



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN HANKINTA COMBI-KOhteissa

Sami Nieminen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

NIEMINEN, SAMI:

Energiatehokkaan valaistuksen hankinta Combi-kohteissa

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia valaistuksen hankintaa energiatehokkuuden näkökulmasta. Opinnäytetyö on osa COMBI-hanketta (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings), jonka tavoitteena on parantaa kuntien palvelurakennusten energiatehokkuutta sekä selvittää ja ratkaista niiden ongelmakohtia. COMBI-hankkeessa ovat mukana Tampere ja sen ympäryskunnat, Helsinki sekä alan yrityksiä. Tutkimusryhmiä on Tampereen teknillisestä yliopistosta, Tampereen ammattikorkeakoulusta sekä Aalto-yliopistosta Helsingistä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin case-kohteiden hankinta-asiakirjoja, erityisesti valaistuksen osalta. Kaikki case-kohteet ovat Pirkanmaan alueella, ja rakennushankkeet sijoittuvat vuosien 2008 ja 2016 välille. Case-kohteista suurin osa on kouluja ja päiväkotia tai näiden yhdistelmiä, mutta mukana on myös yksi vanhainkoti. Työn tavoitteena oli saada kunnille ohjeistus energiatehokkaan valaistuksen hankintaan, mikä edesauttaa koko talon energiatehokkuutta. Tutkimuksessa aineistona käytettiin case-kohteiden hankinta-asiakirjoja, joista selvitettiin valaistuksen hankinnan taso energiatehokkuuden kannalta.

Case-kohteiden hankinta-asiakirjat valaistuksen osalta vaihtelevat suuresti. Yksi syy tähän on valaistuksen kehitys energiatehokkaampaan suuntaan lyhyessä ajassa. Tämä tuli selvästi esiin, kun vertaili vanhempien ja uudempien kohteiden asiakirjoja. Myös uusien kohteiden hankinta-asiakirjojen energiatehokkuustarkasteluissa havaittiin ilmeisiä puutteita. Asiakirjoissa valaistuksen ohjaus oli jäänyt usein toissijaiseksi, vaikka energiatehokkuuden kannalta ohjaus on jopa tärkeämpi kuin valaisivalinnat.

Tutkimuksessa onnistuttiin tutkimaan valaistuksen hankinnan tila lähes kymmenen vuoden ajalta, ja näiden suunnitelmien perusteella saatiin tietoon ongelmakohtat. Työn tuloksena saatiin kunnille ohjeistus energiatehokkaan valaistuksen hankintaan. Valaistukseen panostaminen jo hankintavaiheessa on koko rakennuksen energiatehokkuuden kannalta tärkeää. Hyvin toteutetulla valaistuksella rakennuksesta saadaan käyttäjille mieluisampi, jonka lisäksi voidaan myös saavuttaa terveyshyötyjä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services Engineering

NIEMINEN, SAMI:

Acquisition of energy efficient lighting in COMBI facilities

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 7 pages

April 2017

---

The aim of this thesis was to study acquisition of lighting from the viewpoint of energy efficiency. The thesis is part of the COMBI-project (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings). The goal of the project is to improve the energy efficiency of services in municipalities.

The purpose of this thesis was to collect information from the procurement documents of case facilities, especially from the perspective of lighting. The facilities are located in Tampere and the surrounding municipalities, and they include kindergartens, schools and one retirement home. All of the facilities were built between 2008 and 2016.

The procurement documents vary a lot. One reason for this is the progress in the energy efficiency of lighting solutions that has taken place in the past few years. This was discovered when comparing the older document to the new ones. The study revealed that focus on light control, which is a crucial factor in the energy efficiency of lighting, is getting too little attention.

The result of this study is a guide on how building services can acquire energy efficient lighting in the future.

---

Key words: energy efficiencys, lighting, COMBI-hanke

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALAISTUS.....	8
2.1	Valaistuksen vaikutukset ihmiseen.....	8
2.2	Valaistusta koskevat vaatimukset.....	9
2.2.1	Luminanssijakauma.....	11
2.2.2	Valaistusvoimakkuus.....	12
2.2.3	Häikäisy, välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö.....	13
2.2.4	Sisätilan valaiseminen.....	14
2.2.5	Väriominaisuudet.....	14
2.3	Valaistuksen laatu.....	15
3	RAKENNUSHANKKEEN HANKITAPROSESSI.....	18
4	KOHTI ENERGIIATEHOKKAAMPAA VALAISTUSTA.....	20
4.1	Tarpeenmukainen valaistus.....	21
4.2	Valaistuksen ohjaus.....	22
4.3	Valaisimen valinta.....	24
5	COMBI-KOHTEIDEN VALAISTUSSUUNNITELU.....	25
5.1	Tampere.....	25
5.1.1	Vuoreksen koulukeskus.....	26
5.1.2	Luhtaan päiväkoti.....	27
5.1.3	Koukkuniemen Jukola ja Impivaara.....	27
5.1.4	Vehmaisten koulu.....	28
5.2	Kangasala.....	29
5.2.1	Koivurinteen päiväkoti ja koulu.....	29
5.2.2	Liuksialan päiväkoti ja koulu.....	30
5.3	Ylöjärvi (Metsäkylän koulu).....	30
5.4	Lempäälä (Otsonmäen päiväkoti).....	31
5.5	Pirkkala (Toivion koulu).....	31
5.6	Nokia (Puropuiston päiväkoti).....	32
6	CASE-KOHTEIDEN YHTEENVETO JA OHJEISTUS VALAISTUKSEN HANKINTAAN.....	33
7	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Koivurinteen päiväkodin ja koulun hankesuunnitelma valaistuksen osalta.....	38
	Liite 2. Selvitys Metsäkylän koulun valaistusjärjestelmästä.....	39

Liite 3. Tapre, Todentamismenetelmät ja suunnittelijoiden työkalut 1(2) .....	40
Liite 4. Tapre, Todentamismenetelmät ja suunnittelijoiden työkalut 2(2) .....	41
Liite 5. Toivion koulun sähkötyöselityksen kohta valaisimet 1(2) .....	42
Liite 6. Toivion koulun sähkötyöselityksen kohta valaisimet 2(2) .....	43
Liite 7. Hankintaohje energiatehokkaan valaistuksen hankintaan .....	44

**ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

TAPRE-hanke                      Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu osana COMBI-hanketta (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings), jonka tavoitteena on parantaa kuntien palvelurakennusten energiatehokkuutta sekä selvittää ja ratkaista palvelurakennusten energiatehokkuuden ongelmakohtia. COMBI-hankkeen tutkimustyöhön osallistuu tutkimusryhmiä Tampereen Ammattikorkeakoulusta, Tampereen teknillisestä yliopistosta sekä Aalto-yliopistosta. Tutkimustyössä on mukana Tampereen kaupungin tilakeskus, Tampereen ympäristökunnat ja Helsingin kiinteistöviraston tilakeskus sekä kymmenet alan yritykset.

Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen kustannustehokkaasti rakennusteknisin keinoin nykyisestä määräystasosta on erittäin haasteellinen tehtävä ja tämä korostuu erityisesti julkisissa palvelurakennuksissa. COMBI-hanke keskittyy palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien vaikutusten ja ongelmien selvittämiseen ja ratkaisemiseen. Hanke jakautuu viiteen eri työpakettiin. Työpakettit 2-5 keskittyvät varsinaiseen tutkimukseen ja ensimmäinen työpaketti tutkimuksen organisointiin ja tuloksien tiedottamiseen (COMBI 2017).

Tämä opinnäytetyö liittyy työpakettiin 5, jonka tarkoituksena on sitoa osapuolet yhteen toteuttamaan energiatehokkaita, terveitä ja kestäviä korjausrakentamishankkeita. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuntien COMBI-kohteiden hankesuunnitelmia sekä suunnittelu ohjeita valaistuksen osalta ja näiden dokumenttien pohjalta antaa parannusehdotuksia, kuinka jo palvelurakennuksien tarjouspyyntö vaiheessa voidaan ottaa valaistuksen energiatehokkuus huomioon.

## 2 VALAISTUS

Valaistus on muuttunut viime vuosina merkittävästi ja muutos jatkuu edelleen voimakkaana. Valon vaikutuksesta ihmiseen sekä valaistuksen energiatehokkuuteen kiinnitetään koko ajan enemmän huomiota ja viime vuosina tehtyjen tutkimusten avulla aletaan ymmärtää kuinka tärkeää oikea valaistus niin ihmisen hyvinvoinnin kuin energiatehokkuudenkin kannalta.

### 2.1 Valaistuksen vaikutukset ihmiseen

Valolla on ihmiseen merkittäviä biologisia vaikutuksia. Riittävä määrä laadukasta valoa parantaa ihmisen vireystasoa, tuottavuutta, mielialaa ja terveyttä. Valaistuksen tärkein tehtävä on auttaa ihmisen eniten käyttämää aistia eli näköaistia. Tätä kutsutaan valon visuaaliseksi vaikutukseksi. Ihmisen silmä rappeutuu koko elämän ajan ja valaistusta suunniteltaessa onkin tärkeää tietää tilan käyttäjien ikä. Vanhemmat ihmiset tarvitsevat enemmän valoa, kun taas lapset katsovat paljon ylöspäin ja häikäistyvät jos valaisimessa ei ole häikäisysojua. Valon visuaalinen vaikutus onkin helppo suunnitella oikeaksi, koska sen voi mitata.

Valon ei-visuaalisilla vaikutuksilla tarkoitetaan valon vaikutusta mm. ihmisen jaksamiseen ja tehokkuuteen. Ei-visuaaliset vaikutukset ovatkin vaikeampia suunnitella ja toteuttaa ja näistä vaikutuksista onkin verrattain vähä tietoa, mutta tutkimuksia on kuitenkin tehty muutamia ja näiden tutkimuksien tuloksista selviää, että päivänvalo ja sitä stimuloiva valaistus parantaa ihmisen oppimiskykyä ja tehokkuutta, josta esimerkkinä valaisinvalmistaja OSRAM ja Transferzentrum für Neurowissenschaft und Lernen ('Transfer Center for Neuroscience and Learning') toteuttama tutkimus kouluissa Ulmissa, Saksassa vuonna 2011, jossa oppilaat, jotka olivat oleilleet uuden päivänvaloa simuloivan valaistuksen alla, saivat parempia tuloksia standardoiduissa keskittymiskykyä mittaavissa testeissä kuin verrokkiryhmä. Myös suoriutumisenopeus lisääntyi huomattavasti. ”Luonnosta inspiroituneilla ja päivänvalon kaltaisia ominaisuuksia sisätiloihin tuovilla valaistuskonsepteilla onkin havaittu olevan positiivisia vaikutuksia.” (Valon vaikutus oppilaiden suorituskykyyn, Dr. Hannah Helbig, 2011). Suomessa käytännössä velvoittava valaistusstandardi SFS-EN 12464-1, josta tarkemmin jäljempänä, ottaa myös kantaa valon ei-visuaalisiin vaikutuksiin seuraavasti:



### ” 4.13 Valon vaihtelevuus

*Valo on tärkeää jokaisen ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille. Valo vaikuttaa ihmisten mielialaan, tunteisiin ja vireystilaan. Se voi myös tukea ja tahdistaa vuorokausirytmiiä sekä vaikuttaa ihmisten fysiologiseen ja psyykkiseen tilaan. Viimeisimmät tutkimukset osoittavat, että edellä mainittuihin tekijöihin vaikuttavat tässä standardissa EN 12464-1 esitetyjen valaistussuunnitteluperusteiden lisäksi myös ns. ei-visuaalinen valaistusvoimakkuus ja värivaikutelma. Kellonajan mukaan vaihtelevat valaistusolosuhteet, kuten suurempi valaistusvoimakkuus, luminanssijakauma ja laajempi värilämpötilan vaihteluväli kuin tässä eurooppalaisessa standardissa on esitetty, yhdessä päivänvalon ja/tai tätä tarkoitusta varten optimoitujen keinovalaistusratkaisujen kanssa voivat stimuloida ihmisiä ja parantaa heidän hyvinvointiaan. Suositeltavat vaihteluvälit ovat tällä hetkellä harvinaisissa. Etenkin päivänvalon vaikutus ihmiseen on suuri, joten siitä saatava hyöty tulisi käyttää mahdollisimman tehokkaasti. Valon biologisia vaikutuksia tutkitaan paljon ja niiden vaikutuksen huomioiminen valaistussuunnittelussa kasvaa saadun tiedon myötä jatkuvasti.”*

Tämä varovainen ohje ottaa jo kantaa valon vaikutukseen, vaikkakin ohjeesta ei käytännössä ole tällaisenaan juuri hyötyä niin se kuitenkin ottaa asian esille ja tuo valaistukseen yhden elementin lisää, mitä voidaan miettiä ja parantaa.

## 2.2 Valaistusta koskevat vaatimukset

Jo edellä mainittu standardi SFS-EN 12464-1 ”valo ja valaistus. työkohteiden valaistus.” on eurooppalainen standardi, joka on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi. Standardi määrittelee henkilöiden sisätyötilojen valaistusvaatimukset lähtien normaalinäkökykyisten henkilöiden näkömukavuuden ja näkötehokkuuden tarpeista. Standardissa käsitellään kaikkia yleisimpiä näkötehtäviä mukaan lukien tietokoneella suoritettava työ. (SFS-EN 12464-1. 2011)

Standardi antaa selkeät valaistusvaatimustaulukot monille erilaisille tiloille, tehtäville ja toiminnoille.

- Sarake 1 ilmaisee tilan (alueen), tehtävän tai toiminnan viitenumeron.

