



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sammeli Portti

Valaistus ja valaistuksen ohjaustavat sairaalassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

29.11.2019

| | |
|--|---|
| Tekijä Otsikko | Sammeli Portti Valaistus ja ohjaistavat sairaalassa |
| Sivumäärä Aika | 36 sivua 29.11.2019 |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma | sähkö- ja automaatiotekniikka |
| Ammatillinen pääaine | sähkövoimatekniikka |
| Ohjaajat | ryhmäpäällikkö Juha Långström lehtori Jarno Nurmio |
| <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin valaistuksen ja valaistuksen ohjausjärjestelmien suunnittelua sairaalaan huomioiden standardien ja määräyksien esittelemät laatuvaatimukset. Tavoitteena oli tuoda käyttäjälle tietoa valaistuksesta ja valaistuksen ohjauksesta, mutta myös tuoda suunnittelijalle käsitys käyttäjän tarpeista. Työllä pyrittiin kokoamaan ohjeita ja parantamaan Granlund Oy:n valaistussuunnittelua sairaalahankkeiden yleissuunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyön tekemiseen käytettiin valaistustekniikan kirjallisuutta ja omia kokemuksia sairaalasähkösuunnittelijana ja sähköasentajana. Sairaalan sähköjärjestelmien ja valaistukseen liittyvien standardien ja määräyksien tutkiminen oli työn merkittävimpiä osia. Valaistusta suunniteltaessa tilat suunnitellaan käyttäjälle, joten työssä tuli miettiä, kuinka standardin ja käyttäjän tarpeet pystytään huomioimaan valaistuksen suunnittelussa.</p> <p>Työssä syntyi terveydenhoitotilojen valaistussuunnittelua käsittelevä ohjeistus, jossa huomioidaan standardit, määräykset ja käyttäjän tarpeet laadukkaaseen valaistukseen ja valaistuksen ohjauksiin terveydenhuollon lääkintätiloissa.</p> <p>Yhteenvetona työssä oli, ettei standardit täyttävä laadukas valaistus ja suunniteltu valaistuksenohjaus ei riitä, jos käyttäjä ei pysty hyödyntämään valaistusta ja valaistuksen ohjausta. Hoivahenkilökunnan ja potilaiden tarpeita tulee huomioida, jotta viihtyvyys, tuottavuus ja toipuminen voisivat toteutua hyvällä valaistuksen suunnittelulla.</p> | |
| Avainsanat | valaistuksenohjaus, sairaalavalistus, ihmislähtöinen valaistus, DALI, KNX |

| | |
|---|--|
| Author Title | Sammeli Portti Lighting and Lighting Control in Hospitals |
| Number of Pages Date | 36 pages 29 November 2019 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Electrical and Automation Engineering |
| Professional Major | Electrical Power Engineering |
| Instructors | Juha Långström, Group Manager Jarno Nurmio, Senior Lecturer |
| <p>The thesis deals with design of lighting and lighting control systems for hospitals. The thesis considers the quality requirements for lighting presented by standards and regulations. The lighting needs of hospital staff and patients are also addressed. The purpose of this work was to compile guidelines and improve the lighting design of Granlund Oy in hospital design in general planning.</p> <p>Literature on lighting technology and my own experience as a hospital electrical designer and electrician were used in this thesis work. A significant part of the work was related to the study of standards and regulations and their implications for hospital lighting design. Lighting is designed for the user: for this reason, it was necessary to consider how both regulations and user needs can be considered.</p> <p>The work resulted in a guide to lighting design for healthcare facilities, which consider standards, regulations, and user needs for high-quality lighting and lighting control in medical healthcare facilities.</p> | |
| Keywords | lighting control, hospital lighting, human centric lighting, DALI, KNX |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Perusteita valaistussuunnitteluun | 2 |
| 3 | Valaistuksen säätäminen ja ohjaustavat | 8 |
| 3.1 | Langalliset säätö ja ohjaustavat | 10 |
| 3.2 | Langattomat ohjaustavat | 16 |
| 4 | Terveydenhoitotilojen valaistuksen suunnittelu | 18 |
| 4.1 | Valaistusperiaatteet | 19 |
| 4.2 | Lääkintätilojen G-luokitus | 20 |
| 4.3 | Terveydenhoitotilat – Yleiskäyttöhuoneet | 24 |
| 4.4 | Terveydenhoitotilat – Vuodeosastot | 25 |
| 4.5 | Ihmislähtöinen valaistus | 27 |
| 4.6 | Terveydenhoitotilat - Tutkimushuoneet | 28 |
| 4.7 | Terveydenhoitotilat - Leikkaussalit | 29 |
| 4.8 | Puhdastilat ja desinfiioiva valaistus | 30 |
| 5 | Yhteenveto | 31 |
| | Lähteet | 33 |

Lyhenteet

| | |
|----------------|---|
| CCT | <i>Correlated Color Temperature</i> . Ekvivalenttinen värilämpötila. |
| CIE | <i>Commission Internationale de l'Eclairage</i> . Kansainvälinen valaistuskomissio. |
| CRI | <i>Colour rendering index</i> . Valolähteen värintoistoindeksi. |
| DALI | <i>Digital Addressable Lighting Interface</i> . Standardiin IEC 62386 perustuva digitaalinen osoitteellinen valaistusohjausjärjestelmä. |
| DSI | <i>Digital Serial Interface</i> . Digitaalinen osoitteeton valaistusohjausjärjestelmä |
| IEC | <i>International Electrotechnical Commission</i> . Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio. |
| IoT | <i>Internet of Things</i> . Esineiden internet. Automaattinen tiedonsiirto esineiden välillä. |
| KNX | Avoimen standardin ISO/IEC 14543 noudattava väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä. |
| LED | <i>Light-Emitting Diode</i> . Valoa hoitava puolijohdekomponentti. |
| PELV | <i>Protective extra low voltage</i> . Pienoisjännitejärjestelmä |
| PIR | <i>Passive InfraRed sensor</i> . Passiivinen infrapunatunnistin. |
| R _a | Valolähteen värintoistoindeksi. |
| SELV | <i>Safety Extra Low Voltage</i> . Pienoisjännitejärjestelmä. |
| SFS | Suomen Standardoimisliitto. |
| UGR | <i>Unified Glare Rating</i> . Kiusahäikäisyn johtuva häikäisyindeksi. |

1 Johdanto

Keinovalaistus on antanut ihmiselle mahdollisuuden näkötehtävien toteuttamiseen vaikeissakin olosuhteissa ilman luonnonvaloa. Kehittyneen tekniikan avulla pystymme säätämään ja muokkaamaan valaistusta mieleiseksi. Voimme vaikuttaa, millaisessa valossa näkötehtävä on mielekästä, mukavaa, nostattaa motivaatiota ja tuottavuutta. Keinovalaistus myös on tuonut ominaisuuksillaan ylläpitämään ihmisen biologista kelloa, kun auringonvaloa ei ole tarjolla.

Koska sairaalat ovat teknillisesti monimutkaisia kiinteistöjä, suunnittelua ohjataan erilaisin standardein, määräyksin ja ohjein. Valaistuksen näkökulmasta standardeista annetaan laatuvaatimuksia ja määräyksissä esitetään tavat, kuinka valaistus toteutetaan. Erilaiset tutkimukset valaistuksesta antavat ohjeita, kuinka valaistuksesta saadaan vieläkin laadukkaampaa henkilökunnalle ja potilaille, jotta standardien täytyessä käyttäjänkin tarpeet saavutetaan.

Sairaaloissa suunnittelijan täytyy huomioida kahden täysin erilaisten käyttäjäryhmien tarpeet. Henkilökunnan tulee tehdä tarkkaa ja vaativaa näkötyötä vuorokaudenajasta riippumatta. Valaistuksella voidaan vaikuttaa henkilökunnan hyvinvointiin, tarkkuuteen ja työn mielekkyyteen. Näin potilaille taataan hyvät valmiudet hoitoon ja toipumiseen. Potilaat voivat joutua viettämään paljon aikaa sairaalassa, ja näin valaistuksen tulee olla kodinomaista, mielekästä ja toipumista edistävää.

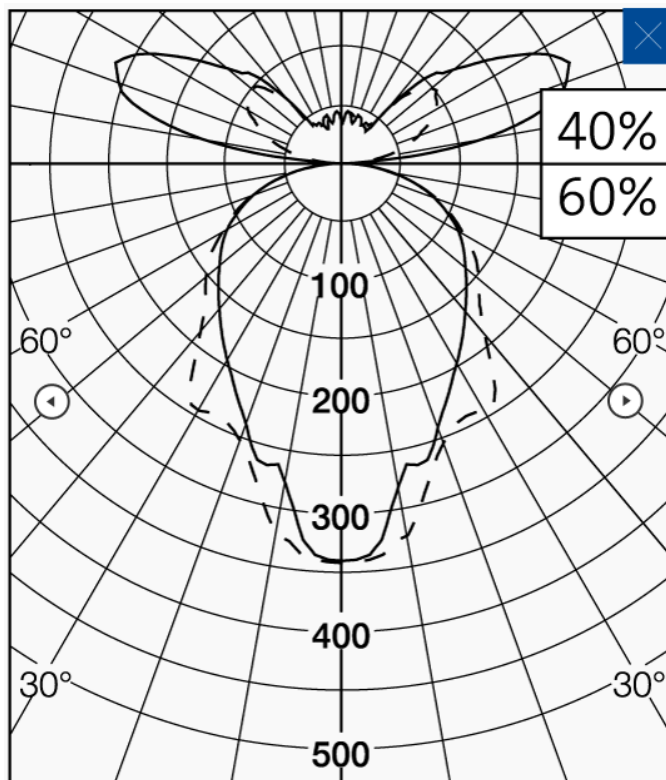
Opinnäytetyön tarkoituksena on käsitellä sairaalan valaistussuunnitteluun liittyviä teki-
jöitä niin teknilliseltä puolelta kuin asiakaslähtöisesti. Työssä käsitellään valaistuksen perussuureita ja erilaisia yleisiä valaistuksenohjaustapoja sekä laatuvaatimuksia, määräyksiä ja ohjeita valaistukselle erilaisissa lääkintätiloissa. Työssä pyritään tuomaan myös käyttäjien tarpeet esille. Opinnäytetyö tehdään Granlund Oy:n toimeksiantona ja tarkoituksena on lisätä Granlundin sairaalasuunnittelijoiden tietämystä sairaaloiden valaistuksen suunnittelusta.

2 Perusteita valaistussuunnitteluun

Valaistussuunnittelussa on tärkeää miettiä, kenelle valaistusta suunnitellaan ja mitkä ovat näkemiseen liittyvien tehtävien tärkeys. Valoa tulee olla tarpeeksi, jotta ihminen pystyy suoriutumaan näkötehtävissään, jopa vaativissa tilanteissa. Valon tulee myös olla tarpeeksi laadukasta ja hyvin suunniteltua, jotta ihmisen näkömukavuus on hyvällä tasolla. Henkilön ei toisin sanoen tulisi saada miettiä tai huolehtia näkötehtävänsä aikana valaistuksesta. Valaistuksella luodaan myös turvaa ympärille, koska näkeminen on aisteistamme dominoivin ja tuo eniten informaatiota ympäröivästä ympäristöstämme. (1, s. 14.) Tässä luvussa käsitellään valaistussuunnittelun merkittävimpiä valaistusteknillisiä suureita ja käsitteitä.

Valovoima

Valovoimalla ilmaistaan valon määrää määrättyyn suuntaan valonlähteestä. Tällä ilmaistaan valaisinlähteen valojako-ominaisuudet, joita pystytään kuvaamaan suhteellisarvoina valojakokäyristä. Valojakokäyriä tulkitaan silloin, kun valaisimelta halutaan valoa määrättyyn suuntaan valaistavalle kohteelle. Valovoima ilmaistaan valojakokäyrässä yleensä polaari- eli napakoordinaatistossa pysty akselin suuntaisessa tasossa. Valovoiman yksikkö on kandela [cd], ja valojako ilmoitetaan suhteellisarvona cd/klm (kandeloita tuhatta lumentä kohti). Valojakokäyrän esimerkki on esitetty kuvassa 1. (2; 3, s. 460.)



Kuva 1. Suora/epäsuoran valaisimen valojakokäyrä (4).

