

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Erik Ketola

ÄLYKÄS DIGITAALINEN SAIRAALA

Tarkastajat:

Professori Jarmo Partanen
TkT Antti Pinomaa

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Erik Ketola

Älykäs Digitaalinen Sairaala

Diplomityö
2020

78 sivua, 23 kuvaa, 0 taulukkoa ja 0 liitettä

Tarkastajat: Professori Jarmo Partanen ja TkT Antti Pinomaa

Hakusanat: älykäs, digitaalinen, sairaala
Keywords: intelligent, digital, hospital

Tämän diplomityön tarkoituksena on perehtyä ja saada kuva tulevaisuuden sairaalan sähköteknisistä järjestelmistä. Työ alkaa perehtymällä Suomen nykyiseen väestönrakenteeseen, kansansairauksiin ja tulevaisuuden näkymiin näiden osalta. Tämän perusteella luodaan kuva tulevaisuuden sairaalan tilatarpeista. Näiden näkymien osalta työ lähtee pohtimaan, että millainen on älykäs sairaala ja mitä ovat älykkään sairaalan sähkötekniset järjestelmät. Kun älykäs sairaala on määritelty, käsitellään työn lopussa vielä digitaalista sairaalaa, sen määritelmää ja hyötyjä.

Suomen väestö ikääntyy voimakkaasti ja ikääntymisen takia väestöllä tavataan tulevaisuudessa kasvavissa määrin myös enemmän erinäisiä sairauksia. Tämä aiheuttaa paineita sairaanhoitopiireille. Sairaanhoitopiirien on varauduttava tulevaisuuden sairauksien hoitotarpeisiin ennakoimalla sairaalatilojen tilatarpeita.

Älykäs sairaala on terminä ollut käytössä jo jonkin aikaa. Tämä diplomityö ottaa kantaa älykkään sairaalan taloteknisiin järjestelmiin. Työssä käsitellään läpi vain osa älykkäistä taloteknisistä järjestelmistä, mutta älykkään sairaalan kannalta ne ovat tärkeimmät.

Digitaalinen sairaala on hieman uudempi käsite. Digitaalisella sairaalalla tarkoitetaan informaatioteknologista sairaalarakennusta, missä erinäiset järjestelmät toimivat yhdessä hoitohenkilökuntaa auttaen ja parantaen potilaiden hoitoa. Työssä käsitellään läpi digitaalisen sairaalan määritelmä, ominaisuudet ja hyödyt.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Degree Programme in Electrical Engineering

Erik Ketola

Intelligent Digital Hospital

Master's thesis

2020

78 pages, 23 figures, 0 tables and 0 appendices

Examiners: Professor Jarmo Partanen and D.Sc. (Tech.) Antti Pinomaa

Keywords: intelligent, digital, hospital

The main purpose of this master's thesis is to get acquainted with the electrical systems of a future hospital. This master's thesis begins with a look to Finland's current demographic, public diseases and to the future prospects for these. Based on this, this master's thesis will create a vision of the space needs of a future hospitals. With regards to these perspectives, this master's thesis begins to consider what is an intelligent hospital. Once we have defined intelligent hospital, we will take a look to a digital hospital, its definition and benefits.

The population of Finland is aging strongly, and due to aging, the population will face more and more various diseases in the future. This will put pressure on the hospital districts. Hospital districts need to prepare for future needs by anticipating hospital space needs.

The term intelligent hospital has been in use for some time. This master's thesis speaks out on the building services systems of an intelligent hospital. We will only deal with some of the intelligent building services systems, but they are also the most important systems for an intelligent hospital.

Digital hospital is a slightly more foreign concept. A digital hospital refers to a hospital building where information technology is being used between different systems to help nursing staff and improve patient care. In this master's thesis we will take a look to the definition and benefits of a digital hospital.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty sekä työelämän että opintojen yhteistuloksena. Matka maisteriopintojeni kanssa on ollut pitkä ja raskas, mutta näin lopussa, kun katsoo taaksepäin, olen erittäin onnellinen, että olen jaksanut tämän rutistuksen ja että lähdin mukaan kokeilemaan, miten onnistun yhdistämään sekä työelämän että opiskelun samanaikaisesti. Opinnot LUT-yliopistolla ovat olleet paitsi mielenkiintoisia, myös erityisen opettavaisia.

Haluan kiittää perhettäni saamastani tuesta. Erityisesti haluan kiittää rakasta tyttöystävääni Saaraa, joka jakoi tsemppata ja tukea minua vaikeina aikoina.

Haluan myös kiittää Granlund Oy:tä, joka mahdollisti minun täysipäiväisen opiskeluni ja täysipäiväisen työnteon yhdistämisen. Olen erityisen kiitollinen saamastani tuesta ja diplomityön rahoittamisesta.

Helsingissä 31.8.2020

Erik Ketola

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	3
1.1	Taustaa	3
1.2	Työn tavoitteet	3
1.3	Tutkimuskysymykset ja odotetut tulokset.....	4
2	Suomen väestön rakenne.....	6
2.1	Nykytilanne.....	6
2.2	Tulevaisuuden näkymiä	8
3	Suomen kansantaudit	10
3.1	Yleistä tietoa	10
3.2	Nykyiset kansantaudit	11
3.3	Tulevaisuuden kansantauteja	12
3.4	Kalleimmat kansantaudit	13
3.5	Kansantautien hoitotavat ja hoitomuodot	16
3.5.1	Sydän- ja verisuonitaudit.....	16
3.5.2	Diabetes.....	16
3.5.3	Astma ja allergia.....	17
3.5.4	Krooniset keuhkosairaudet.....	17
3.5.5	Syöpäsairaudet	17
3.5.6	Muistisairaudet	18
3.5.7	Tuki- ja liikuntaelin sairaudet	18
3.5.8	Mielenterveyden ongelmat.....	19
3.6	Tulevaisuuden potilas	20
4	Sairaala rakennuksena.....	21
4.1	Yleistä tietoa	21

4.2	Sairaalan käyttäjien tilatekniset tarpeet.....	24
4.3	Sairaalan teknisten tilojen vaatimukset.....	25
4.3.1	Muuntamot	25
4.3.2	Pääkeskustilat	25
4.3.3	Ryhmäkeskustilat	25
4.3.4	Varavoimajärjestelmä.....	26
4.3.5	Tele- ja turvalaitetilat	26
4.3.6	Lääkintätilat.....	26
4.4	Tulevaisuuden sairaalan tilatarpeet.....	27
5	Älykäs sairaala	32
5.1	Yleistä tietoa	32
5.2	Älykäs sähkön pääjakelujärjestelmä	33
5.3	Energian tuotantojärjestelmät	36
5.3.1	Aurinkovoima.....	36
5.4	Superkondensaattorit.....	38
5.4.1	Varasyötön sovellukset	39
5.4.2	Tehopiikkien tasauksien sovellukset.....	40
5.5	Energiavarastot	42
5.5.1	Akkuvarastot	43
5.5.2	Vauhtipyörät.....	43
5.6	Älykäs valaistus	44
5.7	Älykäs hoitajakutsujärjestelmä	46
5.8	5G-verkko	47
6	Digitaalinen sairaala.....	49
6.1	Digitaalisen sairaalan ominaisuudet.....	49
6.2	Digitaalisen sairaalan palvelut	52

6.2.1	Telecare	52
6.2.2	Etäpalvelut.....	54
6.2.3	Hoivarobotiikka.....	54
6.2.4	Virtuaalitodellisuus	56
6.3	Digitaalisen sairaalan hyödyt.....	56
6.4	Esimerkki digitaalisesta sairaalasta: Humber River Hospital	57
7	Tulevaisuuden visiot älykkäästä ja digitaalisesta sairaalasta	60
7.1	Paikantamisen järjestelmät.....	60
7.2	Sähköajoneuvojen määrän kasvu	61
7.3	Kuvantamisen laitteet.....	64
8	Yhteenveto	66

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Suomen väestö ikääntyy voimakkaasti. Väestön elinajanodotteet ovat pidentyneet yli 20 vuotta 1940-luvulta lähtien (Tilastokeskus, Väestötieteen perusteet 2020). Tämä tarkoittaa samalla myös kuolleisuuden vähenemistä. Väestön ikääntymisen seurauksena tulevaisuudessa tullaan näkemään enemmän iän mukana tulevia sairauksia. Väestön vanheneminen ja sairaudet tulevat kuormittamaan terveydenhuoltoa, jolloin myös sairaaloilta tullaan vaatimaan tulevaisuudessa enemmän niin tilojen kuin älykkäiden järjestelmienkin muodossa.

Älykäs sairaala on tätä päivää, vaikka itse käsitteenä älykäs sairaala saattaa kuulostaa hieman vieraammalta. Älykäs sairaala on erilaisten älykkäiden sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien muodostama kokonaisuus, joilla pyritään parantamaan sairaalan toimintavarmuutta niin teknisesti, kuin myös hoitotyön muodossa.

Digitaalinen sairaala on melko uusi käsite. Digitaalinen sairaala on eräänlainen informaatioteknologinen rakennus, missä eri järjestelmät kommunikoivat keskenään. Digitaalisella sairaalalla voidaan muun muassa parantaa potilaiden saamaa hoitoa, tukea hoitohenkilökuntaa potilaiden hoidossa ja tarjota potilaille parempi asiakaskokemus.

Kun sairaala on sekä älykäs että digitaalinen, saadaan kokonaisuudeksi älykäs digitaalinen sairaala. Älykäs digitaalinen sairaala on rakennus, missä yhdistyvät älykkäät järjestelmät sekä digitaaliset palvelut.

1.2 Työn tavoitteet

Tämä diplomityö on tehty Granlund Oy:lle. Työn tarkoituksena on saada aikaan visio tulevaisuuden sairaalan sähköteknisistä järjestelmistä sekä siitä, millaisia tilatarpeita tulevaisuuden sairaalat vaativat. Työn tarkoituksena on myös perehtyä digitaaliseen sairaalaan ja siihen mitä digitaalinen sairaala tarkemmin ottaen tarkoittaa, ja millainen digitaalinen sairaala on.

Työssä perehdytään aluksi Suomen nykyiseen väestörakenteeseen, nykyisiin kansansairauksiin ja tulevaisuuden näkymiin näiden osalta. Näiden pohjalta työn tarkoituksena on määrittellä tulevaisuuden sairaalaa, sen vaatimia tilatarpeita, tulevaisuuden hoitomuotoja ja selvittää, että mitkä ovat tulevaisuuden kansansairauksia. Lisäksi on tarkoitus saada selvyys, millaisia tiloja tulevaisuuden sairaaloilta vaaditaan.

Kun on saatu selvyys tulevaisuuden sairaalan tilatarpeista, perehdytään tämän jälkeen älykkääseen sairaalaan ja sen mahdollisiin eri järjestelmiin. Työssä ei käydä läpi kaikkia mahdollisia älykkäitä järjestelmiä, vaan käsiteltävät järjestelmät on valittu muun muassa sen perusteella, miten hyvin niillä saadaan tuettua sairaalan toimintaa. Kun älykäs sairaala ja sen eri järjestelmät on määritelty, siirrytään työssä käsittelemään digitaalista sairaalaa, sen tarkempaa määritelmää sekä digitaalisen sairaalan mahdollisia tulevaisuuden palveluja ja hyötyjä.

Työn päätavoitteena on saada katsaus siihen, millainen on tulevaisuuden älykäs digitaalinen sairaala ja millaisia ovat älykkään ja digitaalisen sairaalan sähkötekniset järjestelmät.

1.3 Tutkimuskysymykset ja odotetut tulokset

Työn alussa käydään läpi yhteiskunnallisia asioita. Tarkoituksena ei ole perehtyä yhteiskunnallisiin asioihin yksityiskohtaisesti, vaan käsitellä niitä pääasiassa lohkotasolla ja muodostaa kuva tulevaisuuden hoitotarpeista. Yhteiskunnallisten asioiden käsittelyn jälkeen työ siirtyy pohtimaan, millaisia hoitolatiloja tulevaisuudessa vaaditaan sairaaloilta. Lopuksi, kun yhteiskunnalliset asiat ja tulevaisuuden tilatarpeet on käsitelty, siirrytään tutkimaan tulevaisuuden, älykkään sairaalarakennuksen sähkötekniisiä järjestelmiä sekä paneudutaan näiden sähkötekniisten järjestelmien älykkääseen tekniikkaan ja siihen, miten tekniikka toimii sairaalarakennuksien eduksi. Työn lopussa käsitellään digitaalisen sairaalan käsitettä sekä tutkitaan, että mitä digitaalinen sairaala tarkoittaa. Lisäksi tutustutaan digitaalisen sairaalan tarjoamiin palveluihin sekä sen tuomiin hyötyihin.

Työn kannalta oleelliset tutkimuskysymykset voidaan rajata seuraavasti:

- Miten väestö muuttuu?
- Mitä sairauksia on tulevaisuudessa?
- Millaisia ovat tulevaisuuden hoitomuodot?
- Millaisia tiloja vaaditaan tulevaisuudessa?
- Millaisia on älykkään sairaalan sähkötekniiset järjestelmät?
- Millainen on digitaalinen sairaala?
- Millainen on älykäs digitaalinen sairaala?

Tämän diplomityön odotetaan antavan vastauksia siihen, miten sairaalatilat ja hoitomuodot muuttuvat tulevaisuudessa ja millainen on älykäs digitaalinen sairaala.

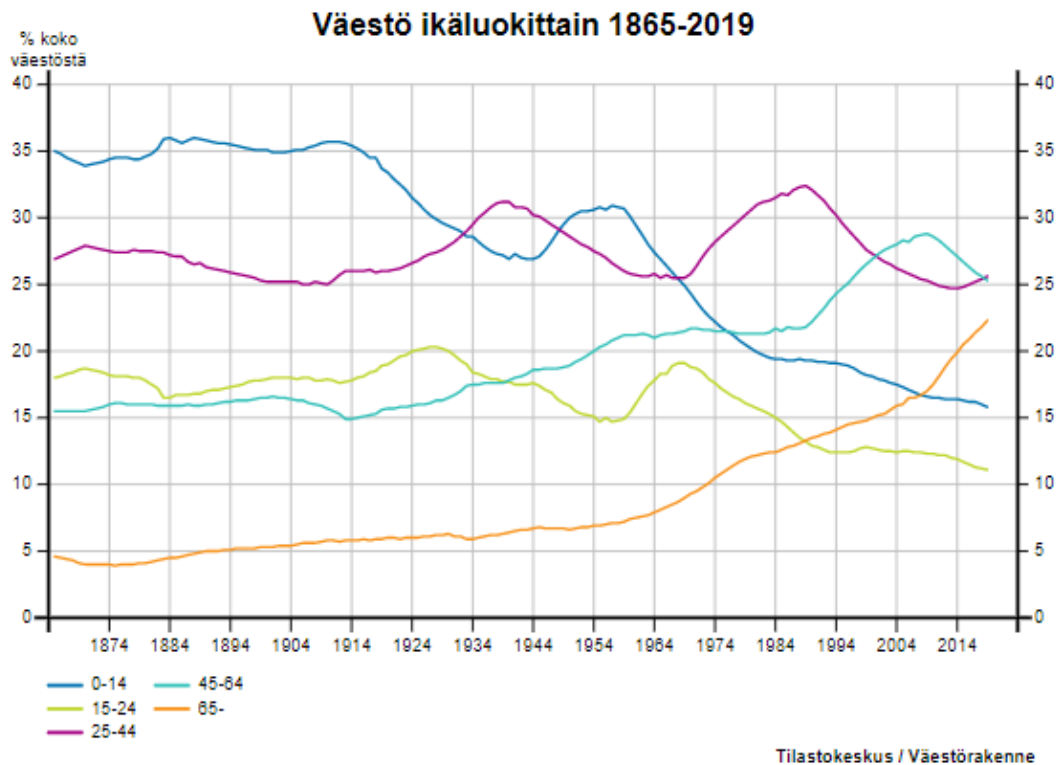
2 SUOMEN VÄESTÖN RAKENNE

Tämän luvun tarkoituksena on käsitellä yhteiskuntatieteellisesti Suomen väestön rakennetta. Luvussa käydään läpi Suomen väestön rakenteen nykytilanne sekä tarkastellaan Suomen väestön rakenteen tulevaisuuden näkymiä.

2.1 Nykytilanne

Suomen väestö koostuu Suomessa asuvista asukkaista. Väestöön kuuluvat Suomen kansalaiset ja ulkomaiden kansalaiset, jotka asuvat virallisesti Suomessa. Suomessa väkiluku on vuonna 2020 noin 5,52 miljoonaa henkilöä (Tilastokeskus, 2020). Suomi on myös yksi Euroopan harvimmin asutuista maista. Tämän lisäksi Suomen väestö on jakaantunut pitkin Suomea hyvin epätasaisesti. Suurin osa suomalaisista elää maan etelä- ja lounaisosissa. Pääkaupunkiseudulla asuu yli miljoona asukasta, kun taas Lapissa asukkaita on noin 177 155 (Tilastokeskus, 2020).

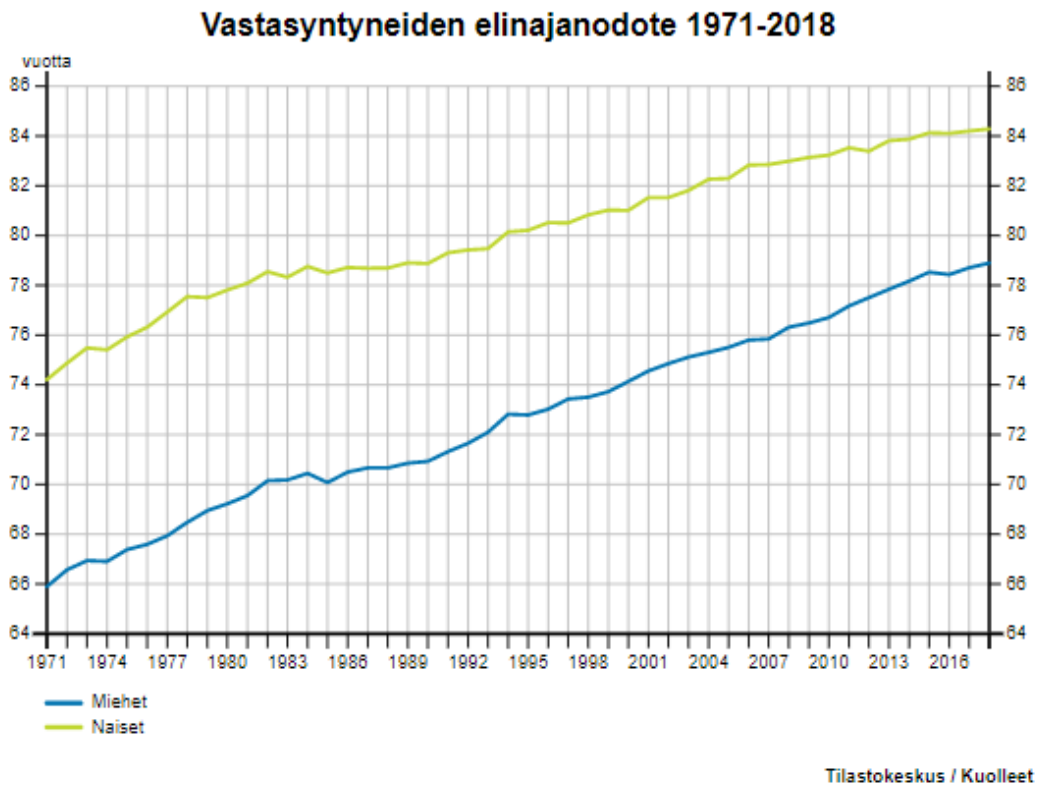
Suomen väestö ikääntyy voimakkaasti ja samalla syntyneiden määrä laskee, kuten kuvasta 1 voidaan todeta. Suomen ikärakenne on kallellaan. Suomessa väkiluku kasvaa lähinnä vieras-kielisen väestön maahanmuuton ansiosta.



Kuva 1. Suomen väestö ikäluokittain 1865 – 2019 (Findikaattori, Väestön ikärakenteen kehitys).

