



Oskari Halme

# Lääkintätilojen sähkösuunnittelun edellytykset ja joustavuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

5.9.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Oskari Halme
Otsikko:	Lääkintätilojen sähkösuunnittelun edellytykset ja joustavuus
Sivumäärä:	37 sivua
Aika:	5.9.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Vesa Sippola Ryhmäpäällikkö Masi Kallio

---

Opinnäytetyössä tarkasteltiin sairaaloiden ja erityisesti lääkintätilojen sähkösuunnittelun vaatimuksia, periaatteita ja ohjeistuksia sekä pyrittiin tuomaan esille muuntojoustavuuden ja sairaalan muiden tilojen merkitystä suunnittelussa. Työn tavoitteena oli selvittää lääkintätilojen sähkösuunnittelun edellytyksiä ja koota näistä tiedoista yhdenmukainen kokonaisuus.

Opinnäytetyön tekemiseen käytettiin standardeja, ST-kortteja, verkkoaineistoja, aikaisempia insinööritöitä sekä työyhteisön kollegojen asiantuntemusta haastattelujen ja keskustelujen kautta. Työssä on haluttu selvittää ja tarkentaa lääkintätilojen suunnitteluun vaikuttavia lähtökohtia sekä avata mitä näiden ohella toimivat tukevat tilat ovat ja mikä niiden merkitys on kokonaisuuden toiminnan kannalta.

Sairaalatekniikka, hoitomenetelmät ja sairaalan toiminta kehittyvät jatkuvasti, mikä aiheuttaa muutospainetta tilojen käyttötarkoituksiin. Tämän takia on arvokasta pohtia muuntojoustavuuden merkitystä ja sen toteuttamista sairaalahankkeissa mahdollisimman kustannustehokkaasti ja sujuvasti. Opinnäytetyössä pohdittiin muuntojoustavuuden mahdollisuuksia suunniteltaessa lääkintätiloja. Työssä käsitellään sairaalan lääkintätiloja sekä näitä tukevia tiloja, käytettäviä sähkönjakelujärjestelmiä, muuntojoustavuuden huomiointia ja toimivimman ratkaisun ohjenuoria.

Opinnäytetyön kokonaisuus sisältää sairaalasuunnittelun käsitteistöä, suunnittelua ohjaavia periaatteita, standardien määräyksiä ja sairaalan toimivuuteen vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyö toimii tukena alalla toimiville ammattilaisille sekä erityisesti juuri sairaalasuunnittelun aloittaneille henkilöille. Työllä voidaan perehdyttää uusia sekä vanhempia alan työntekijöitä sairaalan sähkösuunnittelun perusteisiin.

Avainsanat: sähkösuunnittelu, lääkintätila, sairaalasuunnittelu, muuntojoustavuus

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Oskari Halme  
Title: Requirements and Flexibility of Electrical Design in Medical Facilities  
Number of Pages: 37 pages  
Date: 5 September 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Electrical Power Engineering  
Supervisors: Vesa Sippola, Senior Lecturer  
Masi Kallio, Group Manager

---

This thesis work examined the requirements, principles, and guidelines for electrical design in hospitals, particularly in medical facilities, and aimed to highlight the significance of flexibility and other hospital facilities in the design process. The objective of the thesis work was to investigate the requirements for electrical design in medical facilities and to compile this information into a coherent document.

The thesis work was conducted using standards, ST cards, online materials, previous engineering theses, and the expertise of colleagues in the work community through interviews and discussions. The aim was to clarify and specify the initial conditions affecting the design of medical facilities and to elucidate the purpose of adjacent facilities in terms of functionality.

Hospital technology, treatment methods, and hospital operations are continuously evolving, which causes pressure for changes in the use of facilities. Therefore, it is valuable to consider the importance of flexibility and its implementation in hospital projects as cost-effectively and smoothly as possible. The thesis work explored the possibilities of flexibility in the design of medical facilities. This thesis work discusses hospital medical facilities and their supporting areas, the electrical distribution systems used, the consideration of flexibility, and the guidelines for the most functional solutions.

The result of this thesis work is information concerning the requirements for electrical design in medical facilities. Thesis includes terminology related to hospital design, guiding design principles, standard regulations, and factors affecting the functionality of a hospital. The thesis serves as a support for professionals working in the field and especially for those who have just started in hospital design. It can be used to familiarize both new and experienced industry workers with the basics of hospital electrical design.

Keywords: Electrical design, medical facility, hospital design, flexible design

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sairaalan lääkintätilat	2
3	Lääkintätiloissa käytettävät sähkönsyöttöjärjestelmät	6
3.1	Varavoimajärjestelmä	6
3.2	UPS-järjestelmä	8
3.3	Lääkintä-IT-järjestelmä	9
4	Standardien vaatimukset lääkintätiloissa	11
4.1	Erytisvaatimukset G0-lääkintätilassa	11
4.2	Erytisvaatimukset G1-lääkintätilassa	12
4.3	Erytisvaatimukset G2 lääkintätilassa	21
5	Lääkintätilojen optimaalinen sähkösuunnittelu	27
6	Lääkintätiloja tukevat tilat sairaalassa	33
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

## Lyhenteet ja käsitteet

DRUPS: *Diesel rotary UPS*, katkotonta sähköä tuottava varavoimakone.

Liitäntäosa: Sähkökäyttöisen lääkintälaitteen osa, joka normaalikäytössä välttämättä tulee fyysiseen kosketukseen potilaan kanssa sähkökäyttöisen lääkintälaitteen tai lääkintälaittejärjestelmän toiminnan kautta.

Lääkintä-IT-järjestelmä:

Jakelujärjestelmä, jossa yhtäkään pistettä ei maadoiteta suoraan ja joka täyttää kaikki luokan 2 lääkintätilojen vaatimukset.

Muuntojoustavuus:

Käsite, joka kuvaa tilojen kykyä mukautua käyttötarpeen ja hoitotoimien muuttuessa vaativimmiksi.

PELV: *Protective Extra Low Voltage*. Pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännitteelliset osat voidaan maadoittaa.

SELV: *Safety Extra Low Voltage*. Pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännitteellisiä osia ei ole maadoitettu.

Sähkökäyttöinen lääkintälaitte:

Laitte, jossa on liitäntäosa, josta energiaa siirtyy potilaaseen tai potilaasta tai joka ilmaisee tällaisen energian siirtymistä.

TN-järjestelmä:

Jakelujärjestelmä, jossa yksi piste on maadoitettu ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty maadoituspisteeseen suoja- maadoitusjohtimella tai PEN-johtimella.

TT-järjestelmä:

Jakelujärjestelmä, jossa yksi piste on maadoitettu ja sähkölaitteistojen jännitteelle alttiit osat on maadoitettu erikseen maadoituselektrodin avulla.

UPS: *Uninterruptible Power System*, keskeytymättömän tehon sähköjärjestelmä.

# 1 Johdanto

Terveydenhuollon yksiköt, kuten terveystakeskukset, lääkäriasemat, päivystys ja etenkin sairaalat ovat jatkuvassa käytössä, sillä ne ovat välttämättömiä monille tärkeille toiminnoille, esimerkiksi sairaustapausten hoitamiselle, mikä on keskeistä terveydenhuollon ja yhteiskunnan hyvinvoinnin kannalta. Sairaalat ovat vaativia kohteita, joiden suunnittelu edellyttää useiden eri alojen ammattilaisia, sillä huolellinen ja vaatimuksien mukainen suunnittelu ja rakentaminen on yhteydessä esimerkiksi potilaiden hoidon laatuun ja terveydenhuollon työntekijöiden työskentelyolosuhteisiin.

Sairaaloissa esiintyy monia erilaisia alueita ja tiloja, joiden todellinen merkitys ja käyttötarkoitus määritellään jo suunnitteluvaiheessa. Jokainen erilainen tila suunnitellaan sille ominaisella ja edellytyksien vaatimalla tavalla, jotta sen oikeanlainen toimivuus, tehokkuus, turvallisuus ja pitkäikäisyys voidaan varmistaa.

Sähkösuunnittelijan roolia sairaaloiden suunnittelussa voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä, sillä sairaalat tarvitsevat toimiakseen sähköä. Tätä varten sähköalan asiantuntijat varmistavat työllään, että sairaalan sähköjärjestelmät ovat turvallisia, luotettavia, energiatehokkaita ja tulevaisuuden tarpeisiin muun-  
tuvia.

Opinnäytetyössä tutkitaan sairaalasuunnittelun vaatimuksia, ohjeistuksia ja suosituksia sähkösuunnittelijan näkökulmasta. Työssä käsitellään sairaalan lääkintätilojen ja niitä tukevien tilojen suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, sähkösuunnittelun periaatteita ja ohjeita erityisesti lääkintätilojen osalta. Opinnäytetyö on toteutettu Granlund Oy:n toimeksiantona, ja se kokoaa yhteen keskeiset lääkintätilojen suunnitteluun vaikuttavat tekijät. Työ tarjoaa tulevaisuuden kannalta merkittäviä näkökulmia etenkin muuntojoustavuuden ja lääkintätiloja tukevien tilojen osalta, joista standardeissa ei ole vielä tarkkaa ohjeistusta. Työn tavoitteena on selventää suunnittelua ohjaavia vaatimuksia ja tarjota ne sähkösuunnittelijoille helposti saatavilla olevaan muotoon, mikä helpottaa heidän työtään ja parantaa suunnitteluprosessin laatua.

## 2 Sairaalan lääkintätilat

Sairaalassa erilaiset lääkintätilat ryhmitellään lääkintätilaluokan perusteella luokkiin 0, 1 tai 2. Näistä käytetään tunnuksina usein myös G0-, G1- ja G2-termejä. Tilojen ryhmittely on sähkösuunnittelun kannalta tärkeää, sillä lääkintätilaluokka määrittää monia sähkösuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten tuotteiden valintoja ja syöttöjärjestelmiä. Lääkintätilojen luokittelu projektin alkuvaiheessa auttaa sähkösuunnittelijan työssä hahmottamaan, millaisia varustuksia ja järjestelmiä tilaan tulee suunnitella.

Lääkintätilan tunnuksen eli luokan määrittää tilan käyttötarkoitus, joka määritellään yhteistyössä työntekijöiden turvallisuudesta vastaavan tahon, lääkintähenkilökunnan ja kyseisen terveydenhuolto-organisaation kanssa. Esimerkiksi lääkintähenkilökunta esittää, mitä lääkinnällisiä toimenpiteitä tilassa aiotaan tehdä, ja sen perusteella kartoitetaan lääkintätilalle luokkatunnus. Suunnittelua useimmiten helpottaa, kun tiedetään tulevan tilan käyttötarkoitus, koska esimerkiksi sairaalan vastaanottotilat, joissa ei tehdä kirurgisia toimenpiteitä, suunnitellaan eri tavalla kuin leikkaustoimintaan tarkoitetut tilat. On suositeltavaa käyttää riskienhallinnan menetelmiä selvittämään, onko mahdollista, että lääkintätilaa saatetaan käyttää tarkoituksiin, jotka vaativat tilan normaalia käyttöä korkeampaa tilaluokitusta. [1, s. 91–92.]

Lääkintätiloissa voidaan käyttää sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita, minkä vuoksi suojaustoimenpiteiden on oltava tehostettuja potilaiden ja lääkintähenkilökunnan turvallisuuden varmistamiseksi. Tehostettuja suojausmenetelmiä tarvitaan, koska lääkinnällisten toimenpiteiden aikana iho voi olla leikattu tai vahingoittunut, mikä voi vaikuttaa alentavasti kehon resistanssiin, tai kun tiloissa käytetään nesteitä, kuten vettä, suolaliuosta ja verta, jotka lisäävät sähköiskun vaaraa. Lisäksi erityisesti elämää ylläpitävien laitteiden tapauksessa sähkönsyötön katkeamiseen liittyy riski, minkä takia on olennaista suunnitella tehostettu suojaus tällaisen toiminnan turvaamiseksi. Kaikissa toimenpiteissä ja toiminnoissa, mitkä suoritetaan lääkintätiloissa, on huomioitava erityiset turvallisuusvaatimukset, kuten sähkönsyötön jatkuvuus ja suojaus sähköiskulta. [2, s. 6.]

Taulukossa 1 on listattu sairaalan erilaisia tiloja niiden lääkintätalaluokituksen mukaan. Taulukossa 1 on esitelty myös lääkintätalun varavoimajärjestelmän luokitus, josta kerrotaan lisää luvussa 3.2.

Taulukko 1. Luettelo erilaisista lääkintätiloista ja niiden tilaluokituksista standardin SFS 6000-7-710 mukaan [2, s. 25].

Lääkintätila	Ryhmä			Luokittelu	
	G0	G1	G2	Luokka C ≤ 0,5 s	Luokka E >0,5 s ≤15 s
Hierontahuone	X	X			X
Potilashuone		X			X
Synnytysuhuone		X		X <sup>a</sup>	X
EKG-, EEG-, EMG-huone		X			X
Tähystysuhuone		X <sup>b</sup>		X	X <sup>b</sup>
Tutkimus- ja toimenpidehuone		X		X	X
Urologiahuone		X <sup>b</sup>		X	X <sup>b</sup>
Röntgentutkimus- ja sädehoituhuone		X			X
Kuntoutushuone		X			X
Anestesiatiila			X	X <sup>a</sup>	X
Leikkaussali			X	X <sup>a</sup>	X
Valmisteluhuone		X	X	X <sup>a</sup>	X
Kipsaushuone		X	X	X <sup>a</sup>	X
Heräämö			X	X <sup>a</sup>	X
Tehohoituhuone			X	X <sup>a</sup>	X
Magneettikuvaushuone (MRI)		X	X	X	X
Keskola			X	X <sup>a</sup>	X
Tarkkailuhuone		X	X	X	X
<sup>a</sup> Valaisimet ja elintoimintoja ylläpitävät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet, jotka tarvitsevat syötön 0,5 sekunnissa tai lyhyemmässä ajassa.					
<sup>b</sup> Jos ei ole leikkaussali.					

