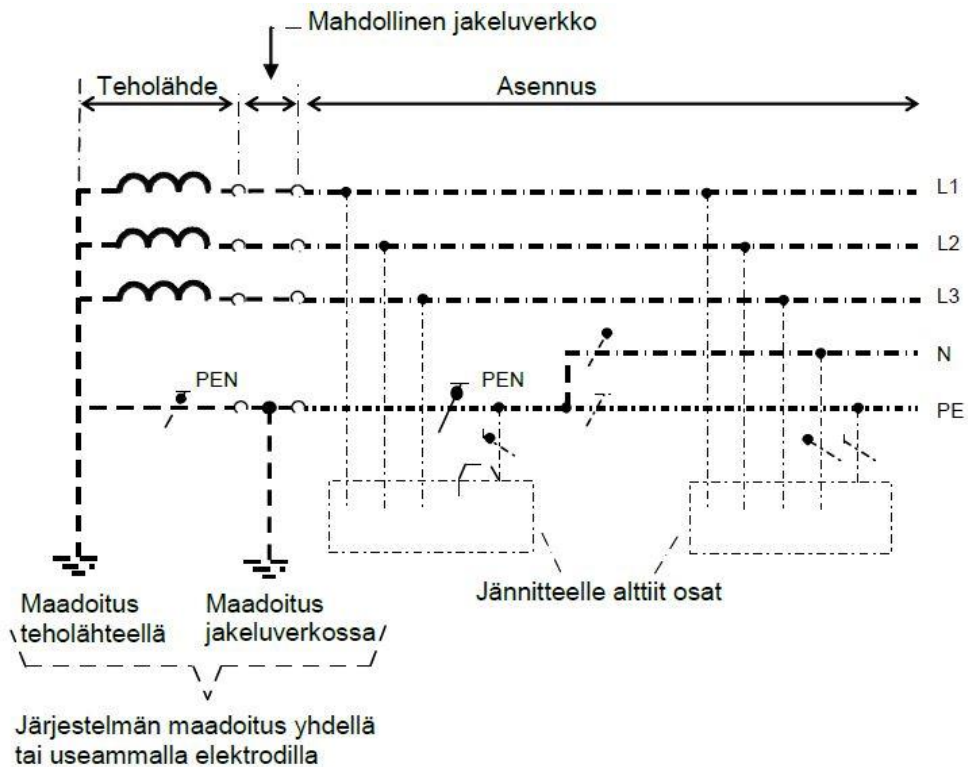
KUVA 1. TN-S -järjestelmä (4, s. 46)

TN-C-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohdin on yhdistetty PEN-johtimeksi koko järjestelmään, kuten kuva 2 esittää (4, s. 48).



KUVA 2. TN-C-järjestelmä (4, s. 48)

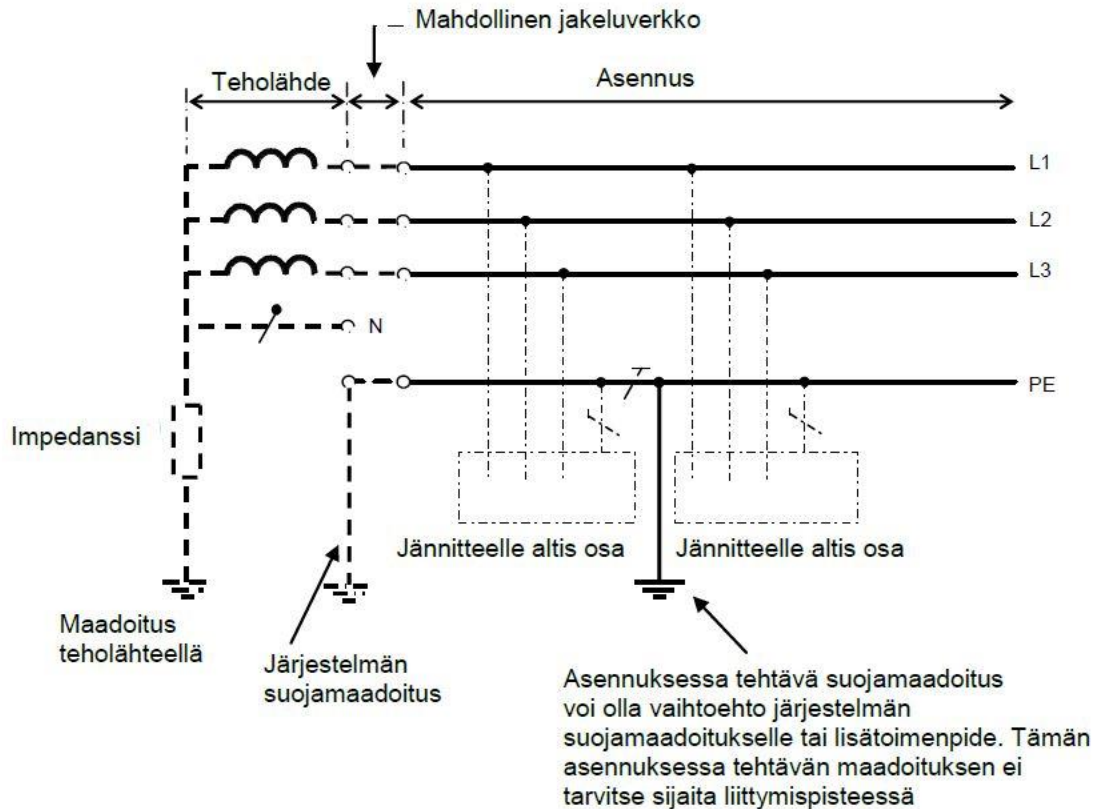
TN-C-S-järjestelmässä on yhdistetty nolla- ja suojamaadoitusjohdin osassa järjestelmää, kuten kuva 3 esittää (4, s. 47).



KUVA 3. TN-C-S-järjestelmä (4, s. 47)

2.1.2 IT-järjestelmä

IT-järjestelmässä kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta, mutta yksi piste voidaan maadoittaa impedanssin kautta, kuten kuva 4 esittää. Tämä kytkentä voidaan tehdä esimerkiksi keinoitekoisessa tai normaalissa nollapisteessä tai äärijohtimessa. Sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat maadoitetaan joko yhdessä tai erikseen. Käyttökohteita ovat esimerkiksi sairaaloiden leikkaussalit, teollisuuden sähköjakelu ja ohjauspiirit. (4, s. 52.)



KUVA 4. IT-järjestelmä (4, s. 53)

2.2 Mitoitettavan tehon laskeminen asuinrakennuksissa

Suomen sähkölaitosyhdistyksen kuormitusmittausten perusteella on laadittu kokemusperäinen laskentamalli asuinrakennusten huipputehon laskemiseksi. Laskentamallilla voidaan määrittellä riittävän tarkasti erityyppisten asuinrakennusten huipputeho tarvittavan sähköliittymän määrittämistä varten. (2, s. 3.)

Taulukossa 1 esitetyillä laskentatavoilla tehdyissä kerrostalon huipputehon määrittelyissä ei oteta huomioon suunniteltavan kohteen laitevalintoja, vaan ne perustuvat jo toteutuneiden kohteiden huipputehontarpeeseen. Tällöin uudella tekniikalla suunnitellun kohteen huipputeho voi olla eri kuin taulukon 1 laskentakaavojen perusteella saatu huipputeho. (2, s. 3)

TAULUKKO 1. Kokemusperäiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi (2, s. 4)

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
- ilman kiukaita	$P_h = B + 17 A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod} / 2500) \times B \geq 30$
- huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 A / 1000$	
- suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 A / 1000$	- käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 A / 1000$	
- suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 A / 1000$	- käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
- suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 A / 1000$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 + 0,5 n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä)		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \varphi$. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida $\cos \varphi = 0,96$.		

1 Ylitystodennäköisyys 1 %.

2 Pieniksi rivitaloiksi lasketaan talot, joissa on enintään 15 asuntoa. Alle 4 asunnon rivitalot lasketaan, kuten omakotitalot, ja saadut tulokset lasketaan yhteen.

3 Vaikka kiuasta ei asennettaisikaan, suositellaan mitoitus kiukaalle myöhempää käyttöä ajatellen.

Asuinrakennuksessa tai huoneistossa on lähes vakiona pysyvä peruskuorma, johon sisältyy eri kojeryhmien sähkötehon tarve. Sähkölämmitys- ja valaistuskuorma kuuluvat kojekuorman lisäksi peruskuormaan. Taulukossa 2 on esitetty peruskuormaan kuuluvat kuormat sekä kuormituksen lajit. (2, s. 3.)

TAULUKKO 2. Asuinrakennuksen peruskuormituksia (2, s. 4)

Kuormitus	Kuormituksen "laji"	Yksikkö
Keittiön lämpökojeet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin kylmälaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Vaatehuollon sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Kodin elektroniikkalaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Muut kodin sähkölaitteet	Kojekuorma	kW / asunto
LVI-laitteet	Kojekuorma	kW / asunto
Sähkökiuas	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Lämminvesivaraaja	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Auton sähkölämmitys-laitteet	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Sähkölämmitys	Sähkölämpökuorma	kW / asunto
Valaistus	Valaistuskuorma	kW / asunto

"Peruskuorman suuruus riippuu huoneiston pinta-alasta. Peruskuorma kasvaa lineaarisesti huoneiston pinta-alan kasvaessa. Peruskuorman P_{kk} lasketaan kaavalla 1." (2, s. 4.)

$$P_{kk} = 6 \text{ kW} + \frac{20 \text{ W/m}^2}{1000} * A_h$$

KAAVA 1

A_h = huoneiston pinta-ala [m^2]

6 kW = huoneistokohtainen pohjakuormitus

"Sähkölämpökuorman teho P_{SLK} saadaan laskemalla eri lämmityskuormien tehot yhteen. Sähkökiukaan tehosta huomioidaan laskelmassa vuorottelemattoman tehon osuus. Vuorottelematon teho on teho, jota vastaavaa tehoa ei vuorotella kiukaan ja sähkölämmityksen välillä. Sähkölämpökuorman P_{SLK} lasketaan kaavalla 2." (2, s. 4.)

$$P_{SLK} = P_{LÄM} + P_{ALÄM} + P_{LVV} + P_{KEV}$$

KAAVA 2

$P_{LÄM}$ = sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho

$P_{ALÄM}$ = autolämmityksen yhteenlaskettu teho

P_{LVV} = lämminvesivaraajan teho

P_{KEV} = kiukaan ei-vuoroteltu teho

”Valaistuskuorman suuruus on myös riippuvainen huoneiston pinta-alasta eli valaistuskuorma kasvaa lineaarisesti pinta-alan kasvaessa.