Kun Suomen väestö ikäännyy voimakkaasti, samalla väestön elinajanodotteet pidentyvät ja kuolleisuus laskee. Elinajanodotteella tarkoitetaan vuosien määrää, jonka verran tietyn ikäinen henkilö eläisi, jos kuolleisuus säilyy ennallaan. Suomalaisten elinajanodote on pidentynyt jopa 10 vuotta 70-luvulta ja yli 20 vuotta 40-luvulta asti. Elinajanodotteen kasvamiseen ovat vaikuttaneet mm. parantunut hygienia, kulkutautien ehkäiseminen sekä rokotteiden ja lääkkeiden kehittyminen. (Tilastokeskus, Väestötieteen perusteet 2020)

Kuvasta 2 nähdään vastasyntyneiden elinajanodote. Vastasyntyneiden poikien elinajanodote on noin 79 vuotta ja vastasyntyneiden tyttöjen elinajanodote on vastaavasti noin 84 vuotta. Vuonna 2018 sukupuolten välinen ero elinajanodotteissa oli 5,4 vuotta. Viimeisen 30 vuoden aikana vastasyntyneiden poikien elinajanodote on pidentynyt 8,2 vuodella ja tyttöjen 5,6 vuodella. (Tilastokeskus Väestötieteen perusteet, 2020)



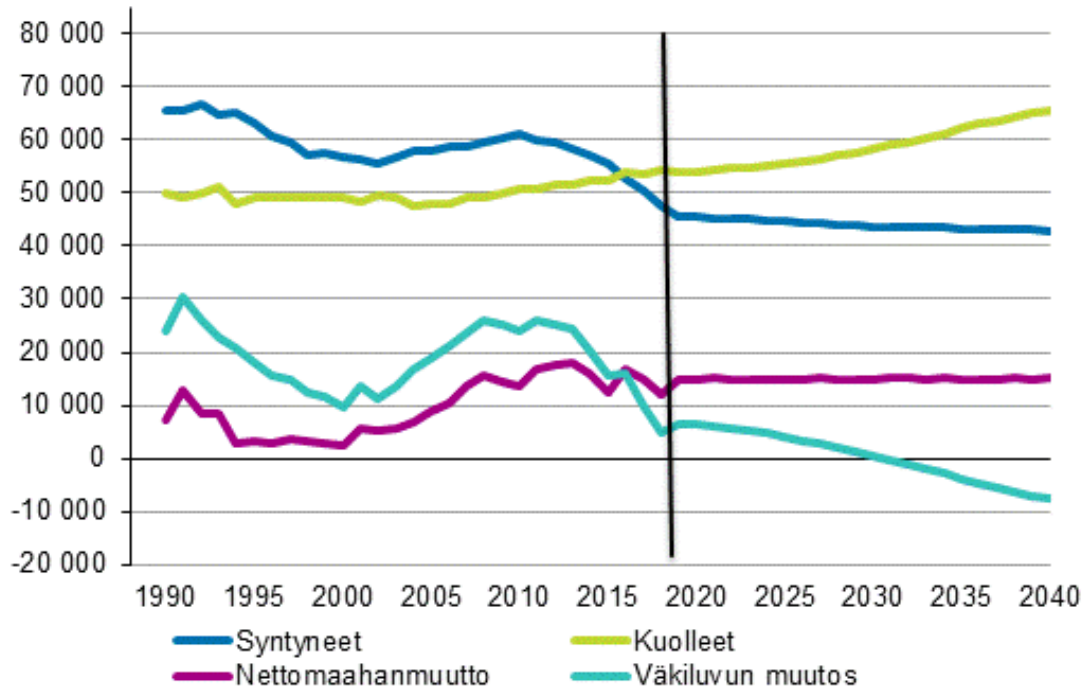
Kuva 2. Suomalaisen vastasyntyneiden elinajanodote 1971 – 2018 (Findikaattori, Elinajanodote).

2.2 Tulevaisuuden näkymiä

Tilastokeskuksen vuonna 2019 julkistaman raportin “Syntyvyyden lasku heijastuu alueiden tulevaan väestökehitykseen” mukaan Suomen väkiluku lähtee laskuun vuonna 2031, mikäli nykyinen kehitys jatkuu. Vuonna 2050 Suomen väkiluku olisi noin 100 000 henkilöä nykyistä väkilukumäärää pienempi. (Tilastokeskus, Syntyvyyden lasku heijastuu alueiden tulevaan väestökehitykseen)

Tulevaisuudessa syntyvyyden oletetaan pysyvän lähes samanlaisena eli lapsia syntyisi sama määrä, kuin vuonna 2019. Kuvasta 3 voidaan todeta, että kuolleisuuden ennustetaan jatkavan alentumistaan, eli elinajanodotteen odotetaan kasvavan entisestään. Miesten osalta elinajanodotteen odotetaan kasvavan huomattavasti yli viidellä vuodella ja naisten osalta vajaalla neljällä vuodella vuoteen 2040 mennessä. (Tilastokeskus, Syntyvyyden lasku heijastuu alueiden tulevaan väestökehitykseen)

Syntyneet, kuolleet, nettomaahanmuutto ja väkiluvun muutos 1990–2018 ja ennuste 2019–2040



Kuva 3. Syntyneet, kuolleet, nettomaahanmuutto ja väkiluvun muutos 1990-2018 ja ennuste 2019-2040 (Tilastokeskus, Syntyvyyden lasku heijastuu alueiden tulevaan väestökehitykseen).

3 SUOMEN KANSANTAUDIT

Tämän luvun tarkoituksena on käsitellä Suomen kansantauteja. Luvussa käsitellään kansantautien määritelmää ja nykyisiä kansantauteja. Nykyisten kansantautien jälkeen luvussa pohditaan ja luodaan kuva tulevaisuuden kansantaudeista. Tämän jälkeen luvussa käsitellään kansantautien hoitotapoja ja hoitomuotoja sekä kansantautien aiheuttamia kustannuksia yhteiskunnalle. Lopuksi tulevaisuuden kansantautien perusteella luodaan kuva siitä, millainen tulevaisuuden potilas tulee mahdollisesti olemaan.

3.1 Yleistä tietoa

Kansantaudeilla tarkoitetaan sairauksia, joilla on suuri merkitys koko kansanterveydelle. Kansantaudit ovat erittäin yleisiä väestössä ja ne ovat myös yleisiä kuolleisuuden aiheuttajia. Kansantaudit vaikuttavat ihmisten työkykyyn ja niiden hoitaminen vaatii runsaasti terveydenhuollon palveluita. Yksittäistä tautia ei kuitenkaan voi kutsua kansantaudiksi. Kansantaudille ei myöskään ole olemassa tarkkaa määritelmää. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

Kansantautien sairastumiseen altistavat monet eri riskitekijät. Näitä riskitekijöitä ovat esimerkiksi:

- epäterveellinen ruokavalio
- vähäinen liikunta
- tupakointi
- runsas alkoholin käyttö
- lihavuus. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

Kansantaudeilla on myös samoja riski- ja suojatekijöitä, jotka lisäävät riskiä sairastua. Esimerkiksi tupakointi lisää riskiä sairastua:

- sydän- ja verisuonisairauksiin
- keuhkosairauksiin
- muistisairauksiin
- syöpiin. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

Suuri osa sairauksista voidaan ehkäistä. Keinoja ehkäistä sairauksia ovat esimerkiksi:

- terveellinen ruokavalio
- liikunta
- tupakoimattomuus
- vähäinen alkoholinkäyttö
- lihavuuden ehkäiseminen. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

3.2 Nykyiset kansantaudit

Suomessa pysyviksi ja pitkäaikaisiksi kansantaudeiksi katsotaan:

- sydän- ja verisuonitaudit
- diabetes
- astma ja allergia
- krooniset keuhkosairaudet
- syöpäsairaudet
- muistisairaudet
- tuki- ja liikuntaelimestön sairaudet
- mielenterveyden ongelmat. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

Aikaisemmin kansantaudit ovat olleet suurin yksittäinen syy ennenaikaisiin kuolemiin. Kun taudit ovat vähentyneet, ovat erinäiset tapaturmat ja pysyvät tai pitkäaikaiset sairaudet nousseet suurimmiksi kuolleisuuden aiheuttajiksi. Tapaturmien sekä tautien aiheuttama kuolleisuus on vähentynyt viime vuosikymmeninä, ja tämän takia ihmisten keskimääräinen elinikä on pidentynyt. Koska ihmisten elinikä on pidentynyt ja väestö elää yhä vanhemmaksi, ovat muistisairaudet yleistyneet ja niistä on tullut uusi kansantauti. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

Monet eri terveystajärjestöt, kuten esimerkiksi Maailman terveystajärjestö WHO on julkaissut oman toimenpideohjelman kansantautien taltuttamiseksi. Ohjelman tavoitteena on vähentää kansantauteihin liittyvää ennen aikaista kuolemaa neljänneksellä vuoteen 2025 mennessä. Näihin tavoitteisiin pyritään esimerkiksi:

- vähentämällä alkoholin käyttöä 10 prosenttia
- lisäämällä terveystoimintaa 10 prosenttia
- vähentämällä suolan käyttöä 30 prosenttia
- vähentämällä tupakointia
- estämällä väestön lihomisen
- tehostamalla lääkehoidon vaikuttavuutta. (THL, Yleistietoa kansantaudeista)

3.3 Tulevaisuuden kansantauteja

Edellä kirjoitetun perusteella voidaan tehdä oletus, että lähitulevaisuudessa Suomessa terveydenhuoltoa rasittaa vielä samat kansantaudit, kuin ennenkin, koska kaikkia kansantauteja ei ole mahdollista saada taltutettua muutamien vuosien aikana. Tämä johtuu siitä, koska väestö elää yhä pidempään, niin myöskin sairaudet säilyvät samoina. Myös väestön ikääntyessä ikäihmisillä tavataan samoja sairauksia, jotka luokitellaan kansantaudeiksi. Esimerkiksi ikääntyvillä ihmisillä tavataan yhä enemmän muistisairauksia. Lisäksi iäkkäillä ihmisillä todetaan yhä kasvavissa määrin mielenterveydellisiä ongelmia, kuten esimerkiksi masennusta (Suomen Seniorihoiva, Vanhusten yleisimmät sairaudet).

Tulevaisuudessa tullaan toteamaan myös syöpätapauksia enemmän kuin nyt. Syöpätapausten lisääntyminen johtuu pidentyneestä elinajanodotteesta, eli ihmiset elävät pidempään. Tavallisimpien syöpien riskitekijät ehtivät vaikuttaa pidempään, ja tämän takia ne lisäävät ikääntyneiden sairastumisriskiä sairastua syöpään. (Syöpäjärjestöt, Yli 75-vuotiaiden syövät)

Kasvavien syöpätapausten ohella myös diabetesta tullaan toteamaan enemmän kuin tällä hetkellä. Diabetes on erityisesti ikäihmisten keskuudessa lisääntyvä kansantauti ja noin kaksi kolmasosaa tyypin 2 diabetekseen sairastuvista on yli 65-vuotiaita. Diabetes voi lisätä iäkkäillä ihmisillä muiden sairauksien, kuten esimerkiksi Alzheimerin taudin ja dementian riskiä. (Potilaan lääkärilehti, Iäkkäiden diabeetikoiden matalilla verensokeriarvoilla yhteys dementiariskiin)

Myös sosiaaliset ongelmat, kuten esimerkiksi päihteiden käyttö tulee kasvamaan tulevaisuudessa huomattavasti ja muodostumaan eräänlaisiksi kansantaudeiksi. Päihteiden käytöllä tarkoitetaan sekä huume että alkoholinkäyttöä. (Eeva Reissell)

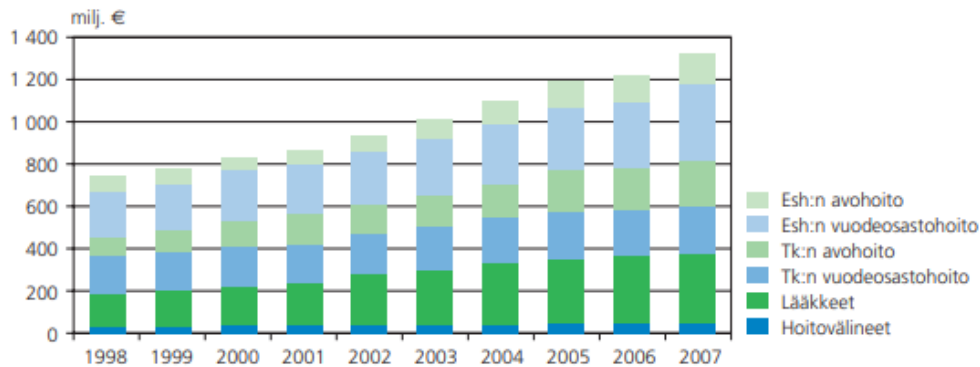
Edellä olevan pohjalta voidaan siis tehdä päätelmä, että tulevaisuudessa Suomessa tullaan toteamaan seuraavia kansantauteja lisääntyvissä määrin:

- muistisairaudet
- mielenterveyden ongelmat
- sosiaaliset ongelmat
- syöpäsairaudet
- diabetes.

3.4 Kalleimmat kansantaudit

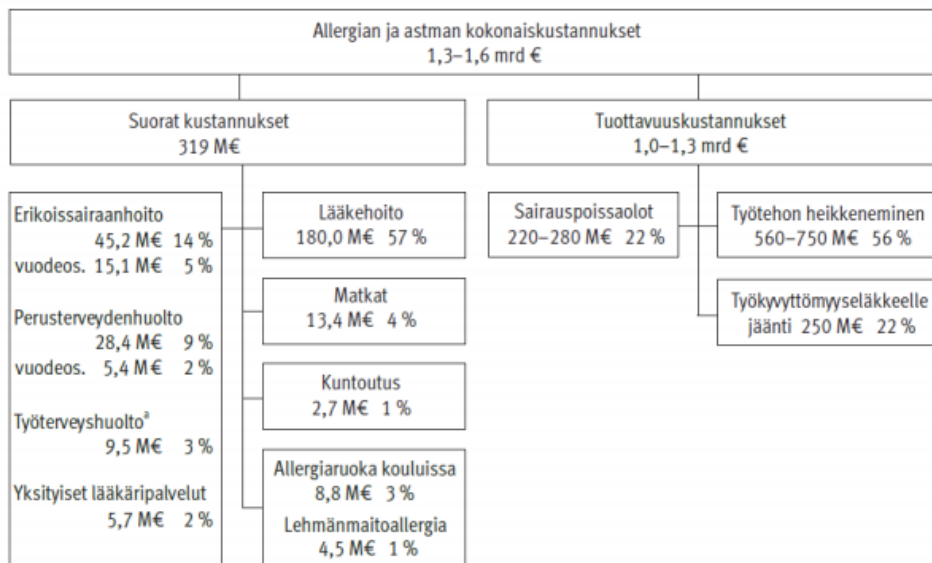
Suomessa kalleimpia kansantauteja ovat diabetes, astma ja allergia, tuki- ja liikuntaelin sairaudet, sydän- ja verisuonitaudit, muistisairaudet, mielenterveyden ongelmat sekä syöpäsairaudet. Kaikki edellä mainitut kansantaudit kuormittavat sekä terveydenhuoltojärjestelmää että aiheuttavat kustannuksia yhteiskunnalle niin suorina kustannuksia, kuin myös epäsuorina kustannuksia. Monet kansantaudit aiheuttavat kustannuksia yhteiskunnalle sairauspoissaolojen ja työkyvyttömyyden muodossa.

Suomessa diabeetikkojen sairaanhoidon kustannukset olivat noin 9 prosenttia terveydenhuollon menoista vuonna 2007. Diabeetikkojen sairaanhoidon kustannukset ovat kasvaneet vuodessa keskimäärin 6,2 %. Yhtä diabeetikkoa kohden sairaanhoidon kokonaiskustannukset voivat olla jopa 4417 euroa vuodessa. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.4)



Kuva 4. Diabeetikkojen sairaanhoidon kokonaiskustannukset 1998 – 2007 (Diabeteksen kustannukset Suomessa 1998 – 2007. Diabeteksen ehkäisyn ja hoidon kehittämisohjelma).

Allergian ja astman kokonaiskustannuksiksi on arvioitu olevan vuodessa noin 1,3 – 1,6 miljardia euroa. Nuorilla aikuisilla astman esiintyvyys on kaksinkertaistunut vuodesta 1997 vuoteen 2012. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.5)



Kuva 5. Allergian ja astman kustannukset Suomessa vuonna 2011 (Juha Jantunen, 2014).

Tuki- ja liikuntaelin sairaudet aiheuttavat Suomen yhteiskunnalle vuosittain jopa 3 - 4 miljardin euron kustannukset. Tuki- ja liikuntaelin sairaudet ovat suurin työpoissaolojen aiheuttaja. Sairauksien kokonaiskustannuksien arviointi on hankalaa, sillä kaikkia kustannuksia on vaikea arvioida tai kaikkia kustannuksia ei ole tiedossa. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.6)

Sydän- ja verisuonisairaudet aiheuttavat yhteiskunnalle vuodessa arviolta n. 918 miljoonan euron kustannukset. Näiden sairauksien hoito on kuitenkin kustannusvaikuttavaa, eli toisin sanoen yhteiskunnan kannattaa tukea tutkimusta ja hoitoa, koska suurin osa sydän- ja verisuonisairauksien potilaista toipuu ja pääsee palaamaan takaisin työelämään. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.7)

Muistisairaudet aiheuttavat enemmän kustannuksia kuin sydän- ja verisuonisairaudet sekä syöpäsairaudet yhteensä. Yhden muistisairaahan potilaan hoidon kustannukset Suomessa ovat keskimäärin noin 23600 euroa vuodessa. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.9)

Mielenterveyden ongelmat aiheuttavat vuodessa noin 877 miljoonan euron kokonaiskustannukset valtiolle, kunnille ja yrityksille. Nämä kustannukset tulevat pelkästään sairauspoissaolopäivistä. Mielenterveyden kokonaiskustannuksia on vaikea arvioida, sillä osalla mielenterveyden ongelmat voivat olla lyhytaikaisia ja toisilla pitkäaikaisia. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.10)

Syöpäsairauksien kokonaiskustannuksiksi on arvioitu vuodelle 2020 olevan noin 1,5 miljardia euroa. Yhden syöpäpotilaan hoidon kustannukset ovat noin 30000 euroa vuodessa. Kustannuksia nostaa muun muassa syövän hoitomuotojen yhdistelmät, eli leikkaushoidot, lääkehoidot ja sädehoidot. (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.11)

Milj euroa	2004	2015	2020
Vuodeosastohoito	239,8	334,1	420
Avohoito	105,7	302,2	461
Lääkkeet	60,2	260,3	419
Tuottavuuskustannukset	118,4	147,0	179
Kuntoutus	4,0	6,8	10
Seulonta	10,4	19,1	26
YHTEENSÄ	528,0	1 082,8	1506

Kuva 6. Syöpähoitojen kustannukset (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.11).

3.5 Kansantautien hoitotavat ja hoitomuodot

3.5.1 Sydän- ja verisuonitaudit

Sydän- ja verisuonitautien hoitamisessa ja ehkäisyssä käytetään pääsääntöisesti terveellisiä elintapoja. Sydän- ja verisuonitautien yleisin hoitomuoto on lääkehoito. Lääkehoidolla pyritään estämään taudin eteneminen sekä helpottamaan potilaan oireita. Lääkehoidon lisäksi sydän- ja verisuonitauteja hoidetaan muun muassa katetri ja leikkaushoidolla. Näiden hoitomuotojen lisäksi on olemassa myös niin sanottu tahdistinhoito, jolla voidaan auttaa rytmihäiriö- ja sydämen vajaatoimintapotilaita. (THL, Sydän- ja verisuonitautien hoito)

3.5.2 Diabetes

Sydän- ja verisuonitautien tapaan myös diabetesta hoidetaan sekä lääkkeillä että terveellisillä elintavoilla. Diabetes on etenevä sairaus, joka etenee jokaisella potilaalla yksilöllisesti. Diabeteksen lääkehoidossa käytetään sekä pistettäviä että tablettimuotoisia lääkkeitä. Insuliinipuutosdiabeteksessa insuliini on tärkein lääke, mutta muissa diabetestyypeistä sitä ei yleensä käytetä. (Mehiläinen, Diabetes)

3.5.3 Astma ja allergia

Astman hoidossa ensisijaisena hoitomuotona on astmatulehdusta hoitava lääkehoito, jota käytetään säännöllisesti päivittäin. Tämän lisäksi käytössä on tarvittaessa otettava lyhyt vaikutteinen lääke, joka avaa hetkellisesti keuhkoputkia (Allergia, Astman hoito). Allergian hoitomuotoina käytetään yleensä siedätyshoitoja. Siedätyshoidon tarkoituksena on totuttaa kehon immuunipuolustus allergisoivaan aineeseen ja täten päästä allergiasta eroon tai helpottaa allergian oireita (Ihosairaala, Allergian hoito).

3.5.4 Krooniset keuhkosairaudet

Keuhkosairauksien hoidossa käytetään ensisijaisesti lääkehoitoa. Lääkehoidolla ei kuitenkaan pystytä parantamaan sairautta, vaan sen tavoitteena on vähentää oireita ja hidastaa taudin etenemistä. Lääkehoidon lisäksi hoitona käytetään myös happihoitoa. Happihoitoa käytetään korjaamaan elimistön hapenpuutetta. Mikäli keuhkosairaus on edennyt pitkälle, voidaan harkita keuhkonsiirtoa. (Hengityслиito, Harvinaisen keuhkosairauden hoito)

3.5.5 Syöpäsairaudet

Koska eri syövät käyttäytyvät toisistaan täysin poikkeavasti ja samasta elimestä lähtöisin olevat syövät käyttäytyvät kunkin potilaan kohdalla yksilöllisesti, vaihtelevat syöpäsairauksien hoitomuodot ja hoitomuotojen yhdistelmät tautikohtaisesti ja tapauskohtaisesti. Syöpätautien hoitomuodot voidaan luokitella neljään eri ryhmään, jotka ovat:

- leikkaushoito
- sädehoito
- lääkehoidot
- isotyypihoidot. (HUS, Syövän hoito)



Kuva 7. Syöpähoidossa käytettävä lineaarikiihdytin (Staten Island Radiation Oncology, RapidArc Volumetric Arc Therapy).