- Sarake 2 ilmaisee ne alueet, tehtävät tai toiminnot, joita annetut vaatimukset koskevat. Mikäli tiettyä tilaa (aluetta), tehtävää tai toimintaa ei ole esitetty, sovelletaan samankaltaiselle tai vastaavalle tilanteelle annettuja arvoja.
- Sarake 3 ilmaisee keskimääräisen ylläpidettävän valaistusvoimakkuuden  $E_m$  tarkastelutasolla sarakkeessa 2 annetulle tilalle (alueelle), tehtävälle tai toiminnalle.
- Sarake 4 ilmaisee UGR-häikäisyindeksin maksimiarvon (Unified Glare Rating Limit, UGR, jota sovelletaan sarakkeessa 2 ilmoitetussa tilanteessa).
- Sarake 5 ilmaisee valaistusvoimakkuuden tasaisuuden ( $U_o$ ) vähimmäisarvon vertailutasolla sarakkeessa 3 ilmaistulla ylläpidettävällä valaistusvoimakkuudella
- Sarake 6 ilmaisee pienimmän sallitun värinointoindexin ( $R_a$ ) sarakkeessa 2 esitetyille tilanteille.
- Sarakkeessa 7 on annettu erityisvaatimuksia sarakkeessa 2 esitetyille tilanteille.

Esimerkkinä taulukoista taulukko 1 päiväkodin valaistusvaatimuksista ja taulukko 2 opetustilojen valaistusvaatimuksista.

Taulukko 1. Päiväkodin valaistusvaatimukset (SFS-EN 12464-1, 2011)

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Erityisvaatimukset
5.35.1	Leikkihuone	300	22	0,40	80	Korkeita luminansseja katseen suunnassa alhaalta pain tulisi välttää käyttämällä sopivaa häikäisy-suojausta.
5.35.2	Lastenhuone	300	22	0,40	80	Korkeita luminansseja katseen suunnassa alhaalta pain tulisi välttää käyttämällä sopivaa häikäisy-suojausta.
5.35.3	Askarteluhuone	300	19	0,60	80	

Taulukko 2. Opetustilojen valaistusvaatimukset (SFS-EN 12464-1: 2011)

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.36.1	Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.2	Luokkahuoneet iltakäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.3	Auditorio, luentosali	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä erilaisiin A/V -tarpeisiin
5.36.4	Liitutaulut ja kirjoitustaulut	500	19	0,70	80	Suuntaheijastumisia on vältettävä Esiintyjä/opettaja on valaistava sopivalla pystysuoralla valaistusvoimakkuudella
5.36.5	Havaintopöytä	500	19	0,70	80	Luentosaleissa 750 lx
5.36.6	Piirustussalit	500	19	0,60	80	
5.36.7	Piirustussalit taidekoulussa	750	19	0,70	90	5 000 K < $T_{CP}$ 6 500 K.
5.36.8	Teknisen piirustuksen salit	750	16	0,70	80	
5.36.9	Harjoitussalit ja laboratoriot	500	19	0,60	80	
5.36.10	Kasityöluokat	500	19	0,60	80	
5.36.11	Teknisen työn opetustilat	500	19	0,60	80	
5.36.12	Musiikkiluokat	300	19	0,60	80	
5.36.13	ATK-luokat (valikko-ohjaus)	300	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.36.14	Kielistudiot	300	19	0,60	80	
5.36.15	Valmisteluhuoneet ja työpajat	500	22	0,60	80	
5.36.16	Sisäankäyntihallit	200	22	0,40	80	
5.36.17	Kulkuväylät, käytävät	100	25	0,40	80	
5.36.18	Portaat	150	25	0,40	80	
5.36.19	Oppilaiden yhteistilat ja kokoontumistilat	200	22	0,40	80	
5.36.20	Opettajainhuoneet	300	19	0,60	80	
5.36.21	Kirjasto: kirjahyllyt	200	19	0,60	80	
5.36.22	Kirjasto: lukutilat	500	19	0,60	80	
5.36.23	Opetusvälinevarastot	100	25	0,40	80	
5.36.24	Urheiluhallit, voimistelusalit, uima-altaat	300	22	0,60	80	Katso harjoitustilanteita varten EN 12193.
5.36.25	Kouluruokalat	200	22	0,40	80	
5.36.26	Keittiö	500	22	0,60	80	

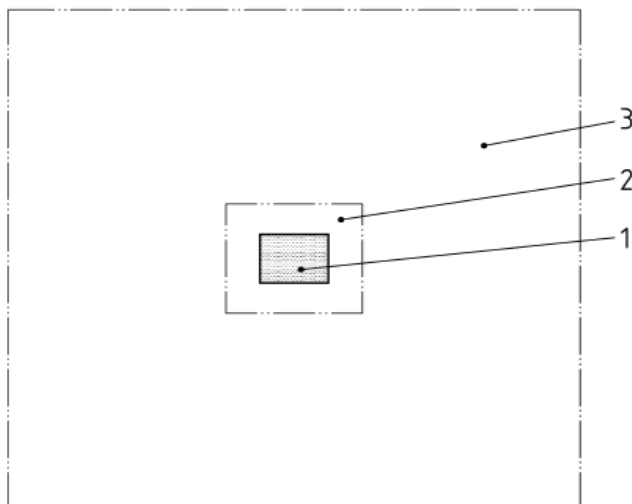
### 2.2.1 Luminanssijakauma

Luminanssijakauma näkökentässä määrää silmien sopeutumistason, joka vaikuttaa kohteen näkyvyyteen. Näkökentän luminanssijakauma vaikuttaa näkömukavuuteen. Rakennuksissa olevien henkilöiden sopeutumisen ja mukavuustason parantamiseksi ja hämärän välttämiseksi on erittäin tärkeää, että sisäpinnat, erityisesti seinät ja katto ovat valoisia. Tärkeimmille hajaheijastaville sisäpinnoille suositellaan seuraavia heijastuskertoimia: katto: 0.7...0.9, seinät: 0.5...0.8 ja lattia: 0.2...0.4. Heijastuskertoimiin pystytään vaikuttamaan pinnan värillä. Vaalealla pinnalla on suurempi heijastuskerroin kuin tummalla pinnalla.

### 2.2.2 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuudella ja sen jakaumalla työalueella ja sitä ympäröivällä alueella on suuri merkitys sille, kuinka nopeasti, turvallisesti ja miellyttävästi henkilö hahmottaa näkötehtävän ja suoriutuu siitä. Jotta valaistuserot ovat subjektiivisesti havaittavissa ne kuvataan tasoina (20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000) ja yksikkönä käytetään lukseja.

Standardi antaa vähimmäisvaatimukset erilaisten sisätilojen valaistukseen. Tärkeät termit ovat työalue, välitön lähiympäristö sekä tausta-alue. Työalue on alue, jossa työnteko tapahtuu esim. tietokonepöytä. Välitön lähiympäristö on vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä. Tausta-alue on vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa. Kuva 1 esittää alueet 1 on työalue, 2 on välitön lähiympäristö ja 3 on tausta-alue (muu alue).



Kuva 1. Välittömän lähiympäristön ja tausta-alueen minimimitat verrattuna työalueeseen. (SFS-EN 12464-1. 2011)

Taulukossa 3 on työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistuksen voimakkuuksien vaatimukset.

Taulukko 3. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde (SFS-EN 12464-1. 2011)

Työalueen valaistusvoimakkuus $E_{task}$ lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
150	$E_{task}$
100	$E_{task}$
$\leq 50$	$E_{task}$

Tausta-alueen valaistusvoimakkuus tulee olla 1/3 välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudesta.

### 2.2.3 Häikäisy, välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö

Häikäisy on tunne, jonka aiheuttavat näkökentässä olevat kirkkaat kohteet kuten valaistut pinnat, valaisinten osat, ikkunat ja/tai kattoikkunat. Häikäisyä tulee rajoittaa virheiden, väsymyksen ja tapaturmien välttämiseksi. Häikäisy voidaan kokea joko kiusahäikäisynä tai estohäikäisynä. Sisätyöpaikoilla estohäikäisy ei tavallisesti ole suuri ongelma, jos kiusahäikäisy alittaa standardin vaatimukset. Sisätilojen valaistusasennuksen valaisimien suoraan aiheuttama kiusahäikäisy tulee määrittää käyttäen CIE:n UGR-menetelmää (Unified Glare Rating). Kaikki UGR-indeksin määrittämisessä käytetyt lähtötiedot tai oletusarvot on esitettävä valaistussuunnitelma-asiakirjoissa. Kirkkaat valonlähteet saattavat aiheuttaa häikäisyä ja heikentää kohteiden näkyvyyttä. Häikäisyä tulee rajoittaa esim. sopivilla lamppujen ja kattoikkunoiden häikäisysuojilla tai käyttämällä sopivia varjostimia ikkunoissa suojaamaan kirkkaalta päivänvalolta.

Välkyntä häiritsee ja saattaa aiheuttaa fysiologisia oireita kuten päänsärkyä. Stroboskooppi-ilmiö saattaa aiheuttaa vaaratilanteita, koska se saa pyörivien tai edestakaisin liikkuvien koneiden liikkeen näyttämään todellista hitaammalta tai pysähtyneeltä. Valaistusjärjestelmät tulisi suunnitella niin, että välkyntää ja stroboskooppi-ilmiötä ei esiinny.

### 2.2.4 Sisätilan valaiseminen

Työkohteiden valaistuksen lisäksi myös tila, jossa ihmiset oleskelevat, tulisi valaista. Tämä valo on tarpeen korostamaan kohteita ja tekstuuria ja parantamaan tilassa toimivien ihmisten viihtyvyyttä. Ilmaisulla "keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus", "muodonanto" ja "suunnattu valaistus" kuvataan valaistusolosuhteita. Tila, jossa ihmiset liikkuvat tai työskentelevät, on valaistava hyvän visuaalisen viestinnän ja kohteiden tunnistamisen vuoksi. Tämä täytetään tuottamalla tilaan sopiva keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus  $E_z$ . Ylläpidettävän keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden (keskimääräinen pystytason valaistusvoimakkuus) on oltava toiminta- ja sisätiloissa vähintään 50 lx ja tasaisuuden  $U_0 \geq 0,10$  vaakatasossa määrätyllä korkeudella lattiasta, esimerkiksi istuvalle henkilölle 1,2 m korkeudella ja seisovalle henkilölle 1,6 m korkeudella lattian yläpuolella.

Tilan yleisvaikutelma paranee, kun sen rakenteelliset yksityiskohdat sekä siinä olevat ihmiset ja esineet valaistaan niin, että muoto ja tekstuuri tulevat selkeästi ja miellyttävästi esille. Valaistus ei saa olla liian suunnattua, jolloin muodostuu teräviä varjoja. Valaistus ei myöskään saa olla liian diffuusi, koska tällöin muodonanto katoaa kokonaan, mikä johtaa erittäin yksitoikkoiseen luminanssiympäristöön. Suunnatusta useammasta kuin yhdestä lähteestä tulevasta valosta aiheutuvia moninkertaisia varjoja tulisi välttää, koska se aiheuttaa sekavan visuaalisen vaikutelman.

### 2.2.5 Väriominaisuudet

Lampun värivaikutelma tarkoittaa sen säteilevän valon näkyvää väriä (värialaatu). Sen määrittää lampun ekvivalenttinen värilämpötila (TCP).

Taulukko 4. Lampun värivaikutelma värilämpötilan funktiona. (SFS-EN 12464-1. 2011)

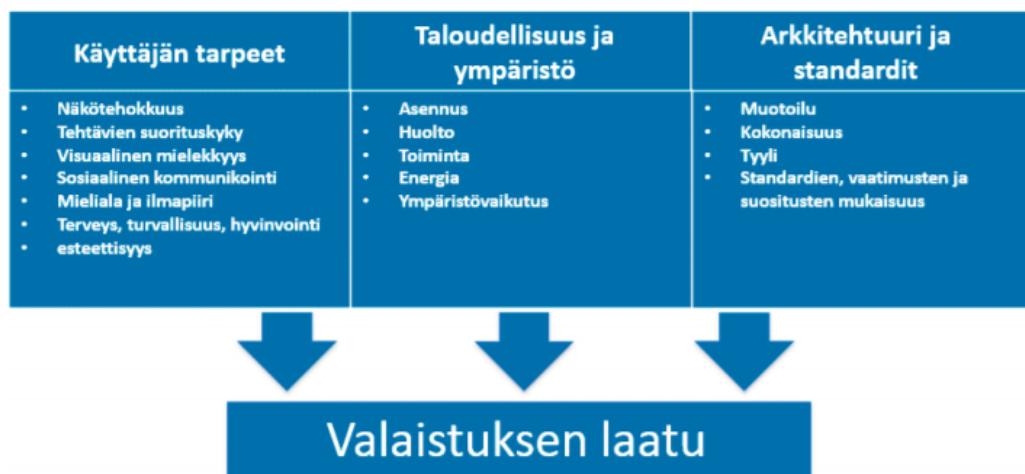
Värivaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila $T_{CP}$
lämmin	alle 3 300 K
neutraali	3 300 K... 5 300 K
kylmä	yli 5 300 K

Värivaikutelman valinnan määräävät psykologiset ja esteettiset tekijät sekä se, mitä pidetään luonnollisena. Valinta riippuu valaistusvoimakkuustasosta, tilan ja kalustuksen väreistä, ympäröivästä ilmastosta sekä tilan käyttötarkoituksesta.

Näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin vuoksi ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon värien tulee toistua luonnollisena, oikeana ja tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien tasapuolista määrittämistä varten on kehitetty yleinen värintoistoindeksi ( $R_a$ ). Sen suurin arvo on 100. Värintoistosta ei yleensä tarvitse huolehtia, koska lamput ovat valmistettu niin, että niiden värintoistoindeksi on vähintään 80, joka on riittävän hyvä lähes kaikille kohteille pois lukien erityisen hyvää värintoistoa vaativat työt mm. korujen valmistus tai värin tarkastus.

### 2.3 Valaistuksen laatu

Usein huonosta valaistuksesta puhuttaessa keskitytään vain valaistusvoimakkuuteen eli joko on liikaa tai liian vähän valoa, mutta tämä on käyttäjän kokemus. Hyvä valaistus ei kuitenkaan rajoitu vain käyttäjään kuten kuvasta 2 voidaan huomata.



