

Jarmo Peura

# Energiatehokas valaistus ja sen huomioiminen energiaselvityksessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

8.5.2013

Tekijä Otsikko	Jarmo Peura Energiatehokas valaistus ja sen huomioiminen energiaselvityksessä
Sivumäärä Aika	41 sivua + 4 liitettä 8.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	LVI-suunnittelija Antti Suvanto Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööriyössä selvitettiin valaistusratkaisun vaikutusta valaistuksen neliötehoon ja neliötehon vaikutusta rakennuksen E-lukuun sekä kokonaisenergiakustannuksiin. Lisäksi tutkittiin päivänvalon hyödyntämisen vaikutusta rakennuksen E-lukuun. Työn tavoitteena oli luoda malli siitä, miten valaistuksen huomioiminen E-luvun laskennassa tulee käytännössä toteuttaa.</p> <p>Selvitys tehtiin kolmen esimerkkikohteen avulla.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sairaalaesimerkissä tutkittiin päivänvalo-ohjauksen vaikutusta neliötehoon ja rakennuksen E-lukuun. Sairaalaesimerkissä päivänvalon huomiointi tehtiin kahdella tavalla: Dialux-valaistuslaskentaohjelman energia-arvion avulla standardin SFS-EN 15193 mukaisesti sekä IDA-ICE-ohjelman dynaamista laskentatapaa käyttäen.</li> <li>2. Toimistoesimerkissä tutkittiin valaisinsijoittelun vaikutusta neliötehoon. Tutkimuksessa toimistohuoneen valaistus suunniteltiin kahdella eri tavalla, siten että toimisto-huoneen joka kohdassa työtason korkeudella on 500 lx ja siten, että ainoastaan työalueella on 500 lx, ja muuallakin vain standardissa määrätty valaistusvoimakkuus. Toimistoesimerkin avulla tutkittiin myös valaistuksen neliötehon vaikutusta rakennuksen E-lukuun ja arvioituihin kokonaisenergiakustannuksiin.</li> <li>3. Opetusrakennusesimerkissä vertailtiin toteutetun valaistuksen neliötehoa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaiseen rakennuksen standardikäytön neliötehoon.</li> </ol> <p>Tuloksista voidaan päätellä, että valaistuksen tarkemmalla huomioimisella päästään yleensä D3:n taulukkoarvoa pienempään valaistuksen neliötehoon. Mikäli kuitenkin kohteessa on runsaasti tiloja, joihin vaaditaan standardin vaatimuksia suuremmat valaistusvoimakkuudet, ei D3:n taulukkoarvoa merkittävästi pienempään valaistuksen neliötehoon yleensä päästä. Eroja on myös rakennustyypeittäin siten, että opetusrakennuksen valaistuksen tarkempi huomioiminen kannattaa yleisemmin kuin esimerkiksi toimistorakennuksen. Esimerkkikohteiden 1 ja 2 perusteella valaistusratkaisun tarkemman huomioimisen vaikutus rakennuksen arvioituihin kokonaisenergiakustannuksiin ja E-lukuun ovat suhteellisen marginaaliset.</p>	
Avainsanat	E-luku, Päivänvalo-ohjaus, valaistus

Author Title Number of Pages Date	Jarmo Peura Energy Efficient Lighting and Taking It Into Account in Energy Report 41 pages + 4 appendices 8 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor	Antti Suvanto, Planner of heating, plumbing and ventilation Tapio Kallasjoki, Senior lecturer
<p>The aim of this thesis was to find out the impact of lighting solutions on the square power and the impact of square power on the E-number of buildings and on total energy expenses. The aim was also to study the impact of using daylight, regarding the E-number of a building. The purpose of this thesis was to create a model on how more precise consideration of lighting needs to be put into practice.</p> <p>The analysis was made by using three cases.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In the hospital case the purpose was to study the impact of the daylight control on the square power and the E-number of the building. The consideration of the daylight was done in two ways; according to standard SFS-EN 15193 and using the dynamic calculation method of IDA-ICE program.</li> <li>2. In the office case the purpose was to study the impact of locating of luminaries on the square power. The lighting of the office room was planned in two ways: so that there were 500 lx at the level of the working plane everywhere in the office room, and so that there were 500 lx only in the task area and in the other parts of the room the intensity of illumination was according to the standard. The purpose of the office case was also to study the impact of the square power on the E-number of the building and to the evaluated total energy expenses.</li> <li>3. In the school building case the purpose was to compare the square power of the executed lightings to the standard square power of the building. The standard square power was according to the Finland's code of building regulations part D3.</li> </ol> <p>The results of this thesis show that more precise consideration of lighting generally leads to minor square power of lighting. If the target has a lot of space that require larger intensity of illumination than required by the standard, usually significantly smaller square power of lighting than the value of D3 cannot be achieved. There are also differences by the types of a building; more precise consideration of the lighting of a school building is usually more profitable than of an office building. Based on cases 1 and 2, it appears that more precise consideration of lighting has a marginal effect on estimated total energy expenses and on the E-number.</p>	
Keywords	E-number, daylight control, lighting

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Valaistukseen ja energiaselvityksiin liittyvää teoriaa	2
2.1	Rakennushankkeen eteneminen	2
2.2	Valaistukseen ja energialaskelmiin liittyvät määräykset ja standardit	3
2.2.1	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 Rakennuksen energiatehokkuus	4
2.2.2	SFS-EN 15193 Valaistuksen energiatehokkuus	7
2.2.3	SFS-EN 12464-1 Valaistuksen laatuvaatimukset	7
2.3	Energiatehokas valaistus	13
2.3.1	Valonlähteen energiatehokkuus	13
2.3.2	Liitäntälaitteen energiatehokkuus	14
2.3.3	Optiikan hyötysuhde	15
2.3.4	Tilan, valaistustavan ja valaistuksen ohjauksen vaikutus valaistuksen energiatehokkuuteen	15
2.4	Valaistustapa	16
2.4.1	Suora valaistus	16
2.4.2	Epäsuora valaistus	16
2.4.3	Yhdistelmävalaistus	17
2.5	Valaistuksen ohjaustapoja	17
2.5.1	Läsnäolotunnistus	18
2.5.2	Päivänvalo-ohjaus	18
2.5.3	Kello-ohjaus	19
2.6	Valaistuksen erityispiirteet erityyppisissä rakennuksissa	19
2.6.1	Sairaalavalaisituksen erityistarpeet	19
2.6.2	Toimistovalaisituksen erityistarpeet	20
2.6.3	Kouluvalaisituksen erityistarpeet	20
3	Energia- ja valaistussimulointeihin liittyvää teoriaa	20
3.1.1	Dialux-ohjelma	21

3.1.2	IDA-ICE-ohjelma	22
3.1.3	Laskennan kulku	22
4	Esimerkkikohteet	26
4.1	Esimerkki 1 sairaalarakennus	26
4.1.1	Laskennan tavoitteet	26
4.1.2	Menetelmät	26
4.1.3	Tulokset	30
4.1.4	Johtopäätökset	31
4.2	Esimerkki 2 toimistorakennus	33
4.2.1	Laskennan tavoitteet	33
4.2.2	Menetelmät	33
4.2.3	Tulokset	34
4.2.4	Johtopäätökset	35
4.3	Esimerkki 3 opetusrakennus	37
4.3.1	Laskennan tavoitteet	37
4.3.2	Menetelmät	38
4.3.3	Tulokset	38
4.3.4	Johtopäätökset	38
5	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkikohteen 1 valaistuslaskentareportin osa	
	Liite 2. Esimerkkikohteen 2 valaistuslaskentareportin osa	
	Liite 3. Esimerkkikohteen 2 vertaileva energialaskentareportti	
	Liite 4. Valaistustason erilliselvitys esimerkki	

## 1 Johdanto

Insinööri työ käsittelee energiaselvitystä valaistuksen näkökulmasta. Työssä on tavoitteena luoda yrityksen sisäinen ohje siitä, miten valaistus tulisi huomioida E-luvun laskennassa. Lisäksi yritys saa paremman tuntuman siitä, miten paljon valaistuksella voidaan vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen ja E-lukuun. Yritys saa myös paremmat lähtökohdat esittää asiakkaalle vaihtoehtoja ja ajatuksia valaistuksen toteutuksesta.

Työn perusteella osataan arvioida, miten paljon E-lukua voidaan parantaa valaistuksen energiatehokkuutta parantamalla. Osataan myös arvioida, voidaanko tarkemmalla valaistuksen huomioimisella päästä parempaan valaistuksen  $W/m^2$  arvoon ja parempaan E-lukuun, vaikka valaistusratkaisu olisi tavanomainen.

E-luvun laskenta koskee sisäkohteita. Ulkovalaistuksella ei ole vaikutusta rakennuksen E-lukuun. Energiaselvitys tehdään rakennuslupaa haettaessa. Energiaselvitykset yrityksessä tekevät energialaskelmiin perehtyneet insinöörit, jotka ovat pääasiassa LVI-insinöörejä. Yrityksessä on käytetty yleensä D3:n standardoituja taulukkoarvoja valaistuksen energiankulutuksen määrittämiseen valaistusratkaisusta riippumatta. Insinöörityössä tutkitaan, kannattaako valaistuksen tarkempi huomioiminen energiaselvitystä tehtäessä, ja miten valaistuksen energiankulutus tulisi huomioida. Lisäksi tutkitaan, kuinka paljon valaistusratkaisulla on vaikutusta rakennuksen E-lukuun.

Työssä ei keskitytä asuinrakennuksiin, koska suunnitteluvaiheessa ei juuri pystytä vaikuttamaan asuinhuoneiston tai -kiinteistön valaistuksen energiankulutukseen. Muuntotyypisissä rakennuksissa myös mahdollisuudet valaistuksen älykkääseen ohjaamiseen ovat paremmat. Rakennustyyppit, joihin insinöörityössä keskitytään esimerkkikohteiden avulla, ovat sairaala-, toimisto- ja koulurakennus.

Työ tehdään Wise Groupille. Wise Group Finland Oy on suomalainen yritys, joka tarjoaa talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluita uudis- ja korjauskohteisiin Suomessa, Venäjällä ja Baltian maissa. Wise Groupissa työskentelee noin 230 talonrakennusalan suunnittelun, rakennuttamisen ja konsultoinnin ammattilaista.

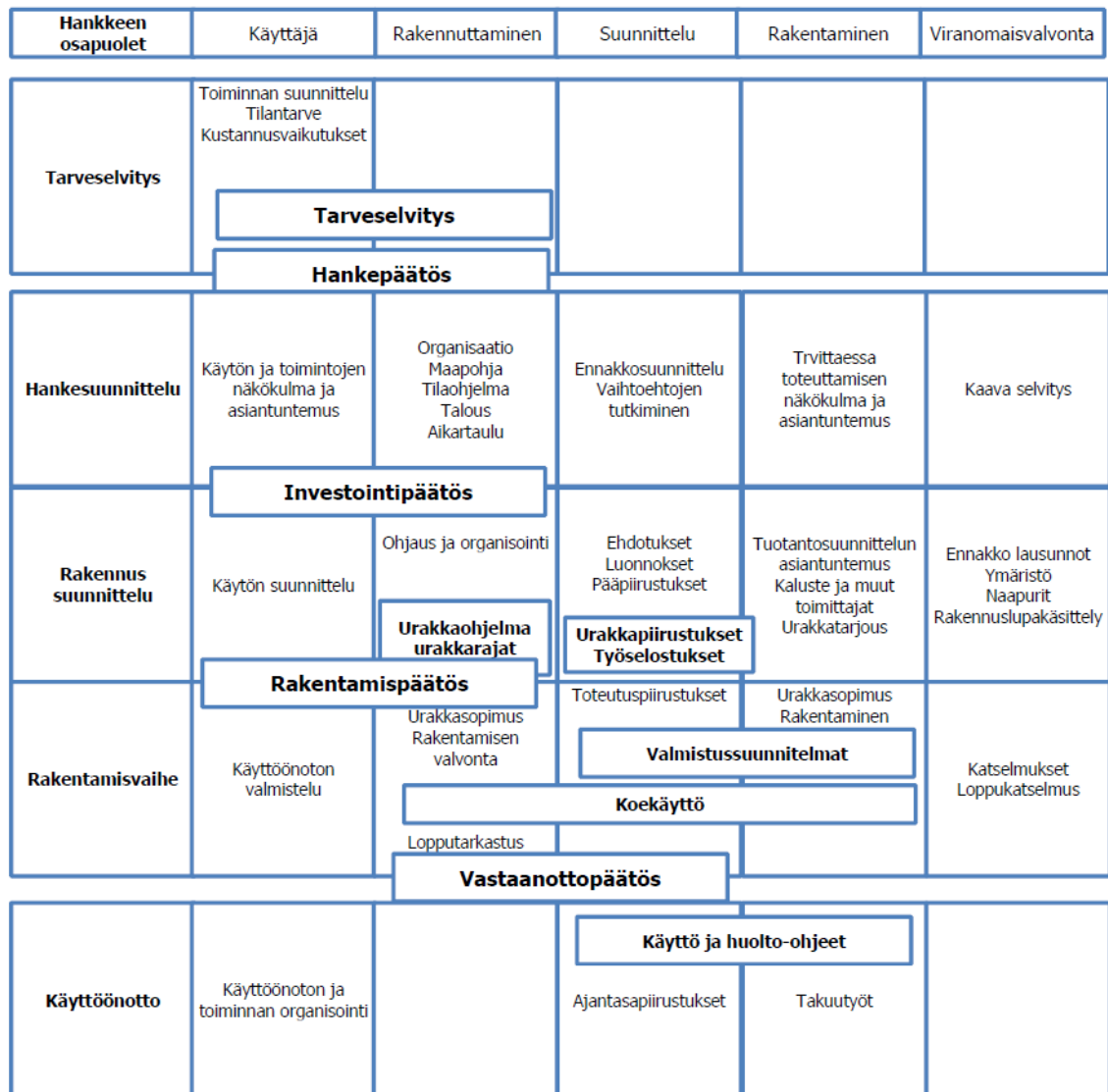
## 2 Valaistukseen ja energiaselvityksiin liittyvää teoriaa

### 2.1 Rakennushankkeen eteneminen

Rakennushanke lähtee liikkeelle asiakkaan tarpeesta, budjetista ja aikataulusta. Hanke jakautuu neljään päävaiheeseen: hankeidea-, suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönottovaihe. Rakennushankkeeseen osallistuu viisi päätekijää: tilankäyttäjä, rakennuttaja, eri alojen suunnittelijat ja urakoitsijat sekä viranomaisvalvonta. Hanke etenee yleensä seuraavan kaavion mukaan (kuva 1, ks. seur. s.).[1.]

Koska energiaselvitys tarvitaan rakennuslupahakemuksen liitteeksi, se täytyy tehdä ennen rakennusluvan hakemista. Rakennuslupaa haetaan yleensä suunnittelun luonnosvaiheessa. Tällöin ei välttämättä tiedetä rakennuksesta muuta kuin rakennuksen sijainti tontilla, massoittelu, aukotus ja käytettyjen rakenteiden U-arvot sekä tietenkin rakennuksen käyttötarkoitus. Koska energiaselvityksen lähtötiedot ovat tässä vaiheessa usein vajavaiset, energiaselvitys päivitetään rakennuksen käyttöönottovaiheessa vastaamaan toteutuneita ratkaisuja.

Energiasimulointeja kannattaa kuitenkin toteuttaa jo hankesuunnittelun alussa, jolloin mietitään rakennuksen suuntausta, aukotusta, massoittelua ja sijaintia tontilla. Rakennuksen suuntauksella on vaikutusta muun muassa lämpökuormiin ja päivänvalon hyödyntämismahdollisuuksiin. Rakennushankkeen alkuvaiheella eli tarveselvityksellä ja hankesuunnittelulla on suuri merkitys rakennuksen energiatehokkuuteen. Tarveselvityksen oikealla tilantarpeen arvioinnilla ja hankesuunnittelun vaihtoehtojen tutkimisella voidaan vaikuttaa huomattavasti tulevan rakennuksen energiankulutukseen. Hankesuunnittelussa usein myös määritetään rakennukselle tavoite-energiankulutus.[2.]



Kuva 1. Rakennushankkeen eteneminen [1,s.2]

## 2.2 Valaistukseen ja energialaskelmiin liittyvät määräykset ja standardit

Erilaisissa tiloissa tarvitaan erilaista valoa. Parkkihallissa on valaistuksen värintoistindeksillä merkitystä, jotta hallista löytää kukin oman autonsa värin perusteella. Käytävillä täytyy pystyä liikkumaan turvallisesti. Työpisteillä täytyy nähdä lukea paperilta tekstiä. Valaistus ei kuitenkaan saa aiheuttaa kiiltokuvastumista tietokoneen näyttöpäätteeltä. Luokkahuoneessa täytyy nähdä taululle, mutta opettaja ei kuitenkaan saa häikäistyä tauluvalaisimista. Oppilaan on pystyttävä lukemaan tekstiä pöydällä olevalta paperilta. Pöytää valaisevat valaisimet eivät kuitenkaan saa aiheuttaa kiiltokuvastumista



luettavalta paperilta. Valaistuksen laatuvaatimukset sisätyöpaikoille on esitetty standardissa SFS-EN 12464-1 Sisätilojen työkohteiden valaistus.

Standardeissa annetut valaistusvaatimukset ovat melko tiukkoja, eikä niitä ole helppo saavuttaa. Valaistusratkaisua täytyy miettiä kaikkien standardin vaatimusten näkökulmasta. Standardin mukaiseen valaistusratkaisuun päästään käyttämällä valaistussuunnittelun apuna valaistuslaskentaohjelmaa. Mikäli valaistuksen standardinmukaisuus täytyy jollekin taholle todistaa, saadaan valaistuslaskentaohjelmasta todistamiseen tarvittavat laskentaraportit.

Pyrittäessä energiatehokkaaseen valaistukseen voidaan hyvään lopputulokseen päästä pienentämällä valaistuksen käyttöastetta sekä parantamalla valaistushyötysuhdetta. Valaistuksen käyttöastetta voidaan pienentää käyttämällä tehokasta valaistuksenohjausta, jolloin valot eivät pala milloinkaan tarpeettomasti. Valaistuksen hyötysuhteeseen puolestaan vaikuttavat valaisimen hyötysuhde ja valonjako, valaistustapa sekä valaistavan tilan pintojen heijastuskertoimet ja tilan muoto. Energiatehokkaaseen valaistukseen voidaan siis päästä, valitsemalla energiatehokkaat valaistustuotteet, ja panostamalla tilan ominaisuuksiin. Rakennuksen valaistuksen energiankulutuksen laskemista sekä energiatehokasta valaistusta käsitellään standardissa SFS-EN 15193.

Jokaiselle rakennettavalle rakennukselle on tehtävä rakennusluvan hakuvaiheessa energiaselvitys, joka tarkentuu rakennuksen käyttöönottovaiheessa. Rakennukselle tehtävä energiaselvitys, jonka tuloksena saadaan rakennuksen E-luku, tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti.

### 2.2.1 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 Rakennuksen energiatehokkuus

D3 on ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta. Dokumentissa annetaan ohjeet rakennuksen E-luvun laskemiseksi. D3 antaa myös E-luvun suurimmat sallitut arvot eri rakennustyypeille. Uuden sisäministeriön asetuksen myötä valaistus on merkittävämpi tekijä energialaskelmissa kuin aiemmin, koska eri ostoenergiamuodoille on annettu erilaiset kertoimet. [3.]