3.5.6 Muistisairaudet

Muistisairauksiin ei ole olemassa parantavaa hoitoa. Muistisairauksia hoidetaan pääsääntöisesti lääkehoidolla, joka lievittää oireita ja hidastaa taudin etenemistä. Toisena hoitomuotona muistisairauksiin toimii niin sanottu lääkkeetön hoito, jossa pyritään tunnistamaan oireita laukaisevat tekijät, ja tällä tavoin pyrkiä estämään tilanteita, joissa laukaisutekijöitä esiintyy. (Muistiliitto, Hoito- ja kuntoutus)

3.5.7 Tuki- ja liikuntaelin sairaudet

Tuki- ja liikuntaelin sairauksien pääasiallisena hoitomuotona käytetään ennakoivaa ehkäisyä. Ennakoivaa ehkäisyä on esimerkiksi liikunnan harrastaminen sekä hyvä työergonomia. Toisena hoitomuotona tuki- ja liikuntaelin sairauksissa on lääkehoito, jolla pyritään lievittämään potilaan kipuja. Vaikeimmat sairaudet joudutaan hoitamaan leikkaushoidolla. Yleisiä leikkauksia ovat esimerkiksi tekonivelet, polven nivelkierukan korjaukset, reumanivelten leikkaukset ja selkäleikkaukset. (Suomen Reumaliitto Ry, Tuki- ja liikuntaelinsairaudet)

3.5.8 Mielen terveyden ongelmat

Mielen terveyden ongelmien hoidossa käytetään eri hoitojen yhdistelmiä. Hoitomuotoja ovat:

- biologiset hoidot
- psykososiaaliset hoidot
- psykoterapia. (Mielen terveystalo, Hoitomuotoja)

Biologisiksi hoidoiksi kutsutaan hoitoja, joilla pystytään vaikuttamaan potilaan elimistöön. Eri-
laisia biologisia hoitomuotoja ovat esimerkiksi lääkehoidot, kirkasvalohoidot, aivojen magneet-
tisimulointi sekä aivojen sähköhoito (Mielen terveystalo, Hoitomuotoja).

Psykososiaalisiksi hoidoiksi kutsutaan hoitoja, joilla tuetaan potilasta pääsemään yli haasteista
eli pitämään yllä hyvää mielen terveyttä. Psykososiaalisia hoitomuotoja ovat esimerkiksi psy-
koedukaatio, erilaiset perheinterventiot, ryhmä interventiot, luovat interventiot, arkielämän tai-
tojen ja sosiaalisten taitojen harjoittelu sekä kognitiiviset kuntoutusohjelmat. Hoitomuodoissa
hyödynnetään muun muassa toimintaterapiaa, taideterapiaa, kirjallisuusterapiaa ja musiikkite-
rapiaa. (Mielen terveystalo, Hoitomuotoja)

Psykoterapiaksi kutsutaan hoitoa, jossa potilasta hoidetaan keskustelemalla. Apua tarvitseva
potilas ja auttaja käsittelevät vaikeita asioita ja niistä seuranneita henkisiä hankaluuksia keskus-
telemalla. Psykoterapiassa auttava henkilö voi olla esimerkiksi psykoterapeutti, psykologi, psy-
kiatri tai psykiatrinen sairaanhoitaja. (Mielen terveystalo, Hoitomuotoja)

3.6 Tulevaisuuden potilas

Tämän kappaleen tarkoituksena on luoda edellä selvitetyn perusteella visio tulevaisuuden potilaasta, sekä siitä, minkälaisia sairauksia tulevaisuuden potilaalla todennäköisesti on. Kappale on kirjoitettu pitkälti nojautuen omiin päätelmiin, jotka pohjautuvat aiemmissa kappaleissa selvitettyihin asioihin.

Tyypillinen potilas tulevaisuudessa on iäkäs, johtuen elinajanodotteen pidentymisestä. Elinajanodotteen oletetaan kasvavan miehillä yli viidellä vuodella ja naisilla noin neljällä vuodella.

Ikääntymisen myötä ihmisen syöpäriski kasvaa merkittävästi. Ikääntymisen myötä ilmenee paljon esimerkiksi paksusuolisyöpiä, rintasyöpiä ja eturauhassyöpiä. On kuitenkin todennäköistä, että potilaiden mahdollisuudet selviytyä syövästä kasvavat huomattavasti, johtuen paremmista hoidoista ja hoitomuotojen kehittymisestä (Potilaan lääkirilehti, tulevaisuuden potilas).

Vaikka tulevaisuudessa ihmisten fyysinen terveys paraneekin, tullaan tulevaisuudessa toteamaan yhä kasvavissa määrin mielenterveydellisiä ongelmia. Tyypillinen mielenterveydellinen ongelma on esimerkiksi masennus. Mielenterveysongelmien lisäksi tulevaisuudessa potilailla tavataan entistä enemmän muistisairauksia, kuten esimerkiksi Alzheimerin tautia (Potilaan lääkirilehti, tulevaisuuden potilas).

Tupakoimattomuus on yksi tulevaisuuden trendeistä. Toinen trendi on liikunta sekä terveelliset elämäntavat. Ihmiset syövät terveellisesti ja harrastavat enemmän liikuntaa. (Potilaan lääkirilehti, tulevaisuuden potilas). Voidaankin siis toteaa, että tulevaisuuden potilas on iäkäs, mutta fyysisesti paremmassa kunnossa.

Vaikka tupakoimattomuus on tulevaisuuden trendi, tullaan tulevaisuudessa toteamaan potilailla entistä enemmän sosiaalisia ongelmia, kuten esimerkiksi alkoholismia ja muiden päihdeaineiden käyttöä (Eeva Reissell).

4 SAIRAALA RAKENNUKSENA

Tämän luvun tarkoituksena on kertoa, millainen rakennus sairaala on ja mitä eri toimintayksiköitä sairaaloissa voi olla. Luvussa käsitellään sairaalan tilateknisiä vaatimuksia eri käyttäjäryhmille ja sairaalan teknisten tilojen vaatimuksia. Näiden tietojen, ja luvussa 3 käsiteltyjen asioiden perusteella luvun lopussa muodostetaan kuva tulevaisuuden sairaalarakennuksen tilatarpeista.

4.1 Yleistä tietoa

Sairaala on rakennus, missä hoidetaan ja annetaan potilaille lääketieteellistä hoitoa. Sairaalassa työskentelee terveydenhuoltoalan ammattihenkilöitä kuten esimerkiksi lääkäreitä, sairaanhoitajia, fysioterapeutteja ja psykologeja. Näiden lisäksi sairaaloissa työskentelee myös muita ammattihenkilöitä, kuten sairaalainsinöörejä, laborantteja, välinehuoltajia ja teknikoita.

Sairaaloissa on eri toimintayksiköitä, joissa hoidetaan eri sairauksia. Toimintayksiköitä ovat muun muassa päivystysalue, vuodeosasto, leikkausosasto, poliklinikka, teho-osasto, synnytysosasto, kuvantamisyksikkö ja laboratorio.

Päivystysalue on toimintayksikkö, minne saapuvat lääketieteellisen arvion mukaan kaikista kiireellisintä hoitoa tarvitsevat henkilöt. Esimerkiksi ensihoitopalvelut toimittavat sairaalan päivystyspoliklinikalle äkillisesti sairastuneet.

Vuodeosastolla hoidetaan potilaita, jotka joutuvat jäämään sairaalaan hoidettaviksi. Vuodeosastolle otetaan potilaita esimerkiksi leikkauksien jälkeen. Isoimmista sairaaloista vuodeosastot on voitu jakaa erikoisalojen mukaisesti esimerkiksi kirurgiseen ja keuhkotautien osastoihin.

Leikkausosastolla tarkoitetaan sairaalan leikkaussalien muodostamaa osastoa. Leikkausosasto sisältää myös yleensä heräämön. Poliklinikalla tarkoitetaan sairaalan yhteydessä toimivaa lääkärin tai sairaanhoitajan vastaanottoa.

Teho-osasto on sairaalan toimintayksikkö, missä hoidetaan potilaita, joilla on henkeä uhkaava sairaus. Synnytysosastolla hoidetaan synnytykset sekä niihin liittyvät toimenpiteet.

Kuvantamisyksikö on sairaalan toimintayksikkö, joka vastaa sairaalan tarvitsemista röntgentutkimuksista sekä muista kuvantamistutkimuksista. Laboratoriossa tehdään sairaalan tarvitsemat laboratoriotutkimukset.

Sairaaloissa on myös usein muita yksiköitä, riippuen siitä minkä kokoinen sairaala on. Lisäksi tietyissä sairaaloissa voi olla omaan erikoistumiseen liittyviä yksiköitä. Esimerkiksi syöpä-, dialyysi- ja sydänyksiköt ovat toimintayksiköitä, jotka toimivat yleensä vain yliopistollisten sairaaloiden yhteydessä. Yliopistollisia sairaaloita ovat suurimmat ja erikoistuneimmat sairaalat. Yliopistollisten sairaaloiden yhteydessä toimii kaupungin yliopiston lääketieteellinen tiedekunta ja niissä annetaan opetusta lääketieteen ja hoitotyön opiskelijoille. Yliopistollisissa sairaaloissa ovat yleensä edustettuina lähes kaikki lääketieteelliset alat. (HUS-Opaste)

Meilahden sairaala-alueen kartta | HUS Helsingin yliopistollinen sairaala



1 Meilahden tornisairaala	9 Naistenklinikka	22 Biomedicum Helsinki 2
2 Syöpätautien klinikka	11 Silmä-korvasairaala	25 Haartman-instituutti
3 Meilahden kolmiosairaala	12 Haartmanin sairaala	26 Haartmaninkatu 1
4 Siltasairaalan työmaa-alue	13 Turvakeskus	27 HUSLAB Tullinpuomin laboratorio
5 Hallintokeskus	14 Terkko Health Hub	28 Potilashotelli
6 Uusi lastensairaala	16 Tukholmankatu 8 F	31 Iho- ja allergiasairaala
7 Palvelukeskus	17 Puistosairaala	31 Sukupuolitautilien poliklinikka
8 Kiinteistöhuolto	20 Voimakeskus	32 Fokus
	21 Biomedicum Helsinki 1	33 Gradus

Kuva 8. Esimerkki sairaala-alueesta ja sen eri toiminnoista. Kuvassa Meilahden sairaala-alue (HUS-opaste).

Yllä olevan kuvan Meilahden sairaala-alue muodostaa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin suurimman sairaala-alueen. Meilahden alueella toimii Meilahden tornisairaala, Meilahden kolmiosairaala, syöpätautien klinikka, Silmä-korvasairaala, Uusi lastensairaala, Lastenlinna, Naistenklinikka, Psykiatrian poliklinikat sekä Haartmanin sairaala. Lisäksi alueella toimii HUS:n hallinnollisia rakennuksia, kuten hallintokeskus, materiaalikeskus, palvelukeskus sekä näiden lisäksi voimakeskus. Tulevaisuudessa Meilahden sairaala-alueelle valmistuu vielä Siltasairaala. Siltasairaala korvaa Töölön sairaalan sekä osan Syöpätautien klinikasta. (HUS-opaste)

4.2 Sairaalan käyttäjien tilatekniset tarpeet

Sairaalatiiloille on asetettu tilateknisiä vaatimuksia esimerkiksi esteettömyyden suhteen. Kaikkien sairaalatiilojen tulee olla liikkumis-toimimis- ja suunnistamisesteiselle tai rajoitteiselle käyttäjille soveltuvia. Kaikille käyttäjille pitää olla esteetön kulku sairaalatiiloissa, etenkin kun käyttäjinä voi olla ikääntyneitä, raskaana olevia, näkövammaisia tai liikuntaesteisiä. (Sari Matikka-Tulonen, Viihtyisä Potilashuone)

Näkövammaisten turvallinen liikkuminen sairaalatiiloissa edellyttää tiloilta hyvää hahmotettavuutta. Lisäksi opasteet tulee olla helposti havaittavissa ja niiden tulee olla helposti luettavia. Sairaalatiilojen akustiikan tulee olla hyvä, koska näkökykyä korvataan usein kuulon avulla. Sairaalatiiloissa on tärkeää olla hyvä, riittävä ja häikäisemätön valaistus, jotta sillä pystytään antamaan riittävä apu heikkonäköisille ja kuulovammaisille. Kuulovammaiset tarvitsevat myös akustisesti meluttoman ja kaiuttoman ympäristön. Sairaaloiden sisäilman tulee olla savuton ja pölytön ja rakennusosien, kalusteiden ja varusteiden tulee olla allergiareaktioita aiheuttamattomia, jotta allergikot pystyvät olemaan sairaaloissa ilman, että he saavat allergisia reaktioita. (Sari Matikka-Tulonen, Viihtyisä Potilashuone)

Myös sairaalan hoitohenkilökunnan tilat vaativat erilaisia tilateknisiä ratkaisuja. Joka päivä vähintään neljä sairaalan hoitohenkilökunnan työntekijää joutuu työpaikoillaan väkivallan kohteeksi. Tämä on johtanut siihen, että hoitohenkilökunnan hoitotiloihin tarvitaan pakoreittejä, joista lääkärit ja hoitajat voivat paeta uhkaavissa tilanteissa. Pakoreittien lisäksi suositellaan, että sairaalan odotusauloista tehdään väljiä ja valoisia. Lisäksi muun muassa mahdollisille häiriköille tulisi olla omat tilat, jolloin muut potilaat ja hoitohenkilökunta eivät joutuisi kärsimään heistä.

Hoitohenkilökunta voi suojautua uhkaavilta tilanteista myös erilaisten turvajärjestelmien avulla. Esimerkiksi monen sairaalan turvajärjestelmiin kuuluu henkilökunnan henkilöturvajärjestelmä. Sairaaloiden hoitohenkilökunta kantaa mukanaan langatonta turvapainiketta, mitä painamalla henkilöturvajärjestelmään menee hälytys. Hälytys kertoo painiketta painaneen henkilön sijainnin. Tämän perusteella muu henkilökunta sekä vartijat osaavat mennä auttamaan hälytyksen tehnyttä henkilöä.

4.3 Sairaalan teknisten tilojen vaatimukset

4.3.1 Muuntamot

Muuntamotilan tulee täyttää ympäristöministeriön asetus E1/2011 ”Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011”. Vaatimus perustuu muuntamotilassa olevien palavien aineiden ja rakenteiden palokuorman suuruuteen. Muuntamotila on rakennettava omaksi palo-osastoksi, jollei käytetä luokan F1 tai F2 kuivamuuntajia. (ST-käsikirja 35) Myös verkonhaltijoilla on vaatimuksia muuntamotiloille. Esimerkiksi verkonhaltijalla täytyy olla pääsy rakennuksen muuntamotilaan mahdollisten häiriöiden selvittämiseksi, vaikka itse rakennus olisikin yöaikaan suljettu.

4.3.2 Pääkeskustilat

Rakennuksen pääkeskus tulee aina sijoittaa tekniseen tai erilliseen tilaan. Pääkeskustila tulee pyrkiä sijoittamaan rakennuksen muuntamon viereen siten, että sen etäisyys muuntajasta on mahdollisimman lyhyt. Lyhyellä etäisyydellä pyritään estämään muun muassa sähkömagneettiset häiriöt. Tämän lisäksi lyhyellä etäisyydellä muuntajasta kiskosillan/suurvirtajärjestelmän pituus saadaan minimoitua. (ST-käsikirja 35)

4.3.3 Ryhmäkeskustilat

Ryhmäkeskustiloille ei ole olemassa mitään erityisiä standardien asettamia vaatimuksia. Ryhmäkeskuksille on hyvä olla esimerkiksi omat, lukitut komerot, joilla estetään maallikoiden pääsy sähkökeskuksien luo. Ryhmäkeskukset on hyvä sijoittaa päällekkäin kaapelikuilujen yhteyteen. (ST-käsikirja 35)

4.3.4 Varavoimajärjestelmä

Varavoimalaitos tulee sijoittaa rakennukseen siten, että seuraavat vaatimukset täyttyvät:

1. Kuljetusreitti. Reitti ja haalausaukot täytyy mitoittaa siten, että varavoimakoneikko saadaan kuljetettua määrätulle paikalleen kokonaisuena.
2. Asennuksen helppous. Varavoimalaitoksen sijoitus rakennuksessa tulee huomioida jäähdytysilman sisään- ja ulosvirtauksen sekä pakoputken ja koneikon sisään kuljetuksen kannalta.
3. Liittyminen kiinteistön sähköverkkoon. Varavoimalaitos tulee sijoittaa lähelle rakennuksen pääkeskusta. Tällä tavalla varmistetaan, että kiinteistön sähköverkko saa syötönsä sekä normaali- että varavoimatilanteessa.
4. Häiritsevyys. Varavoimalaitoksen synnyttämä melu, lämpö, värinä ja pakokaasu eivät saa häiritä rakennuksen muita toimintoja.
5. Mahdollinen laajennusvara tulee ottaa huomioon. (ST-käsikirja 35)

4.3.5 Tele- ja turvalaitetilat

Tele- ja turvalaitetiloille ei ole olemassa standardien määrittelemiä vaatimuksia. Tele- ja turvalaitteet ovat yleensä kriittisiä laitteita, jolloin niiden sähkönsyöttö täytyy olla varmennettu. Lisäksi ne tuottavat lämpökuormaa paljon enemmän verrattuna sähkökeskustiloihin, minkä takia tele- ja turvalaitetilat täytyy olla varustettuja tehokkailla jäähdytinlaitteilla.

4.3.6 Lääkintätilat

Sairaaloissa lääkintätilat jaetaan ryhmän 1 (G1) ja ryhmän 2 (G2) lääkintätiloihin. Ryhmän G1 lääkintätila on tila, jossa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta välitöntä vaaraa potilaalle, ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää ihon ulkopuolisesti. Ryhmän G2

lääkintätila on tila, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia on tarkoitus käyttää sydänläheisiin toimintoihin tai leikkaussalikäyttöön, jossa sähkönsyötön keskeytys voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle. (SFS 6000-7-710:2017) Esimerkiksi lääkärin vastaanottohuoneet ovat yleensä ryhmän G1 tiloja ja leikkaussalit ja heräämöt ovat ryhmän G2 tiloja.

Ryhmän G1 lääkintätilojen sähköryhmät suojataan vikavirtasuojakytkimillä sekä lisäpotentiaalintasauksella. Ryhmän G2 lääkintätilojen sähkönjakelussa käytetään IT-järjestelmää, ja siihen liittyvää eristystason ja suojaerotusmuuntajan valvontajärjestelmiä.

4.4 Tulevaisuuden sairaalan tilatarpeet

Luvussa 3.5 esitettyjen kansantautien hoitomuotojen perusteella voidaan tehdä olettamus, että tulevaisuudessa kansansairauksien hoitomuodot ja hoitotavat jatkuvat pääsääntöisesti samantlaisina, eikä niihin ole tulossa muutoksia. Suomen väestön ikääntyessä ja elinajanodotteen kasvessa tiettyjä sairauksia tullaan tapaamaan tulevaisuudessa enemmän. Näitä sairauksia ovat esimerkiksi:

- muistisairaudet
- mielenterveyden ongelmat
- sosiaaliset ongelmat
- syöpäsairaudet
- diabetes.

Yllä olevien sairauksien lisäksi tulevaisuudessa tarvitaan enemmän tiloja vanhusten hoitamista varten.

Muistisairauksien hoitamista varten itse sairaalatiloihin ei tarvita muutoksia, sillä muistisairauksia hoidetaan pääsääntöisesti lääkehoidoilla. Muistisairauksia varten tulevaisuudessa tullaan panostamaan entistä enemmän etävastaanottoon tai muihin älykkäisiin ratkaisuihin, joilla potilas voi tarvittaessa olla yhteydessä omaan lääkäriin tai hoitajaan.

Mielenterveyden ongelmia varten sairaalatiilojen kapasiteettia tulee tulevaisuudessa kasvattaa. Mielenterveydellisiin ongelmiin sairastuu tulevaisuudessa joka viides suomalainen, joista yli puolella sairaus voi jäädä krooniseksi (Jyväskylän yliopisto, Kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, s.10). Mielenterveydellisistä ongelmista kärsiviä potilaita voidaan tarvittaessa ottaa osastolle, mikä johtaa muun muassa siihen, että tulevaisuudessa on tarvetta omille, yhden hengen potilashuoneille, eli tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan nykyistä enemmän sairaalan vuodeosastoja.

Sosiaalisten ongelmien määrä tulee tulevaisuudessa kasvamaan suuresti. Väestön ikääntymisen myötä myös alkoholin kulutus lisääntyy väestössä. Sosiaaliset ongelmat tulevat kuormittamaan sairaaloita ja erityisesti päivystyksiä. (Eeva Reissell) Tämä kasvattaa tulevaisuudessa esimerkiksi perusterveydenhuollon palveluja, kuten esimerkiksi terveyskeskuksien tarvetta.