Valovirta

Valovirran tunnus on Φ (lm, lumen). Luumeneilla ilmaistaan valolähteen silmän herkkyydellä painotettua valomäärää. Tätä suunnittelija käyttää lähtötietona määrittellessään oikeanlaista valaisinta tilaan tavoitteena riittävän valaistusvoimakkuuden saavuttamiseksi. (5, s. 1.)

Nykypäivänä LED-tekniikka valaistuksessa on yleistynyt muun muassa tehokkuuden, energiansäästön ja halventuneiden komponenttien vuoksi. LED-valonlähteillä on kuitenkin ongelma eli valovirran alenema valolähteen materiaalien ikääntyessä. Valaistussuunnittelussa tämä tulee ottaa huomioon mitoittaessa valaistusta. Standardissa IEC 62717 määritellään yleisesti käytetty LED-valolähteen mediaani elinikä. Elinikä ilmoitetaan usein muodossa $L_x B_y$ määritetyn ajan kulttua (esimerkiksi 50 000 h) ja ympäristön normaalissa lämpötilassa, joka oletetaan olevan $T_a 25\text{ °C}$. L -arvolla ilmaistaan, kuinka monta prosenttia valovirta on vähentynyt määritetyn ajan

kulttua ja B-arvo (vikaantumiskerroin) ilmoittaa, kuinka monta prosenttia LED-moduulin valokomponenteista valovirta on yhtä suuri tai suurempi kuin vastaavat LED-komponentit arvolla L_x . Esimerkiksi $L_{70}B_{50}$ 100 000 h tarkoittaa, että 100 000 tunnin jälkeen valovirran alenema on 30 % ja vähintään 50 % LED-komponenteista on säilyttänyt 70% alkuperäisestä valovirrasta. (6.)

Luminanssi

Luminanssissa ilmaistaan määrätystä suunnasta katsottua pinnan kirkkautta. Kirkkaus on oikeastaan ainoa suure, jonka pystyy silmällä havaitsemaan. Yksikkönä käytetään kandela per neliömetri [cd/m^2], eli valovoima tarkasteltua pinta-alaa kohti ja tunnuksena L. Näkeminen perustuu luminanssikontrastiin, eli kuinka valo heijastuu erilaisista pinnoista. Luminanssikontrasti ilmaistaan tunnuksella K ja sen laskenta ilmaistaan kaavalla 1. (7.)

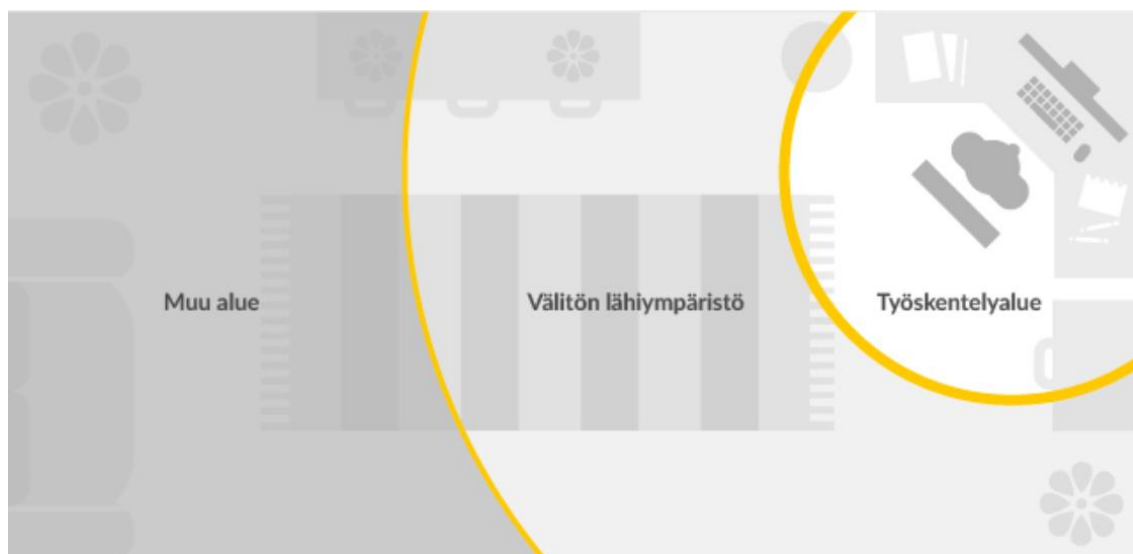
$$K = \frac{L_a - L_b}{L_a} \quad (1)$$

K on luminanssikontrasti
 L_a on tausta-alueen luminanssi
 L_b on katselukohteen luminanssi

Valaistusvoimakkuus

Valaistussuunnittelussa ja erityisesti valaistuslaskennassa käytetty suure, jonka tunnus on E ja yksikkö on lm/m^2 eli luxi (lx). Valaistusvoimakkuudella ilmaistaan valovirran määrää määrätyllä pinnalla. Pinta voi olla työtaso, lattia, katto, tai seinä. Standardi SFS-EN 12464-1 käsittelee erilaisille tiloille ja näkötehtäville tarpeelliset valaistusvoimakkuudet. Näkötehtävät määritellään tilakohtaisesti sekä tilojen valotekniset raja-arvot, joita valaistussuunnittelijan tulee täyttää valaistuslaskennassa. Standardi ottaa myös kantaa näkötehtävän työalueen, välittömän alueen ja ympäröivän

alueen valaistusvoimakkuuksiin, joka on havainnollistetaan kuvassa 2. (1, s. 17; 8, s. 1; 9.)



Kuva 2. Valaistuksen mitoittaminen työskentelyalueella (9).

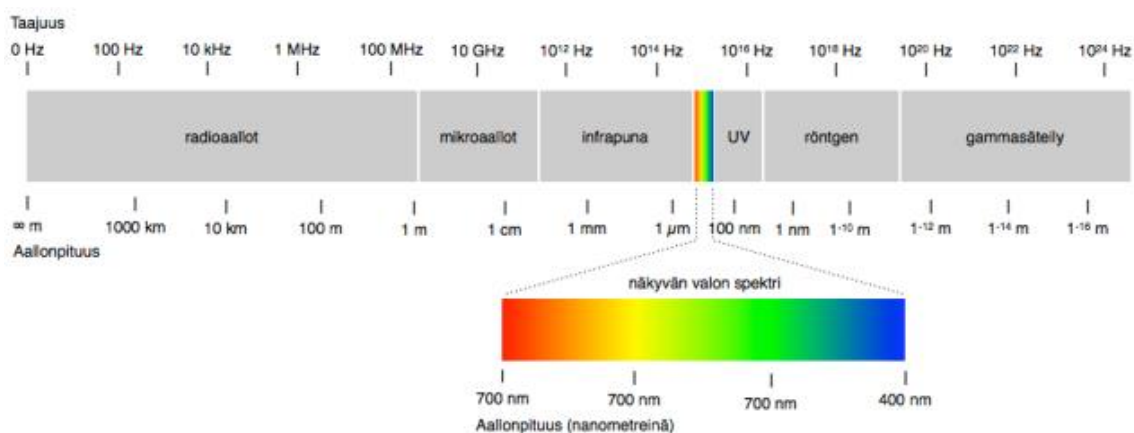
Valaistusvoimakkuuteen liittyy oleellisesti myös valaistuksen tasaisuus. Sisävalaistusstandardi (1) määrittelee tiloille raja-arvoja kohdealueen tasaisuuksille. Kohdealueen valaistus U_o määritellään kaavalla 2. Kaavalla määritellään tasaisuus tilan minivalaistusvoimakkuuden suhde kohdealueen keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen. Työkohteiden tasaisuus sisätiloissa on yleisesti $U_o \geq 0.4$. Sairaalan hoitotiloissa tasaisuuden vaatimukset voivat olla jopa $U_o = 0.7$. (10, s. 8.)

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{maks}} \quad (2)$$

U_o on kohdealueen tasaisuus
 E_{min} on kohdealueen minimi valaistusvoimakkuus
 E_{maks} on kohdealueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus.

Valon spektri

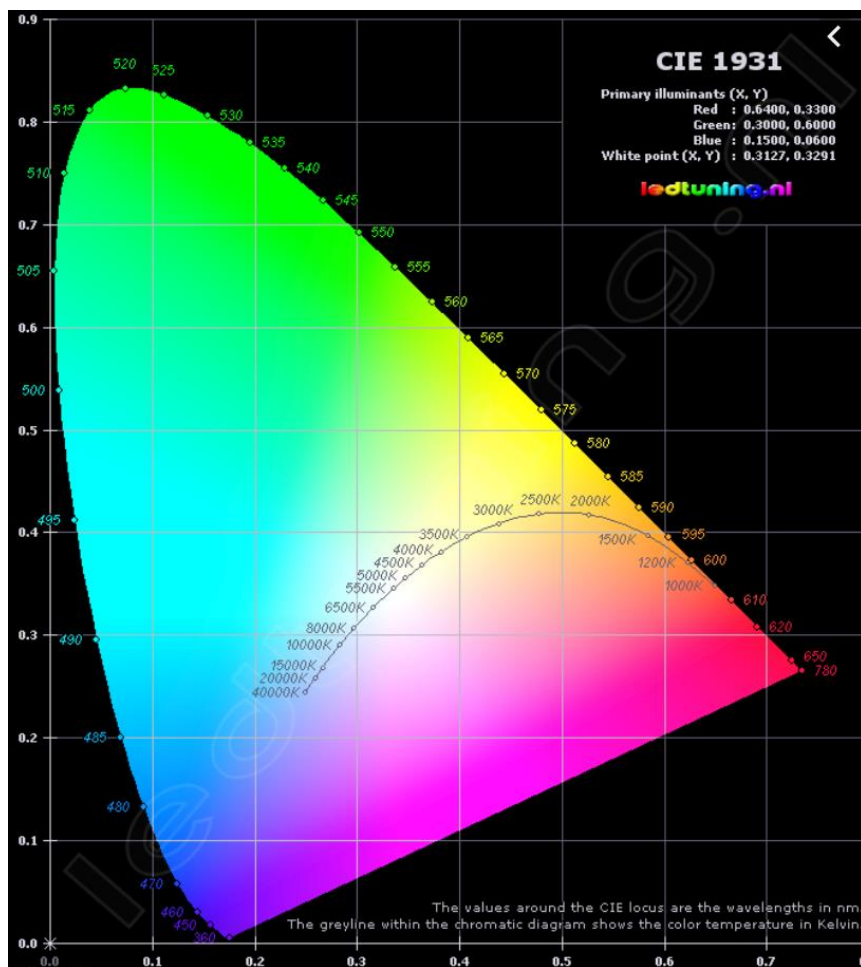
Valo on sähkömagneettista aaltoliikettä eli säteilyä. Ihmissilmä pystyy näkemään tästä säteilystä vain tietyn osan, jota kutsutaan näkyväksi valoksi. Näkyvän valon säteilyn aallonpituus on 380–780 nanometriä. Sähkömagneettisen aaltoliikkeen havainnollistettu kuva on kuvassa 3. Erilaiset valonlähteiden tuottamaa keinovaloa pystytään tarkastelemaan spektrin avulla. (11; 12.)



Kuva 3. Sähkömagneettinen säteily eri aallonpituuksilla (11).

Väriämpötila ja Värintoisto

Valolähteen valkoiseksi käsitetyn valon väriämpötila määritetään väriämpötilan avulla, ja sen tunnus on K (kelvin). Valon värisävyn ilmaisee ekvivalenttinen väriämpötila CCT. Yleisesti puhutaan, että lämminsävyinen valo on oranssia ja kellertävää (<2700 K) ja kylmänsävyinen sinertävää (>4000 K). CIE-väriavaruudessa täydellinen hehkusäteilijä (esimerkiksi hehkulamppu) ilmaistaan Planckin säteilijänä. Alun perin mitta-asteikko oli suunniteltu lämmitettävän mustan esineen värin mittaamiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että hehkusäteilijän lämpötila vaikuttaa valon väriin. Matalissa lämpötiloissa valo näyttäytyy lämpimän punertavana ja korkeissa lämpötiloissa musta esineen hehku on valkoista. (13) Kuvassa 4 on ilmaistuna CIE-väriavaruus ja Planckin säteilijä.



Kuva 4. CIE väriavaruus ja Planckin säteilijä (13).