## E-luvun esittely

E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergian kulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. Uusiutuva omavaraisenergia ei ole ostoenergiaa, joten uusiutuvan omavaraisenergian käytöllä voidaan vähentää ostoenergian kulutusta ja sitä kautta pienentää rakennuksen E-lukua. Kullekin rakennustyypille on määritetty tietyt käyttötunnit, joita voidaan käyttää energialaskelmissa, mikäli tilassa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus (taulukko 1). [3.]

Taulukko 1. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti [3]

Käyttötarkoitusluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset <sup>a</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 <sup>b,c</sup>	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 <sup>b,c</sup>	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12 <sup>c</sup>	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19 <sup>c</sup>	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14 <sup>c</sup>	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	18 <sup>c</sup>	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12 <sup>c</sup>	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9 <sup>c</sup>	9	8

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6  
b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1  
c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.  
d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

Tarpeen mukaista valaistuksen ohjausta ei ole määritetty valaistusstandardissa eikä D3:ssa. Työssä oletetaan, että tarpeenmukaisella valaistuksenohjauksella tarkoitetaan sitä, että valaistusta voidaan ohjata tai valaistus ohjautuu automaattisesti tarpeen mukaan. E-luvun laskennassa ei siis ole merkitystä, onko rakennuksessa läsnäoloon perustuva valaistuksenohjausjärjestelmä vai perinteinen kytkinohjaus.

E-luvulla ei ole suoraa yhteyttä rakennuksen energiankulutukseen muun muassa energiamuotojen kertoimista johtuen. Rakennus, jota lämmitetään kaukolämmöllä, saavuttaa pienemmän E-luvun kuin rakennus, jota lämmitetään sähköllä, vaikka energiaa kuluisi saman verran. E-luku ei myöskään huomioi valaistuksen ohjausjärjestelmää, vaan samalla tavalla otetaan huomioon läsnäolotunnistimella ohjattu ja kytkimellä

ohjattu valaistus. Jos on esimerkiksi kaksi rakennusta, joista toisessa on kaikkialla läsnäoloantureihin perustuva valaistuksen ohjaus ja toisen samanlaisen rakennuksen jokaisessa tilassa on kytkin valaistuksen kytkemiseksi päälle ja pois, on silti E-luku sama, vaikka valaistuksen kuluttama energia ei ole sama laskettaessa energian kulutusta standardin SFS-EN 15193 mukaan.

E-luku on luku, jolla voidaan verrata eri rakennusten energiatehokkuutta. E-luku huomioi esimerkiksi sen, että kaukolämmöllä eli voimalaitoksen hukkalämmöllä on parempi lämmitellä rakennusta kuin sähköllä. E-luvulla voi siis olla vaikutusta rakennuksen jälleenyntiarvoon sekä rakennuksen imagoon, joten mahdollisimman pieneen E-lukuun kannattaa pyrkiä, vaikka rakennusluvan saisi isommallakin E-luvulla. Olisi myös hyvä, jos valaistuksen ohjausjärjestelmällä olisi vaikutusta E-lukuun, esimerkiksi standardin SFS-EN 15193 mukaisesti. Näin ei kuitenkaan ole.

#### Energiamuotojen painotus

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

- sähkö	1,7
- kaukolämpö	0,7
- kaukojäähdytys	0,4
- fossiiliset polttoaineet	1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet.	0,5

[3, s.8].

Kertoimista johtuen sähkönä kulutetulla kWh:lla on suurempi merkitys E-lukuun kuin esimerkiksi kaukolämpönä kulutetulla. Energiatehokkaalla valaistuksella voidaan siis vaikuttaa rakennuksen E-lukuun enemmän, koska sähkönkäyttö korostuu verrattaessa esimerkiksi kaukolämmön käyttöön. Jokainen watti, jolla valaistusjärjestelmä lämmittelee tilaa, täytyy poistaa tilasta lämmityskauden ulkopuolella. Näin ollen energiatehokkaalla valaistuksella voidaan vähentää myös jäähdytystarvetta eli jäähdytyslaitteiden sähkön kulutusta ja saavuttaa tyydyttävä sisäilman lämpötila pienemmillä jäähdytyslaitteilla. Tällöin säästetään myös jäähdytyslaitteiden investointikustannuksissa.

Toisaalta lämmityskaudella valaistusjärjestelmä lämmittelee tilaa ja säästää näin lämmitysenergian tarvetta. E-luvun kannalta tilan lämmittäminen valaistuksella on kuitenkin

epäedullista, sillä tilaa olisi energiamuotojen kertoimista johtuen parempi lämmittää esimerkiksi kaukolämmöllä (kerroin 0,7) kuin sähköllä (kerroin 1,7). Kertoimista johtuen, vaikka tarkastelisimme pelkkää lämmityskautta, kannattaa E-luvun näkökulmasta pyrkiä energiatehokkaaseen valaistukseen.

### 2.2.2 SFS-EN 15193 Valaistuksen energiatehokkuus

Standardi SFS-EN 15193 käsittelee valaistuksen energiankulutuksen laskentaa ja määrittelee laskentamenetelmän rakennuksen sisävalaistuksen energiankulutuksen laskemiseksi numeerisella valaistuksen energiatehokkuusindikaattorilla. Tämä indikaattori on nimeltään LENI-luku.[4.] Standardin SFS-EN 15193 mukaista laskentatapaa, tietyin rajoituksin, voidaan soveltaa otettaessa huomioon päivänvalon vaikutus valaistuksen neliötehoon. Tämä voidaan huomioida, jos päivänvaloa hyödyntävässä tilassa on niin sanottu päivänvalo-ohjaus.

#### LENI-luku

LENI-luvun yksikkö on kilowattituntia neliömetrillä vuodessa ( $kWh/(m^2 \cdot a)$ ) [4, s.18]. LENI-luvun laskennassa otetaan huomioon muun muassa valaistuksen ohjausjärjestelmä, päivänvaloa hyödyntävien tilojen ikkunoiden ominaisuudet, tilan muoto, leveyspiiri ja päivänvaloa varjostavat objektit. Dialux-valaistuslaskentaohjelman energia-arvio laskee LENI-luvun. LENI-luvusta päästään neliötehoon jakamalla se vuoden käyttötunneilla.

### 2.2.3 SFS-EN 12464-1 Valaistuksen laatuvaatimukset

#### Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuutta pidetään valaistuksen mitoituksen lähtökohtana, vaikka näkötehokkuus riippuu olennaisesti siitä, miten tarvittava valaistusvoimakkuus on aikaansaatava. Erilaisille työalueille ja työtehtäville on standardissa määritetty valaistusvoimakkuudet, joiden pohjalta tilan valaistus tulee suunnitella. Standardissa annettu valaistusvoimakkuusvaatimus tulee täyttyä koko valaistusasennuksen elinkaaren ajan ja lamppujen vaihtovälin alusta loppuun.

Jotta standardin mukainen valaistusvoimakkuus säilyisi valonlähteen vaihtovälillä syntyvästä valovirran alenemasta, lamppujen osittaisesta palamisesta, tilan pintojen likaantumisen sekä valaisimen heijastimien pölyntymisestä huolimatta, täytyy valaistus ylivoimittaa. Ylivoimittaminen huomioidaan valaistuslaskennassa niin sanotun huoltokerroimen avulla. Huoltokerroimen määrittämiseen vaikuttavat käytetty valonlähde, liitäntälaitte, valaisimen ominaisuudet ja ympäristöolosuhteet sekä huoltosuunnitelma. [5.]

Perussääntönä voidaan pitää, että loisteputkin toteutetun valaistusasennuksen huoltokerroin on 0,8 ja led-valaisimin toteutetun valaistusasennuksen huoltokerroin on 0,6, kun asennuspaikkana on siisti sisätila. Jotta vältetään led-valaistuksen suuresta ylivoimittamisen tarpeesta johtuvasta suuresta neliötehosta, kannattaa led-valaistusta käytettäessä panostaa vakiovalo-ohjaukseen. Tällöin saavutetaan valonlähteen käyttöiän alussa huomattava energiansäästö ja pidentynyt valonlähteen elinikä. [6.]

Standardissa SFS-EN 12464-1 määritellään valaistusasteet työalueelle, työalueen lähiympäristölle ja tausta-alueelle. Suunnittelijan tehtäväksi jää työkohteen koon ja paikan määrittäminen. Jos työkohteen sijaintia ei voida määrittää, energiatehokkain ratkaisu on tehdä valaistuksesta muunneltava, jolloin valaistus voidaan muokata sopivaksi, kun työalue on varmistunut. Toinen vaihtoehto on toteuttaa työkohteen vaatima valaistus koko tilaan, mikä lisää huomattavasti energiankulutusta mutta toisaalta myös kalustuksen muuntojoustavuutta. [7, s. 24.] Suunniteltaessa energiatehokasta valaistusta tulisi välttää tilannetta, jossa työkohteen vaatima valaistusvoimakkuus toteutetaan koko tilaan.

Standardissa SFS-EN 12464-1 on asetettu vaatimukset myös seinä ja kattopintojen valaistusvoimakkuuksille sekä sylinterivalaistusvoimakkuudelle. Kaikissa suljetuissa tiloissa tärkeimpien pintojen valaistusvoimakkuuksien tulee olla seinillä yli 50 lx ja katoissa yli 30 lx. Mikäli kyseessä on toimisto-, terveydenhoito- tai opetustila suositellaan seinäpinnoille yli 75 lx ja kattopinnalle yli 50 lx. [5, s. 16.]

Keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden eli pystytason valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 50 lx vaakatasossa määrättyllä korkeudella lattiasta olevalla kuvitteellisella pinnalla, esimerkiksi istuvalle henkilölle korkeudella 1,2 m ja seisovalle henkilölle 1,6 m korkeudella lattiasta. Tiloissa, joissa hyvä visuaalinen kommunikaatio on tärkeää, erityisesti toimisto-, neuvottelu-, ja opetustiloissa tulee

synterivalaistusvoimakkuuden olla vähintään 150 lx. Kaikissa edellä mainituissa tapauksissa on valaistusvoimakkuuden tasaisuuden ( $U_0$ ) oltava vähintään 0,1. [5, s. 26.]

### Häikäisyindeksi

Häikäisy on tunne, jonka aiheuttavat näkökentässä olevat kirkkaat kohteet. Tyypillisesti häikäisyä aiheuttavat valaisimien osat, ikkunat tai valaistut pinnat. Häikäisyä ilmenee kahta eri tyyppiä, kiusahäikäisyä ja estohäikäisyä. Estohäikäisy on näkemistä heikentävää häikäisyä. Häikäisylähteestä tuleva valo hajaantuu silmässä ja aiheuttaa verkkokalvolla olevan kuvan päälle harsoluminanssin, joka heikentää kuvan kontrasteja. Kiusahäikäisyksi kutsutaan häikäisyä, joka aiheuttaa epämiellyttävää tunnetta. Kiusahäikäisy johtuu näkökentän suurista luminansseista tai luminanssieroista. Kiusahäikäisyn kokeminen on hyvin yksilöllistä. Häikäisyindeksin avulla asetetaan standardissa rajat maksimihäikäisylle erilaisissa näkötehtävissä. Häikäisyindeksi voidaan laskea kaavalla 1. Häikäisyindeksin määrittäminen onnistuu esimerkiksi Dialux-valaistuseläskentaohjelmalla. [5, s. 24.]

$$UGR = 8 \log_{10} \left[ \left( \frac{0,25}{L_b} \right) \sum_i \frac{L_i^2 \omega_i}{P_i^2} \right] \quad (1)$$

missä

$L_b$  = Havaittajan näkemä keskimääräinen luminanssi ilman häikäisylähdettä [cd/m<sup>2</sup>].

$L$  = Häikäisylähteen luminanssi havaittajan suuntaan [cd/m<sup>2</sup>].

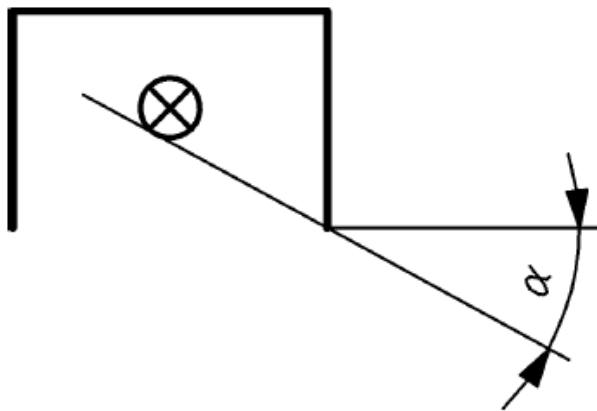
$\omega$  = Avaruuskulma, jossa häikäisylähde näkyy havaittajalle.

$P$  = Guthin paikkaindeksi häikäisylähteelle.

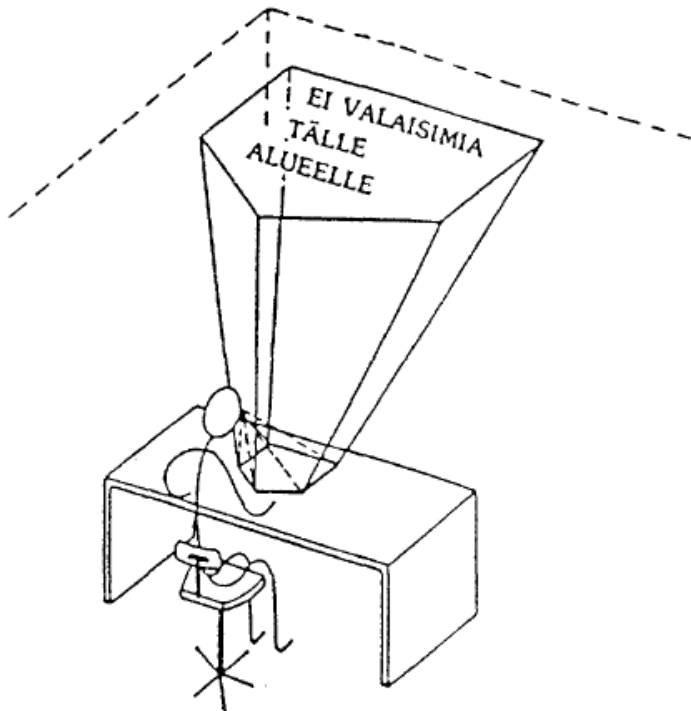
Taulukko 2. Lampun luminanssi ja minimisuojauskulmat [5, s. 26]

Lampun luminanssi $\text{kcd}\cdot\text{m}^{-2}$	Minimihäikäisysuojakulma $\alpha$
20... < 50	15°
50... < 500	20°
$\geq 500$	30°

Standardissa SFS-EN 12464-1 annetaan näkökentässä olevan valaisimen pienimmät sallitut suojauskulmat (kuva 2) suurluminanssisia  $>20\frac{\text{kcd}}{\text{m}^2}$  valonlähteitä käytettäessä (taulukko 2) [5.]

Kuva 2. Suojauskulma  $\alpha$  [5,s.26]

Valaisimia ei saisi asentaa niin sanotulle kiiltokuvastumisalueelle, koska tällöin valaisin näkyy luettavalta paperilta tai näyttöruudun kautta ja estää tehokkaan näkemisen. (kuva 3 ks. seur. s.)



Kuva 3. Alue, jolla oleva valaisin kiiltokuvastuu luettavalta lehdeltä. [7, s. 7]

Standardi määrittää kiiltokuvastumisalueen maksimiluminanssiksi näyttöpäätetyöskentelyssä, käytettäessä standardin ISO 9241-7 mukaista näyttöä,  $1000 \text{ cd/m}^2$ . Arvo mahdollistaa muun muassa epäsuoran valaistuksen hyödyntämisen.[7, s. 8.] Taulukossa 3 (ks. seur. s.) näkyy myös sallitut kiiltokuvastumisalueen luminanssit käytettäessä erilaisia näyttöjä.



Taulukko 3. Kiiltokuvastumisalueen luminanssirajat näyttötyypeittäin [5, s. 32]

<b>Näytön kirkkaan tilan luminanssi</b>	Suuriluminanssin näyttö $L > 200 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	Normaaliluminanssin näyttö $L \leq 200 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
Tapaus A  (positiivinen polariteetti ja vaatimukset näytettävän informaation väreille ja yksityiskohdille tavanomaiset, kuten toimistokäytössä, opetuksessa jne.)	$\leq 3\,000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	$\leq 1\,500 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
Tapaus B  (negatiivinen polariteetti ja/tai korkeammat vaatimukset esitettävän informaation väreille ja yksityiskohdille, kuten CAD, värien tarkastelu jne.)	$\leq 1\,500 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	$\leq 1\,000 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$

### Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

Valaistuksen tasaisuus on määritetty standardissa valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhteena keskiarvoon [7, s. 5]. Minimivaatimukset valaistuksen tasaisuudelle on määritetty standardissa erikseen kullekin näkötehtävälle.

### Värintoistoindeksi

Standardin SFS-EN 12464-1 mukaan lamppuja, joiden värintoistoindeksi on pienempi kuin 80, ei tule käyttää tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti. Tämä usein pois sulkee suur- ja pienpainenatriumlamppujen sekä elohopealamppun käytön sisätiloissa. [7, s. 8.]

Kaikkien edellä mainittujen standardin vaatimusten täyttäminen ei ole kovin helppoa. Standardin vaatimusten täyttäminen ajaa valaistusratkaisun tiettyyn suuntaan. Mikäli standardin mukaisten valaistusolosuhteiden lisäksi pyritään energiatehokkuuteen, on

valaistuksen toteutukseen soveltuvat ratkaisut hyvin samankaltaisia. Mikäli energiatehokkuudella ei ole kovin suurta painoa suunnittelussa, voidaan päätyä myös yllätyksellisempiin lopputuloksiin.

### 2.3 Energiatehokas valaistus

Valaistuksen energiatehokkuus riippuu monesta seikasta. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa valonlähteen energiatehokkuus, mahdollisen liitäntälaitteen energiatehokkuus, valaisimen optiikan energiatehokkuus, valaistavan tilan pintojen heijastuskertoimet sekä valaistustapa. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa myös valaistuksenohjauksen ominaisuudet.