Kuva 2. Valaistuksen laatu. (Sisävalaistuksen suunnittelu ja valaistusratkaisu, Pirkko Harsia & Kari Kallioharju, 2014)

Onnistunut valaistus on näiden osa-alueiden yhteensovittaminen kaikkia osapuolia miellyttävällä tavalla.

Käyttäjän tärkein laatuvaatimus valaistukselle on yleensä valaistusvoimakkuuden sopivuus kuhunkin tilanteeseen. Tämä saavutetaan tarpeeksi tehokkailla valaisimilla sekä ohjauksella, johon käyttäjä on perehdytetty hyvin. Perehdytys ohjauksiin on todella tärkeä osa onnistunutta valaistusta käyttäjän näkökulmasta varsinkin, kun ohjaus ei ole pelkästään päälle/pois vaan kytkimestä voidaan säätää eri tiloja ja valaistusvoimakkuutta. Käyttäjän tietämättömyys ohjauksen toiminnasta johtaa usein vain päälle/pois toiminnon käyttämiseen ja silloin kalliimpi ohjausjärjestelmä on hyödytön. Käyttäjää helpottavat mm. ohjeet kytkimien vieressä. Ohjeet auttavat uusia käyttäjiä eikä tarvitse muistaa mistä painikkeesta tapahtuu mitään vaan sen voi tarkistaa kytkimellä.

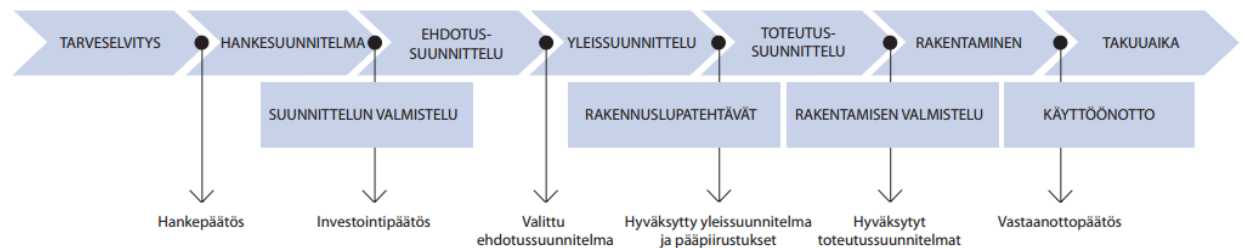
Taloudellisuuteen eniten vaikuttaa valaistuksen energiankulutus, jota käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Taloudellisuuteen kuuluu kuitenkin myös valaisimien hankintakustannukset, asennus, käyttöikä, ja huolto, kuten kuvasta 2 huomataan. Usein hankintahinnan säästön häviää energiankulutuksessa, käyttöiän pituudessa ja huolto kuluissa. Hankittaessa valaistusta tuleekin ottaa huomioon hankintahinnan suhde valaistuksen koko elinkaaren hintaan. Nykyään LED-valaisimet ovat kustannustehokkaimpia niin energiansäästön kuin käyttöiänkin kannalta. ”Valonlähteiden päivittämisellä loisteputkista LED-valoputkiin päästään huomattaviin kustannussäästöihin pelkästään energiankulutuksessa. Esim. 150 cm. Loisteputki kuluttaa sähköä 58 W (+ ns. Loissähkö n. 15W) = n. 73 W / loisteputki. Vastaava LED-valoputken kulutus on n. 24W, jolloin säästö per putki on jopa yli 2/3 (n. 70%). Erityisesti, jos valonlähteitä on paljon ja niiden käyttöaika / päivä on pitkä, tulevat putken vaihtamisesta tulevat säästöt yhä suuremmiksi. Lisäksi on huomioitava, että tavanomaisen loisteputken käyttöikä on laskennallisesti n. 15 000 h., kun vastaavasti LED- valoputkien käyttöikä huoneenlämmössä käytettynä vaihtelee 15 000 – 125 000 käyttötunnin välillä.” (LED-valaistuksen hankintaopas julkishallinnolle, Jari Siuruainen ja Markku Laatikainen/ Valtavalo Oy 20.9.2016.) LED-lampuissa tulee kuitenkin ottaa huomioon, etteivät ne ”pala” loisteputkien tapaan, vaan ne himmenevät ajan myötä riippuen käyttöolosuhteista. LED-lampuilla varustettuna tiloja tulisikin säännöllisesti tarkistaa valaistusvoimakkuuden riittävyyden takaamiseksi. Tämä ei kuitenkaan nosta huoltokuluja liian suuriksi, koska sitä kompensoi LED-lamppujen käyttöikä. Käyttöikänsä pidemmät lamput kuormittavat myös vähemmän ympäristöä.



Arkkitehtuuri vaikuttaa valaistuksen suunnitteluun ja energiatehokkuuteen merkittävästi. Pintojen värikytset vaikuttavat valon heijastumiseen. Vaaleat pinnat heijastavat enemmän valoa kuin tummat. Valaistusvoimakkuutta tulee lisätä siis tiloissa, joissa on tummat pinnat ja tämä se nostaa energiankulutusta. Tilojen muodot, rakennuksen sijainti, ikkunoiden paksuudet ja muut rakenteelliset tekijät vaikuttavat saatavaan auringonvalon määrään. Muoto vaikuttaa myös valaisimien sijoitteluun ja kulmikkaassa tilassa tarvitseekin ehkä enemmän valaisimia, jotta yksikään kulma ei jäisi valaisematta. Tähän tulisikin panostaa enemmän ja valaistussuunnittelijan pitäisi olla mukana heti projektin alusta lähtien, jotta rakennus saadaan mahdollisimman energiatehokkaaksi. Tietenkään energiatehokkuus ei voi jyrätä täysin tyyliä, vaan pitää löytää se ”kultainen keskitie”, mutta sitä ei voida saavuttaa, jos valaistus suunnitellaan vasta täysin valmiiseen pohjaan eikä rakenteellisia muutoksia voi enää tehdä.

### 3 RAKENNUSHANKKEEN HANKITAPROSESSI

Rakennushanke on prosessina todella pitkä ja siinä on monta eri tekijää ja muuttujaa ennen projektin valmistumista. Tämän takia rakennushanke pilkotaan moneen eri vaiheeseen, kuten kuvasta 3 voidaan todeta.



Kuva 3. Rakennushankkeen vaiheet (RT 10-11221)

Rakennushanke lähtee aina liikkeelle tarpeesta. Tarveselvityksessä mietitään pitääkö purkaa, korjata vai rakentaa täysin uutta tai onko rakennushanke järkevää toteuttaa juuri nyt. Tarveselvityksen tarkoitus on perustella tilanhankinnan tarpeellisuus. Tarveselvityksen tulos on hankepääätös. Tarveselvitysvaiheessa on tilaajan lisäksi rakennuttaja sekä tarvittaessa suunnittelijoita ja mahdollisesti myös muita asiantuntijoita.

Hankepääätöksen perusteella aletaan tehdä hankesuunnitelmaa. Hankesuunnitelmassa rakennushankkeelle asetetaan laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. (RT 10-11174) Tämä on energiatehokkuuden kannalta tärkeä vaihe, koska hankesuunnitelmassa asetetaan myös energiatehokkuustavoitteet. (Olli Teriö, Energiatehokkaan rakentamisen hankeprosessi, COMBI-tulosseminaari 28.1.2016) Tämä opinnäytetyö ottaa kantaa juuri hankesuunnittelu vaiheeseen ja kuinka tässä vaiheessa valaistukseen vaikutetaan niin, että rakennuksesta tulee valaistuksen osalta mahdollisimman toimiva ja energiatehokas. Hankesuunnitelman tuloksena on investointipääätös.

Suunnittelun valmistelu liittyy hankesuunnittelun sekä ehdotussuunnittelun kanssa kuten kuvasta 3 nähdään. Tässä vaiheessa käydään neuvottelut ja tarjouskilpailut. Tarjoukseen liitettävät asiakirjat tulee laatia huolella, jotta tilaaja saa sellaisen rakennuksen, kun on ajatellut. Jos esimerkiksi hankesuunnitelma on laadittu valaistuksen osalta huo-

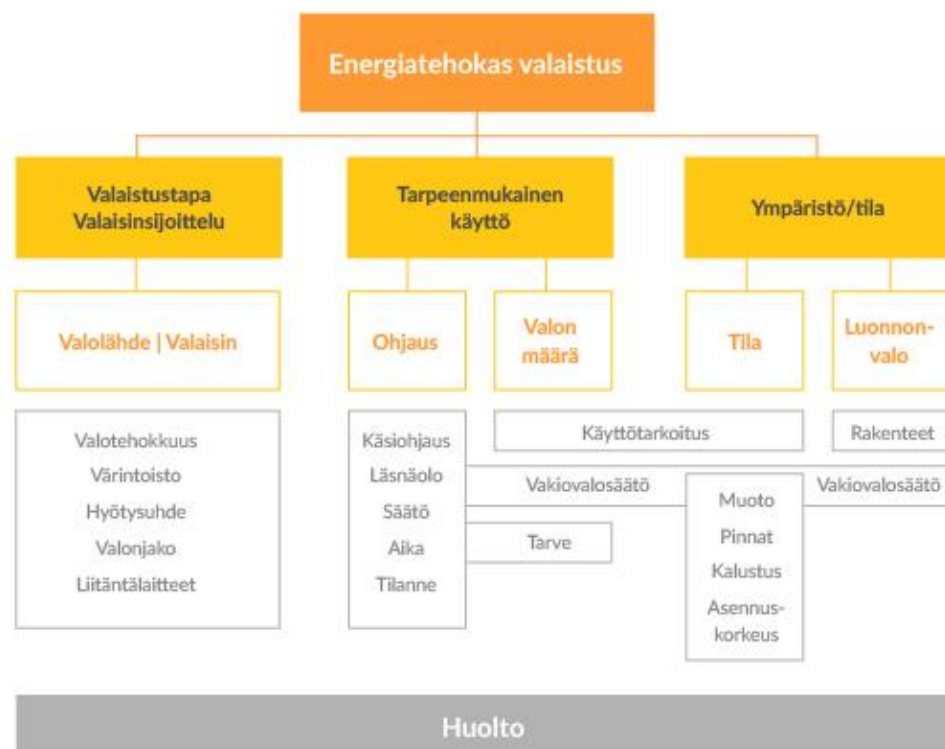
nosti, niin tuloksena voi olla huonot valaistusolosuhteet tai paljon energiaa kuluttava valaistus. Ehdotussuunnittelussa vaadittujen tavoitteiden täyttämiseen laaditaan vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja. Näistä syntyy ehdotussuunnitelma.

Seuraava vaihe on yleissuunnittelu, jossa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. (RT 10-11174) Yleissuunnittelu vaiheessa haetaan myös tarvittavat rakennusluvut, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus ja tehdään energiaselvitys rakennuslupaa varten, joten myös tämä vaihe on tärkeä energiatehokkuuden kannalta. Yleissuunnittelu loppuu, kun yleissuunnitelma hyväksytään ja pääpiirustukset ovat valmiita. Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärityiksi. (RT 10-11174) Toteutussuunnittelu vaihe on viimeinen ennen rakentamista, joten viimeiset päätökset valaistuksen suunnittelussa tehdään tässä vaiheessa.

Toteutussuunnitelmien hyväksymisen jälkeen alkaa rakentaminen, jolloin tulee varmistaa sopimusten ja suunnitelmien mukainen toteutus. Rakentamisen aikana ei isoja muutoksia pysty enää tekemään, joten selvitys- ja suunnitteluvaiheessa tulee rakennuksesta tehdä energiatehokas, koska rakennusvaiheessa se on liian myöhäistä. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa ja tästä tehdään vastaanottopäätös. Rakennuttajan velvollisuudet eivät kuitenkaan lopu tähän vaan rakennuksella on vielä takuu aika. Takuuajana seurataan rakennuksen toimivuutta. Energiatehokkuuteen kannattaa heti kiinnittää huomiota, koska rakennusvaiheessa on voinut tulla virheitä, jotka näkyvät energiankulutuksessa merkittävästi. Valaistuksessa voi esimerkiksi aikaohjelma olla väärin tai on myös mahdollista, että joku anturi onkin viallinen ja valot palavat yötä päivää. Hyvin suunnitellun valaistuksen hyödyt menettävät, jos valaistusta ei seuraa, vaan luottaa kaiken toimivan heti täydellisesti. Kannattaa varmistaa, että sovitut takuuajanhuollot tulee tehtyä, koska yritykset eivät saa näistä enää erikseen korvausta, joten he eivät välttämättä huoltoja tee, jos niitä ei valvo.