Taulukosta 1 voidaan huomata, että tietyt tilat, kuten kipsaushuone ja magneettikuvaushuone, voivat kuulua sekä luokan 1 että 2 lääkintätilaan. Tilanteissa, joissa arvioinnissa tila osoittautuu kuuluvan sekä luokan 1 että 2 määritelmään, täytyy tila luokitella G2-lääkintätalaksi [2, s. 10].

### Ryhmän G0 lääkintätila

Sairaalarakennuksen tila, jossa ei ole tarkoitus käyttää sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitännäosia, jotka saavat syöttönsä jakeluverkosta, ja jossa sähkönsyötön toiminnan keskeytyminen vikatilanteessa ei pysty aiheuttamaan välitöntä hengenvaaraa, luokitellaan kuuluvan G0-lääkintätilaluokkaan [1, s. 91]. Näitä lääkintätiloja ovat esimerkiksi hierontahuone ja yleissairaalan vuodeosaston päiväsaali. Ryhmän G0 tiloja ovat myös tilat, joissa ei suoriteta lääkinnällisiä toimenpiteitä tai käytetä lääkintälaitteita, kuten käytävät ja hissiaulat, WC- ja suihkutilat sekä henkilökunnan kahvi- ja lepohuoneet. [3, s. 4–5.]

### Ryhmän G1 lääkintätila

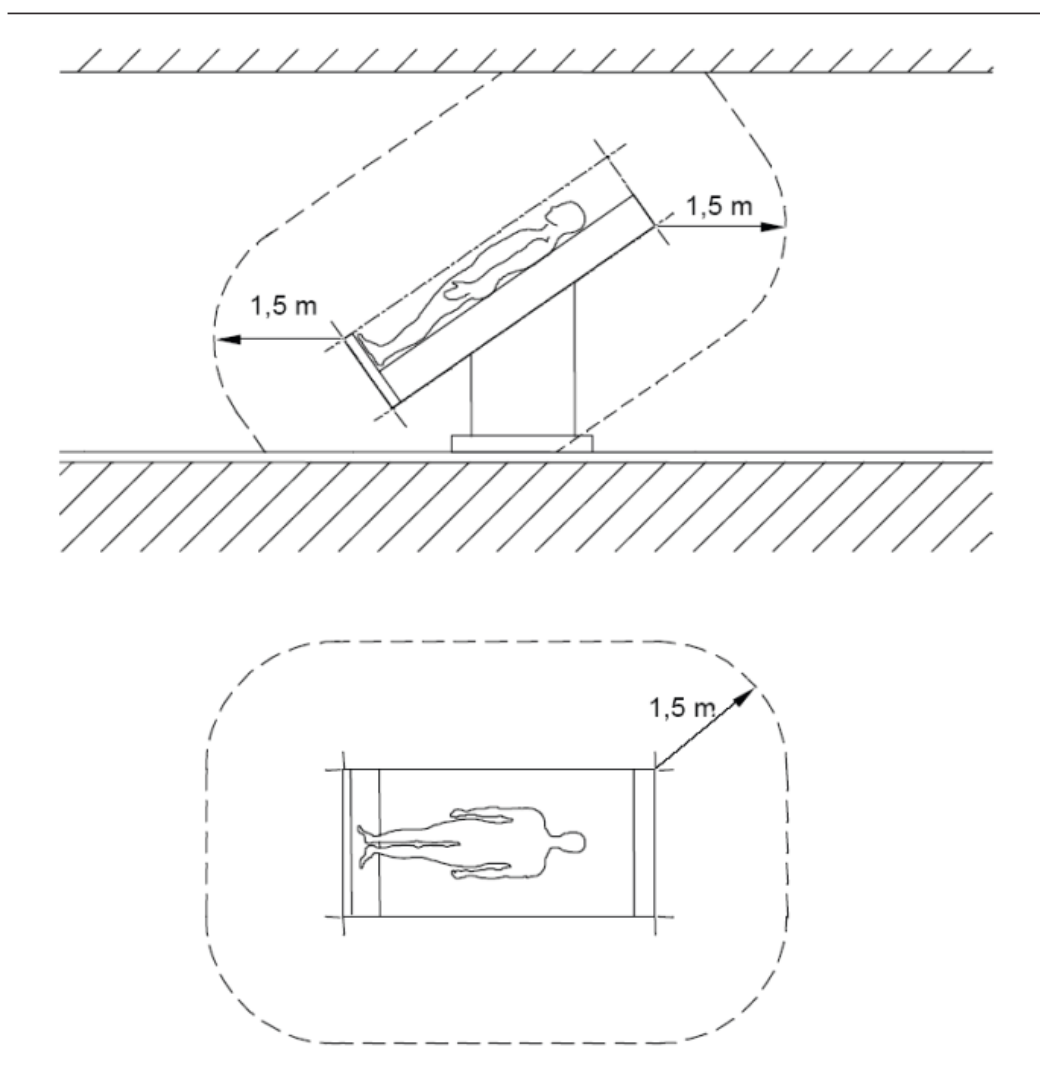
Sairaalan tilat, joissa on tarkoitus käyttää ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti lääkintälaitteen liitännäosia, jotka saavat sähkönsyöttönsä verkosta, ovat ryhmän G1 tiloja, ellei kyseessä ole ryhmän G2 soveltamisalue. Sairaaloissa ryhmän G1 lääkintätilalla tarkoitetaan tiloja, joissa potilasta tutkitaan tai hoidetaan. [1, s. 91.] Ryhmän G1 lääkintätiloja ovat standardin SFS6000-7-710 mukaan esimerkiksi potilas-, synnytys-, röntgentutkimus- ja sädehoitohuoneet [2, s. 25].

### Ryhmän G2 lääkintätila

Korkeimpaan lääkintätilaluokkaan G2 kuuluvia tiloja ovat ne tilat, joissa sähkönsyötön toiminnan keskeytyminen voi aiheuttaa potilaalle välittömän vaaran ja joissa verkosta syöttönsä saavan lääkintälaitteen liitännäosia on tarkoitus käyttää leikkaussalikäyttöön, tehohoitoon tai sydämenläheisiin toimintoihin. Tilat, joissa käytetään sydämen tai keskusverenkierron toiminnan valvontaan tai diagnostisointiin tarkoitettuja sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita, kuuluvat ryhmään G2. [1, s. 92.] Ryhmän G2 lääkintätiloja ovat standardin SFS6000-7-710 mukaan esimerkiksi leikkaussalit, tehohoitohuoneet, anestesiatilat ja heräämöt [2, s. 25].

## Hoitoalue

Kun puhutaan hoitoalueesta, tarkoitetaan aluetta, jossa tarkoituksellisesti tai tahattomasti voi potilaan ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen tai lääkintälaittejärjestelmän osan välille muodostua suora yhteys. Hoitoalueeseen lasketaan myös alue, jossa on mahdollista muodostua yhteys potilaan ja lääkintälaitteen tai lääkintälaittejärjestelmän osaa koskevan muun henkilön välille. [2, s. 8.] Kuvasta 1 voidaan nähdä hoitoalueen mitoitusperiaate, josta nähdään hoitoalueen minimimitoituksen olevan 1,5 metriä hoitopaikasta joka suuntaan.



Kuva 1. Esimerkki hoitoalueesta [2, s. 24].

Hoitoalueen määrittämistä hankaloittaa se, että kun vuodesta 2012 alkaen standardin mukaan on täytynyt ottaa huomioon kaikki potilaan mahdolliset sijainnit hoitoaluetta määrittäessä, jos tilassa ei ole kiinteää hoitopaikkaa tai huoneessa on liikutettava leikkauspöytä. Tässä tapauksessa hoitoalueen määrittäminen on vaikeaa, jolloin varsinkin pienehköissä tiloissa on syytä määrittää hoitoalueeksi koko huone. [3, s. 3, 21.]

### **3 Lääkintätiloissa käytettävät sähkönsyöttöjärjestelmät**

Tässä luvussa käydään läpi, millaisia erilaisia sähkönsyöttöjärjestelmiä käytetään terveydenhoidon tiloissa. Sairaaloissa sähkönjakelu koostuu normaalijakelusta, varavoimajakelusta ja katkeamattomasta UPS-jakelusta [4]. Tämän lisäksi ryhmän G2 lääkintätiloissa, kuten leikkaussaleissa, on käytössä lääkintä-IT-järjestelmä [2, s. 9]. Normaalijakelun sähkönsyöttöjärjestelmiä käytetään lähes kaikkialla, mutta sairaalakohteissa on se vain yksi käytössä olevista järjestelmistä. Tarkoitetaan, että normaalissa tilanteessa sähkönjakelu toteutetaan koko sairaalarakennukseen paikallisen sähkönjakeluverkonhaltijan sähköverkon kautta. Tavallisesti toteutetaan sairaalarakennuksen ja sähkönjakeluverkonhaltijan välinen liittymä keskijänniteliittymällä, joka on 10 kV tai 20 kV. Pienet sairaalakohteet voidaan kuitenkin toteuttaa pienjänniteliittymällä samalla tavalla kuin muut pienet kiinteistöt. Pienjänniteverkon jännite on 0,4 kV. [5.]

#### **3.1 Varavoimajärjestelmä**

Varavoimajärjestelmän tehonlähteen ideana on varmistaa normaaliverkon syötön katketessa sähköasennusten tai niiden toiminnan jatkuminen. Sairaaloissa varavoimaverkolla varmennetaan luokkien E ja F varavoimajärjestelmät. Luokkien tarkemmat määritelmät selostetaan tässä luvussa. Tämän lisäksi varavoimalla varmistetaan UPS-järjestelmien pidempiaikainen käyttömahdollisuus. [2, s. 9; 5.] Tavallisesti sairaaloissa varavoima tuotetaan polttomoottorigeneraattoreilla ja sen rinnalla on UPS-järjestelmä. Pienemmissä terveyskeskuksissa voidaan keskeytymätön sähkönjakelu toteuttaa pelkästään esimerkiksi laite- tai tilakohtaisilla akuilla tai UPS-järjestelmillä [2, s. 20].

Terveystieteidenlaitoksissa täytyy lääkintätilojen sähkönjakelun keskeytymätön toiminta sähkökatkon aikana turvata varavoimajärjestelmien avulla. Vikatilanteissa täytyy varavoimajärjestelmän toiminta alkaa standardissa määritellyn siirtoajan kuluessa, sekä sen täytyy pystyä syöttämään lääkintätiloja standardissa vaaditun ajan verran. Varavoiman on automaattisesti käynnistytävä, jos edes yhdessä pääsyötön pääkeskuksen syöttöjohdossa jännite laskee alle 85 % nimellisjännitteestä vähintään 0,5 sekunnin ajan. [2, s. 20.] Varavoimajärjestelmät voidaan jakaa neljään eri luokkaan A, C, E ja F seuraavien määritelmien mukaan:

- Luokan A varavoimajärjestelmässä ei saa tapahtua katkoa sähkönsyötössä, minkä takia automaattisen varavoimajärjestelmän täytyy olla sellainen, jolla voidaan varmistaa jatkuva sähkönsyöttö määritellyissä olosuhteissa muutoksen aikana.
- Luokan C varavoimajärjestelmässä täytyy syötön muutoksen tapahtua varavoimajärjestelmään alle 0,5 sekunnissa.
- Luokan E varavoimajärjestelmässä täytyy syötön muutoksen tapahtua varavoimajärjestelmään alle 15 sekunnissa.
- Luokan F varavoimajärjestelmässä täytyy syötön muutoksen tapahtua varavoimajärjestelmään yli 15 sekunnissa. [2, s. 20.]

Standardissa SFS 6000-7-710 on määriteltynä eri laitteille ja järjestelmille lääkintätiloissa vaadittavat sähkönsyötön siirtoajat sähkökatkoksen eli vikatilanteen tapahtuessa. Luokan C varavoimajärjestelmään, jossa syötönsiirtymisaika on alle 0,5 sekuntia, kuuluvat laitteet ja järjestelmät, kuten leikkaussalivalaisimet, sähkökäyttöiset lääkintälaitteet ja lääkintälaittejärjestelmät, joissa on käytön kannalta välttämättömiä valaisimia, kuten tähystysvalaisimia. Näihin kuuluvat myös muut välttämättömät laitteet, kuten monitorit, kriittisesti elämää ylläpitävät lääkintälaitteet ja -järjestelmät sekä muut riskinarvioinnin perusteella tärkeät laitteet. Varavoimajärjestelmän täytyy pystyä ylläpitämään näitä laitteita vähintään 3 tunnin ajan. [2, s. 20; 3, s. 17.]

Lääkintälaitteet ja lääkintälaittejärjestelmät, joita ei ole liitetty luokan C varavoimajärjestelmään, sekä turvalaistus, täytyy liittää luokan E varavoimajärjestelmään, jossa syötönsiirtoaika on oltava alle 15 sekuntia. Luokan E varavoimajärjestelmää käyttäessä voidaan luokan C järjestelmän toiminta-aika laskea 3

tunnista 1 tuntiin. Luokan E varavoimajärjestelmän täytyy yleisesti toimia sähkökatkon aikana vähintään 24 tuntia, mutta tämä voidaan arvioinnin perusteella laskea 3 tuntiin, jos tilojen lääkinnälliset tarpeet sen sallivat ja rakennus on selkeästi alle 3 tunnissa mahdollista evakuoida. [2, s. 20–21; 3, s. 17–18.]