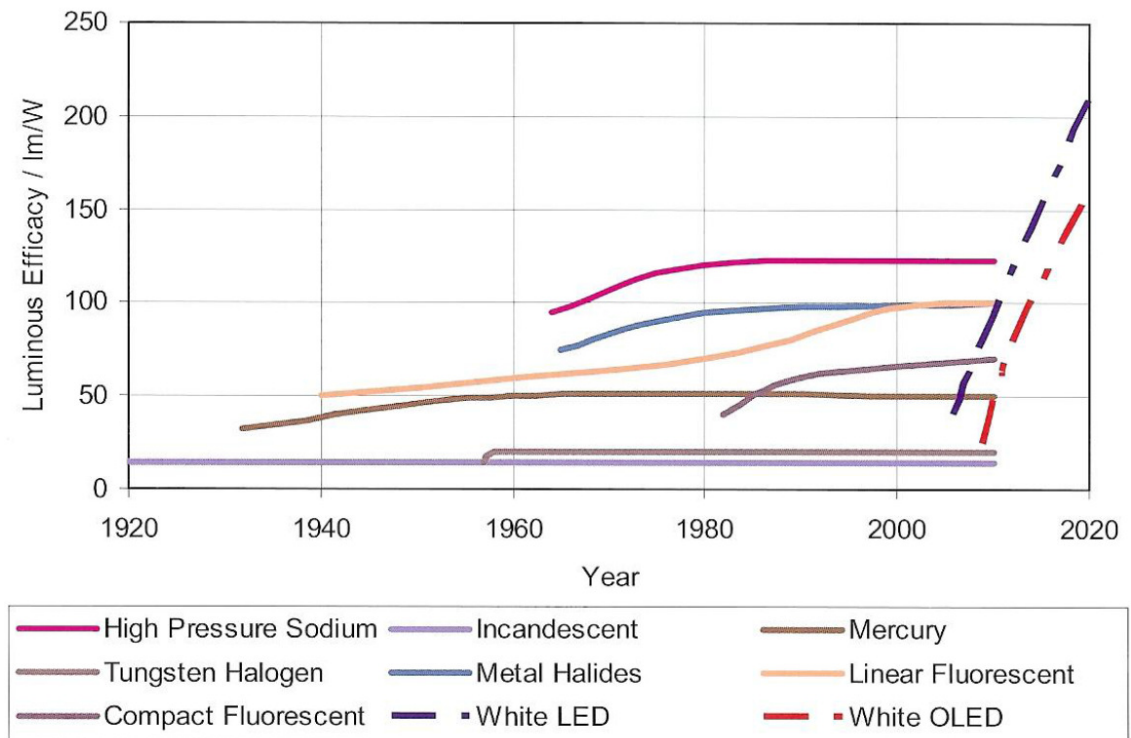
Merkittävin syy, miksi energiatehokkaaseen valaistukseen kannattaa pyrkiä, ovat valaistusratkaisun elinkaarikustannukset. Suurin osa valaistuksen kustannuksista muodostuu valaistusasennuksen käyttöaikana. Energiatehokkaalla valaistuksella voidaan lisäksi saavuttaa rakennukselle parempi E-luku. Myös erilaiset ympäristösertifikaatit kuten, LEED-sertifikaatti, antavat motiivin energiatehokkaan valaistuksen toteuttamiselle.

#### 2.3.1 Valonlähteen energiatehokkuus

Valonlähteen energiatehokkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka monta lumenta valonlähde tuottaa valonlähteeseen syötettyä wattia kohden. Nykyään energiatehokkain valonlähde on pienpainenaatriumlamppu, jonka valotehokkuus on lähes 200 lm/W. Pienpainenaatriumlampun valo on monokromaattista. Se sisältää vain yhtä aallonpituutta. Valo on oranssia ja värintoistoltaan erittäin huonoa. Pienpainenaatriumlampun valo ei sovellu sisätilojen valaisemiseen, vaan sitä käytetään esimerkiksi moottoritievalaistukseen.

Ledin uskotaan lähivuosina ohittavan pienpainenaatriumlampun energiatehokkuudessa. Ledin valo on valkoista ja valkoisella ledillä on jatkuva spektri, joka mahdollistaa hyvän värintoiston. Led soveltuu hyvin sisävalaistukseen hyvän valontuoton ja värintoiston ansiosta. Nykyään loisteputken energiatehokkuus on lähellä ledin energiatehokkuutta, mutta loisteputken valontuoton ei odoteta enää juurikaan kehittyvän. Ledin kehitys on ollut nopeaa ja sen odotetaan jatkuvan vielä pitkään, joten tulevaisuudessa valaistaan ledeillä yhä enemmän (kuva 4 ks. seur. s.).

Huonoimpia valonlähteiden energiatehokkuuden suhteen ovat hehku-, halogeeni- ja elohopealamput. Näistä ympärisäteilevistä lamputa hehkulamppujen maahantuonti on päättynyt jo syksyllä 2012 ja muutkin energiatehottomat valonlähteet poistuvat markkinoilta vaiheittain siten, että vain energiatehokkaimmat valonlähteet jäävät markkinoille.



Kuva 4. Valonlähteiden kehitys [8, s. 98]

### 2.3.2 Liitäntälaitteen energiatehokkuus

Kaikki lamputyypit verkkojännitteisiä halogeenilamppuja ja hehkulamppuja lukuun ottamatta tarvitsevat toimiakseen liitäntälaitteen, jonka avulla valonlähde kytketään sähköverkkoon. Aiemmin loisteputken liitäntälaitteena käytettiin kuristinta ja sytytintä. Nykyään kuristimet ja sytyttimet on korvattu energiatehokkaammilla ja ohjausominaisuuksiltaan monipuolisemmilla elektronisilla liitäntälaitteilla. Liitäntälaitteen hyötysuhde vaihtelee paljon. Nykyaikaiset liitäntälaitteet ovat energiatehokkaita. Esimerkiksi loisteputkivalaisimen elektronisen liitäntälaitteen hyötysuhde on tyypillisesti noin 90 %.

Valonlähteiden energiatehokkuusvaatimusten tapaan EUP-direktiivi määrää myös liitäntälaitteiden energiatehokkuudesta. Tämän takia kuristinliitäntälaitteet poistuvat

markkinoilta. Elektroninen liitäntälaitte on oltava uusissa loistelamppuvalaisimissa vuodesta 2017 alkaen. [9.]

### 2.3.3 Optiikan hyötysuhde

Kun valonlähteestä tehdään valaisin, täytyy valo saada ohjattua valaisimesta ulos kohti valaistavaa kohdetta. Tähän tarvitaan optiikkaa. Optiikka voi koostua heijastimista, linseistä tai jopa valokuidusta esimerkiksi saunan kuituvalaistuksessa. Ledin etu muihin valonlähteisiin verrattuna on siinä, että led-sirusta lähtevä valo on jo valmiiksi suunnattua. Tällöin valaisin voidaan toteuttaa ilman heijastimia, ja linseillä voidaan ohjata valo haluttuun valaistavaan kohteeseen. Jokainen heijastin, josta valonsäde heijastuu tai linssi, jonka läpi valonsäde kulkee valaisimen sisällä, aiheuttaa häviöitä. Heijastimia ja linsejä kuitenkin yleensä tarvitaan, jotta valaisimelle saadaan käyttötarkoitustaan vastaava optimaalinen valonjakokäyrä.

### 2.3.4 Tilan, valaistustavan ja valaistuksen ohjauksen vaikutus valaistuksen energiatehokkuuteen

Valaistavan tilan ominaisuudet, kuten pintojen heijastuskertoimet, tilan geometria ja työpisteiden sijoittelu sekä luonnonvalon hyödyntämismahdollisuudet, vaikuttavat valaistuksen energiatehokkuuteen. Tummat pinnat absorboivat valoa ja huonontavat valaistuksen energiatehokkuutta, kun taas vaaleat pinnat heijastavat valoa tehokkaammin. Seinä- ja kattopintojen heijastuskertoimet vaikuttavat erityisesti käytettäessä epäsuoraa valaistusta. Suora valaistus on kuitenkin lähes aina energiatehokkaampi tapa valaista kuin epäsuora valaistus. Epäsuoran valaistuksen käyttöön on syynä muut tekijät kuin valaistuksen energiatehokkuus.

Myös valaistuksen ohjauksella on vaikutusta valaistusratkaisun energiatehokkuuteen. Valaistuksen ohjauksella voidaan vaikuttaa valaistuksen energiatehokkuuteen pitämällä valot sammutettuina, kun valaistusta ei tarvita. Energian säästöä syntyy myös himmentämällä valaistusta siten, että valaistusta tarvittaessa on tarjolla vain standardin mukainen valaistusvoimakkuus. Tästä on erityisesti hyötyä ikkunallisessa tilassa, jolloin päivänvaloa voidaan hyödyntää tehokkaasti.

## 2.4 Valaistustapa

Valaistuksen voi toteuttaa joko puhtaasti suorana tai epäsuorana valaistuksena. Valaistus voidaan myös toteuttaa näiden kahden yhdistelmällä. Molemmilla valaistustavoilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Tästä syystä näiden kahden valaistustavan yhdistelmällä päästään usein parhaaseen lopputulokseen.

### 2.4.1 Suora valaistus

Suorassa valaistuksessa valo ohjataan valaisimesta suoraan valaistavaan kohteeseen. Tällä valaistustavalla saavutetaan suurin valaistusvoimakkuus pienimmällä energian kulutuksella. Suoralla valaistuksella saavutetaan myös usein hyvä kappaleen muodonanto muodostuvista varjoista johtuen. Suoran valaistuksen haittapuolena on suuri häikäisy ja kiiltokuvastuminen, sekä pimeän kattopinnan johdosta alhainen valaistusvaikutelma ja matalampi tilantuntu. Valoa ei myöskään saada pystypinnoille, mikä myös heikentää tilan valaistusvaikutelmaa. Pystypintojen pimeys voi myös heikentää tilankäyttäjän turvallisuudentunnetta, koska vastaantulevien ihmisten kasvot eivät valotu.

### 2.4.2 Epäsuora valaistus

Epäsuorassa valaistustavassa valo ohjataan valaisimesta johonkin isompaan pintaan, esimerkiksi katto- tai seinäpintaan, josta valo heijastuu valaistavaan kohteeseen. Epäsuoralla valaistuksella tilan valaistusvaikutelma on hyvä. Tilassa siis näyttää olevan paljon valoa. Epäsuora valaistus ei aiheuta häikäisyä, koska pinta-ala, josta valo tulee valaistavaan kohteeseen, on suuri, ja näin ollen pinnan luminanssi on pieni (kaava 2). Epäsuoralla valaistuksella kappaleen muodonanto on huono, koska kappaleelle ei muodostu teräväreunaisia varjoja. Myös valaistuksen energiatehokkuus kärsii epäsuoraa valaistusta käytettäessä, koska valon kulkema matka kasvaa (kaava 3 ks. seur. s.), ja pinnan heijastuskerroin ei voi olla koskaan täydellinen (1).

$$L = \frac{I}{A} \tag{2}$$

Missä

$I$  = valonlähteen tai heijastimen valovoima havaitsijan suuntaan [cd]

$A$  = Pinta-ala, josta valo tulee havaitsija silmään, eli niin sanottu projektiopinta-ala [ $m^2$ ]

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2} \quad (3)$$

Missä

$E$  = laskettavan pisteen valaistusvoimakkuus

$I$  = valaisimen tai heijastavan pinnan valovoima laskentapisteen suuntaan [cd]

$\alpha$  = valon tulosuunnan ja pinnan normaalin välinen kulma

$r$  = laskentapisteen etäisyys valaisimesta [m]

### 2.4.3 Yhdistelmävalaistus

Usein parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistelemällä suoraa ja epäsuoraa valaistusta. Näin saavutetaan molempien valaistustapojen parhaat puolet. Yhdistelmävalaistuksella voidaan saavuttaa pieni häikäisy ja kiiltokuvastuminen sekä hyvä kappaleen muodonanto. Energiätehokkuuden suhteen joudutaan tekemään kompromissi käytettäessä yhdistelmävalaistusta.

### 2.5 Valaistuksen ohjaustapoja

Valaistusta voidaan ohjata monella tavalla. Perinteinen tapa valaistuksen ohjaukseen on käyttää kytkimiä tai himmentimiä ovenpielissä. Tälläkin ratkaisulla päästään hyvään lopputulokseen. Ongelmaksi muodostuu vain se, ettei kytkimiä tai himmennintä tule käytettyä optimaalisella tavalla. Esimerkiksi luokkahuoneessa ei himmennetä valoja, vaikka luonnonvalo toisi luokkahuoneeseen standardin mukaisen valaistusvoimakkuuden. Valoja ei myöskään aina muisteta sammuttaa huoneesta poistuttaessa. Niinpä valaistuksen ohjaukseen on kehitetty erilaisia ratkaisuja, joissa pyritään tarkempaan ohjaukseen.

Valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa läsnäolotunnistukseen, päivänvalo-ohjaukseen, kello-ohjaukseen tai kaikkien näiden yhdistelmään perustuen. Erilaisia valaistuksen ohjaustapoja voidaan yhdistellä käyttäen esimerkiksi DALI-valaistuksenohjausjärjestelmää. Järjestelmä mahdollistaa kaikkien valaisimien yksilöllisen ohjauksen ja erilaisten antureiden kuten läsnäolo- tai valaistusvoimakkuusanturin käytön valaisimien ohjaukseen. Tästä on hyötyä erityisesti hyödynnettäessä päivänvaloa valaistuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Valaistuksen ohjausjärjestelmiä on erilaisia. Kaikilla järjestelmillä on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Valaistuksen ohjausjärjestelmiä ovat esimerkiksi DALI, DMX, 1-10 V -järjestelmät. Valaistuksen ohjaustapa on oikeastaan vain se tapa, jolla säädin, himmennin tai valaistuksen ohjausyksikkö kertoo valaisimen liitäntälaitteelle, miten toimia.[10.]

### 2.5.1 Läsnaolotunnistus

Läsnaolotunnistimet ovat antureita, jotka havaitsevat esimerkiksi liikkeen ja äänen tai ainoastaan liikkeen. Läsnaolotunnistin on liiketunnistimeen verrattuna huomattavasti herkempi. [11, s. 4.]

### 2.5.2 Päivänvalo-ohjaus

Päivänvalo-ohjaus perustuu antureihin, jotka mittaavat valaistavan alueen valaistusvoimakkuutta. Järjestelmä pyrkii pitämään valaistusvoimakkuuden halutulla tasolla himmentämällä keinovaloa, kun luonnonvaloa on käytettävissä. Vakiovalo-ohjaus säästää energiaa, vaikka luonnonvaloa ei olisikaan käytettävissä. Itse järjestelmä on samanlainen niin päivänvalo- kuin vakiovalo-ohjauksessakin. Päivänvalo-ohjauksesta on kyse silloin, kun päivänvaloa on hyödynnettävissä ja vakiovalo-ohjauksesta silloin, kun päivänvaloa ei ole hyödynnettävissä.

Valaistusta suunniteltaessa täytyy valaistus ylivoittaa. Ylivoituksen suuruus riippuu huoltokerroimesta, joka on valaistusasennuksen huoltosuunnitelmassa määritetty. Huoltokerroin on tyypillisesti n. 0,6-0,8, joten valaistusvoimakkuus on ylivoitettava suunnitteluvaiheessa n. 20-40%. Valaistusta voidaan siis himmentää lähes koko lampunvaihtoväli siten, että himmennystä vähennetään tilan pintojen likaantuessa, valaisimen pölyntyessä ja lamppujen valovirran aleneman kasvaessa. Näin saavutetaan yhtä suuri, standardinmukainen valaistustaso koko valaistusasennuksen eliniän ajan.

Himmennetyt valaistuksen valonlähteen elinikä yleensä myös kasvaa. Esimerkiksi lediä himmennettäessä led-siru lämpenee vähemmän ja kestää näin ollen pidempään.

### 2.5.3 Kello-ohjaus

Kello-ohjaus ei ole kovin monikäyttöinen valaistuksen ohjaustapa. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi suurissa julkisissa tiloissa, joiden käyttökerroin on 1. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi kaupat, jotka ovat auki tietyn aikataulun mukaisesti. Kello-ohjausta voidaan myös hyödyntää esimerkiksi näyteikkunoissa, jos halutaan säästää energiaa siten, että näyteikkunan valot sammuvat esimerkiksi aamuyöllä muutamaksi tunniksi, jolloin näyteikkunoita ei juurikaan katsella.

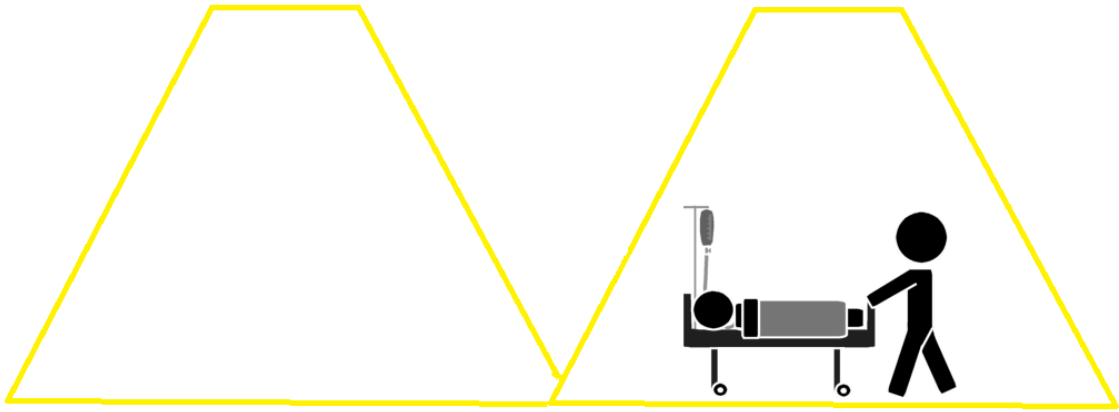
Paras valaistuksenohjaus saavutetaan yhdistelemällä eri valaistuksen ohjaustapoja tarpeen mukaan. Tähän lopputulokseen päästään käyttämällä älykästä valaistuksenohjausjärjestelmää. Valaistuksenohjaus täytyy aina pohtia tilannekohtaisesti mahdollisimman järkeväksi.

## 2.6 Valaistuksen erityispiirteet erityyppisissä rakennuksissa

### 2.6.1 Sairaalavalaisituksen erityistarpeet

Sairaalavalaisitusta täytyy käsitellä kahdesta eri näkökulmasta. Valaistuksen täytyy mahdollistaa riittävä valaistus sairaalassa työskenteleville. Erityisen tärkeitä ovat hyvät värintoisto-ominaisuudet sekä riittävä valaistusvoimakkuus. Potilaalle sen sijaan täytyy valaistuksen tarjota näköolosuhteet ilman kiusahäikäisyyttä ja välkyntää. Hankala tilanne syntyy esimerkiksi, potilasta kuljetettaessa selällään sängyllä käytävää pitkin. Tällöin potilas altistuu matalataajuiselle välkyntälle ja häikäisylle, mikäli käytävän valaistus on toteutettu suoralla valaistuksella kattovalopistein (kuva 5 ks. seur. s.). Herkälle ihmiselle matalataajuinen välkyntä voi aiheuttaa migreeninoireita ja jopa epileptisen kohtauksen. Käytävällä olisikin syytä panostaa epäsuoraan valaistukseen, jolloin vältetään sekä häikäisyltä että välkyntäilmiöiltä. [12.]





Kuva 5. Välykntäilmiö kuljettaessa potilasta käytävällä

### 2.6.2 Toimistovalaistuksen erityistarpeet

Hyvä toimistovalistus mahdollistaa tehokkaan työskentelyn ja tarjoaa riittävän valaistusvoimakkuuden työ-alueella, välittömässä lähiympäristössä sekä tausta-alueella. Myös valaistuksen tasaisuuden, sylinterivalaistusvoimakkuuden ja seinä- sekä kattopintojen valaistusvoimakkuuksien tulee olla standardin vaatimusten mukaiset.

Hyvä toimistovalistus ei aiheuta kiiltokuvastumista tietokoneen näyttöpäätteeltä eikä luettaessa papereita työpöydällä. Toimistovalaistuksessa tulisi myös kiinnittää huomiota valaistuksen energiatehokkuuteen.

### 2.6.3 Kouluvalaistuksen erityistarpeet

Hyvä kouluvalistus on oppilaiden ja opettajan tarpeet huomioiva. Valaistuksella voidaan vaikuttaa huomattavasti yleiseen viihtyvyyteen ja työhyvinvointiin sekä oppilaiden virkeystilaan.

