

# Lääkintätilojen sähköasennukset eri maissa

**Tampereen yliopistollisen sairaalan uudisrakennushankkeet ja saneeraukset saivat sairaalainsinööri Hannu Järven käynnistämään tutkimuksen asennuksia koskevien vaatimusten ja suositusten taustoista ulkomaisiin standardeihin ja kansainväliseen standardointiin verraten. Kirjoitus kiinnittää huomiota suurimpiin eroihin standardien välillä.**

## Standardoinnin perusta

Lääkintätilojen sähköasennuksille ja lääkintälaitteille asetetaan erityisiä turvallisuusvaatimuksia. Sähkökäyttöiset lääkintälaitteet voivat aiheuttaa potilaalle, henkilökunnalle tai ympäristölle vaaraa johtuen toimivan tai vikaantuneen laitteen syöttämästä energiasta tai lääkintälaitteen toiminnan puuttumisesta. Vaaratekijöiden merkitys lääkintätiloissa korostuu, koska potilaan normaalit reaktiot puuttuvat potilaan ollessa sairas, nukutettu tai tajuton. Ihon muodostama normaali virtasuoju puuttuu, jos iho on läpäisty tai erityisesti käsitelty pienen ihoresistanssin aikaansaamiseksi. Elintärkeiden ruumiin toimintojen säilyttäminen tai korvaaminen riippuu lääkintälaitteen tai tehonsyötön luotettavuudesta. Lisäksi ympäristöolosuhteet erityisesti leikkaussaleissa saattavat aiheuttaa vaaratilanteen, kuten tulipalon tai räjähdysten, mikäli sähköasennukset eivät ole oikein tehty ja asianmukaisessa kunnossa.

Myös vahvavirta-asennusten aiheuttamat sähköiset ja magneettiset häiriöt saattavat vaikeuttaa tiloissa tehtäviä biosähköisiä mittauksia, jolloin häiriösuojaukselle asetetaan erityisiä vaatimuksia.

## Yleistä standardeista

Suomalainen standardi SFS 4372 on vuodelta 1987. Sen pohjana on aiemmin käytössä ollut standardi vuodelta 1979, josta saatujen kokemusten perusteella standardia on kehitetty. Nykyisen standardin vaatimukset kunkin lääkintätilan suojausmenetelmistä ovat selkeät. Lääkintätilat on jaettu neljään ryhmään sen mukaan, kuinka sähkölaite on niissä tehtävissä toimenpiteissä yhteydessä kehoon. Esimerkiksi ryhmän 0 tiloissa potilas ei ole normaalisti yhteydessä sähkölaitteeseen, jolloin riittää valvotun TN-S-järjestelmän käyttö. Eniten suojaustoimenpiteitä vaaditaan ryhmän 3 tiloissa, joissa sähkölaite on yhteydessä valta-

verisuoniin tai sydämeen. Tällöin vaaditaan mm. lisäpotentiaalintasasta, käyttömaadoittamatonta järjestelmää ja kosketusjännitteiden rajoittamista. Tila pitää liittää varmennettuun verkkoon, jolloin tulee kyseen myös leikkausvalaisinten erikoisvaravoimajärjestelmä. Hoitoalueella tarkoitetaan rajattua aluetta potilaan ympäristössä. Hoitoalueet on suomalaisessa standardissa määritelty ryhmäkohtaisesti. Jokaisen lääkintätilan turvallisuustoimenpiteet määrittyvät tilassa suoritettavien toimenpiteiden mukaan. Tämä helpottaa suojausmenetelmien valintaa. Harkinnanvaraisuutta eri suojausmenetelmien valinnassa ei juuri ole. Standardin eräänä hankaluutena koetaan eri sähköjärjestelmien olemassaolo samoissa tiloissa. Tässä suhteessa tilanne on lähes sama kaikissa muissa standardeissa. Myös tilojen muuttaminen myöhemmin toisiin käyttötarkoituksiin on lähes mahdotonta ilman perusteellisia uudistuksia.

Ruotsalainen lääkintätilojen sähköasennuksia käsittelevä standardi SS 437 10 02 on vuodelta 1989. Edellisen standardin SEN 37 10 02 uudistuksessa on kiinnitetty huomiota erityisesti varavoimaan, hätävalaistukseen ja sähkön laatuun. Standardiin on lisätty kappaleet teknisistä asennuksista ja niiden tietosuojauksesta sekä ympäristöolojen huomioonottamisesta asennuksia suunniteltaessa. Standardin vaatimukset ihmisten ja irtaimiston turvallisuudelle eivät ole niin yksityiskohtaisia kuin suomalaisessa standardissa. Ruotsalaisessa standardissa lääkintätiloja ei ole jaettu ryhmiin. Standardissa ei tarkasti

mainita, mitä suojausmenetelmiä kussakin lääkintätilassa tulee käyttää; suojausmenetelmien valinnassa ja soveltamisessa on harkinnanvaraa.