#### 4 KOHTI ENERGIATEHOKKAAMPAA VALAISTUSTA

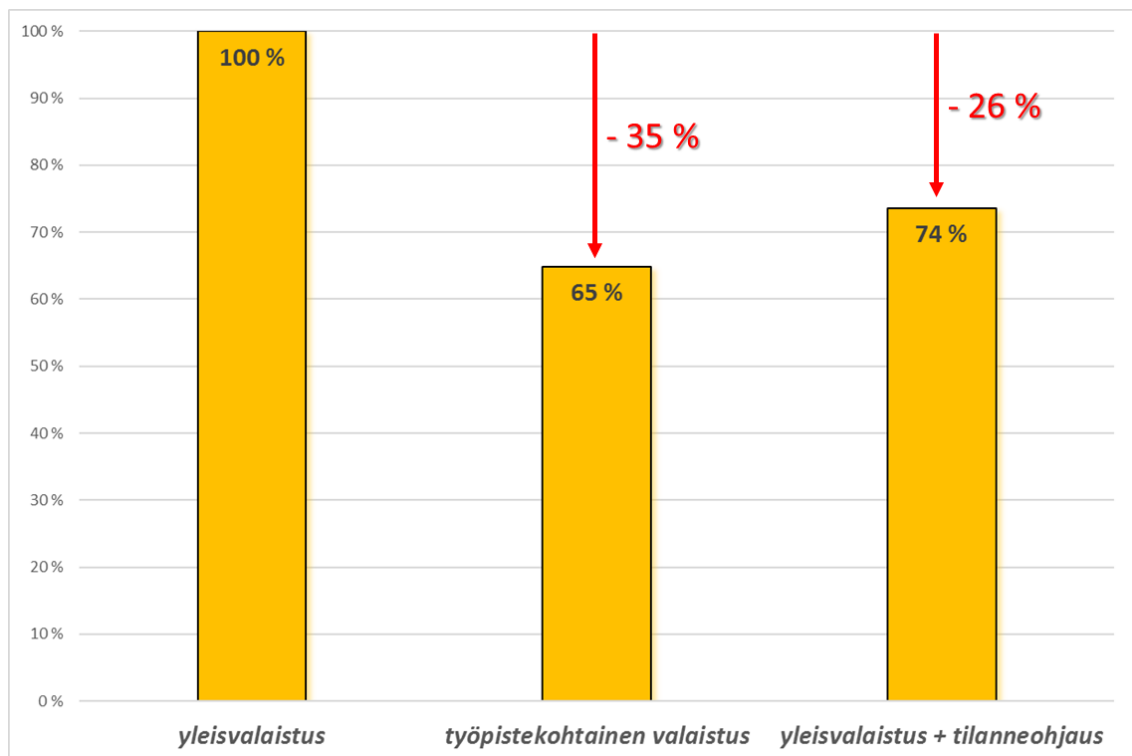
Tyypillisemmin asuinrakennuksissa valaistusenergian osuus on 10 - 20 % ja palvelurakennuksissa 20 - 40 % kulutusosuuksista (Kallioharju & Harsia, Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energialaskennan määrittely FInZEB-hankkeelle, 2015). Valaistuksen osuus voi olla vieläkin suurempi, jos valaistus on kiinteistön toiminnalle keskeistä. Valaistukseen käytettävästä energiasta on edelleen potentiaalia saada suuriakin säästöjä myös uusissa rakennuksissa. Valaistuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa rakennuksen muodolla ja suuntauksella, tilojen sijoittelulla (päivänvalo) sekä tilojen muotojen ja pintamateriaalien valinnoilla (valaistushyötysuhde). Energiatehokas valaistusratkaisu syntyy yhdistelmästä, jossa valaistus on suunniteltu ja toteutettu huolellisesti, valaisimet ovat energiatehokkaita ja ne soveltuvat asennuskohteeseen, valaistusta ohjataan ja ohjausratkaisut on mietitty kohteeseen soveltuviksi, huolto-ohjelma laadittu ja sitä noudatetaan. Käyttäjien opastus valaistuksen oikeaoppiseen käyttöön on myös erittäin tärkeää, jotta hyvin suunnitellusta valaistuksesta saadaan kaikki potentiaali käyttöön. (Motiva, Energiatehokas valaistus, 2017)



Kuva 4. Motiva, Energiatehokas valaistus, 2017

#### 4.1 Tarpeenmukainen valaistus

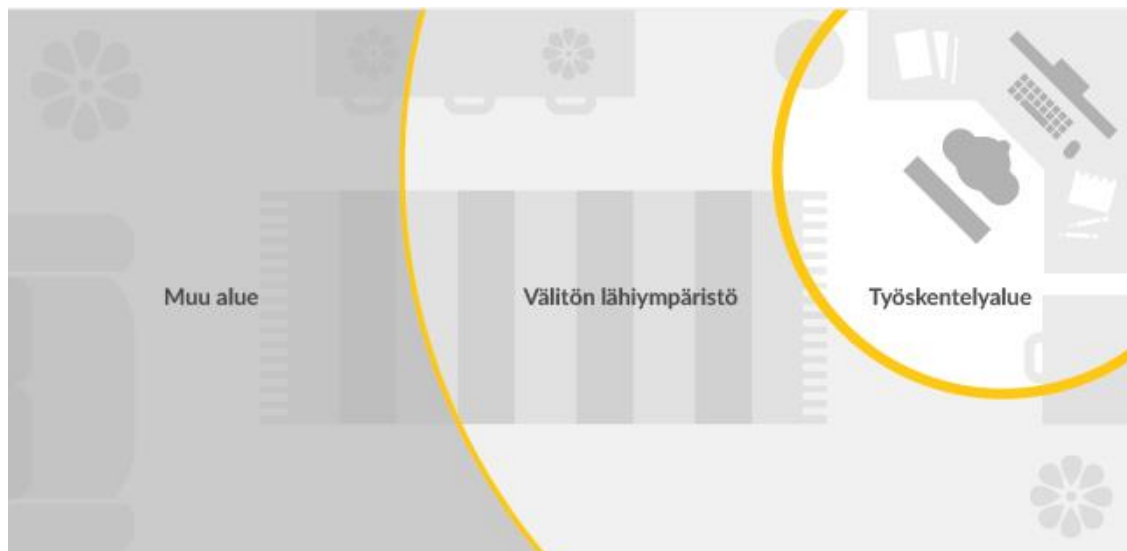
Energiatehokas valaistus pohjautuu hyvin tehtyyn suunnitteluun ja suunnitelmien mukaan toteutettuun kohteeseen. Valaistus tulisi suunnitella tilaan sopivaksi, jolloin vältetään valaistuksen ylivoimaisuus. Valaistuksen energiankulutus on suoraan verrannollinen valaistusvoimakkuuteen (Motiva, Energiatehokas valaistus, 2017), joten tarpeenmukainen valaistus on paljon energiatehokkaampi kuin koko tilan yleisvalaistus, kuten kuvasta 5 voidaan todeta. Usein myös tarpeenmukainen valaistus on käyttäjälle mieluisampi. Myös SFS 12464-1 ohjeistaa tarpeenmukaiseen valaistukseen, mutta suunnittelukäytännöt ovat silti yleensä poikkeavia. Tämä voi johtua tietämättömyydestä, kiireestä tai ettei valaistussuunnitteluohjelmia osata hyödyntää. Valaistussuunnitteluohjelmilla on todella helppo tehdä yleisvalaistus, mutta tarpeenmukainen valaistus vaatii enemmän työtä ja tietämystä. Sillä kuitenkin saataisiin huomattavia energiansäästöjä verrattuna yleisvalaistukseen.



Kuva 5. Tarpeenmukaisen valaistuksen vaikutus. (Kallioharju, Mihin valon laadulla on vaikutusta, COMBI-tulosseminaari 26.1.2017)

Toimistot ja muut paljon valoa vaativat toiminnot kannattaa sijoittaa erilleen tiloista, joissa tarvitaan normaali valaistustaso, jolloin vältetään ylivoimaisuus. Suunnittelussa tulee painottaa työskentelyaluetta (kuva 6), kuten standardin vähimmäisvaatimuksista

huomattiin. Tämä tulee kuitenkin toteuttaa, niin ettei valaistus ole epätasainen sekä tilan muunneltavuus tulee ottaa huomioon.



Kuva 6. Työskentelyalue, lähiympäristö ja muu alue (Motiva, 2017)

Suurempaa valon määrää tarvitaan silloin, kun näkötehtävät ovat kriittisiä, virheiden korjaus on kallista, työntekijän näkökyky on tavallista heikompi tai kohteen kontrasti on heikko tai sen koko pieni. Suurempi valon määrä on tarpeen myös, kun työ edellyttää normaalitilanteeseen nähden epätavallisen pitkäaikaista keskittymistä. (Motiva, 2017)

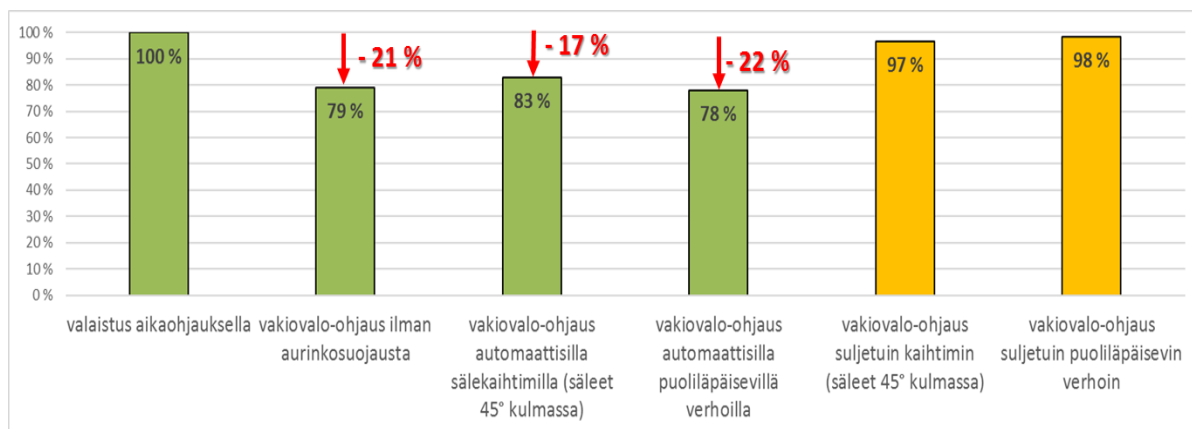
## 4.2 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjauksen avulla energiaa voi säästyä valaistuksessa 50-90 prosenttia (Motiva, 2017). Ohjauksella saadaan siis todella huomattavaa energiansäästöä. Ohjauksen voi toteuttaa monella eri tapaa mm. vakiovalo- tai aikaohjaus. Energiansäästö kasvaa sitä enemmän, mitä valaistusta ryhmitellään, yhdistetään eri sensoreita sekä aikaohjelmia. Valaistuksen ohjaus tekee tilasta myös toimivan ja muutosjoustavan, kun eri tilanteisiin käyttäjä saa tehtyä juuri oikean valaistuksen.

Ulkovalot tulisi olla valoisuusanturin takana, jolloin välttyttäisiin valaisemasta silloin, kun auringonvalo on riittävästi. Sisällä kannattaa hyödyntää liiketunnistimia vessoissa ja varastoissa, jotta valot eivät vahingossa jää tiloihin päälle. Käytävillä voidaan hyödyntää läsnä-/poissaolotunnistimia, mutta käytäviltä ei tulisi sammuttaa kokonaan valoja, jottei

käyttäjien tarvitse mennä pimeään käytävään. Kannattaa kuitenkin harkita, olisiko mahdollista tiputtaa käytävien valaistus vaikka 30 % ja tunnistimien avulla nostaa valaistusvoimakkuutta, kun käytävällä on ihmisiä. Tämäkin tuo huomattavasti energiansäästöä mm. kouluissa, joissa käytävät on usein tuntien aikana tyhjiä ja niitä on turha silloin koko teholla valaista. Valaisimien ryhmittely vaikuttaa merkittävästi niiden ohjattavuuteen. Jos rakennuksella on sekä päivä- ja iltakäyttöä, niin valaisimet kannattaa ryhmitellä niin, että iltakäytössä olevat tilat olisivat oma ryhmänsä Yleensä koko rakennusta ei illalla käytetä vaan esimerkiksi liikuntasali voi olla ainoa iltakäytössä oleva tila. Liikuntasalin ollessa ryhmiteltyinä erilleen, voidaan muut valot sammuttaa aikaohjelmalla aikaisemmin ja liikuntasali sitten, kun toiminta siellä on loppunut. Ohjauksessa on aina kuitenkin tärkeä muistaa, että ohjelmat tulisi olla helppoja muuttaa tai ohittaa tarvittaessa, koska joitain tiloja voidaan käyttää satunnaisesti iltaisin vanhempainiltoihin tai muihin vastaaviin tilaisuuksiin.

Uusimpana ohjausmuotona on viime vuosina tullut ns. vakiovalo-ohjaus, joka tarkoittaa valaistusvoimakkuuden säätelyä tilaan tulevan ulkovalaistuksen mukaan. Ulkovalon käyttö on muutenkin erittäin suositeltavaa, vaikka vakiovalo-ohjausta ei olisikaan, koska ulkovalolla on positiivisia terveysvaikutuksia ja luonnonvalo auttaa ihmisiä jaksamaan paremmin. Vaativan vakiovalo-ohjauksesta tekee auringonhäikäisy. Vakiovalo-ohjaus ei hyödytä, jos sälekaihtimet ovat kiinni, mikä on yleisesti tapana, jos aurinko vähänkin häikäisee ja usein kaihtimet myös unohtuvat kiinni, vaikka aurinko olisi jo siirtynyt niin, ettei häikäisyä enää synny. Ongelmaa voi yrittää estää automaattisilla sälekaihtimilla tai puoliläpäisevillä verhoilla, jonka hyödyn näkee kuvasta 7. Nämä eivät kuitenkaan poista, ongelmaa kokonaan, koska yleensä käyttäjälle tulee olla tarvittaessa mahdollisuus laittaa kaihtimet kokonaan kiinni, jotta auringonhäikäisy saadaan torjuttua. Käyttäjää tulisi opastaa vakiovalo-ohjauksesta ja kertoa siitä saatavat hyödyt, jotta ohjauksesta saataisiin kaikki hyöty irti.



Kuva 7. Vakiovalo-ohjauksen vaikutus energiankulutukseen ( Kari Kallioharju, Mihin valon laadulla on vaikutusta, COMBI-tulosseminaari 26.1.2017)

Vakiovalo-ohjauksen hyöty riippuu päivänvalon saatavuudesta, johon vaikuttaa ikkunoiden ilmansuunnat, rakennuksen sijaintipaikkakunta, ikkunarakenne, ikkunapinta-ala, ikkunan yläreunan korkeus, tilan syvyys, lasipinnan valon läpäisyominaisuudet ja ulkopuoliset varjostavat rakenteet sekä ohjausperiaatteesta, anturien määrästä ja sijoituksesta, tilojen käyttöajasta ja ohjausjärjestelmän asetuksista. Nämä asiat tulee siis ottaa muun muassa arkkitehdin huomioon, jotta rakennuksesta saadaan valaistuksen kannalta mahdollisimman energiatehokas.