Luokan F varavoimajärjestelmään, jossa siirtoaika on yli 15 sekuntia, kytketään muut välttämättömät laitteet, jotka ovat tarpeellisia lääkintätoimenpiteiden tai muiden vastaavien toimenpiteiden kannalta, mutta jotka eivät kuulu luokan C tai E laitteisiin tai järjestelmiin. Tämän järjestelmän pitää pystyä säilyttämään sähkönsyöttö vähintään 24 tuntia, mutta tätä aikaa voidaan pidentää riskinarvioinnin perusteella. Laitteita, jotka voidaan liittää luokan F varavoimajärjestelmään, ovat esimerkiksi

- sterilointilaitteet
- talotekniset asennukset
- jäähdytyslaitteet
- akkujen latauslaitteet
- palokunnanhissit tai potilashissit. [2, s. 20.]

Edellä mainitut jaottelut luokkiin ovat kuitenkin alustavia. Lopullisen päätöksen varavoimaverkon luokista ja ryhmistä tekee lääkintätilan haltija tai toiminnan harjoittaja [3, s. 19].

### 3.2 UPS-järjestelmä

Keskeytymättömällä tehonsyöttöjärjestelmällä (UPS, Uninterruptible Power System) voidaan syöttää kriittisille kuormille katkotonta ja häiriötöntä vaihtosähköä. UPS-järjestelmän toiminta perustuu akustoon, johon varastoidaan energiaa. Tätä energiaa voidaan käyttää kriittisten laitteiden syöttämiseen, jos normaalin sähköverkon syöttö katkeaa. [6, s. 1.]

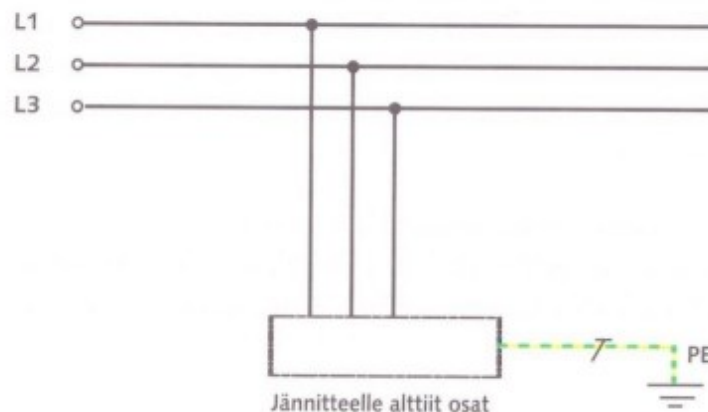
Normaalin UPS-järjestelmän lisäksi sairaaloissa voidaan käyttää DRUPS-järjestelmää (engl. Diesel rotary UPS). DRUPS-laite on niin sanottu katkoton

varavoimakone, jossa on yhdistettynä dieselmoottorilla pyörivä generaattori ja UPS-laite. [7.]

UPS-järjestelmillä voidaan toteuttaa luokan C syötönsiirtoaika, joka on alle 0,5 sekuntia. UPS-järjestelmän on myös pystyttävä käynnistymään ilman, että sähkönsyöttö olisi käytössä. [2.]

### 3.3 Lääkintä-IT-järjestelmä

Kun puhutaan lääkitä-IT-järjestelmästä, tarkoitetaan sähköistä IT-järjestelmää, joka täyttää kaikki lisävaatimukset, joita tarvitaan ryhmän G2 lääkitätiloissa [2, s. 9]. IT-järjestelmän ideana on se, että kaikki jännitteiset osat ovat eristettyinä maasta. Sähkölaitteistossa jännitteelle alttiit osat voidaan maadoittaa joko erikseen tai yhdessä tai vaihtoehtoisesti SFS 6000-4-41-standardin kohdan 411.6.2 mukaisesti koota yhteisesti järjestelmän maadoitukseen. Tiloissa, joissa ensimmäinen eristysvika ei saa aiheuttaa sähkönsyötössä katkoa, kuten leikkaussaleissa, käytetään IT-järjestelmää. [8.] Kuvassa 2 on esitettyä IT-järjestelmä.



Kuva 2. IT-järjestelmä [8].

Lääkitätilan IT-järjestelmä on varustettava eristystilan valvontalaitteella, joka on SFS-EN 61557-8:2014-standardin liitteen A ja B mukainen. Valvontalaitteessa on eristystilan etävaroitus, jolla voidaan näyttää seuraavia tilanteita

jatkuvasti: G2-lääkintätilojen sähkönsyöttöpiirien nykytila, katkaisimien laukeaminen, lääkitätilan käytön kannalta merkittävät häiriöt ja virhetoiminnot tiedon- siirtojärjestelmässä. On myös suositeltavaa käyttää eristysvian paikannusjärjestelmää, joka paikantaa virtaa sähköjärjestelmän ja maan välillä. Tämä helpottaa vianpaikannusta. Tämän järjestelmän on oltava standardin SFS-EN 61557-9:2014 liitteen A mukainen ja se täytyy asentaa lääkitä IT-järjestelmän sähkökeskukseen. [2, s. 12–13, 18; 3, s. 9.]

Lääkitätilassa työskentelevällä henkilökunnalla täytyy olla myös valmius toimia, jos vikailmoituksia tai muita hälytyksiä tulee. Tämän vuoksi lääkitätiloissa on oltava kirjallinen selitys, joka on helposti luettavissa ja ymmärrettävissä. Selityksen tulee sisältää selkeä kuvaus siitä, mitä kukin hälytys tarkoittaa, sekä ohjeet tarvittavista toimenpiteistä ensimmäisen vian ilmetessä. Tämän lisäksi eristystilan valvontalaitteeseen on hyvä lisätä jatkohälytys, esimerkiksi integroimalla se rakennusautomaatioon, jotta hälytys voidaan saada myös teknisessä päivystyksessä. [3, s. 10.]

Lääkitä-IT-järjestelmien erotusmuuntajien on oltava standardin SFS-EN 61558-2-15 mukaisia sekä tämän standardin lisäksi on niiden toteutettava seuraavat vaatimukset:

- Kaikkia lääkitä-IT-järjestelmiä on syötettävä vähintään yhdellä yksivaiheisella muuntajalla.
- Jos IT-järjestelmä tarvitsee kolmivaihekuormitusten syöttöä, on tätä varten oltava oma kolmivaihemuuntaja.
- Mitoitustehon täytyy olla suurempi kuin 0,5 kVA ja pienempi kuin 10 kVA.
- Jos samaan lääkitätilaan tarvitaan monta muuntajaa syöttämään laitteita, ei niitä saa kytkeä rinnan.
- Oikosulkujännite on valittava niin, että se sopii ensiö- ja toisiopuolen ryhmäjohtojen ylivirtasuojaukselle. [2, s. 15.]

Lääkitä-IT-järjestelmän muuntajien ylikuormitusta ja yllämpöolosuhteita on valvottava aikaisemmin mainituilla eristystilan valvontalaitteilla [2, s. 13]. Lääkitä-IT-järjestelmän tarkoituksena on turvata syötön jatkuvuus, joten laukaisevaa

ylikuormitusta ei saa käyttää ja muuntajan syöttö on tultava varavoimasta. Muuntajan syöttö on kuitenkin turvattava laukaisevalla oikosulkusuojauksella, kuten sulakkeella, ja toisiopuolelta lähtevät ryhmäjohdot suojataan kaksinapaisella johdonsuojakatkaisijalla. Sulakkeen mitoituksessa on otettava huomioon virtasysäys, joka aiheutuu muuntajan kytkennässä sekä mahdollinen kytkentävirtasysäyksen estopiirin vikaantuminen. [3, s. 9.]

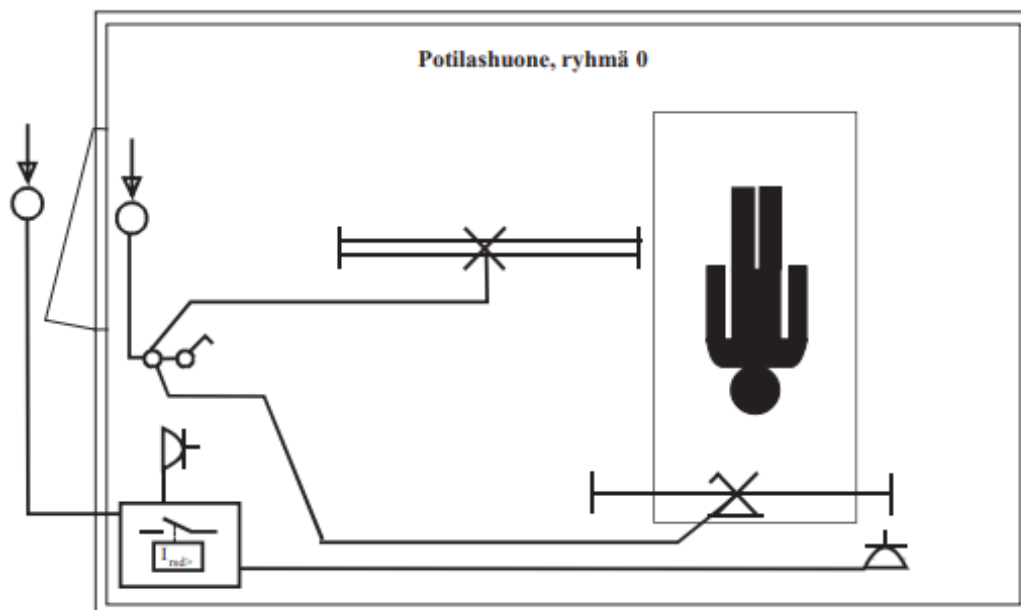
## 4 Standardien vaatimukset lääkintätiloissa

Tässä luvussa käsitellään lääkintätilojen sähköasennusten suunnitteluun liittyviä erityisvaatimuksia asennusstandardin SFS 6000-7-710 mukaan, joka puolestaan perustuu standardiin CENELEC HD 60364-7-710 [3, s. 1].

### 4.1 Erityisvaatimukset G0-lääkintätilassa

G0-lääkintätiloja ovat sairaalan yleiset tilat, joita voivat olla muun muassa käytävät, hissiaulat ja henkilökunnan ruokasalit. Ryhmän G0 tiloissa tulee kaikki uudet sukopistorasiaryhmät suojata yleisesti 30 mA:n vikavirtasuojalla, joka sijaitsee keskuksessa tai potilashuoneessa, voimassa olevan yleisstandardin (SFS 6000) mukaisesti. Valaistusryhmiä ei ole välttämätöntä suojata vikavirralla ryhmän G0 tilassa. [3, s. 8, 20.] Vaikka ryhmän G0 tiloissa ei ole standardissa tarkkoja arvoja suojajohtimien resistanssivaatimuksista annettu, on silti hyvä noudattaa ST-kortissa 51.79 annettua ohjeellista arvoa  $1 \Omega$  [3, s. 12].

Kuvassa 3 on esitelty esimerkki potilashuoneen asennusvaatimuksista, mutta varustelutaso ei vastaa todellisuutta selkeyden vuoksi. Kuvasta 3 voidaan nähdä, että tilan pistorasioiden syötöt kulkevat vikavirtasuojan kautta, joka usein sijaitsee keskuksessa. Tilaan tuleva valaistus on oman lähdön takana, jolla ei ole vikavirtasuojaa.



Kuva 3. Esimerkki ryhmän G0 tilan sähkösuunnittelusta [3, s. 20].

Ryhmän G0 lääkintätilat eivät vaadi useita eri erityisvaatimuksia suunnittelun tai asennusten kannalta, jolloin niissä yleensä voidaan edetä pitkälti tavallisten kiinteistöjen asennusvaatimusten mukaan. Ryhmän G0 lääkintätilat useimmiten ovat tiloja, joissa hoitoon ei käytetä sähkökäyttöisiä laitteita, jolloin niitä ei tarvitse määrittellä luokkien G1 tai G2 lääkintätiloiksi [3, s. 4].

#### 4.2 Erityisvaatimukset G1-lääkintätilassa

Ryhmän G1 lääkintätilat ovat terveydenhuollon yksiköissä sellaiset tilat, joissa käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita tai lääkintälaittejärjestelmiä ihon ulkopuoliseen tai sisäiseen hoitoon, ellei kyseessä ole ryhmän G2 soveltamisalue. Tällaisia tiloja terveydenhoidossa ovat esimerkiksi yleissairaaloiden vuodeosastojen potilashuoneet, magneettikuvaushuoneet sekä röntgentutkimus- ja sädehoituhuoneet. [3, s. 4–5.] Standardissa SFS 6000-7-710 kerrotaan lääkintätilojen suunnitteluun vaikuttavia vaatimuksia, ja tässä luvussa käydään läpi ryhmän G1 tiloja koskevia vaatimuksia.

## Lääkintätilojen sähkönjakelun suojaus

Lääkintätilojen turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien syötöt on suunniteltava ja toteutettava siten, että jakelujärjestelmän on mahdollista tehdä automaattinen syötönvaihto tai automaattinen kytkentä pääsähkönjakeluverkosta. Tämä toiminto täytyy suunnitella ja asentaa välttämättömien lääkitäjärjestelmien sekä tärkeiden turvajärjestelmien syöttöihin. Muiden tilojen tärkeiden kuormitusten ja lääkitälaitteiden lisäämistä automaattiseen syötönvaihtoon ja kytkentään on myös harkittava suunniteltaessa lääkitätiloja. [2, s. 10.]