## 3 Energia- ja valaistussimulointeihin liittyvää teoriaa

Insinööriyötä tehtäessä käytettiin kahta simulointiohjelmaa, Dialux- ja IDA-ICE-ohjelmaa. Dialux on ilmainen valaisinvalmistajien Internet-sivuilta ladattavissa oleva valaistuslaskentaohjelma. IDA-ICE-ohjelma on dynaaminen energia- ja olosuhdemallinnusohjelma.

### 3.1.1 Dialux-ohjelma

Taulukossa 1 (ks. s. 5) on annettu valaistuksen neliötehot eri rakennustyypeille. Annettuja neliötehoja voidaan käyttää, mikäli tarkempaa tietoa ei ole käytettävissä. Jos E-luvun laskennassa halutaan käyttää pienempää kuin taulukon 1 mukaista valaistuksen neliötehoa, täytyy D3:n kohdan 3.3.3 mukaan valaistustason säilymisestä esittää erilliselvitys energialaskennan lähtötietojen osana (liite 4) [3, s. 19]. Valaistustasokäsitettä ei selitetä D3:ssa, eikä sitä käytetä ollenkaan valaistusstandardissa. Voidaan kuitenkin olettaa, että valaistustaso-termi sisältää kaikki valaistukselle standardissakin esitetyt vaatimukset kuten valaistusvoimakkuuden, valaistuksen tasaisuuden, sylinterivalaistusvoimakkuuden, seinä- ja kattopintojen valaistusvoimakkuuden ynnä muuta. Valaistustason säilymisellä tarkoitetaan, standardin tai asiakkaan vaatiman valaistustason saavuttamista.

Valaistustason säilymisen osoittava erilliselvitys voi perustua Dialux-laskelmiin siten, että kunkin tilatyyppin tilasta tehdään todellisuutta vastaavat Dialux-laskelmat. Laskelmilla osoitetaan, että vaadittu ylläpidettävä valaistustaso saavutetaan. Dialux-ohjelmasta saatava valaistuslaskentareportti (liitteet 1-2) liitetään erilliselvityksen osaksi.

Jotta laskentareportista saadaan ulos tarvittavat tiedot, tulee Dialux-ohjelmaan luotuun tilaan sijoittaa tarvittavat laskettavat pinnat todellisuutta vastaaville korkeuksille. Laskettavan pinnan avulla voidaan määrittää esimerkiksi tilan sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m korkeudella tai valaistusvoimakkuus lattiantasolla.

Mikäli tilassa on esimerkiksi huonekaluja ja standardi vaatii lattiatasolle jonkin valaistusvoimakkuuden, on laskettava pinta sijoitettava lattialle siten, että lattiaa huonekalujen alla ei oteta huomioon. Mikäli luotettaisiin Dialuxin automaattisesti antamaan valaistusvoimakkuuteen lattiatasolla, saataisiin virheellinen käsitys. Tämä johtuu siitä, että Dialux ottaa myös huonekalujen alla olevan lattian mukaan laskentaan. Laskentareportin valaistusvoimakkuus lattiantasolla jäisi siis todellisuutta pienemmäksi, eikä valaistuksen tasaisuuskaan laskentareportin mukaan täyttäisi standardin vaatimuksia. Mikäli kalusteiden sijoittelua ei tiedetä, eikä niitä Dialux-laskentaan oteta mukaan, tällaista ongelmaa ei synny.

Valaisimet sijoitetaan Dialux-ohjelmaan valonjako tiedostoina, jotka löytyvät yleensä valaisinvalmistajan Internet-sivuilta. Dialux-ohjelman tulostusosiosta nähdään

huonetilan valotekniset arvot, joista voidaan todeta valaistustason riittävyys. Tulostusosiosta voidaan myös helposti valita mitä tulostettava valaistuslaskenta raportti sisältää.

Dialux-ohjelmalla voidaan valaistuslaskennan lisäksi tehdä energia-arvio valaistuksen vuotuisesta energiankulutuksesta standardin SFS-EN 15193 mukaisesti. Mikäli tilassa on päivänvalon hyödyntämismahdollisuus, voidaan päivänvalon vaikutus tilan keskimääräiseen neliötehoon myös huomioida Dialux-ohjelman energia-arvion avulla. Energia-arvion avulla ei voida huomioida esimerkiksi läsnäoloon perustuvan automaattisen ohjauksen vaikutusta standardin SFS-EN 15193 mukaisesti E-lukua laskettaessa, koska energia-arvion valaistuksen käyttötunteina tulee käyttää kyseessä olevan rakennuksen standardikäytön mukaisia käyttöaikoja (taulukko 1 ks. s.5). [3, s. 19]

Energia-arvion tuloksena saadaan niin sanottu LENI-luku, josta saadaan käyttötunneilla jakamalla tilan valaistuksen keskimääräinen neliöteho. Energia-arviolla voidaan huomioida ainoastaan päivänvalon ja ylimitoituksen kompensointikertoimen vaikutus valaistuksen keskimääräiseen neliötehoon.

### 3.1.2 IDA-ICE-ohjelma

IDA-ICE on dynaaminen energia- ja olosuhdemallinnusohjelma, jolla voidaan määrittää muun muassa rakennuksen E-luku. IDA-ICE:lla voidaan myös ottaa huomioon päivänvalon vaikutus valaistuksen energiankulutukseen ja E-lukuun. Simulointeja tehtäessä täytyy IDA-ICE:ssa olla IFC-malli rakennuksesta, mahdollisista piha-alueen puista ynnä muusta. Nämä voidaan myös rakentaa IDA-ICE:n omilla työkaluilla. Simulointeja tehtäessä täytyy ohjelmassa olla myös tieto rakennuksen suuntauksesta, sijainnista, säätiedoista sekä ikkunan ominaisuuksista. IDA-ICE:ssa oleva sää-data on tuntikohtainen ja käsittää vuoden jokaisen tunnin.

### 3.1.3 Laskennan kulku

Laskennan ensimmäinen vaihe on suunnitella valaistus, joka on asiakkaan vaatimusten mukainen. Valaistuksen suunnitteluvaiheessa huomioidaan tehtävät, joita tilassa tul- laan hoitamaan sekä tavoitteet, joihin valaistuksella pyritään. Valaistus suunnitellaan

tiivissä yhteistyössä arkkitehdin ja tilaajan kanssa. Valaistukselta voidaan vaatia esimerkiksi

- Muuntojoustavuutta
- Kustannustehokkuutta
- Hyvää käytettävyyttä
- Energiatehokkuutta
- Tasaisuutta
- Hyvää kappaleen muodonantoa
- Häikäsemättömyyttä
- Modernia ulkonäköä

Näillä suunnittelun lähtökohdilla ja niiden painottamisella on suuri vaikutus toteutettavan valaistuksen ominaisuuksiin, kuten energiatehokkuuteen. Valaistussuunnittelun yhteydessä tehdään valaistuksesta tilatyypikohtaiset valaistuslaskelmat, joista voidaan todeta valaistustason riittävyys. (kuva 6. ks. s.25)

Asiakkaan kanssa täytyy myös keskustella siitä, halutaanko kohteessa panostaa älykkääseen valaistuksenohjaukseen, vai jätetäänkö päivänvalon hyödyntämisen tuomat mahdollisuudet käyttämättä. On myös pohdittava tilakohtaisesti, mitkä tilat tullaan varustamaan vakio- tai päivänvalo-ohjauksella. Mikäli valaistuksen suunnitteluvaiheessa on nostettu energiatehokkuus tärkeäksi tekijäksi, on luonnollista, että päivänvalon hyödyntämisestä otetaan kaikki hyöty irti. (kuva 6. ks. s.25)

Nyt on siis suunniteltu jokaiseen tilatyypin valaistus ja päätetty mitkä tilatyypit varustetaan vakio- tai päivänvalo-ohjauksella. Päivänvalon huomioimiseen on kolme eri tapaa. (kuva 6. ks. s.25)

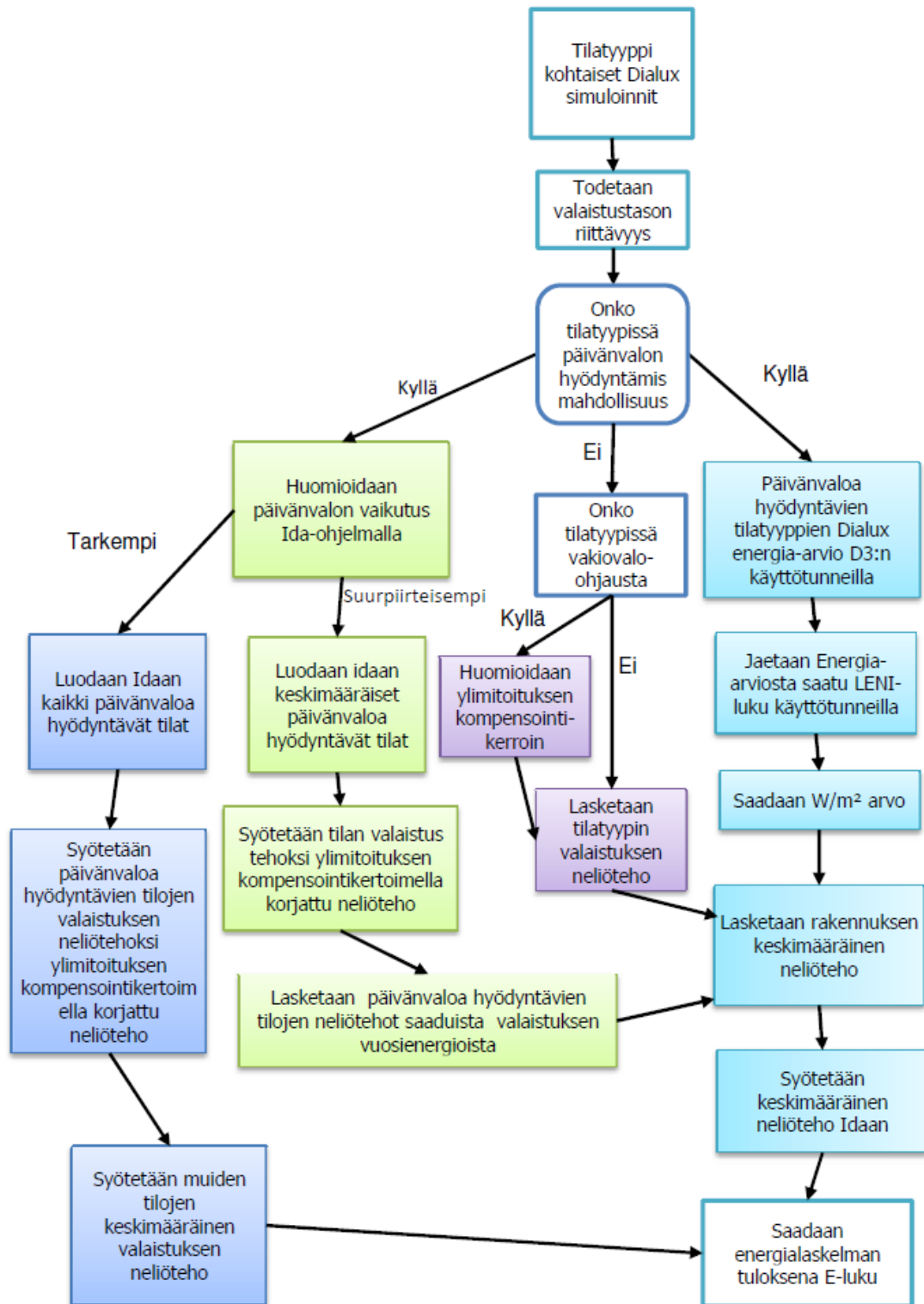
Päivänvalon vaikutukset voidaan ottaa huomioon Dialux-ohjelman energia-arvion avulla, joka määrittää valaistuksen energiankulutuksen standardin SFS-EN 15193 mukaisesti. Standardinmukainen energia-arvio huomioi muun muassa ikkunan ominaisuudet, varjostavat kohteet, huoneen muodon. Käytettäessä tätä tapaa E-luvun laskentaohjelmaan syötetään päivänvaloa hyödyntävän tilan osalta Dialuxin energia-arvion

tulos (LENI-luku) jaettuna valaistuksen vuotuisilla käyttötunneilla eli keskimääräinen neliöteho. (kuva 6 ks. s. 25)

Toinen suuntaa-antava vaihtoehto päivänvalon huomioimiseksi on tehdä IDA-ICE-simuloinnit ensin vain muutamasta päivänvaloa hyödyntävästä tilasta, jolloin saadaan päivänvaloa hyödyntävän tilan valaistuksen keskimääräinen neliöteho. Tämän jälkeen lasketaan rakennuksen valaistuksen keskimääräinen neliöteho tilatyyppeiden pinta-aloilla painotettuna neliötehojen keskiarvona, D3:n kohdan 3.3.4 mukaan. Tämä  $W/m^2$ -arvo syötetään IDA-ICE:en kuvaamaan koko rakennuksen valaistusta. Tämä tapa on melko monimutkainen, eikä sillä saavuteta parasta mahdollista tarkkuutta, joten sitä ei yleensä ole syytä käyttää. (kuva 6 ks. seur. s.)

Kolmas, helpoin ja tarkin vaihtoehto päivänvalon huomioimiseen on huomioida päivänvalon vaikutukset IDA-ICE-ohjelmalla käyttäen kertosimulointia. Samalla kun tehdään energialaskelma, huomioidaan myös päivänvalon vaikutukset. Tällöin IDA-ICE:en luodaan jokainen päivänvaloa hyödyntävä tila erikseen. Lisäksi luodaan alue, joka ei hyödynnä päivänvaloa. Päivänvaloa hyödyntävien tilojen osalta laskenta-mallin on siis oltava tilakohtainen. Näiden tilojen osalta syötetään ylimitoituksen kompensointikertoimella kerrottu valaistuksen neliöteho IDA-ICE:en sekä ilmoitetaan, että valaistuksen ohjaus on D3:n mukaisen käyttöaikataulun ja valaistuksen asettelu-arvon mukainen. (kuva 6 ks. seur. s.)

Mikäli tilassa ei ole päivänvalon hyödyntämismahdollisuutta, eli päivänvalo-ohjausta sekä ikkunaa, on valaistuksen huomioiminen yksinkertaisempaa. Kuten vuokaaviosta nähdään (kuva 6 ks. seur. s.) vaikka ei päivänvalon hyödyntämismahdollisuutta olisi-kaan, voidaan silti saavuttaa säästöjä vakiovalo-ohjausta käyttäen. Muiden kuin päivänvaloa hyödyntävien tilojen osalta IDA-ICE:en syötetään tilojen keskimääräinen valaistuksen neliöteho. Energia-laskelman tuloksena saadaan muun muassa rakennuksen E-luku sekä energiankulutus eriteltynä.



Kuva 6. Vuokaavio valaistuksen huomioimisesta E-lukuun

## 4 Esimerkkikohteet

Työssä käsiteltiin kolmea eri esimerkkikohdetta. Esimerkkikohteina olivat:

1. sairaalarakennus
2. toimistorakennus
3. opetusrakennus

Sairaala sisälsi potilashuoneita, käytävää, ruokailu-, kuntosali- ja toimistotilaa. Toimistorakennusesimerkki sisälsi muun muassa käytävää, keittiö-, toimisto-, neuvottelu- ja porrashuonetilaa. Toimistorakennusesimerkki käsitti toimistorakennuksen yhden kerroksen. Opetusrakennus oli kesällä 2013 valmistuva suunniteltu kohde. Koulurakennuksen erityispiirteisiin kuuluivat liikuntasali, luokka- ja teknisentyötilat.

### 4.1 Esimerkki 1 sairaalarakennus

#### 4.1.1 Laskennan tavoitteet

Tarkoituksena oli verrata, kuinka paljon päivänvalon hyödyntämisellä voidaan vaikuttaa valaistuksen neliötehoon. Tarkoituksena oli myös tuottaa dokumentit, joilla voidaan osoittaa valaistustason säilyminen käytettäessä energialaskelmassa taulukkoarvoa pienempää  $W/m^2$ -arvoa D3:n vaatimusten mukaisesti. Lisäksi oli tarkoitus tutkia, kuinka paljon päivänvalon huomioimisella on vaikutusta rakennuksen E-lukuun, ja vaikuttaako E-lukuun se, huomioidaanko päivänvalon vaikutukset Dialux-ohjelman energia-arvion avulla vai IDA-ICE-ohjelmalla.

#### 4.1.2 Menetelmät

Esimerkkikohteessa 1 tehtiin valaistuslaskelmat Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla aikaisempien suunnitelmien pohjalta. Päivänvalo huomioitiin suoraan IDA-ICE-ohjelmalla ja vertailun vuoksi myös standardin SFS-EN 15193 mukaisesti Dialux-ohjelmalla.

## Dialux

Ennen varsinaista simulointia luotiin Dialux-ohjelmaan todellisuutta mahdollisimman tarkasti vastaava tila. Tilan luonnissa oli tärkeää kiinnittää huomiota tilan muotoon, pintojen heijastuskertoimiin ja mahdollisuuksien mukaan myös käytettyihin kalusteisiin. Tilan luomista helpotti DWG-kuvan tuonti Dialux-ohjelmaan. DWG-kuvan avulla tilan geometria ja mahdolliset kalusteet oli helppo sijoittaa vastaamaan sen hetkistä suunnittelutilannetta. Pintojen heijastuskertoimina käytettiin, koska tarkempaa tietoa ei ollut käytössä, standardin SFS-EN 12464-1 mukaisia arvoja (taulukko 4). Työssä käytettiin katon heijastuskertoimena 0,8, seinän 0,65-0,7 ja lattian 0,3-0,4.

Taulukko 4. Pintojen heijastuskertoimet standardissa [5, s. 16]

katto	0,7-0,9
seinät	0,5-0,8
lattia	0,2-0,4
tärkeimmät esineet (huonekalut, koneet)	0,2-0,7

Kun simuloitava tila oli luotu Dialux-ohjelmaan, sijoitettiin tilaan suunnitellut valaisimet. Tilan ja valaisinten ollessa suunnittelutilannetta vastaavat, suoritettiin varsinainen simulointi laskin painiketta käyttäen. Laskentaraportista todettiin, että valaistustaso on kussakin tilatyypissä standardin tai asiakkaan vaatimusten mukainen (liitteet 1-2). Rakennuksen keskimääräinen valaistuksen neliöteho saatiin tyyppitilojen pinta-aloilla painotettuna neliötehojen keskiarvona [3, s. 19].

Huoneiden, joissa oli runsaasti kalusteita seinillä siten, että niiden vaikutus valaistukseen oli suuri, kalusteet otettiin laskennassa huomioon. Tällaisia huoneita olivat muun muassa toimistoiesimerkin keittiö (liite 2. s.10) sekä sairaalaesimerkin porrashuonetila (liite 1. s. 5.) Mikäli kalusteilla ei ollut suurta vaikutusta, tehtiin valaistuslaskelma raporttiin ilman kalusteita. Tällöin ei tarvinnut luoda erikseen laskettavia pintoja joka seinälle, vaan Dialux-ohjelma laski seinien valaistusvoimakkuuden automaattisesti oikein.

Valaistuslaskentaraporttia tutkiessa tämä on huomioitava seuraavasti. Mikäli tilasta on luotu laskettava pinta nimeltä seinä, ei yhteenvetosivun automaattisesti tulevan seinän



valaistusvoimakkuus ole merkityksellinen, sillä seinä on osittain piilossa kalusteen takana. Vaikka kalusteita ei huomioitu joka huoneen valaistuslaskentareportissa, todettiin valaistustason riittävyys simulointivaiheessa myös kalusteet huomioiden.