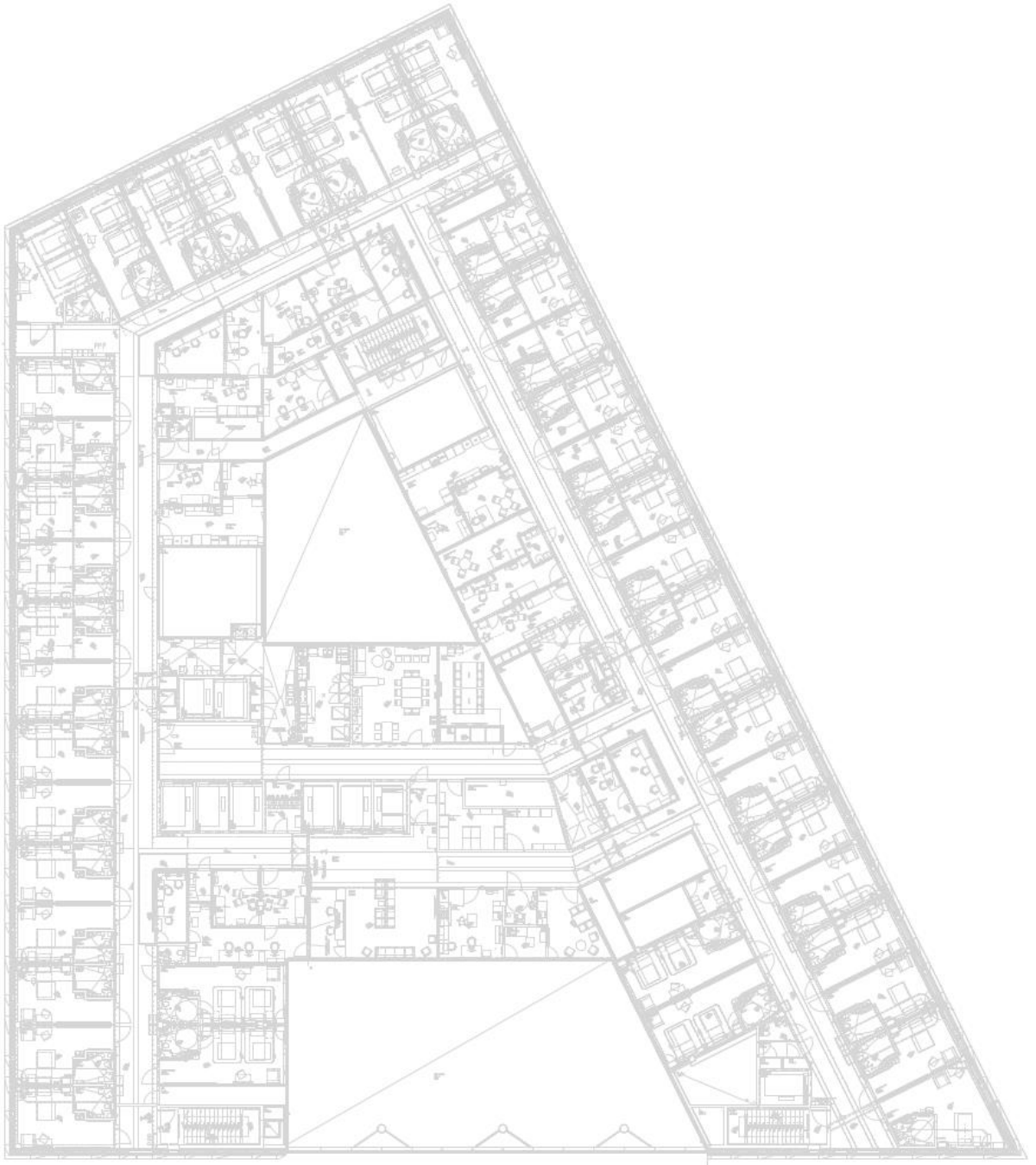
Syöpäsairauksien määrä tulee tulevaisuudessa kasvamaan suuresti, johtuen muun muassa väestön vanhenemisen seurauksena. Syöpäsairauksien hoitomuodot säilyvät ennallaan, eli hoitomuoto riippuu täysin syöpätyypistä. Syöpäsairauksien aiheuttamat vaikutukset sairaaloille ovat selvät. Tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan enemmän tiloja syöpähoitoja varten. Näitä tiloja ovat muun muassa kuvantamistilat ja vuodeosastot. Esimerkiksi HUS on rakennettumassa Meilahden sairaala-alueelle uutta syöpäosastoa Siltasairaalan yhteyteen.

Diabetesta tullaan toteamaan tulevaisuudessa enemmän. Diabetes ei kuitenkaan aiheuta sairaaloiden tiloille muutoksia, koska diabetesta hoidetaan pääsääntöisesti lääkehoidolla. Lääkehoito tapahtuu omatoimisesti. Diabeteksen hoitoa varten tulevaisuudessa tullaan panostamaan entistä enemmän etävastaanottoon tai muihin älykkäisiin ratkaisuihin, joilla potilas voi tarvittaessa olla yhteydessä omaan lääkäriin tai hoitajaan.

Vanhusten määrä tulee kasvamaan tulevaisuudessa voimakkaasti johtuen elinajanodotteen kasvusta. Vanhusten hoito tulee kuormittamaan Suomen sairaaloita, sillä vanhuksilla todetaan muuhun väestöön verrattuna enemmän ikääntymiseen liittyviä sairauksia, joita ovat esimerkiksi diabetes, syöpäsairaudet, muistisairaudet sekä mielenterveydelliset ongelmat. Vanhusten hoitoa

varten sairaaloilta tarvitaan tulevaisuudessa älykkäitä hoitoratkaisuja, kuten esimerkiksi etävas-
taanottoja. Vanhusten määrän kasvu sekä iän mukana tulevien sairauksien takia sairaaloilta tul-
laan vaatimaan entistä enemmän vuodeosastopaikkoja sekä kuntouttavia palveluita.

Niin sanottuja kuumia sairaaloita, joissa on leikkausosastot, tehohoito-osastot, synnytysosastot
ja muut raskasta infrastruktuuria vaativat osastot, tullaan tulevaisuudessa tarvitsemaan aikai-
sempaa vähemmän. Sen sijaan painopiste tulee tulevaisuudessa siirtymään entistä enemmän
perusterveydenhuollon palveluihin. Esimerkiksi pieniä ja mobiileita terveydenhuoltoyksiköitä
tullaan tarvitsemaan tulevaisuudessa entistä enemmän.



Kuva 9. Pohjakuva modernin sairaalan vuodeosastokerroksesta, jossa enemmistö potilashuoneista on yhden hengen huoneita (Team Integrated, HUS Siltasairaala).

Myös uuden koronaviruksen (COVID-19) kaltaiset helposti leviävät virustaudit tulevat vaati-
maan sairaaloilta tulevaisuudessa enemmän varautumista äkillisten potilasmäärien kasvuun.
Uusi koronavirus on kuormittanut sairaaloiden tehohoitopaikkoja erittäin paljon ja useissa eri
maissa on ollut tilanteita, joissa sairaaloiden kaikki tehohoitopaikat ovat olleet käytössä, eikä
sairaaloihin ole tämän seurauksena mahtunut yhtään uusia potilaita. Uuden koronaviruksen kal-
taiset taudit vaativat sairaaloiden tiloilta muuntojoustavuutta. Muuntojoustavuudella tarkoite-
taan sitä, että sairaaloiden nykyisiä tiloja voidaan muuntaa nopealla aikataululla eri käyttötar-
koituksia varten. Esimerkiksi leikkaussaleja voidaan muuntaa tehohoitopaikoiksi.

Äkillisiä potilasmäärien kasvuja varten on olemassa myös muita innovatiivisia ratkaisua. Esi-
merkiksi Granlund Oy:n sairaalasuunnittelu on kehittänyt yhdessä Inoroomin kanssa tehohoi-
tohuoneen moduulin, jolla voidaan vastata nopealla aikataululla kasvavaan tehohoitotilojen tar-
peeseen. Tehohoitohuone on esirakennettu moduuli, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi sairaa-
lan ulkopuolelle. (Granlund Oy, Tehoheitotila koronatilanteen ratkaisemiseen)



**Kuva 10. Granlundin 3D-malli tehohoitoyksiköstä (Granlund Oy, Tehoheitotila koronatilanteen ratkai-
miseen).**

5 ÄLYKÄS SAIRAALA

Tässä luvussa käsitellään älykästä sairaalaa ja sen erilaisia sähköteknisiä järjestelmiä. Luvussa käydään läpi älykkään sairaalan määritelmä, jonka jälkeen käydään läpi älykkään sairaalan sähköteknisiä järjestelmiä. Luvussa ei käydä läpi kaikkia sairaalan sähköteknisiä järjestelmiä, vaan järjestelmät on valittu käsiteltäväksi sen perusteella, mitkä niistä voisivat olla mahdollisia tulevaisuuden järjestelmiä älykkäässä sairaalassa.

5.1 Yleistä tietoa

Älykäs sairaala on terminä ollut käytössä jo hetken aikaa, mutta kyseiseen termiin voi törmätä monessa eri yhteydessä. Älykkääksi rakennukseksi on yleisesti kutsuttu rakennusta, missä on käytössä jonkinlainen rakennusautomaatiojärjestelmä. Älykäs sairaala toimii samalla periaatteella, automaation ohjaamana.

Älykästä sairaalaa ohjaa älykäs talotekniikka, jolla ohjataan sähkön pääjakelujärjestelmää, optimoidaan energian kulutusta ja parannetaan potilaiden ja henkilöstön käyttömukavuutta. Lisäksi älykkäässä sairaalassa voi olla esimerkiksi omia energian tuotantojärjestelmiä, kuten aurinkopaneelijärjestelmiä sekä energiavarastoja, joiden tarkoituksena on tasapainottaa sairaalan hetkellisiä kuormitushuippuja. Älykkään sairaalan sähköteknisiä järjestelmiä ovat esimerkiksi:

- älykäs sähkön pääjakelujärjestelmä
- energian tuotantojärjestelmät
- superkondensaattorien hyödyntäminen eri sovelluksissa
- energiavarastot
- älykäs valaistus
- älykäs hoitajakutsujärjestelmä
- 5G-verkko.

5.2 Älykäs sähkön pääjakelujärjestelmä

Sairaalan toimintojen käytettävyyden, jatkuvuuden ja henkilö- ja potilasturvallisuuden varmistamiseksi sairaalan sähkön pääjakelujärjestelmän on toimittava luotettavasti. Sairaalan on kyettävä toimimaan 24/7, eikä sairaalan toiminta voi katketa hallitsemattomasti missään olosuhteissa.

Sairaalan sähköverkko muodostuu normaalijakelun, varavoimajakelun, ja katkeamattoman UPS-jakelun sähköjärjestelmistä. Sairaalan sähköjakeluverkko on rakenteeltaan tyypillisesti tähtimäinen, ja sähköjakeluverkon liittymispisteenä on keskijänniteverkko. Keskijänniteliittymän liittymispisteenä verkonhaltijan verkkoon toimii keskijännitekojeisto. Sairaalan keskijänniteliittymä muodostetaan rengasverkoksi, jolla pystytään varmentamaan sähköjakelu paikallisen sähköjakeluyhtiön vikatilanteissa. Keskijännitekojeistolta sairaalan sähköliittymän syöttö voidaan jakaa useammalle, sairaalaa palvelevalle muuntajalle. Keskijännitemuuntajat muuntavat keskijännitteen pienjännitteeksi ja syöttävät rakennuksen pienjänniteverkkoa.

Ensimmäinen sähkökeskus, joka saa syötön keskijännitemuuntajalta on nimeltään pääkeskus. Pääkeskuksen tehtävänä on toimia sairaalan pienjänniteverkon ensimmäisenä osana. Sairaaloissa on yleensä muuntajia enemmän kuin yksi ja tämän seurauksena sairaaloissa on myös useampi pääkeskus. Tällä tavoin sairaalan sähköjakelun kuormitusta saadaan jaettua. Pääkeskukset syöttävät edelleen sähköä nousukeskuksille. Nousukeskusten tehtävänä on toimia liittymispisteinä sairaalan ryhmäkeskuksille, sekä muille suuremmille kuormille. Viimeisenä pisteenä toimii ryhmäkeskukset, joita nousukeskukset syöttävät. Ryhmäkeskusten tehtävänä on syöttää sairaalan pienempiä kuormia, kuten esimerkiksi pistorasioita ja muita laitteita.

Sairaalan varavoimajakelulla tarkoitetaan sairaalan oman varavoimajärjestelmän energiantuotantoa silloin, kun sähkön normaalijakelu katkeaa, eikä sähköä ole saatavilla. Varavoimajärjestelmä toteutetaan yleensä dieselgeneraattoreilla. Varavoimajärjestelmällä varmennetaan sairaalan kriittisiä järjestelmiä, kuten esimerkiksi sairaalalaitteita, jotka eivät kuitenkaan ole potilaan elintoimintoja ylläpitäviä. Varavoimajärjestelmän pitää kytkeytyä päälle enintään 15 sekunnin kuluessa ja sen on kyettävä toimimaan vähintään 24 tuntia.

Katkeamattomalla UPS-jakelulla tarkoitetaan sairaalan varavoimajärjestelmää, jolla varmenneetaan kaikista kriittisimmät järjestelmät, kuten esimerkiksi potilaiden elintoimintoja ylläpitävät sairaalalaitteet. UPS-jakelu on akkuihin perustuva varavoimajärjestelmä ja sen tarkoituksena on toimia lyhyiden sähkökatkosien aikana, ennen kuin varavoimajärjestelmän dieselgeneraattorit käynnistyvät. Sairaalan UPS-jakelu on liitetty myös sairaalan varavoimaverkon perään, jonka kautta varmennetaan UPS-jakelua. Joissakin sairaaloissa varavoimajärjestelmä ja UPS-järjestelmä on yhdistetty yhdeksi järjestelmäksi. Tätä järjestelmää kutsutaan nimellä DRUPS-järjestelmä. DRUPS (DRUPS, Diesel rotary uninterruptible power supply) järjestelmässä pyörivä diesel UPS-laite yhdistää akusto tai vauhtipyöräkäyttöisen UPSin ja dieselgeneraattorin. DRUPS pystyy varastoimaan kineettistä energiaa vauhtipyörän ansiosta. Kun sähköverkko vioittuu, vauhtipyörään varastoitunut energia vapautuu sähkögeneraattorin käyttöön, joka puolestaan jatkaa virransyöttöä keskeytyksettä.

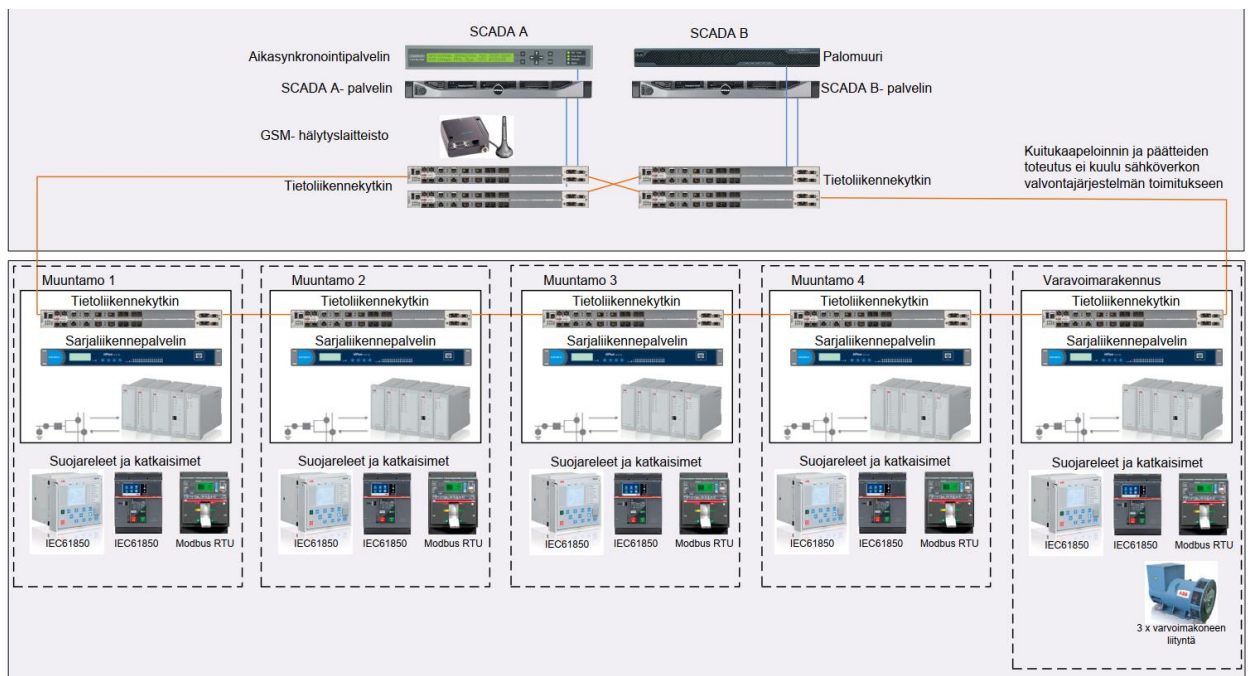
Sairaalan sähkön pääjakelujärjestelmän ohjaus voidaan toteuttaa sähköverkon käyttöhallinta- ja valvontajärjestelmällä. Järjestelmällä ohjataan kojeistoja ja pääkeskuksia. Ohjaus tapahtuu erottamalla ja kytkemällä kojeistojen, muuntamoiden ja pääkeskusten katkaisijoita. Pääsähkönjakelun ohjaus perustuu IEC 61850 standardin mukaiseen protokollaan, missä hyödynnetään ethernet-pohjaista tietoliikennestandardia. Käytännössä sähkön pääjakelujärjestelmän ohjaus tapahtuu SCADAn kautta. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) on käytönvalvontajärjestelmä, jonka tehtävänä on sähkönjakelun reaaliaikainen valvonta. SCADAn päätoimintoja ovat esimerkiksi:

- tapahtumatietojen hallinta
- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kauko-ohjaukset
- kaukomittaukset
- kaukoasettelut
- raportointi. (Erkki Laakervi & Jarmo Partanen)

SCADA on valvomoon perustuva graafinen ohjelmisto, joka toimii selainpohjaisesti. SCADA-järjestelmästä on helppo hahmottaa kiinteistön tai koko alueen sähköverkko. Sairaalan operoivien henkilöstön on mahdollista nähdä SCADA-järjestelmän avulla koko sairaalan sähköverkon

tilanne. Näkymä ulottuu varavoimajärjestelmien ohjauksiin asti, mikä parantaa oleellisesti vikojen paikantamista ja häiriöiden selvittelyä. SCADA kerää tietoja sähköverkon eri komponenteilta, jonka jälkeen se luo kuvan sähköverkon kokonaistilanteesta ja päivittää tilanteen kaavioksi. Sairaalan operointihenkilöstö onnistuu tällöin valvomaan ja ohjaamaan sairaalan sähköverkkoa reaaliaikaisesti, myös hieman pienemmällä työntekijöiden määrällä.

Koska SCADA toimii sähkönjakelun reaaliaikaisena prosessitietokoneena, jonka kautta toteutetaan monia kriittisiä toimintoja, asettaa tämä järjestelmän toiminnalle erityiset luotettavuusvaatimukset. SCADAn tulee toimia esimerkiksi etenkin silloin, kun kaikki muut toiminnot ovat häiriytyneet. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi sähkökatkokset ja tietoliikenneyhteyksien häiriöt. Jotta SCADA pystyy toimimaan tällaisissa tilanteissa, on SCADAn tietokonelaitteistot yleensä kahdennettuja. Lisäksi SCADA on varustettu pitkään toiminta-aikaan kykenevillä UPS-laitteistoilla, jolla varmistetaan SCADAn toiminta myös sähkökatkojen aikana. (Erkki Laakervi & Jarmo Partanen)



Kuva 11. SCADA-järjestelmän periaatekaavio.

5.3 Energian tuotantojärjestelmät

Energian tuotantojärjestelmillä tarkoitetaan älykkään sairaalan omia sähköenergian tuotantojärjestelmiä, joilla sairaala voi tasata sähkönkulutusta kulutushuippujen aikana tai varmistaa osan sairaala-alueen rakennuksista omavaraisina, jolloin ne voivat toimia osan aikaa vain oman energiatuotannon varaisina. Energian tuotantojärjestelmiä ovat esimerkiksi:

- aurinkovoima
- tuulivoima.

Johtuen tuulivoimaloiden mekaanisista vaatimuksista ja rajoituksista, tuulivoiman käyttö ei ole sairaala-alueilla järkevää. Suuritehoinen tuulivoimala vaatii yleensä kestävän asennusalustan, joten niiden asentaminen katoille on hankalaa. Tämän lisäksi tuulivoimaloita pidetään yleisesti ottaen rumina elementteinä maisemassa ja suuren kokonsa vuoksi tuulivoimaloita on vaikea saada hukkumaan maisemakuvaan. Lisäksi suurin osa sairaala-alueista sijaitsee kaupungeissa, jolloin tuulivoimalat rikkoisivat kaupunkimaisemat. Näiden edellä mainittujen syiden takia ai-noaksi järkeväksi energian tuotantojärjestelmäksi sairaala-alueilla jää aurinkovoima.

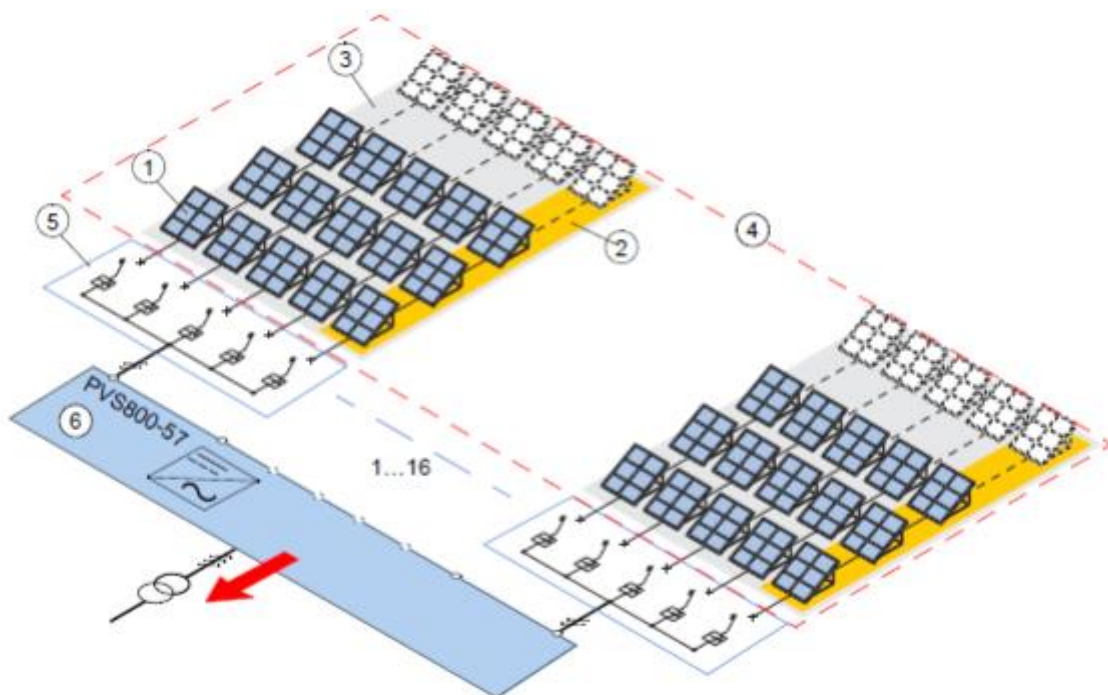
5.3.1 Aurinkovoima

Aurinkosähköä tuotetaan kennoista koostuvilla aurinkopaneeleilla. Aurinkopaneelin kennojen materiaalina käytetään yleisimmin kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä. Näiden lisäksi aurinkopaneelin päällä on yleensä vielä kirkas lasipinta. Aurinkopaneelin kenno on elektroninen puolijohde, jonka ala- ja yläpinnan välille muodostuu jännite auringon tuottaman säteilyn ansiosta. Auringon säteilyn teho maan pinnalla on noin 170 000 TW (Energiateollisuus, Aurinkosähkö), mutta käytännössä siitä voidaan hyödyntää aurinkosähkön tuottamisessa vain murtoosa. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi paneelien hyötysuhteet ovat huonoja. Toisena tekijänä vaikuttaa aurinkopaneelien tasasähkön tuotto, joka täytyy vaihtosuunnata. Tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi heikentää aurinkovoimajärjestelmän kokonaishyötysuhdetta.