Valaistuskuorman P_{VAL} lasketaan kaavalla 3, kun arvioitu valaistusteho on 10 W/m².” (2, s. 5.)

$$P_{VAL} = \frac{10W/m^2}{1000} * A_h$$

KAAVA 3

A_h = huoneiston pinta-ala [m²]

”Yksittäisen asuinhuoneiston mitoittava teho P_M saadaan laskemalla eri kuormalajit yhteen. Ennen yhteenlaskua tulee eri kuormalajien sähkötehot kertoa samanaikaisuuskertoimella kaavan 4 mukaan.” (2, s. 5.)

$$P_M = (P_{KK} \cdot k1) + (P_{SLK} \cdot k2) + (P_{VAL} \cdot k3)$$

KAAVA 4

$k1$ = kojekuorman samanaikaisuuskerroin

$k2$ = sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin

$k3$ = valaistuskuorman samanaikaisuuskerroin

”Useita asuntoja sisältävän asuinrakennuksen mitoittava teho lasketaan asuntojen keskimääräisen tehontarpeen perusteella. Keskimääräinen asuntokohtainen mitoittava teho kerrotaan asuntojen määrällä sekä asuntojen välisellä samanaikaisuuskertoimella huoneiston sisäisen samanaikaisuuskertoimen lisäksi. Huoneistojen välinen tasauskerroin saadaan laskemalla se seuraavalla kaavalla:” (2, s. 5.)

$$C(N_h) = C_{MIN} + (1 - C_{MIN}) \cdot \{1/[1 + \log(N_h)/ \log(A_h)]\}^{3,5} \quad \text{KAAVA 5}$$

$C(N_h)$ = huoneistojen määrän perusteella laskettu tasauskerroin

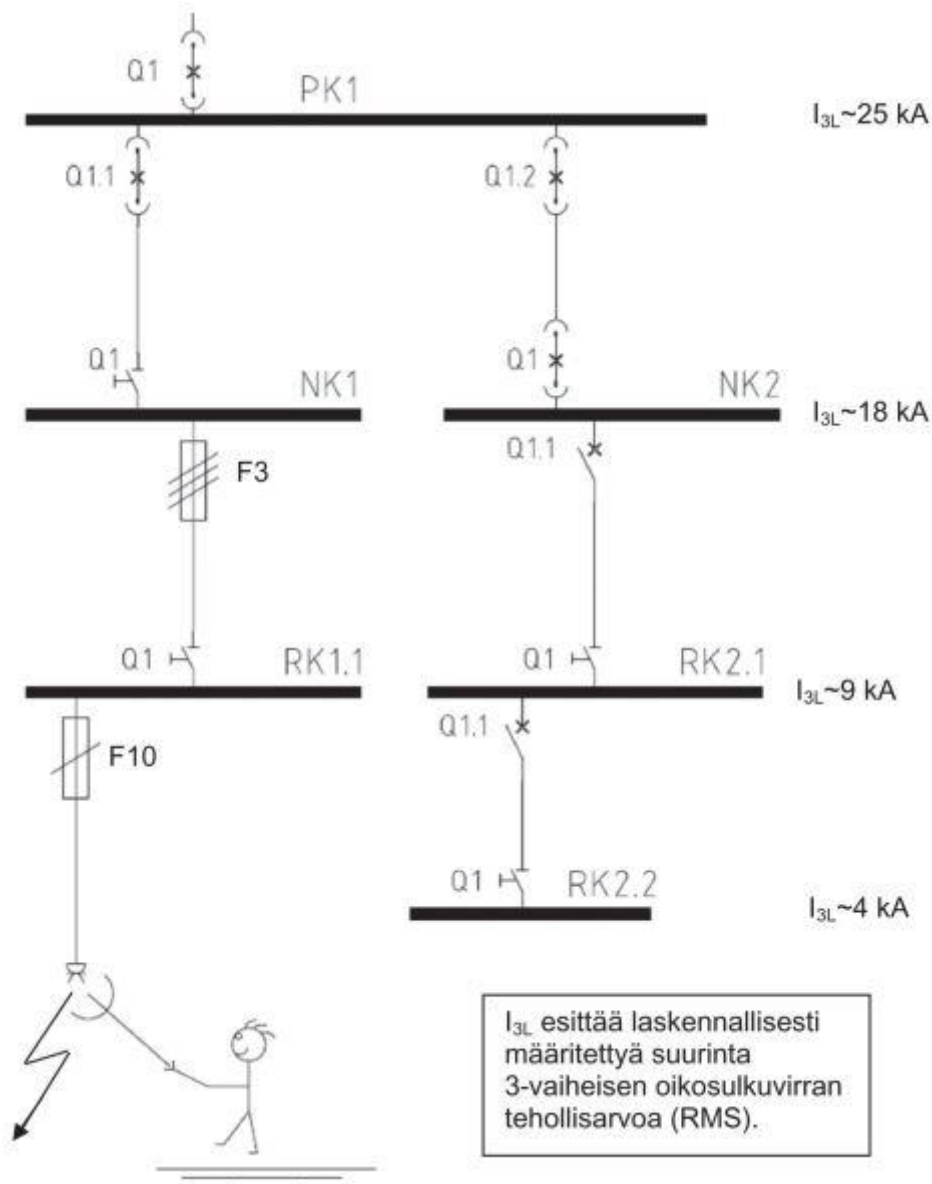
C_{MIN} = minimitasauskerroin, jota pienemmäksi tasauskerrointa ei lasketa, valitaan laskennan yhteydessä

A_h = huoneiston pinta-ala [m²]

2.3 Selektiivisyys

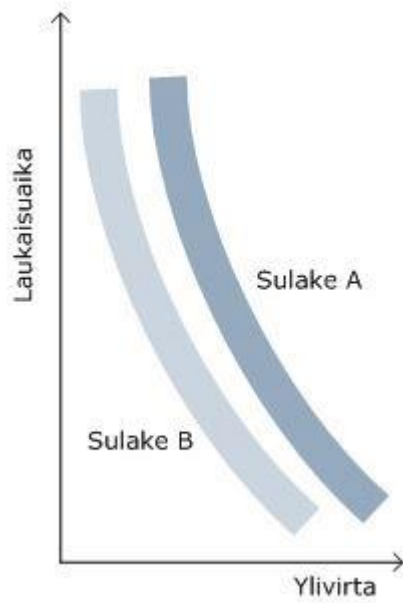
Sähköverkon suojaus selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että vian ilmetessä ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikaantuneen osan verkosta jännitteettömäksi. Tyypillisesti vika tapahtuu jossain ryhmäjohdossa, mahdollisesti laitetason vikana, jolloin vikavirta kulkee usean sarjassa olevan suojan lävitse. (5, s. 2.)

Esimerkkikuvassa (kuva 5), vikavirta kulkee ryhmäjohtoa suojaavan sulakkeen F10, nousukeskuksen lähtösulakkeen F3 ja pääkytkimen, pääkeskuksen lähtökatkaisijan ja pääkatkaisijan kautta. Selektiivisessä suojauksessa suojat on valittu ja aseteltu niin, että vain vikapaikan edessä oleva ryhmäjohdon suoja (F10) toimii, eli sulake palaa. Nousukeskuksen, pääkeskuksen tai muiden rinnakkaisten lähtöjen suojaus ei pidä esimerkin tilanteessa toimia. (5, s. 2.)



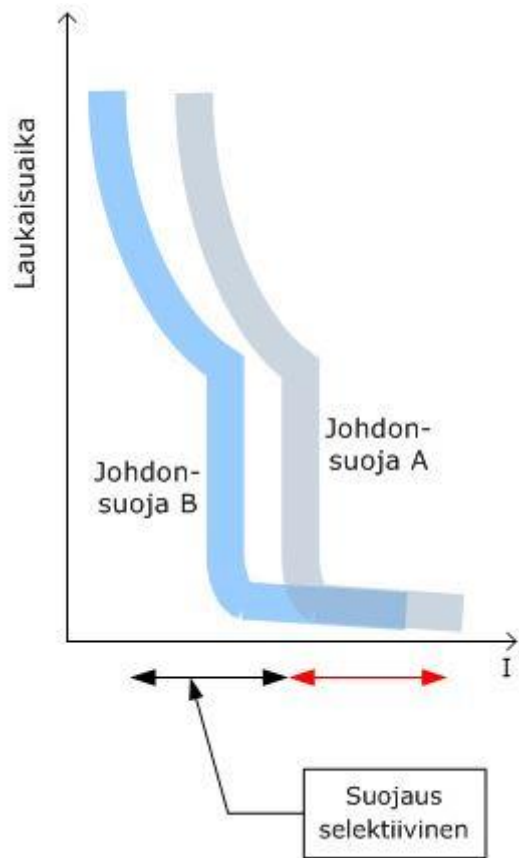
KUVA 5. Esimerkkikuva selektiivisyyden toimintaperiaatteesta (5, s. 2)

Aikaselektiivisyydessä sarjassa olevien suojiin toiminta-aikoja on porrastettu sopivasti toisiinsa nähden. Jakelun loppupäässä suojalaite toimii kaikilla ylivirroilla nopeammin kuin jakelun alkupäässä. Suojalaitteiden toiminta-aikakäyrät eivät siis leikkaa toisiaan (kuva 6). (5, s. 2.)



KUVA 6. Toteutuva aikaselektiivisyys (6)

Virtaselektiivisyys perustuu vikavirran suuruuden vaihteluun vikapaikan mukaan järjestelmässä. Mitä lähempänä järjestelmän syöttöä vikapaikka on, sitä suurempi vikavirta. Vastaavasti mitä kauempana syötöstä vikapaikka on, sitä pienempi vikavirta. Tätä ilmiötä voidaan hyödyntää selektiivisyyden saavuttamisessa porrastamalla edeltävä suoja riittävän epäherkäksi (kuva 7).
(5, s. 3.)