### Energia-arvio

Esimerkkikohteessa 1 päivänvaloa voitiin hyödyntää potilashuoneisiin suunnitellun päivänvalo-ohjauksen avulla. Energia-arviota tehtäessä täytyi määritellä

- tilan ikkunan näkyvän valon läpäisykerroin
- mahdollisten muiden rakennusten tai sisäpihan aiheuttamat varjostuskulmat
- leveyspiiri, jolla rakennus sijaitsi
- ikkunan mitat
- ylläpidettävä valaistusvoimakkuus päivänvaloa hyödyntävällä vyöhykkeellä
- käytetäänkö vakiovalo-ohjausta
- käytetäänkö päivänvalosta riippuvaa keinovalon säätöä.

Edellä mainittu energia-arvio tehtiin keskimääräiselle potilashuoneelle, ja tämän perusteella saatiin koko esimerkkikohteen potilashuonetilatyyppin keskimääräinen neliöteho.

### Dialux-laskelmien tulokset

Dialux-laskelmien tuloksena saatiin kaikille tilatyypeille  $W/m^2$ -arvot. Päivänvaloa hyödyntävälle potilashuoneelle saatiin  $W/m^2$  arvo ja LENI-luku. LENI-luvusta saatiin  $W/m^2$ -arvo jakamalla se vuoden käyttötunneilla. Laskelmien tuloksena saatiin siis kaksi  $W/m^2$ -arvoa, joista toisen määrittämisessä oli otettu päivänvalon vaikutus huomioon ja toisen laskennassa sitä ei oltu huomioitu. Näin ollen rakennuksen valaistuksen keskimääräiseksi neliötehoksikin saatiin kaksi arvoa (taulukko 5 ks. seur. s.). Tarkoituksena oli verrata standardin SFS-EN 15193 mukaista päivänvalon huomiointia, IDA-ICE-ohjelman päivänvalon huomioimiseen, ja sitä, miten paljon päivänvalon huomiointi vaikuttaa esimerkkikohteessa 1 valaistuksen neliötehoon. Asioiden selvittämiseksi IDA-ICE:lla tehtiin energiasimuloinnit neljällä eri valaistuksen neliöteholla (taulukko 7 ks. s. 31).

Taulukko 5. Neliötehon laskenta esimerkikohteessa 1

Tilatyyppi	Vaadittu valaistusvoimakkuus	Saavutettu valaistusvoimakkuus	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Neliöteho W/m <sup>2</sup> energia-arvio	Neliöteho W/m <sup>2</sup> ei pv
Potilashuone	työalue 500lx ympäröiväalue 300lx	511lx/372lx	273,75	7,45	8,97
WC(potilas)	300lx	317lx	84,60	13,83	13,83
Wc(käytävä)	300lx	324lx	2,92	34,28	34,28
Käytävä		254 lattia 286 käyttö	204,30	5,14	5,14
Ruokailu	työalueella 500lx yleensä 300lx	käyttötasolla 532lx	40,36	10,60	10,60
Kuntoutus	työalueella 500lx yleensä 300lx	käyttötasolla 510lx	38,61	9,48	9,48
Toimisto/Kirjaamo	työalue 500lx ympäröiväalue 300lx	500lx/561lx	14,15	16,11	16,11
Rappukäytävä	100lx	100lx portaalla 113lx	19,71	9,13	9,13
Varasto	300lx	käyttötasolla 310lx	8,95	11,92	11,92
Talotekniset tilat	300lx	käyttötasolla 305lx	30,28	9,80	9,80
Pinta-ala ja keskimääräinen neliöteho.			717,63	8,31	8,89

## IDA-ICE

Päivänvalon huomioimiseksi IDA-ICE:ssä olevaan malliin oli tehty vyöhykkeitä, joita olivat päivänvaloa hyödyntävät potilashuoneet ja muut alueet. Valaistuslaskelmat oli tehty tiloista yhden osaston osalta. Sairaala koostui useista osastoista ja myös muista tiloista, joiden tilatyyppit vastasivat osastojen tilatyyppijä.

Päivänvalon huomioimiseksi IDA-ICE-ohjelmalla tarvittiin valaistuksen neliötehot. Suunnitellun valaistuksen perusteella saatiin potilashuoneen valaistuksen neliöteho. Potilashuoneen valaistuksen neliöteho kerrottiin ylimitoituksen kompensointikertoimella jolloin saatiin IDA-ICE:en potilashuoneen osalta syötettävä valaistuksen neliöteho. Tämän jälkeen laskettiin muiden tilojen valaistuksen keskimääräinen neliöteho tilatyyppi- en pinta-aloilla painotettuna neliötehojen keskiarvona. Tuloksena saatiin muiden tilojen osalta IDA-ICE:en syötettävä valaistuksen neliöteho.

Päivänvalon hyödyntämistilanteessa IDA-ICE:en täytyi syöttää tieto, että päivänvaloa hyödyntävät vyöhykkeet säätävät valaistusta D3:n mukaisen käyttöaikataulun ja asetteluarvojen mukaan. Asetteluarvoksi asetettiin päivänvaloa hyödyntävälle tilalle 500-510lx. Valaistus siis pidetään käyttöaikana määritellyissä rajoissa siten, että päivänvalon valaistessa tilaa ja valaistusvoimakkuuden noustessa 510lx:iin aletaan valaistusta himmentää. Vastaavasti valaistusvoimakkuuden laskiessa 500lx:iin vähennetään valaistuksen himmennystä. Ikkunoiden kaihtimille oli oletuksena asetettu, että ne ovat puolittain auki.

#### 4.1.3 Tulokset

Alkuoletuksena oli, että IDA-ICE:lla huomioitu päivänvalon vaikutus E-lukuun olisi suurempi kuin Dialuxin energia-arvion avulla huomioitu, koska IDA-ICE:n käyttämä laskentamenetelmä on Dialuxin energia-arviota tarkempi.

Esimerkkikohteessa 1 asiakkaan vaatimat valaistusvoimakkuudet olivat huomattavasti standardin vaatimuksia suuremmat (taulukko 6). Tästä johtuen oletuksena oli, että valaistuksen tarkemmalla huomioimisella ei päästä paljoa taulukon 1 (ks. s. 5) arvoa pienempään W/m<sup>2</sup>-arvoon. D3 antaa sairaalan valaistuksen neliötehoksi 9 W/m<sup>2</sup>.

Taulukko 6. Esimerkin 1. valaistusvoimakkuusvaatimukset

Tilatyyppi	Standardissa vaadittu valaistusvoimakkuus	Asiakkaan vaatima valaistusvoimakkuus
Potilashuone	yleis 100 lx luku300 lx	työalue 500 lx ympäröiväalue 300 lx
WC(potilas)	200 lx	300 lx
Wc(käytävä)	200 lx	300 lx
Käytävä	päivä 100 lx yö 50 lx monikäyttö käytävä	
Ruokailu	200 lx (tehtävä alue)	
Kuntoutus	200 lx	työalueella 500 lx yleensä 300 lx
Toimisto/Kirjaamo	300 lx (otettu koulun urheiluhallista)	työalueella 500 lx yleensä 300 lx
Rappukäytävä	työalue 500 lx välitön lähiympäristö 300 lx	työalue 500 lx ympäröiväalue 300 lx
Varasto	100 lx (vaatii parannetun kontrastin)	
Huolto+ Talotekniset tilat	100 lx	300 lx
	200 lx (5.3 Yleiset tilat rakennusten sisällä)	300 lx

Energialaskelma tehtiin neljällä eri valaistuksen neliöteholla ja tuloksena saatiin rakennukselle neljä eri E-lukua (taulukko 7 ks. seur. s.).

Taulukko 7. Esimerkin 1. valaistuksen neliötehon vaikutus rakennuksen E-lukuun

	Neliöteho suora syöttö	Ylimitoituksen komp. Kert. korjattu neliöteho päivänvalo Huomioitu IDA-ICE:ssa	Dialuxilla päivän- valokorjattu neliö- teho	D3:n mu- kainen ne- liöteho
Potilashuone	9,97	8,97	7,45	9
Muut tilat	8,84	8,84	8,84	9
Valaistuksen E-luku	81,0	78,4	76,5	80,4
Muu E-luku	258,7	258,6	259,0	259,0
Rakennuksen E-luku	339,7	337,0	335,5	339,4

Suoralla syötöllä tarkoitetaan taulukossa 7 sitä, että valaistusta ei ohjata päivänvalosta riippuvasti, eikä valaistusjärjestelmää ole varustettu vakiovalo-ohjauksella. Taulukossa 7 on esitetty E-luku koko rakennukselle, pelkälle valaistukselle ja muulle.

Taulukosta 7 nähdään, että esimerkkitilanteessa 1 E-luku ilman potilashuoneen päivänvalo-ohjausta (suorasyöttö) on suurempi kuin D3:n mukaisella valaistuksella saatu E-luku. Mikäli tiloihin ei oltaisi vaadittu standardin vaatimuksia suurempia valaistusvoimakkuuksia, olisi neliötehossa päästy suoralla syötölläkin jonkin verran alle D3:n mukaisen neliötehon.

Taulukosta 7 havaitaan myös, että kun päivänvalon vaikutus on huomioitu IDA-ICE:lla, on muun kuin valaistuksen E-luku kaikkein pienin (258,6). Ero on pieni, mutta selittyy sillä, että IDA-ICE huomioi tarkemmin päivänvalo-ohjauksen vaikutukset. E-luku, joka koskee muuta kuin valaistusta, saadaan vähentämällä rakennuksen E-luvusta valaistuksen E-luku.

#### 4.1.4 Johtopäätökset

Dialuxin energia-arvioon oli mahdollista syöttää myös rakennuksen suuntaus, mutta sillä ei ollut mitään vaikutusta energia-arvion lopputulokseen, koska standardi SFS-EN 15193 ei huomioi rakennuksen suuntausta. Standardi ei siis ilmeisesti huomioi aurin-gosta suoraan tulevaa valoa vaan ainoastaan taivaankannen heijastaman hajavalon. Energia-arviota tehtäessä ilmeni ongelmia muutettaessa jotakin lähtöarvoa esimerkiksi rakennuksen suuntausta. Energia-arvioon pitää tällöin syöttää uudelleen kaikki

laskennassa tarvittavat tiedot kuten valaistuksenohjaustapa, käyttöajat ynnä muuta. Rakennuksen suuntauksella ei edes pitäisi olla vaikutusta energia-arvioon. Dialuxin energia-arviossa on siis vielä parannettavaa.

Taulukossa 7 (ks. edellinen s.) IDA-ICE:llä huomioidun päivänvalon tilanteessa muun kuin valaistuksen E-luku on kaikkein pienin. Tämä johtuu siitä, että IDA-ICE huomioi päivänvalon vaikutukset tarkasti. Päivänvalo-ohjauksesta johtuen auringon aiheuttaman huoneen lämpökuorman ollessa suurimmillaan, valaistuksen aiheuttama lämpökuorma on pienimmillään. Mikäli simuloinnissa käytetään valaistuksen kohdalla kiinteää neliötehoa, vaikka käytössä olisi päivänvalo-ohjaus, joudutaan simulaatiossa jäähdyttämään tilaa enemmän, kuin mitä todellisuudessa on tarpeen.

Lämmityskaudella aurinkoisella säällä simulaatiossa lämmitetään tilaa vähemmän, kuin on todellisuudessa tarpeen, johtuen siitä, että todellisuudessa valaistus on himmennetty. Mikäli päivänvalon vaikutus huomioidaan IDA-ICE-ohjelmalla, lämmitetään tällaisestakin tilanteesta rakennusta kaukolämmöllä eikä sähköllä valaistusjärjestelmän kautta. Kun päivänvalon vaikutukset huomioidaan Dialux-ohjelmalla, syntyy edelläkuvatun kaltainen tilanne, jossa simulaatiossa käytetään valaistuksessa kiinteää neliötehoa, vaikka käytössä on päivänvalo-ohjaus.

Tuloksista voidaan päätellä, että kesäkauden jäähdytystilanne on merkittävämpi, johtuen siitä, että kesällä päivänvalon hyödyntämismahdollisuudet ovat paremmat. Jos edellä kuvatun kaltainen lämmityskauden tilanne olisi merkittävämpi, olisi esimerkiksi suoran syötön tapauksessa muun kuin valaistuksen E-luku pienempi, kuin jos päivänvalo olisi huomioitu IDA-ICE-ohjelmalla, näin ei kuitenkaan ole.

Dialuxin energia-arviolla määritetyn potilashuoneen valaistuksen neliötehon perusteella laskettu E-luku on pienempi kuin, jos päivänvalo on huomioitu IDA-ICE-ohjelmalla. Tämä voi johtua esimerkiksi kaihtimista, joita ei Dialuxin energia-arvioissa voinut asettaa. Ero voi mahdollisesti johtua myös siitä, että Dialuxilla laskettiin vain yhden potilashuoneen LENI-luku ja siitä neliöteho. Ehkä laskettu potilashuone ei ollutkaan keskimääräinen, vaikka se yritettiinkin niin valita.

Esimerkissä 1 ei saavutettu merkittävää parannusta E-lukuun huomioitaessa valaistus tarkemmin kuin taulukon 1 arvona (9 W/m<sup>2</sup>).

## 4.2 Esimerkki 2 toimistorakennus

### 4.2.1 Laskennan tavoitteet

Tarkoituksena oli saada käsitys siitä, kuinka paljon D3:n taulukon antamaa neliötehoa pienempään esimerkkitoimistorakennuksen valaistuksen neliötehoon voidaan päästä erilaisilla toimistohuoneen valaistusratkaisuilla. Selvitettiin myös, kuinka paljon valaistuksen neliöteholla on vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen ja E-lukuun.

### 4.2.2 Menetelmät

Dialux

Esimerkkikohteessa 2 tehtiin toimistorakennuksen kerrokselle valaistussuunnittelu Dialux-ohjelmaa käyttäen. Suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella standardin mukainen valaistus jokaiselle kerroksen tilatyypille. Toimistovalistus suunniteltiin kahdella eri tavalla. Ensin suunniteltiin valaistus siten, että työalueen vaatima valaistusvoimakkuus toteutettiin koko tilaan, jolloin koko tilan valaistusvoimakkuus oli yli 500 lx. Tämän jälkeen suunniteltiin valaistus siten, että työalue määritettiin tarkasti ja työalueelle suunniteltiin 500 lx välittömälle lähiympäristölle 300 lx ja tausta-alueelle 100 lx aivan standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti.

Oletuksena oli, että kummallakin ratkaisulla päästään jonkin verran alle taulukon 1 valaistuksen neliötehon. D3 antaa toimistorakennuksen valaistuksen neliötehoksi 12 W/m<sup>2</sup> (taulukko 1 ks. s. 5).

Esimerkkikohteessa 2 ei päivänvaloa hyödynnetty. Tästä johtuen päästiin rakennuksen valaistuksen keskimääräistä neliötehoa määritettäessä huomattavasti pienemmällä työmäärällä (taulukko 8 ks. seur. s.). Esimerkkikohteen 2 valaistuksen neliötehon laskenta on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Neliötehonlaskenta esimerkikohteessa 2.

Tilatyyppe	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Neliöteho (W/m <sup>2</sup> )
Neuvotteluhuone	39	7,66
Käytävät	210	4,87
Kopiohuoneet	24	9,94
Toimistot	568	11,86/8,05
Keittiöt	18	21,2
WC/varasto/hissi	42	16,25
Porrashuone	43	6,24
Yhteensä	944	10,2/7,9

#### IDA-ICE

Esimerkkikohteelle 2 laskettiin kolme eri E-lukua (taulukko 9. ks. seur. s.), joista yksi oli laskettu taulukon 1 mukaisella valaistuksen neliöteholla 12 W/m<sup>2</sup>, ja muut kaksi suunniteltujen valaistusten neliötehojen mukaan (taulukko 8).

#### 4.2.3 Tulokset

Taulukosta 8 nähtiin, että jos toimiston valaistus on suunniteltu siten, että koko tilassa on 500 lx, neliöteho on huomattavasti suurempi (11,86 W) verrattuna tilanteeseen, jossa 500 lx on ainoastaan työalueella (8,05 W). Taulukosta 8 nähtiin myös, että toimistorakennuksen pinta-alasta niin suuri osa on toimistoa, että parannettaessa itse toimistotilan valaistuksen energiatehokkuutta parannetaan huomattavasti myös koko rakennuksen valaistuksen energiatehokkuutta.

Taulukko 9. Valaistussuunnittelun vaikutus neliötehoon ja neliötehon vaikutus E-lukuun sekä energiankulutukseen toimistorakennuksessa

	Suunniteltu valaistus 1	Suunniteltu valaistus 2	Taulukon1 mukainen valaistus
Neliöteho (W/m <sup>2</sup> )	10,5	8,2	12
Sähköenergia (kWh)	105187	100968	107956
Kaukolämpö (kWh)	85837	87548	84678
Arvioitu energiakustannus (€)	17772,66	17369,04	18035,4
E-luku (rakennus/valaistus)	243,0/33,3	236,9/26,0	246,97/38,0

Taulukosta 9 nähtiin, kuinka toimistorakennusesimerkissä valaistuksen neliöteholla on vaikutusta koko rakennuksen E-lukuun, sähköenergian- ja kaukolämmönkulutukseen sekä arvioituihin energiakustannuksiin. Verrattaessa taulukon 1 mukaista valaistuksen toteutusta suunniteltuun valaistukseen 2 (taulukko 9) huomataan, että pienentämällä valaistuksen neliötehoa ja siis valaistuksen energiankulutusta merkittävästi kasvaa kaukolämmön kulutus esimerkkikohteessa jonkin verran. Näin ollen vaikka valaistuksen energiankulutusta ja valaistuksen E-lukua saadaan pienemmäksi, se ei näy täysimääräisesti rakennuksen energiankulutuksen ja rakennuksen E-luvun pienenemisenä.

Valaistuksen neliötehoa samoin kun valaistuksen E-lukua saatiin suunnitellussa valaistuksessa 2 (taulukko 9) noin 32 % taulukon 1 (ks. s. 5) mukaista pienemmäksi. Rakennuksen E-lukuun vaikutus oli noin 4,1 % ja arvioituihin energiakustannuksiin noin 3,7 %. Arvioidun energiakustannuksen kaukolämmön hintana käytettiin 0,06 €/kWh ja sähkön hintana 0,12 €/kWh.

Esimerkkikohteessa 2 valaistuksen tarkempi huomioiminen E-luvun laskennassa kannattaa, mutta sillä ei saavuteta E-luvun merkittävää paranemista. Energiansäästö valaistuksen osalta on tuo sama 32 %, mutta vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen on noin 2,1 %.

#### 4.2.4 Johtopäätökset

Mikäli toimistorakennuksen kerros toteutettaisiin siten, että valaistuksen keskimääräinen neliöteho olisi 12 W/m<sup>2</sup>, olisi energiakustannukset vuodessa noin 260 € korkeammat, kuin jos valaistus toteutettaisiin suunnitellulla valaistuksella 1. Jos taas valaistus



päätettäisiin toteuttaa suunnitellulla valaistuksella 2, säästöä syntyisi verrattuna taulukon 1 mukaiseen valaistukseen noin 670 €/vuosi.

