

AALTO-YLIOPISTO  
SÄHKÖTEKNIIKAN KORKEAKOULU

Sähkötekniikan ja automaation laitos  
Valaistusyksikkö

Antti Mahlamäki

Valaisimien ja laitteiden vaikutus liiketilojen sähkönkulutukseen kauppakeskuksissa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten      Espoossa 23.11.2015

Työn valvoja Professori Liisa Halonen

Työn ohjaaja DI Kirsti Pakkanen

Tekijä: Antti Mahlamäki

Työn nimi: Valaisimien ja laitteiden vaikutus liikeilojen sähkönkulutukseen kauppakeskuksissa

Sivumäärä: 48 +9

Päivämäärä: 23.11.2015

Sähkötekniikan ja automaation laitos, Valaistusyksikkö

Professori: Valaistustekniikka ja sähköinen talotekniikka

Koodi: S-118

Valvoja: Professori Liisa Halonen

Ohjaaja: DI Kirsti Pakkanen

**Tiivistelmäteksti:** Tilojen sähkönkulutukseen kiinnitetään koko ajan enemmän huomiota. Tästä on osoituksena erilaiset ohjeet, säädökset ja standardit, jotka vaikuttavat merkittävästi liikeilojen sähkösuunnitteluun ja sähkönkulutukseen. Näistä tärkeimmät ovat, LEED - sertifikaatti, SFS-EN standardit ja ST - kortit.

Kauppakeskusten liikeilojen sähkönkulutuksessa valaistus on erittäin merkittävässä roolissa. Kauppakeskusten liikeiloissa on vuokralasia, jotka saavat valita miten sisustavat oman liikkeensä. He saavat myös valita valaistuksen ja muut sähkölaitteet. Tämän takia kaikki liikeilat ovat keskenään erilaisia.

Led - teknologiaa käyttävät valaisimet ovat tulleet kohtuuhintaisiksi. Lisäksi käyttäjät ovat valmiita maksamaan led - valaisimista. Tässä diplomityössä käydään läpi liikeiloissa käytettyjä valaisinteknologiat ja niiden vaikutus liikeilojen sähkönkulutukseen. Lopuksi arvioidaan muutoksia, mitä on tapahtunut vuosien 2007 ja 2015 välillä.

Tässä diplomityössä käydään läpi ja esitellään erään pääkaupunkiseudulla sijaitsevan kauppakeskuksen liikeilojen valaistus- ja sähkötehon kulutusta, aluksi vuonna 2007 ja uudestaan vuonna 2015 ja tutkitaan muutoksia mitä on tapahtunut näiden vuosien välillä. Vuonna 2007 oli käytössä vain monimetalli- ja loistelamppuja käyttäviä valaisimia. Vuonna 2015 oli lisäksi led - valaisimia.

Valaistus- ja huipputeho neliometriä kohden laskivat merkittävästi mittausten välillä. Kuitenkin erilaisten liikeilojen välillä oli merkittäviä eroja. Tulosten suurin yllätys oli, että samantyyppisten liikeilontuloksissa oli merkittäviä eroja erityisesti valaistuksen tehonkulutuksessa. Ravintoloissa ja kahviloissa valaistus ei vaikuta merkittävästi sähkön huipputehoon ja toisin kuin esimerkiksi vaatekaupoissa valaistus vaikuttaa erittäin paljon huipputehoon.

Avainsanat: valaistus, teho, kulutus

Author:

Name of the thesis: Effect of luminaries  
and other equipment to the electrical  
consumption in shopping stores

Number of pages: 48 + 9

Date: 23.11.2015

Department of electrical engineering and automation, Lighting unit

Professorship: Illumination engineering and electrical building services Code: S-118

Supervisor: Professor Liisa Halonen

Instructor: M.Sc. (Tech) Kirsti Pakkanen

Abstract text: Power consumption in stores is getting more attention nowadays. There are different standards, regulations and other instructions which affect remarkably the electrical consumption and the electrical design of stores. The most important ones in Finland are: LEED - Certificate, SFS - EN standards and ST - cards.

In stores that are located in shopping centres luminaries play a remarkable role in electrical consumption. Shopping centres rent available stores to the leaseholders, who may decorate their stores themselves. Leaseholders may also choose luminaries and other electrical equipment they wish to use. Therefore all the stores are a bit different.

Led - luminaries are becoming more cost effective compared to the older technologies. Besides this, users are willing to pay extra for this. In this thesis, I go through all the illumination types and their affect to the electrical consumption. In the end I study the changes between years 2007 and 2015.

In this master thesis I go through and I will represent how much luminaries and other electrical equipment consume electricity in stores which are in an unnamed shopping centre in Helsinki region, first in year 2007 and again in year 2015 and I will represent the changes between those 8 years. In 2007 there were only metal-halide and fluorescent lamps. In 2015 there were also led - luminaries.

Illumination and peak electrical power consumption decreased between the measurements. However, there were also some remarkable variations between different stores. Major surprise was that there were also a lot of variations between same types of stores. In cafes and restaurants the illumination does not really affect to the electrical consumption, but in clothing stores it does a lot.

Keywords: illumination, power, consumption

## **Alkulause**

Tämä työ tehtiin Projectus Team/Ramboll Finland Oy:ssä vuoden 2015 aikana opinnäytetyöksi Aalto yliopiston Sähkötekniikan korkeakoululle valaistustekniikan tutkimusyksikköön. Työn rahoitti Ramboll.

Haluan kiittää kiittää ohjaajaani Diplomi-insinööri Kirsti Pakkasta, jolta sain todella hyviä kommentteja tähän työhön.

Haluan kiittää kaikkia tässä työssä mukana olleita tahoja, sekä kaikkia yksityishenkilöitä, jotka ovat mahdollistaneet tämän työn valmistumisen.

Haluan kiittää erityisesti tahoja, jolta sain mittaustulokset.

Haluan kiittää koko Ramboll Finland Oy:n henkilöstöä.

Lopuksi haluan kiittää myös vanhempiani.

Espoossa marraskuun 23 vuonna 2015

Espoossa marraskuun 23 vuonna 2015

Antti Mahlamäki

## Lista kuvista

<b>Kuva 1.</b> asuintalojen neliötehojakautuma.....	20
<b>Kuva 2.</b> koulurakennusten neliötehojakautuma.....	20
<b>Kuva 3.</b> toimistorakennusten neliötehojakautuma.....	21
<b>Kuva 4.</b> kauppakeskusten omistajat .....	23
<b>Kuva 5.</b> kiinteistön energianmittaus .....	26
<b>Kuva 6.</b> led .....	41

## Lista taulukoista

<b>Taulukko 1.</b> D3 rakentamismääräyskokoelman arvio sähkö- ja valaistustehosta eri rakennustyypeille.....	16
<b>Taulukko 2.</b> LENI - luku.....	18
<b>Taulukko 3.</b> LENI - luvun raja-arvot .....	19
<b>Taulukko 4.</b> liiketilat vuonna 2007 .....	28
<b>Taulukko 5.</b> valaistuksen osuu huipputehosta 2007: vaatekaupat .....	31
<b>Taulukko 6.</b> valaistuksen osuu huipputehosta 2007: ravintolat ja kahvilat .....	32
<b>Taulukko 7.</b> valaistuksen osuu huipputehosta 2007: muut liikkeet .....	33
<b>Taulukko 8.</b> huipputeho 2007: vaatekaupat .....	34
<b>Taulukko 9.</b> huipputeho 2007: ravintolat ja kahvilat .....	35
<b>Taulukko 8.</b> huipputeho 2007: muut liikkeet .....	36
<b>Taulukko 9.</b> valaistusteho 2007: vaatekaupat .....	37
<b>Taulukko 10.</b> valaistusteho 2007: ravintolat ja kahvilat .....	38
<b>Taulukko 11.</b> valaistusteho 2007: muut liikkeet .....	39
<b>Taulukko 12.</b> liiketilat vuonna 2015 .....	40
<b>Taulukko 15.</b> valaistuksen osuu huipputehosta 2015: vaatekaupat .....	42
<b>Taulukko 16.</b> valaistuksen osuu huipputehosta 2015: muut liikkeet .....	43
<b>Taulukko 17.</b> huipputeho 2015: vaatekaupat .....	44
<b>Taulukko 18.</b> huipputeho 2015: muut liikkeet .....	45
<b>Taulukko 19.</b> valaistusteho 2015: vaatekaupat .....	46
<b>Taulukko 20.</b> valaistusteho 2015: muut liikkeet .....	47
<b>Taulukko 21.</b> pinta-alat, 2007 ja 2015 vertailu .....	49
<b>Taulukko 22.</b> tehot, vuosien 2007 ja 2015 vertailu.....	50
<b>Taulukko 23.</b> valaistustehot, vuosien 2007 ja 2015 vertailu .....	51
<b>Taulukko 24.</b> vuosien 2007 ja 2015 vertailu .....	53

# Sisällysluettelo

Alkulause.....	4
Lista kuvista.....	5
Lista taulukoista.....	6
Sisällysluettelo.....	7
Symboli- ja lyhenneluettelo.....	9
1 Johdanto.....	10
1.1 Tausta.....	10
1.2 Tavoitteet ja rakenne.....	10
2 Kauppakeskusten ja liiketilojen sähkösuunnitteluun vaikuttavat ohjeet, sertifikaatit, säädökset ja standardit.....	13
2.1 LEED sertifikaatti.....	13
2.2 D5-rakentamismääräyskokoelma (2012) yleisesti.....	14
2.3 D3-rakentamismääräyskokoelma.....	15
2.3.1 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus rakentamismääräyskokoelman osalta 15	
2.4 SFS-EN standardit taloteknisestä sähkösuunnittelusta.....	17
2.4.1 Valaistuksen energiankulutuksen arviointi.....	17
2.4.2 Valaistuksen laatu.....	19
2.5 ST - kortit.....	19
3 Kauppakeskukset sähkösuunnittelun kannalta.....	22
3.1 Kauppakeskukset yleisesti.....	22
3.2 Valaistus kauppakeskuksissa.....	23
3.3 Valaistus liikkeissä ja ravintoloissa.....	23
3.4 Ilmanvaihto, jäähdytys, lämpö, vesi ja lämmitys.....	24
3.5 Sähkönjakelu ja mittaus kauppakeskuksissa.....	24
4 Mittaukset kauppakeskuksessa.....	26
4.1 Sähköenergian huipputehon mittaukset.....	26
4.2 Liiketilojen valaistuksen huipputehon laskelma.....	27
5 Vuoden 2007 tilanne ja tulokset.....	28
5.1 Liiketilat vuonna 2007.....	28
5.2 Valaistuksen osuus huipputehosta vuonna 2007.....	30
5.2.1 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: vaatekaupat.....	31
5.2.2 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: ravintolat ja kahvilat.....	32
5.2.3 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: muut liikkeet.....	33
5.3 Huipputeho vuonna 2007.....	33
5.3.1 Huipputeho 2007: vaatekaupat.....	34
5.3.2 Huipputeho 2007: ravintolat ja kahvilat.....	35
5.3.3 Huipputeho 2007: muut liikkeet.....	36
5.4 Valaistusteho vuonna 2007.....	36
5.4.1 Valaistusteho 2007: vaatekaupat.....	37
5.4.2 Valaistusteho 2007: ravintolat ja kahvilat.....	38
5.4.3 Valaistusteho 2007: muut liikkeet.....	39