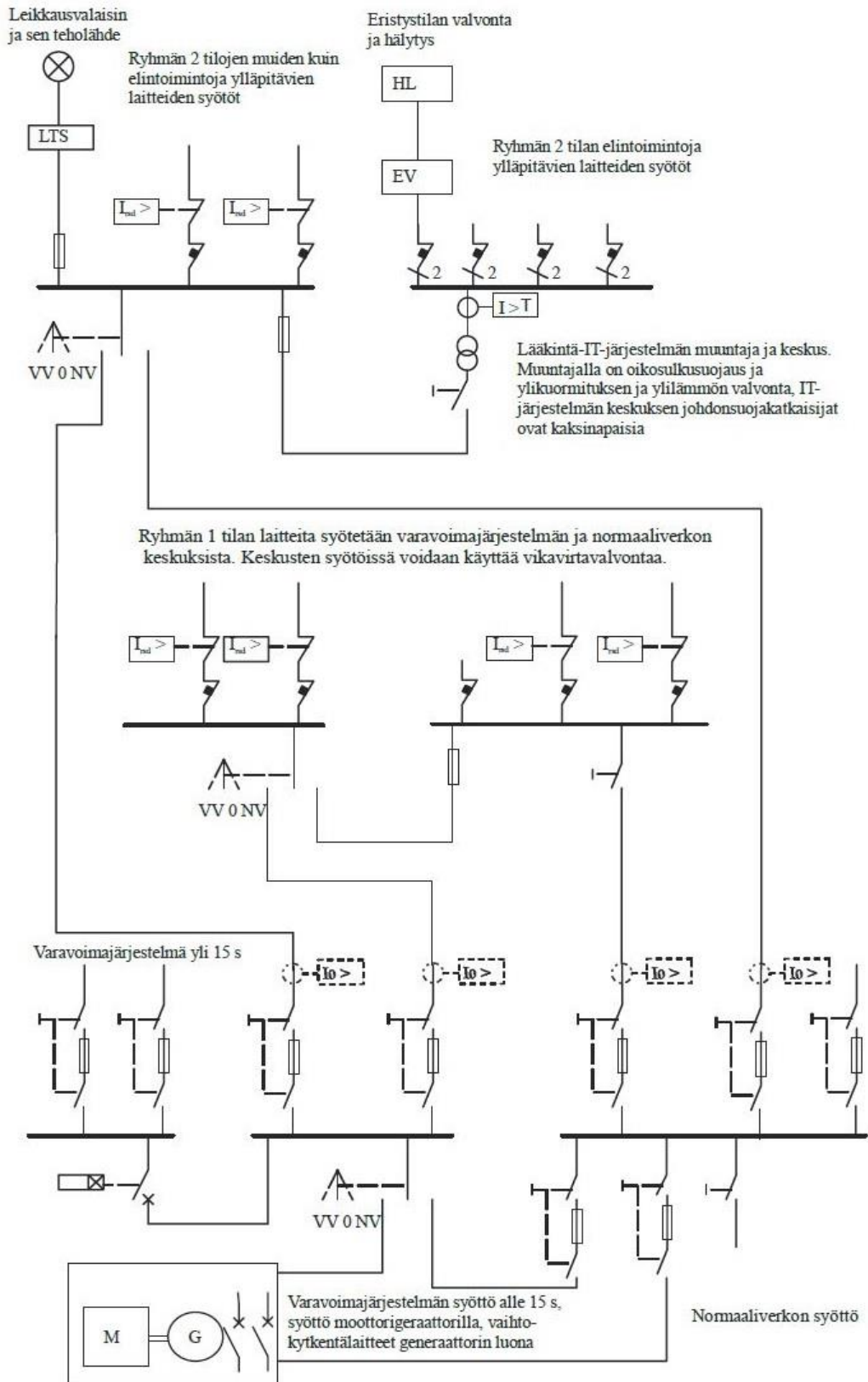
KUVA 7. Toteutuva virtaselektiivisyys (6)

3 SAIRAALAN SÄHKÖVERKKO

Potilaiden turvallisuus on välttämätöntä, kun lääkintätiloissa käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Tarvittava turvallisuus voidaan saavuttaa varmistamalla sähköasennuksen ja siihen liitetyn sähkökäyttöisen lääkintälaitteen turvallinen käyttö ja kunnossapito. Koska sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytetään kriittistä ja välttämätöntä hoitoa tarvitsevilla potilastapauksissa, sairaalan sähköasennuksilta vaaditaan normaalia korkeampaa turvallisuus- ja luotettavuustasoa. Sähkönjakelun turvallisuutta ja jatkuvuutta parannetaan SFS 6000-7-7 10 -standardia noudattamalla. SFS 6000-7-710 -standardin erikoisvaatimukset koskevat lääkintätilojen sähköasennuksia ja niiden tarkoituksena on varmistaa potilaiden ja henkilökunnan turvallisuus. (7.)

Sairaalakohteessa käytetään useita eri jakelujärjestelmiä. Näistä IT-verkko on sellainen, jota ei löydy normaaleista kiinteistöistä. Varavoima- sekä UPS-verkot (Uninterruptible Power System; keskeytymätön virransyöttö) ovat myös vähemmän käytettyjä normaaleissa kiinteistöissä mutta eivät täysin ennenkuulumattomia. (8.)

Usein sairaalakohteissa on niin sanotut lääkintä- ja roskasähköverkko. Roskasähköverkkoon liitetään muun muassa isotehoiset kuvauslaitteet ja LVI-laitteistot, jotka heikentävät sähkönlaatua. Lääkintäsähköverkkoon liitetään kriittiset elämää ylläpitävät kuormat kuten leikkaussalit, hammaskirurgia ja tehohoito. Tämän lisäksi sairaalakohteissa on varmennettuja sähköjärjestelmiä, joita on sekä lääkintä- että roskasähköverkon puolella. Kuvassa 8 on esitetty sairaalakohteen verkon rakenne. (8.)



KUVA 8. Sairaalakohteen verkon rakenne (7, s. 34)

3.1 Lääkintätila

Lääkintätila on tila, jossa potilaita hoidetaan, valvotaan ja tutkitaan sähkökäyttöisten lääkitäilaitteiden avulla. Sähkökäyttöisiä lääkitäilaitteita ovat sähkölaitteet, joissa on liitäntäosa tai joka siirtää energiaa potilaaseen tai potilaasta, ja joka on vain yhdellä liittynällä yhteydessä syöttöverkkoon. Potilashoidossa käytetyt sähkökäyttöiset lääkitäilaitteet on valmistajan mukaan tarkoitettu käytettäväksi potilaan tilan määrittämiseen, valvontaan ja hoitoon sekä sairauden, vamman tai haitan parantamiseen tai lievittämiseen. (9, s. 2.) Liitäntäosa on sähkökäyttöisen lääkitäilaitteen osa, joka normaalikäytössä tulee fyysiseen kosketukseen potilaan kanssa sähkökäyttöisen lääkitäilaitteen tai lääkitäilaittejärjestelmän toiminnan takia (7, s. 4).

Koska potilaiden ja henkilökunnan turvallisuus on varmistettava, on lääkitäilatilat jaettava ryhmiin. Lääkitäiltilojen käyttötarkoitus, sähkökäyttöiset lääkitäilaitteet ja niiden liityntäosan sekä potilaan välinen kosketus vaikuttavat ryhmittymiseen. Ryhmittymys tehdään yhdessä lääkitäihenkilökunnan, lääkitäinnällisestä turvallisuudesta vastaavan henkilön sekä sähkösuunnittelijan kanssa. Sähkösuunnittelija ei tee lääkitäiltilojen ryhmittelyä yksin, vaan hän selvittää yhdessä muiden kanssa huonekohtaisesti lääkitäinnälliset toimenpiteet, joiden perusteella tilaluokitukset tehdään. Tilojen luokittelu (taulukko 3) ja suojaus (taulukko 4) perustuu aina useaan lähtötietoon. Näitä ovat lääkitäilaitteen käyttö, sähköön katkeamisen vaikutukset sekä lääkitäilaittevalmistajan vaatimukset. (7, s.4 - 5; 8.)

Ryhmä 0 (G0) = Tila, jossa ei ole tarkoitus käyttää mitään sähkökäyttöisen lääkitäilaitteen liityntäosia.

Ryhmä 1 (G1) = Lääkitäiltila, jossa sähkökäyttöisen lääkitäilaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää

- ihon ulkopuolisesti
- ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole lääkitäiltilaryhmän G2 soveltamisalue.

Ryhmä 2 (G2) = Lääkintätila, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen tai vikatilanne voi aiheuttaa hengenvaaran, kuten sydämenläheisiin toimintoihin, leikkaussalikäyttöön ja tehohoitoon. (7, s.4 – 5)

TAULUKKO 3. Ohjeellisia esimerkkejä lääkintätilojen tilaluokittelusta (7, s. 22)

Lääkintätila	Ryhmä			Luokka	
	0	1	2	≤ 0,5 s	> 0,5 s ≤ 15 s ^e
1 Hierontahuone	X	X			X
2 Potilashuone		X			X
3 Synnytyssali		X		X	X
4 EKG-, EEG-, EMG-huoneet		X			X
5 Tähystyshuone		X		X	X
6 Tutkimus- ja toimenpidehuone		X		X	X
7 Urologiahuone		X		X	X
8 Röntgentutkimus- ja sädehoituhuone		X			X
9 Vesihoituhuone		X			X
10 Kuntoutushuone		X			X
11 Anestesiatiila			X	X	X
12 Leikkaussali			X	X	X
13 Valmisteluhuone		X	X	X	X
14 Kipsaussali		X	X	X	X
15 Heräämö		X	X	X	X
16 Sydänkatetrointihuone			X	X	X
17 Tehostetun hoidon huone			X	X	X
18 Angiografihuone			X	X	X
19 Dialyysihuone		X			X
20 Magneettikuvaushuone (MRI)		X		X	X
21 Isotooppikuvaushuone		X			X
22 Keskola			X	X ^a	X
23 Tarkkailuhuone			X	X	X