Värintoistoindeksillä R_a (lähteestä riippuen CRI, englanniksi colour rendering index) pyritään ilmaisemaan, kuinka hyvin ympäristön ja valaistavan kohteen värit toistuvat referenssivaloon nähden. Asteikko on 0–100 %, eli 100 %:lla kaikki värit toistuvat täydellisesti ja vastaavasti arvolla 0 väri näyttäytyy mustavalkoisena. Värintoistoa mitataan vertaamalla valonlähdettä kahdeksaan testiväriin ja verrataan tuloksia referenssivaloon. Referenssinä alle 5000 K:n valolähteille on toiminut Planckin säteilijää noudattava musta hehkuva esine, jonka värilämpötila on noin 2850 K. Yli 5000 K:n valolähteille referenssinä käytetään standardin D65 valonlähdettä, eli noin 6500 K päivänvaloa. R_a -indeksi ja värintoiston mittaaminen on muuttamassa tarkempaan malliin kansainvälisen valaistuskomission CIE:n toimesta, koska jo referenssivalo on vääristynyt valon spektrin piikkien vuoksi. Esimerkiksi kaksi valonlähdettä lupaa R_a -ideksiksi 80, mutta silti värit toistuvat eri tavalla spektrin väripiikkien vuoksi. (14, s. 3.)

Häikäisy

Ihmisen näkötyöskentelyyn vaikuttaa negatiivisesti valon aiheuttama häikäisyn tunne. Häikäisyjä ihminen voi tuntea valaisimista, auringonvalosta tai näiden heijastumista pintojen kautta (harsoheijastuminen). Standardissa (1) sanotaan, että ihminen voi kokea häikäisyn kiusa- ja estohäikäisynä. Häikäisyn aiheuttavat suuret luminanssierot ja kirkkaat valonlähteet näkökentässä. Häikäisyn laskeminen yhtälöstä on esitetty kaavassa 3. Valaisinvalmistajat voivat ilmoittaa häikäisynsä UGR-arvona. UGR-arvo (enganniksi Unified Glare Rating) on CIE-komission menetelmä häikäisyindeksin laskemiseen. Indeksien vaihteluväli yhtälön mukaan on 10...28, joista pienemmät arvot edustavat parempaa häikäisysojausta. Standardissa (1) häikäisyn UGR-arvot esitetään tilakohtaisesti. (14, s. 3.)

$$UGR = 8^{\log 10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{\rho^2} \right) \quad (3)$$

UGR on kiusahäikäisyn indeksiarvo

LB on taustan luminanssi

L on valaisimen valaisevien osien keskimääräinen luminanssi määrättyyn suuntaan

ω on valolähteestä tulevan valon avaruuskulma (stediaanina) kohti katseilijan silmää

ρ on yksittäisten valaisimien sijaintikerroin.

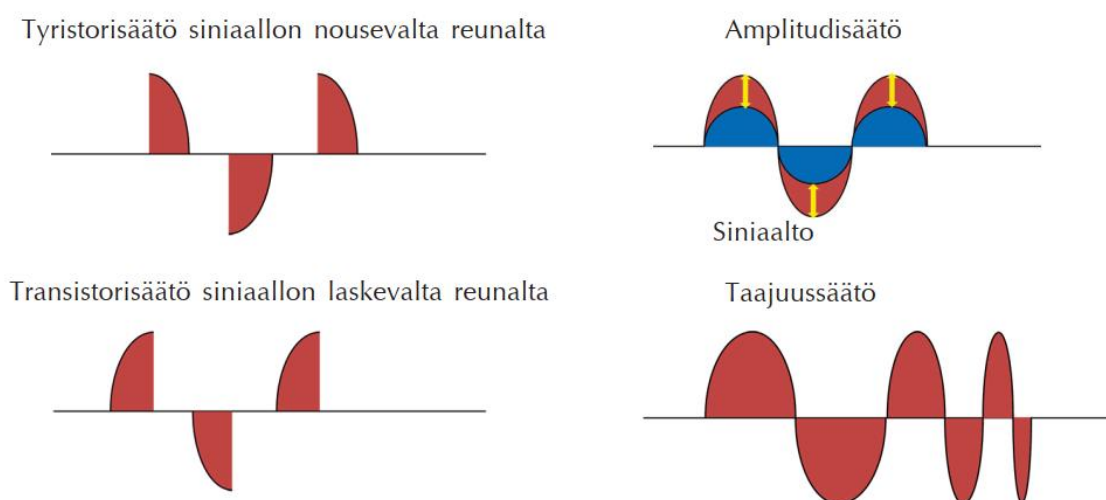
3 Valaistuksen säätäminen ja ohjaustavat

Sairaaloissa näkötehtävät ovat usein erittäin kriittisiä, joten valaistuksen ja sen toimivuus täytyy olla varmalla tasolla. Niin sanotut perinteiset valaistusohjaukset ovat sairaaloissa käytössä yhä, koska uudet älykkäät valaistuksenohjauksratkaisut ovat kalliita ja ratkaisujen täytyy olla toimintavarmoja kaikissa olosuhteissa. Tämä tuo haasteita suunnitteluun, koska kuitenkin halutaan toteuttaa laadukas, toimiva ja kustannustehokas ratkaisu.

Sen lisäksi, että valaistus halutaan ohjata päälle/pois, niin sopivan valotason saamiseksi valaistusta on pystyttävä säätämään. Valaistuksen säätäminen eli himmentäminen onnistuu valolähteen siniaaltoa muokkaamalla. Siniaaltoa voidaan muokata leikkaamalla

siniaaltoa, säätämällä taajuutta tai amplitudia. Säättöjen periaatteet on esitetty kuvassa 4. Amplitudisäätö perustuu siniaallon korkeuden, eli valolähteen virran, muokkaamiseen muuntajilla. Amplitudiin perustuvaa säätöä käytettiin yleisesti 1960-luvulle asti, kunnes tehoelektronikka alkoi yleistymään. Kuitenkin tehoelektronikan edelleen kehittyessä amplitudisäätö on tulossa takaisin DALI-2-standardin myötä, koska amplituditeknologian avulla valonlähde ei välky eikä näin terveydellisiä haittoja synny ja näkömukavuus kasvaa. (15.)

Siniaallon leikkaamiseen vaihekulman säädöllä yleisimpiä tapoja ovat tyristori-, transistori- ja triac-säätö. Näistä tyristori- ja triac-säädössä vaihekulman leikkaus tapahtuu siniaallon nousevalta osalla. Tämä aiheuttaa valaisimen komponenteissa nopean virrankasvun, joka täytyy vaimentaa häiriöiden estämiseksi. Tyristori- ja triac-säätö soveltuvat resistiiviseen ja induktiiviseen kuormaan. Transistoreilla toteutettu säätö toimii vaihekulmanleikkauksella siniaallon laskevalla osalla ja toimii resistiivisen ja kapasitiivisen kuorman kanssa. Laskevan osan leikkaus aiheuttaa vähemmän häiriöitä valaisimelle, kuin siniaallon nousevan osan leikkaus. Haittoja transistorisäätöön on komponenttien kalliimpi hinta, sekä suuremmat lämpöhäviöt tyristorisäätöön verrattuna. Taajuuteen perustuvaa säätöä harvemmin käytetään valaistuksen säätämiseen. Periaate on vielä käytössä loistelamppujen liitälaitteissa ja säätö perustuu amplitudin ja taajuuden samanaikaiseen säätämiseen. Valaistusta säädettäessä on huomioitava, että valaisin ja liitälaitte soveltuvat haluttuun säätöön. (16, s. 2.)



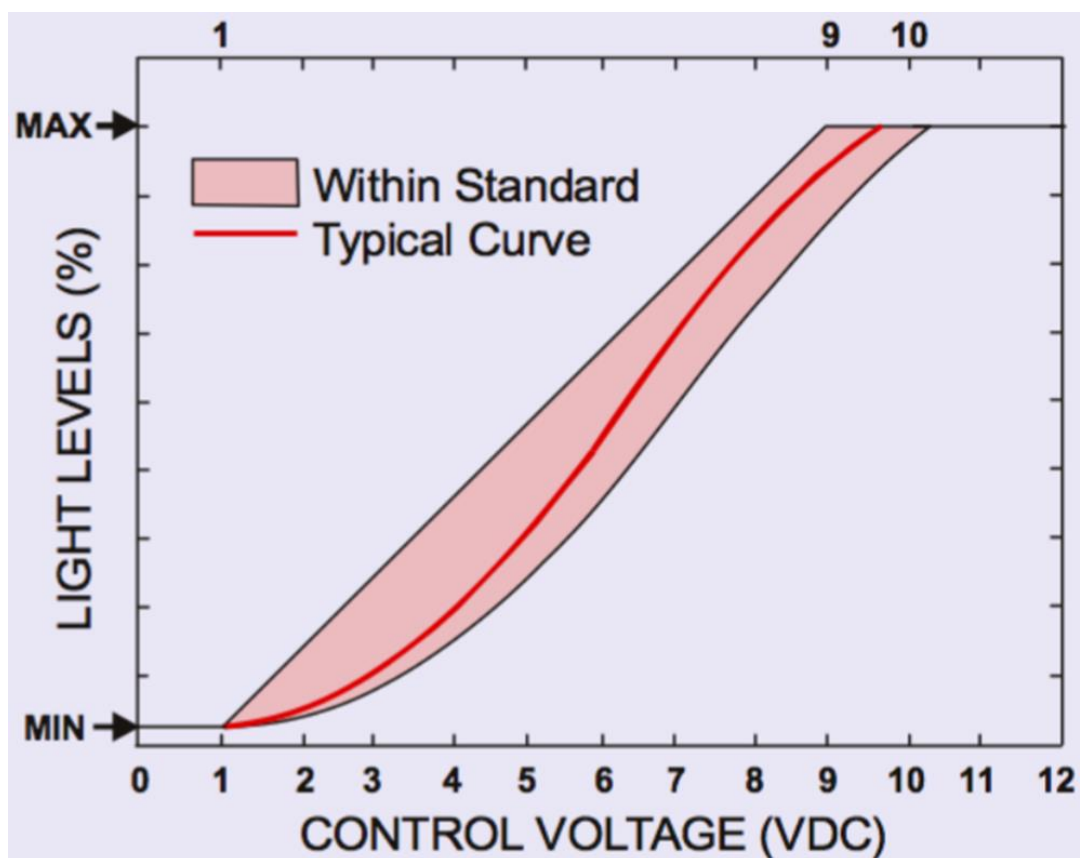
Kuva 5. Valaistuksen säätämisen periaatteet. (16, s. 4.)

3.1 Langalliset säätö ja ohjaustavat

1–10 V ja DSI

Vielä nykyäänkin yleisin ohjaus on perinteisten suorapainikeohjauksien; 1/5/6/7-kytkimien lisäksi standardin EN 60929 mukainen 1–10 VDC analoginen ohjaus. Tämä säätömenetelmä toimii loistelamppujen säätämiseen. Valaistus itsessään toimii 230 VAC:lla, mutta ohjauspiiri toimii 0–10 voltin tasajännitteellä. Kuvassa 6 on esitetty standardin mukainen toiminta ohjattavan jännitteen funktiona. Ohjauspiiri ei sammuta valaisimia, vaan pääpiirissä tulee olla katkaisukytin. Katkaisukytimen rakenteesta riippuen valaisimia voi olla ohjauksen takana jopa 50. Käytännössä määrä jää usein pienemmäksi. (17.)

Valaisimen liitälaitteelle tuodaan viisi johdinta; vaihe, nolla ja suojamaa. 1–10 V ohjaukselle tarvitaan kaksi johdinta, joiden polarisaatio tulee huomioida. Eli + ja – navat tulee olla kytkettynä oikein koko ohjauspiirissä. Ohjauspiiri ei saisi myöskään olla yli 300 metriä, koska jännitteenalenema aiheuttaa kirkkauseroja valaisimissa. Laitehankintoja tehdessä tulee huomioida, että valaisin ja liitälaitte yhdessä soveltuvat 1–10 V ohjaukseen. (17.)



Kuva 6. Standardin 60929 mukainen valovirran määrää ohjausjännitteen funktiona 1–10 V ohjauksessa. (18, s. 16.)