5.5	Muut huomiot tuloksista .....	39
6	Vuoden 2015 tilanne ja tulokset .....	40
6.1	Liiketilat vuonna 2015 .....	40
6.2	Valaistuksen osuus huipputehosta vuonna 2015 .....	42
6.2.1	Valaistuksen osuus huipputehosta 2015: vaatekaupat.....	42
6.2.2	Valaistuksen osuus huipputehosta 2015: muut liikkeet.....	43
6.3	Huipputeho vuonna 2015.....	44
6.3.1	Huipputeho 2015: vaatekaupat .....	44
6.3.2	Huipputehoteho 2015: muut liikkeet.....	45
6.4	Valaistusteho vuonna 2015.....	45
6.4.1	Valaistusteho 2015: vaatekaupat .....	46
6.4.2	Valaistusteho 2015: muut liikkeet.....	47
7	Tulosten vertailu .....	48
7.1	Yleiset huomiot mittausten 2007 ja 2015 välillä .....	48
7.2	Vertailu valaistuksen osuudesta huipputehoon mittausvuosien 2007 ja 2015 välillä 49	
7.3	Huipputehon vertailu vuosien 2007 ja 2015 välillä.....	50
7.4	Valaistustehon vertailu mittausvuosien 2007 ja 2015 välillä .....	51
8	Johtopäätökset .....	52
9	Lopputulokset .....	53
10	Jatkotoimenpiteet.....	55
11	Lähdeluettelo: .....	56



## Symboli- ja lyhenneluettelo

E	rakennuksen energialuku, kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>kaukolämpö</sub>	kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q <sub>kaukojäähdytys</sub>	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q <sub>polttoaine,i</sub>	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
Wsähkö	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavarainen sähköenergia, kWh/a
fkaukolämpö	kaukolämmön energiamuodon kerroin,
fkaukojäähdytys	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin,
fpolttoaine,i	polttoaineen i energiamuodon kerroin,
fsähkö	sähkön energiamuodon kerroin,
Anetto	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>
E <sub>x</sub>	tilan valaistusvoimakkuus, lx
β	valaistuksen alenemakerroin
η	valaistushyötysuhde:
η <sub>φ</sub>	lamppujen valotehokkuus lm/W.
W <sub>valaistus</sub>	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
P <sub>valaistus</sub>	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti,
Ahuone	valaistavan tilan huonepinta-ala, m <sup>2</sup>
Δt	valaistuksen käyttöaika (esimerkiksi taulukosta 4.3), h
f <sub>x</sub>	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskerroin: jäähdytysenergiankulutus, kWh (kylmäenergia)
W <sub>L</sub>	valaistuksen kuluttama energia, kWh
W <sub>P</sub>	lepokulutus, kWh
P <sub>n</sub>	kokonaisteho, W
P <sub>pc</sub>	lepoteho, W
P <sub>em</sub>	turvavalaistuksen varausteho w
t <sub>n</sub>	valaistuksen käyttö pimeällä, h
t <sub>d</sub>	valaistuksen käyttö päivänvalon aikana, h
t <sub>em</sub>	turvavalaistuksen varausaika (latausaika)
A	pinta-ala, m <sup>2</sup>
F <sub>D</sub>	päivänvalon riippuvuuskerroin
F <sub>o</sub>	ylimitoituksen kompensointikerroin
P <sub>h</sub>	liiketilän mitattu huipputeho, W
P <sub>v</sub>	liiketilän asennettu valaistusteho, W
Brändi	yrittäjän tavaramerkille luotu maine
Led	valaisinteknologia
fluoresoiva aine	fotonin aallonpituus muuttuu tämän aineen takia
liiketila	vuokrattava tila

# 1 Johdanto

Kauppakeskusten ja liiketilojen energiatehokkuuteen on alettu kiinnittää huomiota vasta viime vuosina. Suurin syy tähän on, että rakennuttaja ei ole yleensä sama kuin käyttäjä. Rakennuttaja ei ollut kiinnostunut aikaisemmin liiketilojen tai kauppakeskuksen käyttökustannuksista. Lisäksi on huomioitava, että vuokralainen maksaa yleensä sähkölaskun. Tämän johdosta vuokralainen on kiinnostunut liiketilojen sähkönkulutuksesta, mutta rakennuttaja ei ole. Tärkein syy on kuitenkin, että useat kansainväliset tahot, kuten Euroopan unioni pyrkivät vähentämään kaikilla yhteiskunnan sektoreilla kasvihuonepäästöjä.[1]

Kauppakeskuksissa vuokralaiset ovat kiinnostuneita liiketilojen sähkönkulutuksesta. Vuokralaiset ovat kiinnostuneita kulutuksesta lähinnä brändin imagon takia, mutta myös taloudellisista syistä. Kauppakeskusten liiketilojen tehonkulutukseen vaikuttaa valaistus ja muut asennetut laitteet. Erityisesti tehokkaiden ja halpojen led - valaisimien markkinoille tulo on todennäköisesti vaikuttanut kauppakeskusten liiketilojen sähkönkulutukseen.

## 1.1 Tausta

Kauppakeskusten liiketilojen sähkönkulutusta on tärkeä arvioida useista syistä. Tärkein Kauppakeskusten liiketilojen sähkönkulutusta on tarpeellista arvioida useista eri syistä. Tärkein seikka on se, että liiketilat vaikuttavat suoraan kauppakeskuksen sähköverkon mitoittamiseen. Muuntajat, muuntajahuoneet, kaapelit ja kaapelireitit ovat kaikki kalliita investointeja. Tästä ovat myös kauppakeskuksen tilaaja tai omistaja kiinnostuneita. Toiseksi, hyvää energiatehokkuutta voidaan pitää myös kilpailuvalttina. Lisäksi suunnittelua ohjaavia ulkopuolisia ohjeita, sertifikaatteja, standardeja ja säädöksiä on runsaasti ja ne tulee myös suunnittelussa ottaa huomioon.

Työn tärkein päämäärä on ollut pyrkiä löytämään liiketoille laskennalliset huipputehot sähköverkon suunnittelun avuksi. Lisäksi arvioidaan, miten huipputehot ovat muuttuneet viimeisen kahdeksan vuoden aikana ja kuinka merkittävässä asemassa valaistus on, kun tarkastellaan liiketilojen sähkönkulutuksen huipputehoja.

Lisäksi on mielenkiintoista tutkia millaisia valaisimia ja lamppeja on käytetty ja ottaa selvää valaistuksen vaikutuksesta liiketilojen sähkönkulutukseen. Valaistus kauppakeskusten liiketiloissa vaihtelee johtuen vuokalaisten omista toiveista.

## 1.2 Tavoitteet ja rakenne

Tässä työssä käsitellään rakennusten energiankulutusta erityisesti sähkö- ja -valaistussuunnittelun osalta. Työssä pyritään antamaan suunnittelijalle ohjeita kauppakeskusten ja liiketilojen energiankulutuksen arviointiin ja säädöksiin. Lisäksi erityisen tarkasti käydään läpi: valaistuksen vaikutus liiketilojen sähkönkulutukseen, esitellään kauppakeskukset yleisesti, sekä tärkeimmät kauppakeskusten liiketilatyypit ja miten kauppakeskusten liiketilojen sähkönkulutusta voi mitata ja miten valaistus

vaikuttaa sähkökulutukseen. Lopuksi pohditaan millaisia muutoksia on tapahtunut sähkönkulutuksessa ja valaistuksessa vuosien 2007 ja 2015 välillä.

Tämän diplomityön runkona ja ohjenuorana ovat mittaukset, jotka suoritettiin ensimmäisen kerran vuonna 2007. Vuonna 2007 tarkastelun kohteena olevan kauppakeskuksen kaikkien liiketilojen sähkötehot mitattiin. Kyseinen kauppakeskus sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Kyseiset mittaukset, suunnitelmat ja valokuvat ovat edelleen tallessa. Tämän jälkeen lähes kaikki liiketilat ovat muuttuneet. Vuonna 2015 tehtiin uudestaan samat mittaukset ja käytiin suunnitelmat läpi. Kaikkia liiketiloja ei otettu mukaan tutkimukseen. Suurin syy oli se, että pois jätetyistä liiketiloissa suunnitelmat ovat puutteellisia ja ne eivät vastaa lopputulosta. Lisäksi sellaisia liiketiloja ei otettu mukaan, joissa ei ollut tapahtunut muutosta suunnitelmien osalta vuosien 2007 ja 2015 välillä. Eli yksikään liiketila ei ollut sama.

Kappaleessa kaksi käydään läpi tärkeimmät sertifikaatit, määräykset ja suositukset, jotka vaikuttavat liiketilojen sähkö - ja valaistussuunnitteluun energiankulutuksen osalta. Sertifikaateista käydään lävitse kansainvälinen LEED - sertifikaatti. LEED on vapaaehtoinen energiatodistus rakennuksille, jonka kansväliset investoijat tai tilaaja yleensä haluavat. Lisäksi käydään läpi myös tärkeimpiä standardeja ja erityisesti ympäristöministeriön D5-rakentamismääräyskokoelma. Rakentamismääräykset ovat ympäristöministeriön säätämiä määräyksiä. D5-rakentamismääräyskokoelma käsitellään ainoastaan sähkön osalta, koska kaikki laitteet kuluttavat sähköä. Heinäkuun 2014 alusta osittain ja heinäkuun 2017 alusta suurimmalta osaa rakennuksista laki 50/2013 vaatii myytessä tai rakennettaessa energiatodistuksen. Energiatodistukseen kuuluu E-luvun laskeminen. E-luku kertoo rakennuksen korjatun energiataseen. SFS-EN standardit ovat eurooppalaisia standardeja, jotka on hyväksytty myös Suomessa. Kaikissa asioissa ja kohteissa standardit eivät ole pakollisia, mutta ne kuuluvat olennaisena osana hyvään suunnitteluun. Lopuksi kappaleessa kolme käydään läpi ST – kortit. ST – kortit ovat ohjeita suunnittelijoille ja sähköurakoitsijoille.[2]

Kappaleessa kolme käydään läpi kauppakeskusten ja liiketilojen erityispiirteet verrattuna muiden tilojen suunnitteluun. Aluksi käydään läpi kauppakeskukset yleisesti ja sen jälkeen selvennetään lukijalle liiketilasuunnittelun erityispiirteet. Tämän jälkeen käydään läpi kauppakeskusten ja liiketilojen erikoispiirteet valaistus- ja sähkösuunnittelun osalta verrattuna muihin tilatyyppeihin. Tässä kappaleessa esitellään kauppakeskuksen vaikutus liiketilojen valaistus - ja -sähkösuunnitteluun.

Kappaleessa neljä esitellään suoritettut mittaukset. Mittaukset suoritettiin ensimmäisen kerran vuonna 2007 ja uudestaan 2015. Sähkön huipputeho saatiin suoraan mittareista ja valaistusteho asennetuista valaisimista laskemalla suunnitelmista. Tämän kappaleen tarkoitus on esitellä, miten mittaukset voidaan suorittaa uudelleen. Lisäksi lukija saa tässä kappaleessa tietoa kauppakeskusten ja liiketilojen sähkö- ja valaistussuunnittelusta

Kappaleessa viisi esitellään ja pohditaan vuoden 2007 mittaustuloksia.

Kappaleessa esitellään lisäksi liiketilat ja niissä käytetyt valaisintyypit. Kappaleessa kuusi tehdään sama analyysi vuoden 2015 mittauksille. Lisäksi kappaleessa kuusi esitellään käytetyt uudet valaisintyypit ja tutkitaan onko muutosta tapahtunut viimeisen kahdeksan vuoden aikana. Kappaleissa viisi ja s esitellään mittaustaulukkoja. Nämä taulukot ovat: valaistuksen osuus kokonaistehosta liiketiloissa, keskimääräinen teho bruttoneliometriä kohden ja keskimääräinen valaistusteho bruttoneliometriä kohden. Arvio tehdään jokaiselle liiketilatyypille erikseen. Näiden taulukoiden avulla esitellään

liiketilöjen sähkökuormat lukijalle. Taulukoiden avulla myös pohditan erilaisten kuormien vaikutusta sähköön huipputehoon. Lisäksi pohditaan erilaisten liiketilatyppien vaikutusta valaistuksen tehonkultukseen ja kokonaistehonkultukseen.