### 4.3 Valaisimen valinta

Valaisimen valinnassa tulee ottaa aina huomioon standardi, tila ja tilan käyttötarkoitus. Kun värintoiston, valaistusvoimakkuuden yms. vaatimukset on täytetty, voidaan siirtää huomio energiatehokkuuteen. Nykyään energiatehokkaimpia ja pitkäikäisimpiä valonlähteitä on LED-lamput. Kuten jo kappaleessa 2.3 todettiin, LED-valaisimet ovat energiatehokkaampia kuin loisteputkivalaisimet, joita on eniten ennen käytetty. Lamppujen valinnassa tulee tilan pintojen ja arkkitehtuurin mahdollistamalla tavalla käyttää suoraa ja epäsuoraa valaistusta oikeassa suhteessa. Epäsuoraa valaistusta käytettäessä oikein pintojen ja muotojen tekstuuri ja varjot ovat miellyttävämpiä ihmiselle ja tähän standardikin otti kantaa. Ei siis kannata valaista vain lattiaa ja työpistettä vaan katon ja seinien valaistuksella saadaan tilasta miellyttävämpi. LED-valoputkille on myös standardi EN62776, joka takaa standardin kanssa yhteensopivien LED-valoputkien keskinäisen yhteensopivuuden, sekä turvallisen vaihdon perinteisen T8 loisteputken tilalle. (Jari Siuruainen ja Markku Laatikainen/ Valtavalo Oy 20.9.2016. LED-valaistuksen hankintaopas julkishallinnolle.) Tämä mahdollistaa myös LED-lamppujen asentamisen saneerauskohteisiin.



## 5 COMBI-KOYTEIDEN VALAISTUSSUUNNITELU

Kohteiden suunnitelmia tutkiessa kannattaa huomioida, koska suunnitelma on tehty. Kuten jo aiemmin on todettu, niin valaistus on viime vuosina kehittynyt muun teknologian mukana hurjasti. Tämä kehitys tulee myös selvästi ilmi COMBI-kohteiden valaistussuunnittelussa.

### 5.1 Tampere

Tampereen kaupunki tarjoaa internet sivuillaan suunnitteluohjeita ja osana rakennussuunnitteluohjetta on myös valaistus. On positiivinen asia, että tällainen ohjeistus on tehty. Ohjeessa on mm. kuva 8, jossa on esitettyinä valaistussuosituksia selkeästi eikä väärinkäsityksille ole annettu mahdollisuutta.

#### 9) Valaistussuosituksia

- sisääntuloaulat 200 lx (säädettävä valaistus 100–500 lx)
- asiakaspalvelupisteet, palvelutiskit 500–750 lx
- odotustilat, aulat, käytävät ym. 200–300 lx
- ilmoitustaulut 500 lx (pystytasossa)
- vaatesäilytys 300 lx, valoa myös naulakon yläosaan ja hattuhyllylle
- portaat, luiskat 300 lx (portaan alku- ja loppupäässä 500 lx)
- hissi 300 lx
- opetustilat 500 lx
- ruokailutilat 300 lx
- henkilökuntatilat 300 lx
- kahvihuoneet 200 lx
- toimistotilat 500 lx
- wc-tilat 300 lx (yleisvalaistus ja peilivalaistus kasvojen korkeudella)

Kuva 8. Valaistussuosituksia (Tampereen kaupungin rakennussuunnitteluohje 2017)

Ohjeessa valaistuksenohjauksesta käytävillä ja auloissa on seuraava lause ”Käytävä- ja aulatilojen valaistusta ohjataan päiväaikaan kiinteistövalvonnan kautta aikaohjelmalla, muina aikoina näiden tilojen valaistusta ohjataan ir- ohjauksella tai painonapeilla sekä siivouskytkimillä.” (Tampereen kaupungin rakennussuunnitteluohje 2017). Tätä ohjetta noudattaessa siis päiväaikaan kaikki käytävän ja aulojen valot palavat, koska niitä ohjataan vain aikaohjelmalla, mutta tiloissa on kuitenkin ir-sensorit muita aikoja varten. Miksi

näitä sensoreita ei hyödynetä myös päiväaikaan esimerkiksi himmentämällä aula – ja käytävävaloja, kun sensorit eivät havaitse liikettä? Ja päiväajan ulkopuolella valot sammuvat, kun ne eivät havaitse liikettä. Tällaisella ohjauksella saavutettaisiin merkittävää energiänsäästöä. Ohjeessa ei myöskään puhuta sanallakaan vakiovalo-ohjauksesta, vaikka ohje on tehty 2017.

Ohjeessa sanotaan, että standardia EN 12464 on noudatettava suunnittelussa ja toteutuksessa. Tämä tarkoittaisi, että kaikissa kohteissa, jotka ohjetta noudattaa tulisi olla työpistekohtainen valaistus. Tästä herääkin kysymyksiä, noudatetaanko tätä ohjetta, valvotaanko ohjeen noudattamista.

### **5.1.1 Vuoreksen koulukeskus**

Vuoreksen koulukeskus on Tampereen Vuorekseen uudisrakennettu koulu. Koulukeskuksesta on tehty hankesuunnitelma 22.1.2008. Vuoreksen koulukeskukseen sijoittuvat päiväkotiki ja yhtenäinen peruskoulu. Vuoreksen koulukeskuksen hankesuunnitelmassa valaistuksesta sanotaan ainoastaan seuraavaa: ”Sisätilojen valaistuksessa käytetään pääosin elektronisella liitäntälaitteella varustettuja valaisimia. Luokka- ja toimistotilojen valonlähteinä pitkäikäisiä ja energiatehokkaita T5-loistelamppuja. Erikoistiloissa, toiminnan vaatiessa käytetään himmennettävää valaistusta, sekä harkinnan mukaan osittain epäsuoraa valaistusta. Yleistilojen valaistuksen ohjaukseen käytetään rakennusautomaatiojärjestelmää ja/tai liikeilmaisimia sekä painikeohjauksia.” (Vuoreksen koulukeskuksen hankesuunnitelma, 2008).

Hankesuunnitelmassa tulee huomioida, että se on tehty 2008, joten esimerkiksi T5-loistelamppujen käyttö valonlähteinä oli kannattavin ratkaisu. Lisäksi valonohjaukseen ei ollut vielä sellaisia mahdollisuuksia kuin nykyään. Silti suunnitelmassa olisi voinut olla mm. ulkovalojen ohjausta hämäräkytkimellä. Positiivista on epäsuoran valaistuksen nosto, koska epäsuora valaistus voi olla mielekkäämpi kuin suora valaistus tietyissä tilanteissa. Suunnitelmassa sanotaan myös ” Suunnitteluvaiheessa järjestelmien valinnoissa kiinnitetään erityisesti huomiota järjestelmien energiatehokkuuteen, elinkaareen ja muuntojoustavuuteen.” (Vuoreksen koulukeskuksen hankesuunnitelma, 2008) Tämä lause ei oikeastaan anna juuri mitään. Se voi saada jonkun miettimään hetken energiatehokkuutta,

mutta konkreettista merkitystä ei ole. Lisäksi puhutaan vain suunnitteluvaiheesta. Tarkoittaako se, ettei toteutusvaiheessa tarvitse enää kiinnittää huomiota näihin asioihin?

### **5.1.2 Luhtaan päiväkot**

Luhtaan päiväkoti on Tampereen Tilakeskus Liikelaitoksen passiivienegeriarakentamisen pilottikohde. Päiväkoti on suunniteltu passiivienegeriarakennuksen tavoitteiden mukaan ja se on käyttöön otettu vuonna 2012. Luhtaan päiväkodissa on noin 120 jaettuna 6 ryhmään.

Luhtaan päiväkodin hankesuunnitelmastakin huomaa, että energiatehokkuuteen on panostettu myös valaistuksen osalta. Hankesuunnitelmassa kerrotaan, että valaistus tulee ryhmitellä niin, että valaistusta pystytään ohjaamaan tarpeen mukaan sekä ” Erityisesti kiinnitetään huomiota valaistuksen ohjaukseen niissä tilojen osissa, joissa päivänvalon saatavuus on hyvä.” (Luhtaan päiväkodin hankesuunnitelma, 2010) Juuri nämä asiat parantavat rakennuksen valaistuksen energiatehokkuutta merkittävästi.

Hankesuunnitelmassa mainitaan myös valaistuksen lämpökuormasta, että sitä tulisi välttää ja neuvotaan käyttämään pääosin elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja loistelamppuvalaisimia. LED-lamppuja käytettäessä lämpökuormaa ei synny, joten tämä ongelma on ratkaistu, jos käytetään LED-lamppuja. Tulee kuitenkin muistaa, ettei LED-lamput olivat vasta tekemässä tuloaan vuonna 2010. Nykyään ei käytetä muita kuin elektronisia liitäntälaitteita, joten maininnan niistä voisi jo poistaa, mutta hankesuunnitelman tekovaiheessa oli vielä käytössä myös konventionaalisia liitäntälaitteita, joten on ymmärrettävää, että liitäntälaitteeseen tuli ottaa kantaa.

### **5.1.3 Koukkuniemen Jukola ja Impivaara**

Tampereen Koukkuniemessä toimiva vanhainkoti on perustettu 1886 ja sen asiakkaita ovat ikäihmiset, jotka eivät pärjää enää kotona. Koukkuniemen Jukola niminen rakennus peruskorjattiin 2011-2013 ja samalla rakennettiin uudisrakennus Impivaara. Molemmilla hankkeilla on sama toteutussuunnitelma, joka tehtiin 25.4.2012.

Koukkuniemen hankesuunnitelma on valaistuksen osalta lähes samanlainen kuin Luhtaan päiväkodinkin. Samat maininnat valaistuksen tarpeenmukaisesta ohjauksesta, päivänvalosta kuin lämpökuormastakin. Lisää Koukkuniemen hankesuunnitelmaan on tullut maininta läsnäolotunnistimien käytöstä WC-tiloissa. Läsnäolotunnistimet lisäävät energiansäästöä varsinkin, jos asiakkaina olevilla ikäihmisillä muisti on huomattavasti huonontunut, niin valot voivat jäädä helposti WC-tilaa päälle. Myös LED-valasimien käyttö on tuotu esiin suunnitelmassa. Juurin näihin aikoihin LED-valaisimet alkoivat yleistyä, kun niiden hyödyistä saatiin paljon tutkimustuloksia.

#### **5.1.4 Vehmaisten koulu**

Vehmaisten koulu on Tampereen COMBI-kohteista uusin. Vehmaisten uusi koulu on uudisrakennus, joka rakennetaan vanhan koulun tontille. Samaan rakennukseen koulun kanssa kuuluu myös päiväkotit. Koulu on mitoitettu 300 oppilaalle ja päiväkotit 160 lapselle. (Tampere, Vehmaisten koulu ja päiväkotit, uudisrakennus, 2015)

Koulun hankesuunnitelma on tehty 20.8.2014. Suunnitelmassa on saman lailla ohjauksesta ja päivänvalosta kuin Luhtaan ja Koukkuniemen, mikä on hyvä asia, koska energiatehokkuuden parantamisen kannalta nämä ovat tärkeitä kohtia. Näiden lisäksi suunnitelmaa on tullut hyviä asioita läsnäolotunnistimien käytöstä ” Opetustiloissa, lepohuoneissa ja leikkitiloissa valaistusta ohjataan kytkimillä ja läsnäolotunnistimilla. WC-, varasto- ja sosiaalituloissa tai niihin rinnastettavissa tiloissa valaisimet varustetaan läsnäolotunnistustoiminnolla”. (Vehmaisten koulun hankesuunnitelma, 2015) Läsnäolotunnistimet ovat hyvä keino estää valojen pitkä aikainen päällä olo, jos ne unohdetaan esimerkiksi sammuttaa tilasta poistuttaessa. Vehmaisten koulun hankesuunnitelmassa kerrotaan, että valaistuksen sammutuspulssi toteutetaan rakennusautomaation kautta. Tämä todennäköisesti tarkoittaa rakennuksen valojen sammuttamista tiettyyn aikaan. Tämä estää valojen päälle jäämisen yöksi. Tämä on edistystä kohti energiatehokkaampaa valaistusta. Tärkeää on vain miettiä aika, milloin pulssi lähetetään, jottei mahdollisilta iltakäyttäjiltä sammuteta valoja kesken heidän toiminnan. Rakennusautomaation kautta toteutettua pulssia voi huoltomies todennäköisesti ohjata, joten tämän avulla satunnaiset iltakäytöt varmasti saadaan hoidettua ilman häiriötä käyttäjille.

Vehmaisten koulun suunnitelma on ensimmäinen, jossa otetaan kantaa ulkovalaistukseen. Piha-alueen valaistusta ohjataan hämäräkytkimen ja rakennusautomaation kautta aluevalaistuksena. Tämä on hyvä lisä suunnitelmaan ja edistää valaistuksen energiatehokkuutta. Ulkovalaistukseen liittyen on kuitenkin laitettu kyseenalainen lause ”Pihavalaisuksessa voidaan käyttää energiatehokkaita valaisimia”. (Vehmaisten koulun hankesuunnitelma, 2015) Lause olisi muuten hyvä, mutta sana ”voidaan” olisi poistettava. Energiatehokkaita valaisimia tulisi aina käyttää, eikä siihen pitäisi saada vaikuttaa. Suunnitelmissa pitää aina olla tarkkana sanamuodoissa, koska ne voivat mahdollistaa tavan toteuttaa suunnitelma eri tavalla kuin on ollut tarkoitus, eikä suunnitelmaan voi vedota, koska joku sana antaa mahdollisuuden tulkita sitä toisella tapaa.