Tämän automaattisen syötönvaihdon tai syötönsiirtolaitteen on täytettävä standardissa SFS-EN 60947-6-1 annetut vaatimukset, ja sen jälkeinen ylivirtasuojaja on asennettava luonnostaan maasulun ja oikosulun kestäväällä tavalla. Automaattinen syötönvaihto tai syötönsiirtolaite on toteutettava siten, että syöttöjohdojen välillä säilyy turvallinen erotus. Lisäksi on otettava huomioon huoltomahdollisuus, joka voidaan toteuttaa ohituslaitteilla. Turvajärjestelmien avulla parannetaan potilaan ja hoitohenkilökunnan turvallisuutta tiloissa. [2, s. 18.]

Ryhmiin G1 ja G2 lääkitätiloissa, joissa ei voida syötön automaattista poiskytkentää saavuttaa käyttämällä vikavirtasuojaa tai ylivirtasuojaa standardin SFS 6000-4-41 kohdan 411.3.2 mukaisesti, on seuraavien vaatimuksien täytyttävä: IT-, TN-, TT-järjestelmissä kosketusjännite ei saa vaihtojännitteellä ylittää 25 V:a tai tasajännitteellä ylittää 60 V:a. TN-järjestelmissä voidaan sallittu kosketusjännite säilyttää käyttämällä lisäpotentiaalintasausta. Sähkösuunnitelmissa tulee myös esittää nopean laukaisun ehtojen toteutuminen varavoimatilanteessa. [2, s. 8.]

Lääkitätiloissa tulee välttää tulppasulakkeiden käyttöä, vaikka ne täyttäisivätkin nopean poiskytketymisen ehdot laukaisukäyrien perusteella. Tähän perusteena on se, että vaikka ehdot täytyvät, on henkilökunnan vaikeampi ja hitaampi vaihtaa tulppasulake tilanteen vaatiessa kuin palauttaa johdonsuojakatkaisija. [3, s. 8.]

Lääkintätiloissa voidaan käyttää SELV- tai PELV-järjestelmiä, kun kyseessä on pienoisjännitejärjestelmät, joita käytetään yhdistettyyn kosketus- ja kosketusjännitesuojaukseen. SELV on lyhenne sanoista Safety Extra Low Voltage ja PELV on lyhenne sanoista Protective Extra Low Voltage. Näiden ero toisiinsa nähden on se, että PELV-piiri voi olla maadoitettu ja SELV-piiriä ei ole maadoitettu. [9.] Kun ryhmän G1 tai G2 lääkintätiloissa käytetään SELV- tai PELV- järjestelmää, on nimellisjännitteen oltava pienempi kuin 25 V vaihtojännitettä tai 60 V sykkeetöntä tasajännitettä, joka tarkoittaa, että sykejännitteen tehollisarvo ei ole suurempi kuin 10 % tasajännitekomponentista. [2, s. 13.]

Sairaaloissa ryhmän G1 tiloja ovat esimerkiksi potilashuoneet, tähystyshuoneet sekä EKG-tutkimus eli sydänfilmin tutkimushuoneet [3, s. 4–5]. Tällaisissa ja kaikissa muissa ryhmän G1 lääkintätiloissa täytyy kaikki ryhmäjohdot suojata 30 mA:n vikavirralla. Toisin kuin ryhmän G0 tiloissa, täytyy myös muut ryhmätkin suojata kuin pistorasiaryhmät. [3, s. 8–9.] Tästä kuitenkin on poikkeavia tapauksia, joissa voidaan jättää vikavirta ryhmälähdöstä pois riskinarvioinnin perusteella. Riskinarvio täytyy kuitenkin suorittaa lääkintätiloissa todella tarkkaan [2, s. 12].

Tapauksissa, joissa vikavirta päätetään jättää pois, täytyy laitteille tarkoitetut pistorasiat sijoittaa niin, ettei niihin voida liittää niihin kuulumatonta laitetta vahingossa eikä niihin voida päästä käsiksi helposti laitteen ollessa liitettynä sähköverkkoon [3, s. 8–9]. Tästä voidaan päätellä, että tällainen sijainti voisi olla vaikka alakaton yläpuolella tai kaapiston sisäpuolella. Lähtöjä, joista voitaisiin jättää vikavirta pois, ovat esimerkiksi

- kriittiset kylmälaitteet, esimerkiksi verikaapit, näyttöidenottokaapit, pakastimet ja jääkaapit
- langattomien verkkojen tukiasemien lähdöt
- keskus- tai telekomoissa sijaitsevat tietoverkon aktiivilaitteet
- sähköverkkoon pistorasialla liitetyt kiinteät laitteet, esimerkiksi lääkeautomaatit ja kriittiset laboratoriolaitteistot.
- laitteita, joiden perustoiminnassa aiheutuu suuria vuotovirtoja [3, s. 8].

Sairaaloissa täytyy etenkin lääkintätiloja suunnitellessa ottaa huomioon vikavirtojen käytössä, etteivät ryhmien kuormat kasva liian suuriksi, jotta vältetään turhia katkaisuja sekä vähennetään sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta [3, s. 8]. Pistorasioiden ryhmittelyyn on ST-kortissa 51.79 määritelty, ettei yhteen ryhmäjohtoon kannata liittää enempää kuin 12 kpl 1-osaisia, 6 kpl 2-osaisia tai 4 kpl 3-osaisia pistorasioita [3, s. 16]. Lääkintätiloissa, jotka kuuluvat ryhmään G1 tai G2, suositellaan käyttämään vikavirranvalvontalaitetta. Tämän eristystilan valvontalaitteen tulisi olla standardin SFS-EN 62020-1 mukainen, ja käyttäjille sekä tekniselle henkilökunnalle tulee ilmoittaa jokaisesta merkittävästä eristykseen pienemisestä. [2, s. 19.]

Vikavirtasuojat suositellaan sijoitettavaksi lähelle sitä lääkintätilaa, jota sillä suojataan. Tämä tehdään, jotta henkilökunta voi helposti ja nopeasti käyttää niitä ilman turhia vaaratilanteita. Suositeltavaa on asentaa ne lääkintätilakohtaisesti, vaikka sairaalakouruihin tai sähköpieliin, jotta jännite saadaan takaisin nopeasti, kun vahingoittunut laite saadaan poistettua verkosta. Vikavirtasuojakytkimet voidaan myös sijoittaa ryhmäkohtaisesti jakokeskukseen. Tämä kumminkin aiheuttaa sen, ettei vikavirtasuojakytkimiä saada palautettua toimintaan yhtä nopeasti. Mikäli lääkintätilassa on ovenpielessä huonekohtainen keskus, voidaan vikavirtasuojajohdonsuojakatkaisija-automaatti asentaa esimerkiksi sinne. [3, s. 9.]

Standardi suosittelee, että TN-S-järjestelmää valvotaan vikavirtavalvontajärjestelmällä, jotta ryhmän G1 ja G2 lääkintätilojen kaikkien jännitteisten johtimien eristystaso voidaan varmistaa. Nykyään yhä useammin ryhmäjohdot suojataan ryhmäkohtaisilla vikavirtasuojakytkimillä, joten vikavirtavalvonnan tarve on tarkistettava tapauskohtaisesti. Vikavirtavalvontajärjestelmästä saadaan täysi hyöty vain, jos sen hälytykset viedään valvottuun paikkaan ja sen ilmoittamat viat korjataan nopeasti. [3, s. 9.]

Kun lääkintätiloihin suunnitellaan sähkönsyöttöjä, on huomioitava tilaa syöttävän jakokeskuksen sijainti ja sen vaatimukset. Lääkintätiloja syöttävien jakokeskusten täytyy olla SFS-EN 61439 -standardisarjan mukaisia ja normaalisähköjärjestelmän keskusten ja varavoimajärjestelmän keskusten täytyy olla

toisistaan erilliset keskukset. Jakokeskukset saavat olla samassa rungossa, kunhan eri järjestelmien keskukset ovat osastoituna erikseen. [2, s. 15.] Tässä tulee kuitenkin ottaa huomioon, että eri järjestelmien pääkytkimet merkitään selkeästi, ettei tule erehtymisen vaaraa kytkimen järjestelmästä. Keskuskannet ja keskusrungot merkitään selkeästi eri väreillä. Keskusten välillä on oltava palonkestävä väliseinä ja kaapelit eivät saa kulkea toisen järjestelmän keskusosan läpi, jos asennus ei ole palonkestävä. [3, s. 6.]

Johtojärjestelmissä, jotka tehdään uudisasennuksena lääkintätiloihin, on käytettävä kaapeleita, jotka täyttävät vähintään  $C_{ca-s1}$ , d1, a2-luokan vaatimukset standardin SFS-EN 13501-6 mukaan. Toinen vaihtoehtoinen tapa on suojata kaapelit standardin SFS 6000-4-42 kohdan 422.2.1 mukaisella tavalla vähintään EI 30 -palonkestävyysluokan omaavalla rakenteella. Tämä on kuitenkin hankala toteuttaa useimmissa tapauksissa, koska jos esimerkiksi asennuksia on johtokanavissa, sitä ei suositella käytettävän. Mikäli ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloissa ja muissa paloviranomaisten määräämissä tiloissa on automaattinen sammutusjärjestelmä, voidaan käyttää  $D_{ca-s2}$ -, d2-, a2-luokan kaapeleita. [2, s. 17.]

Vaikka G1 ryhmän tiloissa ei ole viimeisimmissä standardeissa tarkkoja arvoja suojajohtimien resistanssivaatimuksille annettu, on suositeltavaa noudattaa ST-kortissa 51.79 annettua ohjeellista arvoa  $0,2 \Omega$ . On kuitenkin hyväksyttävää ylittää tämä arvo ryhmän G1 tiloissa, kuten hoitoalueen ulkopuolisissa valaistusryhmäjohtoissa, mutta arvon on silti oltava alle  $0,5 \Omega$ . [3, s. 12.]

Lääkintätiloja kun suunnitellaan, on otettava huomioon myös ulkoiset häirtatekijät, joista oleellisimpia ovat sähkömagneettiset häiriöt, staattinen sähkö ja palo- ja räjähdysvaara [3, s. 13].

#### Lisäpotentiaalintasaus

Ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloissa on aina tehtävä lisäpotentiaalintasaus [2, s. 13]. Tämä tehdään, jotta johtavien osien välillä potentiaalierot saadaan pienennettyä sellaisilla osilla, jotka ovat samanaikaisesti kosketeltavissa. Potentiaalintasauskiskoon on aina päästävä helposti käsiksi ja sen on oltava selkeästi

merkitty, jotta jokainen yksittäinen liitos on irrotettavissa. Potentiaalintasauskisko täytyy sijaita jokaisessa ryhmän G1 tai G2 lääkintätilassa tai sen läheisyydessä. [2, s. 14.] Lääkintätilan hoitoalueella on lisäpotentiaalintasausjohtimilla liitettävä seuraavat osat potentiaalintasauskiskoon

- johtokanavat ja lankahyllyt
- häiriökenttien suojat, jos sellaiset on asennettu
- johtavien lattioiden verkot, ristikot ja kalvot, jos on asennettu
- erotusmuuntajan metallinen sähköinen suoja esimerkiksi kaapelivaijot
- muut johtavat osat, joita ei ole tarkoitettu eristetyiksi maasta. [2, s. 13; 3, s. 10; 4.]

Lääkintätiloissa esiintyviä muuna johtavana osana pidettäviä asioita voivat olla esimerkiksi ilmanvaihto- tai vesiputki, jos ne ulottuvat hoitoalueelle, metallinen lista, joka on ruuvaamalla kiinnitetty metalliseen seinärankaan, sekä laitekisko, joka on kiinnitetty ruuvaamalla betoni- tai tiiliseinään [3, s. 10; 4]. Lääkintätiloissa olevat osat, joita ei tarvitse liittää lisäpotentiaalintasaukseen, ovat esimerkiksi käsipyyhe- ja saippuatelineet, johtokanavien kannet, verhojen ripustuskielikot ja metalliset alakatot, jotka ovat kosketusetäisyyden ulkopuolella [2, s. 13]. Lisäpotentiaalintasauksen vaatimuksille ja tarpeelle voi olla eri sairaanhoitopiireillä ja sairaaloilla omat ohjeistukset.

Ryhmän G1 tiloihin voidaan sijoittaa erilaisia kiinteitä johtavia lääkintälaitteita, kuten fysioterapiatuolit ja hammaslääkärin tuolit, jotka tarvitsevat lisäpotentiaalintasauksen. Näiden lääkintälaitteiden lisäpotentiaalintasaus voidaan toteuttaa käyttämällä lisäpotentiaalintasauksen liitännäspaikkoja, joiden asentamista on ryhmän G1 tiloissa harkittava, kun suunnitellaan tilan tulevaa käyttötarkoitusta. Kun lisäpotentiaalintasaukselle ei ole tarvetta, laitevalmistajan on erikseen ilmoitettava siitä kirjallisesti, jos laitteen johtava aine tai osa on tarkoitettu olemaan erillään maasta eikä sitä tarvitse liittää lisäpotentiaalintasaukseen. [3, s. 10–11.] Erillisiä potentiaalintasauspistorasioita ei ryhmän G1 lääkintätiloissa tarvita kovin usein, mutta on kuitenkin tapauksia, joissa niitä voidaan tarvita joihinkin lääketieteellisiin mittauksiin.