Kappaleessa seitsemän verrataan ja pohditaan vuosien 2007 ja 2015 mittausten eroja, muutoksia ja samankaltaisuuksia. Erityistä paino-arvoa annetaan valaistuksen vaikutukselle liiketilöjen sähkönkulutukselle. Tässä kappaleessa pyritään löytämään ja esittelemään muutokset, joita on tapahtunut mittausten välillä. Myös huipputehonkulutus käydään läpi tässä kappaleessa.

## **2 Kauppakeskusten ja liiketilojen sähkösuunnitteluun vaikuttavat ohjeet, sertifikaatit, säädökset ja standardit**

Tämä luku keskittyy yleisiin säädöksiin ja ohjeisiin, jotka vaikuttavat kauppakeskusten liiketilojen valaistus- ja sähkösuunnitteluun. Kohdassa 2.1 käydään läpi LEED -sertifikaatti. Kohdassa 2.2 esitellään rakentamismääräyskokoelma. Kohdassa 2.3 esitellään tärkeimmät standardit ja kohdassa 2.4 esitellään ST - kortti 13.31

### **2.1 LEED sertifikaatti**

LEED eli *Leadership in Energy and Environmental Design* on pisteytysjärjestelmä rakennuksille. LEED pyrkii tuomaan kestäväen kehityksen periaatteita rakentamiseen. LEED kehittyi jatkuvasti ja uusin versio on vuodelta 2014. LEED:in avulla pyritään luomaan ympäristöystävällisempiä rakennuksia. Hyvät LEED - pisteet ovat kilpailuvaltti uusille rakennuksille. Pohjimmiltaan tärkein syy on, että hyvät LEED - pisteet ainakin teoriassa tarkoittavat matalampia rakennuksen käyttökustannuksia, koska parhaimmat LEED - pisteet saaneet rakennukset ovat käytännössä nettoenergiassa omavaraisia eli nämä rakennukset eivät osta ulkopuolelta energiaa. Kauppakeskusten liiketilojen valaistus- ja sähkösuunnitteluun LEED - sertifikaatti vaikuttaa siten, että liiketilojen on noudatettava kauppakeskuksen sanelemia ehtoja, jotta kauppakeskus saa haluamansa pisteet. LEED on pohjimmiltaan vapaaehtoinen sertifikaatti.[3]

LEED jakautuu nykyään viiteen osa-alueeseen, joita tarkastellaan kaikkia kuitenkin hyvin samalla tavalla. Nämä viisi osa-aluetta ovat: rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen, sisäpuolen suunnittelu ja rakentaminen, käyttö ja ylläpito, asuinalueen kehitys ja koti. Jokainen osa-alue on omanlainen erityisesti pisteytyksen osalta. Keskityn tässä työssä tarkemmin rakennuksen suunnitteluun ja rakentamiseen, sisäpuolen suunnittelun ja rakentamiseen, sekä käyttöön ja ylläpitoon. Käyn eri osa-alueet läpi erityisesti siten, miten ne vaikuttavat liiketiloihin. Rakennuksia tarkastellaan ottaen huomioon eri kriteerit. Eri kriteerien täyttymisestä saa pisteitä. Pisteissä pyritään mahdollisimman korkealle. Kriteerit ovat: paikka ja liikenne, kestävä paikka, veden käyttö, energia ja tila, materiaalit ja resurssit sekä sisäympäristön laatu. [3]

1. Paikka ja liikenne kohdassa:
  - 1.1. -5% Parkkipaikoista tulee varata ympäristöystävällisille autoille.
  - 1.2. Lisäksi vähintään -2 %:sta parkkipaikoista tulee olla sähköauton latauspiste.
2. Kestävä paikka kohdassa on:
  - 2.1. On annettu toisen tontin aiheutuvalle valosaasteelle minimiarvot ja – tasot eli maks.1 lx tontin rajalla.
3. Materiaalit ja resurssit kohdassa on:
  - 3.1. Rakennuksessa saa olla enintään 70 pikogrammaa elohopeaa lumenta kohden.
4. Energia ja tila kohdassa aliotsikkona sisätilan valaistus on:
  - 4.1. Vähintään 75 % valaisimista käyttöikä tulee olla vähintään 24 000 tuntia,

5. Sisätilan laadussa on:

- 5.1. Vähintään 90 % alueista tulee olla ohjattavaa valaistusta. Ei koske myyntialueita.
- 5.2. Myyntialueilla tulee olla valaistuksen tason laskun mahdollisuus. Valaistuksen tason voi laskea 30 – 70 %

[3]

Koska diplomityössä käsitellään kauppakeskuksissa olevia liiketiloja, niin lähinnä kolme viimeistä kohtaa ovat mielenkiintoisia. Niissä käsitellään asioita, jotka vaikuttavat kauppakeskusten liiketilojen valaistusuunnitteluun.

Materiaalit ja resurssit kohdassa on todettu, että valaisimissa tai lamppuissa saa olla enintään 70 pikogrammaa elohopeaa lumenta kohden. Markkinoilla on T5-loistelamppuja, jotka sisältävät elohopeaa vähän lumenta kohden[4]. Led - valaisimet taas eivät sisällä elohopeaa.

Sisätilan laadun toinen kohta vaatii, että vähintään myyntialueilla tulee olla ohjattavaa valaistusta. On mielenkiintoista nähdä myös, kuinka ohjus on toteutettu liiketiloissa. Energia ja tila kohdan ensimmäinen huomio on, että vähintään 75 % valaisimista käyttöikä tulee olla vähintään 24 000 tuntia. Monimetallilamppujen polttoikä ei riitä tuohon 24 000 tuntiin, mutta markkinoilta löytyy T5 - loistelamppuvalaisimia, joissa polttoikä on yli 24 000 tuntia. Uusimmissa led - valaisimissa polttoikä on 50 000 - 75 000 tuntia. Kauppakeskus voi vaatia käyttämään pelkästään sellaisia valaisimia tai lamppeja, joissa polttoikä on vähintään tuo edellä mainittu 24 000 tuntia. Käytännössä tämän valvominen voisi olla vaikeaa. Toisaalta kauppakeskus voi vaatia, että kaikki valaisimet ovat esimerkiksi led - valaisimia. Tämän säännön noudattaminen on käytännössä paljon helpompaa, koska kauppakeskuksen edustaja voi tarkastaa käytetyt valaisimet helposti.

## 2.2 D5-rakentamismääräyskokoelma (2012) yleisesti

D5-rakentamismääräyskokoelma esittelee tavat laskea rakennusten energian nettotarve. Se on lakisääteinen eli sitä on pakko noudattaa. D5-rakentamismääräyskokoelma määrittelee miten saadaan laskettua D3-rakentamismääräyskokoelman lähtöarvot. D5-rakentamismääräyskokoelma esittelee, kuinka lasketaan E-luku ja D3-rakentamismääräyskokoelma kertoo, mitä hyötyä E-luvusta on. Menetelmä on energiatasemenetelmä. Menetelmä tarvitsee kolme lähtötietoa: rakennuksen omat tiedot, (esimerkiksi pinta-alan), rakennuksen tyyppin (mihin luokkaan rakennus kuuluu) ja käyttötiedot (eli kuinka paljon sitä käytetään), sekä D5-rakentamismääräyskokoelman antamat arvot ja menetelmät. [5][2]

D3-rakentamismääräyskokoelmassa esitellään lisäksi eri energiamuotojen kertoimet sijoitettavaksi kaavaan 1 [5 s.8]:

$$E = \frac{Q_{\text{kaukol}} * f_{\text{kaukol}} + Q_{\text{kaukojäähdytys}} * f_{\text{kaukoj}} + Q_{\text{polttoaine, i}} * f_{\text{polt, i}} + W_{\text{säh}} * f_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (1)$$

missä

1. sähkö 1,7
2. kaukolämpö 0,7
3. kaukojäähdytys 0,4
4. fossiiliset polttoaineet 1,0
5. uusiutuvat polttoaineet 0,5

[5 s.14]

## **2.3 D3-rakentamismääräyskokoelma**

D3-rakentamismääräyskokoelma esittelee uudisrakennusten E-lukujen raja-arvot. Kauppakeskukset ja liiketilat kuuluvat luokkaan 4 [6 s.9]:

- Luokka 4  
§ liikerakennus 240

Liiketilaille ja kauppakeskuksilla ei ole omaa luokkaa.

### **2.3.1 Laitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus rakentamismääräyskokoelman osalta**

D5- rakentamismääräyskokoelma määrittelee suhteellisen tarkasti vuositasolla sähkönkulutuksen arviointimenetelmät. Laitteiden sähkönenergiankulutus ei sisällä kiinteistön järjestelmien energiankultusta, eli siinä ei ole mukana valaistuksen, ilmanvaihdon sekä lämmityksen ja jäähdytyksen sähkönkulutusta. Edellä mainitut järjestelmät otetaan muulla tavalla huomioon. Yksittäisten sähkölaitteiden kuten television ja ruokalan sähkönkulutusten vuosiarviot esitellään D5 – rakentamismääräyskokoelmissa. Ne voidaan laskea myös D3-rakentamismääräyskokoelman esitettyjen arvojen avulla taulukon 1 mukaan. [6 s.19][7]

**Taulukko 1.** D3 rakentamismääräyskokoelman arvio sähkö- ja valaistustehosta eri rakennustyypeille [6 s.19].

Käyttötarkoituksluokka	Kellonaika <sup>a</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Ihmiset <sup>a</sup> W/m <sup>2</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

Valaistukseen kuuluva sähköteho lasketaan tilakohtaisesti tai taulukon 1 mukaan. Tilakohtaisesti laskettuna lasketaan kokonaisteho ja arvioidaan käyttötunnit. Lopuksi tulos kerrotaan kertoimella, joka riippuu valaistuksen ohjauksesta. Valaistuksen kokonaisteho  $P$  (W), arvioidaan seuraavasti: [5 s.28]

$$P = \frac{\beta}{\eta * \eta_{\Phi}} E_x \quad (1)$$

missä

$E_x$	tilan valaistusvoimakkuus, lx
$\beta$	valaistuksen alenemakerroin
$\eta$	valaistushyötysuhde:
$\eta_{\Phi}$	lamppujen valotehokkuus lm/W.

Valaistuksen sähköenergian kulutus arvioidaan taas seuraavasti: [5 s.27]

$$W_{\text{valaistus}} = \sum P_{\text{valaistus}} * A_{\text{huone}} * \Delta t * f_x \quad (2)$$

missä  $f_x$  on:

- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,7
- päivänvalosäädin 0,8
- läsnäolotunnistin 0,75
- huonekohtainen kytkin 0,9
- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,9
- keskitetty päälle / pois 1,0

Kauppakeskusten ja niiden liiketilojen voidaan olettaa kuuluvan liikerakennuksiin. Kuitenkin rakentamismääräyskokoelmasta puuttuu kokonaan selkeä kohta, jota voisi soveltaa kauppakeskusten liiketiloihin. Tosin kokonaisuutena kauppakeskuksen muiden tilojen kulutus bruttoneliötä kohden on todennäköisesti pienempi verrattuna



liiketiloihin, joissa on laitteita ja paljon valaistusta. Se antaa valaistustehoksi 19 W/m<sup>2</sup> ja muille kuormille 3 W/m<sup>2</sup>. Mielestäni ainakin *muut kuormat* eli 3 W/ m<sup>2</sup> ovat hyvin pieniä. Kauppakeskusten liiketiloissa on huomattavissa määrin muuta kuormaa kuten kassatiskejä. Erityisesti kahviloissa ja ravintoloissa on paljon muuta kuormaa. Kahviloita ja ravintoloita on kauppakeskuksissa hyvin paljon. Tämän takia tuo 3 W/m<sup>2</sup> on mielestäni alhainen arvo. Liiketiloissa ei lisäksi käytetä muuta ohjausta, kuin keskitettyä päälle / pois kytkintä.