TAULUKKO 4. Karkea yhteenveto suojausmenetelmistä eri lääkintätiloissa
(velvoittavat vaatimukset) (9, s. 11)

Lääk-tila-luokka	Käytettävät suojausmenetelmät
G0	<ul style="list-style-type: none"> Ei suojausta esteiden avulla tai sijoittamalla kosketusetäisyyden ulkopuolelle Kosketusjännite; ei erityisvaatimuksia Syötön automaattinen poiskytkentä; ei erityisvaatimuksia Vikavirtasuojaus pistorasiaryhmissä standardin SFS 6000 (2007) mukaisesti (ei esim. lääkekaapit, verikaapit ja näytteidenottokaapit)
G1	<ul style="list-style-type: none"> Ei suojausta esteiden avulla tai sijoittamalla kosketusetäisyyden ulkopuolelle SELV/PELV; Unim ≤ 25 V DC, Unim ≤ 60 V DC Kosketusjännite; suurin jatkuva kosketusjännite UL ≤ 25 V AC tai UL ≤ 60 V DC (IT-, TN- ja TT-järjestelmissä) Syötön automaattinen poiskytkentä $\leq 0,4$ s; enintään 30 mA:n vikavirtasuojaus alle 32 A ryhmäjohtoissa (käytettävä A- tai B-tyyppin vv-suojia) TT-järjestelmässä vikavirtasuojaus ja TN-järjestelmän vaatimukset Lisäpotentiaalintasaus hoitoalueella
G2	<ul style="list-style-type: none"> Ei suojausta esteiden avulla tai sijoittamalla kosketusetäisyyden ulkopuolelle SELV/PELV; Unim ≤ 25 V AC, Unim ≤ 60 V DC Kosketusjännite; suurin jatkuva kosketusjännite UL ≤ 25 V AC tai UL ≤ 60 V DC (IT-, TN- ja TT-järjestelmissä) Syötön automaattinen poiskytkentä $\leq 0,4$ s; enintään 30 mA:n vikavirtasuojaus vain erityistapauksissa (käytettävä A- tai B-tyyppin vv-suojia) TT-järjestelmässä vikavirtasuojaus ja TN-järjestelmän vaatimukset Lääkintä-IT-järjestelmä hoitolaitteita syöttävissä piireissä (poiskytkentäaika $\leq 0,4$ s) IT-järjestelmän eristystason valvonta IT-muuntajan ylikuormituksen ja/tai lämpötilan valvonta Lisäpotentiaalintasaus hoitoalueella 0,2 Ω resistanssivaatimus johtavien osien ja suojamaadoitusliittimien välillä

Jokaiseen ryhmän G1 ja G2 lääkintätilaan on asennettava lisäpotentiaalilin taseausjohtimet, jotka liitetään potentiaalintaseauskiskoon. Potentiaalierojen taseaminen hoitoalueella edellyttää, että lisäpotentiaalintaseauskukseen yhdistetään suojajohtimet sekä kaikki muut johtavat osat johtavien lattioiden metalliverkoista erotusmuuntajien mahdollisiin metallisiin suojiin. Lisäksi ryhmän G2 tiloissa edellytetään, että johtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentiaalintaseauskiskon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin 0,2 Ω. (10, s. 374 – 375.)

TN-C -järjestelmän käyttäminen pääkeskuksen jälkeen on kielletty lääkintätiloissa ja terveydenhuoltoalan laitosten rakennuksissa. On suositeltavaa suunnitella ja asentaa lääkintätilojen jakelujärjestelmä siten, että helpotetaan tärkeimpien kuormitusten automaattista siirtymistä pääsähkölakelusta varavoimajärjestelmään. (7, s. 7.)

Lääkintätilan jakokeskus on keskus, josta syötetään kaikki kyseisessä lääkintätilassa olevat toiminnot ja jossa tarvittaessa mitataan varavoimajärjestelmien toimintaa varten tarvittava jännitteenalenema. Ryhmän 2 jakokeskukset on asennettava lähelle kyseisen ryhmän lääkintätiloja ja niiden pitää olla selkeästi tunnistettavia. Jakokeskukset pitää ensisijaisesti sijoittaa lääkintätilojen ulkopuolelle ja suojata asiattomien pääsylvä. Yleiseen sähkölakeluun ja varavoimajärjestelmiin pitää olla omat keskuksensa. (7, s. 11.)

3.2 Turvasyöttöjärjestelmä

Turvasyöttöjärjestelmä (supply system for safety services) on ihmisen turvallisuudelle tärkeiden laitteiden toiminnan varmistava syöttöjärjestelmä. Turvasyöttöjärjestelmä sisältää jännitelähteen ja johdon kulutuskojeeseen, mutta tietyissä tapauksissa järjestelmään kuuluvat myös kulutuskojeet. Varavoimajärjestelmä sekä UPS-järjestelmä ovat osa turvasyöttöjärjestelmää. (11, s. 53.)

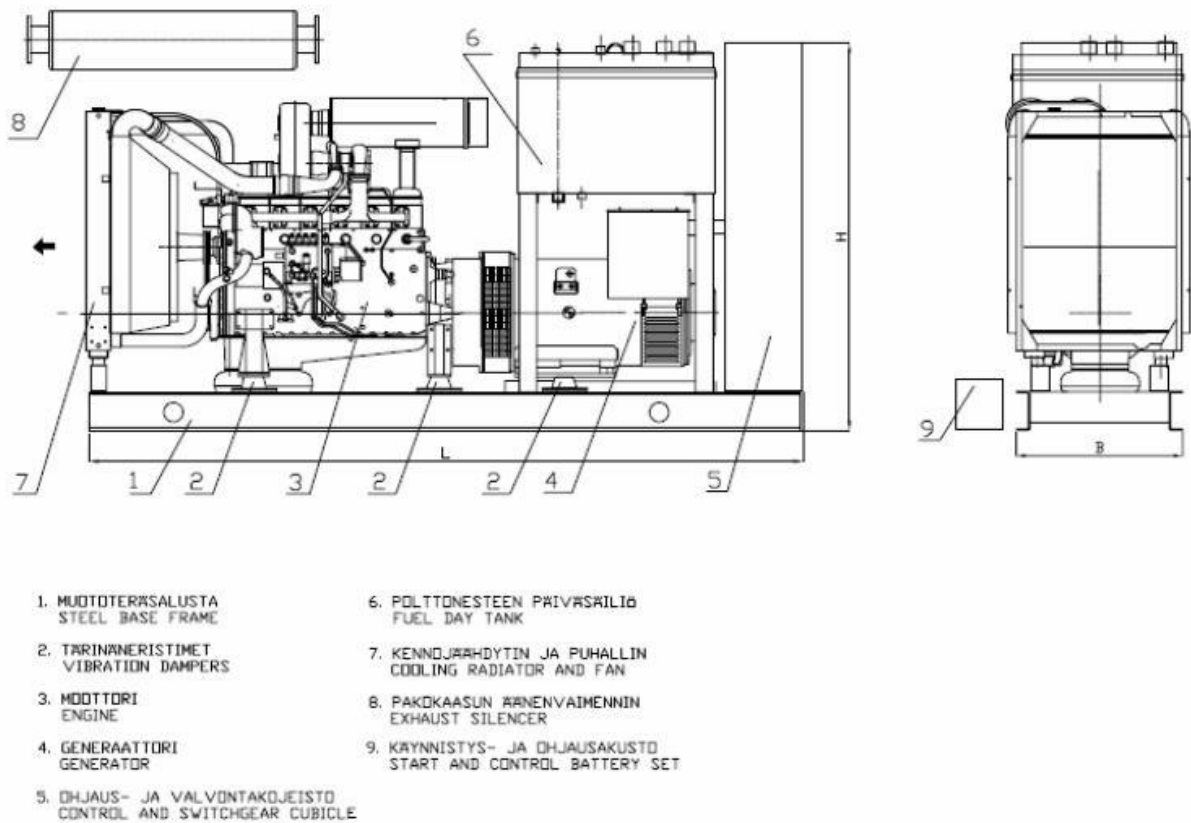
Turvasyöttöjärjestelmissä on käytettävä teholähteitä, jotka voivat pitää syöttöä yllä riittävän pitkän ajan. Turvasyöttöjärjestelmän teholähteinä voivat olla

– akustot (UPS)

– paristot

– normaalista syöttöjärjestelmästä riippumattomat generaattorit (varavoima, kuva 9)

– normaalista syötöstä täysin riippumaton erillinen jakeluverkon syöttö. (11, s. 54.)



KUVA 9. Esimerkki varavoimakoneena toimivan dieselgeneraattorin rakenteesta (12, s. 6)

Turvasyöttöjärjestelmä voidaan suunnitella toimivaksi tulipalon aikana. Tällöin kaikki laitteet on suojattava riittävän pitkäksi ajaksi palolta joko rakenteen tai asennustavan avulla. Turvavalaistuksessa noudatetaan sisäasiainministeriön vaatimuksia tai eurooppalaisia standardeja. (11, s. 53 - 54.)

”Turvasyöttöjärjestelmiä käytetään muun muassa seuraavissa järjestelmissä:

- turvavalaistusjärjestelmä
- automaattinen paloilmoitinjärjestelmä ja palovaroitinjärjestelmä
- lääkintätiloja koskevan standardin määrittelemät järjestelmät eri tilaryhmissä
- hoitajakutsu-, poistumisvalvonta- ja päällekkäisyysjärjestelmät.” (11, s. 54).

SFS 6000-7-710 -standardissa käsitellään lisävaatimuksina myös lääkintätilojen virtapiirien rakennetta ja suojausta sekä määritellään ne laitteet ja järjestelmät, jotka kuuluvat automaattisen kytketymisajan vaatimusten perusteella eri luokkiin.

Lääkintätiloissa on käytössä seuraavat kytketymisaikaluokat:

- lyhyt katko - enintään 0,5 sekuntia
- keskipitkä katko - enintään 15 sekuntia
- pitkä katko - yli 15 sekuntia.

Samassa standardissa määritellään myös teholähteiden ajallinen kuormituskyky. Sairaaloissa turvasyöttöjärjestelmien yksi teholähde on varavoimajärjestelmä. (11, s. 57.)