Suunnitelmassa on vielä ”toteutusvaihtoehtoja” kohdassa valaistukseen liittyvä kappale ”Rakennukseen toteutetaan mahdollisimman energiatehokas valaistus. Valaistuksen ohjauksella varmistetaan valojen käyttö tiloissa vain todellisen tarpeen mukaan esim. liiketunnistimien käytöllä. Valaisimissa käytetään pitkäkestoisia lamppuja ja loisteputkia”. (Vehmaisten koulun hankesuunnitelma, 2015) Tämäkin on hyvä lisä suunnitelmaan. Yksi asia kuitenkin suunnitelmasta puuttuu ja se on LED-valaisimet. Valaistuksessa kehoitetaan käyttämään T5-loisteputkia. Tämä tuntuu oudolta, koska Koukkuniemen hankesuunnitelmassa LED-valaisimien käyttöön otettiin kantaa, mutta Vehmaisten suunnitelmasta tämä on poistettu. LED-valaisimet ovat kuitenkin energiatehokkaampia kuin T5-loisteputket, joten miksi käyttää enemmän energiaa kuluttavia valaisimia.

## **5.2 Kangasala**

### **5.2.1 Koivurinteen päiväkotia ja koulu**

Koivurinteen päiväkotia ja koulu on Kangasalan Ruutanassa vuonna 2014 valmistunut uudisrakennus. Rakennuksen hankesuunnitelma on tehty 7.12.2012.

Liitteessä 1 on Koivurinteen hankeselvityksen sivu 12, jossa puhutaan valaistuksesta. Eri valaisimille annetaan tarkat kriteerit valotehokkuuteen ja polttoikään, mitkä niiden tulee täyttää. Tämä on hyvä, sillä näillä kriteereillä saadaan valaisimista haluttu energiatehok-

kuus, mutta myös varmistetaan, että valaisimet ovat riittävän pitkäikäisiä. Valaistusta ohjataan myös liiketunnistimilla, mikä on energiatehokkaampi ratkaisu kuin kytkimet. Vakiovalo-ohjaus on myöskin esillä ja tätä kohdetta on todennäköisesti käytetty testi kohteena vakiovalo-ohjaukseen, koska se pitää asentaa vähintään yhteen huoneeseen. Vakiovalo-ohjatussa tilassa on otettu selvityksessä mukaan myös ryhmittely, joka takaa täyden energiasäästö potentiaalin hyödyntämisen.

Ulkovalaistuksessa on selvityksessä huomioitu ryhmittelyn tärkeys. Tontin eri puolilla on eri määrä valoa ja kun eri alueet ryhmitellään omiin ryhmiinsä, niin niitä voidaan ohjata omilla antureillaan juuri sen alueen valon määrän mukaan. Selvityksessä olisi voinut vielä mainita ohjataanko ulkovalojoja valoisuusanturilla, hämäräkytkimellä vai jollain muulla tavalla.

### **5.2.2 Liuksialan päiväkotiki ja koulu**

Liuksialan päiväkotiki ja koulu on rakennettu 2012 uudisrakennus vanhan koulurakennuksen viereen. Hankeselvitys kohteesta on tehty 30.6.2011. Hankeselvityksen ainoa maininta valaistukseen on, että ulkovalaistuksen tulee valaista rakennuksen ympäristö ja leikialueet. Tämä on huolestuttavaa, koska Koivurinteen hankeselvityksessä, joka on tehty 1,5 vuotta myöhemmin, oli paljon asiaa valaistuksesta, joten onko Liuksialan valaistusta mietitty tilaajan puolelta kunnolla vai onko valaistuksesta sovittu jossain, mutta tarjousvaiheen dokumentteihin niitä ei ole kirjattu.

### **5.3 Ylöjärvi (Metsäkylän koulu)**

Metsäkylän koulu on Ylöjärvellä toimiva koulu, joka uuden laajennusosan myötä muuttui yhteiskouluksi vuona 2016. Liitteessä 2 on ote Metsäkylän koulun laajennuksen sähkön rakentamistapaselostuksesta, joka koskee valaistusta. Liitteestä voidaan todeta, että Hankkeessa on valaistus ja sen energiatehokkuus todella hyvin huomioon. Selostuksessa on otettu huomioon tarpeenmukainen valaistus sekä laajasti erilaisia ohjauksia. Erilaisista tiloista ja ulkovalaistuksesta tulee tehdä valaistutasolaskennat, mikä pakottaa tekemään kunnan valaistussuunnittelun. Tätä selostusta noudattamalla saadaan hyvä ja energiate-

hokas valaistus. Selostuksessa voisi kuitenkin olla maininta SFS-EN 12464-1 standardista ja valaistusvoimakkuuksien vähimmäisarvojen sijaan vaatia tekemään valaistus, joka täyttää standardin vaatiman valaistusvoimakkuuden kyseiseen tilaan.

#### **5.4 Lempäälä (Otsonmäen päiväkoti)**

Lempäälään Sääksjärvelle uudisrakennettu Otsonmäen päiväkoti on otettu käyttöön vuonna 2016. Päiväkoti on 119 lapselle. Hankkeen suunnittelun on tullut käyttää TARPE-hankkeen (Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi) tuloksia. TAPRE-hankkeen valaistukseen kantaa ottava osa on liitteissä 3 ja 4.

On positiivista, että TAPREN kaltaisia hankkeita hyödynnetään, koska niissä asiat on mietitty ja pyöritelty monelta kannalta. Kuitenkin pitäisi vielä hankkeen tarjousasiakirjoissa olla otettu kantaa valaistukseen. TAPRE antaa hyvän pohjan ja se voidaan hyvin mainita tarjouksessa ja vaatia käyttämään TAPREN työkaluja. Tämän lisäksi olisi hyvä mainita valaistusstandardi sekä mainita vakiovalo-ohjauksesta ja muista energiatehokkaista ratkaisuksista. TAPREN dokumenteissa ovat kuitenkin ohjeita ja tarjouksessa pitää vaatia energiatehokkuutta, jotta sen toteutuminen varmistetaan.

#### **5.5 Pirkkala (Toivion koulu)**

Toivion koulu on rakennettu 1958 ja vuonna 2011-2012 se peruskorjattiin ja samalla koulua laajennettiin. Koulu on alakoulu, jossa on luokat 0-6. Tällä hetkellä koulussa opiskelee 277 oppilasta, 15 opettajaa ja 10 koulunkäynnin tai iltapäiväkerhon ohjaajaa (Pirkkala 2016). Hankesuunnitelma korjaukseen ja laajennukseen on tehty 2011. Hankesuunnitelman liitteenä on ollut sähkötyöselostus, jossa käsitellään myös valaistus (liite 5 ja 6).

Valaistus on keskittynyt melkein kokonaan pelkkiin valaisimiin. Valaisimet tulee olla suunnitelman mukaisia ja asentaa valmistajan ohjeiden mukaan sekä ja jopa vaadittu, että asennettaessa valaisimeen optiikoita tulee olla valmistajan ohjeiden mukaiset sormikkaat. Ei ole huono asia, että valaisimiin ja niiden asennuksiin on otettu näin tarkasti kantaa, mutta olisipa myös valaistusta ja valaistuksen energiatehokkuutta mietitty yhtä paljon. Kuitenkin ohjaukseen liittyvä kohta on energiansäästön kannalta olennainen ”Luokkahuoneiden yms. tilojen valaistuksen ohjauksessa käytetään Tridonic modulardim basic

ohjausyksikköä. Yksikkö ohjelmoidaan siten että tilaan mentäessä valot on aina sytytetävä itse ja järjestelmä sammuttaa valot automaattisesti 30 minuutin kuluttua liiketunnistimen viimeisestä havainnosta, ellei valoja ole sammutettu manuaalisesti sitä ennen”. Tämä kappale varmistaa, ettei luokkatilassa valot jää palamaan pitkäksi aikaa turhaan. Energiansäästön kannalta valaistuksen ohjauksen tärkein tavoite on, ettei valoja pidetä turhaan päällä. Suunnitelman ei kuitenkaan tarvitsisi sisältää käytettyä tekniikkaa, vaan suunnitelmassa voitaisiin vain kertoa, kuinka ohjaus tulee toteuttaa.

## **5.6 Nokia (Puropuiston päiväkot)**

Puropuiston päiväkoti on Nokialla sijaitseva päiväkoti, jossa normaali päiväkoti toiminnan lisäksi on vuoropäiväkoti ja leikkikerho. Vuoropäiväkoti on tarpeen mukaan ympäri vuorokauden. Tämä tuo haasteita valaistussuunnitteluun, koska kaikki valoja ei voi yöksi kokonaan sammuttaa, koska rakennus on käytössä ympäri vuorokauden. Puropuiston alkuperäinen rakennus peruskorjattiin 2011-2012. Puropuiston hankinta-asiakirjoissa ei juuri valaistukseen ole otettu kantaa. LED:ien käyttöä suositellaan ja ulkovalaistusta ohjataan hämäräkytkimillä. Olisi ollut energiatehokkuuden kannalta tärkeää, jos päiväkoti olisi ryhmitelty niin, että vuoropäiväkoti käyttäisi tiettyä osaa rakennuksesta ja muista osista voisi valot sammuttaa.

Puropuiston päiväkotiin liittyvässä keskustelussa Nokian kaupungin sähköinsinööri Hannu Korpelan kanssa tuli esiin huonosta ryhmittelystä yksi esimerkki. Puropuistossa on kulkutunneli kahden rakennuksen välillä, missä on isot ikkunat, joten aurinko paistaessa auringon valo valaisee koko tunnelin. Tunneli on kuitenkin ryhmitelty samaan ryhmään sisätilojen valojen kanssa, joten tunnelissa palaa valot aivan turhaan auringon paistaessa. Ryhmittelemällä tunnelin valaisimet omaksi ryhmäkseen vakiovalo-ohjauksen taakse saataisiin todella huomattava energiansäästö tunnelin valaistuksen osalta.



## 6 CASE-KOYTEIDEN YHTEENVETO JA OHJEISTUS VALAISTUKSEN HANKINTAAN

Case-kohteiden valaistuksen hankinta vaihteli suuresti. Yksi syy tähän oli kohteiden eri rakennusajankohta. Kuitenkin myös uudemmissa kohteissa oli puutteita hankinta-asiakirjoissa.

Suurin ongelma hankinta-asiakirjoissa oli, ettei ohjaukseen oltu kiinnitetty tarpeeksi huomiota. Oikeanlaisella ohjauksella on mahdollista saada huomattavaa energiansäästöä. Liiketunnistimia, hämäräkytkimiä sekä kello-ohjausta oli osassa käytetty, mutta vakiovalo ohjausta ei oltu käytetty kuin yhdessä kohteessa yhdessä huoneessa. Vakiovalo-ohjauksia tulisi lisätä erityisesti tiloihin, joissa on suuret ikkunat ja paljon luonnonvaloa käytettävissä. Hämräkytkimet ovat ihan hyvä tapa ohjata ulkovalaistusta, mutta vielä energiatehokkaampi ratkaisu olisi valaistusvoimakkuutta mittaavat anturit, joiden ohjaus voidaan toteuttaa niin, että tietyn valaistusvoimakkuuden aikaan ulkovalaistus voi palaa esimerkiksi 30 %. Hämräkytkimellä valaistus saadaan vain päälle/pois, joten se ei ole energiatehokkain ratkaisu. Liike-/läsnäolotunnistimia voisi hyödyntää enemmän. Toivion koulussa oli hyvin toteutettu läsnäolotunnistimen käyttö, kun 30 minuutin kuluttua liiketunnistimen viimeisestä havainnosta valot sammuiivat. Käytävillä liiketunnistimia voisi hyödyntää esimerkiksi niin, että käytävän valot palavat 30 % valaistusvoimakkuudella ja liiketunnistimen havaitessa liikettä valojen valaistusvoimakkuutta nostettaisiin. Kello-ohjausta voi hyödyntää valojen sammuttamiseen käyttöajan ulkopuolella. Rakennus tulisi suunnitella ja valaistus ryhmitellä niin, että rakennuksen mahdollinen iltakäyttö olisi vain tietyssä osassa, jolloin kello-ohjauksella voisi rakennuksen muilta osilta sammuttaa valot ja iltakäytön loputtua voisi loputkin valot sammuttaa. Käyttäjille tulee myös opastaa valaistukseen oikeaan käyttöön, jotta koko energiansäästö potentiaali saadaan hyödynnettyä.

Ongelmana kohteissa oli myös valaistusstandardin SFS-EN 12464-1 puuttuminen poikkeuksena oli Tampereen kaupungin suunnitteluohje. Standardin avulla saadaan tarpeenmukainen valaistus yleisvalaistuksen sijaan. Tämä säästää energiaa, koska valaistus keskittyy sinne, missä sitä tarvitaan eikä turhaan valaista koko huonetta samalla valaistusvoimakkuudella. Muutenkin standardi olisi hyvä mainita hankinta-asiakirjoissa, jotta saadaan varmistettua riittävä valaistusvoimakkuus kaikkiin tiloihin.

LEDit ovat tulleet mukaan myös COMBI-kohteissa, mikä on energiatehokkuuden kannalta positiivista. LEDejä käytettäessä on muistettava niiden himmeneminen ja puhtaanapito. LED-valaisimien pitkäikäisyyden takaamiseksi tulisi valaisimista saada huolto- ja puhtaanapito ohjeet ja näitä tulisi myös noudattaa, jotta LEDien pitkä käyttöikä ja riittävä valaistusvoimakkuus saadaan varmistettua.

Hankintavaiheessa tulisi myös vaatia suunnittelijoiden tekevän huolto- ja kunnossapito-ohjeistuksen, valaistussuunnitelman ja tyyppitiloista tulisi esittää esimerkiksi DIALux suunnitteluohjelmalla saadut tulokset. Näin varmistetaan valaistuksen kunnollinen suunnittelu sekä suunnittelijan ammattitaito myös valaistuksen osalta. Valaistuksen energiatehokkuutta on helpompi vertailla, kun energiakulutusta katsotaan yksiköllä  $m^2/W$ . Suunnittelija saa helposti DIALux:ista tämän tuloksen ulos ja tulosta voi verrata vertailuarvoihin sekä on helppo vertailla kohteiden, joista tämä arvo on tiedossa, energiatehokkuutta.