Mielestäni LEED - sertifikaatti on tarkempi ja se ottaa huomioon paremmin myös ympäristönäkökulman. Molemmissa, eli rakentamismääräkoelmassa ja LEED – sertifikaatissa, voisi olla erikseen kauppakeskusten liiketiloille oma luokka, koska kummassakin tapauksessa keskitetty valonohjaus heikentää tulosta merkittävästi. Liiketunnistinohjaus ei toimi kovin hyvin liikkeessä, jossa on jatkuvasti asiakkaita.

## 2.4 SFS-EN standardit taloteknisestä sähkösuunnittelusta

Standardit ovat luonteeltaan suosituksia, mutta usein viranomaiset vaativat niiden käyttöä. Yleensä jos näin ei ole, niin suunnittelijat suosittelivat standardien käyttöä. EN - standardit ovat eurooppalaisia standardeja ja SFS-EN - standardit ovat suomalaisia standardeja, jotka on hyväksytty Suomeen.[8]

### 2.4.1 Valaistuksen energiankulutuksen arviointi

Standardi SFS-EN 15193 *Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus*, esittelee Eurooppalaisen standardin, joka on suoraan hyväksytty Suomeen. Standardin tehtävä on arvioida rakennusten valaistuksen tehokkuutta. Standardi esittelee valaistuksen energiatehokkuusindikaattorin eli LENI - luvun.

LENI - luvun [kWh/m<sup>2</sup>/vuosi] voi laskea joko käyttämällä mitattua vuotuista energiakulutusta tai laskemalla ne kulutus arvioiden avulla. LENI - luku ottaa huomioon päivänvalon, läsnäolon, valaistuksen ylimitoituksen kompensoinnin ja valaistuksen aleneman.[9]

$$\text{LENI} = \frac{W}{A} = \frac{W_L + W_P}{A} \quad (4)$$

missä

$$W_L = \frac{(P_n * F_c) * ((t_n * F_o * F_D) + (t_n * F_o))}{1000} \quad (5)$$

$$W_P = \frac{(P_{pc} * (t_n - (t_D * t_n))) + (P_{em} * t_{em})}{1000} \quad (5)$$

Kulutetun tehon voi mitata viidellä eri tavalla

1. Piirin energian syöttöpisteessä

2. Valaistuksen ohjausjärjestelmän omalla mittarilla
3. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, joka laskee energian ja toimittaa sen rakennusautomaatiojärjestelmälle
4. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, joka laskee energian ja toimittaa sen siirtokelpoiseen muotoon taulukkolaskentamuotoon.
5. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, joka rekisteröi käyttöajan ja himmennystason ja vertaa tulosta tietoon asennuksen kokonaistehosta.

missä

$W_L$	valaistuksen kuluttama energia, kWh
$W_P$	lepokulutus, kWh
$P_n$	kokonaisteho, W
$P_{pc}$	lepoteho, W
$P_{em}$	turvavalaistuksen varausteho W
$t_n$	valaistuksen käyttö pimeällä, h
$t_D$	valaistuksen käyttö päivänvalon aikana, h
$t_{em}$	turvavalaistuksen varausaika (latausaika)
$A$	pinta-ala, $m^2$
$F_D$	päivänvalon riippuvuuskerroin
$F_o$	läsnäolokerroin

Toisin sanoen LENI - luku laskee käytön aikaisen kulutuksen ja lepokulutuksen koko vuoden ajalta. Mielestäni tämä on tarkin tapa arvioida tasapuolisesti valaistukseen kulutettua sähköenergiaa liiketiloissa. Tämä oheinen standardi ottaa huomioon kaikki sähkökuormat.

LENI – luvun tulkinta tapahtuu tulkitsemalla taulukkoja kaksi ja kolme[9]:  
Taulukossa 2 tähdet ovat LENI – valaistuksen tasoja ja vaakariivit ovat laatutasoja.

## Taulukko 2. LENI - luku[9]

	Valaistussuunnittelun luokittelukriteerit		
	*	**	***
Ylläpidettävä valaistusvoimakkuus vaakatasossa tapahtuviin näkökykyä vaativiin tehtäviin ( $E_m$ horizontal)	☑	☑	☑
Häikäisyn esto (UGR)	☑	☑	☑
Välkynnän ja stroboskooppi-ilmion välttäminen	√	√	√
Kiiltokuvastumien ja heijastushäikäisyn hallinta		√	√
Parannettu värintoisto		☑	☑
Jyrkkien varjojen tai liian hajaantuneen valon välttäminen		√	√
Valaistuksen kunnollinen jakautuminen huoneessa ( $E_{vertical}$ )		√	√
Eryistä huomiota kiinnitetään kasvojen valaisemiseen visuaalisessa kommunikoinnissa ( $E_{cylindrical}$ )			√
Eryistä huomiota kiinnitetään terveysnäkökohtiin (Huom.)			√
☑: täytettävä standardin EN 12464-1:2002 taulukossa 5.3 vaaditut arvot. √: täytettävä standardissa EN 12464-1:2002 sanallisina esitetyt vaatimukset. HUOM. Terveydellisistä syistä johtuen saatetaan vaatia paljon parempaa valaistusta ja siten korkeampaa tehoa neliömetrille ( $W/m^2$ ). Eri valaistusluokkiin liittyvät suurimmat rakennukseen asennetut valaistustehot neliometriä kohti ( $PN$ ) annetaan ohjeellisina arvoina taulukossa F.1.			

Tähdet ovat tasoja LENI – luvulle:

**Taulukko 3.** LENI - luvun raja-arvot[9]

	Ravintola	Kauppa	Ravintola(Pn)	Kauppa(Pn)
*	29,6	78,1	10	15
**	67,1	128,1	25	25
***	92,1	178,1	35	35

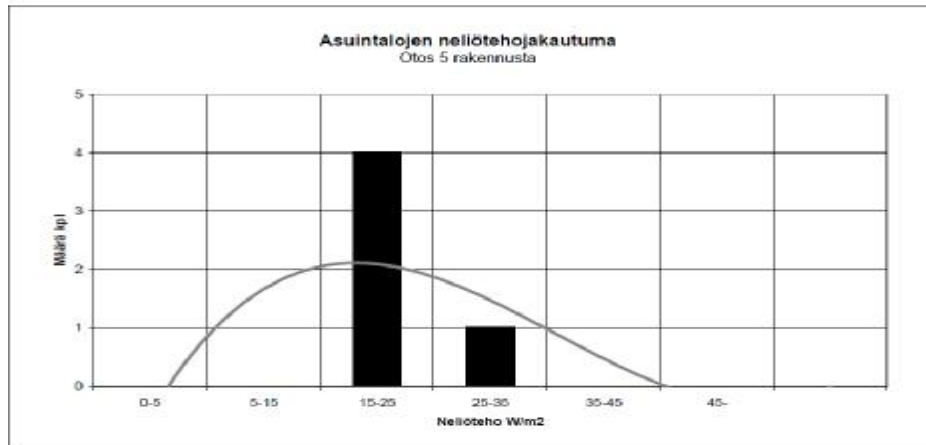
Taulukossa 3 kaksi ensimmäistä pystyriviä ovat pisteitä ja kaksi viimeistä pystyriviä kuvaavat tehoja, joita voi vertailla tuloksiin. Eli jos valaistuksen laatu on hyvä, niin sille sallitaan isompi LENI – luku.

#### **2.4.2 Valaistuksen laatu**

Standardi SFS-EN 12464-1 eli *Valo ja Valaistus. Työkohteiden valaistus*, esittelee Eurooppalaisen standardin, joka on suoraan hyväksytty Suomeen[10]. Standardin tehtävä on arvioida rakennusten valaistuksen laatua. Kauppakeskusten suunnittelun yhteydessä noudatetaan tätä standardia. Kuitenkaan kauppakeskusten vuokralaisten tekemissä sopimuksissa ei välttämättä vaadita standardin noudattamista. Liiketilojen kuitenkin tulisi noudattaa standardeja hyvän asiakasviihtyvyyden takia. Standardi käsittelee tarkasti esimerkiksi heijastuksen ja häikäisyn, valaistusvoimakkuuden ja värinoston. Standardi antaa erilaisille tiloille minimiarvot, joita tulisi noudattaa. Tämä on ainoa ohje, joka ottaa kantaa liiketilojen sähkötehoon tai valaistukseen. Liiketilojen minimi valaistustaso on 300lx. [10]

#### **2.5 ST - kortit**

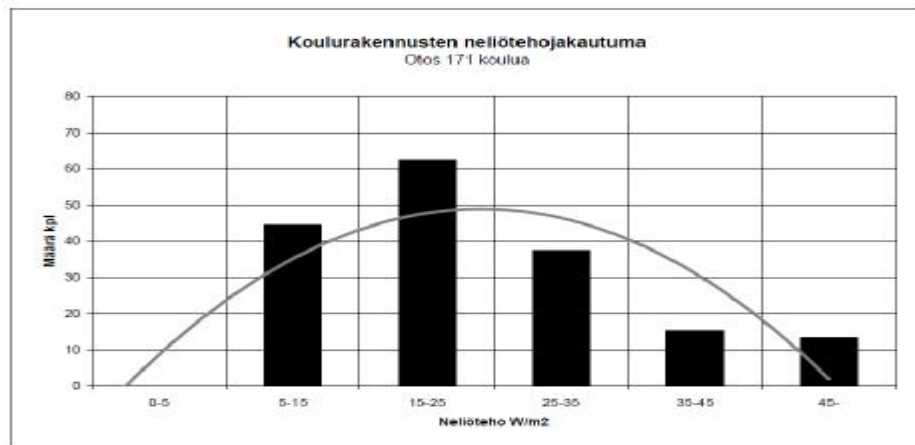
ST - kortit ovat Sähkötieto ry:n julkaisemia ohjeita sähkösuunnittelijoille ja sähköurakoitsijoille. ST- 13.31 - kortin aihe on "Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen". Kortti käsittelee tapoja mitoittaa kiinteistön sähköverkko. Kortin kolmannen kappaleen aihe on "Mitoittavien ja neliö- ja huipputehojen määrittäminen". Toisin sanoen, tässä annetaan ohjeita suunnittelijoille tilojen sähkötehontarpeen arvioimiseksi. Kyseisessä ST – kortissa on erilaisten kohteiden neliötehojakautumat. Lisäksi oheisessa ST - kortissa on annettu tavalliselle asuintalon valaistuskuormaksi  $10W/m^2$ . [11]



**Kuva 1.** asuintalojen neliötehojakautuma[11]

Oheisessa kuvassa 1 on asuintalojen toteutuneet neliötehot ST- kortista 13.31[11].