Etelä-Suomessa auringon vuosittaiset säteilymäärät ovat suuruudeltaan samaa luokkaa kuin Keski-Euroopassa. Verrattuna Keski-Eurooppaan, auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat

kuitenkin Etelä-Suomessa suuremmat. Lisäksi mitä pohjoisempaan päin mennään, kasvavat vuodenaikavaihtelut entisestään. (Energiateollisuus, Aurinkosähkö) Kirkkaana kesäpäivänä Suomessa aurinkovoimala voi tuottaa sähköä noin 1 kWh/m^2 . Esimerkiksi, jos sairaala-alueen rakennuksilla on kattopintaa vapaana 10000 m^2 , riittäisi tämä määrä teholtaan noin 1 MW :n aurinkovoimalalle, joka tuottaisi vuodessa noin 900 MWh sähköenergiaa. (Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, Lecture 10)

Aurinkopaneelien ongelmana on kesäisin niiden likaantuminen. Esimerkiksi siitepöly ja katu-pöly voivat likaannuttaa paneeleita, jolloin niiden tuottama sähkönmäärä laskee. Paneelien pinta on sileää ja liukasta lasia, joten yleensä vesisade saa "huuhdeltua" paneelien pintoja sen verran, että suurin osa liasta lähtee pois. Talvisin puolestaan aurinkopaneelien ongelmana on lumisateet, jolloin paneelit voivat peittyä lumella. Tällöin paneelien tuottama sähkönmäärä voi laskea jopa $2/3$ osalla (Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, Lecture 8) tai olla tuottamatta sähköä ollenkaan.



Kuva 12. Aurinkovoimalan periaatekaavio (Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, Lecture 10).

5.4 Superkondensaattorit

Superkondensaattori on suuren kapasiteetin kondensaattori, johon pystytään varastoimaan erittäin suuri määrä energiaa. Suuren energiamäärän ansiosta superkondensaattoreilla on korkea energiatiheys verrattuna normaaleihin akkuihin. Superkondensaattorit pystyvät myös vastaanottamaan ja toimittamaan energiaa paljon nopeammin kuin normaalit akut ja samalla ne sietävät paljon enemmän lataus- ja purkujaksoja verrattuna normaaleihin akkuihin. Superkondensaattoreiden ominaisenergiat ovat 3,5 – 4,5 Wh/kg välillä ja niiden ominaisteho on jopa 2000 W/kg. Normaalien lyijyakkujen ominaisenergiat puolestaan ovat 10 – 35 Wh/kg välillä ja ominaisteho on noin 250 W/kg.

Superkondensaattoreita on olemassa eri tyyppisiä, ja ne voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään niiden toimintaperiaatteidensa mukaan. Nämä pääryhmät ovat EDLC-superkondensaattorit, pseudokondensaattorit ja hybridikondensaattorit. EDLC-superkondensaattorit ovat sähkökemiallisia kaksoiskerroskondensaattoreita ja niissä kapasitanssi tuotetaan sähköstaattisesti. Pseudokondensaattorien kapasitanssi puolestaan tuotetaan kemiallisella reaktiolla ja hybridikondensaattorit ovat superkondensaattorien, kondensaattorien ja akkujen yhdistelmätuotteita. Yleisin käytetty superkondensaattorityyppi on EDLC-superkondensaattori niiden hyvien tehosuorituskykyjen ja käyttöiän ansiosta. Pseudo- ja hybridikondensaattoreita käytetään lähinnä silloin, kun sovellukseen halutaan superkondensaattorilta akkumaisia ominaisuuksia. (Hannu Kärkkäinen, Superkondensaattorien suoritusarvot) Tässä työssä tarkastellaan pääsääntöisesti EDLC-superkondensaattoreita ja niiden käyttöä eri sovelluksissa.

Superkondensaattori koostuu kahdesta elektrodista, joita erottaa ioneja läpäisevä kalvo. Tämän lisäksi superkondensaattorissa on elektrolyytti, joka yhdistää ionisesti molemmat elektrodit. Elektrolyytin ionit kerääntyvät elektrodien pintaan ja energia varastoidaan elektrodien ja ionien välillä olevaan sähkökenttään. Superkondensaattoreissa ei tapahdu kemiallisia reaktioita, kuten esimerkiksi paristoissa. (Hannu Kärkkäinen, Superkondensaattorien suoritusarvot)



Kuva 13. EATON XL60 ELDC-superkondensaattori (EATON, Superkondensaattorit varakäyntiaikojen ratkaisuna).

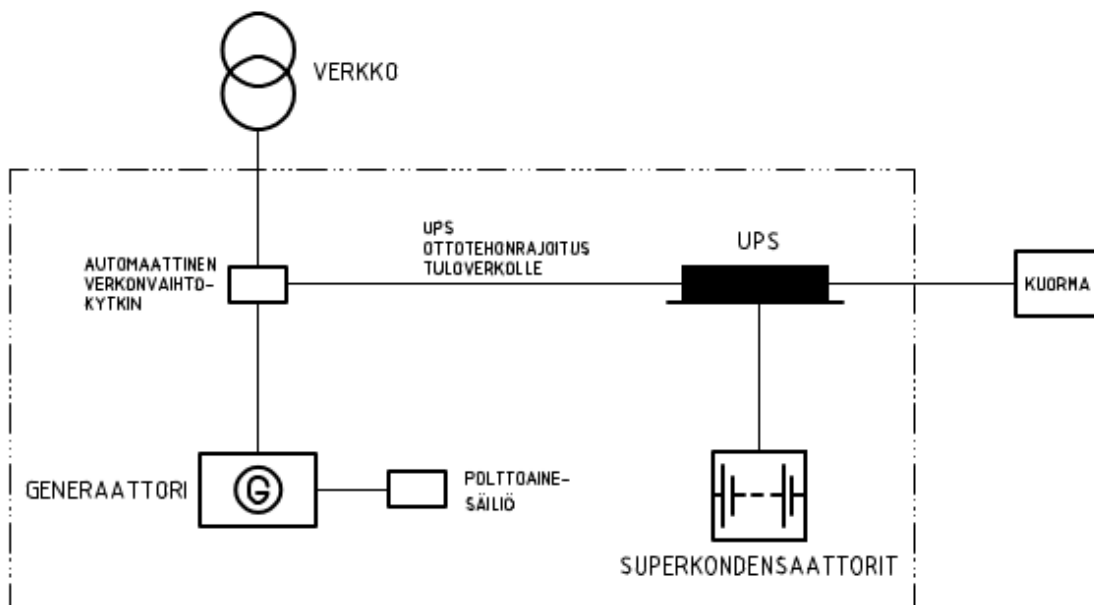
Superkondensaattoreita voidaan käyttää eri sovelluksissa. Älykkäässä sairaalassa superkondensaattoreita voidaan käyttää esimerkiksi:

- varasyöttönä, kunnes generaattori käynnistyy
- tehopiikkien tasaamisessa.

5.4.1 Varasyötön sovellukset

Superkondensaattorit voidaan yhdistää yhdessä varavoimajärjestelmän kanssa. Esimerkiksi EATON valmistaa niin sanottua UPSG-järjestelmää. UPSG-järjestelmässä yhdistyy varavoimajärjestelmä ja superkondensaattoreita käyttävä UPS energiavarasto. Järjestelmä toimii siten, että lyhyiden katkojen ajan UPSG-järjestelmän superkondensaattorit varmentavat sähköverkon. Verkkohäiriön pitkittyessä UPSG-järjestelmän varavoimakone käynnistyy tarvittavaksi ajaksi. Pitkittymisellä tarkoitetaan joidenkin sekuntien (esim. 3s) aikajaksoa, jonka jälkeen varavoimakone käynnistyy. Varavoimakone ei käynnisty, jos puhutaan pienistä jännitekuopista ja jos verkko palautuu normaaliksi nopeasti. Järjestelmän superkondensaattoreilla varustetun UPSin

energiavarasto riittää syöttämään sähköä noin 23 sekunnin ajan, jonka aikana varavoimakone käynnistyy, mikäli katko on pidempi. UPSG-järjestelmän varavoimakone pystyy tarjoamaan sähköä pitkille katkoille ja varakäynti aika on täysin muokattavissa käytettävissä olevien polttoainevarastojen perusteella. (EATON, Eatonin uusi UPSG-konttiratkaisu)

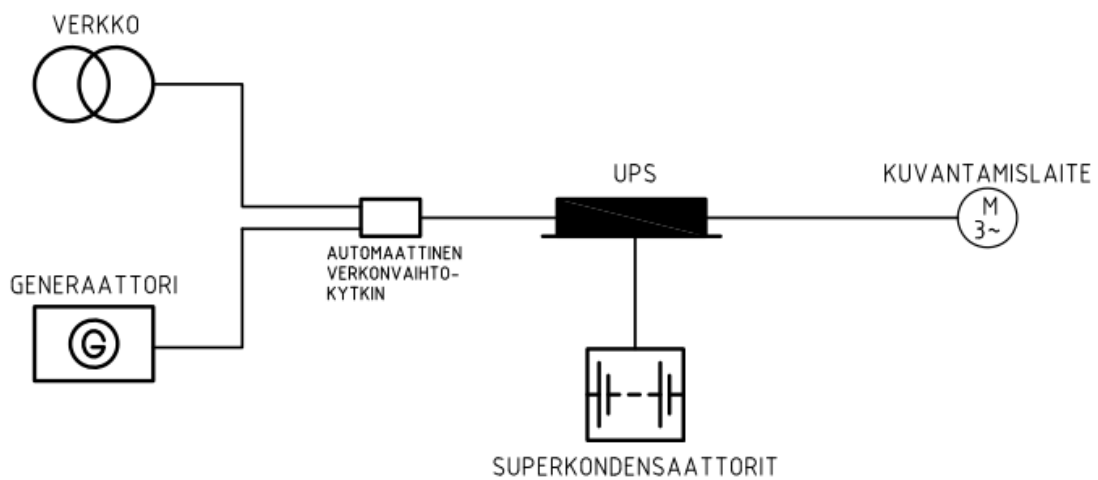


Kuva 14. EATON UPSG-järjestelmän periaatekaavio.

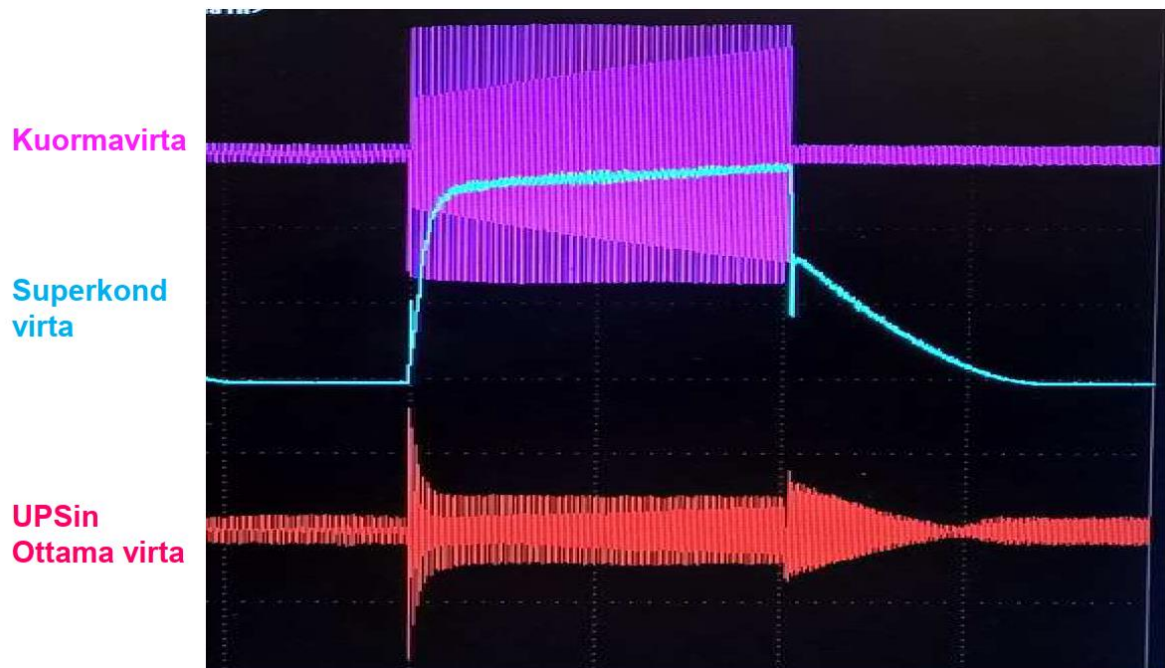
5.4.2 Tehopiikkien tasauksien sovellukset

Superkondensaattoreita voidaan käyttää tasaamaan kuvantamislaitteiden aiheuttamia tehopiikkejä. Esimerkiksi kuvantamislaitteen mallista riippuen, huipputehontarve voi vaihdella jopa 360 kVA/2 sekunnin välillä. Tämänkaltaiset tehopiikit aiheuttavat sairaalan sähköverkolle tarpeetonta ylimitoitusta ja tehopiikit voivat aiheuttaa erilaisia ongelmia sairaalan sähköverkolle. Yksi ongelma voi olla esimerkiksi liian tiukasti mitoitettu generaattori, mikä voi sammua ja verkossa oleva muu kuorma voi tämän takia häiriintyä. (EATON, Superkondensaattorit varakäyntiaikojen ratkaisuna)

Jotta edellä mainituilta ongelmilta vältetään, tarvitaan avuksi superkondensaattoreilla varustettu UPS, jolla tasataan tehopiikit. Kun kuvantamislaitte ottaa sähköverkosta tarvitsemansa tehon, UPS-laitteen superkondensaattorit antavat lisäenergiaa, jolloin kuvantamislaitteen käytön vaikutukset generaattoreille ja rinnakkaisille kuormille poistuvat, eikä verkkoa tarvitse ylivoimistaa tarpeettomasti. Kun UPS-laitteen kulutus laskee alle sille asetettujen rajojen, lataa UPS-laitte superkondensaattorit automaattisesti. (EATON, Superkondensaattorit varakäyntiaikojen ratkaisuna)



Kuva 15. Periaatekaavio superkondensaattorien käytöstä kuvantamislaitteiden aiheuttamien tehopiikkien tasauksessa.



Kuva 16. 360 kW/2 sekunnin kuorma suodatettuna (EATON, Superkondensaattorit varakäyntiaikojen ratkaisuna).

5.5 Energiavarastot

Erilaisia sähköenergian varastointimuotoja on olemassa monenlaisia. Energiavarastot voidaan jakaa mekaanisiin, sähköisiin, kemikaalisiin, sähkökemikaalisiin, ja termisiin varastoihin. Mekaanisiin varastoihin kuuluvat esimerkiksi vesivarastot, vauhtipyörät ja paineilmavarastot. Sähköisiin varastoihin kuuluvat erilaiset kondensaattorit ja kelat. Kemikaalisiin varastoihin kuuluvat esimerkiksi vetyvarastot. Sähkö-kemikaalisiin varastoihin kuuluvat akkuvarastot ja termisiin varastoihin puolestaan kuuluvat erinäiset termisen energian varastot.

Energiavarastot ovat kooltaan yleensä suuria, ja ne tarvitsevat paljon tilaa. Tämän lisäksi niiden rakentaminen on kallista. Sairaaloiden energiavarastoiden on oltava tyypiltään sellaisia, että niiden sisältämä sähköenergia on heti käytettävissä. Tämä pois sulkee jo monet eri vaihtoehdot, ja järkevimmäksi vaihtoehdoksi jää akkuvarastoihin perustuvat ratkaisut sekä vauhtipyörät.

5.5.1 Akkuvarastot

Akustoon perustuvan energiavaraston toimintaperiaate on samanlainen, kuin UPS-järjestelmän toimintaperiaate. Näiden ero on lähinnä käyttötarkoituksessa: UPS-järjestelmän ideana on varmistaa kriittisten laitteiden sähkösyöttö sähköverkon vikatilanteen aikana ja energiavaraston ideana on puolestaan tasapainottaa sähköverkon kuormitusta. Akkuvarastoa syötetään rakennuksen puolelta sopivalla muuntajalla, jonka jälkeen jännite tasasuunnataan ja varastoidaan akkuihin. Kun energia halutaan takaisin rakennuksen käytettäväksi akkuvarastosta, täytyy akkujen sähkönsyöttö rakennukseen päin vaihtosuunnata.

Akkuvaraston energialähteinä käytetään yleensä lyijyakkuja. Lyijyakkujen lisäksi käytössä voi olla myös litiumakkuja, natrium-rikkiakkuja tai superkondensaattoreita. Litiumakkuja suositetaan yleensä niiden hyvien ominaisuuksien ansiosta: ne ovat turvallisia, niiden energiatiheys on hyvä, niiden teho on hyvä ja ne kestävät pitkään. Lisäksi litiumakkuihin saadaan varastoitua energiaa per painokilo (Wh/kg) enemmän kuin perinteisiin lyijyakkuihin. Litiumakuista on odotettavissa myös kaikista kustannustehokkaimpia ratkaisuja vuonna 2020. (Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, Lecture 12)

5.5.2 Vauhtipyörät

Vauhtipyörään perustuvan energiavaraston toimintaperiaate perustuu sähköenergian muuttamiseksi liike-energiaksi ja toisinpäin. Vauhtipyörissä varastoidaan sähköä kasvattamalla vauhtipyörän pyörimisnopeutta. Pyörimisnopeutta kasvatetaan vauhtipyörän oman sähkömoottorin avulla. Myöhemmin vauhtipyörän liike-energia pystytään muuttamaan takaisin sähköksi käyttäen apuna vauhtipyörän generaattoria. Vauhtipyöriä on olemassa eri kokoisia ja niihin voidaan varastoida eri määriä energiaa. Energiavarastointikykyyn vaikuttavat vauhtipyörän koko, muoto ja pyörimisnopeus. (Santeri Honkanen, Mekaaniset energiavarastot)

Vauhtipyörä koostuu roottorista, moottori-generaattorista, laakereista ja suojakuoresta. Roottorin tehtävänä on pyöriä ja toimia energiavarastona. Moottori-generaattorin tehtävänä on saada roottori pyörimään ja purkaa liike-energia sähköenergiaksi. Laakereiden tehtävänä on vähentää kitkaa ja suojakuoren tehtävänä on suojata vauhtipyörän komponentteja.



Kuva 17. Vauhtipyörän rakenne (Santeri Honkanen, Mekaaniset energiavarastot).

Vauhtipyörät sopivat erinomaisesti kohteisiin, joissa vaaditaan korkeaa tehoa, mutta matalaa energiankulutusta. Vauhtipyörät sopivat esimerkiksi jännitepiikkien tasaamiseen tai lyhyt aikaiseksi varavoimaksi. Vauhtipyörän etuina esimerkiksi akkuihin verrattuina on niiden pitkä elinikä. Lisäksi niiden energian varastointikyky ei heikkene iän myötä, vaan niitä voidaan ladata ja purkaa lähes loputtomasti. Vauhtipyörillä voidaan tasata esimerkiksi kuvantamislaitteiden aiheuttamia jännitepiikkejä.

5.6 Älykäs valaistus

Älykkäällä valaistuksella tarkoitetaan valaistuksen kokonaisuutta. Älykäs valaistus on sekä energiatehokas että valaistukseen liittyvien standardien vaatimien määräyksien täyttävä paketti. Älykäs valaistus koostuu älykkäistä ohjauksista, jotka ohjaavat ja säätävät valaisimia päivän aikana aina tarpeen mukaan. Älykäs valaistus voi säästää energiaa jopa 80 % perinteiseen valaistukseen verrattuna (Valaistustieto, Älykäs valaistus). Älykäs valaistus säästää energiaa vähentämällä valaistuksen päällä oloaikaa silloin, kun valaistusta ei tarvita.

Älykkään valaistuksen ohjauksella voidaan säätää ja ohjata valaisimia. Ohjauksella voidaan säätää esimerkiksi valaisimien valotehoa ja värilämpötilaa. Esimerkiksi värilämpötilan säätäminen parantaa tutkitusti tilojen viihtyvyyttä ja työntekijöiden tuottavuutta. Värilämpötilan sää-

tämisellä voidaan myös tukea ihmisten vuorokausirytmää. Värilämpötilan säätämisen hyöty perustuu siihen, että valon eri taajuuden vaikuttavat ihmisten hormonitoimintaan ja vireystilaan (Valaistustieto, Älykäs valaistus). Sininen valo piristää ihmisiä ja lämmin punertava valo puolestaan toimii ihmisiä rauhoittavana valona. Älykkäässä sairaalassa tätä kutsutaan ihmislähtöiseksi valaistukseksi.