## Pistorasiat

Lääkintätiloissa on paljon pistorasioita, jotka eroavat toisistaan niiden käyttötarkoituksilla. Tämän takia on erityisen tarkkaa, että näiden suunnittelu ja toteutus tehdään selkeästi ja täsmällisesti. Lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä syöttävät ryhmäjohtot saa liittää vain kyseisten laitteiden syöttöön [2, s. 11]. Tämän takia on tärkeää merkitä tilan pistorasiat, ettei niihin voi vahingossa potilas tai hoitohenkilökunnan jäsen liittää järjestelmään kuulumatonta laitetta. On myös tärkeää sijoittaa lääkintälaitteiden ja lääkintälaittejärjestelmien pistorasiat niin, ettei niihin voida päästä käsiksi käytön aikana, esimerkiksi alakaton yläpuolelle. Mikäli se ei ole mahdollista, on rasia merkittävä selkeästi, ettei vahinkoja ole mahdollista tapahtua. [3, s. 16.]

On myös tärkeää, että eri syöttöjärjestelmistä tulevat pistorasiat ovat tunnistettavissa helposti. Tämän takia kaikkiin pistorasioihin suositellaan lisäämään tunnus näkyviin, josta ilmenee keskustunnus, ryhmänumero ja rasiannumero. Pistorasiat voidaan myös värikoodata syöttöjärjestelmän mukaisesti. Tällä tarkoitetaan sitä, että pistorasioissa voidaan käyttää erivärisiä peitelevyjä, tunnuslevyjä tai merkintäteippejä. [3, s. 16.] Aiempien standardien mukaiset tunnusvärit ovat seuraavat

- Normaaliverkosta sähkönsyötön saava pistorasia on valkoinen tai muu määritelty normaaliväri.
- Varavoimajärjestelmän, jonka syötönsiirtoaika yli 15 sekuntia, syötönsä saava pistorasia on väriltään vaaleansininen.
- Varavoimajärjestelmän, jonka syötönsiirtoaika alle 15 sekuntia, syötönsä saava pistorasia on väriltään sininen.
- Varavoimajärjestelmän, jonka syötönsiirtoaika alle 0,5 sekuntia, syötönsä saava pistorasia on väriltään punainen.
- UPS-järjestelmästä (myös UPS:lla syötetty IT-järjestelmä) syötönsä saava pistorasia on väriltään oranssi.
- DRUPS-järjestelmästä syötön saava pistorasia on väriltään violetti.
- Lääkintä-IT-järjestelmästä syötön saava pistorasia on väriltään vihreä. [3, s. 16.]

Muu määritelty normaaliväri on väri, joka on tilassa tai rakennuksessa erikseen määritetty kalustusväriksi ulkonäöllisistä syistä. Esimerkiksi sähkökalusteiden väriksi voi tilaaja haluta mustan tai harmaan osaan tiloista. Pistorasioiden ryhmittelyssä tulee ottaa huomioon pistorasian käyttötarkoituksen ja syöttöjärjestelmän lisäksi pistorasioiden virrat, jottei virta nouse liian suureksi ja aiheuta turhia katkoksia sähkönjakelussa. Pistorasioiden ryhmittelyyn on ST-kortissa 51.79 määritelty, ettei yhteen ryhmäjohtoon kannata liittää enempää kuin 12 kpl 1-osaisia, 6 kpl 2-osaisia tai 4 kpl 3-osaisia pistorasioita. Lukumääriä voidaan myös soveltaa 3-vaiheisille pistorasiaryhmille. Lääkintätiloissa on myös rajoitettava jatkoliitosten määrä kuuteen. Syötöissä on pyrittävä myös sähkönjakeluun yläkautta pistorasioille, sillä tällä syöttöjen luotettavuus paranee. [3, s. 16.]

### Valaistuksen toteutus

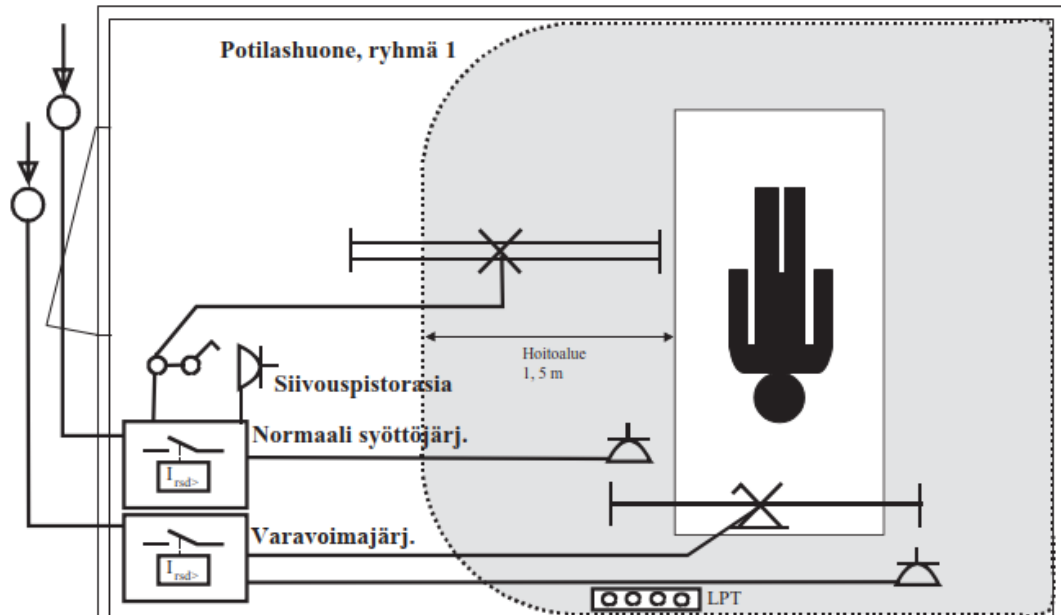
Ryhmän G1 lääkintätiloissa on valaistuksen sähkönsyötön tultava vähintään kahdesta eri syöttöjärjestelmästä, joista toinen on oltava varavoimajärjestelmää. Lisäksi valaistuspiirejä on oltava ainakin kaksi. [2, s. 19.] Syötönsiirtoaika ei saa ylittää 15 sekuntia varavoimajärjestelmien tehonsyötön vikatilanteessa, ja tarvittavan minimivalaistuksen on täytettävä kansalliset vaatimukset [3, s. 16]. On olemassa myös ryhmän G1 lääkintätiloja, joiden valaistus vaatii nopeamman sähkönsyötön siirtoajan varavoiman tehonsyöttöön. Tällaisia tiloja voivat esimerkiksi olla synnytyshuoneet, joiden valaistus vaatii sähkönsyötönsiirron 0,5 sekunnissa tai nopeammin taulukon 1 mukaan. [2, s. 25.]

Lääkintätilojen valaistusvoimakkuudet ja vaatimukset määrittävät tilan käyttötarkoituksen mukaan. Standardissa SFS-EN 12464- 1: 2021 on listattuna taulukoissa 45–59 terveydenhoitotilojen valaistuksen vaatimukset. Esimerkiksi yleisten tutkimushuoneiden valaistusvoimakkuudeksi on yleisvalaistuksen osalta määritetty 500 lx ja tutkimus- ja hoitotoimenpiteiden osalta 1000 lx. [10, s. 50.]

### Ryhmän G1 tilan sähkösuunnittelu

Kuvassa 4 on esitetty ryhmän G1 potilashuoneen yksinkertaistettu esimerkkiratkaisu, kun potilaaseen on liitetty sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitäntäosia ja

potilaan sijainti on määritetty. Vuoden 2012 standardissa SFS 6000-7-710 on määritelty, että potilaan kaikki mahdolliset sijainnit on otettava huomioon, joten joissain tapauksissa koko huone voidaan määrittää hoitoalueeksi. [3, s. 20–21.]



Kuva 4. Esimerkki ryhmän G1 tilan sähkösuunnittelusta [3, s. 21].

Kuvasta 4 nähdään, kuinka tilaan tulee kaksi erillistä vikavirtallista syöttöä valaistukselle ja pistorasioille, joista toinen on varavoimajärjestelmästä. Tilassa on myös siivouspistorasia, joka on omassa ryhmässään, jonka syöttö tulee normaalin verkon syöttöjärjestelmästä. Kuvan 4 alareunassa on myös lisäpotentiaalintasauskisko, joka ryhmän G1 tiloihin vaaditaan.

Ryhmän G1 lääkintätiloissa on paljon asioita, joiden suunnittelussa ja toteutuksessa täytyy olla täsmällinen ja tarkka, lisäksi on seurattava standardeja, jotta tila on turvallinen käyttää potilaille sekä henkilökunnalle. On myös huomioitava, että tilaluokitukset tulee harkita tarkkaan, jotta ei turhaan toteuteta ryhmän G1 tiloja, jos ryhmän G0 tila on riittävä. Tällä voidaan säästää kustannuksissa merkittävästi, sillä kuten tiedetään, ryhmän G0 tilat vaativat merkittävästi vähemmän varustelua verrattuna ryhmän G1 tiloihin.

### 4.3 Erityisvaatimukset G2 lääkintätilassa

Ryhmän G2 lääkintätiloihin kuuluvat sairaalan sellaiset tilat, joissa käytetään sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liitäntäosia esimerkiksi sydämenläheisiin toimintoihin, leikkaussalitoimintaan tai tehohoitoon ja joissa sähkönsyötön keskeytyminen voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle. Tällaisia tiloja sairaalassa ovat esimerkiksi leikkaussalit, tehohoituhuoneet, anestesiatilat ja heräämöt. [2, s. 8, 25.] Ryhmän G2 tilassa, jossa suoritetaan elämää ylläpitäviä toimenpiteitä, tulee sähkösuunnittelussa sekä toteutuksessa seurata erittäin tarkasti standardien määräyksiä, jotta vältetään kaikki mahdolliset vaaratilanteet.

#### Lääkintätilojen sähkönjakelun suojaus

Ryhmän G2 lääkintätilojen yhden tehonsyötön vikatilanteessa on ehkäistävä sähkönsyötön täydellinen katkeaminen. Tämä pystytään toteuttamaan käyttämällä eri syöttöjärjestelmiä, kuten normaalisähkönjakeluverkkoa ja varavoimaverkkoa tai UPS-järjestelmiä. [2, s. 11.] Ryhmän G2 tilojen jakelujärjestelmä on suunniteltava ja asennettava niin, että on mahdollista tehdä automaattinen kytkentä tai syötönvaihto pääsähkönjakeluverkosta varavoimajakeluverkkoon tärkeille turvajärjestelmille ja välttämättömille lääkintäjärjestelmille. Tilojen muille lääkintälaitteille ja kuormituksille on harkittava erikseen automaattinen kytkennän tai syötönvaihdon tarve. [2, s. 10.] Ryhmän G2 lääkintätiloissa syötön automaattisen poiskytkennän tulee täyttää IT-, TN-, ja TT-järjestelmissä luvussa 4.2 esitetyt erityisvaatimukset sekä noudattaa G1-lääkintätiloissa määritellyjä ehtoja. Jotta ryhmän G2 lääkintätiloissa voidaan täyttää jatkuvan syötön vaatimukset, on varmistettava täydellinen selektiivisyys kaikilla prospektiivisilla ylivirroilla [2, s. 18].

Ryhmän G2 lääkintätiloja syöttävät jakokeskukset on sijoitettava lähelle niitä alueita, joita ne syöttävät. Jakokeskukset on asennettava niin, ettei niihin pääse käsiksi henkilö, jolla ei ole siihen valtuutusta. Ne tulee myös merkitä riittävän selkeästi, ettei kukaan pysty vahingossa sinne menemään. [2, s. 15.] Ryhmän G2 lääkintätilojen jakokeskukset on toteutettava kahdella syöttöjohdolla, jotka

ovat toisistaan erotettuja ja joista toisella tuodaan sähkönsyöttö normaaliverkosta ja toisella varavoimaverkosta [3, s. 19]. Tilojen lääkintä-IT-järjestelmän keskuksat täytyy sijoittaa 25 metrin etäisyydelle sen syöttämästä tilasta. Keskuksen sijainnissa on otettava vuotovirrat huomioon. [2, s. 15.] Ryhmän G2 tiloja syöttävien keskuksien suunnittelussa ja asennuksessa tulee ottaa myös huomioon luvussa 4.2 esitetyt erityisvaatimukset ryhmän G1-lääkintätiloille.

Lääkintätiloissa asennukset tulee ryhmitellä siten, ettei lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä syöttäviä ryhmäjohtoja käytetä kuin näiden kyseisten laitteiden syöttöön [2, s. 11]. Ryhmän G2 lääkintätiloissa on myös syöttävien johtojärjestelmien oltava tarkoitettu vain kyseisen tilan laitteille ja varusteille. Tämä tarkoittaa, ettei G2-lääkintätilaa syöttävään ryhmään voida liittää muiden tilojen sähköasennuksia. Ryhmän G2 lääkintätiloissa saa käyttää mitoitustoimintavirtaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla toteutettua syötön automaattista poiskytkentää seuraavaksi mainituissa ryhmissä lääkintä-IT-järjestelmää lukuun ottamatta:

- kiinteiden leikkauspöytien liikuttamiseen tarvittavien piirien syöttö
- röntgenlaitteiden syöttö, tämä koskee pääasiassa ryhmän G2 tilaan tuotavia siirrettäviä röntgenlaitteita
- laitteiden syötöt, joiden mitoitusteho yli 5 kVA.
- ei-kriittisten sähkölaitteiden syötöt, jotka eivät ole elintoimintoja ylläpitäviä. [3, s. 8.]