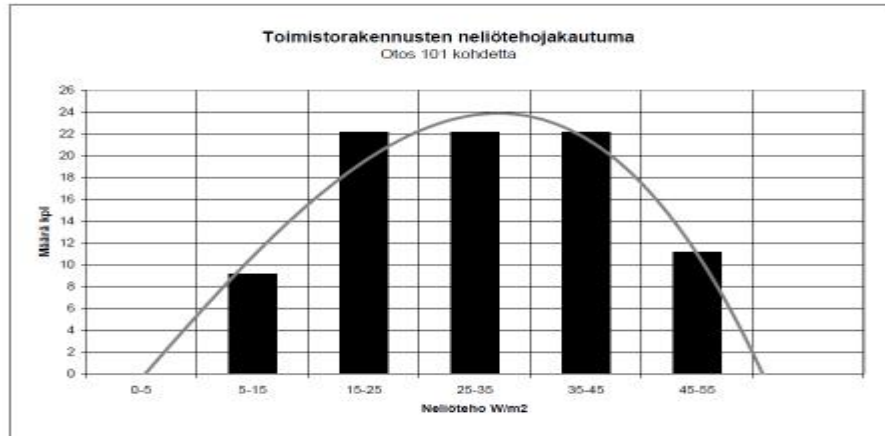
Asuintalojen toteutuneet neliötehot ovat mielestäni keskenään samanlaiset, vaikka erilaisia lämmitysmuotoja on useita. Erilaiset lämmitysmuodot kuluttavat eri tavalla sähköä. Uskon, että liiketilojen sähkönkulutuksen jakautuma on sen sijaan hyvin laaja.



**Kuva 2.** koulurakennusten neliötehojakautuma[11]

Oheisessa kuvassa 2 on koulurakennusten toteutuneet neliötehot ST- kortista 13.31[11].

Toteutuneiden koulurakennusten sähkötehon jakautuma on selkeästi laajempi kuin asuintalojen. Voidaan todeta, että kauppakeskusten liiketilojen neliötehojen jakautuma on tämän tyyppinen, vaikka koulu on tilarakenteeltaan ja toiminnaltaan hyvin erilainen verrattuna liiketiloihin.



**Kuva 3.** toimistorakennusten neliötehojakautuma[11]

Oheisessa kuvassa 3 on toimistorakennusten toteutuneet neliötehot ST- kortista 13.31[11].

Toteutuneiden toimistorakennusten neliötehon jakautuma on verrattavissa koulurakennuksiin, Toisaalta, jakautuma on selkeästi laajempi kuin asuintalojen. Olettamus on, että kauppakeskusten liiketilojen neliötehojen jakautuma on tämän tyyppinen. Uskon, että tyyppinen liiketila muistuttaa huomattavasti tavallista toimistotaloa. Eli liiketilojen tehojen jakautuma on samanlainen, kuin toimistoissa. Kuitenkin, erilaisia liiketiloja on hyvin paljon ja erityisesti ravintoloissa on hyvin paljon sähkökuormaa pienellä alueella keittiössä. Eli on todennäköistä, että liiketiloissa on joitakin yksittäisiä liiketiloja joiden neliötehot ovat hyvinkin suuria.

Näiden seikkojen takia on mielenkiintoista verratta edellä mainittujen rakennustyyppien toteutuneita neliötehoja liiketiloihin.

### **3 Kauppakeskukset sähkösuunnittelun kannalta**

Tässä luvussa esitellään yleisesti kauppakeskusten vaikututusta liiketilojen valaistus- ja sähkösuunnitteluun. Kohdassa 3.1 esitellään kauppakeskusten yleisiä asioita ja kohdassa 3.2 käydään läpi kauppakeskusten valaistus- ja sähkönkulutus. Kohdassa 3.3 käydään läpi valaistuksen vaikutus sähkönkulutukseen kauppakeskuksissa. Kohdassa 3.4 käydään läpi valaistus liikkeissä ja ravintoloissa. Viimeisessä 3.5 kohdassa käydään läpi sähkönjakelu kauppakeskuksissa.

#### **3.1 Kauppakeskukset yleisesti**

Yksittäinen kauppakeskus on suunnittelun osalta kokonaisuus. Esimerkiksi kauppakeskuksessa on yhteinen sähkönjakelu kaikille liiketiloille tai kaikkia yksittäisen kauppakeskuksen tiloja palvelevat samat talotekniset järjestelmät. Tämä helpottaa yksittäisten liiketilojen vertailua keskenään, jotka sijaitsevat samassa kauppakeskuksessa, koska niitä palvelevat samat talotekniset järjestelmät. Kauppakeskus on käytännössä pohja pienille liikkeille eli vuokralaisille. Tähän työhön nämä edellä mainitut seikat vaikuttavat siten, että kauppakeskuksen sisällä yksittäisiä liikkeiden sähkönkulutusta on helpompi vertailla.

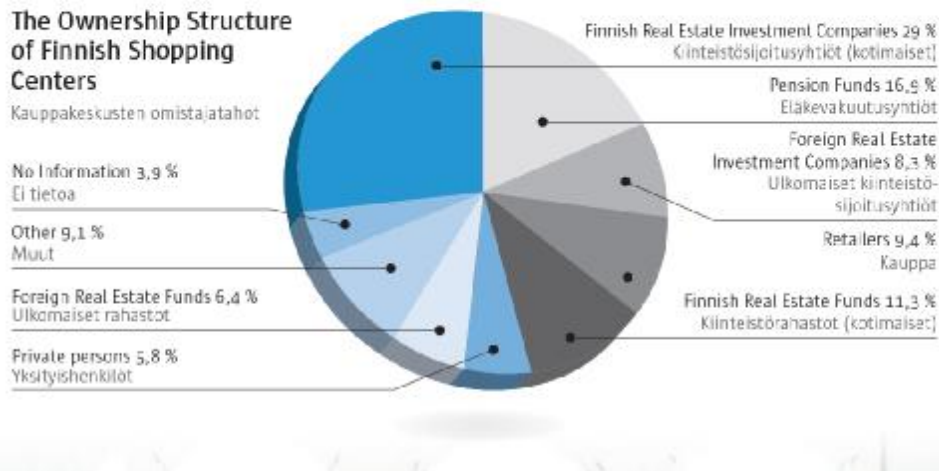
Kauppakeskukseksi lasketaan kauppa, jossa on vähintään 5000 neliometriä pinta-alaltaan ja liikkeitä on vähintään kymmenen kappaletta. Eikä yksittäinen liike saa olla yli 50 % kokonaispinta-alasta. Kauppakeskukset ovat pärjänneet hyvin vähittäiskaupan kilpailussa. Suomen suurin kauppakeskus on tällä hetkellä Helsingissä sijaitseva Itäkeskus pinta-alaltaan 106165 neliometriä 367.5 miljoonan euron myynnillään. Toiseksi suurin kauppakeskus on Espoossa sijaitseva Sello, jonka pinta-ala on 97900 neliometriä. Sellon myynti on kuitenkin Itäkeskusta suurempi eli 381 miljoonaa euroa. Kauppakeskukset koostuvat julkisista tiloista, hallinnon tiloista, tekniikan tiloista ja vuokrattavista tiloista. Kauppakeskusten tulot tulevat vuokralaisilta, jotka vuokraavat tilan omaan käyttöönsä jokaisen kauppakeskuksen omien yksilöllisten sopimusten puitteissa. Kritiikkiä kauppakeskukset ovat saaneet kaupunkien keskustojen näivettämistä. Toisaalta 45.9 % kauppakeskuksista sijaitsee kaupunkien keskustoissa. [12]

Suomen kauppakeskuksissa vaatetus on tärkeässä roolissa, sillä 27,3 % kaikista liikkeistä myydään vaatteita. Lisäksi päivittäistavaramyymälät, kauneus ja terveys, vapaa- aika, sisustaminen ja kodin tarvikkeet sekä kahvilat ja ravintolat ovat tärkeitä aloja kauppakeskuksissa. Kauppakeskukset ovat suuria investointeja ja siksi ne ovat lähinnä erilaisten sijoitusyritysten omistamia. Tällä hetkellä on useita isoja kauppakeskuksia suunnitteilla eri puolilla Suomea. Tällaisia hankkeita ovat esimerkiksi Espoon Matinkylän Iso omenan laajennus ja Helsingin Kalastamaan tuleva Redi.

Oheisessa kuvassa 4 on esitetty suomalaisten kauppakeskusten omistajajakauma. Kuten kuvasta näkyy, että kauppakeskukselle ei ole tyypillistä omistajaa.

# Owners and Management Companies

Omistajat ja managerit



**Kuva 4.** kauppakeskusten omistajat [12]

Mikäli lukija haluaa lisää tietoja tarkemmin, niin kannattaa tutkia liite: "Kauppakeskukset, Suomen Kauppakeskusyhdistys ry, c/o RAKLI ry julkaisu" [12].

## 3.2 Valaistus kauppakeskuksissa

Yksittäisen kauppakeskuksen talotekniset järjestelmät ovat yleensä samoja kustannusten säästämiseksi. Esimerkiksi sähkön mittaus on toteutettu kaikissa liikkeissä yleensä samalla tavalla. Usean sähkönmittausjärjestelmän ylläpitäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Myös ilmastointi palvelee kaikkia alueita. Kauppakeskusten vuokralaisilla on kuitenkin oikeus omaan sisustukseen ja sitä kautta omaan valaistukseen sekä muihin laitteisiin. Vuokralaiset saavat tuoda omat laitteensa vuokrattuun liiketilaan. Tämän takia jokaisen liiketilan sähkönkulutus on omalta osaltaan mielenkiintoinen. Yksittäisiä liiketiloja ja liiketilatyyppejä voi vertailla helposti keskenään. Pukeutumiseen ja vapaa-aikaan keskittyneissä liiketiloissa valaistus muodostaa suurimman kuorman- ja muuta sähkökuormaa on vähän. Toisaalta ravintoloissa ja kahviloissa keittiölaitteet ovat suurin kuorma. Pukeutumiseen keskittyneissä liiketiloissa pyritään yleensä suuriin valaistustasoihin, kun ravintoloissa valaistus on sen sijaan himmeämpi.

## 3.3 Valaistus liikkeissä ja ravintoloissa

Kauppakeskusten suunnittelussa tärkeimmät lähtökohdat ovat yleensä aikataulu ja raha. Liikkeiden vuokralaiset saavat valita tuovatko he oman valaistuksen liikkeeseen vai käyttävätkö he kauppakeskuksen tarjoamia ratkaisuja. Tässä tapauksessa uusien vuokralaisten ei itse tarvitse maksaa välttämättä valaistuksesta ja remontista. Tämän johdosta toistaiseksi perusvalaistuksessa ei tällä hetkellä ole vielä käytetty led-teknologiaa käyttäviä valaisimia. Liiketilojen ja ravintoloiden valaistus on sekalaista kauppakeskuksen sisällä, koska vuokralaiset saavat itse päättää brändilleen sopivan sisustuksen.

Liikkeiden on oltava yleensä auki silloin, kun kauppakeskus niin edellyttää. Liikkeet haluavat tällöin olla mahdollisimman houkuttelevia. Tämä kaikki vaikuttaa valaistukseen siten, että älykästä ohjausta ei juuri suosita muualla kuin takatiloissa. Tässä diplomityössä tutkitussa kauppakeskuksessa ei yhdessäkään liikkeessä ole yhtään liiketunnistinta tai muuta vastaavaa kehittynyttä valaistuksen ohjauslaitetta. Kaikki valaistuksen ohjaus tapahtuu kytkimillä.