Saksalainen standardin DIN VDE 0107 vuodelta 1989 vaatimukset huomioivat vaarallisen kosketusjännitteen, tulipalon ja sähkönsyötön keskeytymisen aiheuttamat mahdolliset henkilövahingot. Saksalaisessa standardissa lääkintätilat jaetaan suojaustoimenpiteiden mukaan kolmeen käyttöryhmään: 0, 1 ja 2, jotka poikkeavat hieman suomalaisen standardin ryhmistä. Lääkintätilojen jako käyttöryhmiin perustuu niissä suoritettaviin toimenpiteisiin ja siihen, kuinka sähkökäyttöinen lääkintälaitte on yhteydessä potilaan kehoon.

Ranskalainen standardi NF C 15-211 vuodelta 1987 on eniten suomalaisen standardin kaltainen. Siinä on käsitelty samat suojausmenetelmät, tosin suppeammin, kuin suomalaisessa standardissa. Yleisesti ranskalainen standardi antaa enemmän harkinnanvapautta suojausmenetelmien valinnassa kuin suomalainen standardi, sillä esimerkiksi käyttömaadoittamatonta järjestelmää on välttämätön vain leikkaussaleissa, anestesiatiiloissa sekä sydänkatetrintihuoneissa.

Hollantilaisessa standardissa NEN 3134 lääkintätilat on jaettu neljään luokkaan sen mukaan, kuinka sähkökäyttöinen lääkintälaitte on yhteydessä kehoon. Esimerkiksi luokan S3 tiloissa lääkintälaitteella voi olla galvaaninen kontakti sydämeen. Lääkintätiloissa käytettävät suojausmenetelmät määrittyvät näiden tilaluokkien mukaan.

Japanilainen lääkintätilojen

sähköasennuksia koskeva standardi JIS T1022 vuodelta 1982 määrittelee turvallisuusvaatimukset "sairaalaaluokan" suojausmaadoitusjärjestelmälle, potentiaalintasaukselle, käyttömaadoittamattomalle järjestelmälle sekä varavoimajärjestelmälle. Standardissa on ilmoitettu kullekin lääkintätalolle pakollinen tai harkinnanvarainen suojausmenetelmä sekä ne menetelmät, joita ei tarvitse käyttää tai jotka eivät sovellu käytettäviksi.

Amerikkalainen standardi ANSI/NFPA 99 vuodelta 1990 on varsin laaja lääkintätalojen turvallisuusvaatimuksia käsittelevä standardi. Lääkintätiloissa suoritettavat sähköasennukset ja niihin liittyvät suojaustoimenpiteet ovat vain yksi osa standardin sisällöstä. Lääkintätilat on jaettu yleisen hoidon ja kriittisen hoidon tiloihin. Edellisiin kuuluvat esimerkiksi vuodeosastot, tutkimushuoneet ja toimenpiteetilat ja jälkimmäisiin tehostetun hoidon tilat, synnytysalit, leikkaussalit sekä tilat, joissa tehdään sydämenläheisiä toimenpiteitä. Lääkintätiloissa sallitut suurimmat potentiaalierot ja impedanssit määräytyvät tämän ryhmäjoon mukaan.

Sähköalan kansainvälisen standardointijärjestön IEC:n luonnos lääkintätalojen sähköasennuksista on ensimmäinen teknillisen komitean 64 työryhmän 26 tekemä ja osa siitä oli vielä tuolloin työn alla. Luonnoksesta puuttuvat suositukset häiriösuojauksesta ja lääkintätiloissa suoritettavista asennustarkastuksista. IEC:n luonnoksessa lääkintätilat on jaettu kolmeen ryhmään sen mukaan, kuinka lääkintälaitte on yhteydessä kehoon. Saksalaisen standardin kolme käyttöryhmää muistuttavat tämän luonnoksen ryhmäjoon.

Amerikkalaisen sähköinsinöörijärjestön IEEE:n julkaiseman White Bookin tarkoituksena on edistää lääkintätalojen ja niitä sisältävien rakennusten suunnittelua ja kehittämistä. Se ei ole täydellinen käsikirja, vaan pikemminkin opas, jossa on yleisiä ohjeita eri järjestelmien toteuttamisesta lääkintätiloissa.