Ihmislähtöinen valaistus (Human Centric Lighting) tuo valon voimakkuuden ja värilämpötilan luonnolliset muutokset sairaalan sisätiloihin keinovalon avulla. Ihmislähtöisen valaistuksen ideana on jäljitellä luonnonvaloa, ja täten tukea potilaiden vuorokausirytmää.

Ihmislähtöinen valaistus on hyvä huomioida sairaaloissa, koska potilaat voivat joutua oleskelemaan pitkiä aikoja sisätiloissa, mikä voi vaikuttaa heidän vuorokausi- ja unirytmihän. Ihmislähtöisessä valaistuksessa keinovalolla simuloidaan normaalia luonnonvaloa, millä pyritään edistämään potilaiden sisäistä vuorokausirytmää. Simuloinnilla pyritään havainnollistamaan normaalin päivärytmin auringonnousua, keskipäivän päivänvaloa ja auringonlaskua. Kun normaalia päivävalon rytmiä jäljitellään, kasvattaa se potilaiden aktiivisuutta päiväaikaan. Iltaisin se puolestaan rauhoittaa potilaita, mikä auttaa potilaita rentoutumaan ja täten auttaa saamaan paremmat yöunet. Ihmislähtöisellä valaistuksella voidaan lyhentää potilaiden toipumisaikoja. Lisäksi ihmislähtöistä valaistusta voidaan hyödyntää esimerkiksi tulevaisuudessa kasvavissa määrin olevien dementikkojen ja maanis-depressiivisten potilaiden hoidossa. (Sara Puhakka, Puhdastilan valaistus ja intensiivihoidon ihmislähtöinen valaistus sairaalassa)



Kuva 18. Päivänvalon eri värisävyt päivänaikana (Glamox, Human Centric Lighting).

5.7 Älykäs hoitajakutsujärjestelmä

Hoitajakutsujärjestelmän toiminnan tarkoituksena on välittää sairaalan hoitohenkilökunnalle tieto, kun potilas tarvitsee apua. Potilas voi lähettää tiedon avuntarpeesta painamalla hoitajakutsujärjestelmään liitettyä kutsupainiketta. Kutsupainike voi olla esimerkiksi kiinteästi potilashuoneeseen asennettu painike, kutsurannekkeessa oleva painike tai potilaan potilaskojeessa oleva kutsupainike. Hoitajakutsujärjestelmissä on usein myös niin sanottu lisäapukutsupainike, jota painamalla hoitohenkilökunta voi tarvittaessa kutsua lisää hoitohenkilöitä paikalle, jos lisäävulle on tarvetta. Hoitajakutsujärjestelmään on mahdollista myös integroida niin sanottu elvytyskutsupainike, mitä painamalla hoitohenkilökunta saa kutsuttua paikalle sairaalan hoitohenkilökuntaa, jotka tuovat mukanaan elvytyslaitteita. Kun potilas painaa hoitajakutsujärjestelmän kutsupainiketta, saa hoitohenkilökunta ilmoituksen esimerkiksi käytävillä ja hoitoasemilla oleviin näyttöihin. Näytöissä näkyy yleensä huonetunnus, mistä avuntarve on lähetetty.

Älykkäässä hoitajakutsujärjestelmässä yhdistyvät potilaat, hoitohenkilökunta, lääkintälaitteet, kliiniset tiedot ja tukipalvelut toisiinsa. Älykkäässä hoitajakutsujärjestelmässä on mahdollista välittää potilashuoneen lääkintälaitteista reaaliaikaista tietoa hoitohenkilökunnan mukana oleviin mobiililaitteisiin. Esimerkiksi, jos potilaan syke romahtaa, saa hoitohenkilökunta tästä tiedon välittömästi (Ascom, Ascom Telligence välittää hoitajakutsut älykkäästi). Potilaat voivat tehdä älykkäällä hoitajakutsujärjestelmällä eri asteisia kutsuja, joiden perusteella hoitohenkilökunta voi priorisoida kutsut ilman, että vasteajat kasvavat liian pitkiksi. Tämän lisäksi potilaat pystyvät ohjaamaan potilashuoneiden valaistusta oman potilashuoneen hoitajakutsujärjestelmän potilaskojeen kautta.

Älykkääseen hoitajakutsujärjestelmään voidaan myös liittää lääkintälaitteet. Lääkintälaitteista saatua dataa voidaan viedä eri tietojärjestelmiin, joissa tietoja voidaan visualisoida. Lääkintälaitteesta saatua dataa voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi, kun tehdään hoitopäätöksiä ja niitä voidaan myös tallentaa potilastietoihin. Tämä nopeuttaa muun muassa tietojen kirjaamista ja jättää enemmän aikaa potilastyölle. (Ascom, Ascom Telligence välittää hoitajakutsut älykkäästi)

Älykäs hoitajakutsujärjestelmä parantaa potilasturvallisuutta ja edesauttaa hoitohenkilökuntaa potilaiden hoitotyössä. Älykäs hoitajakutsujärjestelmä on oivallinen lisä sairaaloihin, koska sen avulla saadaan hoitotyön kokonaisuudet yhden järjestelmän taakse, jolloin asioiden hoitaminen helpottuu ja ajankäyttö tehostuu. Älykästä hoitajakutsujärjestelmää voidaan hyödyntää tulevaisuudessa esimerkiksi kasvavissa määrin olevissa sairaaloiden vuodeosastoissa. Monipaikkaiset vuodeosastot vaativat hoitohenkilökunnalta potilaiden hoitojen priorisointeja, jolloin älykäs hoitajakutsujärjestelmä sopii tähän tehtävään hyvin. Lisäksi älykkäällä hoitajakutsujärjestelmässä saadaan säästettyä hoitohenkilökunnan ajankäyttöä, jolloin hoitohenkilökunnalle jää enemmän aikaa potilaiden hoitamiseen.

5.8 5G-verkko

5G-verkko tarkoittaa viidennen sukupolven datayhteyttä mobiilitekniikassa. Perinteiseen 4G-verkkoon verrattuna 5G-verkko voi toimia jopa kymmenkertaisella tiedonsiirtonopeudella. 5G-verkko toimii Suomessa aluksi noin 3,5 – 30 gigahertsin taajuudella olevilla mikroaalto- ja millimetritaajuuksilla. Muutaman vuoden päästä 5G-verkon on tarkoitus siirtyä toimimaan 26 – 28 gigahertsin taajuuksille. Kun 5G-verkko saapuu täydellä kapasiteetillaan, tulee se mullistamaan perinteiset palvelut ja tuotantoprosessit. 5G-verkon avulla voidaan hyödyntää entistä paremmin esimerkiksi esineiden internetiä. 5G-verkko on erittäin hyvä alusta esineiden internetille, missä tuotteista, laitteista ja koneista kerätään dataa, jota siirretään tekoälyn ja eri sovelluksien käyttöön. 5G-verkko tulee myös toimimaan alustana erilaisille virtuaalitodellisuuden ratkaisuille, itseohjautuville laitteille sekä etäohjattaville laitteille.

Yksi 5G-verkon mukana tulevista suurimmista muutoksista on verkon viipalointi, mistä käytetään myös nimitystä slicing, joka mahdollistaa verkkoliikenteen eriyttämisen. Slicing-tekniikan avulla tietyille käyttäjäryhmille voidaan taata tietty osa verkon kaistasta. Toisin sanoen käyttäjäryhmiä voidaan priorisoida verkossa, joita muu dataliikenne väistää. (Enertec, 5G avaa uuden mahdollisuuksien kirjon) Slicing-tekniikan avulla yrityksille voidaan varata mobiiliverkosta omaa tiedonsiirtokapasiteettia. Lisäksi slicingin avulla verkkoon voidaan taata organisaatiokohtaiset kapasiteetit. Esimerkiksi sairaalalle voidaan antaa osa verkon kapasiteetista käyttöön. Näin sairaalalla on aina käytössä tarvitsemansa kapasiteetti, eikä siihen vaikuta muun verkon tapahtumat. Esimerkiksi vaikka dataliikenne kasvaisi muualla, niin se ei vaikuttaisi sairaalan

verkon tarvitsemaan kapasiteettiin millään lailla (Enertec, 5G avaa uuden mahdollisuuksien kirjon). 5G-verkon avulla saadaan myös korkean tietoturvallisuuden takaava langaton verkko-yhteys, minne päin Suomea tahansa. Tällä päästään muun muassa eroon paikallisista WLAN-verkon tai kiinteän verkon asennuksista ja ylläpidosta. Kaikki laitteet saadaan kytkettyä mobiilisti suoraan 5G-verkkoon. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia laiteiden etäohjauksille ja etäohjattaville laitteille.

Sairaalat voivat hyödyntää 5G-verkkoa esimerkiksi esineiden internetin kautta. Kun tiedonsiirtonopeudet kasvavat, voidaan esimerkiksi robottiaivusteisia leikkauksia tehdä kirurgisesti etäyhteyden avulla. Lisäksi 5G-verkko parantaa tietoverkkojen vikasetokykyä ja sairaalan tietoverkko-yhteyksiä voidaan varmentaa eri teknologioilla. Tällä tavalla yhden teknologian vikaantumisen ei aiheuta käyttökatoja tai vaikuta palveluihin. 5G-verkko on erittäin hyvä lisä digitaalisen sairaalan tietoliikenneyhteyksiin, koska sen avulla digitaalisen sairaalan palvelut saavat käyttöönsä tarvitsemansa kapasiteetin dataliikenteestä ja näin ollen niiden toiminta ei häiriinny verkon muusta liikenteestä. Digitaalisen sairaalan palvelut hyötyvät myös 5G-verkon nopeista yhteyksistä, jolloin sairaalan potilasturvallisuus ei vaarannu. 5G-verkkoa voidaan hyödyntää myös esimerkiksi tulevaisuudessa kasvavien etävastaanottopalvelujen yhteydessä, jolloin verkko-yhteys on potilaan ja etävastaanottoa pitävän hoitohenkilön välillä on nopea ja varma toiminen.

6 DIGITAALINEN SAIRAALA

Tämän luvun tarkoitus on käsitellä ja kertoa lyhyesti digitaalisesta sairaalasta ja samalla esitellä digitaalisen sairaalan ominaisuuksia ja mahdollisia palveluita. Digitaalinen sairaala on paljon enemmän, kuin pelkkä tekninen rakennus. Digitaalinen sairaala on informaatioteknologinen sairaala, jonka pääpaino on laadukkaammassa asiakas- ja hoitokokemuksessa. Digitaaliselle sairaalalle ei ole olemassa vain yhtä ainoaa ja oikeaa toteutustapaa, vaan digitaalinen sairaala voi olla aina oman näköisensä, riippuen siitä, miten paljon sairaalan digitaalisuuteen on panostettu.

6.1 Digitaalisen sairaalan ominaisuudet

Digitaalisessa sairaalassa hoitohenkilökunnalla, eli lääkäreillä, hoitajilla ja muilla terveydenhuollon henkilöillä on suora pääsy potilaiden potilastietoihin, esimerkiksi henkilöllisyyteen, hoitohistoriaan, hoitoon tulon syyhyn jne. käyttäen pelkästään informaatioteknologiaa, eikä ollenkaan perinteistä paperia. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia) Digitaalista sairaalaa voikin kutsua myös paperittomaksi sairaalaksi.

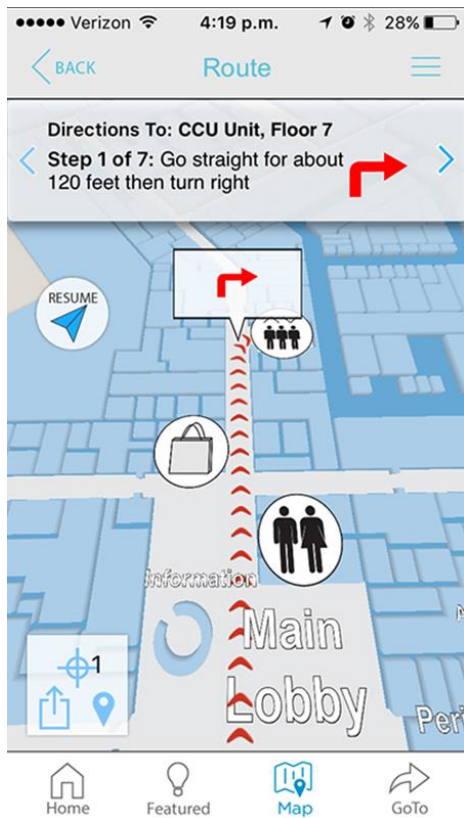
Digitaalinen sairaala mahdollistaa potilaiden elintoimintojen seurannan automaattisesti. Elin-toimintoja, joita voidaan seurata ovat esimerkiksi verenpaine, lämpötila ja sydämen syke. Lisäksi digitaalisessa sairaalassa voidaan lähettää potilaiden hoitoinformaatioita ja muuta informaatiota tietoturvallisesti eri terveydenhuollon järjestelmien välillä sekä eri hoitohenkilöiden välillä. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia)

Digitaalinen sairaala hakee jatkuvasti potilasdatasta, eri monitorointijärjestelmistä, lääkintälaitteista ja diagnostiikan toimittajilta suoraa tietoa sähköiseen potilasrekisteriin. Tällä tavalla saadaan säästettyä aikaa ja vähentämään erilaisia virheitä dokumentoinnissa. Digitaalinen sairaala tarjoaa automatisoidun ympäristön hyödyntäen potilasrekisteriä. Tämä ympäristö yhdistää erilaiset ja eri mahdolliset hoitopolut ja tukee näin hoitohenkilökunnan päätöksen tekoa perustuen kansainvälisiin päätöksiin. Tämä mahdollistaa kliiniset päätöksenteot, joilla saadaan aikaan parempi hoidon lopputulos. Lisäksi digitaalinen sairaala mahdollistaa reseptien kirjoittamisen di-

gitaalisesti, minkä avulla pystytään estämään käsin kirjoittaessa tapahtuvien virheiden syntyminen. Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös potilaan ajankohtaisen potilasrekisterin lähettäminen useille terveydenhuollon työntekijöille useissa eri paikkakunnissa, jolloin potilaalle voidaan tarjota parasta mahdollista hoitoa ympäri Suomea, myös eri sairaanhoitopiireistä. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia)

Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös lääkäreiden ja hoitohenkilökunnan havaintojen dokumentointi sähköisesti käyttäen apunaan useita erilaisia laitteistoja potilaiden hoitotilojen alueella. Lisäksi dokumentoinnin apuna käytetään myös erilaisia potilas-, yhteisö ja lääketieteen portaaleja. Digitaalinen sairaala on myös koko ajan yhteydessä itse sairaalan ulkopuolisiin resursseihin, kuten eri lääketieteen konsultteihin, eri sairaanhoitopiireihin ja diagnostiikan tarjoajiin. Tällä tavalla saadaan varmistettua parhaat mahdolliset hoitoresurssit ja oikeat hoitopäätökset myös vaikeissa tilanteissa. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia)

Digitaalinen sairaala huomioi myös sairaalan potilaat. Digitaalinen sairaala tarjoaa esimerkiksi erilaisia viihdejärjestelmiä, internetin, elokuvia ja muita palveluita, jotta potilaat eivät tunne oloaan tylsäksi. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia) Tämän lisäksi digitaalinen sairaala mahdollistaa sairaalan hoitokokemuksen alkamisen jo potilaan kotoa. Digitaalinen sairaala voi tarjota potilaille esimerkiksi mobiilisovelluksen, jonka avulla potilas voi tehdä ilmoittautumisen ja nähdä reaaliaikaisen jonotustilanteen. Tällöin jonotus voi tapahtua esimerkiksi potilaan kotona, eikä sairaalan omissa odotustiloissa. Lisäksi mobiilisovellus opastaa potilaan tämän kodista sairaalaan ja opastaa potilasta myös sairaalan tiloissa.



Kuva 19. Havainnekuva digitaalisen sairaalan mobiilisovelluksesta (Granlund Oy, Digitaalinen sairaala).



Kuva 20. Havainnekuva digitaalisen sairaalan ympäristöstä (SimpleComply, Digital Health Care).

6.2 Digitaalisen sairaalan palvelut

”Normaaliin” sairaalaan verrattuna digitaalinen sairaala pystyy tarjoamaan asiakkailleen enemmän palveluita. Digitaalisen sairaalan palvelut eroavat ”normaalin”, ei-digitaalisen sairaalan palveluista siten, että ne ovat pääsääntöisesti digitaalisia, älykkäitä ja aikaa säästäviä palveluita niin potilaiden kuin sairaalan henkilökunnankin osalta. Digitaalisilla palveluilla sairaalan asiakkaat saavat paremman, mukavamman ja nopeamman hoitokokemuksen. Digitaalisen sairaalan palveluita ovat esimerkiksi:

- telecare
- etäpalvelut
- hoivarobotiikka
- virtuaalitodellisuus.

6.2.1 Telecare

Telecare on termi, millä tarkoitetaan muun muassa vanhusten sekä muiden apua tarvitsevien ja heikkokuntoisten ihmisten etäavustusta. Telecare on jatkuvaa ja automaattista reaaliaikaista etämonitorointia, millä pyritään edistämään vanhusten ja heikkokuntoisten kotona pärjäämistä itsenäisesti. Telecaren ansiosta vanhusten ja muiden heikkokuntoisten ihmisten ei tarvitse olla sairauksiensa takia sairaaloissa, vaan heitä voidaan tarkkailla ja tukea ja täten antaa heille mahdollisuuden olla pidempään kotioloissa. (Telecareaware, What is Telecare?)

Telecaressa käytetään apuna erilaisia laitteita. Laitteiden avulla tarkkaillaan potilaan vointia, mitata elintoimintoja sekä tarkkailla muun muassa asuntoa. Laitteet voidaan jakaa kolmeen osaluueeseen:

1. Laitteet, jotka ”ennustavat” ongelmia. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi potilaan elintoimintoja tarkkailevat laitteet sekä muun muassa laitteet, jotka tarkkailevat, jos potilas kaatuu. (Telecareaware, What is Telecare?)

2. Laitteet, jotka vähentävät ongelmien mahdollisuutta. Tällaisia ovat esimerkiksi laitteet, joilla pyritään estämään esimerkiksi sängystä putoamiset. Laite sytyttää esimerkiksi valot automaattisesti päälle, kun potilas nousee sängystä ja sammuttaa valot automaattisesti, kun potilas on mennyt sänkyyn. Tällä tavalla pyritään vähentämään potilaan tarvetta liikkua pimeässä. (Telecareaware, What is Telecare?)

3. Laitteet, jotka vähentävät ongelmia. Tällaisia ovat laitteet, joilla tarkkaillaan potilaan asuinympäristöä. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi paloilmaisimet ja savuilmaisimet, jotka pystyvät lähettämään aikaisen hälytyksen mahdollisista ongelmista. Toisia laitteita ovat esimerkiksi painike, jota potilaan täytyy painaa päivittäin tiettyyn kellonaikaan. Mikäli potilas ei paina nappia, tekee laite automaattisen hälytyksen. (Telecareaware, What is Telecare?)

Telecare vähentää tehokkaasti potilaille aiheutuvia vahinkoja ja haittoja, joita voi sattua, kun potilas asuu yksin kotona. Telecaren avulla avuntarpeisiin voidaan reagoida nopealla vasteella ilman, että turvallisuus kärsii. Telecaren avulla potilaan hyvinvoinnin heikkeneminen on mahdollista havaita jo varhaisessa vaiheessa, minkä ansiosta mahdollisiin hoitotarpeisiin on mahdollista myös reagoida nopeammin.

Telecare ei varsinaisesti tarkoita etälääkäriä tai etähoitoa. Telecaren varsinainen merkitys on antaa ihmisille mahdollisuus pysyä omissa kodeissaan mahdollisimman pitkään. Telecare tarjoaa tätä varten laitteita, joiden avulla tuetaan niin laitteiden käyttäjää, kuin myös hoitohenkilökuntaa. Telecaren hyötyjä ovat muun muassa:

- potilaat tuntevat olonsa turvallisemmaksi
- potilaiden terveystarkastuksien määrä vähenee
- potilaiden sairaalakäyntien lukumäärä vähenee
- potilaat oppivat enemmän omasta terveydestään ja pystyvät tarkkailemaan omaa hyvinvointiaan paremmin. (Telecareaware, What is Telecare?)

6.2.2 Etäpalvelut

Digitaalisen sairaalan palveluihin kuuluvat erilaiset etäpalvelut, joiden avulla asiakkaille pyritään tarjoamaan entistä vaivattomammin muun muassa eri lääkärin ja hoitajien palveluita. Pääsääntöisesti etäpalveluihin kuuluu vain etävastaanotto. Etävastaanoton toteutus vaihtelee yrityksittäin, ja usein se toteutetaan pelkästään puhelinvastaanottona.

Etävastaanotto soveltuu hyvin esimerkiksi yleislääketieteellisten oireiden ja sairauksien hoitoon ja neuvontaan. Tällaisia sairauksia ovat esimerkiksi flunssa, allergiat, migreeni ja muut ei akuuttia hoitoa vaativat sairaudet. Etävastaanotto ei puolestaan taas sovellu esimerkiksi akuuttien hätätilanteiden hoitamisessa, joita ovat esimerkiksi voimakasoireiset infektiot, hengenahdistus ja muut vastaavat hätätilanteet. Etävastaanotto soveltuu erinomaisesti myös esimerkiksi sosiaalityöntekijöiden ja psykologien palveluksi, jolloin potilaiden kanssa voidaan käydä keskustelua etänä käyttäen esimerkiksi Microsoft Teams -ohjelmistoa.