### **3.4 Ilmanvaihto, jäähdytys, lämpö, vesi ja lämmitys**

Kauppakeskuksissa on yhdistetty ilmavaihto, jäähdytys ja lämmitys. Vuokralaisten ei tarvitse yleensä maksaa näistä erikseen vaan ne kuuluvat vuokraan. Vedestä vuokralaiset joutuvat yleensä maksamaan erikseen. Tämä johtuu siitä, että tavalliset liikkeet kuluttavat yleensä paljon vähemmän vettä verrattuna esimerkiksi ravintoloihin. Erityisesti ilmanvaihto ja jäähdytys kuluttavat sähköä kauppakeskuksissa. Joissakin tapauksissa esimerkiksi Helsingin keskustassa kauppakeskuksia on liitetty kaukokylmään.

Liiketiloihin on kaikissa ilmanvaihtoa, jotka on kytketty kauppakeskusten omaan keskitettyyn ilmavaihtojärjestelmään. Nämä laitteet ovat yleensä konvektoreita ja ne saavat sähköä liiketilan omasta keskuksista. Lisäksi joillakin vuokralaisilla saattaa olla omaan erillistä jäähdytystä. Ravintoloissa on valmistuspöydillä ja isoissa pesukoneissa omat huuvut.

### **3.5 Sähkönjakelu ja mittaus kauppakeskuksissa**

Sähköyhtiöt tarjoavat yleensä kahta liittymistapaa. Nämä tavat ovat keskijännite- ja pienjänniteliittymä. Isoissa kohteissa on järkevää, että käytetään keskijänniteliittymää, koska silloin sähkö on halvempaa, mutta se tuo mukanaan isompia ylläpito- ja huoltokustannuksia. Kaikissa kauppakeskuksissa ei kuitenkaan ole käytössä keskijänniteliittymää.

Kauppakeskus tekee sopimuksen sähkölaitoksen kanssa ja ostaa kulutuksen mukaan sähköä. Kauppakeskuksissa liiketilojen ja ravintoloiden sähkö voi kuulua vuokraan tai sitten se laskuttaa vuokralaisia kulutetusta sähköstä. Yleensä se ei kuitenkaan kuulu vuokraan, koska kulutettua sähköä on vaikea arvioida. Tämän takia kauppakeskuksissa on liiketilojen ja ravintoloiden sähkökeskuksissa omat sähkömittarit ja ne on yhdistetty kauppakeskuksen yhteiseen mittausjärjestelmään.

Sähkömittarijärjestelmiä on useita, osa on avoimia ja osa ei. Ne perustuvat erilaisiin teknologioihin ja ratkaisuihin. Rakennusvaiheessa voi olla yksi järjestelmä paras ratkaisu, mutta mittausjärjestelmää valittaessa tulee myös ottaa huomioon koko järjestelmän elinkaari. Tämän takia avoin järjestelmä, johon voi kytkeä useiden laitetoimittajien laitteita on yleensä pitkällä tähtäimellä paras ratkaisu, koska se ei ole yksittäisestä laitetoimittajasta riippuvainen.

Sähkönjakeluverkko kauppakeskuksissa on yleensä puumainen verkko, jossa nousukeskukset syöttävät liiketiloihin olevia jakokeskuksia. Osassa järjestelmistä mittari sijaitsee liiketilaa tai ravintolaa syöttävässä keskuksessa ja osassa mittari sijaitsee



vuokralaisen liiketilan omassa keskuksessa. Kaikissa tapauksissa sähkökeskus kuuluu kuitenkin kauppakeskukselle, johon vuokralaisella ei ole käyntioikeutta. Jos mittari sijaitsee syöttävässä keskuksessa, niin järjestelmä on helpompi toteuttaa ja se on halvempi, kun kaapelointia tulee vähemmän. Toisaalta tässä tapauksessa vuokralainen joutuu maksamaan myös siirrosta syntyvistä häviökustannuksista. Lisäksi liiketilojen keskuksia syöttävistä nousukeskuksista tulee erittäin suurikokoisempia.

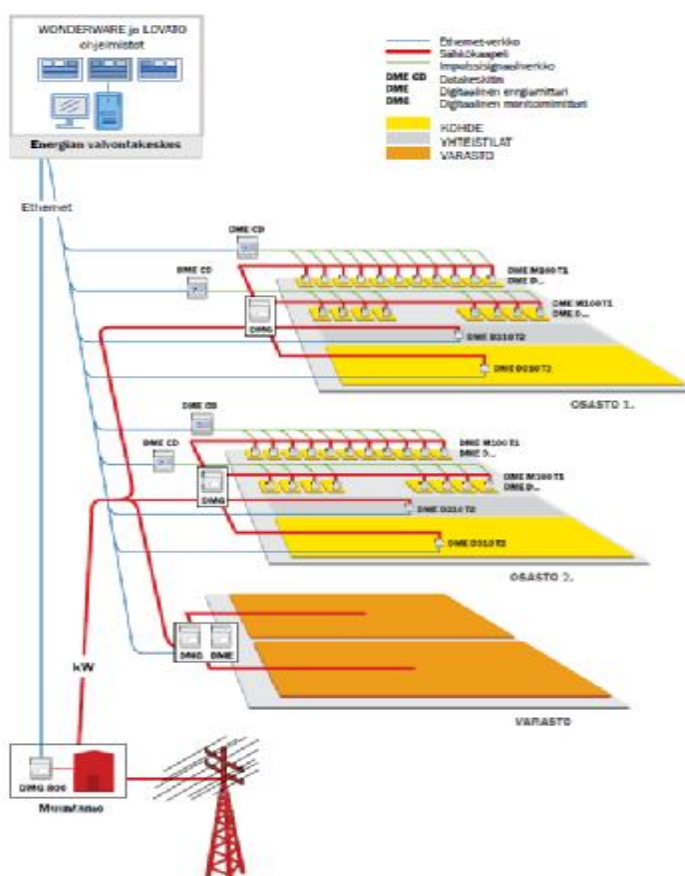
## 4 Mittaukset kauppakeskuksessa

Tässä osiossa käydään läpi mittaukset ja mittausten menetelmät. Osiossa 4.1 esitellään, miten sähkötehot on mitattu ja osiossa 4.2, miten valaistustehot on laskettu. Mittaukset on suoritettu eräässä kauppakeskuksessa Helsingissä. Ensimmäiset mittaukset tehtiin vuonna 2007 ja seuraavat mittaukset tehtiin vuonna 2015.

### 4.1 Sähköenergian huipputehon mittaukset

Tässä diplomityössä on tarkoitus arvioida, että miten valaistus vaikuttaa liiketilojen ja ravintoloiden sähkötehon kulutukseen ja miten se on muuttunut viimeisen seitsemän vuoden aikana. Lisäksi työssä tutkitaan sähkönkulutusta ravintoloissa ja liiketiloissa. Tämän takia tarvitaan suuri määrä liiketiloja. Tekemällä mittaukset esimerkiksi kauppakeskuksessa saadaan pienellä vaivalla paljon tuloksia. Mittaukset tehtiin pääkaupunkiseudulla sijaitsevassa kauppakeskuksessa, joka on valmistunut 2000-luvulla. Ensimmäiset mittaukset tehtiin 2007 kauppakeskuksen valmistumisen jälkeen ja uudet mittaukset tehtiin nyt uudestaan vuonna 2015.

Sähkön mittaus on toteutettu siten, että jokaisessa liiketilassa ja ravintolassa on oma sähkökeskus ja jokaisessa sähkökeskuksessa on oma mittari, josta tieto vietään keskusjärjestelmään. Kauppakeskuksessa on käytössä Lovaton mittausjärjestelmä



Kuva 5. kiinteistön energiamittaus [13]

Oheisessa kuvassa 5 [13] on esitetty sähkönmittausjärjestelmä, jota käytetään kauppakeskuksessa, jossa mittaukset suoritettiin. Järjestelmän keskustietokone kysyy yksitellen jokaiselta mittarilta kulutetun sähkötehon. Mittarit sijaitsevat liiketilojen omissa keskuksissa ja mittareille menee oma ethernet kaapeli.

Järjestelmään on kytketty kahdenlaisia mittareita: 63A keskuksiin saakka mittari mittaa suoraan kulutettua sähkövirtaa ja sitä suuremmissa sähkökeskuksissa mittari on kytketty virtamuuntajan avulla mittaamaan sähkönkulutusta. Epäsuorassa mittauksessa on aina suurempi virhe kuin suorassa johtuen virtamuuntajasta, jonka virheprosentti noin 0.5. Lisäksi muuntosuhde on mahdollisesti aseteltu väärin eli jos keskus on 160A, mutta mittari voi olettaa sen vääristä asetuksesta johtuen olevan esimerkiksi 125A.

Mittausjärjestelmällä menee koko kauppakeskuksen läpikäyntiin noin kahdeksan minuuttia. Valvontakeskuksen keskuskone tulkitsee ja tallentaa tulokset formaattiin, joita pystyy tulkitsemaan Microsoft Excell - ohjelmistolla. Mittaustulokset sai tallennettua omalla muistitikulle keskustietokoneelta.

Saaduista mittaustuloksista on poistettu suurimmat piikit, joten häiriöt tai mittausrvirheet on poistettu. Tuloksista on kuitenkin otettu vain huipputehot, koska ne sijoittuvat aina samaan aikaan eli keskipäivälle. Huipputehot ovat todennäköisesti aina keskipäivällä sen takia, että liiketiloissa on takahuoneet joissa voi tehdä työntekijöille ruokaa, ja ravintoloiden suurin myynti on lounasaikaan. Tehot olisivat noin viisi prosenttia pienemmät jos olisi otettu esimerkiksi klo10.00- klo.18.00 keskiarvo. Toisin sanoen vaikutus ei ole merkittävä, mutta se tulee huomioida niissä liiketiloissa, joissa valaistusteho suhde kokonaistehoon on merkittävä.

Liiketilojen tulokset eivät ole samalta päivältä, mutta päivissä ei ollut merkittäviä eroja keskenään. Suurimmat kulutukset ovat kesällä niissä liiketiloissa ja ravintoloissa, joissa on omaa jäähdytystä. Muuten huipputehoissa ei havaittu eroja tavallisten arkipäivien kesken. Myös sunnuntait ja muut juhlapäivät erottuivat yleensä siten, että tuolloin liiketiloissa havaittiin matalimmat huipputehot.

## **4.2 Liiketilojen valaistuksen huipputehon laskelma**

Valaistusteho on saatu laskemalla liiketilojen asennettu valaistusteho. Eli käytännössä on laskettu asennetut valaisimet loppukuvista ja käyty tarkastamassa paikan päällä, että ne pitävät paikkansa. Valaisimet on esitetty tasossa ja valaisintyyppit on esitetty loppukuvissa selitteessä. Tämä tuo virhettä tuloksiin, koska valaisimet kuluttavat helposti enemmän kuin mikä niiden liitäntälaitteen verkosta ottama nimellisteho oikeasti on. Tätä virhettä on vaikea poistaa, koska valaistusta ei mitata erikseen. Virhe ei ole suuri. Valaistuksen mittaaminen kasvattaisi sähkökeskusten hintaa ja niin kauan kun sitä ei vaadita niin sitä ei tehdä. Liiketilojen omistajat eivät näe sitä hyötyä, mikä valaistustehon erikseen mittaamiselle saavutettaisiin.