SÄHKÖALA 4/92

## Vaarallinen kosketusjännite

### TN-S-järjestelmä

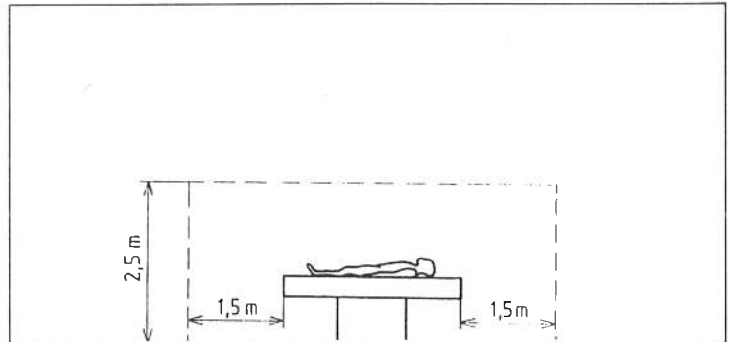
Lääkintätiloja sisältävissä rakennuksissa on suomalaisen standardin mukaan koko järjestelmässä käytettävä TN-S-järjestelmää, jolla rajoitetaan kosketusjännitteiden kestoajat turvallisiksi suojausmenetelmän P0 mukaisesti. TN-S-järjestelmä vähentää myös järjestelmän aiheuttamia häiriöitä, mikä on tärkeää lääkintätiloissa tehtäville mittauksille ja laitteiden moitteettomalle toiminnalle. TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojaohjtimen pysymistä erillään on valvottava, jotta järjestelmä pysyisi kunnossa ja täyttäisi sille asetetut vaatimukset.

Standardeille on yhteistä vaatimus TN-S-järjestelmän käytöstä lääkintätiloissa. Sen sijaan järjestelmään kuuluvan vikavirtavälivirtajärjestelmän käytöstä ei jokaisesta standardista löydy määräyksiä. Myös TN-S-järjestelmän laajuusvaatimuksissa on eroja. Esimerkiksi ruotsalaisen standardin mukaan rakennuksissa, joissa tehdään yksinkertaisia tutkimuksia, järjestelmä voi olla TN-C-S-järjestelmän mukainen, jolloin pääjohdoissa on PEN-johdin ja ryhmäjohtoissa erilliset nolla- ja suojaohjtimet.

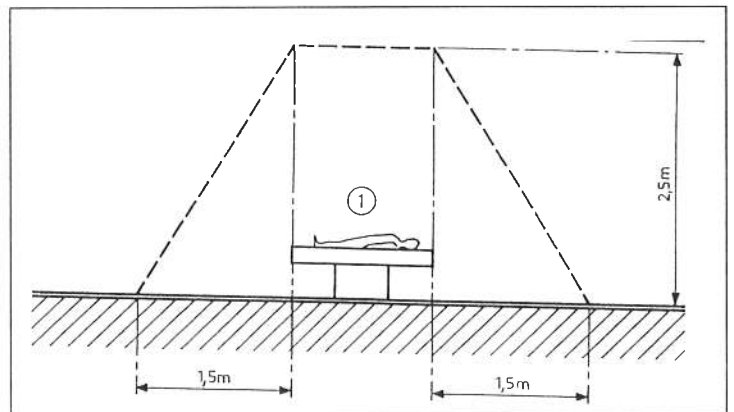
### Rajoitettu kosketusjännite

Suomalaisessa standardissa vaaditaan kaikissa lääkintätiloissa suojausmenetelmä P1, jolloin suurin sallittu kosketusjännite hoitoalueella vikata-pauksessa on 25 V. Tällöin suojausmaadoitusjärjestelmän on täytettävä lisävaatimukset. Samassa tilassa käytettävien laitteiden jännitteelle alttiit kosketeltavat osat pitää yhdistää yhteiseen suojakiskoon ja lisäksi suojaohjtimen resistanssi suojakiskosta pistorasioiden suojakoskettimiin tai kiinteiden sähkölaitteiden suojausmaadoitusliittimiin ei saa ylittää 0,2 Ω:a.

Japanilaisen standardin mukaan suojaohjtimen resistanssi pistorasiasta suojakiskoa vastaavaan maadoituskeskukseen



Hollantilaisen standardin mukainen hoitoalue.



Ranskalaisen standardin mukainen hoitoalue.

ei saa olla yli 0,1 Ω, kun taas saksalaisessa tai ruotsalaisessa standardissa vastaava vaatimusta ei ole. Niistä puuttuu myös kosketusjännitteen raja-arvo. Ruotsalaisen standardin mukaan toimenpideosastoilla ryhmäkeskus pitää sijoittaa siten, ettei suojaohjtimen pituus ryhmäkeskuksesta ryhmän kauimpana olevaan pisteeseen ylitä 20 metriä 1,5 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella tai 30 metriä 2,5 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. Suomalaisen standardin mukaan mitoitusohjeena tulee olla noin 20 metriä 2,5 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella.