DSI-ohjaus on Tridonicin valmistama yleinen ohjausjärjestelmä, joka on digitaalinen ja osoitteeton ohjaustapa. DSI:n liitäntälaitteilla ei ole osoitteita, vaan valaisimien ryhmittely täytyy toteuttaa johdotuksilla. Varsinaista maksimäärää valaisimille ei ole, mutta sataa liitäntälaitetta enempiä ei kannata yhteen ryhmään liittää toimintavarmuuden ylläpitämiseksi ja käytännön maksimipituus ryhmän johdotukselle on 250 metriä. Polarisaatiota ei tarvitse huomioida ohjausjohtimia kytkettäessä. Keskusyksiköillä voidaan ohjata montaa kanavaa samanaikaisesti. DSI-ohjaus voidaan yhdistää 1–10 V, DALI:in tai KNX:ään, jotka käsitellään myöhemmin tässä luvussa. Koska valaisimien ohjaus DSI-tekniikalla on digitaalista, valaisimet sammuvat ohjaussignaaliilla, eikä ohjauskytkimiä tarvita. Tämä ominaisuus täytyy huomioida tarkasti huollon näkökulmasta, koska valaisimiin tulee sähkö, vaikka valaisimet ovatkin ohjaussignaalin

vuoksi sammuksissa. DSI-ohjaus on Euroopassa yleisesti käytetty standartoimaton ohjaustekniikka. (16, s. 14; 18, s. 18.)

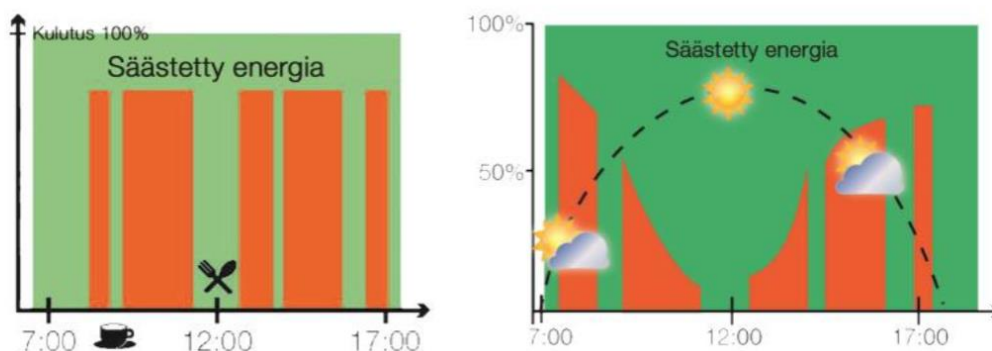
Läsnäolo- ja päivänvalo-ohjaus

Läsnäolo-ohjaus on hyvä tapa ohjata yksittäisten tilojen valaistusta, koska ohjaus toimii automaattisesti. Tilassa oleva läsnäolotunnistin saa havainnon huoneessa olevasta henkilöstä ja sytyttää valot päälle. Henkilön poistuessa huoneesta tunnistin ei enää havaitse henkilöä ja ohjelmoitavan viiveen jälkeen valot sammuvat. Näin valojen turhaa päälläoloa voidaan rajoittaa, mikä on iso energiansäästö. Tunnistimet voivat toimia itsenäisesti tai yhdistää muihin järjestelmiin, kuten DALIin.

Läsnäolotunnistimien toiminta perustuu PIR-tekniikkaan, jossa tunnistin tunnistaa tilassa olevan henkilön lämpösäteilyn avulla. Läsnäoloon perustuvan ohjauksen suunnittelussa on huomioitavaa valvottavan tilan koko, ohjattavat valaisimet ja läsnäolotunnistimien herkkyys. Näin valojen sytyttämistä ja sammuttamista pystytään kontrolloimaan, etteivät valot esimerkiksi sammu, kun tilassa oleskellaan. (19, s. 11.)

Läsnäolo-ohjauksella on paljon erilaisia käyttösovelluksia, kuten aiemmin mainittu läsnäoloon perustuva sammutus, kun tilassa ei oleskella. Esimerkiksi poissaolo-ohjauksella yhdistetään manuaalinen ohjaus, eli valot sytytetään käsin, mutta valaisimet sammuvat asetetun viiveen jälkeen, kun läsnäoloa ei havaita tilassa. Läsnäoloon perustuu myös poistumisvalaistus, jonka käyttökohteita ovat avokonttori ja käytävät, missä ei ole jatkuvaa liikettä. Poissaolovalaistuksessa normaali valotasoa pudotetaan esimerkiksi 30 % maksimi valotasosta, kun tilassa ei havaita liikettä. (16, s. 13.)

Pisimmälle viedyssä läsnäolosovelluksessa yhdistetään henkilötunnistuksen lisäksi päivänvaloa hyödyntävä päivänvalo-ohjaus. Tunnistimet pyrkivät säätämään valaisimien keinovalon määrää suhteessa päivänvalon tuottamaan valaistusvoimakkuuteen tilassa. Jos tunnistimen havaitsema valaistusvoimakkuus on päivänvalon vuoksi suurempi kuin asetusarvo, niin valaisimet eivät syty. Läsnäolo- ja vakiovalotunnistimien yhteistoiminta luo energiansäästöjä, ja sitä havainnollistetaan kuvalla 7. (20, s. 33.)



Kuva 7. Potentiaalinen energiansäästö läsnäolon ja vakiovaloon perustuvilla ohjaustavoilla (21).

DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on kiinteistötekniikan digitaalinen kaksisuuntainen valonohjausprotokolla. DALI kehitettiin Philipsin, Osramin, Helvarin ja Tridonicin yhteistyössä vuonna 1999. Digitaaliohjaus on osoitteellinen, missä valaistuksen komponenteilla, kuten valaisimien liitäntälaitteilla ohjauslaitteilla ja keskusyksiköillä on osoitteet ja ovat ohjelmoitavissa. DALIn ohjausväylä on polaarivapaa, mikä tarkoittaa, ettei ohjauksen napaisuudella ole merkitystä ohjauspiirissä. DALI-järjestelmää varten on standardi IEC 62386. Standardi ottaa kantaa vain liitäntälaitteiden ja ohjaimien rajapintoihin. Näin ollen eri valmistajien ohjauslaitteita ei voi sekoittaa keskenään. (22.)

DALI yhteensopivia säätimiä, ohjaimia, liitäntäyksikköjen sovittimia ja valaisimia on markkinoinna suuri määrä. Tämä helpottaa löytämään kustannuksiltaan sopivia tuotteita, mutta haittana on etteivät eri valmistajien tuotteet välttämättä toimi keskenään. DALI-ohjausväylä käsittää tehonlähteen ja enimmillään 64 osoitetta, 16 linjaa ja 16 valaistustilannetta. DALI-valaistus kaapeloidaan yleensä MMJ 5x 1.5s:llä, joista kaksi johdinta varataan väylään. Väylä voi olla pituudeltaan käytettäessä MMJ 5x1.5s:ää ja ilman toistimia 300 metriä ja jännitteen alenema voi olla väylässä kaksi voltia. DALI-tehonlähde tuottaa väylälle 250 mA:n virran, jota ei saa ylittää. Virtaa voi syöttää tehonlähde tai komponentin sisäinen tehonlähde (DALI Broadcast/MCU). Väylässä jokainen komponentti vie väylän kapasiteetilta virtaa ja osoitteen. Poikkeuksia löytyy

runsaasti, kuten esimerkiksi normaaliin valaisimeen integroitu turvalaisin vie usein kaksi DALI osoitetta. (23.)

Edellisessä kappaleessa mainittiin Broadcast-sovelluksesta. Broadcast-säädöllä voidaan ohjata suljetun tilan ja käytävien valaisimia yhtä aikaa, ilman valaisimien ohjelmointia. Broadcast-säädöllä väylän tehonlähde voi olla itse ohjauslaitteessa. Broadcast säädölle yhdellä tehollähteellä voidaan käytännössä ohjata 25 valaisinta ja yhdessä järjestelmässä voi olla neljä broadcast-ohjauslaitetta. Broadcast-kanavan valaisimilla on kaikilla sama osoite ohjelmoitaessa, koska valaisimien tulee toimia kaikkien samoin. Broadcast toimii pienten tilojen paikallisohjauksella, kun halutaan säätää valaistukseen, mutta ei haluta ohjelmoida koko järjestelmää. (24.)

DALI järjestelmän äly perustuu hajautukseen, mikä luo luetettavuutta ja toiminnallisuutta järjestelmään. Järjestelmän yksi osoite voi olla useassa ryhmässä samanaikaisesti. Näin valaistusryhmille ja jopa yksittäisille valaisimille voidaan luoda tilanneohjauksia erilaisilla säätimillä, ja pituudet ohjausväylässä eivät vaikuta säätöön. Muuntojoustavuus DALI:ssa on helppoa, koska järjestelmä vaatii muutoksessa vain uuden ohjelmoinnin, eikä uudellen johdottamista tarvita. Samaan ohjausväylään voidaan liittää erilaisia valonlähdeitä ilman, että erisuuruiset ja -tehoiset valonlähteet vaikuttaisivat säätöön. Uusi valaisin tai ohjauskomponentin lisäys väylään vaati aina uusien komponenttien ohjelmoinnin osaksi väylää. DALI voidaan liittää osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää, esimerkiksi KNX:ää, gateway-muuntimien avulla. (22.)

Koska alkuperäinen DALI-standardi IEC 62386 kattaa ainoastaan liitäntälaitteet, on nähty järkeväksi laajentaa standardia koskemaan myös ohjauslaitteita, kuten ohjauspaneeleja tai tunnistimia ja sensoreita. Dalikomponentit sertifioidaan kolmannen osapuolen DiiaA:n (Digital Illumination Interface Alliance) toimesta. ST-kortti ST 58.31 käy läpi DALI 2:n uudet ominaisuudet ja merkittävät erot aikaisempaan standardiin verrattuna (16, s. 17). Näitä DALI 2:n lisäominaisuuksista merkittävimpiä ovat

- siirtyminen 24-bittiseen kehykseen (varattuna sekä 20- että 32-bittiset kehykset)
- liitäntälaitteen salliminen toimia väylävirtalähteenä
- sähkökatkonjälkeiset tilanteet lyhyt ja pitkä katko erikseen

- väyläjännitteen minimin salliminen kymmeneen volttiin
- säätöajan ja ajastuksen selvennys
- valittavat viimeinen taso- ja mene edelliselle tasolle komennot
- laajennettu säätöaika 16 minuuttiin saakka.
- sallitaan valmistajakohtaiset erityisominaisuudet sekä standardisoitu tapa palauttaa normaaliin tilaan.
- laitekohtainen muistipankki.
- valonlähdetyypin kysely laitteelta.

KNX

KNX on KNX Associationin luoma maailmanlaajuinen avoimeen eurooppalaiseen standardiin EN 50090 ja kansainvälisiin standardeihin ISO/IEC 14543-3 perustuva kiinteistöautomaation väyläprotokolla, mikä fyysisellä tasolla perustuu EIB-järjestelmään (European Installation Bus). Väyläjärjestelmässä ei ole erillisiä keskusyksiköitä, vaan järjestelmä on hajautettu ja kaikki väylässä olevat laitteet pystyvät keskustelemaan keskenään. (25.)

Linjasegmentti on KNX-väylärakenteen pienin osa. Sitä syötetään 30 V:n tehollähteestä ja linjasegmentissä voi olla väylälaitteita enimmillään 64 kappaletta. Väylän kaapeloinnin maksimipituus saa olla enimmillään 1000 metriä ja tehollähteeltä seuraavalle väylälaitteelle 350 metriä. Väylälaitteelta toiselle väylälaitteelle saa olla etäisyyttä enimmillään 700 metriä. KNX:n väylätopologia on todella vapaa, eli haaroittaminen on mahdollista, mutta rengastopologia ei ole sallittu. Kun linjan pituus ja väyläpisteet kasvavat, muodostetaan väylä protokollaan alueita. Alueessa voi olla 15 linjasegmenttiä. Protokollaan voidaan luoda päälinjaan 15 aluetta, joten yhteen KNX-järjestelmään voidaan liittää 14 400 väylälaitetta. (26, s. 57–61.)

KNX-järjestelmään löytyy paljon ohjauslaitteita suoraan, mutta digitaalisiin ohjauksiin tarvitaan gateway-muuntimia, esimerkiksi DSI:n ja DALIn yhdistämiseen KNX-kiinteistöautomaatioon. DALIn laitevalmistajissa on kuitenkin eroavaisuuksia ja standardin ylittäviä ominaisuuksia. Tästä syystä oikean gateway-muuntimien valitseminen on tärkeää, jotta järjestelmä toimii. KNX tarvitsee käyttöönotto-ohjelmoinnin, joka suoritetaan ETS-ohjelmalla. (27, s. 19.)