## 5 Vuoden 2007 tilanne ja tulokset

Tässä kappaleessa käydään läpi vuoden 2007 mittaustulokset. Aluksi kohdassa 5.1 esitellään vuoden 2007 tutkimuksessa olleet liiketilat ja niissä käytetyt valaisimet ja valaistusteknologiat. Kohdassa 5.2 esitellään asennetun valaistustehon osuutta sähkön huipputehosta ja pohditaan syitä tuloksiin. Kohdassa 5.3 esitellään sähkön huipputehoa neliömetriä kohden ja pohditaan syitä tuloksiin. Kohdassa 5.4 esitellään asennettu valaistusteho neliömetriä kohden ja pohditaan syitä tuloksiin samoissa liikkeissä. Kaikkiaan tuloksissa on mukana 34 liiketilaa. Liiketilatyypit käsitellään erikseen ja ne ovat vaatekauppa, kahvilat ja ravintolat, sekä muut liikkeet. Muissa kaupoissa on suutareita, kampaamoja tai muita vastaavia liikkeitä. Kohdassa 5.5 arvioidaan ja pohditaan saatuja tuloksia aikaisempiin tuloksiin, ohjeisiin ja erilaisiin standardeihin.

### 5.1 Liiketilat vuonna 2007

Taulukossa 4 käydään läpi vuoden 2007 mittauksessa olleet liiketilat. Ensimmäinen pystysarake on liiketilan numero.

**Taulukko 4.** liiketilat vuonna 2007

Liiketila	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Liiketilatyyppe	Valonlähde
1	225	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
2	360	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
3	240	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
4	150	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
5	161	Vaatekauppa	loistelamppu
6	370	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
7	140	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
8	131	Muu kauppa	loistelamppu
9	100	Kampaamo	Monimetalli/loistelamppu
10	239	Toimisto	Monimetalli/loistelamppu
11	350	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
12	230	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
13	50	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
14	146	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
15	260	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
16	65	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
17	320	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
18	53	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
19	178	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
20	190	Muu kauppa	loistelamppu
21	85	Kampaamo	Monimetalli/loistelamppu
22	220	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu

23	87	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
24	90	Kahvila/ravintola	Monimetalli/loistelamppu
25	61	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
26	28	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
27	70	Kahvila/ravintola	Monimetalli/loistelamppu
28	20	Kahvila/ravintola	Monimetalli/loistelamppu
29	120	Kahvila/ravintola	Monimetalli/loistelamppu
30	60	Kahvila/ravintola	Monimetalli/loistelamppu
31	50	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
32	100	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
33	75	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu
34	55	Muu kauppa	Monimetalli/loistelamppu

Mielenkiintoinen huomio, on, että vaatekaupoissa pinta-alan keskiarvo on  $231 \text{ m}^2$ , muissa liikkeissä vastaava luku on  $82 \text{ m}^2$  ja ravintoloissa vastaava luku on vain  $77 \text{ m}^2$ . Eli vaatekaupat ovat keskimäärin paljon isompia verrattuna muihin liikkeisiin.

Liiketoissa on käytetty vain loistelamppua ja monimetallilamppuja. Loistelamppu on halpa ja sen värinvalaistus on hyvä riippuen mallista. Loistelamppu on purkauslamppu. Loistelampun suurin heikkous, on se, että sisältää elohopeaa.[14]. Loistelamppu on halpa lamppu.

Monimetallilamppu on kalliimpi kuin loistelamppu, mutta sen värinvalaistus on erittäin hyvä. Monimetallilamppu on purkauslamppu ja se sisältää elohopeaa. Uusimpien monimetallilamppujen hyötysuhteet ovat erittäin hyvät eli noin  $100 \text{ lm/W}$  [16]. [17] Monimetallilampun suurin heikkous on korkea hinta ja pienehkö polttoikä. Suurin vahvuus on erittäin hyvä värinvalaistus, mikä on tärkeää myymälöissä ja liiketoissa.

## 5.2 Valaistuksen osuus huipputehosta vuonna 2007

Tässä kappaleessa käsitellään valaistuksen osuutta huipputehosta liiketiloissa vuonna 2007. Liiketilatyypit käsitellään erikseen. Taulukoiden 5 - 7 tulokset on saatu seuraavalla kaavalla:

$$\frac{P_v}{P_h} \quad (6)$$

missä

$P_v$	liiketilän asennettu valaistusteho, W (laskettu asiakirjoista)
$P_h$	liiketilän mitattu huipputeho, W

Eli kaava kertoo valaistuksen osuuden huipputehosta.

Taulukossa 5 on esitetty asennetun valaistustehon osuus huipputehosta vaatekaupoissa. Numerot ovat eri liikkeitä. Keskiarvo on 0.68 eli 68 %.

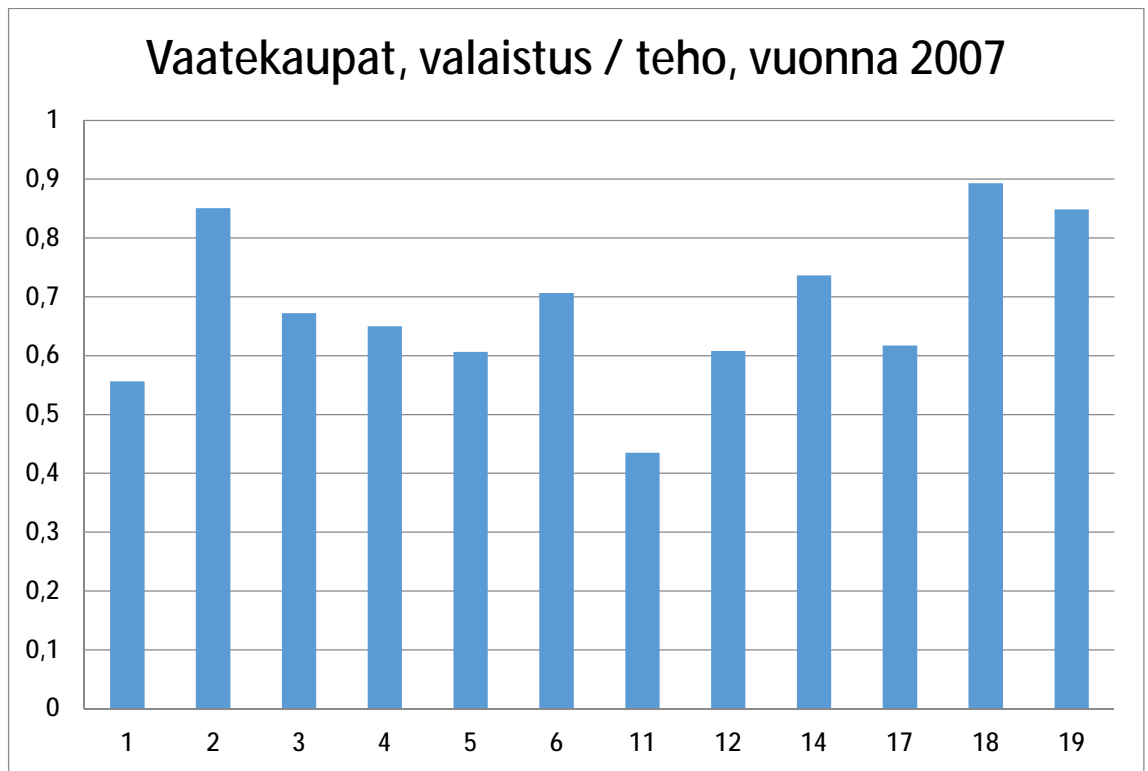
Selkeä huomio, jonka tuloksista voi tehdä, on suuri vaihtelu eri liiketilöiden välillä. Liiketilatyypit selittää osittain valaistuksen osuuden kokonaistehosta, mutta ei kokonaan. Jokainen liiketila tai ravintola on yksilö, jonka jokainen asennettu sähkökuorma tulee tarkastella erikseen. Lisäksi samojen liiketilatyypien välillä on paljon vaihtelua.

### 5.2.1 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: vaatekaupat

Taulukossa 5 on esitetty pystyakseleilla asennetun valaistustehon osuus huipputehosta vaatekaupoissa vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Kaikissa vaatekaupoissa valaistuksen osuus huipputehosta on 40 % tai enemmän. Voisi olettaa, että kaikissa vaatekaupoissa valaistuksen osuus huipputehosta on 80 – 90 %, mutta näin ei kuitenkaan ole. Tähän on useita syitä. Osassa liikkeitä on valaistuksen lisäksi myös suuri määrä muita sähköä kuluttavia laitteita kuten kassapisteitä ja erilaisia tietokoneita. Liiketilassa 12 taas on kaiuttimia ja vaatekaupassa 11 on omaa jäädytystä. Liiketiloiissa valaistuksen osuutta huipputehosta laskee se, että tiloissa on tuulettimia, äänentoistoa ja muita laitteita.

**Taulukko 5.** valaistuksen osuu huipputehosta 2007: vaatekaupat



## 5.2.2 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: ravintolat ja kahvilat

Taulukossa 6 on esitetty pystyakseleilla asennetun valaistustehon osuus huipputehosta ravintoloissa ja kahviloissa vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Ravintoloissa ja kahviloissa on paljon muuta kuormaa, jotka alentavat valaistuksen osuutta kokonaistehosta. Yleensä ravintoloissa on paljon himmeämpi valaistus verrattuna muihin liiketiloihin. Ravintoloissa on paljon erilaisia laitteita kuten keittämiä ja paistinlevyjä, jotka kuluttavat pienellä alueella paljon sähköä.

**Taulukko 6.** valaistuksen osuu huipputehosta 2007: ravintolat ja kahvilat



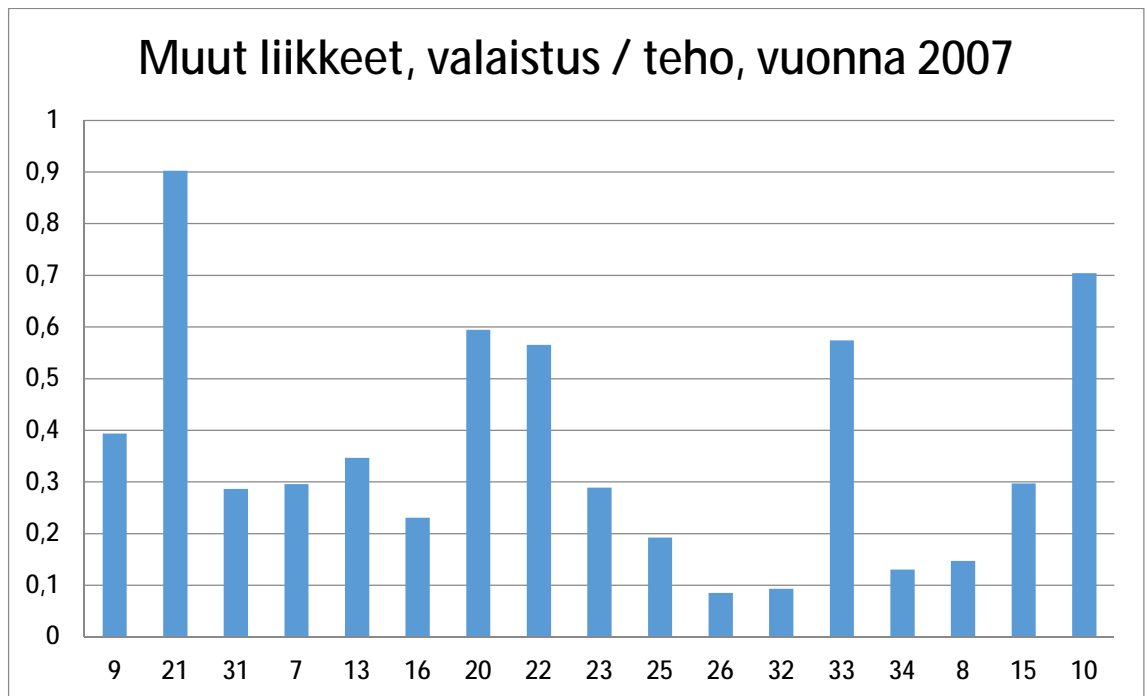


### 5.2.3 Valaistuksen osuus huipputehosta 2007: muut liikkeet

Taulukossa 7 on esitetty pystyakseleilla asennetun valaistustehon osuus huipputehosta muissa liikkeissä vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Taulukkoon mahtuu myös lukuisia vuokrattuja tiloja, joissa valaistuksen osuus huipputehosta on alle 20 %. Esimerkiksi numero 31 on 50 m<sup>2</sup> kauppa, jossa on hyvin hillitty valaistus. Numero 25 on suutari, joka on sekin pieni. Lisäksi liikkeessä on useita erilaisia laitteita, joita suutari tarvitsee. Esimerkiksi numero 8 on toimistotyyppinen liiketila, jossa on paljon kassapisteitä. Osa liikkeistä taas ovat niin pieniä, kuten numero 13, että muutama ylimääräinen laite vaikuttaa valaistuksen osuuteen kokonaistehosta.