### Lisäpotentiaalintaus

Suomalaisen standardin suojausmenetelmässä P2 vaaditaan suojausmenetelmän P1 lisäksi muiden johtavien osien liittämisen TN-S-järjestelmään. Lisä-

potentiaalintasauksella pyritään kosketusjännitteen vaikutuksen pienentämiseen lääkintätiloissa, joissa sähkölaite on yhteydessä ihon sisäpuolelle. Muut johtavat osat, kuten metalliset varustekiskot, putkistot, kosketuspinnaltaan yli 0,2 m<sup>2</sup> olevat johtavat osat, tilan häiriösuojaus, lattia metalliverkko ja kiinteä ei-sähkökäyttöinen leikkauspöytä, pitää liittää tilassa olevaan potentiaalintauskiskoon. Potentiaalintauskisko ja suojakisko yhdistetään toisiinsa vähintään 16 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. Potentiaalintausausta ei tarvitse tehdä standardissa määritellyn hoitoalueen ulkopuolella. Lisäpotentiaalintausjohtimen resistanssiksi sallitaan enintään 0,2 Ω.

Muun johtavan osan liittämisen lisäpotentiaalintasaukseen riippuu lääkintätilan käyttötarkoituksesta sekä johtavan osan sijainnista ja koosta. Yleisesti voidaan todeta, että lisäpotentiaalintasausjohtimia ja muiden johtavien osien pinta-alaa rajoittavat vaatimukset ovat suurin piirtein samoja, mikäli ne standardeissa mainitaan. Ranskalaisen ja japanilaisen standardin vaatimukset ovat tiukimpia. Niiden mukaan muut johtavat osat, joiden pinta-ala on vähintään  $2 \text{ dm}^2 (= 0,02 \text{ m}^2)$  pitää yhdistää lisäpotentiaalintasaukseen. Vastäavasti potentiaalintasauskiskon ja lääkintätilan johtavien osien väliseksi resistansiksi sallitaan enintään  $0,1 \Omega$ .

Standardien vaatimuksissa on kuitenkin varsin suuria eroja. Esimerkiksi ruotsalainen standardi ei vaadi muiden johtavien osien kuin metallisten putkien ja ukkossuojalaitteiston liittämistä potentiaalintasaukseen. Ylimääräinen potentiaalintasaus vaaditaan ainoastaan staattisen varauksen pois johtamiseen leikkauspöydästä. Saksalaisen standardin mukaan lisäpotentiaalintasaus on välttämätön toimenpide pääsääntöisesti samoissa tiloissa kuin suomalaisessa standardissa. Saksalaisessa standardissa ei kuitenkaan määritellä suoja- tai potentiaalintasausjohtimien enimmäisresistansseja. Standardissa ei myöskään ole raja-arvoa lisäpotentiaalintasaukseen yhdistettävien muiden johtavien osien pinta-alalle, kuten ei IEC:n luonnoksessakaan.

## Tilat, joissa tehdään sydämenläheisiä toimenpiteitä

Suomalaisen standardin suojausmenetelmässä P3 potentiaaliero kosketeltavien jännitteelle alttiiden osien, muiden johtavien osien ja potentiaalintasauskiskon välillä ei saa käytön aikana olla yli  $10 \text{ mV}$  tiloissa, joissa tehdään sydämenläheisiä toimenpiteitä. Sallitut raja-arvot ovat standardeissa hieman erilaisia. Esimerkiksi saksalaisen standardin mukaan

$1,25$  metrin alueella potilaan oletettavissa olevan sijainnin ympärillä, sähkölaitteen toimiessa moitteettomasti, jännite muiden johtavien osien, pistorasiodien suojakoskettimien ja kiinteiden laitteiden jännitteelle alttiiden kosketeltavien osien välillä ei saa ylittää  $1 \text{ V}$  käyttöryhmän 1 tiloissa, joissa käytetään uittokategoria, eikä  $10 \text{ mV}$  ryhmän 2 tiloissa, joissa tehdään sydämen tai avoimen sydämen tutkimuksia tai hoitoja. Ranskalaisen standardin vaatimusten mukaan sydämenläheisissä toimenpidetiloissa pitää kosketusjännitteet normaalin käytön aikana rajoittaa  $50$  millivoltiksi kahden yhtäaikaisesti kosketeltavan hoitoalueella olevan osan välillä. Raja-arvo ei saa ylittyä eristysvian aikana. Sama potentiaaliero  $50 \text{ mV}$  sallitaan myös IEC:n luonnoksessa normaalioloissa ja ensimmäisen maasulun tapahtuessa IT-järjestelmässä.

## Vikavirtasuojakytkimen käyttö

Suomalaisen standardin mukaan kaikki röntgenlaitteet tulee suojata vikavirtasuojakytkimellä, samoin lääkintätiloissa olevat yli  $5 \text{ kVA}$  kiinteät ja puoli-kiinteät laitteet. Vikavirtasuojakytkimen nimellistoimintavirta saa olla enintään  $30 \text{ mA}$ . Ranskalaisessa standardissa on vastaavat vaatimukset. Lisäksi standardissa kielletään lääkintäsuojaerotusmuuntajan ja sen syötämien virtapiirien suojaaminen vikavirtasuojakytkimellä.