3.2 Langattomat ohjaustavat

Langattomat ohjaustavat tulevat perustelluiksi, kun ohjauslaitteiden johdottaminen on vaikeaa tai johdotuksia ei haluta. Langaton ohjaus eli tiedonsiirto perustuu radioaaltoihin, mikroaaltoihin ja infrapunasäteilyyn. Sairaalasovelluksissa ei ole juuri käytetty langattomia ohjaustapoja. Tähän voivat olla syynä ennakkoluulot, epäilyt toimivuudessa, potilasturvallisuus ja hinta. Langattomat ohjaukset ovat olleet vain vähän aikaa markkinoilla, joten käyttökokemuksia ja referenssejä ei sairaaloille ole olemassa. Myös sairaalat haluavat varata omalle toiminnalleen tietyt radiotaajuudet ja tietoverkot. Tässä luvussa käsitellään tulevaisuudessa varmasti yleistäviä erilaisia langattomia ohjauksia. Etuja langattomiin ohjauksiin on kaapeloimattomuuden lisäksi tiedonkeruu ohjauslaitteilta, mahdollisuus sisätilanpaikannukseen ja IoT:n (Internet of Things) käyttömahdollisuudet. (23; 28.)

Infrapunaohjaus

Infrapunaohjaus on tähän asti ollut yleisin langaton valaistuksen ohjaustapa, koska ohjaus toimii infrapunaa käyttäen TV:n kaukosäätimen tavoin. Säätimellä voidaan ohjata esiohjelmoituja tiloja ja valaisimia sekä yhdistää valaistuksen ohjaukseen av-logiikka. IR-säätö tarvitsee esteettömän näköyhteyden säätimen ja vastaanottimen välillä ja tehokas toimintasäde on 10–25 metriä säätimen tehonlähteestä riippuen. (16, s. 10.)

Radio-ohjaus, En Ocean

Uusimpina langattomina ohjaustapoina on radiotaajuudella tapahtuva valaistuksen ohjaus. Standardoimaton tekniikka käyttää vapaasti käytettävää 433 MHz:n taajuutta. Vapaasti käytettävissä taajuuksissa ongelmana on, että taajuutta käytetään yleisesti muihin tietoliikenteisiin, joka voi aiheuttaa häiriötä valaistuksen ohjaukseen. Radio-ohjauksen etuna on, ettei radiovastaanottimen tarvitse olla näköyhteydessä. Isoissa kohteissa toimintavarmuus tosin laskee entisestään, koska esimerkiksi seinät eivät pysty suodattamaan vierasta ohjausta kokonaan. (16, s. 10.)

EnOcean on yksi radio-ohjausta käyttävistä ohjaussovelluksista, joka käyttää kansainvälisesti ohjausstandardia ISO/IEC 14543-3-10. Standardi määrittelee Euroopassa käytettävän radiotaajuuden olevan 868 MHz. EnOceanin ohjauslaitteet käyttävät ympäröivää energiaa toimintaansa. Käsi-ohjauskytkimet ottavat energian painalluksesta eli kineettisesti ja tunnistimet saavat energiansa valoenergiasta. Toimintasäde ulkotiloissa on jopa 300 metriä ja sisätiloissakin noin 30 metriä. EnOcean voidaan myös liittää osaksi rakennusautomaatiota KNX:ä tai DALI:a. (29.)

Mikroaaltoihin perustuvaa ohjausta käytetään laitteiden väliseen tiedonsiirtoon. Mikroaaltoille ominainen korkea taajuus takaa nopean tiedon siirron laitteiden välillä pienellä lähetykseen vaadittavalla energialla. Mikroaaltoihin perustuvaa ohjausta käytetään Bluetooth:n ja Zigbeeen standardeissa. Mikroaaltoon perustuvassa ohjauksessa ohjauslaitteet lähettävät mikroaltopulsseja, joita vastaanottimet huomioivat ja säätävät valaistusta. Ongelmana on, että mikroaallot läpäisevät kevyitä väliseiniä, ja vastaanottimet voivat havaita ja vastaanottaa häiriöitä viereisistä tiloista. (30, s. 8.)

Wi-Fi ja Li-Fi

Wi-Fi (englanniksi Wireless Fidelity) on standardin IEEE 802.11 mukaista tekniikka hyödynnettävä langaton lähiverkko. Wi-fi:ä voidaan soveltaa valaistuksenohjaukseen, kun esimerkiksi tietokone, tabletti tai puhelin liitetään Wi-Fi:in ja gateway-sovittimen avulla valaisimeen. Li-Fi (Light Fidelity) on laboratorio-olosuhteissa oleva mahdollinen korvaaja Wi-Fi-tekniikalle. Li-Fi:n tiedonsiirto perustuu valon spektriin tunnistamiseen optiseen tiedonsiirtoon eli ledien vilkuntaan lähetimen ja vastaanottimen välillä. Valon spektri on laajempi kuin olemassa olevat radiotaajuudet, joten tiedonsiirtokapasiteettia pystytään kasvattamaan jopa moninkertaisesti Wi-Fi:in verrattuna. Tietoturvan näkökulmasta Li-Fi:n toiminnan hypoteesi on positiivisesti yllättävä, koska lähetimen ja vastaanottimen välistä tiedonsiirtoa ei olla onnistuttu kaappaamaan ulkopuolelta laboratorio-olosuhteissa. (31, s. 5.)

4 Terveydenhoitotilojen valaistuksen suunnittelu

Tässä opinnäytetyössä pyritään antamaan lukijalle käsitys valaistuksen suunnittelusta sairaalan erilaisiin hoivatiloihin ja lääkintätiloahjeiden määräämien ohjeiden huomioiminen projektin yleissuunnittelussa. Valaistuksenohjauksesta käsitellään valaistusperiaatteet suunnittelussa. ST 51.79 luokittelee sairaalan lääkintätilat G-luokitukseen kolmiportaisella asteikolla, joka määrittää potilaan fyysisestä kontaktista sähkökäyttöisiin laitteisiin lääkintätiloissa. Tämä luokittelu tuo vaatimuksia valaistukseen, koska esimerkiksi leikkausten aikana on näkötehtävän kannalta valaistuksen toimintavarmuus kriittisellä tasolla.

Tässä osiossa tullaan myös käsittelemään muutamia yleisiä terveydenhoitotiloja sisävalaistusstandardin (1) näkökulmasta. Standardi antaa valaistuksen laadulle raja-arvoja erilaisille terveydenhuollontiloille. Erilaisia erikoislääkäritiloissa voidaan soveltaa standardissa(1) mainitussa saman tapaisella tilalla. Tässä opinnäytetyössä käytetään sisävalaistusstandardin uutta revisiota, joka eroaa vanhemmasta selvimmin tilakohtaisten vaatimusten taulukko-osioista, missä esitetään tilakohtaisen valaistuksen keskimääräinen valaistusvoimakkuus; työtasolle, työtason korkeampi ohjearvo, seinille ja katolle. Taulukossa ilmenee raja-arvoja myös valaistuksen tasaisuudelle, häikäisylle, värinnoistolle ja viimeisessä sarakkeessa tilan erikoisohjeille. Sisätyövalaistusstandardin uusi revisio (32) on opinnäytetyön tekovaiheessa kommenttikierroksella, mutta se on julkinen ja tullaan ottamaan käyttöön pienillä muutoksilla kommenttien perusteella aikaisintaan vuonna 2020.

Vuodeosastoja käsittelevän osuuden lisäksi opinnäytetyössä otetaan huomioon potilaiden viihtyvyyteen, motivaatioon ja parantumiseen liittyvä ihmiskeskeinen tai ihmislähtöinen valaistus, englanniksi HCL, human centric lightning. Potilaat voivat joutua viettämään sairaalassa pitkiäkin aikoja sisätiloissa, mikä voi johtaa esimerkiksi vuorokausirytmien muuttumiseen ja toipumisen pidentymiseen. Ihmislähtöinen valaistus vaikuttaa myös työn tuottavuuteen, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään potilaiden parantumiseen liittyviin tekijöihin. Leikkaussalien ja muiden steriilien tilojen kanssa kysymykseen tulee puhdastilojen valaistaminen. Sairaalan hoivatuissa on aina mikrobeista johtuva infektoriski, jota voidaan hoitaa tiloja desinfioivalla valaistuksella.

4.1 Valaistusperiaatteet

Sairaalavalauksen ja valauksen suunnittelussa muutenkin, tulee valauksen laatutekijät olla valaistusstandardin (1) mukaiset. Suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida valauksen elinkaari, missä valauksen elinkaaren lopussakin laadulliset tekijät, kuten käyttötarkoitus, häikäisemättömyys, energiankulutus ja huollettavuus ovat standardin (1) täyttävät. Valauksen eliniäksi voidaan määrittellä kohteesta ja käyttöajoista riippuen 10–15 vuotta. Käyttöä ajatellen valaistus kannattaa hieman ylittää, jotta hetkellisiä vaatia näkötehtäviä pystytään suorittamaan. Valauksen säädöllä, kuitenkin pystytään pitämään valauksen taso miellyttävällä tasolla.

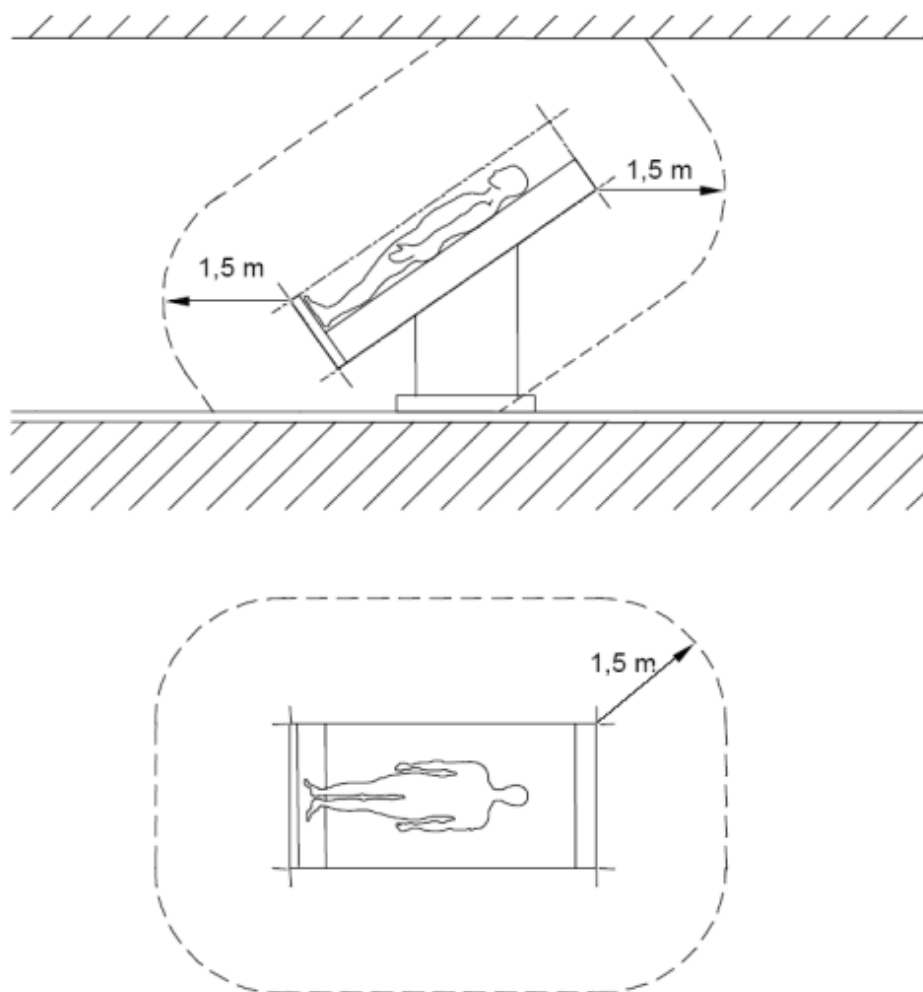
Suunnittelussa tulee huomioida käyttäjäkohtaiset tarpeet, kuten potilastilojen kodinomaisuus, henkinen ja fyysinen hyvinvointi, sekä turvallisuus. Turvallisuudessa tulee huomioida valauksen toimintavarmuus myös sähkökatkojen aikana. Lääkintätiloissa G1 ja G2 tulee valaistus syöttää kahdesta ryhmästä, joista ainakin toinen on liitetty varavoimaverkkoon. Lääkintätilaluokitus käsitellään luvussa 4.2. Sairaalan tulee toimia muutenkin sähkönjakelun keskeytyessä, joten valaistusta liitetään varavoimaverkkoon niiltä osin, jotta sairaala pystyy toimimaan. Valaistuksenohjauskomponentit tulee olla syötettynä varmennetun verkon kautta. Tyypillisesti esimerkiksi DALI-järjestelmän komponentit varmennetaan UPS-verkkoon, jotta DALI-ohjattua valaistusta pystytään ohjaamaan sähkönjakelun keskeytyessä. (33, s. 7.)