Jos puhuttaisiin pelkästä sähkön energiakustannuksista, kuulostaisi säästöpotentiaalit huomattavasti houkuttelevammilta. Tällöin olisi säästöpotentiaali sähkön hinnalla 0,12 €/kWh noin 840€ vuodessa. Säästettäessä sähköenergiakustannuksissa 840 € eli n. 7000 kWh joudutaan ostamaan kaukolämpöä noin 170 €:lla eli n.2900 kWh. Tuloksista voidaan päätellä, että valaistuksen osuus rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta on aika pieni, tulos on aika yllättävä.

Suunnitellun valaistuksen 1 ja 2 ero vuotuisissa energiakustannuksissa on noin 400 €. Lisäksi saavutetaan rakennukselle parempi E-luku. Vaikka säästö on pieni, kannattaa se kuitenkin hyödyntää ja kiinnittää huomiota valaistuksen energiatehokkuuteen suunnitteluvaiheessa. On myös huomattava, että esimerkki 2 käsittää vain toimistorakennuksen yhden kerroksen. Energiansäästö ja vihreä ajattelu ovat tärkeitä myös yrityksen imagon kannalta.

#### Valaisimien merkitys

Dialux-simuloinneissa ja valaistus suunnittelussa ilmeni, että valaisinvalinnallakin on merkitystä. Valaisinvalinnalla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen ja valaistusolosuhteisiin. Merkittäviä valaisimen ominaisuuksia ovat käytettävä valonlähde, valonjakokäyrä sekä valaisimen hyötysuhde. Valonlähde vaikuttaa valaisimen huoltoväliin, valaistusasennuksen huoltokertoimeen ja värintoistoindeksiin. Valonjakokäyrästä voidaan päätellä valaisimen ala / ylävalosuhdetta ja antaako valaisin tasaisen valaistusvoimakkuuden vaakapinnalle. Valaisimen hyötysuhde kertoo sen, kuinka paljon valaisimesta tulee valoa ulos suhteessa siihen, paljonko valonlähde tuottaa valoa.

#### Valaistavan tilan geometrian merkitys

Dialux-simulointien perusteella kävi ilmi, että erityisesti pienien tilojen neliötehot ovat suuria. Ilmeni myös, että sokkeloiset tilat vaativat yleensä suuremman neliötehon. Ilmiö korostuu pienen tilan ollessa korkea.

Taulukosta 5 (ks. s. 29) nähdään, että vaikka potilas-WC:ssä ja käytävän WC:ssä on suunnilleen sama valaistusvoimakkuus, on valaistuksen neliöteho pienessä käytävän

WC:ssä moninkertainen. Tilanne selittyy osittain erilaisilla valaisimilla sekä käytävän WC:n pelkän kattovalaisimen käytöllä. Merkittävä osa selitystä on kuitenkin siinä, että jo huoneen katonrajassa osa valaisimesta tulevasta valosta osuu seiniin ja jää heijastelemaan huoneen yläosaan seinästä toiseen samalla vaimentuen.

#### Valaistuksen ohjauksen merkitys

Neliötehoon voidaan vaikuttaa vakiovalo-ohjausta käyttäen niin päivänvaloa hyödyntävissä tiloissa kuin muutenkin valaistuksen huoltokertoimesta johtuen. E-lukua laskettaessa ei kuitenkaan voida huomioida esimerkiksi standardin SFS-EN 15193 mukaisesti läsnäolotunnistuksen vaikutusta. Valaistukselle on määrätty käyttötunnit D3:ssa, joita voidaan käyttää, mikäli tilassa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus. Valaistuksen kytkinohjaus ja läsnäoloon perustuva ohjaus ovat siis E-luvun kannalta yhtä hyviä ohjaustapoja.

#### Valaistavan tilan pintojen heijastuskertoimien merkitys

Dialux-simulointeja tehdessä kävi ilmi, että valaistavan tilan pintojen heijastuskertoimilla on suuri merkitys valaistuksen neliötehoon. Ilmiö korostui pienissä tiloissa, joissa iso osa valosta osuu seiniin, ennen kuin päätyy valaistavaan kohteeseen. Aina, kun valo osuu pintaan, vain osa siitä heijastuu ja loput absorboituu pintaan.

Usein projektin alkuvaiheessa ei tiedetä valaistavien tilojen pintojen materiaaleja eikä värejä. Valaistus täytyy siis suunnitella standardin mukaisilla seinien heijastuskertoimilla. Mikäli tilanne muuttuu, on valaistustason säilyminen tarkastettava valaistuslaskentaohjelmalla ja tarvittaessa muutettava valaistusta. Standardissa SFS-EN 12464-1 annetaan arvot, joiden sisällä tilan pintojen heijastuskertoimien tulisi olla (taulukko 4 ks. s. 27).

### 4.3 Esimerkki 3 opetusrakennus

#### 4.3.1 Laskennan tavoitteet

Esimerkkikohteen 3 avulla haluttiin tutkia, kuinka kesällä 2013 saneeratun koulurakennuksen valaistuksen neliöteho eroaa D3:n taulukkoarvosta. Tämä haluttiin selvittää,

koska taulukossa annetaan opetusrakennuksen valaistuksen neliötehoksi 18 W/m<sup>2</sup>, joka on huomattavasti ennakko-olettamusta suurempi. Lisäksi opetusrakennuksen standardikäytössä on kuluttajalaitteiden osuus huomattavasti pienempi kuin valaistuksen osuus (taulukko 1 ks. s.5), joten valaistuksen osuus E-luvusta on myös muita kohteita suurempi.

#### 4.3.2 Menetelmät

Esimerkkikohteen valaistuksen neliöteho laskettiin kohteen valaisinluettelon ja kohteen lämmitetyn netto-alan perusteella. Valaisinluettelossa oli ilmoitettu valaisimien lukumäärät ja valonlähteiden tehot. Valaisimien liitäntätehot saatiin kunkin valaisimen valmistajan tietokannasta. Valaisimien lukumäärän ja liityntätehojen perusteella saatiin valaistuksen kokonaisteho. Tämä kokonaisteho jaettiin opetusrakennuksen lämmitetyn nettoalalla, jolloin saatiin valaistuksen neliöteho.

#### 4.3.3 Tulokset

Taulukosta 10 nähdään, että toteutunut valaistuksen neliöteho on vain 56 % D3:n antamasta opetusrakennuksen valaistuksen neliötehosta.

Taulukko 10. Esimerkin 3 toteutunut valaistuksen neliöteho ja D3:n antama neliöteho

	Esimerkkikohteen toteutuneet arvot	D3:n opetusrakennukselle antama neliöteho
lämmitetty nettoala	4056 m <sup>2</sup>	
valaistuksen kokonaisteho	41093 W	
neliöteho	10,1 W/m <sup>2</sup>	18 W/m <sup>2</sup>

#### 4.3.4 Johtopäätökset

Tulosten perusteella opetusrakennuksen valaistuksen neliöteho voi poiketa erityisen paljon rakennuksen standardikäytön valaistuksen neliötehosta (taulukko 1 ks. s. 5). Opetusrakennuksen energialaskelmissa kannattaa siis panostaa valaistuksen tarkempaan huomioimiseen.

Lisäksi kuluttajalaitteiden osuus rakennuksen standardikäytössä (taulukko 1 ks. s. 5) on valaistuksen osuutta huomattavasti pienempi. Voidaan siis olettaa, että valaistuksen tarkemmalla huomioimisella olisi ollut jonkin verran suurempi vaikutus rakennuksen E-lukuun, kuin esimerkin 2 toimistorakennuksella.

## 5 Yhteenveto

Työssä tutkittiin esimerkkikohteiden avulla sitä, kuinka erilaiset ratkaisut vaikuttavat valaistuksen energiatehokkuuteen ja E-lukuun. Esimerkin 1 avulla tutkittiin, kuinka sairaalarakennuksen valaistus eroaa neliöteholtaan D3:n taulukko arvosta. Tutkittiin myös, kuinka paljon valaistuksen neliötehoon voidaan vaikuttaa päivänvaloa hyödyntämällä. Vertailtiin, onko eroa päivänvalon huomioimisella Dialux-ohjelman energia-arvion ja IDA-ICE-ohjelman välillä.

Esimerkin 2 avulla tutkittiin, kuinka toimistovalaistuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa valaisinvalinnalla ja valaisinten sijoittelulla. Tutkittiin myös, kuinka paljon energiatehokkaalla toimistohuoneen valaistusratkaisulla voidaan vaikuttaa toimistorakennuksen E-lukuun, kokonaisenergiankulutukseen ja arvioituihin energiakustannuksiin. Esimerkin 3 avulla tutkittiin, kuinka jo toteutuneen koulurakennuksen valaistuksen neliöteho eroaa D3:n mukaisesta neliötehosta.

Esimerkkikohteista 1 ja 2 tuotettiin lisäksi tarvittavat dokumentit, jotka osoittavat valaistustason säilymisen. D3:ssa vaaditaan valaistustason säilymisen osoittavat dokumentit, jos energialaskelmissa käytetään D3:n taulukkoarvoa pienempää valaistuksen neliötehoa.

Insinööriyön tekeminen toi tärkeää tietoa yritykselle. Saatiin parempi tuntuma siitä, kuinka paljon valaistuksella voidaan vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen ja E-lukuun. Lisäksi saatiin paremmat lähtökohdat esittää asiakkaalle vaihtoehtoja ja ajatuksia valaistuksen toteutuksesta sekä paremmat valmiudet arvioida, kuinka paljon E-lukua voidaan parantaa valaistuksen energiatehokkuutta parantamalla. Lisäksi saatiin selville, minkä tyyppisissä kohteissa valaistuksen tarkempi huomioiminen energiaselvitystä tehtäessä erityisesti kannattaa. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Wise Group tarjosi hyvät lähtökohdat ja asiantuntevaa opastusta mahdollistaen työn onnistuneen toteutuksen. Insinööriyön kautta saadun tiedon hyödyntämiseksi, tullaan

aiheesta pitämään yrityksessä koulutustilaisuus, johon osallistuvat energialaskelmien parissa työskentelevät.

Työssä todettiin, että esimerkkikohteiden 1 ja 2 perusteella yksittäisen tilatyypin valaistusratkaisun vaikutus rakennuksen E-lukuun, samoin kuin kokonaisenergiakustannuksiin ovat melko marginaaliset. Sen sijaan esimerkkikohteen 3 perusteella voisi olettaa, että kyseessä olevassa opetusrakennuksessa valaistuksen vaikutus E-lukuun on jonkin verran muita esimerkkikohteita suurempi opetusrakennuksen suuresta D3:n taulukon valaistuksen neliötehosta johtuen.

Jokaisessa esimerkkikohteessa päästiin kuitenkin valaistuksen osalta alle D3:n taulukkoarvon. Tästä voidaan päätellä, että valaistuksen tarkemmalla huomioimisella päästään lähes aina jonkin verran pienempään E-lukuun, elleivät valaistusvoimakkuusvaatimukset ole huomattavasti standardin vaatimuksia suuremmat. Esimerkkikohteessa 2 päästiin suunnitellulla valaistuksella noin 4 % pienempään E-lukuun, kun käytettiin D3:n taulukkoarvon asemesta suunnitellun valaistuksen neliötehoa. Tällöin valaistuksen neliöteho oli noin 32 % D3:n taulukkoarvoa pienempi. Tästä voidaan päätellä, että kovin suureksi valaistuksen vaikutus E-lukuun esimerkkikohteissa 1 ja 2 eli sairaala ja toimistorakennuksessa ei nouse, oli valaistusratkaisu sitten millainen hyvänsä. Tämä tulos vaikutti jokseenkin yllättävältä.

Insinööriyön aikana opittiin käyttämään Dialux-ohjelmaa sujuvasti ja monipuolisesti. Opittiin hyödyntämään Dialux-ohjelman energia-arviota sekä raportintulostustoimintoja tehokkaasti. Työn aikana opittiin myös ymmärtämään IDA-ICE-simuloinnin perusteita ja käyttämään perustasolla IDA-ICE:n omia työkaluja tilojen luomiseen. Lisäksi opittiin syöttämään IDA-ICE:n valaistuksen ja päivänvalon hyödyntämisen kannalta olennaiset lähtötiedot.

Työ on kehittänyt ammatillisen vuorovaikutuksen ja viestinnän taitoja. Vuorovaikutustaidot ovat kehittyneet yhteydenpidon ja insinööriyöraportista sekä simulointituloksista saatujen kommenttien hyödyntämisen kautta. Työ on kehittänyt huomattavasti osaamista sähköalan ammattilaisena.

## Lähteet

- 1 Construction map. FRESH-projekti
- 2 Suvanto, Antti. 2013. LVI-suunnittelija, Wise group, Espoo. Keskustelu 29.2.2013.
- 3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3, Helsinki: Ympäristöministeriö
- 4 SFS-EN 15193. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 2009.
- 5 SFS-EN 12464-1. Valo ja Valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Suomen standardoimisliitto SFS. 2010.
- 6 Ledien elinikä. Verkkodokumentti. Glamox luxo lightning Oy. <<http://glamox.com/fi/ledien-elinik1>> (luettu 11.4.2013)
- 7 Valaistushankintojen energiatehokkuus. Taustaraportti. Versio 4.0. Suomen valoteknillinen seura. 2008.
- 8 Liisa Halonen Eino Tetri & Pramud Bhusal. 2010. Annex 45 Guidebook on energy efficient electric lightning for buildnings. Espoo
- 9 Valaistusta on uusittava. 2009. Motiva.
- 10 Voutilainen Samu Oskari, 2010. DALI-Dikitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä. Imatra.
- 11 Läsnaolo- ja liiketunnistimet. ABB.
- 12 Ilkka Pekanheimo, Potilasturvallisuutta edistävävalaistus. verkkodokumentti. AD-Lux Oy. <<http://www.adlux.fi/public/tyo/sairaala/potilasturvallisuuttaedist.pdf>> (luettu 12.4.2013)

## Esimerkkikohteen 1. valaistuslaskentaraaportin osa

### Esimerkkikohte 1.

# DIALux

19.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Potilashuone (energia-arvio) / Yhteenveto

Energia-arvio seuraavan normin mukaisesti: EN 15193

#### Tulokset

Kokonaisenergia Valaisu: 714.64 kWh/a  
LENI: 39.16 kWh/(a · m<sup>2</sup>)

Kokonaisenergia Työalue: 714.64 kWh/a  
Kokonaisenergia Loisisilmä (Kokonainen): 0.00 kWh/a  
Kokonaisenergia Loisisilmä (Valmiustila): 0.00 kWh/a  
Kokonaisenergia Loisisilmä (Hätävalaistuksen lataaminen): 0.00 kWh/a  
Kokonaispinta-ala: 18.25 m<sup>2</sup>

#### Kuukausitulokset

Kuukausi	Valaisu		Työalue		Loisisilmä	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
Tammik.	69.18	3.79	69.18	3.79	0.00	0.00
Helmik.	65.04	3.56	65.04	3.56	0.00	0.00
Maalisk.	59.07	3.24	59.07	3.24	0.00	0.00
Huhtik.	54.07	2.96	54.07	2.96	0.00	0.00
Toukok.	51.99	2.85	51.99	2.85	0.00	0.00
Kesäk.	50.65	2.78	50.65	2.78	0.00	0.00
Heinäk.	51.26	2.81	51.26	2.81	0.00	0.00
Elok.	52.85	2.90	52.85	2.90	0.00	0.00
Syysk.	58.33	3.20	58.33	3.20	0.00	0.00
Lokak.	63.82	3.50	63.82	3.50	0.00	0.00
Marrask.	68.45	3.75	68.45	3.75	0.00	0.00
Jouluk.	70.28	3.85	70.28	3.85	0.00	0.00

Tästä energian arviointitilasta on linkki seuraavaan DIALux-tilaan: Potilashuone  
Instanssien lukumäärä: 1 (Tämä tila huomioidaan usein arvioitaessa energian kokonaiskulutusta.)

Yhteenkuuluva projekti: Energia-arvio

Yhteenkuuluva vyöhyke: Vyöhyke 2

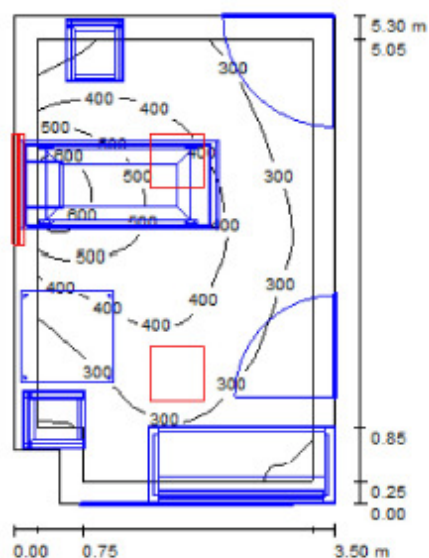
Huomioitujen alueiden luettelo:

- Valaistu alue 1

**Esimerkkikohde 1.****DIALux**

19.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Potilashuone / Yhteenveto**

Tilan korkeus: 3.200 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:69

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	357	186	674	0.521
Lattia	40	276	185	384	0.670
Katto	80	115	58	164	0.506
Seinät (6)	70	169	74	803	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 64 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	1	Glamox i20 228 OP (1.000)	3196	5200	60.0
2	2	Luxo MODUL-R600 3547 414 LL (1.000)	2944	4800	61.0

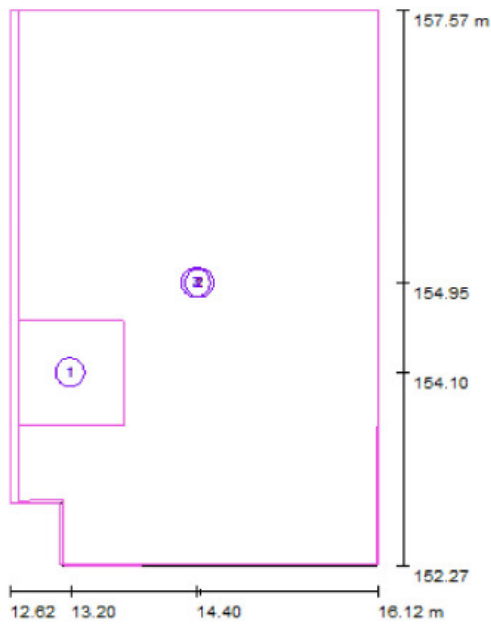
Yhteensä: 9084 Yhteensä: 14800 182.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $9.97 \text{ W/m}^2 = 2.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $18.25 \text{ m}^2$ )



Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Potilashuone / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)**



Mittakaava 1 : 61

**Laskettavien pintojen luettelo**

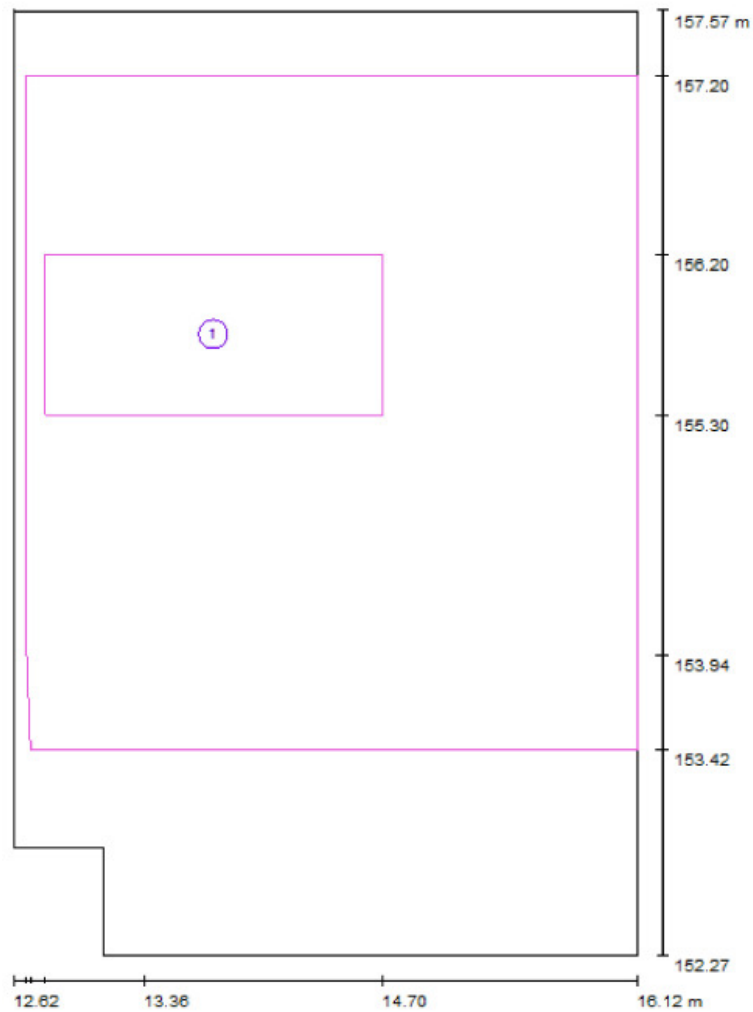
Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Laskettava pinta pöytä	kohtisuora	8 x 8	306	222	402	0.724	0.551
2	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2m	syl.	64 x 64	191	122	372	0.638	0.328
3	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6m	syl.	64 x 64	226	103	1199	0.458	0.086

**Yhteenveto tuloksista**

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	1	306	222	402	0.72	0.55
syl.	2	209	103	1199	0.50	0.09

Tekijä Jamo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Potilashuone / Työalue 1 / Tuloksien yleisnäkymä**



Mittakaava 1 : 36

Numero	Tunnus	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
	Työalue 1	32 x 16	509	397	609	0.780	0.652
	Ympäröivä alue	128 x 128	339	199	551	0.589	0.362

**Esimerkkikohde 1.**

**DIALux**

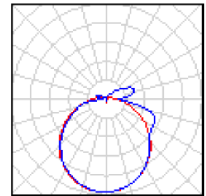
19.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### **Porrashuone / Luettelo valaisimista**

9 Kappale Høvik Professional ZAPP W300 218  
Tavaranumero:  
Valovirta (Valaisin): 1337 lm  
Valovirta (Lamput): 2400 lm  
Valaisimien teho: 36.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 87  
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 41  
70 89 87 56  
Varustus: 2 x TC-DEL 18 W (Korjaustekijä  
1.000).