IEC:n standardiluonnoksessa ja saksalaisessa standardissa vikavirtasuojakytkimien nimellistoimintavirta on enintään  $30 \text{ mA}$  virtapiireille, joissa on ylivirtasuojaus  $63 \text{ A}$ :iin asti, sekä  $300 \text{ mA}$  virtapiireille, jotka syötävät laitteita käsin ulottuvan alueen ulkopuolella tai jotka suojataan yli  $63 \text{ A}$  ylivirtasuojauksella.

## Käyttömaadoittamaton järjestelmä

Suomalaisen standardin mukaan suojausmenetelmää P5 käytettäessä jokainen lääkintätila tai -tilaryhmä on varustettava

vähintään yhdellä kiinteästi asennetulla lääkintäsuojaerotusmuuntajalla. Menetelmällä estetään sähkönsyötön katkaeminen ensimmäisen maasulun yhteydessä tiloissa, joissa se saattaisi olla kohtalokasta, kuten leikkaussaleissa ja tehostetun hoidon huoneissa. Myös maasulkuvirrat pysyvät rajoitetuina. Jokaisen muuntajan toisopiiriin on kytkettävä symmetrisesti eristystilan valvontalaite, jossa on sekä akustinen että optinen hälytys.

Ruotsalainen standardi on näistä standardeista ainoa, jossa ei ole vaatimuksia tai ohjeita käyttömaadoittamattomasta järjestelmästä. Saksalaisen standardin mukaisessa käyttömaadoittamattomassa järjestelmässä muuntajat on varustettava siten, että ne ilmoittavat ylikuumenemisesta joko akustisesti tai optisesti. Tämän ilmoituksen on oltava sellainen, että myös lääkintähenkilökunta huomaa sen. Tällaisen hälytyksen olemassaolo varmastikin vähentää muuntajavaurioita. Käyttömaadoittamaton järjestelmä voidaan toteuttaa tilanteen mukaan neljällä eri tavalla. On mm. mahdollista käyttää yhtä suojaerotusmuuntajaa, joka syöttää kelluvia pistorasioita, ja erillistä akkukäyttöistä vaihtosuuntaajaa (normaalin generaattorin lisäksi), johon kuorma kytkeytyy toisen johdon kautta automaattisesti  $0,5$  sekunnin kuluessa ensimmäisessä johdossa tapahtuvan sähkökatkoksen aikana. Tällöin ei leikkausvalaisimelle tarvita omaa lähdetä. Standardissa on vaatimukset siitä, missä kahta suojaerotusmuuntajaa pitää käyttää. Kahdella ylikuumenemishälytyksellä varustetulla muuntajalla lisätään järjestelmän luotettavuutta entisestään. Amerikkalaisessa standardissa ANSI/NFPA 99 käyttömaadoittamaton järjestelmä vaaditaan ainoastaan tiloissa, joissa käsitellään syttyviä anestesiakaasuja. Jokainen käyttömaadoittamaton järjestelmä pitää varustaa erityistilan valvontalaitteella (LIM), joka hälyttää vuotovirran ylityksessä määrätyn rajan.

White Bookin mukaan käyt-

tömaadoittamatonta järjestelmää tulisi käyttää tehostetun hoidon tiloissa, anestesiatioissa sekä kaikissa leikkaussaleissa. White Bookissakin siis painotetaan käyttömaadoittamattoman järjestelmän käyttöä räjähdysvaarallisissa tiloissa.