3.3 Varavoimajärjestelmä

Varavoimajärjestelmä on sähkönsyöttöjärjestelmä, joka on tarkoitettu toiminnan takia ylläpitämään syöttöä sähköasennukseen tai sen osaan silloin, kun normaalisyöttö katkeaa. Varavoima mahdollistaa sairaalan toiminnan häiriöttömän jatkuvuuden, mikä voi viime kädessä pelastaa ihmishenkiä, kun hoitotyö voi jatkua esimerkiksi sähkökatkosten aikana. (7, s. 6.)

Lääkintätiloissa tarvitaan varavoimajärjestelmiä, joiden avulla turvataan lääkintätilan keskeytymätön toiminta sähkökatkon takia. Normaalisti sairaaloissa tarvitaan varavoimaa, jonka keskeytysaika on korkeintaan 0,5 s kriittisille laitteille, joiden sähkön syötön katkeaminen aiheuttaisi vaaratilanteen potilaalle. Sairaaloissa tarvitaan ei-kriittisille laitteille myös varavoimaa, jonka keskeytysaika on korkeintaan 15 s. Sairaalan toiminnan turvaaminen pitkien katkojen aikana voi vaatia lisävaravoimaa, jonka kytkeytymisaika voi olla yli 15 s. (7, s. 15.)

Kuten lääkintätilojen ryhmien, myös varavoimajärjestelmien syöttöjen luokittelu pitää tehdä yhteistyössä lääkintähenkilökunnan ja lääkinnällisestä turvallisuudesta vastaavan henkilön tai henkilöiden kanssa. Lääkintätiloissa varavoimapistorasioihin liitetään toimenpiteiden kannalta tärkeät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet. (7, s. 7.)

Jos jännite putoaa alle 90 % normaalijännitteestä pääkeskuksessa, johon syöttö yleisestä jakeluverkosta tuodaan, pitää varavoimajärjestelmän automaattisesti huolehtia sähkönsyötöstä. Varavoimajärjestelmien tarve toimia palotilanteessa määritellään riskiarvioinnin perusteella. Jos järjestelmän edellytetään toimivan palotilanteessa, pitää varavoimajärjestelmien syöttöjen, sähköisten teholähteiden ja lääkintälaitteita syöttävien alakeskusten olla palonkestäviä. (7, s. 16.)

Palauduttaessa varavoimakäytöstä verkkokäyttöön halutaan välttää pelkästään varavoiman perässä olevien laitteiden syöttökato rakentamalla varavoimakoneen ja syöttävän verkon hetkellinen rinnankäyntimahdollisuus. Myös koeajot saatetaan haluta ajaa verkon rinnalla katkoksetta. Rinnankäynti verkon kanssa on silloin välttämätön, jos varavoimalaitos rakennetaan sähkön tehohuipun tasaamista varten. (11, s. 58.)

IT-järjestelmien palvelinsaleissa varavoimalla turvataan prosessin jatkuva toiminta pitkien yleisen sähköverkon katkojen aikana. Varavoimajärjestelmällä syötetään lisäksi tilaa palvelevia ilmanvaihto- ja jäähdytyslaitteita. (11, s. 58.)

3.4 UPS

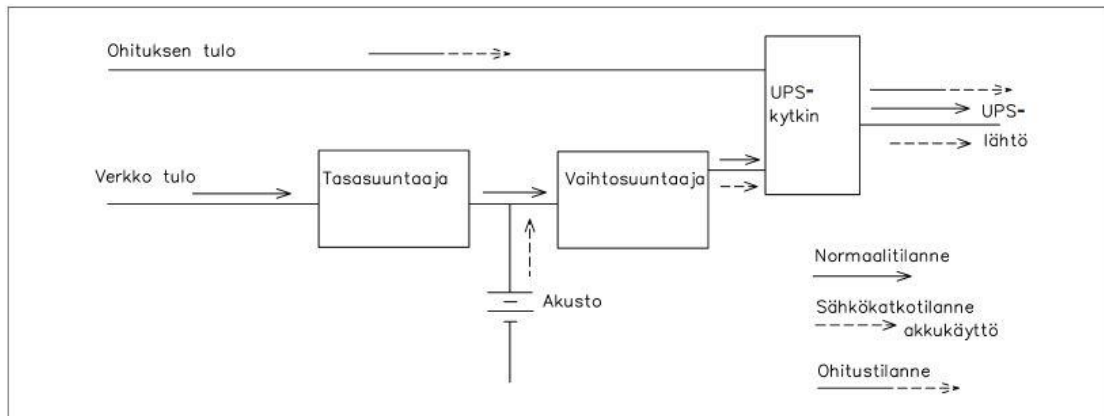
UPS-järjestelmä on keskeytymättömän tehon syöttöjärjestelmä. UPS-laite syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittisille kuormille. Sähkön syöttöön käytetään akustoon varastoitua energiaa silloin, kun syöttävän sähköverkon energiaa ei ole saatavilla. Perustoimintoihin kuuluu vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi puolijohdesiltoja käyttäen sekä yleensä UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuormaa ja vikatilanteita varten. (11, s. 59.)

Double conversion eli kahden muunnoksen UPS-laite tunnetaan myös epävirallisella nimellä online UPS. Normaalisissa tilanteissa verkkosähkö ensin tasasuunnataan ja sitten vaihtosuunnataan ennen kuormalle syöttöä. Näin se on riippumaton UPS:ia syöttävän sähköverkon jännitteen ja taajuuden vaihteluista. (13, s. 4.)

UPS-järjestelmän avulla toteutetut katkottoman syötön järjestelmät toteutetaan Suomessa pääosin niin sanotulla on-line-tekniikkaan perustuvilla staattisilla UPS-järjestelmillä. Dynaamisia UPS-järjestelmiä ei ole käytössä, koska niitä ei ole vielä Suomessa asennettu. Staattinen UPS-järjestelmä koostuu normaaliverkon ja varmennettavan kuorman väliin asennettavasta akustosta sekä UPS-laitteesta staattisine ohituspiireineen. Verkkokatkon aikana akustosta tuotetaan määritelty toiminta-aika katkotonta sähköä kuormalle. (11, s. 57.)

Sähkökatkon aikana vaihtosuuntaaja saa syöttönsä tasasuuntaajan kanssa rinnan kytketyltä akustolta jolloin se ei aiheuta muutoksia UPS-lähdön jännitteeseen tai taajuuteen. Sähkökatkoksen päätyttyä vaihtosuuntaaja saa taas syöttönsä tasasuuntaajalta, joka samalla lataa myös akuston. (13, s. 3.)

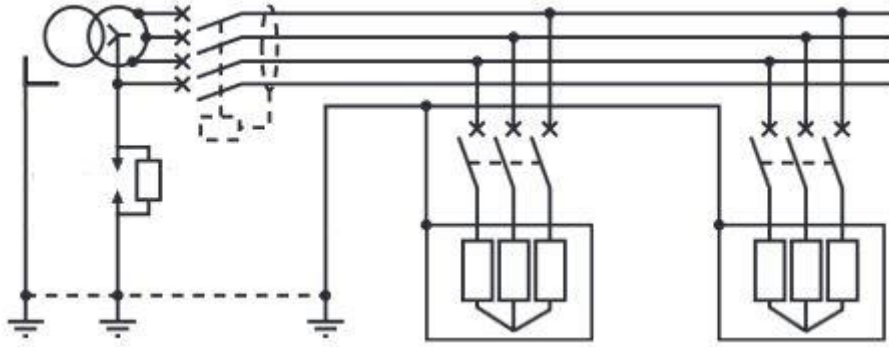
Ylikuormitus- tai vikatilanteissa elektroninen ohituskytkin eli UPS-kytkin ohittaa UPS-laitteen ja siirtää kuorman sähkönsyötön suoraan sähköverkolle. Tämä ei aiheuta katkosta tai jännitteen muutoksia kuormalle, mikäli sähköverkon arvot ovat sallituissa rajoissa. Kuvassa 10 on esitetty laitteen toimintaperiaate. (13, s. 3 - 4.)



KUVA 10. Double conversion -UPS-laitteen periaate (13, s. 4)

3.5 IT-järjestelmä

IT-järjestelmä on maasta erotettu verkko. Lääkintä-IT-järjestelmä kytketään TN-S-järjestelmään muuntajan avulla. Lääkintä-IT-järjestelmässä tähtipistettä tai mitään muuta virtapiirin osaa ei maadoiteta, mutta yksi piste voidaan maadoittaa impedanssin kautta. Sähkölaitteet ja sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat on kytketty joko suojajohtimen välityksellä erilliseen maadoituselektrodiin tai yhteiseen elektrodiin, kuten on kuvassa 11 esitetty. (14, s. 5.)



KUVA 11. IT-jakelujärjestelmän periaate (15, s. 137)

Suurin etu IT-järjestelmässä on, että ensimmäinen vika ei aiheuta käyttökatkosta. Ensimmäisen aiheutuvan vian aiheuttama virta on hyvin pieni, koska IT-järjestelmän tähtipistettä ei ole yhdistetty maahan. Ensimmäisen vian sattuessa ei vaadita syötön automaattista poiskytkentää, mutta vika täytyy ilmaista. Toisen vian sattuessa syöttö pitää kytkeä pois ja se on verrattavissa TN-järjestelmän vikaan. (14, s. 5.)

Lääkintä-IT-järjestelmää käytetään tiloissa, joissa halutaan hyvää käyttövarmuutta sähköverkolta, kuten leikkaussaleissa. Lääkintä-IT-järjestelmän tärkein ominaisuus on syötön jatkuvuuden turvaaminen. Laukaisevaa ylikuormitussuojaa ei saa käyttää, mutta muuntajan syöttö varustetaan kuitenkin laukaisevalla oikosulkusuojauksella, esimerkiksi sulakkeilla. Mitoitettaessa sulaketta muuntajan syöttöön täytyy huomioida muuntajan kytkennän aiheuttama virtasysäys ja mahdollinen kytkentävirtasysäyksen estopiirin vikaantuminen. Jokainen ryhmäjohto on tarpeen suojata oikosulku- ja ylivirtasuojalla. Ryhmäjohtot, joita syötetään suojaerotusmuuntajan toisiopiiristä, on varustettava ylivirtasuojilla, joihin soveltuvat kaksinapaiset johdonsuojakatkaisijat. Lääkintä-IT-järjestelmässä ei ole nollajohdinta ollenkaan vaan kaksi äärijohdinta, joten johdonsuojakatkaisijoiden on oltava kaksinapaisia. (9, s. 7.)