Etävastaanoton etuina normaaliin sairaalan vastaanottoon verrattuna on sen saatavuus. Etävastaanotto on yleensä auki 24/7, jolloin ihmiset pääsevät lääkärin tai hoitajan vastaanotolle ajasta ja paikasta riippumatta. Etävastaanotto ei kuitenkaan tule kokonaan korvaamaan perinteistä lääkärin tai hoitajan vastaanottoa, johtuen muun muassa siitä, että lääkärin on mahdoton tehdä potilaalle tarkkaa tukimusta täysin etänä. Lisäksi laboratoriokokeet ja muut näytteenotot tulevat vaatimaan myös tulevaisuudessa fyysisen läsnäolon sairaaloissa.

6.2.3 Hoivarobotiikka

Digitaalisessa sairaalassa potilaita pyritään hoitamaan parhaalla mahdollisella tavalla. Digitaalisen sairaalan palveluihin kuuluukin hoivarobotit, joiden tehtävinä on avustaa hoitohenkilökuntaa käytännön työtehtävissä sekä auttaa hoitohenkilökuntaa potilaiden hoitotyössä. Robotiikan avulla joitakin sairaalassa tehtäviä työtehtäviä voidaan automatisoida ja täten säästää kuluissa. Robotiikalle ulkoistettavia työtehtäviä voi olla esimerkiksi tavaroiden kuljetukset ja kirjaamisen automatisoinnit. Hoivarobotit voi tehdä myös muita käytännön tehtäviä ja hoivarobotit voidaan jakaa seuraaviin kategorioihin:

- leikkaussaleissa toimivat robotit
- kuntouttamiseen tarkoitetut robotit
- logistiikkaan tarkoitetut robotit
- lääkkeiden jakamiseen ja muistuttamiseen tarkoitetut robotit
- vuorovaikutukseen tarkoitetut robotit. (Meditas, Hoivarobotiikka)

Leikkaussaleissa toimivat robotit voidaan jaotella monella tapaa niiden toimintojen perusteella. Ne voidaan jakaa esimerkiksi valvovaan, telekirurgiseen ja jaettuun ohjaukseen perustuen. Valvovassa ohjauksessa kirurgi esiohjelmoi robotin ennen leikkausta, ja operaation aikana robotti suorittaa ohjelmoidut toiminnot automaattisesti. Telekirurgisessa ohjauksessa kirurgi ohjaa robottia verkkoyhteyden kautta tai kirurgisella manipulaattorilla. Jaetussa ohjauksessa kirurgi hallitsee robottia koko toimenpiteen ajan ja robotin tehtävänä on tarjota vakautta. (Minna Harsu, Robotiikka terveydenhuollossa)

Kuntouttamiseen tarkoitetut robotit voidaan jaotella fysioterapiarobotteihin ja avustajarobotteihin. Fysioterapiarobottien tarkoitus on tukea potilasta fysioterapiassa kuntoutuksen yhteydessä. Tällaisia robotteja ovat esimerkiksi erilaiset kävelyrobotit, jotka auttavat vaikeasti halvaantuneita potilaita kävelemisessä. Avustajarobottien tarkoitus on antaa vanhuksille mahdollisuus elää itsenäisesti omassa kodissa niin pitkään kuin mahdollista. Avustaja robotit tarjoavat vanhuksille esimerkiksi tukea, kun vanhus nousee seisomaan tuolilta. (Minna Harsu, Robotiikka terveydenhuollossa)

Logistiikkaan tarkoitettujen robottien päätehtävänä on hoitaa esimerkiksi sairaalan logistiikkaa sekä kuljettaa tavaroita ympäri sairaalan tiloja. Lääkkeiden jakamiseen ja muistuttamiseen tarkoitettujen robottien päätehtävänä on muistuttaa potilaita ja vanhuksia ottamaan lääkkeitä. Nämä robotit voivat olla esimerkiksi pieniä, pöydällä olevia robotteja, joihin on esiohjelmoitu potilaan tai vanhuksen lääketiedot ja muistutukset näistä. Vuorovaikutukseen tarkoitettu robotti ei pääsääntöisesti ole hoivarobotti, vaan enemmänkin viihdyttäjä. Vuorovaikutukseen tarkoitettujen robottien päätehtävänä on toimia esimerkiksi vanhuksille seurarobotteina, eikä niitä ole tarkoitettu fyysisesti avustamaan potilaita (Minna Harsu, Robotiikka terveydenhuollossa).

6.2.4 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan keinotekoisia ympäristöä, joka tuotetaan tietokonesimulaation avulla. Virtuaalitodellisuus luodaan yleensä sitä varten tehdyille VR-laseille, jolloin ihminen näkee VR-laseja käyttämällä ainoastaan ympärilleen luodun virtuaalitodellisuuden, eikä mitään muuta. Digitaalisessa sairaalassa virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi hoitotyössä ja henkilökunnan koulutuksessa.

Virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää esimerkiksi psykiatristen potilaiden hoitamisessa, muun muassa erilaisten ahdistuneisuushäiriöiden hoidossa. Virtuaalitodellisuus soveltuu hyvin alistushoitojen toteuttamiseen ja virtuaalitodellisuudessa voidaankin esittää erilaisia alistushoitojen skenaarioita turvallisesti ja hallitusti. Alistushoitojen lisäksi virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää kivulioiden toimenpiteiden helpottamisessa, kuten esimerkiksi palovammapotilaiden hoitamisessa. Kivunhallinta perustuu potilaan näkökentän peittämiseen VR-laseilla, jolloin potilas ei näe itse toimenpidettä, vaan keskittyy virtuaalitodellisuuden maailmassa tapahtuvaan toimintaan. Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää myös henkilökunnan koulutuksessa. Esimerkiksi eri simulaattoreihin on mahdollista toteuttaa virtuaalitodellisuuden avulla realistinen anatomia ja toiminnallisuus. (Duodecim, Virtuaalitodellisuus tuo uusia työvälineitä terveydenhoitoon)

Toinen virtuaalitodellisuuteen liittyvä teknologia on lisätty todellisuus, eli AR. Lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan tietokonegrafiikalla luotujen kuvien, grafiikan ja avustavan informaation lisäämistä ja visualisoimista todellisen maailman päälle. Lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi kirurgisten operaatioiden aikana heijastamalla potilaasta eri tietoja leikkausalueelle.

6.3 Digitaalisen sairaalan hyödyt

Digitaalisen sairaalan hyötyjä ovat muun muassa:

- potilas- ja asiakaskokemuksen paraneminen
- laadun ja turvallisuuden paraneminen

- hoitohenkilöstön työtyytyväisyyden paraneminen
- hoidon jatkuvuuden paraneminen
- informaation siirron paraneminen ja helpottuminen julkisen ja yksityisen terveydenhuollon palveluntarjoajien välillä
- vahvemmat sidokset muiden suurkaupunkien sairaaloiden välillä. (Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia)

6.4 Esimerkki digitaalisesta sairaalasta: Humber River Hospital

Vuonna 2016 avautunut Humber River Hospital on Pohjois-Amerikan ensimmäinen täysin digitaalinen sairaala. Sairaala avautui Kanadaan, Torontoon ja sen pinta-ala on yli 167 000 neliometriä. Humber River Hospital pitää sisällään täysin uusia innovaatioita, kuten esimerkiksi täysin paperittoman terveydenhuollon, robottiaivusteiset leikkaukset sekä koneet, jotka toimittavat sekä pyykkiä että lounaat. Sairaalan digitaalinen toiminta on jaettu kolmeen eri elementtiin. Nämä elementit ovat lean-elementti, vihreä-elementti ja digitaalinen-elementti. Kaikki edellä mainitut elementit ovat integroituja, toisiinsa yhteydessä ja informoivat toisiaan. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare)

Humber River Hospital -sairaalassa on 656 potilaspaikkaa ja siellä hoidetaan vuosittain jopa 450 000 potilasta. Sairaalan resurssit eivät kuitenkaan riitä täysipäiväisesti kaikkien potilaiden hoitoon, joten tätä varten kehitettiin lean-elementti. Lean-elementissä sairaalan innovaatiot alkavat jo ennen kuin potilaat saapuvat sairaalaan. Potilaat tekevät kotonaan ennen sairaalaan tuloaan esiselvitysprosessin. Esiselvitys prosessi neuvoo minne alueelle sairaalassa pitää saapua. Kotona tehdyn esiselvitysprosessin jälkeen potilas tekee vielä sairaalassa toisen selvitysprosessin, jonka jälkeen potilaan potilastietorekisteri aktivoituu. Sairaalan eri klinikat ovat merkattu eri kirjaimilla, joten potilaat löytävät helposti oman alueen, missä rekisteröityä. Lean-filosofiaa on sovellettu myös sairaalan työntekijöihin. Sillä on esimerkiksi pystytty säästämään aikaa ja käyttökustannuksia, koska työntekijöiden sairaalassa kulkemia matkareittejä on onnistuttu lyhentämään. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare) Lean-elementin tarkoituksena on lyhentää potilasjonoa, tehostaa henkilökunnan työtehoa ja priorisoida potilaiden hoitotarvetta.

Energiatehokkuus on Humber River Hospital -sairaalan yksi vihreän elementin strategiasta. Sairaalassa on useita ympäristöystävällisiä ratkaisuja, kuten esimerkiksi matalammat ilmanvaihdon virtausnopeudet ja suuremmat ilmanvaihdon kanavakoot. Sairaalassa on myös panostettu tehokkaimpiin laitteistovalintoihin ja älykkäisiin valaistusjärjestelmiin. Lisäksi sairaalaan on asennettu muun muassa viherkatto ja luonnollisen valonmäärä on pyritty maksimoimaan. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare)

Humber River Hospital -sairaalan viimeinen elementti on digitaalisuus. Sairaalan digitaalinen strategia on johtanut muun muassa huomattavasti parempaan hoidon laatuun. Sairaala käyttää informaatio-, kommunikaatio- ja automaatioteknologiaa, joiden avulla perinteiset, erilliset järjestelmät saadaan toimimaan yhteen yleisen verkon kautta. Yleinen verkko jakaa informaatiota rakennuksen hallinnollisen ja operationaalisten järjestelmien läpi. Integraatiota ja automaatiota käytetään sairaalan kaikilla osa-alueilla. Esimerkiksi potilaat voivat ohjata potilashuoneen valaistusta ja lämpötilaa, tilata ruokaa ja soittaa omaisille puheluita potilassängyn äärellä olevan kommunikointi- ja viihdeportaalin kautta. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare)

Digitaalisuuden myötä tulleet aikaa säästävät parannukset antavat henkilökunnalle mahdollisuuden keskittyä potilaisiin muiden tarpeellisen työtehtävien, kuten esimerkiksi lääkkeiden lajittelun tai lounastarjoittimien kuljettamisen sijasta. Sairaalan pneumaattinen jätteiden ja liina-vaatteiden poistojärjestelmä huolehtii pyykkien ja verinäytteiden kuljettamisesta. Sairaalassa merkittävin uusi teknologia on kuitenkin viimeisintä tekniikkaa edustava leikkausrobotti, joka auttaa leikkauksissa korvaamalla kirurgin kädet robottivarsilla. Tällä tavoin leikkausprosessiin saadaan lisää tarkkuutta. Digitaalisuus mahdollistaa myös mobiiliteknologian paremman hyödyntämisen. Mobiiliteknologialla ja reaaliaikaisen paikannuspalvelujen avulla pystytään paikantamaan hoitohenkilökuntaa ja auttaa omaisia paikantamaan sairaalassa olevia perheenjäseniään. Näiden avulla pystytään tarjoamaan myös nopeammin diagnosoinnin ja hoidon palvelut, tehostetun asiakaspalvelun ja paremman asiakastyytyvyyden. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare)

Yksi sairaalan digitaalinen avainkomponentti on dynaaminen lasi, joka yhdistää kaikki edellä mainitut elementit yhteen. Dynaaminen lasi on älykäs ikkunajärjestelmä, jota on mahdollista

ohjata hallintalaitteilla. Dynaamisen lasin ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi sen automaattinen lasipaneelien sävytys, jotta rakennuksen sisäympäristö säilyy optimaalisena. Dynaamisen lasin hyötyjä ovat esimerkiksi:

- algoritmit, jotka optimoivat päivänvaloa, lämpötilaa ja vähentävät häikäisyä
- potilaiden mahdollisuus ohjata järjestelmää omasta potilaspaneelistaan
- huollon tarpeen minimointi
- infektiokontrolli
- energiatehokkuuden kasvaminen. (How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare)

7 TULEVAISUUDEN VISIOT ÄLYKKÄÄSTÄ JA DIGITAALISESTA SAIRAALASTA

Tämän luvun tarkoitus on esitellä näkymiä tulevaisuuden älykkäästä ja digitaalisesta sairaalasta. Luvun ideana on käydä läpi muutamia mahdollisia vaihtoehtoja siitä, millaisia älykkäitä ja digitaalisia ratkaisuja sairaalarakennuksissa tullaan tulevaisuudessa näkemään.

7.1 Paikantamisen järjestelmät

Tulevaisuudessa sairaaloissa halutaan yhä enemmän tietää missä henkilökunta sekä potilaat liikkuvat. Lisäksi myös esimerkiksi sairaalalaitteiden sijainnit halutaan tietää. Edellä mainitut onnistuvat sijaintitietojen paikantamisella käyttäen siihen tarkoitettua omaa järjestelmää. Paikantamisen järjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joilla voidaan paikantaa sairaalan sisätiloissa olevia henkilöitä ja tavaroita. Paikkatietoja henkilöistä ja tavaroita voidaan kerätä useilla eri tekniikoilla. Näitä ovat esimerkiksi WLAN, RFID ja Bluetooth. Paikantamisen järjestelmien lisäksi paikkatietoja voidaan hyödyntää myös muun muassa sairaalan toiminnanohjauksessa.

Paikantamisen järjestelmien tärkeimpänä tehtävänä on potilasturvallisuuden ja hoitokokemuksen parantaminen. Paikantamisen järjestelmien avulla nähdään potilaiden liikkeitä ja potilaat voidaan paikantaa, mikäli he ovat lähteneet esimerkiksi pois omasta potilashuoneestaan. Tämä parantaa potilasturvallisuutta, kun hoitohenkilökunta on jatkuvasti tietoinen siitä, missä päin potilaat liikkuvat. Myös potilaiden paikantamisen tavoin hoitohenkilökuntaa voidaan paikantaa. Hoitohenkilökunnan paikantamisella pystytään ohjaamaan muun muassa resursseja tarkemmin ja nopeammin potilaiden luo. Paikantamisella saadaan tällä tavoin lyhennettyä hoitohenkilökunnan kulkemia matkoja, sillä lähimpänä olevat resurssit saadaan tehokkaammin käyttöön. Lisäksi muun muassa lääkintälaitteiden paikantaminen nopeuttaa ja parantaa hoitotyötä, kun kaikki ovat tietoisia niiden liikkeistä.

Paikantamisen järjestelmien paikkatietoja pystytään hyödyntämään tehokkaasti sairaalan toiminnanohjauksessa. Paikkatietoja voidaan käyttää esimerkiksi tilojen varauksiin, kun halutaan esimerkiksi varata käyttöön neuvottelutiloja. Tämän lisäksi paikkatietoja hyödyntävää toiminnanohjausta voidaan käyttää esimerkiksi potilaiden opastuksiin.

Paikantamisen järjestelmät mahdollistavat myös paikkatietopohjaiset automaatiot. Paikkatietopohjaiset automaatiot helpottavat hoitohenkilökunnan työtehtäviä. Esimerkiksi kun lääkäri tekee potilaskierroksen, kirjautuu lääkärin käynti automaattisesti potilastietojärjestelmään paikkatiedon perusteella. Lisäksi myös esimerkiksi hoitajan meno potilashuoneeseen voi käynnistää automaattisesti tehtävän, jossa potilaan mittausarvot kirjautuvat automaattisesti potilastietojärjestelmään. (Granlund Oy, Digitaalinen sairaala)

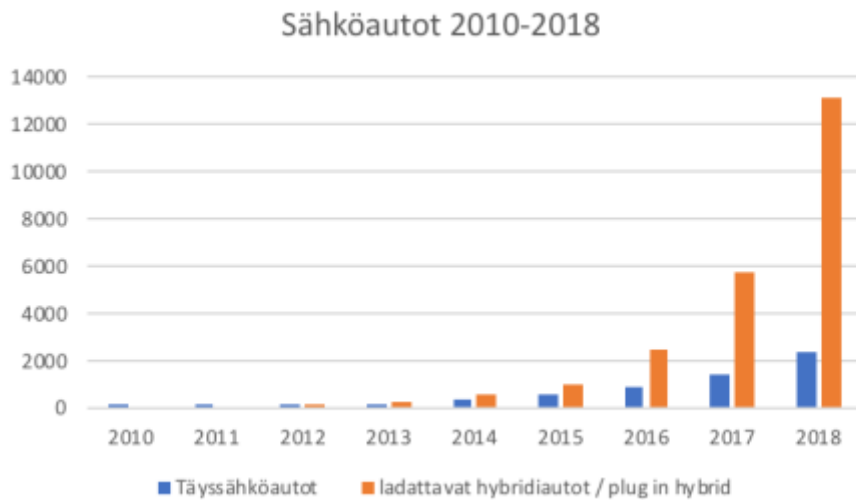
Paikantamisen järjestelmät tulevat olemaan osa tulevaisuuden älykkäitä ja digitaalista sairaaloita. Paikantamisen järjestelmien avulla älykkääseen ja digitaaliseen sairaalan saadaan tuotua helposti hoitohenkilökuntaa helpottavia järjestelmiä, joilla saadaan myös hoitoresurssit paremmin liikkeelle. Lisäksi paikkatietopohjaiset automaatiot nopeuttavat hoitotyötä ja helpottavat esimerkiksi ”turhien” kirjaamisten tekemistä. Paikkatietopohjaiset automaatiojärjestelmät tulevatkin olemaan osa digitaalista sairaalaa myös muun muassa sen takia, että ne parantavat potilasturvallisuutta. Potilasturvallisuus paranee niin sijaintitietojen avulla, mutta myös sen avulla, että paikkatietopohjaisen automaation avulla pystytään valvomaan hoitohenkilökunnan toimintaa, esimerkiksi miten usein potilaiden vointia käydään tarkistamassa.

7.2 Sähköajoneuvojen määrän kasvu

Tulevaisuudessa tullaan näkemään kasvavissa määrin yhä enemmän sähköautoja. Kuvasta 21 nähdään täyssähköautojen ja ladattavien hybridien kehitys Suomessa vuodesta 2010 lähtien. Kuvan 21 perusteella voidaan myös todeta, että täyssähköautojen määrät ovat melkein tuplaantuneet vuosittain, kun taas ladattavien hybridien kehitys on ollut vielä voimakkaampaa.

Sähköautoilta ja ladattavilta hybrideiltä odotetaan tulevaisuudessa vielä suurempaa kasvua. Tämä johtuu esimerkiksi ilmastonmuutoksen torjumisesta vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikenteessä. Lisäksi myös Euroopan Unionin asettamat rajoitukset päästömääräyksiin uusien autojen kohdalla lisäävät sähköautojen määrää ja edesauttavat niiden käyttöönottoa. (Granlund Oy, Sähköautojen lataus HUS sairaala-alueilla)

Koska sähkö- ja ladattavat hybridiautot tulevat yleistymään tulevaisuudessa niin voimakkaasti, täytyy älykkäässä ja digitaalisessa sairaalassa ottaa tämä huomioon muun muassa latausinfrastruktuurin osalta.



Kuva 21. Sähkö- ja ladattavien hybridautojen kehitys Suomessa vuosina 2010 – 2018 (Granlund Oy, Sähköautojen lataus HUS sairaala-alueilla).

Pieni sähköajoneuvojen määrä ei juurikaan rasita sähköverkkoa, mutta tulevaisuudessa kasvavat sähköajoneuvomäärät voivat aiheuttaa tehopiikkejä sähköverkkoon. Lisääntyvä sähköenergian tarve ei kuitenkaan ole ongelmallista. Esimerkiksi tällä hetkellä Suomessa on noin 2,5 miljoonaa henkilöajoneuvoa ja päivässä keskimääräinen ajomatka on noin 50 kilometriä. Sähköajoneuvolla ajaessa kulutus on noin 0,16 kWh/km. Tässä tapauksessa vuosittainen sähkönkulutus olisi noin 1730 kWh ja latauksen hyötysuhde mukaan huomioiden 2130 kWh. Jos sähköajoneuvojen autokanta kasvaisi esimerkiksi 25 %, vastaisi lataaminen 1,3 TWh sähköenergiaa, mikä puolestaan olisi noin 1,5 % Suomen tämänhetkisestä sähkönkulutuksesta. (Granlund Oy, Sähköautojen lataus HUS sairaala-alueilla)

Jos sähköajoneuvoja sallitaan ladattavan ilman mitään ennalta määriteltä omaa koordinoitua, voi siitä syntyä haittaa sähköjärjestelmille, kuten esimerkiksi jakelumuuntajille. Kun sähköajoneuvojen latausta koordinoidaan, saadaan sähköajoneuvojen latausjärjestelmästä tehtyä vankka ilman, että olemassa olevat sähköjärjestelmät kärsivät haitoista. Yhdeksi vaihtoehdoksi sopii esimerkiksi dynaaminen kuormanhallinta, jonka avulla pyritään välttämään syöttävän verkon kapasiteetin ylittäminen. Dynaamisen kuormanhallinnan kautta ohjataan ja hallitaan latausjärjestelmän lataustehoa lataustapahtumien aikana. Tällöin latausjärjestelmä jakaa käytettävissä olevan, ennalta määrätyn tehon kaikkien latauksissa olevien sähköajoneuvojen kesken, jolloin vältetään epätoivotuilta tehopiikeiltä. Dynaaminen kuormanhallinta on esimerkiksi monissa

älykkäissä latausasemissa automaattisesti, jolloin sen rakentaminen ei jää itse käyttäjän vastuulle.