Tilojen valaistussuunnittelu aloitetaan määrittelemällä toimintaselostus. Selostuksella määritellään ohjattavat valaistusalueet, alueiden toiminta ja varustus. Käytettäviä ohjaustapoja on suuri määrä, joten määrittely yleissuunnittelussa määritetyt periaatteet nopeuttavat suunnittelua ja laatuvaatimukset ovat varmemmin toteuttavissa. Mahdollisia ohjaustapoja ovat tunnistimet, suorapainikeohjaukset, aika- ja kalenteriohjaukset, sekä ulkopuoliset ohjaukset. Ulkopuoliset ohjaukset voivat tulla rakennusautomaatiolta, palo-ohjauksilta, murto- ja audiovisuaalisilta järjestelmiltä. Tarkat määrittelyt periaatepiirustuksissa helpottavat havainnollistamaan suunnittelijaa toteutusvaiheen suunnittelussa. (23.)

Tunnistimien toiminta määritellään aluekohtaisesti. Määrittelyssä käsitellään käyttöajat viiveineen ja hälytyksineen. Käytössä annetaan raja-arvot valaistusvoimakkuuksille normaalissa käytössä, henkilön poissa ollessa tai yöaikoina. Päivänvalo-ohjauksen mahdollisuudesta ohjata yleiskäyttöhuoneita tulee ottaa huomioon käyttäjän kanssa. Suoraohjauspainikkeiden toiminnot esitetään valaistustilanteineen. Toimintaselostuksessa selvitetään myös toiminnot vikatilanteissa ja sähkökatkojen aikana. (23.)

4.2 Lääkintätilojen G-luokitus

Sähkötietokortti ST 51.79 määrittelee lääkitätila luokat kolmeen pääkategoriaan sen mukaan, miten potilas on hoivatiiloissa fyysisessä kosketuksessa sähkökäyttöiseen lääkitälaitteeseen hoitoalueella tai vuodeosastoilla. Hoitoalue on lääkitätilastandardin (34) mukaan alue, jossa tahallaan tai tahattomasti potilaan ja sähkökäyttöisen lääkitälaitteen välille voi syntyä yhteys. Hoitoalueen määritelmä esitetään kuvassa 8, mutta usein hoitoalue määritetään riskiarvion jälkeen jopa koko tilaksi. Tässä luvussa käsitellään G-luokituksia ja niiden vaikutukset valaistukseen ja valaistusta ohjaaviin järjestelmiin. Osiossa on sähkötietokortin ST 51.79 ohjeellinen taulukko lääkitätilojen G-luokittelusta, joka on esitetty kuvassa 9. Suunnittelijan on selvitettävä huonekohtaisesti lääkitätilaluokituksen tarve lääketieteellisen ja teknisen henkilöstön kanssa. (33, s. 2–4; 34, s. 7.)



Kuva 8. Hoitoalueen mitoitus. (33 s. 3.)

G0-tilat

G0 on tila, missä ei käytetä minkäänlaisten sähkökäyttöisten sairaalalaitteiden liityntäosia potilaissa eikä sähkönsyötön katketessa potilaille aiheudu hengenvaaraa. G0-tiloiksi sairaalassa luokitellaan potilasosastojen käytävät, hissiaulat, henkilökunnan ruokalat ja taukotilat. Potilashuoneiden WC:t ja suihkut luokitellaan myös G0-tiloiksi, jos niissä ei aiota pitää lääkintälaitteita. (33 s. 3–4; 34, s. 7.)

G1-tilat

G1-tilat ovat tyypillisesti vuodeosaston potilashuoneita, tutkimus- ja vastaanottohuoneita, tai kevyitä toimenpidehuoneita, joissa potilas on kytkettynä lääkintälaitteeseen ihon ulkopuolisesti tai sisäisesti, kuitenkin lääkintälaitteen syötön poiskytketyssä ei aiheuta hengenvaaraa potilaalle. Sisäinen lääkintälaitteenkytkentä ei koske sydänperäisten toimintojen liitintää. (33, s. 3–4; 34, s. 7.)

G2

G2 tilat ovat G1:n soveltamisalue, missä sähkökäyttöisen lääkintälaitteen syötön poiskytkentä aiheuttaa potilaalle välittömän hengenvaaran. Lääkintälaitteet ovat yleisesti kytkettynä G2-tiloissa sydänperäisiin toimintoihin. G2-tiloja ovat yleisesti leikkaussalit ja heräämöt.

G-luokan 1 ja 2 lääkintätilojen valaistukseen lääkintätilastandardi (34) määrittää, että valaistuksen syöttö on tultava kahdesta eri syötöstä, josta ainakin toisen tulee olla varavoimajärjestelmästä. Valaistuksen syöttöjen johdonsuojakatkaisijat tulee myös olla asennettu enimmillään 30 milliampeerin vikavirtasuojalla. Kun G1 ja G2 lääkintätiloissa käytetään SELV- ja PELV-piirejä, on kulutuskojeiden nimellisjännite oltava alle 25 voltin vaihtojännitettä tai 60 voltin tasajännitettä. Jos hoitoalueella on leikkaus- tai tutkimusvalaisin, valaisimen metalliset osat on liitettävä lisäpotentiaalintasaukseen. (33, s. 6–9; 34, s. 10.)

| Lääkintätila | Ryhmä G0 | Ryhmä G1 | Ryhmä G2 |
|--|----------|----------|----------|
| Hierontahuone | x | x | |
| Yleissairaalan vuodeosaston potilashuone | | x | |
| Yleissairaalan vuodeosaston päiväsaali, ruokailuhuone | x | x | |
| Yleissairaalan vuodeosaston käytävä | x | x | |
| Psykiatrisen sairaalan potilashuone oheistiloineen | x | | |
| Psykiatrisen sairaalan sähköshokkihuone | | x | |
| Synnytyssali | | x | x |
| EKG-, EEG-, EMG-huoneet | | x | |
| Tähystysuhuone | | x | |
| Lääkärinkanslia, kun huoneessa ei tehdä tutkimuksia sähkökäyttöisillä lääkintälaitteilla | x | | |
| Tutkimus - ja toimenpidehuone | | x | x |
| Osastonkanslia (ei potilaiden hoitoon tarkoitettu) | x | | |
| Henkilökunnan lepotaukhuone | x | | |
| Osastonhoitajan, osastoavustajan työhuone | x | | |
| Keskola | | x | x |
| Synnytyksen tarkkailuhuone | (x) | x | |
| Urologiahuone | | x | |
| Röntgentutkimus- ja sädehoituhuone | | x | |
| Vesihoituhuone | | x | |
| Kuntoutushuone | x | x | |
| Anestesiatali | | x | x |
| Leikkaussali | | | x |
| Valmisteluhuone | | x | x |
| Kipsaussali | x | x | |
| Heräämä | | x | x |
| Leikkaussalin heräämä | | | x |
| Sydänkatetrointihuone | | | x |
| Tehostetun hoidon huone | | | x |
| Angiografiahuone | | | x |
| Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa ihon sisällä, mutta ei sydämessä) | | x | |
| Dialyysihuone (lääkintälaitteen liityntäosa sydämessä) | | | x |
| Valvontakeskus | | x | |
| Magneettikuvaushuone (MRI) | | x | |
| Isotooppikuvaushuone | | x | |
| WC-/pesuhuoneet (tilaluokka riippuu potilaan mahdollisesti käyttämästä lääkintälaitteesta) | x | x | |

Kuva 9. Lääkintätilojen tilaluokituksen ohjeellisia esimerkkejä. (33, s. 4.)

4.3 Terveydenhoitotilat – Yleiskäyttöhuoneet

Valaistusstandardi (1) määrittelee potilaskäytössä olevien yleiskäyttöhuoneiden vaatimuksia, jotka esitetään kuvassa 10. Osa näistä tiloista voivat olla G0-luokiteltuja tiloja, joissa lääkintälaitteita pitävät henkilöt voivat liikkua vapaasti ja lääkintälaitteen poiskytkentä ei aiheuta hengenvaaraa. Valaistuksessa tulee suunnitella selkeät kulkuväylät sairaalan henkilökunnalle, potilaille ja vieraille, mikä luo turvallisuuden tunteen sekä päivä- että yöaikoina. (35.)

Valaisimet varustetaan riittävällä häikäisyuojauksella ja hyvällä sijoittelulla, jotta käytävällä sängyllä kuljettavien potilaat eivät kärsi häikäisystä. Hyvänä vaihtoehtona on valaistuksen sijoittaminen seinäpinnoille, jolloin häikäisy pienenee. Käytävän leventymyksissä käytetään tarvittaessa lisävalaistusta.

Valaistuksen ohjaus kannattaa käytävillä automatisoida mahdollisimman pitkälle. Suorapainikeohjauksen lisäksi on syytä miettiä läsnäolo-, päivänvalo- ja aikaohjauksen sovel-luksien yhdistämistä. Seuraavassa on esimerkkejä mahdollisista valaistustasoista käytävä- ja aulatiloissa, jossa voi olla yöaikaan potilaita:

- täysvalaistus, hätätilanne- ja siivousvalaistus 100 %
- päivänvalon aikainen yleisvalaistustaso 70 %
- yöaikaan läsnäolon perusteella 50 %, poissaolotilanteissa 10 %
- yleisvalaistus sammutettu.

| Ref. no. | Type of task/activity area | $\bar{E}_{m,r}$ lx | $\bar{E}_{m,u}$ lx | U_o | R_a | R_{UGL} | \bar{E}_z lx | $\bar{E}_{m,wall}$ lx | $\bar{E}_{m,ceiling}$ lx | Specific requirements |
|----------|--|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | | | | | | | | | | Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented. |
| 6.37.1 | Waiting rooms | 200 | 300 | 0,40 | 80 | 22 | 75 | 75 | 30 | |
| 6.37.2 | Corridors: during the day | 100 | 200 | 0,40 | 80 | 22 | 50 | 50 | 30 | Illuminance at floor level. |
| 6.37.3 | Corridors: cleaning | 100 | 200 | 0,40 | 80 | 22 | 50 | 50 | 30 | Illuminance at floor level. |
| 6.37.4 | Corridors: during the night | 50 | - | 0,40 | 80 | 22 | - | - | - | Illuminance at floor level. |
| 6.37.5 | Corridors with multi-purpose use (e.g. preexamination of patients) | 200 | 300 | 0,60 | 80 | 22 | 75 | 75 | 50 | Illuminance at task/activity level. |
| 6.37.6 | Day rooms | 200 | 500 | 0,60 | 80 | 22 | 75 | 75 | 50 | |
| 6.37.7 | Elevators, lifts for persons and visitors | 100 | 200 | 0,60 | 80 | 22 | 50 | 50 | 30 | Illuminance at floor level. |
| 6.37.8 | Service lifts | 200 | 300 | 0,60 | 80 | 22 | 75 | 75 | 50 | Illuminance at floor level. |

Kuva 10. prEN 12464-1 E:n asettamat laatuvaatimukset yleiskäyttötiloille terveystiloissa. (32, s. 55.)

4.4 Terveydenhoitotilat – Vuodeosastot

Vuodeosastolla potilas joutuu olemaan tarkkailussa ja hoidettavana pitkiäkin aikoina, joten potilaan viihtymistä tulee huomioida valaistuksessa. Hyvä valaistus luo potilaalle turvallisen ja stressittömän ympäristön, mikä nopeuttaa toipumista. Myös henkilökunnan täytyy pystyä näkötehtäviin, koska he tarvitsevat tehokasta työskentelyvaloa, joka mahdollistaa potilaan tutkimisen, toimenpiteet ja kirjaamisen. Potilashuoneet ovat yleisesti lääkintätalaluokaltaan G1 ja potilas-WC:n lääkintätalaluokka on G0. Näin ollen valaistus tulee syöttää kahdesta eri syöttöryhmästä, joista toinen toimii varavoimajärjestelmän kautta. Valaistusstandardin (1) esittämät laatuvaatimukset on esitetty kuvassa 11. (36.)