Ryhmän G2 lääkintätiloissa on kuitenkin jokaiselle yksittäiselle lääkintälaitteelle tai lääkintälaittejärjestelmälle suojaus tehtävä omalla vikavirtasuojalla, jos vikavirtaa käytetään [2, s. 18]. Ryhmän G2 lääkintätiloissa suositellaan käyttämään vikavirranvalvontalaitetta, joka käyttää ääni- ja näyttösignaaleja. Tämän eristys-tilan valvontalaitteen tulisi olla standardin SFS-EN 62020-1 mukainen ja käyttäjille ja tekniselle henkilökunnalle tulisi ilmoittaa jokainen merkityksellinen eristys-tilan pieneneminen. [2, s. 19.]

On kuitenkin muistettava, että ryhmän G2 lääkintätiloissa voidaan vikavirtasuoja jättää pois erityisen riskinarvion perusteella [2, s. 12]. Näistä riskinarvioinnin perusteista kerrotaan luvussa 4.2.

Ryhmän G2 lääkintätiloihin on aiemmissa standardeissa ollut vaatimuksena asentaa niin sanottuja siivouspistorasioita, jotka on suojattu vikavirtasuojakytkimellä, mutta ei ole liitettynä IT-verkkoon. Näiden pistorasioiden käyttö on vieläkin perusteltua ryhmän G2 lääkintätiloissa huolto- ja siivouskäyttöön. Nämä pistorasiat voivat olla tarvittavia myös esimerkiksi lääkintätilan määräaikaismittauksia tehtäessä. Nämä TN-S-järjestelmään kuuluvat ryhmät ovat standardin mukaan lääkintätiloissa suositeltava valvoa vikavirtavälvontajärjestelmällä, kuten ryhmän G1 lääkintätilojen ryhmät. [3, s. 9.]

Lääkintätiloissa, jotka on luokiteltu ryhmään G2, on erittäin tärkeää, ettei turhia sähkönsyötön katkoksia pääse tapahtumaan. Tämän takia täytyy hoitoalueella olevia lääkintälaitteita ja lääkintälaittejärjestelmiä syöttää lääkintä-IT-järjestelmällä, joka täyttää luvussa 3.4 mainitut vaatimukset. Tähän voi olla poikkeuksia, jos laite on mitoitusteholtaan yli 5 kVA, kyseessä on röntgenlaite tai kiinteiden leikkauspöytien liikuttamiseen tarkoitettujen moottorien syötöt. [2, s. 12.] Lääkintä-IT-järjestelmä on pääasiallisesti tarkoitettu käytettäväksi pistorasiaryhmiä varten, jotka syöttävät lääkintälaitteita. Lääkintä-IT-järjestelmiä syötetään suojaerotusmuuntajalla, eikä sitä ole kannattavaa kuormittaa turhaan suuritehoisilla kiinteillä laitteilla. Järjestelmään ei myöskään kannata liioin liittää sähkökäyttöisiin lääkintälaitteisiin tai lääkintäjärjestelmiin kuulumattomia tietotekniikan laitteita. [3, s. 9.] Lääkintä-IT-järjestelmän muuntaja tulisi sijoittaa kuuden metrin päähän potilaan tutkimus- tai toimenpidepaikasta, ettei hoitopaikalle aiheutuisi sähkömagneettisia häiriöitä [2, s. 28].

Ryhmän G2 lääkintätiloissa ei saa tapahtua syötön automaattista poiskytkentää pistorasioiden ryhmäjohtoissa, jotka syöttävät elämää ylläpitäviä lääkintälaitteita tai lääkintälaittejärjestelmiä ensimmäisen vian vuoksi. Toisen vian, eli kaksoismaasulun kosketusjännite, ei saa ylittää 25 V tai se on kytkettävä pois standardin SFS 6000-4-41 mukaisesti. Tulee myös varmistaa automaattisen

poiskytkennän vaatimusten toteutuminen joko mittauksin tai riittävin laskelmin, jotka osoittavat kosketusjännitteen pysyvän alle 25 V. [2, s. 12.]

Suunniteltaessa IT-järjestelmää on muistettava, että jokaiselle ryhmäjohdolle tarvitaan oikosulku- ja ylikuormitussuojaus. Muuntajan syöttöön voidaan oikosulkusuojaus toteuttaa esimerkiksi sulakkeella. Suojaerotusmuuntajan toisioon liitettyjen ryhmäjohtimien ylivirtasuojina käytetään kaksinapaisia johdonsuojakatkaisijoita. Johdonsuojakatkaisijoiden ja kytkinlaitteiden on oltava IT-järjestelmässä kaksinapaisia, sillä järjestelmässä ei ole käytössä nollajohdinta vaan kaksi äärijohdinta. Nämä johdonsuojakatkaisijat on tarkoitus asentaa helppopääsyiseen paikkaan, joka voi olla esimerkiksi leikkaussalin ulkopuolella tai ohjaustaulussa. [3, s. 9–10.]

Lääkintäsuojaerotusmuuntajan jälkeisissä virtapiireissä täytyy impedanssin olla puolet pienempi kuin TN-S-verkon ryhmissä, jotta ryhmän G2 lääkintätilojen oikosulku- ja vikasuojaukset toimii määräysten puitteissa olevassa ajassa. Jotta päästään tarvittavaan impedanssin arvoon, on suunnittelussa tärkeää kiinnittää huomiota, että johtojen pituudet suunnitellaan mahdollisimman lyhyiksi, käytettävät IT-muuntajat ovat tarpeeksi suuria ja suojalaitteissa on B-tyypin laukaisukäyrät. [3, s. 9–10.]

Ryhmän G2 lääkintätiloihin on käytettävä kaapeleita, jotka täyttävät vähintään luokan C<sub>ca</sub>-s1, d1, a2 vaatimukset standardin SFS-EN 13501-6 mukaan [2, s. 17]. Tämän lisäksi voidaan luvussa 4.2 kerrottuja vaihtoehtoisia tapoja käyttää johdotuksen toteuttamiseen.

### Pistorasiat

Lääkintä-IT-järjestelmän pistorasiat on värikoodattava tai muuten selkeästi merkittävä tai niiden täytyy olla yhteensopimattomia TN-S- tai TT-järjestelmän pistorasioiden kanssa. IT-lääkintäjärjestelmän pistorasioiden suojaus on toteutettava niin, että pistorasiat on yksittäin syötetty erikseen suojatulla piirillä tai useita pistorasioita syötetään erikseen vähintään kahdella ryhmäjohdolla, niin että yhdessä ryhmässä saa olla enintään 12 liitäntäpistettä eli esimerkiksi 6

kaksiosaista pistorasiaa. Kytkimellä varustettuja pistorasioita ei saa käyttää lääkintä-IT-järjestelmässä. [2, s. 19.] Ryhmän G2 muiden pistorasioiden asennuksissa pätevät luvussa 4.2 mainitut ohjeet. Näiden ohjeiden lisäksi on kaikilla potilaiden hoitopaikoilla oltava ryhmän G2 tiloissa pistorasiakokoonpano [3, s. 21]. Pistorasiakokoonpanon varustelun määrittää lääkintätilan haltija tai toiminnan harjoittaja. Kokoonpanoon kuuluvia rasioita voi olla esimerkiksi normaaliverkosta syötön saava pistorasia, varavoimapistorasia, UPS-pistorasia, lääkintä-IT-pistorasia ja potentiaalintasauspistorasia.

### Lisäpotentiaalintasaus

Kaikkiin ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloihin on toteutettava lisäpotentiaalintasaus [2, s. 13]. Luvussa 4.2 kerrotaan, mitä lääkintätilan laitteita ja osia pitää lisäpotentiaalintasaukseen liittää ja kuinka se tulee toteuttaa. Ryhmän G2 lääkintätiloissa on tämän lisäksi omat erikoisvaatimukset, joiden tulee täytyä. Nämä lisävaatimukset ovat:

- Tiloihin on asennettava riittävä määrä potentiaalintasauspistorasioita. Tämän määrän ja tarpeellisuuden määrittää lääkintätilan vastuullinen johto.
- Kaikki jännitteelle alttiit johtavat osat täytyy liittää lisäpotentiaalintasaukseen, esimerkiksi leikkaussalivalaisimet ja kattokeskusten rungot.
- Resistanssin on oltava alle 0,2  $\Omega$  ja kohdan 710.411.3.2.5 vaatimukset pitää täytyä samanaikaisesti kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien, mukaan luettuna pistorasioiden ja kiinteiden laitteiden suojohtimen liittimet, ja muiden johtavien osien ja lisäpotentiaalintausliitännäpaikkojen välillä. [2, s. 13–14.]

Pistorasioilla tarkoitetaan kaikkia tilan pistorasioita. Näihin kuuluu lisäpotentiaalintasauspistorasiat, pistorasiat, joille on suoritettu lisäpotentiaalintasaus, tavanomaiset pistorasiat ja IT-pistorasiat [2, s. 14].

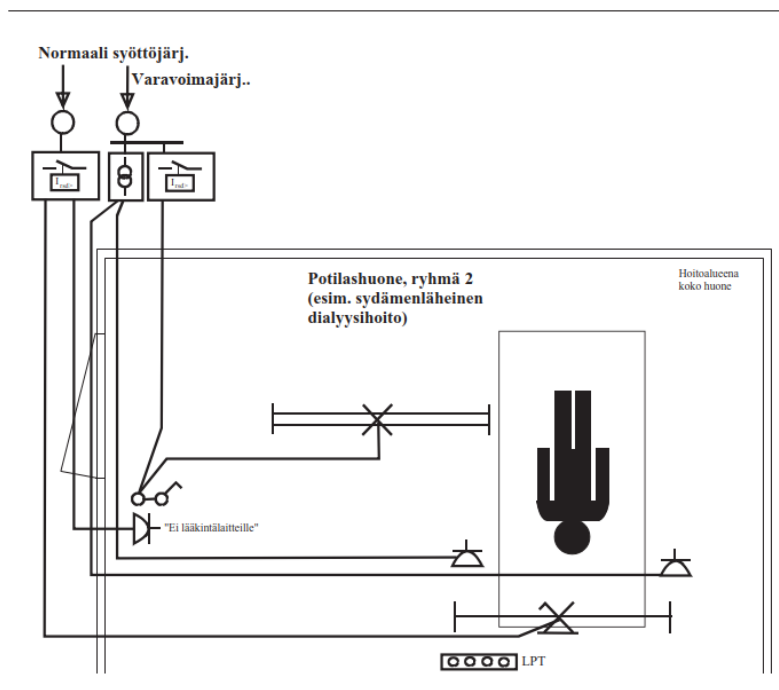
### Valaistuksen toteutus

Ryhmän G2 lääkintätilojen valaistuksen syöttö täytyy toteuttaa niin kuin ryhmän G1 tilojen valaistus, eli tilaan on tultava vähintään kaksi valaistuspiiriä kahdesta

eri järjestelmästä. Valaistus eroaa ryhmän G1 tilasta kuitenkin niin, että ryhmän G2 tilan valaistuksesta on 50 % syötettävä varavoimajärjestelmästä. Taulukosta 1 voidaan myös nähdä, että monessa ryhmän G2 tilassa vaaditaan, että valaisimet tarvitsevat automaattisen syötönsiirron 0,5 sekunnissa tai sitä nopeammin. [2, s. 19, 22, 25.] Lääkintätilojen valaistusvoimakkuudet ja vaatimukset määrittävät tilan käyttötarkoituksen mukaan. Standardissa SFS-EN 12464- 1: 2021 on listattuna taulukoissa 45–59 terveydenhoitotilojen valaistuksen vaatimukset. Monissa ryhmän G2 tiloissa on oltava suuret valaistusvoimakkuudet, jotta lääkäntähenkilökunta pystyy suorittamaan tarkkoja toimenpiteitä. Esimerkiksi leikkauksaleissa ja toimenpidealueiden ympäristössä täytyy valaistusvoimakkuuden olla vähintään 1000 lx. [10, s. 52.]

### Ryhmän G2 tilan sähkösuunnittelu

Kuvassa 5 on esimerkki asennuksista ryhmän G2 lääkäntilassa. Kuvassa olevaan potilaaseen on liitetty sähkökäyttöisen lääkäntalaitteen liityntäosia sydämenläheistä toimintaa varten [3, s. 21–22]. Kuvassa on koko huone määritelty hoitoalueeksi.



Kuva 5. Potilashuone, joka on määritelty ryhmän G2 lääkäntilaksi [3, s. 22].

Kuvasta 5 nähdään, kuinka tilan valaistus on syötetty kahdesta eri piiristä, joista toinen on varavoimajärjestelmää, joka syöttää 50 % tilan valaistuksesta. Potilashoidon kannalta kriittiset pistorasiat on syötetty varavoimajärjestelmästä lääkintä-IT-järjestelmän kautta, josta kummatkin tulevat omasta ryhmästään. Tilaan on asennettu siivouspistorasia, joka on erikseen merkitty ”ei lääkintälaitteille” -kilvellä. Tilan sähköasennukset, jotka eivät tule lääkintä-IT-järjestelmästä, on suojattu vikavirtasuojilla. Kuvan 5 alareunassa nähdään tilaan asennettava lisäpotentiaalintasauskisko, joka lääkintätiloissa vaaditaan.