Löydät valaisimen kuvan  
valaisinluettelosta.



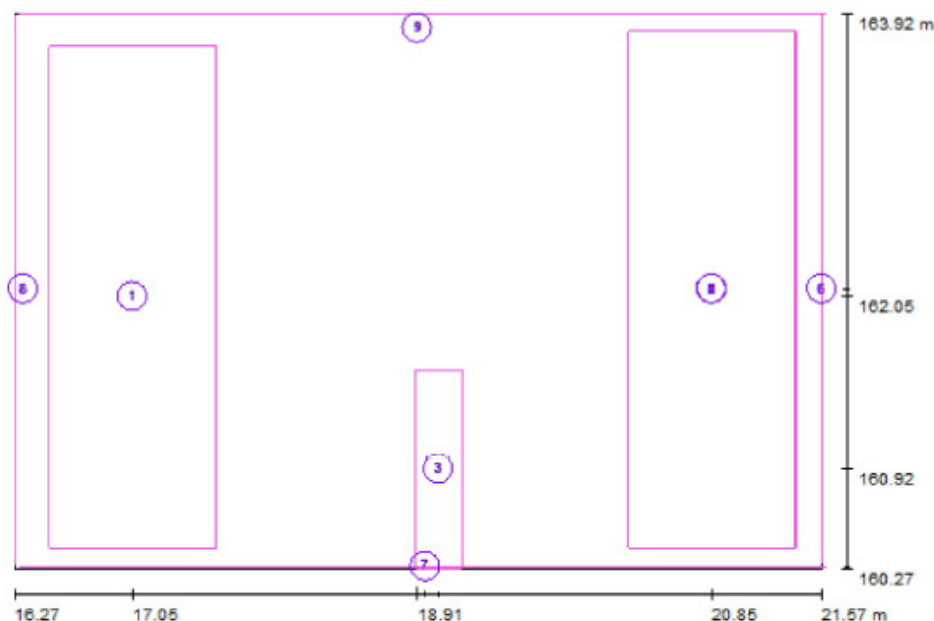
## Esimerkkikohde 1.

DIALux

19.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Porrashuone / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)



Mittakaava 1 : 42

## Laskettavien pintojen luettelo

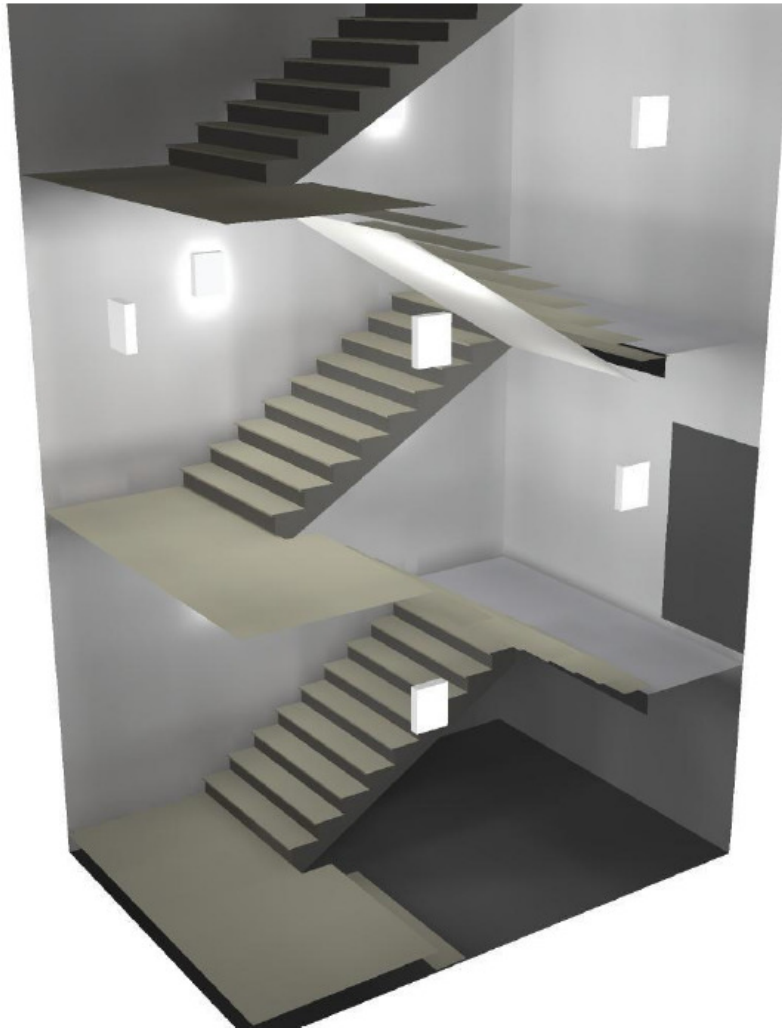
Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Lattiatasanteen 1 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	16 x 32	140	117	155	0.835	0.756
2	Lattiatasanteen 2 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	16 x 32	100	64	121	0.642	0.530
3	Portaan valaistusvoimakkuus	kohtisuora	2 x 8	113	105	124	0.925	0.846
4	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m	syl.	16 x 32	94	72	110	0.764	0.650
5	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m	syl.	32 x 64	118	81	229	0.687	0.355
6	Seinän 2 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	32 x 32	107	81	136	0.754	0.596
7	Seinän 3 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	128 x 64	128	54	1321	0.421	0.041
8	Seinän 4 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	64 x 64	132	88	1024	0.666	0.086
9	Seinän 1 valaistusvoimakkuus	kohtisuora	128 x 64	94	49	969	0.520	0.051

## Yhteenveto tuloksista

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	7	115	49	1321	0.43	0.04
syl.	2	106	72	229	0.68	0.31

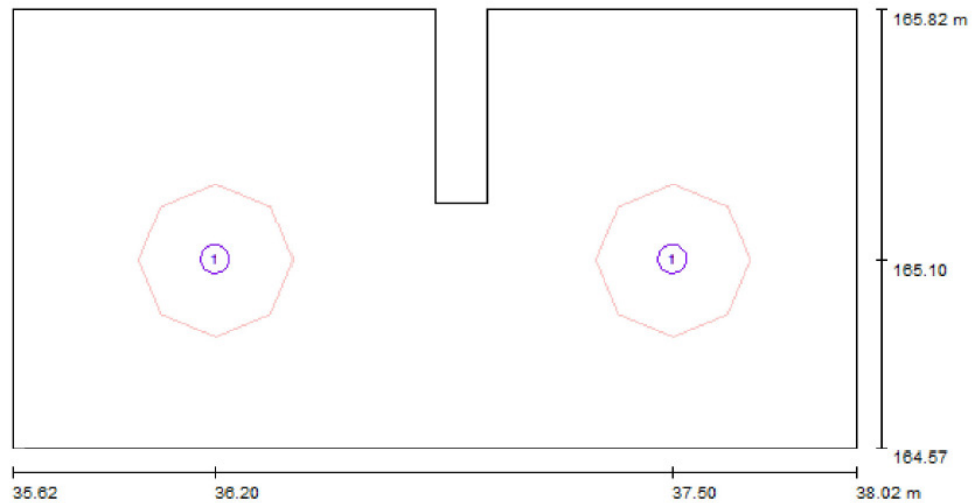
Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Porrashuone / Kolmiulotteinen kuvanmuodostus**



Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Käytävän WC / Valaisimet (pohjakuva)**



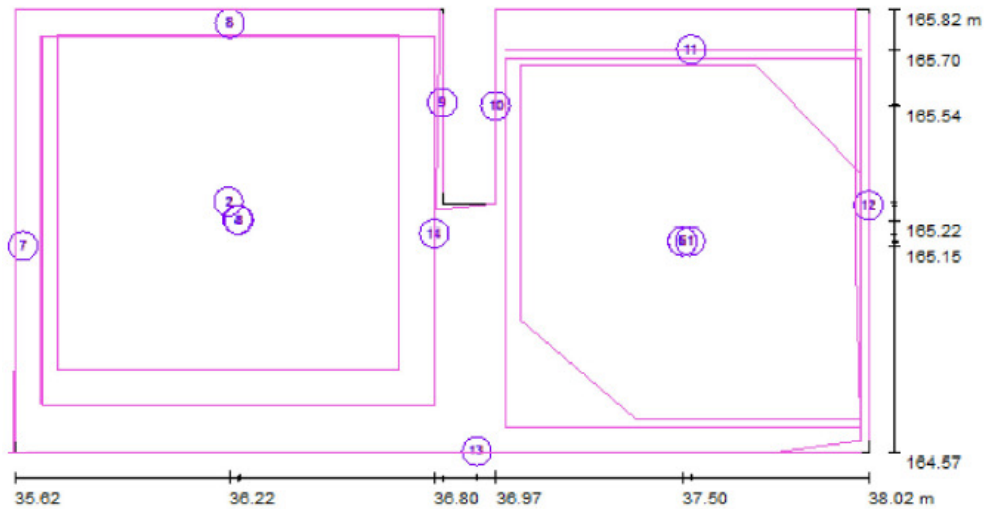
Mittakaava 1 : 18

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus
1	2	Glamox A10-S440 226

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Käytävän WC / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)**



Mittakaava 1 : 18

**Laskettavien pintojen luettelo**

Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Käyttötaso 2.	kohtisuora	8 x 8	324	277	342	0.855	0.809
2	Käyttötaso 1.	kohtisuora	8 x 8	313	281	337	0.898	0.834
3	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m 1	syl.	8 x 8	174	157	197	0.901	0.797
4	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m 1	syl.	16 x 16	256	230	285	0.900	0.806
5	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m 2	syl.	16 x 16	275	248	345	0.899	0.717
6	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m 2	syl.	16 x 16	186	160	228	0.860	0.701
7	Seinä 1	kohtisuora	64 x 32	290	89	604	0.308	0.148
8	Seinä 2.	kohtisuora	32 x 32	303	200	439	0.660	0.455
9	Seinä 3.	kohtisuora	16 x 32	290	192	454	0.662	0.423

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Käytävän WC / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)

#### Laskettavien pintojen luettelo

Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	Seinä 4.	kohtisuora	16 x 64	249	76	570	0.306	0.134
11	Seinä 5.	kohtisuora	32 x 64	289	87	575	0.301	0.151
12	Seinä 6.	kohtisuora	64 x 32	317	86	705	0.270	0.122
13	Seinä 7.	kohtisuora	64 x 64	294	58	676	0.196	0.085
14	Katto	kohtisuora	64 x 32	551	174	3578	0.316	0.049

#### Yhteenveto tuloksista

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	10	331	58	3578	0.17	0.02
syl.	4	222	157	345	0.71	0.45



## Esimerkkikohteen 2. valaistuslaskentaruokinta osa

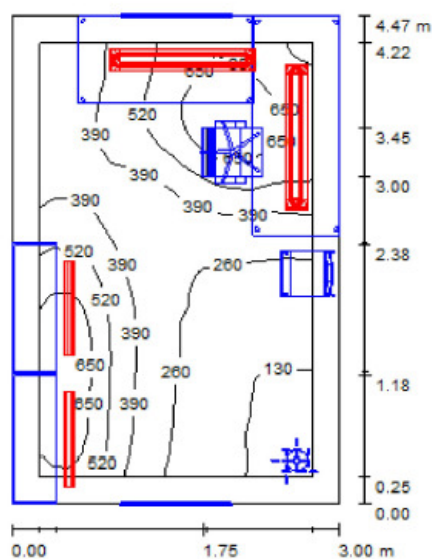
Esimerkkikohte 2.

DIALux

25.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Toimistohuone valaistus 1. / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:58

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	406	113	760	0.278
Lattia	40	330	118	445	0.358
Katto	80	228	96	623	0.418
Seinät (4)	70	229	104	776	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	2	FAGERHULT 14671 Libraline (1.000)	1562	1900	24.0
2	2	FAGERHULT 29111 Avion 80 (1.000)	2359	2600	30.0
Yhteensä:			7841	9000	108.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $8.05 \text{ W/m}^2 = 1.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $13.41 \text{ m}^2$ )

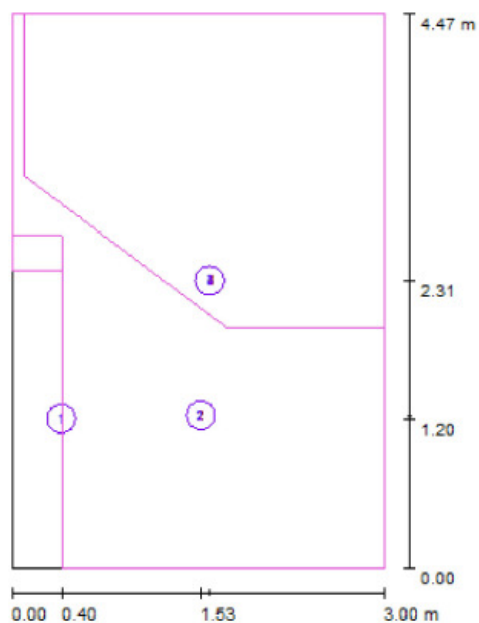
## Esimerkkikohde 2.

DIALux

25.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Toimistohuone valaistus 1. / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)



Mittakaava 1 : 51

## Laskettavien pintojen luettelo

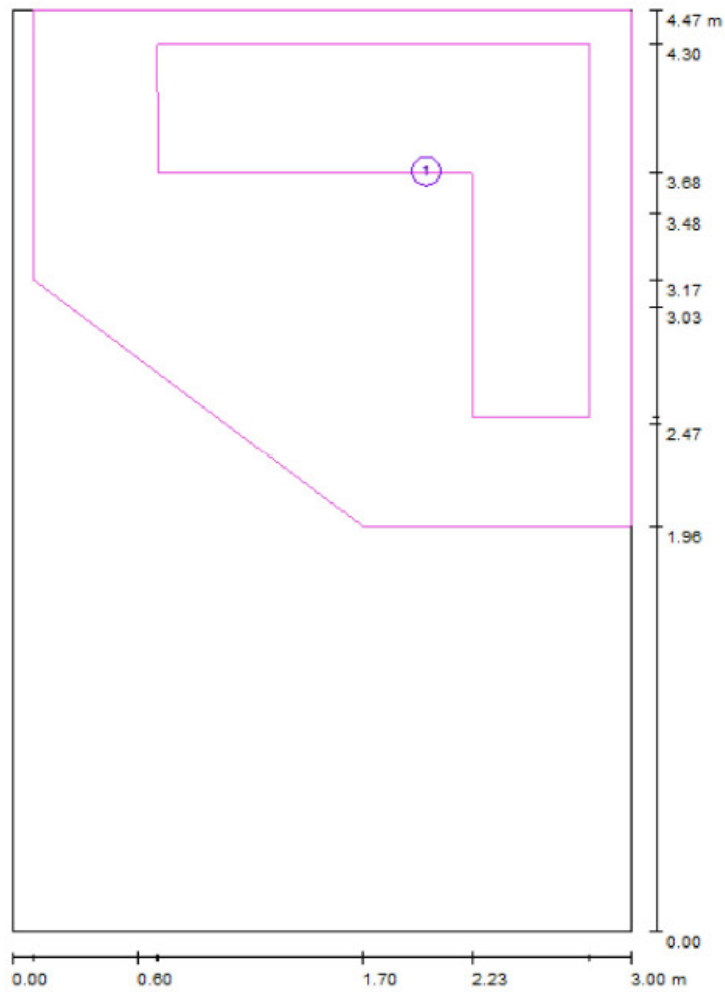
Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Kirjahylly	kohtisuora	64 x 64	365	138	3949	0.378	0.035
2	tausta-alue	kohtisuora	128 x 128	305	97	725	0.316	0.133
3	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m	syl.	128 x 128	203	117	447	0.575	0.261
4	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m	syl.	128 x 128	221	118	605	0.535	0.196

## Yhteenveto tuloksista

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	2	333	97	3949	0.29	0.02
syl.	2	212	117	605	0.55	0.19

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Toimistohuone valaistus 1. / Työalue 1 / Tuloksien yleisnäkymä**



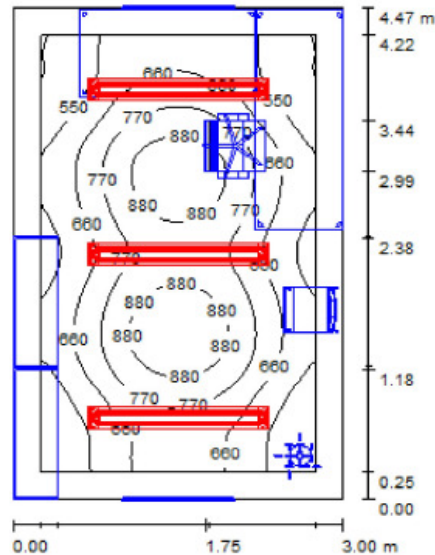
Mittakaava 1 : 31

Numero	Tunnus	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
	Työalue 1	32 x 32	519	333	681	0.642	0.489
	Ympäröivä alue	128 x 128	407	202	709	0.497	0.285