IT-järjestelmän lääkintätilat ryhmitellään G0, G1, ja G2. Ryhmän G2 lääkintätiloissa on käytettävä lääkintä-IT-järjestelmää piireissä, jotka syöttävät elintoimintoja ylläpitämään tarkoitettuja lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä, kirurgiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita ja muita hoitoalueella olevia laitteita. Kullekin samaa tarkoitusta palvelevalle huoneryhmälle on oltava vähintään yksi lääkintä-IT-järjestelmä. Jokaiselle lääkintä-IT-järjestelmälle on oltava akustisella ja optisella hälytyksellä varustettu hälytyslaite, jonka optiset ja äänelliset komponentit ovat sijoitettuna sopivaan paikkaan niin, että hoitohenkilökunta ja tekninen henkilökunta voivat valvoa niitä pysyvästi. (7, s. 9.)

Lääkintä-IT-järjestelmän muuntajat pitää asentaa lääkintätilojen lähelle ja suositellaan, että muuntajan lähtöliittimien ja kulutuskojeen välinen etäisyys on korkeintaan 25 metriä. Jokaisella lääkintätilalla tai lääkintätilojen toiminnallisella ryhmällä on oltava käytettävissä vähintään yksi yksivaiheinen muuntaja muodostamaan lääkintä-IT-järjestelmä kädessä pidettävillä ja kiinteästi asennetuilla laitteilla. Jos lääkintätilaan tai lääkintätilan toiminnalliselle ryhmälle vaaditaan myös kolmivaihekuormitusten syöttöä IT-järjestelmällä, on tätä varten oltava erillinen kolmivaihemuuntaja. Kondensaattorien käyttö lääkintä-IT-järjestelmien muuntajissa ei ole sallittua. (9, s. 10.)

Lääkintäsuojaerotusmuuntajat ovat lääkintätiloissa käytettävien maadoitettavien laitteiden erotusmuuntajia. Muuntajat eristävät ja erottavat niihin kytketyn laitteen lääkintätilan eristetyistä IT-järjestelmästä. Muuntajat rajoittavat laitteiden vuotovirrat lääkintälaitteille sallittuihin arvoihin. (16.)

3.6 Mitoitettavan tehon laskeminen sairaalarakennuksessa

Sairaalarakennusten mitoittavan tehon laskennassa ei voida soveltaa samoja laskentakaavoja kuin asuinrakennuksille. Tämä johtuu siitä, että rakennuksiin asennettavat laitteet ja rakennuksen käyttötarkoitus poikkeavat asuinrakennuksen laitteistosta sekä käyttötarkoituksesta merkittävästi. Sähkölaitteiden erilaiset ohjausperiaatteet voivat myös aiheuttaa suuria tehovaihteluita käyttötarkoitukseltaan jopa samanlaisten kohteiden kanssa neliötehoja verrattaessa. (2, s. 5.)

Sähköliittymän mitoituksessa voidaan laskea valaisin-, koje- ja laiteluetteloiden perusteella näiden laitteiden tarvitsema sähköteho. Sähköliittymän mitoittava sähköteho valittujen laitteiden perusteella voidaan laskea kaavalla 6. (2, s. 6.)

$$P_M = 1,3 \cdot (P_{LVIA} + P_{valaistus} + P_{laitteet} + P_{SLK} + P_{muut}) \quad \text{KAAVA 6}$$

P_M = mitoittava sähköteho

P_{LVIA} = yhteenlaskettu sähköteho, joka saadaan LVIA-kojeluettelosta (LVIA-suunnittelija)

$P_{valaistus}$ = yhteenlaskettu teho saadaan valaisinluettelosta (sähkösuunnittelija)

$P_{laitteet}$ = yhteenlaskettu teho saadaan laiteluettelosta (arkkitehti)

P_{muut} = mahdolliset muut suuren tehon omaavat kuormitukset

1,3 = kerroin, jolla on varauduttu tulevaisuuden järjestelmälisäyksiin ja muuhun sähkötehon tarpeen 30 %:n nousuun. (2, s. 6.)

4 VERKOSTOMITOITUSTEN VERTAILU

4.1 Keskukset ja jakelujärjestelmät

Suurin ero sairaalakohteen ja ei-sairaalakohteen verkostomitoituksessa on varmennettujen sähkönjakelujärjestelmien laajuus sekä sähkön laatu. Sairaalakohteessa on myös kiinnitettävä erityisesti huomiota sähkömagneettisiin häiriöihin ja sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen. Sairaalassa on varavoimatarpeet sekä erilliset verkot niin sanotulle roskasähkölle ja puhtaalle sähkölle. Roskasähköä syntyy G2-lääkintäalueilla säteilyä ja sähkömagnetismia käyttävistä laitteista kuten röntgen- ja MRI-magneettikuvauslaitteet. Roskasähkön muodostuksen ansiosta G2-lääkintäalueilla on käytössä suojaerotusmuuntajilla suojatut IT-järjestelmät, koska siellä ovat kaikkein kriittisimmät operaatiot, kuten leikkaussalit ja tehohoito. G2-lääkintäalueella on käytössä herkimmät sähköiset hoitolaitteet, joiden toiminta ylläpitää elämää, ja tämän takia sähköverkon pitää olla mahdollisimman häiriötöntä ja sekä varavoimalla että UPS-järjestelmällä varmennettua. Sairaalakohteessa on yleensä kaksinkertainen määrä keskuksia normaaliin asuinrakennukseen verrattuna, sekä varavoima että normaaliverkon keskukset. (8.)

4.2 Sähköasennukset

Lääkintätilojen sähköasennuksille on asetettu tiukemmat vaatimukset kuin tavanomaisille rakennusten sähköasennuksille. Syynä tiukempiin vaatimuksiin on potilasturvallisuuden takaaminen sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytettäessä. Esimerkiksi suojuuksille on tiukemmat säädökset kuin normaalissa asuinrakennuksessa, kuten ryhmäjohtojen suojaaminen vikavirtasuojilla ja vaativissa kohteissa lääkintäsuojaerotusmuuntajan käyttö sähköisten lääkintälaitteiden syötöissä. (10, s. 374.)

4.3 Tarkastukset

Tarkastuksia koskevat vaatimukset eroavat sairaalarakennuksen ja normaalin asuinkiinteistön välillä. Lääkintätiloissa tulee tavanomaisten käyttöönottotarkastusten lisäksi tehdä lisätarkastuksia, kuten

- lääkintä-IT-järjestelmän erityistilan valvontalaitteiden ja akustisten/optisten hälytysjärjestelmien sekä ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe
- mittaukset ja aistinvaraiset tarkastukset potentiaalintasausvaatimusten toteamiseksi
- turvatoimintojen ja varavoimajärjestelmien kunnossaolo
- sähkönsyötön selektiivisyyden tarkastelu sekä normaaliverkon että turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien osalta. (10, s. 375.)

Lääkintätilojen sähköasennuksille on määritelty erikseen kunnossapitotarkastusten sisältö ja tarkastusten välit, jotka vaihtelevat kuudesta kuukaudesta jopa 12 vuoteen. Tarkastuksia tekevät lääkintätilojen käytöstä ja kunnossapidosta vastaavat henkilöt, mutta lääkintätilojen sähköasennuksille on tehtävä myös lakisääteiset kolmannen osapuolen tekemät tarkastukset. (10, s. 375.)

4.4 Kaapelointi

Uusien lääkintätilojen kaapeloinnissa on käytettävä kaapeleita, jotka ovat halogeenittomia, jotka eivät nippuna levitä paloa ja joiden savunmuodostus palaessa on vähäistä. Kaapelit voidaan suojata myös vaihtoehtoisesti vähintään EI 30 palonkestävyysluokan mukaisella rakenteella. Vaatimukset ovat samat kuin uloskäytävissä käytettävissä kaapeleissa. (10, s. 375.)

5 VERKOSTOMITOITUKSEN SUORITUS

5.1 Työkohde

Työn kohde oli uusi tuleva sairaala, jonka sähkösuunnittelusta työyhteisöliittymä Ramboll Finland Oy - Easytec vastaa. Sairaalakohde käsittää 4 eri muuntamoaluetta, joista muuntamon 1 aluetta käsitellään työssä. Sairaalan sähköliittymä on 20 kV liittymä kolmelta eri sähköasemalta, minkä lisäksi sairaalassa on kolme kappaletta varavoimageneraattoreita sekä yhden ulkoisen koneen liitännämahdollisuus.