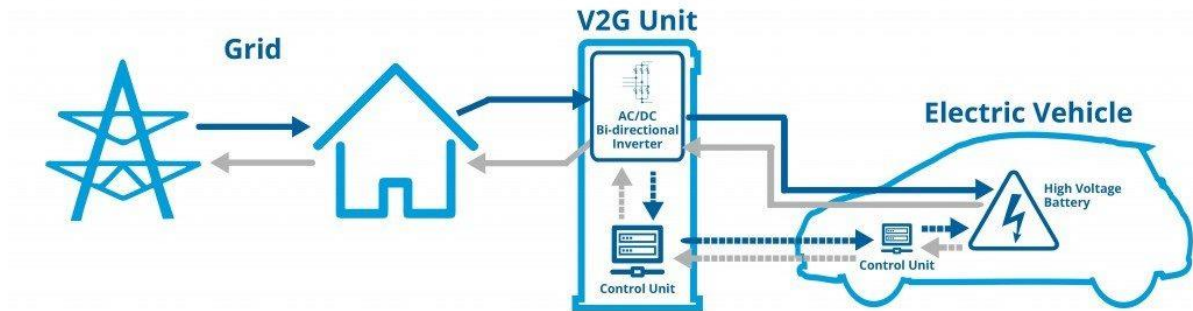
Älykkäissä ja digitaalisessa sairaalassa älykäs latausasema kannattaa kuitenkin viedä hieman pidemmälle, jolloin sähköajoneuvot voivat tukea sairaalan sähköverkkoa ja toimia samalla energiavarastoina. Ratkaisu tähän on nimeltä V2G. V2G on lyhennys sanoista “vehicle-to-grid”. V2G on tarkoittaa tekniikkaa, jonka avulla energia voidaan siirtää takaisin sähköverkkoon sähköajoneuvon akusta. Vehicle-to-grid tekniikalla ajoneuvon akkua voidaan ladata ja akusta voidaan siirtää energiaa takaisin sähköverkkoon erilaisten älykkäiden ohjaussignaalien perusteella – kuten esimerkiksi sairaalan kokonaisenergiakulutuksen perusteella. Ideana on tasapainottaa sähköverkkoa kysynnänjouston avulla.

Vehicle-to-grid on periaatteessa samanlainen tekniikka, kuin tavallinen älykäs lataus. Älykkäissä latauksessa sähköauton saamaa lataustehoa lisätään ja vähennetään tarvittaessa, riippuen rakennuksen muusta kulutuksesta. Vehicle-to-grid menee askeleen älykästä latausta pidemmälle ja mahdollistaa ladatun virran takaisin syötön sähköverkkoon päin sähköautojen akuista. Tällä pyritään tasapainottamaan sähköverkkoa energiatuotannon ja kulutuksen vaihtelujen tasapainottamiseksi.

Toimiakseen vehicle-to-grid vaatii niin sanotun kaksisuuntaisen latausaseman, eli “V2G” aseman. Tavalliset sähköautojen pikalatausasemat ja muut latausasemat eivät sovellu vehicle-to-grid käyttöön. V2G-latausasema ei myöskään käytä koko sähköajoneuvon akkua tyhjäksi. V2G-latausasemat hyödyntävät sähköajoneuvon akkua siten, että niihin jää aina virtaa 70-90 %. (Virta, Vehicle-to-Grid: Everything you need to know) Tällä tavalla varmistetaan myös se, että sähköajoneuvojen kuljettavat pääsevät jatkamaan matkaansa, eikä sähköajoneuvojen akut ole tyhjiä. Tällä hetkellä Suomessa on vain yksi V2G-latausasema, joka sijaitsee Helsingissä Suvilahdessa.

Vehicle-to-grid on erittäin hyvä vaihtoehto latausasematyypiksi älykkääseen ja digitaaliseen sairaalaan, koska samalla sähköajoneuvojen akustoja voidaan hyödyntää energiavarastoina. Li-

säksi sähköajoneuvojen akut ovat ylivoimaisesti kustannustehokkain energian varastointimuoto, eivätkä ne vaadi lisäinvestointeja erinäisiin laitteistoihin, vaan ainoa investointi on V2G-latausasema.



Kuva 22. Vehicle-to-grid (Cleantech Group, EV-Charging: Software and Grid Services).

Tulevaisuudessa älykkäät ja digitaaliset sairaalat tulevat hyödyntämään V2G-tekniikkaa yhä enemmän. V2G-tekniikan etuna sairaaloille on se, että niiden ei tarvitse hankkia omia energiavarastoja, vaan he voivat ulkoistaa energiavarastot sairaalan käyttäjille, eli asiakkaille. Tällöin myös käyttäjille täytyy antaa jotain vastineeksi siitä, että heidän sähköajoneuvojen akkuja käytetään rakennuksen hyväksi ja tätä kautta lyhennetään niiden käyttöikä. Vastineeksi kiinteistö voi tarjota esimerkiksi ilmaisen pysäköinnin tai ilmaisen latauksen. Älykkäät ja digitaaliset sairaalat tulevat tulevaisuudessa esimerkiksi hyödyntämään V2G-tekniikalla varustettuja monipaikkaisia parkkihalleja, jolloin sairaalat saavat käyttöönsä entistä suuremmat energiavarastot.

7.3 Kuvantamisen laitteet

Kuvantamisella tarkoitetaan sairaaloissa toimivan kuvantamisyksikön tekemiä kuvantamistutkimuksia. Kuvantamistutkimuksia tehdään esimerkiksi niin pienitehoisilla röntgenlaitteilla kuin myös suuritehoisilla tietokonekerroskuvaslaitteilla eli CT-laitteilla ja magneettikuvaslaitteilla eli MRI-laitteilla. Kuvantamislaitteet aiheuttavat suuria tehopiikkejä sairaalan sähköverkkoon. Esimerkiksi pienitehoisten magneettikuvaslaitteiden tehotarve on noin 84 kVA ja suuritehoisten magneettikuvaslaitteiden jopa 240 kVA.

Kuvantamisen laitteiden teho vaatimukset on pystyttävä huomioimaan älykkäissä ja digitaalisissa sairaaloissa siten, että sairaalan sähköverkkoa ei ylimitoiteta tarpeettomasti. Sairaaloissa kuvantamisen laitteita voi olla esimerkiksi yli kymmenen kappaletta, jolloin niiden yhtenäinen tehotarve voisi olla jopa yli 2400 kVA, eli melkein jopa yhden sairaalarakennuksen vaatiman tehon verran. Pääsääntöisesti kuvantamislaitteiden tehotarpeiden osalta puhutaan kuitenkin hetkellisestä tehotarpeesta, eli tehopiikeistä.

Esimerkiksi Siemensin MRI-laite ”Magnetom Skyra” tarvitsee toimiakseen 160 A virran. Tällainen laite yksinään ei ole sairaalan sähköverkolle haaste. Tulevaisuudessa kuvantamislaitteilla halutaan pystyä tekemään entistä tarkempia tutkimuksia, jotka kasvattavat kuvantamislaitteiden tehoa. Esimerkiksi Siemensin tulevaisuuden kuvantamisen CT-laite ”Somatom Force” tarvitsee toimiakseen 400 A virran. Kuvantamislaitteiden tehopiikkejä voidaan tasata älykkäissä sairaalarakennuksissa esimerkiksi energiavarastoiden avulla, jolloin sairaalan sähköverkkoa ei tarvitse ylimitoitaa tarpeettomasti. Energiavarastoksi sopii esimerkiksi kappaleessa 5.4 esitetyt superkondensaattorit, joista saadaan nopeasti vapautettua sähköenergiaa kuvantamislaitteiden tehotarpeisiin ja joilla pystytään leikkaamaan huipputehon tarvetta.



Kuva 23. Siemens Somatom Force CT-laite (Siemens Healthineers, Somatom Force).

Kuvantamisen laitteet tulevat yleistymään tulevaisuudessa johtuen muun muassa syöpäsairauksien kasvavista määristä ja tästä johtuen älykkäissä ja digitaalisissa sairaaloissa tullaan tarvitsemaan yhä enemmän sairaalatiiloja kuvantamisen laitteille. Tulevaisuudessa älykkäät ja digitaaliset sairaalat tullaan varustamaan yhä tehokkaimmalla kuvantamisen laitteella, joilla saadaan otettua myös entistä tarkempia kuvia. Tästä johtuen kappaleessa 5.4 esitetyt älykkäät ratkaisut tulevat olemaan osa tulevaisuuden älykkäitä ja digitaalisia sairaaloita.

8 YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin älykästä ja digitaalista sairaalaa. Työn tarkoituksena oli perehtyä tulevaisuuden sairaalaan, saada tietoa tulevaisuuden kansantaudeista ja tulevaisuuden sairauksien hoitomuodoista. Päällimmäisenä tarkoituksena oli saada muodostettua kuva älykkäästä ja digitaalisesta sairaalasta. Tämä työ on vain yksittäinen näkemys älykkäästä ja digitaalisesta sairaalasta.

Työn ensimmäisessä osiossa perehdyttiin Suomen nykyiseen väestön rakenteeseen, jonka pohjalta työssä lähdettiin tarkastelemaan tulevaisuuden näkymiä Suomen väestön rakenteen osalta. Tärkeimmäksi huomioksi väestönrakenteen osalta nousi väestön vanheneminen sekä syntyvyyden lasku.

Väestön rakenteeseen ja sen tulevaisuuden näkymien perehtymisen perusteella työssä lähdettiin tarkastelemaan Suomen nykyisiä kansantauteja. Nykyisten kansantautien pohjalta työssä alettiin miettiä tulevaisuuden kansantauteja sekä näiden hoitomuotoja. Suurimmaksi huomioksi esiin tuli väestön ikääntymisen myötä yleistyvät kansantaudit, joita ovat muun muassa syöpäsairauksien, muistisairauksien ja mielenterveyden ongelmien yleistymiset. Tulevaisuuden kansantautien jälkeen työssä käsiteltiin tulevaisuuden sairaalan tilatarpeita. Tilatarpeiden osalta esille nousi muun muassa tilatarpeet syöpäsairauksien hoitoa varten, tilatarpeet vanhusten hoitoa varten sekä tilojen muuntojoustavuus, jotta pystytään varautumaan esimerkiksi koronaviruksen kaltaisten, helposti leviävien tautien aiheuttamiin potilasmäärien äkilliseen kasvuun.

Työssä tarkasteltiin älykkään sairaalan osalta eri sähkötekniisiä järjestelmiä. Älykkään sairaalan muodostavat eri sähkötekniset järjestelmät, jotka mahdollistavat esimerkiksi sairaalan sähköverkon kauko-ohjaukset ja toimintavarmuuden paranemisen. Lisäksi järjestelmät mahdollistavat energiantuotannon sekä energiavarastojen hyödyntämisen esimerkiksi kuormituksen tasapainottamisessa. Älykäs sairaala myös parantaa potilaiden ja hoitohenkilökunnan käyttömukavuutta esimerkiksi älykkään valaistuksen ja älykkään hoitajakutsujärjestelmän avulla.

Työssä tarkasteltiin myös digitaalista sairaalaa, digitaalisen sairaalan ominaisuuksia sekä digitaalisen sairaalan eri palveluita. Tärkeimmäksi havainnoksi digitaalisen sairaalan osalta nousi sen monimuotoisuus. Ei ole olemassa vain yhtä ja ainoaa oikeaa tapaa toteuttaa digitaalista

sairaala, vaan sairaalan digitaalisuuteen voidaan aina panostaa enemmän tai vähemmän. Työssä kirjoitetussa Humber River Hospital -sairaalan esimerkissä kyseisen sairaalan digitaalisuus on viety erittäin pitkälle, mutta myös vähäisemmällä digitaalisuuden määrällä sairaala täyttää digitaalisen sairaalan määritelmän.

Kun sairaalassa yhdistyy älykkäät järjestelmät sekä digitaaliset palvelut, saadaan lopputulokseksi älykäs digitaalinen sairaala. Tätä työtä voidaan hyödyntää esimerkiksi älykkään ja digitaalisen sairaalan konseptoinnissa. Työ avaa sekä älykkään että digitaalisen sairaalan määritelmiä lukijalleen, ja lukija saa muodostettua kokonaisvaltaisen kuvan itselleen älykkäästä ja digitaalisesta sairaalasta.

Lähteet

Tilastokeskus. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 30.4.2020].

Saatavissa: <https://www.stat.fi/til/vrm.html>

Findikaattori, Väestön ikärakenteen kehitys [WWW-dokumentti]. [Viitattu 30.4.2020].

Saatavissa: <https://findikaattori.fi/fi/81>

Tilastokeskus. Väestötieteen perusteet [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa:

https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_vaesto&lesson_id=12&subject_id=3&page_type=sisalto

Findikaattori, Elinajanodote [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa: <https://findikaattori.fi/fi/46>

Tilastokeskus. Syntyvyyden lasku heijastuu alueiden tulevaan väestökehitykseen [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa: https://www.stat.fi/til/vaenn/2019/vaenn_2019_2019-09-30_tie_001_fi.html

THL, Yleistietoa kansantaudeista [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/yleistietoa-kansantaudeista>

Suomen Seniorihoiva, Vanhusten yleisimmät sairaudet [WWW-dokumentti].

[Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa:

<https://suomenseniorihoiva.fi/tietopankki/ikaantyneiden-sairaudet/vanhusten-yleisimmat-sairaudet/>

Syöpäjärjestöt, Yli 75-vuotiaiden syövät [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa:

<https://www.syopajarjestot.fi/julkaisut/raportit/syopa-suomessa-2016/yli-75-vuotiaiden-syovat/>

Potilaan lääkirilehti, Iäkkäiden diabeetikoiden matalilla verensokeriarvoilla yhteys demen-tiariskiin [WWW-dokumentti]. [Viitattu 4.5.2020].

Saatavissa:

<https://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/iakkaiden-diabeetikoiden-matalilla-verensokeriarvoilla-yhteys-dementiariskiin/>

Eeva Reissell. Hallintoylilääkäri, THL. Haastattelu, haastattelijana Erik Ketola, Helsinki 18.5.2020.

Jyväskylän yliopisto, kalleimpien kansansairauksien selvitysraportti, 2017.

Diabeteksen kustannukset Suomessa 1998 – 2017. Diabeteksen ehkäisyn ja hoidin kehittämis-ohjelma. Suomen diabetesliitto.

Juha Jantunen, 2014. Allergian ja astman kustannukset Suomessa vuonna 2011. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan selosteita 85, 2014.

THL, Sydän- ja verisuonitautien hoito [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa:

<https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/sydan-ja-verisuonitaudit/sydan-ja-verisuonitautien-hoito>

Mehiläinen, Diabetes [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa: <https://www.mehilainen.fi/diabetes>

Allergia, Astman hoito [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa: <https://www.allergia.fi/astma/astman-hoito/#172d6549>

Ihosairaala, Allergian hoito [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa: <https://ihosairaala.fi/palvelut/allergia/allergian-hoito/>

Hengityслиitto, Harvinaisen keuhkosairauden hoito [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa:

<https://www.hengityслиitto.fi/fi/hengityssairaudet/harvinaiset-keuhkosairaudet/harvinaisen-keuhkosairauden-hoito>

HUS, Syövän hoito [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa: https://www.hus.fi/sairaanhoito/sairaanhoitopalvelut/syopataudit/syovan_hoito/Sivut/default.aspx

Staten Island Radiation Oncology, RapidArc Volumetric Arc Therapy [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.5.2020].

Saatavissa:

<https://statenlandsradiation.com/cancer-treatments-and-technology/rapidarc-volumetric-arc-therapy-vmat>

Muistiliitto, Hoito ja kuntoutus [WWW-dokumentti]. [Viitattu 7.5.2020].

Saatavissa: <https://www.muistiliitto.fi/fi/tuki-ja-palvelut/hoito-ja-kuntoutus>

Suomen Reumaliitto Ry, Tuki- ja liikuntaelinsairaudet, s. 14-15

Mielenterveystalo, hoitomuotoja [WWW-dokumentti]. [Viitattu 7.5.2020].

Saatavissa:

<https://www.mielenterveystalo.fi/aikuiset/Tietopankki/Hoitomuotoja/Pages/default.aspx>

Potilaan lääkrilehti, Tulevaisuuden potilas [WWW-dokumentti]. [Viitattu 5.5.2020].

Saatavissa: <https://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/tulevaisuuden-potilas/>

HUS-opaste [WWW-dokumentti]. [Viitattu 5.5.2020].

Saatavissa: <https://hus-opaste.hus.fi/>

Sari Matikka-Tulonen, Viihtyisä Potilashuone. Opinnäytetyö, Lahden Ammattikorkeakoulu, 2010.

ST-käsikirja 35. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset, sivut 51, 60, 61, 66. Sähkötieto ry, 2015. ISBN 978-952-231-146-7.

Suomen standardisoimisliitto. SFS-6000-7-710:2017 (18.8.2017). Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Helsinki: SFS ry.

Team Integrated, HUS Siltasairaala. Arkkitehtiryhmän pohjapiirustus HUS Siltasairaalan vuodeosaston 5.kerroksesta.

Granlund Oy, Tehohoitotila koronatilanteen ratkaisemiseen [WWW-dokumentti]. [Viitattu 8.5.2020]. Saatavissa:

<https://www.granlund.fi/uutiset/tehoaitotila-koronatilanteen-ratkaisemiseen/>

Erkki Laakervi & Jarmo Partanen. Sähköjaketekniikka, sivut 235 – 236. Otatieto, 2009. ISBN 978-951-672-359-7.

Energiateollisuus, Aurinkosähkö. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 11.5.2020].

Saatavissa: <https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima>

Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and and Solar Systems, LUT. Luentomateriaali: Lecture 10: PV inverter control, Central inverter systems, 25.3.2019.

Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and and Solar Systems, LUT. Luentomateriaali: Lecture 8: PV system and inverter technology, 25.3.2019.

Hannu Kärkkäinen, Superkondensaattorien suoritusarvot, Sähkötekniikan kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2015.

EATON, Eatonin uusi UPSG-konttiratkaisu. Esite 646.

EATON, Superkondensaattorit lyhyiden varakäyntiaikojen ratkaisuna. Sovelluksena huipputehon rajoitus kuvantamislaitteikäytössä, 2014.

Olli Pyrhönen, Electrical Engineering in Wind and and Solar Systems, LUT. Luentomateriaali: Lecture 12: Electric Energy storages 7.4.2019.

Santeri Honkanen, Mekaaniset energiavarastot. Energiatekniikan kandidaatintyö, Lappeenranta teknillinen yliopisto, 2019.

Valaistustieto, Älykäs valaistus [WWW-dokumentti]. [Viitattu 12.5.2020].

Saatavissa: <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/alykas-valaistus/>

Sara Puhakka, Puhdastilan valaistus ja intensiivihoidon ihmislähtöinen valaistus sairaalassa. Insinööriyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2016.

Glamox, Human Centric Lighting [WWW-dokumentti]. [Viitattu 12.5.2020].

Saatavissa: https://glamox.com/fi/human-centric-lighting_#what

Ascom, Ascom Telligence välittää hoitajakutsut älykkäästi [WWW-dokumentti]. [Viitattu 12.5.2020].

Saatavissa: <https://www.ascom.com/fi/news-and-events/articles/ascom-telligence.html>

Enertec, 5G avaa uuden mahdollisuuksien kirjon [WWW-dokumentti]. [Viitattu 13.5.2020].

Saatavissa: <https://www.enertec.fi/natiivi/398/5g-avaa-uuden-mahdollisuuksien-kirjon>

Petri Vähäkainu, Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia. Jyväskylän yliopisto, Informaatio teknologian tiedekunnan julkaisuja. No 43/2018.

Granlund Oy, Digitaalinen sairaala. Esittelymateriaali, 24.8.2017

SimpleComply, Digital Health Care [WWW-dokumentti]. [Viitattu 13.5.2020].

Saatavissa: <https://simplecomply.com/digital-health-care/>

Telecareaware, What is Telecare? [WWW-dokumentti]. [Viitattu 18.5.2020].

Saatavissa: <http://telecareaware.com/what-is-telecare/>

Meditas, Hoivarobotiikka [WWW-dokumentti]. [Viitattu 19.5.2020].

Saatavissa: <https://www.meditas.fi/hoivarobotiikka/>

Minna Harsu, Robotiikka terveydenhuollossa. Opinnäytetyö, Tampereen Ammattikorkeakoulu, 2017.

Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim, Virtuaalitodellisuus tuo uusia työvälineitä terveydenhoitoon [WWW-dokumentti]. [Viitattu 23.6.2020].

Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo13741>

How North America's First Fully Digital Hospital Facility is Revolutionizing Healthcare [WWW-dokumentti]. [Viitattu 22.6.2020].

Saatavissa:

<https://info.healthspaceevent.com/blog/how-north-americas-first-fully-digital-hospital-facility-is-revolutionizing-healthcare>

Granlund Oy, Sähköautojen lataus HUS sairaala-alueilla. Esiselvitystyö ja skenaariotarkastelut. 27.5.2019

Virta, Vehicle-to-Grid: Everything you need to know [WWW-dokumentti].

[Viitattu 12.5.2020]. Saatavissa: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>

Cleantech Group, EV Charging: Software and Grid Services [WWW-dokumentti].

[Viitattu 12.5.2020].

Saatavissa: <https://www.cleantech.com/ev-charging-software-and-grid-services/>

Siemens Healthineers, Somatom Force [WWW-dokumentti]. [Viitattu 3.6.2020].

Saatavissa:

<https://www.siemens-healthineers.com/computed-tomography/dual-source-ct/somatom-force>