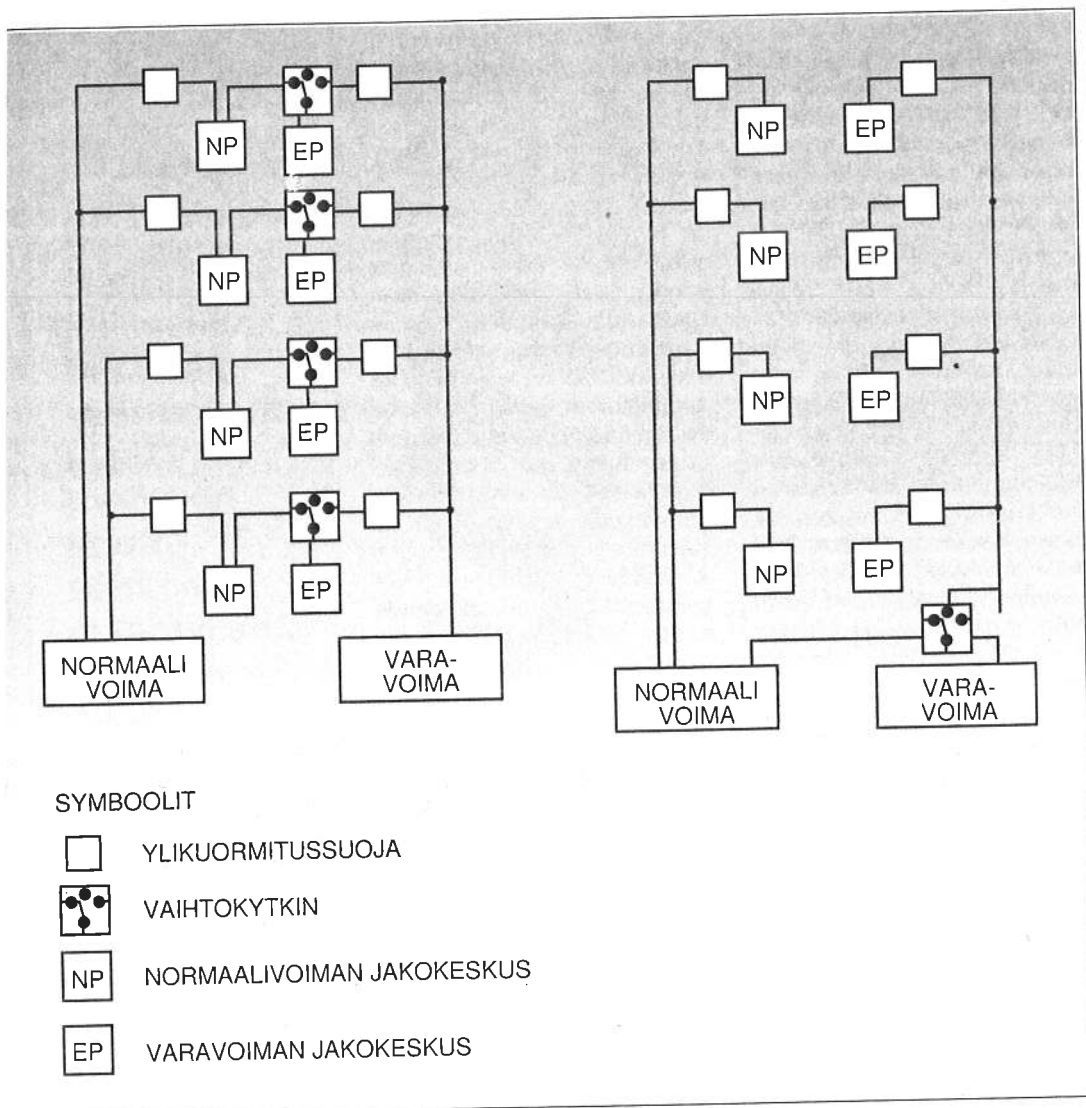
## Varavoimajärjestelmät

Lääkintätiloissa tehtävät toimenpiteet sekä potilaan elintointien ylläpitäminen tai korvaaminen vaativat sähkönsyötön luotettavuutta. Kaikissa standardeissa edellytetään tärkeiden lääkintätilojen liittämistä varavoimajärjestelmään. Määräykset varavoimajärjestelmään liitettävistä tiloista ja laitteista ovat pääsääntöisesti samoja. Järjestelmän toteutustavassa ja vaatimuksissa, kuten sallituissa kytkettymisajoissa ja toisella varavoimalähteellä turvatus leikkausvalaisinakuston mitoituksessa, on joitakin eroja. Suomalaisen standardin mukaiseen varavoimajärjestelmään GE on kytkettävä kaikki hoitotoimenpiteiden kannalta tärkeät sähkölaitteet. Varmennetun verkon sähkönsyöttö saa keskeytyä korkeintaan  $15$  sekunniksi. Lisäksi standardin varavoimasuosituksiset sisältävät suosituksia varavoimaan liitettävästä valaistuksesta. Standardissa luetellaan varmennettuun verkkoon liitettävät muut laitteet ja järjestelmät.

Erikoisvaravoima E1 koostuu akkukäyttöisestä vaihtosuuntaajasta, jolla syötetään potilaille elintärkeitä hoitolaitteita. Se tulee kysymykseen erittäin harvoin.

Erikoisvaravoiman E2 kytketymisaika saa olla enintään  $0,5$  sekuntia. Se on tarkoitettu erityisesti leikkausvalaisimille. Standardissa on erikoisvaravoimajärjestelmiä koskevia yleisiä ohjeita. Esimerkiksi  $3$  tuntia kestävä jatkuvalla mitoitusteholla tapahtuvan kuormituksen jälkeen kuormitus voidaan toistaa  $6$  tunnin latauksen jälkeen.

Ruotsalaisessa standardissa akuston mitoitusvaatimuksia on kevennetty. Sen mukaan leikkausvalaisimia syöttävällä akus-



Kaksi vaihtoehtoa varavoiman syöttöjärjestelmälle.