Potilaan näkökulmasta valaisinvalinnoissa pyritään huomioimaan tunnelmassa kodinomaisuus. Yleisvalaistuksen olisi olla niin potilaan ja henkilökunnan säädettävissä sekä valaistusvoimakkuuden kuin värilämpötilan suhteen välillä 3000–4000 K. Yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 300 lx. Potilaalla on hyvä olla mahdollisuus lukuvalaistukseen ja yövalaistukseen saniteettitiloissa käymiseen ilman yleisvalaistusta. Tutkimustilanteita varten hoitoalueella tulee valaistusvoimakkuuden nousta 1000 lx:iin. Tutkimustilanteita varten usein

potilashuoneissa on erillinen tutkimusvalaisin, jos yleisvalaistuksesta ei haluta liian tehokasta. (1, s. 62.)

Potilaan on hyvä päästä vaikuttamaan mahdollisimman paljon valaistuksen ohjaamiseen ja säätämiseen. Yleisvalaistuksen ohjaus voidaan suorittaa ovipielestä ja mahdollisten omaisten tilasta sekä esimerkiksi IR-kauko-ohjaimella potilaan toimesta. Potilaan lukuvalon ja yövalon ohjaus on potilaspaikalla. Mahdolliseen tutkimusvalaisimen ohjaus on hyvä olla tekniikkalusteeseen sijoitetulla kytkimellä. Seuraavassa on esimerkki esiohjelmoiduista valaistusohjaustilanteista potilashuoneiden yleisvalaistuksesta:

- täysvalaistus, hätä- ja siivoustilanne 100 %
- päiväaikainen yleisvalaistus 70 %
- omaisten tilan himmennetty yleisvalaistus 30 %, potilaspaikan yleisvalaistus 0 %
- yleisvalaistus sammutettu.

| Ref. no. | Type of task/activity area | $\bar{E}_{m,r}$ lx | $\bar{E}_{m,u}$ lx | U_o | R_s | R_{UGL} | \bar{E}_z lx | $\bar{E}_{m,wall}$ lx | $\bar{E}_{m,ceiling}$ lx | Specific requirements |
|----------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| 6.39.0 | | | | | | | | | | Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented. |
| 6.39.1 | General lighting | 100 | 200 | 0,40 | 80 | 19 | 50 | 50 | 30 | Illuminance at floor level. Lighting for the walls should be controllable. Room brightness, see 5.7. |
| 6.39.2 | Reading lighting | 300 | 750 | 0,70 | 80 | 19 | 100 | 100 | 75 | lighting should be controllable and limited to each bed |
| 6.39.3 | Wards - Simple examinations | 300 | 500 | 0,60 | 80 | 19 | 100 | 100 | 75 | For normal examination and special treatment see also tables 5.40-5.51. |
| 6.39.4 | Examination and treatment | 1 000 | 1 500 | 0,70 | 90 | 19 | 150 | 150 | 100 | Room brightness, see 5.7, should be considered. Lighting should be controllable. |
| 6.39.5 | Night lighting, observation lighting | 5 | | - | 80 | - | | | | $2\ 200\ K \leq T_{cp} \leq 3\ 000\ K$ Illuminance at floor level. |
| 6.39.6 | Bathrooms and toilets for patients | 200 | 300 | 0,40 | 90 | 22 | 75 | 75 | 50 | Lower colour temperature for night lighting should be considered. |

Kuva 11. prEN 12464-1 E:n asettamat laatuvaatimukset potilasosastoille terveystiloissa. (32, s. 56.)

4.5 Ihmislähtöinen valaistus

Ihmisen biologista kelloa ohjaa valo. Tämän vuoksi päivänvalo vaikuttaa ihmisen hyvinvointiin merkittävästi. Vasta vuonna 2002 ihmisen verkkokalvolta tunnistettiin gangliosoluja, jotka reagoivat voimakkaimmin sinisen valon aallonpituuksiin. Gangliosolut lähettävät signaaleja suprakiasmaattiseen tumakkeeseen, jota on pidetty luonnollisen päivärytmin biologisena kellona. Gangliosolujen signaaleilla säädelään aivojen hormonituotantoa, kuten melatoniinin, kortisolin ja serotoniinin tuotantoa. Melatoniini on rauhoittava hormoni, joka helpottaa nukahtamista, mutta sen puute aiheuttaa uniongelmia. Kortisoli ja serotoniini ovat aktivoivia hormoneja, joiden tuotanto alkaa, kun melatoniinin tuottaminen loppuu. Valon spektrissä kylmän valkoinen valo aamulla ja päivän aikana aktivoi ja lämpimän valkoinen rentouttaa, tämä on esitetty kuvassa 12. (12)



Kuva 12. Auringonvalon värin muutos päivän aikana. (41, s. 6.)

Ihmislähtöinen valaistus on huomioitavaa, koska sairaalan asiakkaat voivat joutua oleskelemaan pitkään sisätiloissa, mikä voi häiritä unirytmia. Ihmislähtöisessä valaistuksessa keinovalolla simuloidaan normaalia luonnonvaloa, mikä edistää ihmisen sisäistä päivärytmia. Simuloinnilla pyritään havainnollistamaan normaalin päivärytmin auringonnousua, laskua ja keskipäivän päivänvaloa. Tällainen päivärytmi kasvattaa asukkaiden ativiisuutta ja motivaatiota päiväaikaan ja rauhoittaa ilta-aikaan, mikä rentouttaa ja auttaa yöunia. Keinovalon simuloinnilla voidaan lyhentää toipumisaikoja ja erilaisten lääkkeiden käyttöä. (41, s. 2–3.)

4.6 Terveydenhoitotilat - Tutkimushuoneet

Tutkimushuoneet ja vastaanottohuoneet ovat sairaalan tiloja, joissa eri lääkärialojen henkilöt tutkivat henkilöitä, arvioivat henkilöitä silmämääräisesti tai jopa suorittaa pieniä hoitotoimenpiteitä. Vaikka tutkimushuoneita löytyy monia erilaisia, niin perusajatus on kaikissa lähes sama. Yleisvalaistus on 500 lx ja tutkimustilanteessa vähimmäisvaatimus 1000 lx. Tilakohtaisiin eroihin ottaa kantaa valaistustandardi (1), mutta kuvassa 13 on esitetty yleisluontoisten tutkimushuoneiden laatuvaatimukset.

| Ref. no. | Type of task/activity area | $\bar{E}_{m,r}$ lx | $\bar{E}_{m,u}$ lx | U_o | R_a | R_{UGL} | \bar{E}_z lx | $\bar{E}_{m,wall}$ lx | $\bar{E}_{m,ceilin}$ lx | Specific requirements |
|----------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 6.40.1 | General lighting | 500 | 750 | 0,60 | 90 | 19 | 150 | 150 | 100 | 4 000 K $\leq T_{CP} \leq$ 5 000 K |
| 6.40.2 | Examination and treatment | 1 000 | 1 500 | 0,70 | 90 | 19 | 150 | 150 | 100 | 4 000 K $\leq T_{CP} \leq$ 5 000 K. |

Kuva 13. prEN 12464-1 E:n asettamat laatuvaatimukset leikkaussaleille, valmisteluhuoneelle ja heräämöille terveystiloissa. (32, s. 57.)

Tutkimushuoneet luokitellaan tyypillisesti G1-tiloiksi ja lääkintätilastandardi (34) määrittelee siihen liittyvät vaikutukset valaistukseen. Koska tutkimushuoneissa lääkäri tai hoitaja voi olla asiakkaan kanssa kahden, on tilaratkaisuissa usein päädytty, että tilassa kaksi poistumisreittiä, toinen yleiseen tilaan ja toinen esimerkiksi viereiseen tutkimustilaan. Tämä ratkaisutapa on henkilökunnan turvallisuutta varten. Valaistuksen ohjaus voidaan hoitaa molempien ovien pielistä ja valaistuksen säätämisen mahdollisuus on oleellista. Läsnaolo tarvittavalla viiveellä tai poissaolo-ohjauksella on energiatehokas ja käytännöllinen tutkimushuoneissa, joissa henkilökunta ei vietä aikaa välttämättä koko työvuoroaan. (38.)

4.7 Terveydenhoitotilat - Leikkaussalit

Leikkaussaleissa näkötehtävät ovat erittäin kriittisen, joten valaistuksen täytyy täyttää vaativat laatuvaatimukset. Lääkintätalaluokkana leikkaussaleissa on G2, koska potilaaseen on mahdollisesti kytkettynä sähköisiä lääkintälaitteita, joiden poiskeytyminen aiheuttaa potilaalle välittömän hengenvaaran. Valaistus tulee olla syötetty kahdesta syötöstä, joista toisen tulee olla varavoimajärjestelmästä. Käytännössä leikkaussalien kaikki valaistussyötöt ovat varavoimajärjestelmää. Kuvassa 14 esitetään leikkaussalien standardin (1) esittämät laatuvaatimukset leikkaussaleille, valmistelutiloille ja heräämöille.

| Ref. no. | Type of task/activity area | $\bar{E}_{m,r}$ lx | $\bar{E}_{m,u}$ lx | U_0 | R_a | R_{UGL} | \bar{E}_z lx | $\bar{E}_{m,wall}$ lx | $\bar{E}_{m,ceiling}$ lx | Specific requirements |
|----------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| 6.46.1 | Pre-op and recovery rooms | 500 | 750 | 0,60 | 90 | 19 | 150 | 150 | 100 | |
| 6.46.2 | Operating cavity surround | 1 000 | 1 500 | 0,60 | 90 | 19 | 150 | 150 | 100 | |
| 6.46.2 | Operating theatre | 1 000 | 1 500 | 0,60 | 90 | 19 | | | | |
| 6.46.3 | Operating cavity | | | - | 90 | | | | | Specific requirements are given in EN 60601-2-41:2009/A11:2011 |

Kuva 14. prEN 12464-1 E:n asettamat laatuvaatimukset leikkaussaleille, valmisteluhuoneelle ja heräämöille terveystiloissa. (32, s. 59.)

Leikkaussalit vaativat laadukasta ja hyvin suunniteltua valaistusta, jotta kaikki standardin täyttämät vaatimukset pystytään täyttämään. Vaatimusten lisäksi valaistuksen aiheuttamat harsoheijastukset muilta pinnoilta tulee estää valaisinvalinnoilla. Leikkaussalit ovat myös puhdastiloja potilaan mikrobitalon infektioriskin vuoksi ja tämä asettaa myös valaisimelle vaatimuksia, jotka käsitellään luvussa 4.8. Valaisimet voivat olla RGBW-valaisimia, joilla näkötehtävien vaativuutta pyritään lieventämään ja tuomaan mukavuutta näkemiseen erilaisissa leikkaustilanteiden kriittisissä näkötehtävissä. Kuvassa 15 on esimerkki RGBW-valaistuksesta täyhystysleikkauksessa. Leikkaussalien yleisvalaistuksessa vaatimus on valaistusvoimakkuudelta 1000 lx, värintoisto $RA \geq 90$ ja tasaisuus U_0 on vähintään 0.6. Tasaisuuden lisäksi valaistuksen tulisi olla diffuusista, eli valo parantaa ihmisen syvyyssnäköä, mikä auttaa näkötehtävissä. Toimenpidealueen eli hoitoalueen valaistusta leikkaustilanteista voidaan parantaa erillisellä

toimenpidevalaisimella, jonka valaistuksen voimakkuus leikkaustasolla voi olla 10 000...100 000 lx. (1, s. 64; 39.)

Valaistuksenohjauksessa leikkaussaleissa kannattaa käyttää esiohjelmoituja valaistustilanteita, joita ohjataan leikkaussalin ohjauskeskuksesta, helpointa tämä on toteuttaa liittämällä valaistuskomponentit DALI-väylään. Läsnäolo-ohjausta voidaan käyttää, jos halutaan tilaan tullessa erillinen kulkuvalaistus.