Voidaan todeta, että ryhmän G2 tilojen vaatimusten olevan tarkat ja että niitä on paljon. Tämä johtuu siitä, että sähköverkossa vikatilanteet voivat aiheuttaa hengenvaarallisia tilanteita. Tämän takia on erityisen tärkeää noudattaa täsmällisesti standardin vaatimuksia. Vaatimuksien suuren määrän takia on siis tärkeää, että terveydenhoidontiloissa suoritetaan tilaluokitukset harkitusti ja tarkkaan, jotta tilat saadaan varustelutasoltaan oikeiksi, ettei tule tilanteita, joissa tila ei pysty tukemaan potilaan hoidontarvetta, tai että tiloja ylisuunnitellaan liian korkeaan luokkaan, mikä aiheuttaa paljon turhia kustannuksia.

## **5 Lääkintätilojen optimaalinen sähkösuunnittelu**

Tässä luvussa käsitellään tiivistetysti asioita, jotka tulee ottaa huomioon kunkin tilaluokan sähkösuunnittelussa. Laajemmat ja tarkemmat ohjeistukset selostetaan luvussa 4. Tämän lisäksi esitetään asennuksia ja asennustapoja, joita voisi olla kannattavaa lisätä lääkintätiloihin käyttäjäkokemuksen, potilasturvallisuuden ja muuntojoustavuuden parantamiseksi. Nämä esitetyt suositukset ja näkemykset perustuvat haastatellun asiantuntijan tulkintoihin sekä kokemuksiin hänen urallaan sairaalasuunnittelussa.

Ryhmän G0 lääkintätilojen vaatimuksia:

- Tilojen sukopistorasiat yleisesti suojataan 30 mA:n vikavirtasuojalla, jos niitä ei riskiarvioinnin perusteella voida jättää pois.
- Valaistuksen ryhmiä ei ole välttämätöntä suojata vikavirtasuojalla.

Tämän lisäksi ryhmän G0 tiloihin voisi olla järkevää suunnitella ennakkoon lisä-potentiaalintasaus sekä valaistus kahteen syöttöjärjestelmään, joista toinen on varavoimajärjestelmästä, sekä tehdä ryhmittely ja vikavirtasuojaus ryhmän G1 mukaisesti, jotta tulevaisuudessa tilan muuntaminen ryhmän G1 lääkintätilaksi olisi vaivattomampaa. [11.]

Ryhmän G1 lääkintätilojen vaatimuksia:

- Tilan kaikille ryhmille on asennettava 30 mA:n vikavirtasuojaus, mikäli riskienarvioinnin perusteella ei sovita muuta.
- Valaistuksesta vähintään yhtä valaisinta on syötettävä varavoimajärjestelmästä.
- Johdotusten on vähintään täytettävä luokan C<sub>ca</sub>-s1, d1, a2 vaatimukset tai suojattava vähintään EI 30 -palonkestävyysluokan omaavalla rakenteella (tähän voidaan tehdä poikkeus, jos tilassa automaattinen sammutusjärjestelmä).
- Hoitoalueelle on tehtävä lisäpotentiaalintasaus.
- Suojajohtimen resistanssin suositellaan hoitoalueella olevan alle 0,2 Ω ja hoitoalueen ulkopuolella enintään 0,5 Ω.
- Lääkintälaitteille tai lääkintälaittejärjestelmille on oltava omat pistorasiat.
- Tilan pistorasiat suositellaan jakamaan vähintään kahteen ryhmään, joista toiseen tulee syöttö varavoimajärjestelmän kautta.
- Jos tilaan asennetaan siivouspistorasia, tulee sen saada syöttö omasta ryhmästään.

Tämän lisäksi ryhmän G1 tiloihin suositellaan suunnittelemaan muuntojousta-vuuden kannalta valmiiksi tilavarauksia lääkintäsuojaerotusmuuntajille ja niiden potilaskeskuksille sekä IT-verkon eristystason valvontalaitteille niihin tiloihin, jotka tullaan mahdollisesti joskus muuttamaan ryhmän G2 lääkintätiloiksi. Näihin tiloihin on myös kannattavaa toteuttaa ryhmittely ryhmän G2 lääkintätilan standardin mukaisesti ja valaistuksesta kannattaa jo vähintään 50 % liittää varmennettuun jakeluun. Ryhmän G1 tiloihin, jotka mahdollisesti tulevaisuudessa tultaisiin muuttamaan ryhmän G2 tiloiksi, on lisäpotentiaalintasaus kannattavaa toteuttaa standardin SFS 6000-7-710.415.102 mukaisesti. [11.]

Ryhmän G2 tilojen vaatimuksia:

- Vähintään 50 % valaistuksesta on oltava varavoimasta.
- Sähkönsyötön siirtoaika on enintään 0,5 sekuntia kriittisille elämää ylläpitäville laitteille ja leikkaus- ja toimenpidevalaisimille. Jos laitteessa on akkuvarmennus, riittää enintään 15 sekunnin siirtoaika.
- IT-järjestelmä on oltava potilashoidon kannalta kriittisissä laitteissa.
- IT-järjestelmän keskukset täytyy maksimissaan sijoittaa 25 metrin etäisyydelle tilasta, jota sillä syötetään.
- IT-järjestelmän pistorasioiden täytyy olla tunnistettavia.
- Lääkintälaitteille tai lääkintälaittejärjestelmille on oltava omat pistorasiat.
- Ei-kriittisten laitteiden suojaus on toteutettava enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla.
- Johdotusten on vähintään täytettävä luokan C<sub>ca</sub>-s1, d1, a2 vaatimukset tai suojattava vähintään EI 30 -palonkestävyysluokan omaavalla rakenteella (tähän voidaan tehdä poikkeus, jos tilassa automaattinen sammutusjärjestelmä).
- Johtojärjestelmät saavat syöttää vain kyseisen tilan laitteita.
- Potentiaalintasaus on tehtävä koko tilan alueelle.
- Suojajohtimen resistanssin on oltava alle 0,2 Ω.
- Kaikilla potilaiden hoitopaikoilla on oltava pistorasiakokoonpano.
- Jos tilaan asennetaan siivouspistorasia, tulee sen saada syöttö omasta ryhmästään.

Ryhmän G2 lääkintätiloja ei juurikaan voida ennakkoon suunnitella muuntojoustavaksi, sillä ryhmän G2 tilat, kuten leikkaussalit ja tehostetun hoidon huoneet, suunnitellaan ja mukautetaan toiminnalle sopiviksi jo suunnitteluvaiheessa [11].

Sähkösuunnittelua ohjaavat periaatteet standardin lisäksi

Sairaalan sähkösuunnittelua ohjaavat vahvasti käyttäjän tarpeet. Projekteissa tavallisesti tilaaja täyttää huonekortteihin tilaan halutun varustelutason ja suunnittelija toteuttaa pistetasoiset suunnitelmat, jotka käydään läpi tilaajan ja käyttäjän kanssa, jotta voidaan varmistua suunnitelmien vastaavan käyttäjän tarpeita. Standardin lisäksi tilaajalla saattaa olla eri tilatyypeille omia suunnitteluohjeita tai aiemmin hyväksi todettuja ratkaisumalleja, joita suunnittelijan tulee

noudattaa. Tilaajan ohella myös rakennuttajalla voi olla yleisiä tai hankekohtaisia näkemyksiä käyttö- ja muuntojoustavuustavoitteita, jotka tulee ottaa huomioon ja soveltaa suunnitelmiin mahdollisuuksien mukaan. Vastaavasti myös suunnittelijalla voi olla omia kokemuksia ja näkemyksiä esimerkiksi aiempien kohteiden suunnittelusta, joita ehdottaa rakennuttajille tai käyttäjälle. [11.]

Standardi usein määrittää lähinnä potilaan henkilö- ja sähköturvallisuuteen koskevia vähimmäisvaatimuksia teknisille ratkaisuille ja toteutukselle, kuten lisäpotentiaalintasaukselle, vikavalvonnalle ja sähkönjakelun varmennusratkaisuille. Standardi myös määrittää valaistusvoimakkuuden tavoitearvot eri tilatyypeille, mutta tämän lisäksi suunnittelua ohjaa tilan käyttötarkoitus. Lääkintätilan toiminnalla voi olla vaatimuksia valaistusvoimakkuudelle, värilämpötilalle sekä näiden säädettävyydelle. Myös tele- ja turvajärjestelmiä ohjaavat monet standardit ja viranomaismääräykset, kuten paloilmoitusjärjestelmän määräykset. Standardien lisäksi, suunnittelijan tulee työssään noudattaa mahdollisia sairaanhoitopiirien ja rakennuttajien omia ohjeistuksia, kuten henkilöturvajärjestelmän toteutuksen ohjeita.

Sairaalas suunnittelua ohjaa monet erilaiset ohjeistukset ja standardit, näiden ohelle jää kuitenkin suunnittelijalle vapaus tilojen varustelutason määrittelyyn sekä erinäisiin valaistusratkaisuihin, kuten valonohjauksen ja valaisinsijoitteluun, sillä standardi ei näihin asioihin ota juurikaan kantaa. [11.]

Käyttäjä- ja potilasturvallisuuden edistäminen suunnitteluvaiheessa

Käyttäjä- ja potilasturvallisuuden parantaminen lääkintätilassa sähkön ja telejärjestelmien näkökulmasta edellyttää monia toimenpiteitä ja standardien noudattamista. Ensinnäkin standardit vaativat tiettyjen valvontajärjestelmien asentamista, ja niiden kunnossa oloa ja oikeaa säätöä pidetään tärkeänä, jotta järjestelmät hälyttävät tarvittaessa viasta. Tämän lisäksi määräaikaistestaukset ovat välttämättömiä järjestelmien toimivuuden takaamiseksi, ja mahdollisiin poikkeamiin on puututtava välittömästi. [11.]

Määräaikaiset silmämääräiset tarkastukset, esimerkiksi vuosittain, auttavat havaitsemaan ja korjaamaan vaaratilanteita, kuten rikkoutuneita asennuskalusteita. Tarkastukset mahdollistavat myös asennusten tarkoituksenmukaiset muutokset, kuten pistorasioiden sijoittelun parantamisen. Katselmuksissa varmistetaan, että tilassa tehtävät toimenpiteet vastaavat edelleen tilaluokitusta, jotta ei tulisi tilannetta, jossa tilan käyttötarkoitus on muuttunut ilman lääkintätilaluokituksen tarkastamista. [11.]

Asennusten selkeä merkitseminen värikoodein tai laitekilvin helpottaa hoitohenkilökuntaa työssään. Selkeät käyttöohjeet ovat välttämättömiä, sekä hoitohenkilökunnan jatkuva tiedotus ja koulutus ovat ratkaisevassa asemassa turvallisuuden ylläpitämisessä. Säännölliset koulutukset varmistavat, että henkilökunta on ajan tasalla ja osaa toimia oikein erinäisissä tilanteissa. Näillä toimenpiteillä voidaan merkittävästi parantaa käyttäjä- ja potilasturvallisuutta lääkintätiloissa, mikä on ensiarvoisen tärkeää potilaiden hoidon ja henkilökunnan työskentelyn kannalta. [11.]

#### Muuntojoustavuus sairaalasuunnittelussa

Muuntojoustavuuden huomioiminen lääkintätiloissa on olennaista terveydenhuollon tilojen suunnittelussa ja rakentamisessa. Eri projekteissa asetetaan muuntojoustavuustavoitteita eri tilatyypeille, esimerkiksi yhden hengen potilashuoneissa varaudutaan siihen, että potilashuone voidaan tarvittaessa muuttaa kahden hengen huoneeksi ilman suurempia muutostöitä. Tästä usein puhutaan terminä käyttöjousto. Esimerkiksi ryhmän G0 toimistotiloissa voidaan varautua siihen, että ne muutetaan ryhmän G1 vastaanottohuoneiksi. Näiden varausten laajuus vaihtelee projektikohtaisesti, sillä joskus tilat rakennetaan valmiiksi muuntojoustaviksi, kun taas toisinaan muutokset tehdään myöhemmin suuremman työn kautta. Raskaammin varusteltuja tiloja, kuten ryhmän G2 leikkaussaleja, on vaikeampi muuttaa ilman merkittäviä muutostöitä, kun ne räätälöidään jo suunnitteluvaiheessa hyvin pitkälle. [11.]

Isommissa hankkeissa voidaan laatia käyttö- ja muuntojoustosuunnitelma, jossa määritellään, millaisiin muutoksiin varaudutaan ja millä laajuudella. Varaaminen vaatii investointeja, ja jos muutoksia ei tarvita, investoinnit saattavat olla turhia. Siksi on tärkeää varautua vain todennäköisiin muutoksiin ja tehdä kustannustehokkaita tilavarauksia tai runkoverkostovarauksia, jotka rajaavat muutostyöt vain tarvittaville osastoille vähentäen häiriöitä muualla rakennuksessa. [11.]

Lääkintätilojen käyttötarkoituksen muuttuminen on yleistä, koska hoitomenetelmät kehittyvät jatkuvasti, mikä aiheuttaa muutospainetta tiloihin. Esimerkiksi tähytysleikkaukset vähentävät potilashuoneiden tarvetta ja lisäävät toimenpidetilojen tarvetta, koska useat kirurgiset toimenpiteet tehdään nykyään tähytysleikkauksina, jolloin kotiutuminen nopeutuu. Myös sairaudet ja niiden hoitomenetelmät muuttuvat. Esimerkiksi psykiatrisen hoidon tiloille on nyt suurempi tarve. Aiemmin yleiset kuuden hengen potilashuoneet ovat tällä hetkellä vaihtumassa yhden tai korkeintaan kahden hengen huoneisiin ja käytävän varteen sijoitetut potilas-WC muuttuvat huonekohtaisiin WC- ja suihkutiloihin. [11.]