### Häiriösuojaus

Sähköasennukset saattavat aiheuttaa häiriöitä lääkintätiloissa tehtäville tutkimuksille ja mittauksille. Eri standardien käsittelevät häiriösuojauksen osalta eivät juuri eroa toisistaan. Suomalaisen standardin vaatima TN-S-järjestelmä vähentää osaltaan syntyviä häiriöitä. Tiloissa, joissa mitataan biosähköisiä ilmiöitä, on suojauduttava tilassa syntyviä ja ulkopuolelta tulevia häiriöitä vastaan, jos häiriöt voivat aiheuttaa virheitä mittauksiin. Standardissa on lueteltu toimenpiteitä sähköverkon synnyttämiä sähköisiä häiriökenttiä vastaan. Häiriöalttiin tilan johdot pitää suojata esimerkiksi yhdestä pisteestä suojamaadoitetulla metallisella kourulla. Tarvittaessa voidaan myös harkita häiriösuojatun huoneen rakentamista. Luokan II ja III sähkölaitteiden metalliset kotelot pitää liittää potentiaalintasaukseen.

Toimenpiteenä sähköverkon synnyttämiä magneettisia häiriökenttiä vastaan on riittävä etäisyys tutkimuspaikkojen ja häiriölähteiden välillä. Standardissa on mainittu magneettivuon tiheyden arvot, jotka ovat osoitautuneet riittävän alhaisiksi EKG- ja EEG-rekisteröinneissä.

Suomalaisen, ruotsalaisen, saksalaisen ja ranskalaisen standardin häiriösuojaustoimenpiteet ovat lähes samoja. Kaikissa painotetaan hyvää tilojen ja sähköasennusten sijoittelua sekä tarvittaessa erikoisrakenteita, mm. häiriösuojattuja huoneita. Esimerkiksi saksalaisessa standardissa suuritehoisten kuluttajien ja häiriöalttiiden tilojen väliseksi etäisyydeksi suositellaan

tolla pitää olla vähintään yhden tunnin käyttöaika nimelliskuormituksella, kun vanhassa standardissa edellytettiin kolmen tunnin käyttöaikaa.

Saksalaisen standardin mukaan leikkausvalaisimia syöttävä varvoimajärjestelmä on mitoitettu kolmeksi tunniksi, mutta se saa olla mitoitettu myös yhdeksi tunniksi, mikäli toinen riippumaton varvoimälähde takaa leikkausvalaistuksen toiminnan vähintään kolmeksi tunniksi. Akuston maksimilatausaika saa olla enintään kuusi tuntia. Saksalaisessa standardissa on varsin tarkat ohjeet varvoimajärjestelmän ja normaalin syöttöjärjestelmän kaapeloinnista. Vastaavia vaatimuksia ei

ole muissa standardeissa.

Japanilaisessa standardissa määritellyt varvoimajärjestelmän kytketymisajat poikkeavat jonkin verran suomalaisen standardin vaatimuksista. Yleinen varvoimajärjestelmä kytketty 40 sekunnissa. Sen tulee pystyä toimimaan ainakin 10 tuntia, kuten erikoisvarvoimajärjestelmänkin. Erikoisvarvoimajärjestelmä syöttää sähkökatkoksen aikana elintoiminnoille tärkeitä laitteita ja tärkeitä valaistusta, joissa ei sallita 10 sekuntia pitempiä katkoksia. Välittömästi kytkeytyvä varvoimajärjestelmä syöttää sähkökatkoksen aikana leikkausvalaisinta ja muita laitteita, joissa sähkökatkoksia ei sallita. Akuston pitää pystyä

toimimaan jatkuvasti 10 minuuttia ja generaattorin 10 tuntia. Japanilaisessakin standardissa toisella varvoimälähteellä turvautun akuston mitoitus on siis kevyempi kuin Suomessa.

White Bookissa esitellään kaksi tapaa varvoimajärjestelmän kytketymiselle normaalin sähkönsyötön katketessa. Kytkentäautomaatika voi olla varvoimaa tarvitsevien tilojen jakokeskuksissa tai rakennuksen pääkeskuksessa. Edellinen tapa on kalliimpi ja yleensä luotettavampi ratkaisu. Kirjassa ei kuitenkaan ole tarkempia tietoja järjestelmien käyttökokemuksista. Molempia ratkaisuja käytetään suomalaisissa sairaaloissa.

kuutta metriä. Standardeissa ei ole tavallisesti annettu suosituksia magneettivuon tiheyden arvoista muissa kuin EEG- ja EKG-rekisteröinneissä. Hollantilainen lääkintätilojen sähköasennuksia käsittelevä standardi NEN 3134 vuodelta 1986 määrittelee myös erälle muille tiloille, esimerkiksi EMG-rekisteröinnille, sallitut magneettivuon tiheyden arvot.

Tulevaisuudessa standardien vaatimuksia joudutaan luultavasti tarkentamaan häiriösuojauksen osalta. Kaikissa standardeissa ei vielä edes käsitellä aihetta.