Liitteessä 7 on tiivis ohjeistus energiatehokkaan valaistuksen hankintaan. Ohjeeseen on listattu, miten eri ohjauksia kannattaa hyödyntää, muistutetaan tarpeenmukaisesta valaistuksesta ja standardin SFS-EN 12464-1 hyödyntämisestä, ryhmittelyn tärkeydestä, LED:ien huollosta sekä ammattimaisen valaistussuunnittelijan tärkeydestä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia case-kohteiden avulla valaistuksen hankintaa palvelurakennuksissa ja tehdä ohjeistus energiatehokkaan valaistuksen hankintaan. Tavoite täyttyivät hyvin. Hankinta-asiakirjat saatiin case kohteista ja niistä löydetyt puutteet analysoitiin. Valaistuksen sekä hankintaprosessin teorian ja asiakirjojen puutteiden pohjalta tehtiin ohjeistus, joka auttaa energiatehokkaan valaistuksen hankintaan palvelurakennuksissa. Havaitut puutteet eivät tulleet yllätyksenä, sillä ne ovat alalla yleisiä.

Energiatehokkuus on nyt tapetilla ja on hyvä, että siihen kiinnitetään huomiota. Valaistus on onneksi myös noussut esiin ja valaistusta on alettu miettiä muutenkin kuin pelkästään näön apuna. Valon biologisia vaikutuksia tutkitaan paljon ja näistä tutkimuksista saadut tiedot ovat tärkeitä palasia valaistuksen uudistuessa. Valaistus uudistuu muun teknologia ohella kovaa vauhtia ja energiatehokkaampia ratkaisuja tuntuu löytyvän koko ajan. Tämä koskee koko rakennusala ja se tekeekin alasta niin mielenkiintoisen. Tilaajat osaavat jo vaatia erilaisia ohjauksia ja mahdollisimman vähän energiaa kuluttavia ratkaisuja. Valaistussuunnittelijoiden työkalut kehittyvät koko ajan ja valaistussuunnitteluohjelmien avulla pystytään rakentamaan yksilöllisiä suunnitelmia helposti.

Kuntien näkökulmasta nopea muutos alalla tarkoittaa hankinta-asiakirjojen miettimistä joka kohteeseen tarkasti ja vanhojen pohjien käyttö ei ole järkevää. Kuntien tulisi vaatia kunnolliset valaistussuunnitelmat ja valaistuksen tulisi suunnitella juuri valaistukseen erikoistunut suunnittelija. Toteutusta tulisi valvoa, jotta saadaan suunnitelmien mukainen rakennus. Käyttäjille pitää antaa kunnollinen opastus varsinkin, kun valaistuksenohjaus menee koko ajan monimutkaisemmaksi niin käyttäjän ei välttämättä osaa hyödyntää sitä.

Aiheesta olisi mielekäästä nähdä jatkotutkimus, missä näkisi kuinka hyvin hankinta-asiakirjoissa olevista asioista pidetään kiinni ja toteutuvatko ne suunnittelussa, rakennusvaiheessa sekä rakennuksen valmistuttua.

## LÄHTEET

Harsia, P & Kallioharju, K. Sisävalaistuksen suunnittelu ja valaistusratkaisu. Tampereen ammattikorkeakoulu. 2014

Harsia, P & Kallioharju, K. Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energialaskennan määrittely FInZEB-hankkeelle. 2015

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87613/FInZEBvalaistusselvitys.pdf?sequence=1>

Valaistustieto. Energiatehokas valaistus. 2017

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

Ensto. Energiatehokas valaistus. 2017

[http://www.ensto.com/download/24519\\_energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.ensto.com/download/24519_energiatehokas_valaistus.pdf)

Motiva. VALTTI – energiatehokkaan valaistuksen tietopankki ja työkalut -projekti 2015-2016

[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/valtti\\_energiatehokkaan\\_valaistuksen\\_tietopankki\\_ja\\_tyokalut\\_-\\_projekti\\_2015-2016](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/valtti_energiatehokkaan_valaistuksen_tietopankki_ja_tyokalut_-_projekti_2015-2016)

Motiva. Valaistus. 2017

<http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/valaistus>

Motiva. Valaistusta on uusittava! 2017

[http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta\\_on\\_uusittava\\_Tarkeaa\\_tietoa\\_kuntien\\_paattajille.pdf](http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta_on_uusittava_Tarkeaa_tietoa_kuntien_paattajille.pdf)

Kari Kallioharju. Mihin valon laadulla on vaikutusta? 2017

[http://www.tut.fi/cs/groups/public\\_news/@1102/@web/@p/documents/liit/x193096.pdf](http://www.tut.fi/cs/groups/public_news/@1102/@web/@p/documents/liit/x193096.pdf)

Tuusulan kunta. LED-valaistuksen hankintaopas julkishallinnolle. 2016

[http://web.tuusula.fi/kuumailmasto/attachments/text\\_editor/30068.pdf?...valaistuksen...](http://web.tuusula.fi/kuumailmasto/attachments/text_editor/30068.pdf?...valaistuksen...)

Tampereen kaupunki. Rakennussuunnitteluohje. 2017

[http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/S8f28YoNz/Rakennussuunnitteluohje\\_2017.pdf](http://www.tampere.fi/tilakeskus/material/S8f28YoNz/Rakennussuunnitteluohje_2017.pdf)

Dr. Hannah Helbig. Tutkimus: valon vaikutus oppilaiden suorituskykyyn. Osram. Luettu 2017

[http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/valon-biologiset-vaikutukset---valo-parantaa-elaemaenlaatua/tieteellisiae-tutkimuksia-valon-biologisista-vaikutuksista/tutkimus-valon-vaikutuksista-oppilaiden-suorituskykyyn/](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/valon-biologiset-vaikutukset---valo-parantaa-elaemaenlaatua/tieteellisiae-tutkimuksia-valon-biologisista-vaikutuksista/tutkimus-valon-vaikutuksista-oppilaiden-suorituskykyyn/)

Tampereen kaupunki. Vehmaisten koulu ja päiväkotu uudisrakennus. Luettu 2017

<http://www.tampere.fi/tilakeskus/rakennuttaminen/kaynnissaolevatrakennushankkeet/vehmaistenkoulujapavakotiudisrakennus.html>

Tampereen tilakeskus. TAPRE-hanke. Luettu 2017

<http://www.tampere.fi/tilakeskus/kehityshankkeet/paattyneethankkeet.html>

Rakennustieto Oy. RT 10-11174 Valaistussuunnittelun tehtäväluettelo VAL12. 2015

## LIITTEET

### Liite 1. Koivurinteen päiväkodin ja koulun hankesuunnitelma valaistuksen osalta.

#### HANKESELVITYS

Sivu 12/16

Ilmanvaihdon ominaissähkötehon tulee olla korkeintaan 1,5 kW/ m<sup>3</sup>/s, mikä on todennettava mittauksilla.

Sisäilmaston vaadittava luokitus on S2 (ilman jäähdytystä) ja materiaalien luokitus M1. Rakennukseen ei tule jäähdytettäviä tiloja.

Ilmanvaihtokonehuone tulee sijoittaa niin, että sinne on turvallinen ja työsuojelumääräykset täyttävä kulku sisätiloista. Myös koneiden sijoittelu tulee olla selkainen, että huoltotoimenpiteet on mahdollista suorittaa turvallisesti.

#### Sähkö

Rakennus liitetään paikallisen sähkölaitoksen jakeluverkkoon.

Jakelukehittö ja ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan omilla sähkömittareilla.

Valaistuksen suunnittelussa painotetaan energiatehokkuutta.

Valaistus suunnitellaan ja toteutetaan pääosin T5 loisteputkivalaistuksella, valaistustehokkuus yli 90 lumen/W, polttoikä 15000 h, monimetallilamppuvalaistuksella, valaistustehokkuus yli 100 lumen/W polttoikä 10000 h ja yksikanta-loistelampulla aputiloissa, valaistustehokkuus yli 65 lumen/W, polttoikä 8000h. Myös LED tulee kyseeseen, jos valotehokkuus ylittää loisteputkien tasolle 90 lumen/W, polttoaika 50000h. Värintoistoindeksi tulee olla mahdollisimman hyvä, vähintään Ra 80.

Merkittävä osa valaistuksesta tulee ohjata erillisillä liiketunnistimilla. Lasten leppuhuoneita ei varusteta liiketunnistimilla.

Valaistuksen automaattista ohjausta luonnonvalon perusteella tulee kokoilla vähintään yhdessä siihen soveltuvassa tilassa (esim. ruokasali). Mikäli luonnonvalo-ohjauksen energiataloudellinen käyttö sitä vaatii, tulee valaistus jakaa useampaan ryhmään (esim. ikkunaseinän valaistus erotetaan sisempien tilojen valaistuksesta).

Katos- ja sisäänkäyntivalaistus, muu pihavalistus ja pysäköintialueen valaistus tulee olla eri ohjausryminä.

Sähköpääkeskus tulee sijoittaa niin, että sinne on käynti suoraan ulkoa.

Kattokaivojen ja rännien saattolämmitysten ohjaus tulee olla mahdollista säätää automaatiolla, ja etelä- ja pohjoispuolen ohjaus tulee olla mahdollista erikseen. Keskukseksa tulee lisäksi olla käyttökytkin, jossa on selkeä käsi-nolla – automaatti nokkakytkimellä, ja sille merkkivalo.

IV-ulkosäleiköt varustetaan sähkösulatuksella johdotuksineen.

## Liite 2. Selvitys Metsäkylän koulun valaistusjärjestelmästä

### Valaistusjärjestelmät

Sisävalaistus toteutetaan ao. standardien mukaisesti.

Kohteeseen toteutetaan yleisvalaistus, jolla pyritään tarkoituksenmukaiseen työympäristöön, helppoon ylläpitoon ja energiatehokkuuteen.

Sisäilmaongelmien välttämiseksi valaistus tulee pyrkiä toteuttamaan siten, että valaisimet eivät muodosta pölyn laskeutumiselle alttiita pintoja.

Yhdestä opetustilasta sekä liikuntasalista tulee esittää valaistustasolaskelma.

Opetustilat toteutetaan joko T5-loisteputkilla tai LED-valaisimilla. Valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 500 lx. Valaistusta ohjataan kytkimien tai painikkeiden lisäksi läsnäolon ja päivänvalon huomioivalla vakiovalo-ohjauksella. Läsnäolotunnistimen tulee olla 360 asteinen.

Tekstiilityön luokkiin toteutetaan ompelukonepöydille työvalaistus esim. pöydän päällä olevan johtokanavan päälle sijoitettavilla valaisimilla. (esim.ns. jonovalaisin)

Toimisto- ja työtilat toteutetaan kytkimien lisäksi läsnäolo- ja vakiovalo-ohjauksella. Valaisimina joko T5-loisteputki- tai LED-valaisimet. Valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 500 lx.

Mediateekin (monitoimitilan) sekä liikuntasalin valaistus valaistuksen tulee olla monipuolisesti ohjattavissa ja säädettävissä.

Käytävien, aulojen ja porrashuoneiden valaistusta ohjataan yksilöllisesti aikaohjauksella rakennusautomaatiojärjestelmästä sekä riittävällä määrällä liiketunnistimia. Valaistus toteutetaan pääosin LED-valaisimilla.

WC-, varasto-, yms. tilat valaistaan LED-valaisimilla ja ohjataan läsnäolotunnistimilla.

Kaikki LED-valaisimet tulee olla alun perin LED-valaisimiksi suunniteltuja. Ns. led-tubien käyttöä ei sallita.

### Ulkovalaistus

Ulkovalaistuksella varmistetaan turvallinen liikkuminen kaikilla tässä urakassa toteutettavalla oleskelu- ja leikkipihoilla sekä pysäköintialueilla pimeän aikana ja varmistetaan kameravalvonnan toiminta pimeällä.

Valaistuksen valovirrasta vähintään 95% tulee suunnata alaspäin.

Valaistus toteutetaan pääosin LED-valaistuksella.

Ulkovalaistus toteutetaan rakennuksen kuoreen sijoitettavilla valaisimilla sekä pylväsvalaistuksella. Laajoilla yhtenäisillä alueilla käytetään korkeita pylväitä, joihin voi sijoittaa kaksi tai useampia valaisimia.

Ulkovalaistusta ohjataan rakennusautomaatiosta valoisuusanturin ja aikaohjelmien avulla. Kuoreen sijoitettavia valaisimia ja pylväsvalaistusta tulee voida ohjata erikseen.

Mikäli pysäköintialueen muutokset aiheuttavat muutos- tai lisävalaistuksen tarvetta, ne tulee sisällyttää urakkaan.

Ulkovalaistuksesta esitetään valaistustasolaskelma.

## Liite 3. Tapre, Todentamismenetelmät ja suunnittelijoiden työkalut 1(2)

30.6.2014

26 (31)

**Taulukoissa on viitattu seuraaviin direktiiveihin ja standardeihin:**

EuP-direktiivi 2009/125/EY – Energy using Products, EcoDesign –direktiivi

Komission asetus n:o 640/2009 – Sähkömoottoreiden ekologista suunnittelua koskevat vaatimukset

Komission asetus n:o 327/2011 – Ottoteholtaan vähintään 125 watin ja enintään 500 kilowatin moottoreilla varustettujen puhaltimien suunnittelua koskevat vaatimukset

Eurovent-sertifiointijärjestelmä, <http://www.eurovent-certification.com>

EN 308 Heat exchangers. Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices.

EN 779 Particulate air filters for general ventilation. Determination of the filtration performance.

EN 1886 Ventilation for buildings. Air handling units. Mechanical performance.