5.2 Työvälineet

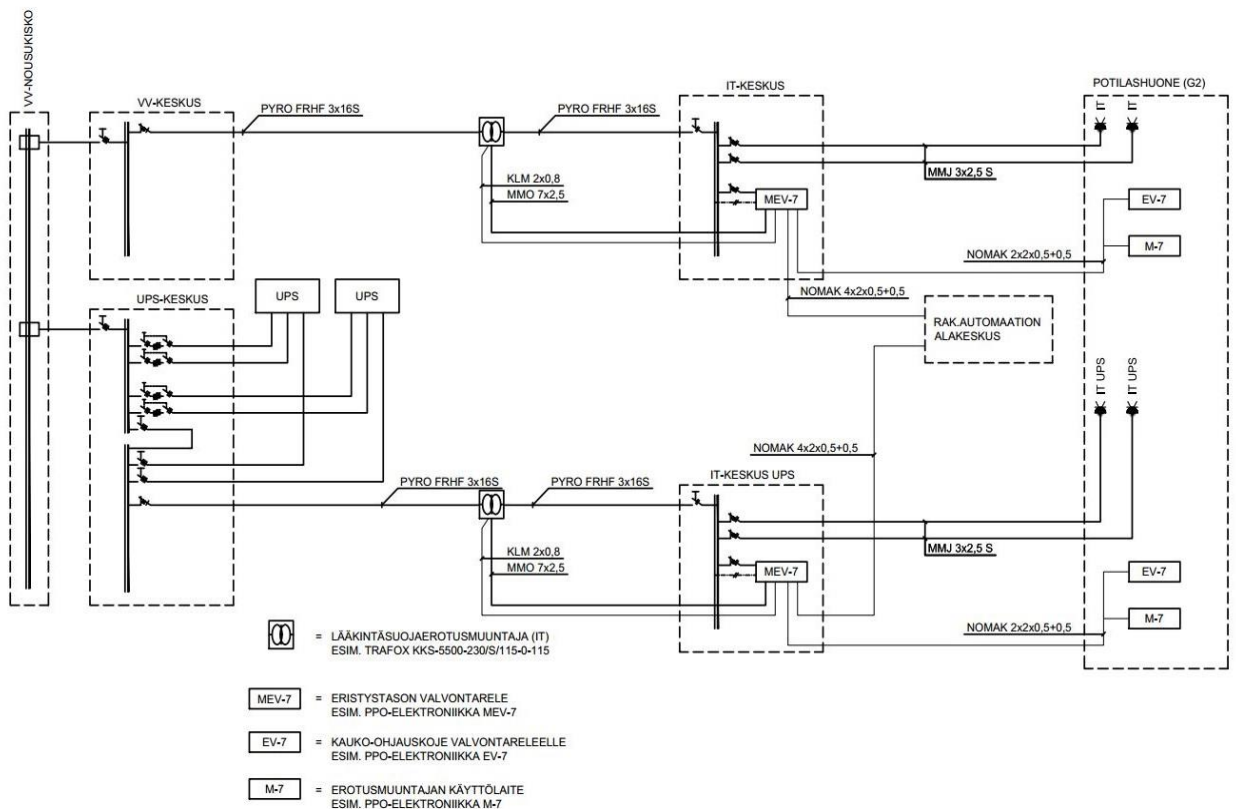
Työn suorittamisessa käytettiin pääsääntöisesti sekä AutoCadin MagiCad-ohjelmaa sekä ABB:n julkaisemaa eDesign-ohjelmaa, joka sisältää aiemman ABB Doc -verkkoston mitoitusohjelmaa. Lisäksi Microsoft Excel oli hyvin tärkeä työkalu työn toteutuksessa.

5.3 Verkostomitoituksen toteutus

Lähtötietoina projektiin olivat keskeneräinen Microsoft Excel -keskustaulukko sekä Autocadin Magicad-ohjelman keskeneräiset sähköjakelupiirrustukset DWG-muodossa. ABB eDesign -ohjelmalla oli määrä tehdä verkostomitoituskaaviot, jonka pohjana keskusluettelo ja sähköjakelupiirrustukset toimivat. Ennen verkostomitoituskaavioiden tekemistä oli keskustaulukko ja sähkötasopiirrustukset saatava kuitenkin valmiiksi sen hetkisten lähtötietojen pohjalta. Työtä tehtäessä piti ottaa huomioon sairaalan lääkintätilojen standardeissa määritellyt erityisvaatimukset sekä yleiset verkostomitoituksen vaatimukset. Verkostomitoituksessa määriteltiin

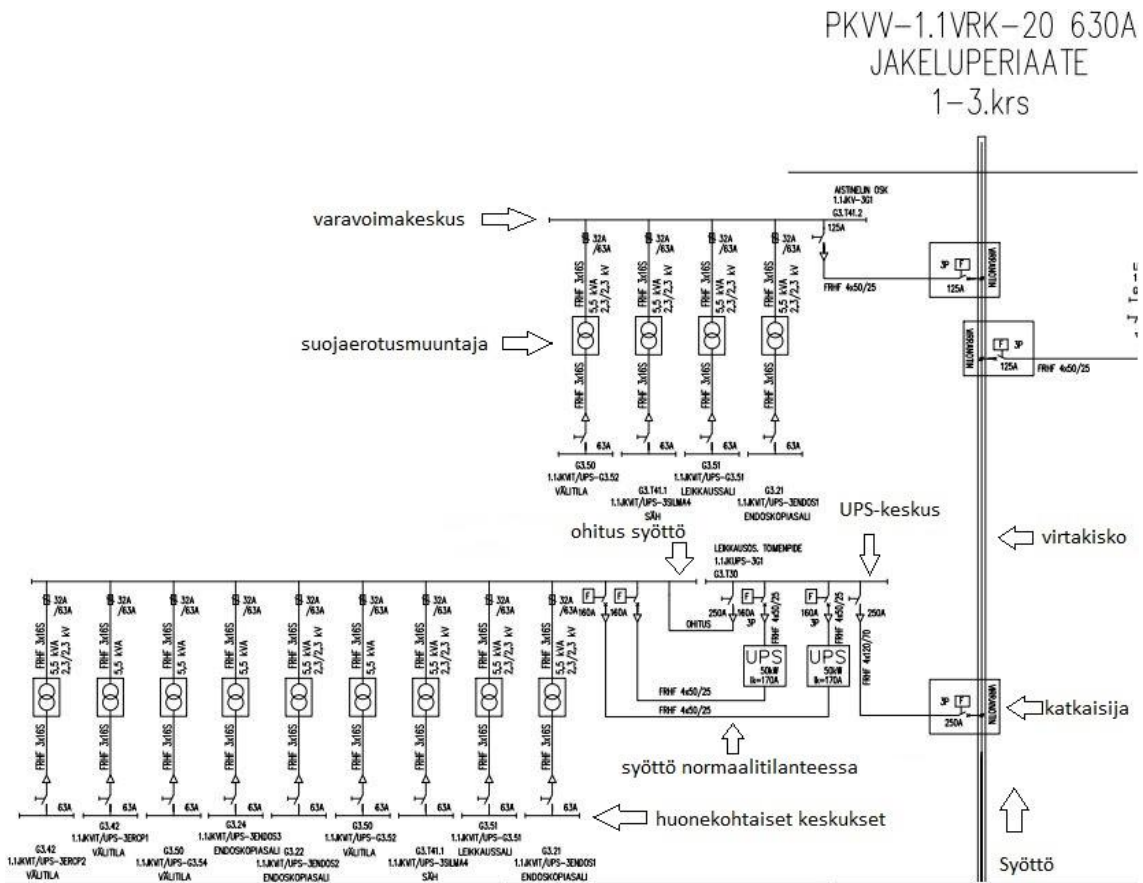
- tarvittava keskusten määrä
- Keskusten syötöt sekä varasyötöt
- UPS-laitteistojen akkujen kapasiteetit (kuva 12)
- Kaapelipituudet, -paksuudet sekä -tyypit (kuva 11 ja 12)
- Keskusten katkaisijoiden/sulakkeiden mitoitus (kuva 12)
- Jännitteenaleneman huomioon ottaminen
- Muuntamon keskusten yhteiskuormitus
- Keskusten virtakiskojen mitoitus
- Suojaerotusmuuntajien ryhmittely (kuva 9 ja 10).

Kuvasta 12 näkee kohteeseen toteutetun IT-jakelujärjestelmän toimintaperiaatteen sekä UPS-laitteiston ja suojaerotusmuuntajien sijoittelun IT-järjestelmässä.



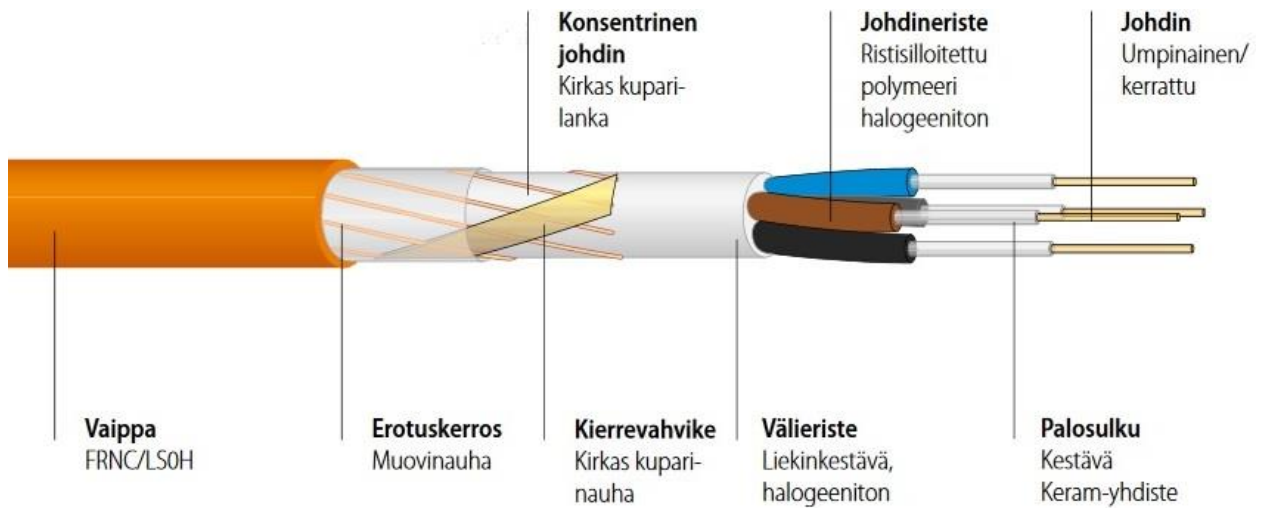
KUVA 12. Toteutetun IT-jakelujärjestelmän periaate (17)

Kuvassa 13 näkyy suojaerotusmuuntajien, UPS-keskuksen sekä varavoimakeskuksen toteutuksen verkostolaskelmassa. Suojaerotusmuuntajien laitteistolle tulee syötöt sekä varavaoimakeskuksilta että UPS-laitteiston sisältävältä UPS-keskukselta.