**Esimerkkikohde 2.**

Tekijä Jamo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Toimistohuone valaistus 2. / Yhteenvedo**



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.200 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:58

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	693	434	965	0.627
Lattia	40	521	373	663	0.716
Katto	80	497	196	1432	0.394
Seinät (4)	70	322	205	535	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

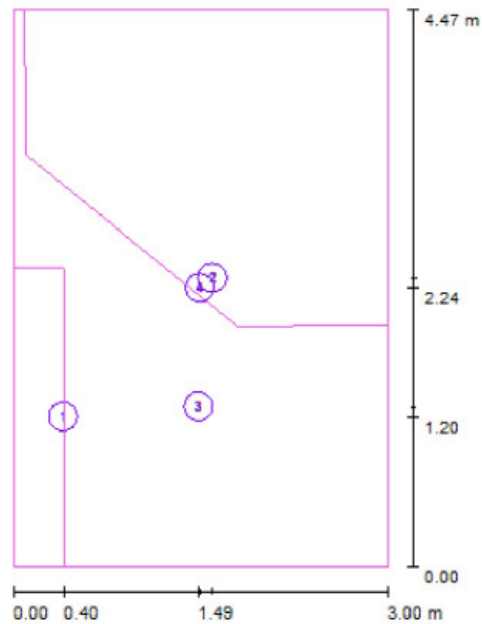
**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	3	FAGERHULT 29113 Avion 80 (1.000)	4086	4300	53.0
Yhteensä:			12258	Yhteensä: 12900	159.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $11.86 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $13.41 \text{ m}^2$ )

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Toimistohuone valaistus 2. / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)**



Mittakaava 1 : 51

**Laskettavien pintojen luettelo**

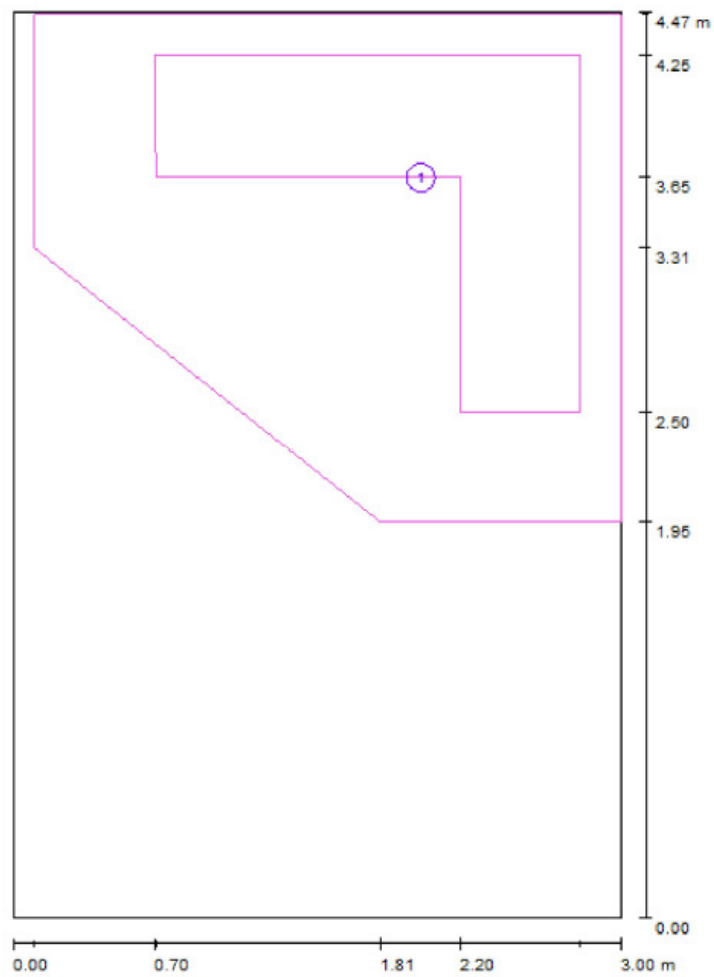
Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Kirjahylly	kohtisuora	64 x 64	389	265	481	0.682	0.552
2	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2m	syl.	32 x 32	333	268	451	0.804	0.594
3	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6m	syl.	64 x 64	363	199	505	0.548	0.393
4	Tausta-alue	kohtisuora	128 x 128	637	359	965	0.564	0.372

**Yhteenveto tuloksista**

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	2	567	265	965	0.47	0.27
syl.	2	343	199	505	0.58	0.39

Tekijä Jamo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Toimistohuone valaistus 2. / Työalue 1 / Tuloksien yleisnäkymä**



Mittakaava 1 : 31

Numero	Tunnus	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
	Työalue 1	32 x 32	573	425	718	0.742	0.592
	Ympäröivä alue	128 x 128	648	373	898	0.575	0.415

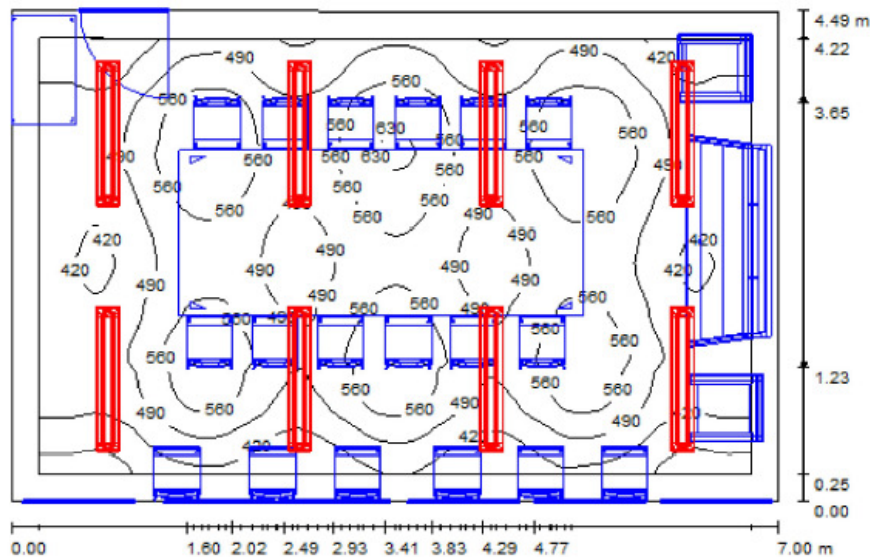
**Esimerkkikohde 2.**

**DIALux**

18.04.2013

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Neuvotteluhuone / Yhteenvedo**



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.200 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:58

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	498	315	644	0.633
Lattia	50	420	293	504	0.697
Katto	80	371	171	1039	0.460
Seinät (4)	70	272	181	408	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

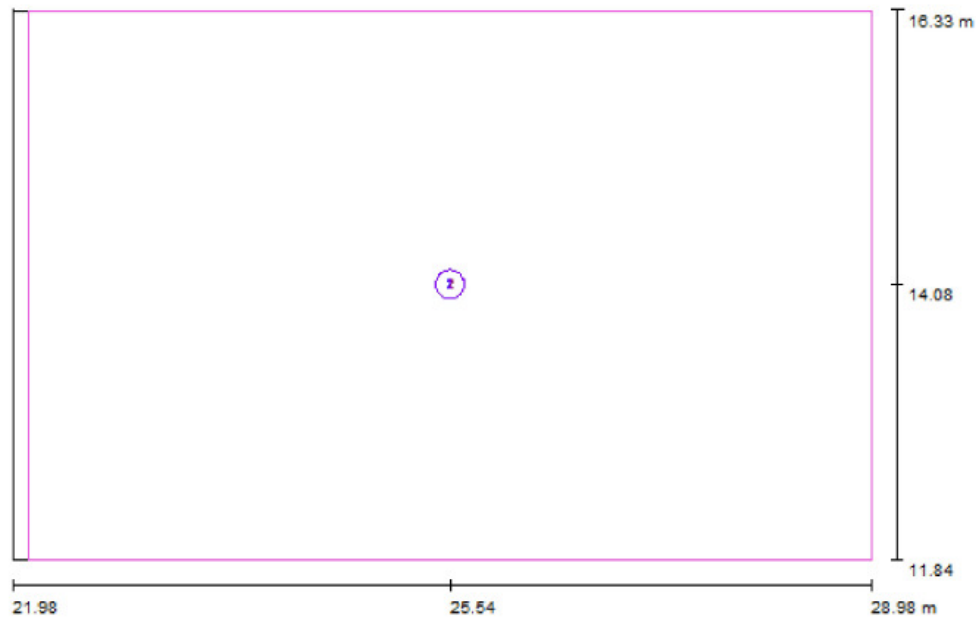
**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	8	FAGERHULT 29111 Avion 80 (1.000)	2359	2600	30.0
			Yhteensä: 18870	Yhteensä: 20800	240.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $7.66 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $31.35 \text{ m}^2$ )

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Neuvotteluhuone / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)**



Mittakaava 1 : 52

**Laskettavien pintojen luettelo**

Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m	syl.	64 x 64	260	193	366	0.743	0.529
2	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m	syl.	64 x 64	272	179	375	0.658	0.478

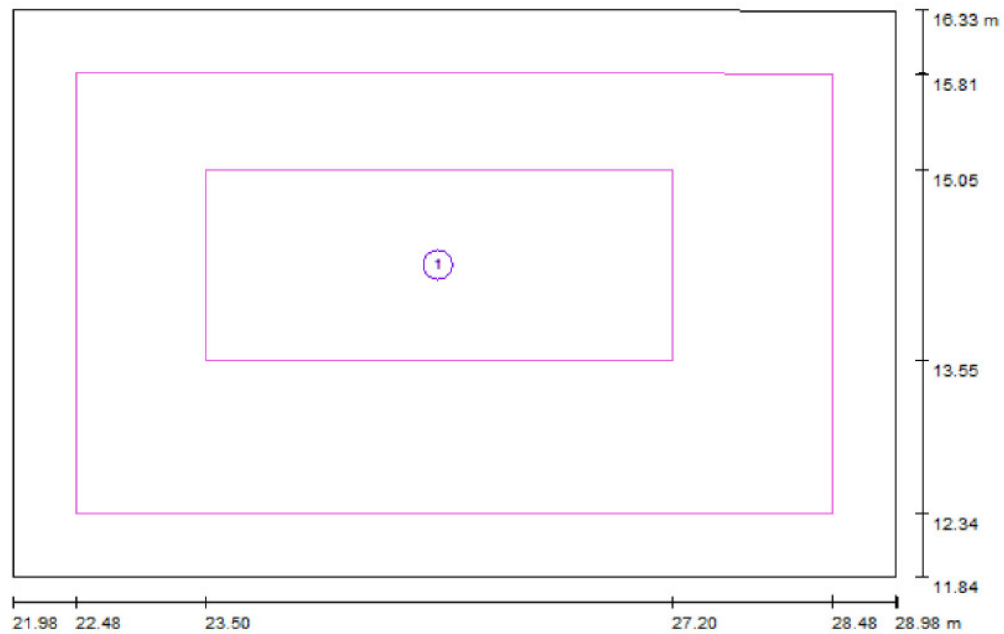
**Yhteenveto tuloksista**

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
syl.	2	266	179	375	0.67	0.48



Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Neuvotteluhuone / Työalue 1 / Tuloksien yleisnäkymä**

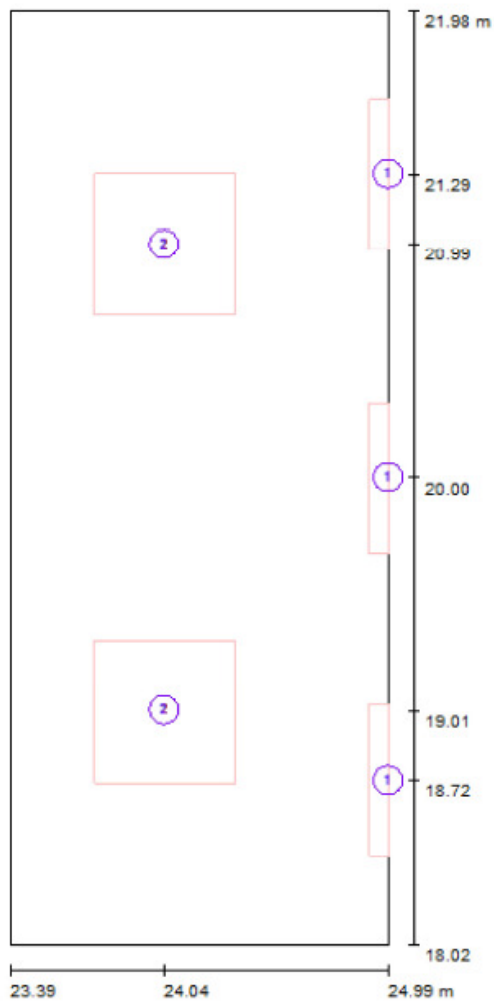


Mittakaava 1 : 51

Numero	Tunnus	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
	Työalue 1	32 x 16	534	469	617	0.878	0.760
	Ympäröivä alue	128 x 128	500	367	612	0.734	0.599

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Keittiö / Valaisimet (pohjakuva)**



Mittakaava 1 : 27

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus
1	3	ENSTO AVR17.0 Workpoint luminaire
2	2	FAGERHULT 22360 LightShift Upotettava

Tekijä Jarmo Peura  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Keittiö / Laskettavat pinnat (tuloksien yleisnäkymä)



Mittakaava 1 : 45

### Laskettavien pintojen luettelo

Numero	Tunnus	Tyyppi	Rasteri	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Työtaso Valaistusvoimakkuus	kohtisuora	8 x 64	753	426	1179	0.566	0.362
2	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,2 m	syl.	32 x 64	290	219	681	0.755	0.321
3	Sylinterivalaistusvoimakkuus 1,6 m	syl.	16 x 32	227	184	305	0.812	0.604
4	Seinä 1. Valaistusvoimakkuus	kohtisuora	64 x 64	241	83	462	0.342	0.179
5	Kaapinivet 1. Valaistusvoimakkuus	kohtisuora	x					
6	Lattia	kohtisuora	16 x 64	235	185	266	0.788	0.696

### Yhteenveto tuloksista

Tyyppi	Lukumäärä	Keski [lx]	Min. [lx]	Maks. [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
kohtisuora	4	299	83	1179	0.28	0.07
syl.	2	258	184	681	0.71	0.27

## Esimerkkikohteen 2. Vertaileva energialaskentaraaportti

### IDA Indoor Climate and Energy vers. 4.5

License: IDA40:4787  
Simulated by Jarmo Peura  
Date 15.4.2013 12:37:04 [708]









### Project Data

Project name	standardi toimisto/Valaistus1/valaistus2
Customer	
Description	
Location	Helsinki
Climate	Climate file HKi-Vantaa_Ref_2012
Simulation type	Whole-year energy simulation
Simulation period	1.1.2013 - 31.12.2013







## Simulation results

## Delivered Energy Report







Delivered Energy Overview (Standardikäyttö valaistus 12W/m<sup>2</sup>)

		Delivered energy		Demand	Primary energy	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Valaistus, kiinteistö	21999	22.4	7.67	37398	38.0
	Jäähdytys	2957	3.0	14.01	5026	5.1
	LVI sähkö	61001	62.0	7.2	103702	105.5
	Total, Facility electric	85957	87.4		146126	148.6
	Lämmitys	76550	77.9	38.31	53585	54.5
	LKV	8128	8.3	0.93	5689	5.8
	Total, Facility district	84678	86.1		59274	60.3
	Total	170635	173.6		205400	208.9
	Laitteet, asukas	21999	22.4	7.67	37398	38.0
	Total, Tenant electric	21999	22.4		37398	38.0
	Grand total	192634	195.9		242798	246.9

Delivered Energy Overview (Valaistus 1. 10,2 W/m<sup>2</sup>)

		Delivered energy		Demand	Primary energy	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Valaistus, kiinteistö	19238	19.6	6.71	32705	33.3
	Jäähdytys	2945	3.0	13.88	5006	5.1
	LVI sähkö	61003	62.1	7.2	103705	105.5
	Total, Facility electric	83186	84.6		141416	143.8
	Lämmitys	77709	79.0	38.42	54397	55.3
	LKV	8128	8.3	0.93	5689	5.8
	Total, Facility district	85837	87.3		60086	61.1
	Total	169023	171.9		201502	204.9
	Laitteet, asukas	22001	22.4	7.67	37402	38.0
	Total, Tenant electric	22001	22.4		37402	38.0
	Grand total	191024	194.3		238904	243.0

Delivered Energy Overview (Valaistus 2. 7,9 W/m<sup>2</sup>)

		Delivered energy		Demand	Primary energy	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Valaistus, kiinteistö	15029	15.3	5.24	25549	26.0
	Jäähdytys	2929	3.0	13.78	4980	5.1
	LVI sähkö	61012	62.1	7.2	103720	105.5
	Total, Facility electric	78970	80.3		134249	136.5
	Lämmitys	79420	80.8	38.49	55594	56.5
	LKV	8128	8.3	0.93	5689	5.8
	Total, Facility district	87548	89.0		61283	62.3
	Total	166518	169.4		195532	198.9
	Laitteet, asukas	21998	22.4	7.67	37397	38.0
	Total, Tenant electric	21998	22.4		37397	38.0
	Grand total	188516	191.7		232929	236.9

## Valaistustason erillisselvitys esimerkki



Valaistustason erillisselvitys

Työ nro: xxxxxx

1 (1)

Laatijan nimi: Jarmo Peura

30.4.2013

rev.B 30.4.2013

Vastaanottaja / henkilö  
Vastaanottaja / yritys  
Postiosoite  
Postinumero Paikkakunta

Asiakirjan viite (esim. asiakkaan nimi ja/tai projektin nimi)

### Valaistustason erillisselvitys

Valaistus on toteutettu standardin SFS-EN 12464-1 tai asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Taulukossa näkyy kaikki kohteen tilatyypit ja kunkin tilatyyppin pinta-alat. Taulukon viimeisellä rivillä on kohteen lämmitetty netto-ala ja keskimääräinen valaistuksen neliöteho, jota käytetään energia-laskelmissa. Tilatyyppikohtainen valaistuslaskentaraaportti, josta ilmenee valaistustason säilyminen, löytyy liitteestä 1.

Tilatyyppi	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Neliöteho (W/m <sup>2</sup> )
neuvotteluhuone	39	7,66
Käytävät	210	4,87
Kopiohuoneet	24	9,94
Toimistot	568	8,05
keittiöt	18	21,2
WC/varasto/hissi	67	16,25
Porrashuone	18	6,24
yhteensä	944	8,2

### Liiteluettelo

Liite1: Tilatyyppikohtainen valaistuslaskentaraaportti

Ystävällisin terveisin

Wise Group Finland Oy

Etunimi Sukunimi  
tehtävänimike pienellä kirjaimella  
Toimiala (esim. Rakennetekniikka, Talotekniikka jne.)  
Puh. 029 005 9XXX  
Gsm XXX XXX XXXX  
E-mail [etunimi.sukunimi@wisegroup.fi](mailto:etunimi.sukunimi@wisegroup.fi)

Wise Group Finland Oy  
Katuosoite XX  
00000 Kaupunki