## **Asennusten käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset**

Yksi tärkeä osa-alue lääkintätilojen sähköasennuksia koskevia standardeja verrattaessa on tiloissa suoritettaviksi määrätyt käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset. Ne ovat luonnollisesti laajempia kuin tavallisten rakennusten yhteydessä.

Suomalaisen standardin vaatimukset suoritettavista käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksista ovat varsin tiukat. Standardissa olevassa taulukossa on lueteltu tarkastukset ja mittaukset, jotka pitää suorittaa ennen käyttöönottoa ja ensimmäisen vuoden jälkeen sekä määräajoin kuukausittain, vuosittain, joka kolmas vuosi tai joka kuudes vuosi. Esimerkiksi suhteellisella mittauksella voidaan havaita vaikkapa liitoksen irtaaminen tai johtimen katkeaminen vertaamalla mittaustulosta edellisen mittauskerran tulokseen.

Ruotsalaisessa standardissa ei ole kaikkia suojausmenetelmiä. Näin ollen myös niihin kuuluvat mittaukset puuttuvat. Muitakin eroja ruotsalaisen ja suomalaisen standardin välillä löytyy. Esimerkiksi lämpökameramittaukset pitää suorittaa vähintään kerran vuodessa. Antistaattisten lattioiden resistanssi pitää mitata kerran vuodessa, kuten meilläkin aiemmin edellytettiin. Nykyisen standardin mukaan joka

kolmas vuosi riittää.

Saksalaisen standardin käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksissa ei kosketusjännitteiden mittausta käyttöryhmien 1 ja 2 tiloissa ole välttämätön rakennuksissa, joissa pääkeskuksesta lähtien käytetään TN-S-järjestelmää! Toistuvasti tehtävät tarkastukset ja mittaukset liittyvät pääasiassa varavoimajärjestelmään. Esimerkiksi suoja- tai potentiaalintasausjohtimien resistanssin tai eristysvastuksen mitausta ei saksalaisessa standardissa vaadita suoritettavaksi määräajoin. Ranskalaisessa standardissa ja IEC:n standardiluonnoksessa mainitaan vain lääkintätiloissa suoritettavat käyttöönottotarkastukset. ANSI/NFPA 99:n vaatimukset määräajoin suoritettavista tarkastuksista ovat jossain määrin tiukempia kuin suomalaisen standardin. Esimerkiksi eristystilan valvontalaitte pitää testata säätö- ja vastuksella puolen vuoden välein. Toisaalta lääkintätiloissa määräajoin suoritettavien impedanssi- ja kosketusjännitemittauksien aikavälistä ei ole vaatimuksia, ainoastaan suositus.

## **Lopuksi**

Suomalainen standardi SFS 4372 on käsitellyistä standardeista yksityiskohtaisin. Siinä ovat kaikki suojausmenetelmät, jotka ovat mukana muiden maiden standardeissa. Suomalaisen standardin sisältämät suojausmenetelmät tietyissä lääkintätiloissa ovat määräyksiä, useiden muiden standardien vaihtoehtoja ja suosituksia. Harkinnanvara suojausmenetelmän valinnassa ei meillä juuri ole.

Standardien vaatimukset varavoimajärjestelmien kytkeytymisajoista ja akuston mitoituksista poikkeavat toisistaan. Myös vaatimukset lääkintätiloissa tehtävistä määräaikaistarkastuksista ja -mittauksista ovat erilaisia. Häiriösuojauksia koskevat suositukset ja vaatimukset ovat lähes samoja standardeissa, jotka häiriösuojauksia käsittelevät. Suomalaisesta standardista aiheutuneita kuviteltu-

ja tai todellisia kustannuksia ja saatavaa hyötyä ei tiedetä. Viranomaisten tarkastuksissa esiintulleissa yksityiskohdissa lain kirjain on jäänyt ehkäpä ainoaksi ratkaisun perustaksi. Eri maiden standardien vaatimusten kirjo ja kansainvälisen standardointityön hitaus osoittavat, etteivät asiat ole niin mustavalkoisia kuin suomalainen standardi antaa olettaa. Monissa yksityiskohdissa on mahdollisuus taloudellisempiin ratkaisuihin ilman että lääkintätilojen turvallisuus heikkenee. Esimerkiksi toisella sähkölähteellä turvattu erikoisvaravoimajärjestelmä E2 vaikuttaa ylimitoitetulta muihin standardeihin nähden. Myös nykyisessä laajuudessa vaadituista määräaikaistarkastuksista saatavaa hyötyä tulisi tarkastella kriittisesti. Suomalaisen standardin jatkokehitykseen on siis edelleen tarvetta ☹

\*\*\*

*Jorma Myllymäki opiskelee Tampereen teknillisen korkeakoulun sähköosastolla.*