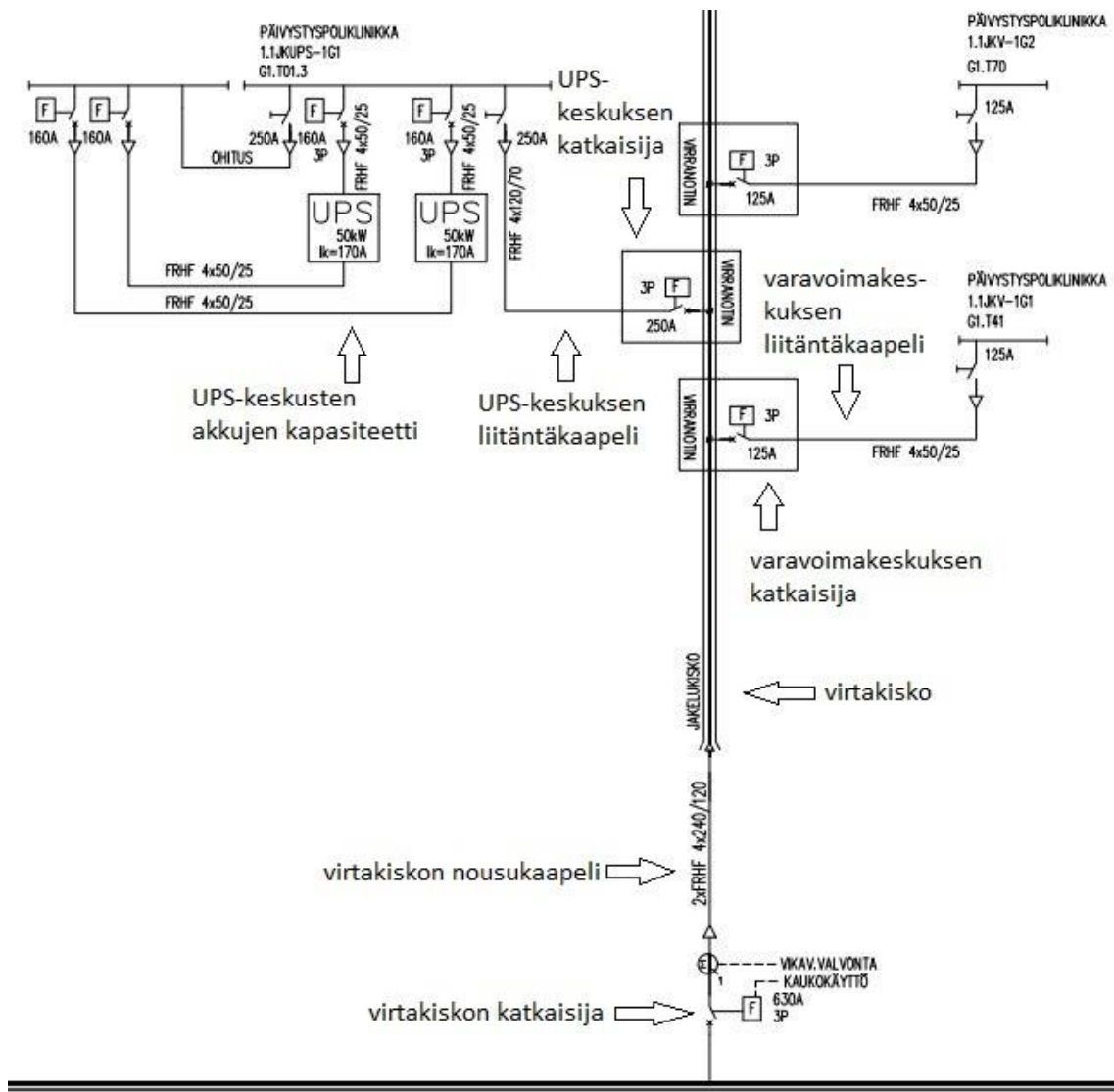
KUVA 13. Lääkintäsuojaerotusmuuntajien toteutus verkostolaskennassa

Tässä kohteessa varavoimakeskuksissa käytettiin vain FRHF-tyyppisiä (Fire Resistant Halogen Free) kaapeleita (kuva 14). Vaihtoehtona oli käyttää normaaleja kaapeleita suojattuna EI (Encapsulating, Insulating) 60 palonkestävyysluokan mukaisella rakenteella. Normaaaleissa keskuksissa käytettiin MCMK- tai AMCMK-tyyppisiä kaapeleita.



KUVA 14. Palonkestävä ja halogeeniton (N)HXCH FE180 E30-E60 voimakkaapeli (18)

Kuvassa 15 näkyy verkostolaskelmassa toteutettu keskusten ja virtakiskon katkaisijoiden mitoitus. Kuvassa näkyy myös käytetyt halogeenittomat FRHF-tyyppiset kaapelit varavoimakeskusten käytössä sekä UPS-keskuksen akkujen kapasiteetti.



KUVA 15. Toteutunut verkostolaskelma varavoimakeskuksesta

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tuottaa täysimittainen ja optimoitu verkostomitoitus tulevan sairaalahankkeen muuntamon 1 alueesta. Työssä tavoiteltiin erityisesti selektiivisyyden onnistumista, mahdollisimman pientä jännitteenalenemaa sekä taloudellisissa raameissa pysymistä. Lisäksi dokumentoinnin tavoitteena oli vertailla eroja sairaalakohteen ja normaalin asuinrakennuksen verkostomitoituksessa.

Työssä käytettiin verkostomitoituksen tuottamiseen vapaasti käytettävissä olevaa ABB eDesign -ohjelmistoa. Työssä laadittiin sähkönjakelupiirrustukset, joiden avulla määriteltiin keskusten kuormitukset laskemalla keskusten tehoneliöt sekä määriteltiin kaapelipituudet keskuksille. Edellämainittujen laskujen pohjalta itse verkostomitoitus suoritettiin. Sähkönjakelupiirrustusten tekemiseen käytettiin AutoCadin MagiCad Electrical -ohjelmistoa, jota käytetään yleisesti sähkö-, tele- ja datajärjestelmien suunnitteluun ja piirtoon.

Työssä kävi hyvin ilmi, kuinka suuret eroavaisuudet sairaalakohteen ja normaalin asuinrakennuksen verkoston suunnittelussa ja mitoituksessa on. Sairaalassa on huomattavasti tiukemmat vaatimukset kaikelle sähköön liittyvälle asennuksista tarkastuksiin. Syy tiukempiin vaatimuksiin on potilasturvallisuuden takaaminen sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytettäessä.

Työn tuloksia ei voi käyttää suoraan toisiin kohteisiin, mutta työ antaa hyvät eväät tehdä verkostomitoituksia erilaisiin kohteisiin. Sairaalakohteet lienevät monimutkaisimpia verkostomitoituskohteita, mitä työelämässä tulee vastaan, jolloin esimerkiksi normaalien asuinrakennusten verkostomitoitus on yksinkertaisempaa ja sitä myöten helpompaa. Kyseinen suoritettu työ oli verkostomitoituksen ensivaihe, joka esitellään tilaajille sekä urakoitsijoille ja jota tullaan vielä hienosäätämään.

Verkostomitoituksen suunnitteluprosessia voisi kehittää varsinkin isommissa projekteissa. Esimerkiksi sairaaloiden suunnitteluissa, joissa on yleensä useampia eri toimijoita, saattaa kommunikaatio olla haasteellista eri suunnittelualojen kesken. Lähtötietojen saanti projektin alussa on erittäin

tärkeää, sillä verkostomitoituksessa otetaan huomioon myös LVI-puolen asioita, kuten ilmanvaihto, jäähdytys ja osa lämmityslaitteista. Kun lähtötiedot saadaan ajoissa ja kommunikaatio toimii, tulee verkostomitoituksesta nopeampaa ja helpompaa, ja virheiden syntyminen vähenee.

LÄHTEET

1. Tietoa Rambollista. Ramboll. Saatavissa: http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy. Hakupäivä 31.5.2017.
2. ST 13.31. 2015. Rakennuksen ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Sähköinfo Oy. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/420> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.5.2017.
3. Jakelujärjestelmät. 2006. Virtuaali ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1150107031700/1150107977837/1150110228558.html>. Hakupäivä 10.5.2017.
4. SFS 6000-1. 2012. Pienjännitesähköasennukset.Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. 3.p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
5. ST 53.13. 2016. Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. Sähköinfo Oy. Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3088> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.5.2017.
6. Suojien selektiivisyys. Ensto. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594830404.html>. Hakupäivä 26.5.2017.
7. SFS 6000-7-710. 2012. Pienjännitesähköasennukset.Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. 5.p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
8. Väisänen, Markku 2017. Sähköinsinööri ylempi AMK, Ramboll Finland Oy, Talotekniikanyksikkö. Haastattelu 15.2.2007.

9. ST 51.79. 2016. Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. Sähköinfo Oy.
Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3144> (vaatii käyttäjälisenssin).
Hakupäivä 10.5.2017.
10. Tiainen, Esa 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.
Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
11. Hakanen, Pertti 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät ST-käsikirja
20. varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. Espoo: Sähkö-tieto ry.
12. Kivimäki, Sami 2015. Voimalaitoksen dieselvaravoimakoneen
käyttövarmuuden parantaminen. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia,
sähkötekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/100473/Kivimaki_Sami.pdf;jsessionid=872AFEFF911C052B53412E14EF34EFA8?sequence=1.
Hakupäivä 15.5.2017.
13. ST 52.35.01. 2010. UPS-laitteet ja järjestelmät. Sähköinfo Oy. Saatavissa:
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/3973> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä
15.5.2017.
14. ST 52.35.01. 2010. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja
potentiaalitasaukset. Sähköinfo Oy. Saatavissa:
<https://severi.sahkoinfo.fi/item/580> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä
15.5.2017.
15. Tison, Etienne. 2016. Electrical installation guide 2016. Valence: Schneider
Electric. Saatavissa: [https://www.schneider-
electric.com/tools/registration/promo/US/en/getpromo/60593P/42553T](https://www.schneider-electric.com/tools/registration/promo/US/en/getpromo/60593P/42553T)
(vaatii latauksen). Hakupäivä 14.5.2017.
16. Lääkintäsuojaerotusmuuntajat. Trafox. Saatavissa:
<http://www.trafox.fi/tuotteet/muuntajat/laakintasuojaerotusmuuntajat/>.
Hakupäivä 17.5.2017.
17. Lahtinen, Jyrki 2016. Suunnittelupäällikkö, Ramboll Finland Oy,
sähkötekniikan yksikkö. Sähköpiirros.

18. Voimakaapelit E30-E60. Pistesarja. Saatavissa:

https://www.pistesarjat.fi/files/pdf/PYRO%20Datalehdet/Voimakaapelit_E30_E60.pdf. Hakupäivä 16.5.2017.