Osastojen toiminta ja tekniset järjestelmät, erityisesti tele- ja turvajärjestelmät, kehittyvät jatkuvasti. WLAN-verkot ja paikannusjärjestelmät ovat esimerkkejä uusista järjestelmistä, jotka halutaan käyttöön myös nykyisille osastoille. Sairaalan tilat ovat käytössä ympäri vuorokauden, mikä kuluttaa pintoja ja asennuksia, ja remonttien yhteydessä on mahdollista tehdä muitakin muutostöitä, kuten pieniä tilamuutoksia. [11.]

Muuntojoustavuuden parantaminen lääkintätiloissa on tärkeää, ja siihen on useita keinoja. Yläjakelu sopii tiloihin, joissa kalustus tai käyttäjämäärä voi muuttua, kuten avotoimistot, mutta hoitotiloissa sen hyöty on rajallinen. Sairaalaympäristössä tärkeimpiä keinoja ovat selkeät nousureitit, joissa on riittävät tilavaraukset uusille asennuksille, riittävät ja helposti saavutettavat johtotiet, kuten avattavat alakatot ja paloläpivientivaraukset, sekä osastokohtaiset sähkö- ja telineilat. Lisäksi kaapelointien tuominen lääkintätiloihin yleiskaapelointi- ja pistoraasiapistevarauksina alakaton yläpuolelle mahdollistaa lisäpisteiden joustavan lisäämisen tarvittaessa. [11.]

Näiden tekijöiden vuoksi muuntojoustavuuden huomioiminen on tärkeää terveydenhuollon tilojen suunnittelussa ja ylläpidossa, jotta tilat voivat vastata muuttuvia tarpeita tehokkaasti ja kustannustehokkaasti, sillä tilan käyttötarkoituksen muuttuminen voidaan todeta olevan melko yleistä. [11.]

## **6 Lääkintätiloja tukevat tilat sairaalassa**

Tässä luvussa käsitellään lääkintätilojen tukevia tiloja. Sisältöä varten opinnäytetyön aikana on haastateltu ja keskusteltu useiden alan asiantuntijoiden kanssa Granlund Oy:n sisällä sekä yrityksen ulkopuolisten henkilöiden kanssa. Tiedonkeruuta varten keskityttiin haastattelemaan alan erityisosaajia, sillä standardit eivät anna ohjeistusta lääkintätilojen tukevia tiloja varten. Tämä luku pohjautuu haastatteluissa esiin tulleisiin näkemyksiin ja tulkintoihin.

Lääkintätiloja tukevat tilat sairaalassa ovat olennainen osa hoitoympäristöä, vaikka niille ei ole olemassa tarkkaa määritelmää. Tukeviksi tiloiksi voidaan katsoa kaikki hoito-osastolla olevat tilat, joilla ei ole selkeää muuta käyttötarkoitusta. Esimerkiksi yleiset wc:t ja mahdolliset neuvottelutilat voidaan katsoa tukeviksi tiloiksi. Myös käytävät ovat tärkeä osa tukitiloja, koska niillä on usein hoitoon liittyviä funktioita, kuten odotustila, lääkintälaitteiden ja -sänkyjen säilytys- tai lataustila, sekä hoitohenkilökunnan kirjaamispisteitä. Joissakin teho-osastoilla käytävät jopa luokitellaan G2-tiloiksi, koska niissä voidaan esimerkiksi tilapäisesti pitää potilaita ennen leikkaukseen siirtoa. [11.] Muita lääkintätiloja tukevia tiloja voidaan ajatella olevan sairaalan sähkökeskustilat, teletekniset tilat, lääkintälaitteiden laitetilat sekä muut huoltohuoneet, ilmaeristys huoneiden eteis-tilat, potilas(teho)hoidon ulkopuoliset valvontatilat ja potilaiden valmistelutilat [12; 13].

Tukevilla tiloilla on merkittävä vaikutus lääkintätilojen toimintaan. Hoitotoiminta on monimutkainen prosessi, johon kuuluu esimerkiksi tapahtumien kirjaaminen, potilaiden odotus ja valmistelu, laitteiden paikantaminen, hakeminen ja varastointi, huolto sekä desinfiointi. [11; 12.]

Mitä paremmin nämä oheistoiminnot sujuvat, sitä tehokkaammin hoitotyö etenee. Esimerkiksi tilojen sijoittelulla ja toimivuudella voidaan vähentää hoitohenkilökunnan kävelemää matkaa, mikä parantaa työtehoa. Lisäksi tukevien tilojen toiminta vaikuttaa turvallisuuteen. Potilas- ja hoitajavyöhykkeiden erottaminen helpottaa hoitajien työskentelyä, kun rajataan potilaiden ja omaisten pääsyä henkilökunnan alueille, ettei jokaista käytävän varrella olevaa ovea olisi pakko lukita erikseen. [11.] Myös esimerkiksi leikkaussalitoiminnan laitteiden sijoittamien muualle kuin leikkaussaleihin vaikuttaa merkittävästi työympäristön toimintakykyyn ja turvallisuuteen tilassa, sillä esimerkiksi käytettävien monitorien virtalähteet voidaan vaihtaa leikkaussalin ulkopuolella. Tällä vältetään työn keskeyttämistä, kun ei mennä työtilan sisäpuolelle tekemään tarvittavia huoltotoimenpiteitä. Tämä mahdollistaa laitteiden huollon myös leikkaustoiminnan aikana. [14.]

Tukitilojen toiminnan jatkuvuuden varmistaminen poikkeustilanteissa on tärkeää. Lääkintätilastandardi ei yleensä ohjeista tukitilojen toteutusta, joten vastuu jää usein suunnittelijalle. Sairaaloita harvoin evakuoidaan sähkökatkoksen aikana, joten toiminnan ylläpitäminen mahdollisimman pitkään on keskeistä. Va-laistuksen ja tärkeiden sähkölaitteiden, kuten työasemien ja lääkintälaitteiden, sähkönsyöttöjen varmentaminen on välttämätöntä. Myös ilmanvaihdon, veden, jäteveden, lämmityksen, jäähdytyksen ja sairaalakaasujen varmentaminen on tärkeää. Tele- ja turvajärjestelmät tulee varmentaa kiinteistön varmennusjärjestelmien tai järjestelmäkohtaisten akkuvarmennusten avulla. Usein kiinteistön keskitetyt varmennusjärjestelmät ovat toimivampia ratkaisuja, koska niitä on helpompi huoltaa. Esimerkiksi ovien varustaminen ovikohtaisilla akustoilla voi olla huono ratkaisu, koska akut jäävät vaihtamatta ja ovien toimimattomuus huomataan tällöin vasta poikkeustilanteessa, kun niiden kautta ei pääse kulkemaan. [11.]

Tukevien tilojen luokittelu lääkintätiloiksi tulee tehdä niiden hoitotoimenpiteiden perusteella yhteistyössä suunnittelijan ja käyttäjän kanssa. Luokitusta voidaan nostaa muunneltavuuden vuoksi, jos on todennäköistä, että tiloissa tullaan jatkossa suorittamaan raskaampia hoitotoimenpiteitä. Jos tila on selkeästi tukitila, sitä ei kannata merkitä lääkintätilaksi, koska standardi keskittyy

potilasturvallisuuden varmistamiseen. Tukitilojen osalta kannattaa sopia valaistuksen ja sähköpistorasioiden varmennustarpeet ja suunnitella ne sen mukaisesti. [11.]

Lääkintätiloja tukevat tilat sairaalassa ovat keskeisiä hoitotyön sujuvuuden ja potilasturvallisuuden kannalta. Näiden tilojen toiminnan jatkuvuuden varmistaminen poikkeustilanteissa edellyttää huolellista suunnittelua ja varmistamista erityisesti sähkö- ja telejärjestelmien osalta. Tukitilojen asianmukainen luokittelu ja suunnittelu parantavat sairaalan toimivuutta ja turvallisuutta. [11.] Lääkintätiloja tukevien tilojen toiminta mahdollistaa lääkintätilan toiminnan sekä esimerkiksi potilaan seurantaan liittyvät vaiheet hoitoprosessin aikana [12]. Tukevien tilojen toiminnan mahdollistaminen oikeanlaisen suunnittelun lisäksi vaatii asianmukaista käyttöä, huoltoa ja valvontaa. Tämä tarkoittaa, että tilojen tulee olla kulunvalvottuja ja niissä saavat toimia vain ne henkilöt, joille on myönnetty tilan käyttö- tai kulkulupa [13].

## **7 Yhteenveto**

Sairaalasunnittelu on yksi vaativimmista suunnittelukohteista, joka vaatii monen eri osaajan ja alan asiantuntijan yhteistyötä. Suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia standardeja, suosituksia ja ohjeistuksia, mutta samalla pyritään kehittämään uusia, vaatimuksenmukaisia, käyttäjäystävällisiä, energia- ja kustannustehokkaita, sopeutumiskykyisiä ja pitkäikäisiä ratkaisuja.

Lääkintätilat luokitellaan suunnittelun alkuvaiheessa ryhmiin G0, G1 tai G2, mikä ohjaa merkittävästi suunnittelua ja sähkövarustelun tasoa. Sähkösuunnittelijan tulee tuntea eri lääkintätilyryhmien erot ja tavoitteet ja pyrkiä innovatiivisiin ja laadukkaisiin ratkaisuihin.

Sähkösuunnitteluun vaikuttavat merkittävästi sairaalan sähkönsyöttöjärjestelmät. Sairaalan syöttöjärjestelmiä ovat normaaliverkon lisäksi varavoima-, UPS-, DRUPS- ja IT-järjestelmät. Varavoimalla varmennetaan asennuksia ja sähkölaitteita vikatilanteen aiheutuessa, ja UPS- ja DRUPS-järjestelmät ovat

ehkäisemässä sähkönsyötön täydellistä keskeytymistä. Käytettävät sähkönjakelujärjestelmät määräytyvät standardin vaatimusten sekä kustannustekijöiden perusteella, sillä esimerkiksi katkoton DRUPS-järjestelmä on yleensä kallis hankkeelle.

Lääkintätiloja tukevien tilojen määritelmää ei vielä standardeista löydy, mutta niiden merkityksen pohtimiseen ja asianmukaiseen suunnitteluun on tärkeitä kiinnittää huomiota. Kaikkien sellaisten tilojen, jotka ovat yhteydessä lääkintätilojen toimintaan, voidaan katsoa olevan lääkintätilojen tukevia tiloja, kuten potilaiden valmistelu- ja odotustilat sekä lääkintälaitteiden laitetilat. Tukitiloja ei kuitenkaan luokitella lääkintätiloiksi, jos tiloissa ei tehdä hoitotoimenpiteitä tai seurata potilaan tilaa sähkökäyttöisellä lääkintälaitteella.

Standardit, ohjeistukset, hyväksi todetut menetelmät ja muuntojoustavuustavoitteet ovat keskeisiä sairaalan tilojen suunnittelussa, jotta tilojen uudelleen luokitus sekä käyttötarkoituksen muuntaminen tulevaisuudessa olisi mahdollista tekniikan sekä hoitokäytäntöjen kehittyessä.

Opinnäytetyön aikana tehtiin selvitystyötä sairaalan sähkösuunnittelun periaatteista, tutustuttiin ja pohdittiin lääkintätilojen ja näitä tukevien tilojen käsitteisiin ja näiden merkitykseen muuntojoustavuusnäkökulma huomioiden. Opinnäytetyössä opetetaan näiden aihealueiden suunnitteluun vaikuttavia lähtöasetelmiä. Opinnäytetyötä voitaisiin mahdollisesti jatkaa selvittämällä lääkintätilojen luokan muuntumisen yleisyyttä tai tutkimalla tukitilojen syvempää merkitystä sairaaloissa.

## Lähteet

- 1 Kauppila, Jenna. 2022. Sähköasennukset 2. Viides painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 SFS 6000-7-710:2022. Pienjännitesähköasennukset. Suomen Standardisoimisliitto.
- 3 Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. 2023. ST 51.79. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 4 Niemelä, Juho. 2021. Sairaalan sähkönjakelujärjestelmät. Opinnäytetyö. Lapin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Lahtinen, Mika. 2024. Selvitys sairaalarakennuksen huipputehojen jakaantumisesta eri jakeluverkkojen välillä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 UPS-laitteet ja -järjestelmät. 2010. ST 52.35.01. Espoo: Sähkötieto ry.
- 7 DRUPS-laitteistot (Diesel rotary UPS). Verkkoaineisto. kW-set. <<https://www.kwset.fi/fi/varavoimalaitteet/drups-laitteistot/>>. Luettu 1.7.2024.
- 8 Viderholm, Jussi. 2015. Pienjännitesähköverkkojen mitoitusohjelmien vertailu. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 9 Korpinen, Leena. 1998. Sähkövoimatekniikanopus. Verkkoaineisto. Leena Korpinen. <[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/7sahkoturvallisuus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf)>. Luettu 14.7.2024
- 10 SFS-EN 12464-1:2021. Valo ja valaistus. Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 Lindström, Ralf. 2024. Laatu- ja kehitysjohtaja, Granlund Oy, Espoo. Sähköpostikeskustelu 16.7.2024.
- 12 Joonas, Mika. 2024. Sähkötekniikan asiantuntija, Pohde, Espoo. Sähköpostikeskustelu 1.8.2024.
- 13 Räsänen, Jouni. 2024. Suunnittelupäällikkö, Granlund Oy, Espoo. Sähköpostikeskustelu 5.8.2024.
- 14 Halmetoja, Kauko. 2024. Lääkintätekniiikan asiantuntija, Pohde, Espoo. Sähköpostikeskustelu 5.8.2024.