EN 13053 Ventilation for buildings. Air handling units. Rating and performance for units, components and sections.

ISO 5221 Air distribution and air diffusion. Rules to methods of measuring air flow rate in an air handling duct.

**3 SÄHKÖ — VALAISTUS**

Rakennuksen sähkönkulutus on riippuvainen muiden tekniikka-alojen ratkaisuista: minkälaisia moottoritehoja koneissa ja laitteissa tarvitaan tai minkälaisia sähkölämmityksiä on käytössä. Muuntajien, kaapelien tai taajuusmuuttajien valinnoilla sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa jotain prosentteja. Sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa välillisesti, eli esim. sillä, miten ilmastointia ja valaistusta ohjataan. Tässä rakennusautomaatio on tärkeässä roolissa, samoin kuin rakennuksen huollon osaaminen ja käyttäjien tottumukset. Liiketunnistimet, hämäräkytkimet ja valaistustason säätimet ja ajastimet ovat keinoja ohjata sähkön käyttöä järkevästi. Ohjauksen ohella valaistusratkaisut ovat merkittävien sähkönkulutukseen vaikuttava asia.

Suunnittelija valitsee valaisintyytit ja valaistusratkaisun, jotta haluttu kohteesta riippuva valaistustaso ja "valomaailma" saavutetaan. Nykyisin valaistuksen mitoittamiseen käytetään apuna simulointiohjelmistoja kuten Dialux-ohjelmaa. Kun tila on mallinnettu ja laskettu, voidaan valaisinmäärittelyt tehdä ja sähkön kulutus tietää. Valinnan jälkeen ohjelma ja valittu valaistusratkaisu toimii todentamistyökaluna, jolla todennetaan urakoitsijan ja valaisintoimittajien vaatimuksenmukaisuus. Ehdoteuilla valaisimilla ja valaistusratkaisuilla tulee saavuttaa vähintään suunnitelmien mukainen lopputulos samalla tai alhaisemmalla sähkön kulutuksella ja elinkaarikustannuksilla.

Mallinnus joudutaan aina tekemään jossain määrin puutteellisilla tiedoilla. Sisustus, pintamateriaalit ja ikkunaratkaisut, joita ei ole aina voitu täysin mallinnuksessa ottaa huomioon, vaikuttavat valaistustasoon ja siihen, miltä valaistus tilan käyttäjistä tuntuu. Todentamisen työkaluihin voidaan lukea myös esim. valaistustason mittaukset käytössä olevassa rakennuksessa ilta/päivätilanteissa 2-3 kuukauden käytön jälkeen ja vastaavat mittaukset vuoden käytön jälkeen. Samalla voidaan mitata myös valaistuksen ottama sähköteho.



## Liite 4. Tapre, Todentamismenetelmät ja suunnittelijoiden työkalut 2(2)

Luonnonvalon hyödyntäminen yleistyy rakennuksissa jatkuvasti, ja tällöin valaistus-simulointeja tehtäessä on usein pystyttävä laskemaan todenmukainen valaistus useista valonlähteistä ja pintamateriaalien aiheuttamista heijastuksista. Tähän on erilliset ohjelmistonsa.

Kuten talotekniikan kohdalla on mainittu, jos simulointi- ja laskentaohjelmia käytetään suunnittelussa, tulee niiden laskentaoletukset "jäädättää" tarjouspyyntövaiheen tai sopimuksetekovaiheen tilanteeseen, jotta niitä voidaan käyttää urakoitsijan/laitetoimittajan toimituksen puolueettomaan sopimuksenmukaisuuden todentamiseen.

#### Todentaminen

Jos urakoitsijan toimitus mainituilla ohjelmilla mallintaen, tuottaa halutun lopputuloksen ja sähkön kulutuksen, voidaan toimitus hyväksyä edellyttäen, että valaisimien tiedot vastaavat valaisimien todellisia käytännön ominaisuuksia. Mittauksin todellisista valaistusolosuhteista saadaan tietoa, mutta voiko sitä käyttää todentamisen työkaluna? Se, minkälaisen vaikutelman valaistus antaa, riippuu suunnittelijan ja urakoitsijan valinnoista. Jos todelliset valaistusolosuhteet eivät vastaa odotuksia "syyllisiä" voi olla monia: suunnittelija, sähköurakoitsija ja arkkitehti/sisustus-suunnittelija. Ainoastaan sähkönkulutuksen mittaaminen on tietoa, jota voidaan verrata urakoitsijan lupaamaan. Toinen on se, miten valaistusolosuhteet säilyvät esim. vuoden käytön jälkeen. Jos valaistusolosuhteet muuttuvat ennakoitua enemmän, se johtuu valaisintoimittajasta/urakoitsijasta, jos muita muutoksia tiloissa ei ole tapahtunut ja valaisimet on asianmukaisesti huollettu.

## 4 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatio on rakennuksen aivot. Rakennusautomaatiosuunnittelun tekee yleensä siihen erikoistunut suunnittelija, joka tekee työnsä vuorovaikutuksessa tilaajan edustajien ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Rakennusautomaatiolla ohjataan talotekniikan toimintaa monipuolisesti: ohjataan tilojen sisäilmasto-olosuhteita, valaistusta sekä talotekniikan käyttöaikoja; kerätään mittaustietoja olosuhteista ja energiankulutuksesta; muutetaan paikallisesti tai keskitetysti järjestelmien tavoitearvoja ja käyttöaikoja; vastaanotetaan ja siirretään järjestelmän tuottamia hälytyksiä sekä havainnollistetaan järjestelmän toimintaa näyttöjen grafiikkakuvilla, joita voidaan käyttää myös käyttöaikojen ja asetusarvojen muutoksiin.

Rakennuksen käyttö tapahtuu valvomon ja valvomografiikoiden avulla. Automaatiojärjestelmän rakennuksesta tuottamaa mittaustietoa ei voida hyödyntää tehokkaasti, ellei valvomon grafiikkakuvia luoda havainnollisiksi, helppokäyttöisiksi ja käyttäjäystävällisiksi. Yleiskatsauksella valvomojärjestelmään pitäisi pystyä luomaan kuva rakennuksen taloteknisten järjestelmien toiminnasta.

Rakennusautomaatiolla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen monin tavoin:

- ohjaamalla aikaohjelmilla ja läsnäolotunnistimilla ilmastointia, jäähdytystä, lämmitystä ja valaistusta
- ohjaamalla ilmastointia tarpeen mukaan esim. lämpötila- ja hiilidioksidiantureilla

## Liite 5. Toivion koulun sähkööselityksen kohta valaisimet 1(2)

**H 5 VALAISIMET****H 51 Valaisimet****1. Yleiskuvaus ja järjestelmän toiminta**

Valaisimien on vastattava valoteknisiltä ominaisuuksiltaan ja rakenteeltaan suunnitelman mukaisia tyyppejä. Jos urakoitsija haluaa vaihtaa suunnitellun tyyppin vastaavaan tuotteeseen, on muutos hyväksyttävä rakennuttajalla, arkkitehdilla, suunnittelijalla ja valvojalla. Vastaavuus on osoitettava luotettavin valoteknisin mittauksin.

Valaisintaulukossa esitetyt valaisimet on numeroitu piirustuksiin valaisinkohtaisesti. Valaisimien värit valitaan valmistajan valaisinluettelon standardisävyistä. Mikäli valaisinluettelossa mainitaan, että arkkitehti määrää värin, väri on ao. standardisävyistä poikkeava ja samaa valaisinta voidaan maalata eri sävyihin. Erikseen vaadittavat malliasennukset hyväksytetään rakennuttajalla, arkkitehdilla ja sähkösuunnittelijalla, hyväksymisen jälkeen voidaan asennustyötä jatkaa. Alakattoihin sijoitettavien valaisimien tarkka paikka määritetään alakattopiirustuksissa.

**3. Asennustekniikka**

Upotettavien valaisimien asennuksessa on noudatettava valaisinvalmistajan ohjeita tuuletukselta ja turvaetäisyyksiltä palaviin rakenteisiin.

Alakattoihin tulevat asennukset on kiinnitettävä siten, että helposti purettavien alakattojen irrotus ei siirrä eikä irrota sähköasennuksia.

Asennettaessa valaisimia pinnalle tai upottaen alaslaskettuihin kattoihin on sovittava työjärjestyksestä ja kiinnitystavoista alakattourakoitsijan kanssa hyvissä ajoin ennen työn aloittamista.

Ripustettavien valaisimien lankojen pituudet on tarkistettava tila- ja tilaryhmäkohtaisesti. Ripustusasennuksessa peräkkäin asennettavat valaisimet kannatetaan rivien päistä ja jatkopaikoista (2 valaisinta/3 ripustusputkea).

Valaisimet ja niiden häikäisyuojat kiinnitetään luotettavasti.

Valaisimissa, joissa on säädettävä lampunpöytä se säädetään valonlähdettä vastaavasti.

Seuraavat valonlähteet asennetaan valaisimiin joiden valonlähdettä ei ole valaisinluettelossa erikseen määritelty:

- Hehkulamput kotimaisina, Airam Longlife –sarjaa.

- Pienloisteputket värisävyä Philips 830.

- Loisteputket tyyppiä Philips TLD 830 NG/TL 5 830 HE.

- Monimetallilamput keraamisella purkausputkella tyyppiä Philips CDM-T/830 tai CDM-TD/830.

Loistevalaisimet, joissa ei ole elektronista liitäntälaitetta, kompensoituna.

Valaisimet on pidettävä työn aikana puhtaina sekä tarpeen vaatiessa vielä puhdistettava ennen lopputarkastusta.

Valaisimien optiikan asentamisessa on käytettävä valaisintoimittajan asennusohjeiden mukaisia sormikkaita.

Säädettäviä valaisimia on pidettävä päällä 100 tuntia täydellä valaistusteholla ennen niiden pidempiaikaista käyttöä säädettynä. ( 100 tuntia täydellä valaistusteholla ennen luovutusta).

## Liite 6. Toivion koulun sähköselityksen kohta valaisimet 2(2)

Luokkahuoneiden yms. tilojen valaistuksen ohjauksessa käytetään Tridonic modular dim basic ohjausyksikköä. Yksikkö ohjelmoidaan siten että tilaan mentäessä valot on aina sytytettävä itse ja järjestelmä sammuttaa valot automaattisesti 30 minuutin kuluttua liiketunnistimen viimeisestä havainnosta ellei valoja ole sammutettu manuaalisesti sitä ennen.

### 5. Hankintarajat

Urakoitsija hankkii ja asentaa valaisinluettelossa esitetyt valaisimet täyteen toimintakuntoon.

Valaisintoimitukseen kuuluu kokonaisuus (valaisin + liitäntälaitte + lamppu + mahdollinen varavaloyksikkö) ellei asiaa ole jossain erikseen toisin rajattu. Mikäli jotain esitettyä tyyppiä ei ole saatavissa, siitä on mainittava tarjouksessa.

## H 6 LÄMMITTIMET, KOJEET JA LAITTEET

### H 62 Sadevesijärjestelmän sulanapitojärjestelmä

#### 1. Yleiskuvaus ja järjestelmän toiminta

Kaikki kattojen vesikourut ja syöksytorvet varustetaan sulanapitokaapeleilla. Järjestelmän laajuus on esitetty vesikattopiirustuksessa. Sulanapitokaapeleita ohjataan kiinteistöautomaatiikan avulla.

#### 3. Asennustekniikka

Järjestelmien asennukset tehdään kaapelin toimittajan ohjeiden mukaisesti käyttäen järjestelmään kuuluvia tarvikkeita.

#### 4. Vastaanottomenettely

Kaapelit mitataan asennuksen jälkeen. Mittauspöytäkirja liitetään loppupiirustuksiin.

#### 5. Hankintarajat

Sähköurakoitsijan hankkii ja asentaa sulanapitojärjestelmän täyteen käyttökuntoon sekä liittää mittauspöytäkirjan luovutusaineistoon.

### H 64 Kiinteistön varusteet

#### 1. Yleiskuvaus ja järjestelmän toiminta

Keittiöiden, taukotiilojen, pesutilojen kalusteisiin asennetaan arkkitehdin piirustusten mukaiset laitteet.

Liikuntasali ja monitoimitila varustetaan sähkötoimisilla pimennysverhoilla ja valkokankailla.

Liikuntasaliin asennetaan lisäksi sähkötoiminen jakoverho, koripalloteline (2kpl), lavasteansas (3kpl) ja siirrettävä näyttämö.

#### 3. Asennustekniikka

Asennusten yksityiskohdat on esitetty taso- ja kalustepiirustuksissa sekä huomioitava laitetuomittajien asennusohjeet.

## Liite 7. Hankintaohje energiatehokkaan valaistuksen hankintaan

### ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN HANKINTAOHJE

- Ohjaus
  - Vakiovalo-ohjaus, ainakin huoneisiin, jossa luonnonvaloa on paljon saatavilla.
  - Liiketunnistimet käytäviin, kun kukaan ei liiku valaistusvoimakkuutta voi pienentää.
  - Läsnaolotunnistin, valot voidaan sammuttaa, jos tietyn ajan kuluttua, jos tilassa ei ole ketään
  - Ulkovaistus valoisuusanturien taakse kaksi anturia eri puolille rakennusta
  - Kello-ohjaus, valot sammutetaan rakennuksen käyttöajan ulkopuolella
- Tarpeenmukainen valaistus
- Vähintään standardin SFS-EN 12464-1 mukainen valaistus
- Ryhmittely järkevästi
  - Illalla voidaan sammuttaa tietyt ryhmät, vaikka iltakäyttöä
- LED
  - energiatehokkain ratkaisu tällä hetkellä
  - Huolto tärkeää
    - Kunnossa- ja puhtaanapito-ohje suunnittelijalta
    - Valaistusvoimakkuuden tarkistus säännöllisesti
- Valaistuksen tulee suunnitella valaistukseen erikoistunut suunnittelija