Kuva 15. Esimerkki leikkaussalin valaistuksesta tähystysleikkauksessa. (23)

4.8 Puhdastilat ja desinfioiva valaistus

Puhdastilastandardi (40) määrittelee puhdastilahuoneen sellaiseksi, että ilman hiukkaspitoisuuksia valvotaan ja se on rakennettu siten, etteivät hiukkaset pääse kerääntymään ja säilymään tiloissa, joissa on infektioriski. Sairaalat ovat kriittisiä mikrobien aiheuttamille infektioille ja standardia (40) noudattamalla infektioriskit ovat helpommin hallittavissa. Tiloissa valvotaan myös painetta, lämpötilaa ja kosteutta, jotka

voivat luoda ja ylläpitää hiukkasia. Valaistukselta tämä tarkoittaa, että valaisin on koteloinniltaan eli IP-luokaltaan IP67 tai enemmän. Näin hiukkaset eivät pääse valaisimen rakenteisiin kerääntymään ja säilymään. Valaisinten tulee olla helposti puhdistettavia ja niiden on kestävä voimakkaita pesuaineita tai tilan paineistamista. Tarvittaessa valaisimen optiikan tulee olla helposti vaihdettavissa. (40; 41, s. 8–10.)

Sairaalaolosuhteissa mikrobeja syntyy väistämättä, ja tutkimuksissa on huomattu sinisen aallonpituuden 405 nm vaikuttavan mikrobikantoihin hidastamalla kasvua ja jopa tuhoamalla niitä. Sairaalaolosuhteissa voidaan puhdistilojen toimenpiteiden ulkopuolella luoda tilanneohjauksia, joissa rajataan RGB-ledien luoman valon spektriä erittäin siniseksi. Näin valaistus toimii desinfioimalla tilaa, kun sitä ei käytetä. Sairaalassa erilaisia puhdistiloja ovat esimerkiksi leikkaussalit, sulkuilat, laboratoriot ja välinehuollon tilat. Valaistuksen desinfioivasta vaikutuksesta kannattaa keskustella sairaalan käyttäjien kanssa. (42, s. 13.)

5 Yhteenveto

Valaistussuunnittelu sairaalassa on oma maailmansa. Standardit ja määräykset ohjaavat suunnittelua, ja suunnittelijan ensisijainen tehtävä on tuottaa valaistus ohjausjärjestelmään, jotka täyttävät nämä määräykset ja standardit. Määräysten täyttymisen lisäksi suunnittelijan tulee huomioida kahden täysin erilaisten käyttäjien tarpeet. Usein käyttäjien tarpeet jäävät valitettavasti valaistuksen suunnittelussa toissijaiseksi, koska valaistuksen suunnittelussa pyritään kustannustehokkaisiin vaihtoehtoihin huomioiden valaistuksen voimakkuustasot ja muut valaistusstandardin laatuvaatimukset. Lähivuosina on ilmennyt tutkimuksissa valon vaikutukset työn tuottavuuteen, viihtyvyyteen, motivaatioon ja lepoon. Nämä huomiot tulisi ottaa huomioon sairaalasuunnittelussa, vaikkakin laadukkaat ohjausjärjestelmät ovat kertakustannuksiltaan kalliimpia kuin perinteiset valaisinohjaustavat. Valaistuksen elinkaarta ja kustannusarviota laskiessa voisi ottaa viitteellisesti huomioon valon vaikutukset henkilökunnan tuottavuuteen ja potilaiden kotiutumisen mahdolliseen nopeutumiseen. Nämä voisivat tulevaisuudessa olla perusteita valaistuksen suunnittelemiseen käyttäjän tarpeet edellä standardit ja määräykset täyttäen.

Sairaanhoidopiireillä ja valtiolla on suuri rooli, jotta laadukkaampaan valaistukseen panostettaisiin, eikä valaistus olisi helppo ja kattava säästökohde.

Käyttäjähaastattelun (43) perusteella uudet valaistuksen ohjausjärjestelmät ovat liian monimutkaisia, eivätkä heikkokuntoiset ja ikääntyneet potilaat pysty itse vaikuttamaan valaistuksen säätämiseen. Tässä suunnittelijoiden on panostettava suunnittelussa luomaan tarkat valaistuksen periaatteet, missä kerrotaan tarkasti valaistuksen ohjauksen mahdollisuudet ja selvät ohjeet erilaisiin tilanneohjauksiin ja muihin ohjaustapoihin. Näiden ohjeiden ja valmiiden ratkaisujen tulee olla sellaisia, että käyttäjä pystyy sisäistämään valaistuksen ohjauksen mahdollisuudet ja siirtämään ne potilaalle, jotta valaistuksen sovelluksien tuomat hyödyt saataisiin potilaan toipumisen edistämiseen ja henkilökunnan viihtyvyyden ja tuottavuuden lisäämiseen. Koska henkilökunta ja potilaat ovat yleisesti maallikoita jää valaistuksesta ja ohjauksesta mahdolliset hyödyt käyttämättä, jos heitä ei perehdytetä. Näin kertsijoituksena kalliit ja laadukkaat järjestelmät eivät tule maksamaan itseään takaisin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia valaistuksen suunnittelua sairaaloissa keskittyen valaistuksenohjauksiin. Nopeasti työtä tehdessä tuli selväksi, kenelle valaistus suunnitellaan. Standardeilla ja määräyksillä saadaan laadullisesti riittävä valaistus, mutta valaistus on osin riittämätön, jos loppukäyttäjä ei pysty hyödyntämään valaistusta tai sen sovelluksia. Tähän dokumenttiin pyrittiin keräämään sairaalan valaistussuunnittelun teoriaa ja ohjeita, joita voidaan hyödyntää Granlund Oy:n tulevien sairaalapojektien yleissuunnittelussa valaistusta ja ohjaustapoja valittaessa.

Lähteet

- 1 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 2 Harsia, Pirkko;Heinonen, Jari. 2009. Valovoima. Tampereen ammattikorkeakoulun verkkoaineisto. Ensto BT. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398112158.html>>. Luettu 3.10.2019.
- 3 Valaistussuunnittelijan käsikirja. 2009. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <https://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_FI_09.pdf>. Luettu 3.10.2019.
- 4 Suora/epäsuoran valaisimen valojakokäyrä. Combilume. 2019. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/Tuotteet/combilume/12055/>>. Luettu 8.10.2019
- 5 RT 07-10912 Päivänvalonhallinta sisätiloissa. 2008. Rakennustietosäätiö.
- 6 Ledien elinikä. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://glamox.com/fi/ledien-elinik1>>. Luettu 6.10.2019.
- 7 Valaistuksen peruskäsitteitä. 2019. Verkkoaineisto. Näkövammaistenliitto Ry. <https://www.nkl.fi/fi/etusivu/saavutettavuus-esteettomyys/rakennetun-ympariston-esteettomyys-ja-opasteet/valaistus-kontrastit-ja-varit/kasitteet_valo>. Luettu 6.10.2019.
- 8 Fotometrisia mittauksia. Työohje. 2002. Verkkoaineisto. Turun ammattikorkeakoulu. <<http://users.edu.turku.fi/mihanski/Fy10/AMK/Fotometrisia%20mittauksia.pdf>>. Luettu 6.10.2019.
- 9 Valon määrä. 2019. Verkkoaineisto. Valaistustieto <<https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-mitoitus/>> Luettu 6.10.2019
- 10 Uimonen, Niko. 2018. Ulkovalaistuksen uudistaminen tehdaskiinteistössä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

- 11 Harju, Matias. Aaltomuoto. 2019. Verkkoaineisto. Blogikirjoitus. <<https://aaltomuoto.wordpress.com/valo/nayttamovalaisun-perusteet/valo-ja-varit/>>. Luettu 21.10.2019.
- 12 Spektri. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://glamox.com/fi/spektri>>. Luettu 21.10.2019.
- 13 21. Valaistustekniikka. Automaatiolabrat. 2008. Koulutusmateriaali. Oulun ammattikorkeakoulu. <http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/21_Valaistustekniikka.pdf>. Luettu 20.10.2019.
- 14 ST 58.02. Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti. Helsinki. 2017. Sähköinfo Oy. Luettu 8.10.2019.
- 15 Amplitudisäätö. 2019. Verkkoaineisto. Helvar Oy. <<https://www.helvar.com/fi/ratkaisut/led-ratkaisut/amplitudisaato/>>. Luettu 9.10.2019
- 16 ST 58.31. Valonlähteiden säätö ja ohjaus. Espoo: Sähköinfo Oy
- 17 Ohjaustavat. 2019. Verkkoaineisto. Ensto. <<https://www.ensto.com/fi/tuki/suunnittelutyokalut/valaistusopas/ohjaustavat/>>. Luettu 9.10.2019.
- 18 Sinisalo, Matti. 2011. Toimistovalaistuksen ohjausjärjestelmät ja elinkaari-kustannustarkastelu. Diplomi-insinööriyö. Aalto-Yliopisto. Sähkötekniikan Korkeakoulu. Luettu 10.10.2019
- 19 Saarinen, Tomi. 2014. Valaistuksen ohjausjärjestelmien tekninen vertailu. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 20 Putkonen, Juha. 2013. Valaistuksen hankintakustannusten ja energiankulutuksen vertailu päiväkotikohteissa. Insinööriyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
- 21 Mans, Paul. 2019. HelvarOy Ab. Sisävalaistustekniikka. Valaistuksen ohjaustavat. Luentomateriaali. Valoakatemia. Vantaa. 23.1.2019.
- 22 Dali-standardoitu digitaalinen valonohjausprotokolla. 2017 Koulutusmateriaali. Fagerhult Oy.
- 23 Huttunen, Jukka. 2017 Valaistusohjauskoulutus. Yrityksen sisäinen dokumentti. Granlund Oy.
- 24 DALI MCU. 2017. Koulutusaineisto Osram.

- 25 Nurmio, Jarno. 2018. KNX-perusteet. Opetusmoniste. Metropolian ammattikorkeakoulu.
- 26 KNX-järjestelmän perusteet. ST-Käsikirja 23. Sähkötieto Ry. Espoo. 2015.
- 27 Glamox DALI. 2019. Koulutusaineisto. Glamox Oy.
- 28 Lytz, Benjam. Johtava asiantuntija. Granlund Oy, Lohja. Haastattelu. 9.9.2019
- 29 Hiltunen, Jukka. Langattomat valaistuksen ohjausjärjestelmättoimitiloissa – testiasennusten käyttökokemuksia. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 30 EnOcean – akuton radiotekniikka rakennuksille. 2019. Verkkoaineisto.WAGO. 2019. < <https://www.wago.com/fi/enocan>>. Luettu 16.10.2019
- 31 Kiviniemi, Juha. 2019 Langattomasti älykkäämpään valaistukseen. Plaanil 23.8.2019. Sähkösuunnittelijat NSS Ry.
- 32 prEN 12464-1 E. Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places. 2019. Brysseli: Cen-Cenelec.
- 33 SFS 6000-7-710. Pienjännitesähköasennukset. 2017. Osa 7-710: Erikois-tilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 34 Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. 2018. ST 51.79. Espoo: Sähköinfo Ry.
- 35 Terveydenhuollon käytävätilat. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. < <https://glamox.com/fi/solutions/health-care-corridors>>. Luettu 10.10.2019.
- 36 Potilashuoneiden valaistus. 2019. Verkkoaineisto. Fagerhult. <<https://www.fagerhult.com/fi/sovellukset/terveydenhuollon-tilat/Valaistusratkaisuja/Potilashuone/>>. Luettu 10.10.2019.
- 37 Opas ihmislähtöiseen valaistukseen. 2016. Koulutusmateriaali. Glamox Oy.

- 38 Ensiaputilat ja tutkimushuoneet. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://gla-mox.com/fi/solutions/examinationroom>>. Luettu 12.10.2019.
- 39 Leikkaussali. 2019. Verkkoaineisto. Glamox oy. < <https://gla-mox.com/fi/solutions/operation-rooms>> 12.10.2019.
- 40 SFS-EN ISO 14644-1. Puhdastilat ja puhtaat alueet. 2015. Osa 1: Hiukaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
- 41 Puhakka, Sara. 2016. Puhdastilan valaistus ja intensiivihoidon ihmislähtöinen valaistus sairaalassa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 42 Mannermaa, Antti. 2019. Sairaalavalaistuksen suunnittelu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 21.10.2019
- 43 Kontio, Joanna; Saarelainen, Taru. 2019. Projektisuunnittelija. Kymsote. Puhelinhaastattelu.