**Taulukko 7.** valaistuksen osuu huipputehosta 2007: muut liikkeet



### 5.3 Huipputeho vuonna 2007

Tässä kappaleessa käsitellään huipputeho bruttoneliometriä kohden liiketiloissa vuonna 2007. Liiketilatyypit käsitellään erikseen.

Taulukoiden 8-10 tulokset on saatu seuraavalla kaavalla:

$$\frac{P_h}{A} \quad (7)$$

missä

$P_h$  liiketilan mitattu huipputeho, W

A liiketilan pinta-ala, m<sup>2</sup>

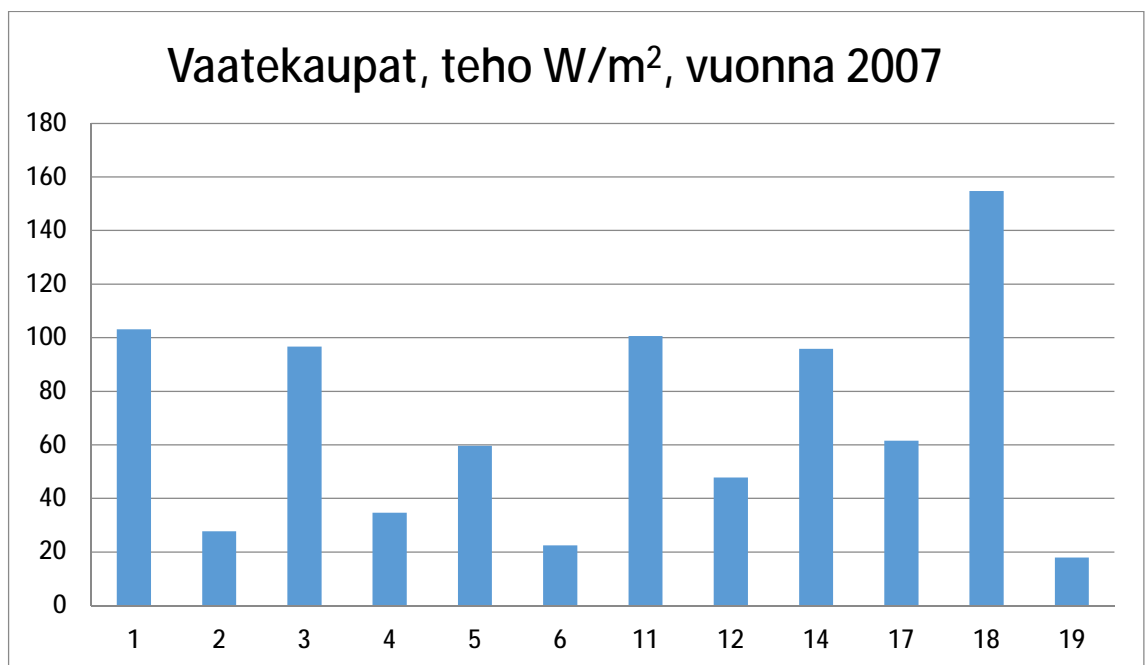
Eli kaava 7 kertoo huipputehon neliometriä kohden.

### 5.3.1 Huipputeho 2007: vaatekaupat

Taulukossa 8 on esitetty pystyakselilla vaatekauppojen huipputeho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on 69 W/m<sup>2</sup>, jota voidaan pitää korkeana. On syytä muistaa, että 69 W/m<sup>2</sup> on keskiarvo, mutta se on myös huipputeho. Vaatekaupoissa valaistus vie suurimman osan sähkötehonkulutuksesta. Kaikissa kaupoissa, joissa valaistusteho on yli 40 W/m<sup>2</sup>, valaistus on hoidettu pääosin monimetallilampuilla.

**Taulukko 8.** huipputeho 2007: vaatekaupat

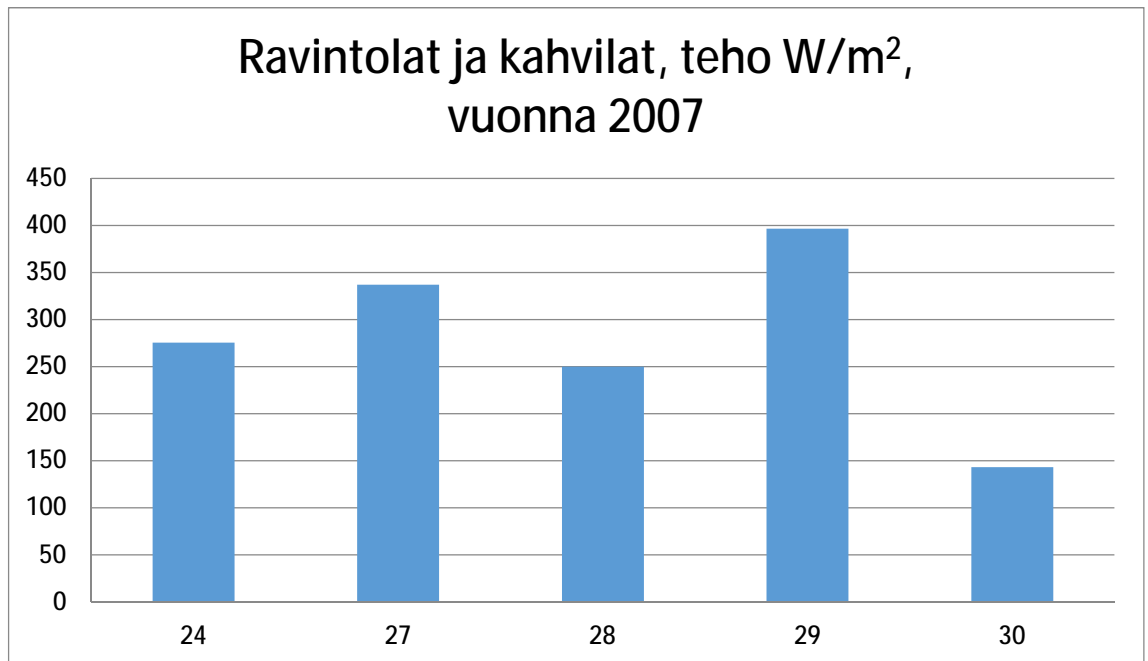


### 5.3.2 Huipputeho 2007: ravintolat ja kahvilat

Taulukossa 9 on esitetty pystyakselilla kahviloiden ja ravintoloiden huipputeho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo  $281 \text{ W/m}^2$  on erittäin korkea. Kaikki ravintolat olivat pinta-alaltaan pieniä eli tässä tapauksessa suurin oli  $120$  bruttoneliometriä. Pienin kahvila oli kokonaispinta-alaltaan vain  $20 \text{ m}^2$ . Ravintoloissa on huomattavasti kuormaa pienellä alueella, mikä selittää tulosta. Toisaalta voi tehdä sellaisen huomion, että keittiöihin ja kahviloihin tulee sähkökuormiltaan samantyyppisiä laitteita.

**Taulukko 9.** huipputeho 2007: ravintolat ja kahvilat



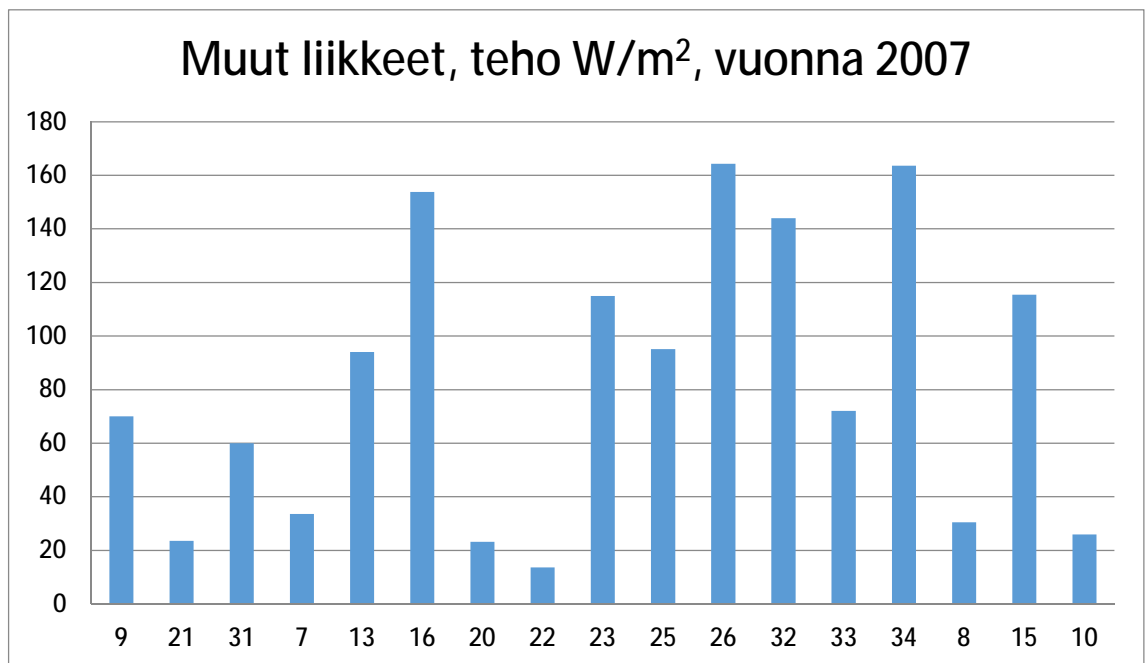
### 5.3.3 Huipputeho 2007: muut liikkeet

Taulukossa 10 on esitetty pystyakselilla muiden liikkeiden huipputehoteho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on  $82 \text{ W/m}^2$ . Mittaustuloksia tarkasteltaessa voi huomata, että pienimmän ja suurimman liiketilan tehon ero on hyvin suuri. Kohdan 2.6 ST- kortin tyyppistä jakautumaa ei oikein voi tehdä liiketiloille.

Pohdin, myös kohdassa 2.6, että erilaisten liiketilojen huipputeho neliometriä kohden saatu jakautuma olisi toimisto- tai ravintolatyyppinen, mutta olin väärässä. Mielestäni erittäin mielenkiintoinen seikka on se, että vain muutamassa liiketilassa huipputeho on alle  $50 \text{ W/m}^2$ .

**Taulukko 8.** huipputeho 2007: muut liikkeet



### 5.4 Valaistusteho vuonna 2007

Tässä kappaleessa käsitellään valaistuksen huipputeho bruttoneliometriä kohden liiketiloissa vuonna 2007. Liiketilatyypit käsitellään erikseen.

Taulukoiden 11 - 13 tulokset on saatu seuraavalla kaavalla:

$$\frac{P_v}{A} \quad (8)$$

missä

$P_v$  liiketilan asennettu valaistusteho, W  
 $A$  liiketilan pinta-ala, m<sup>2</sup>

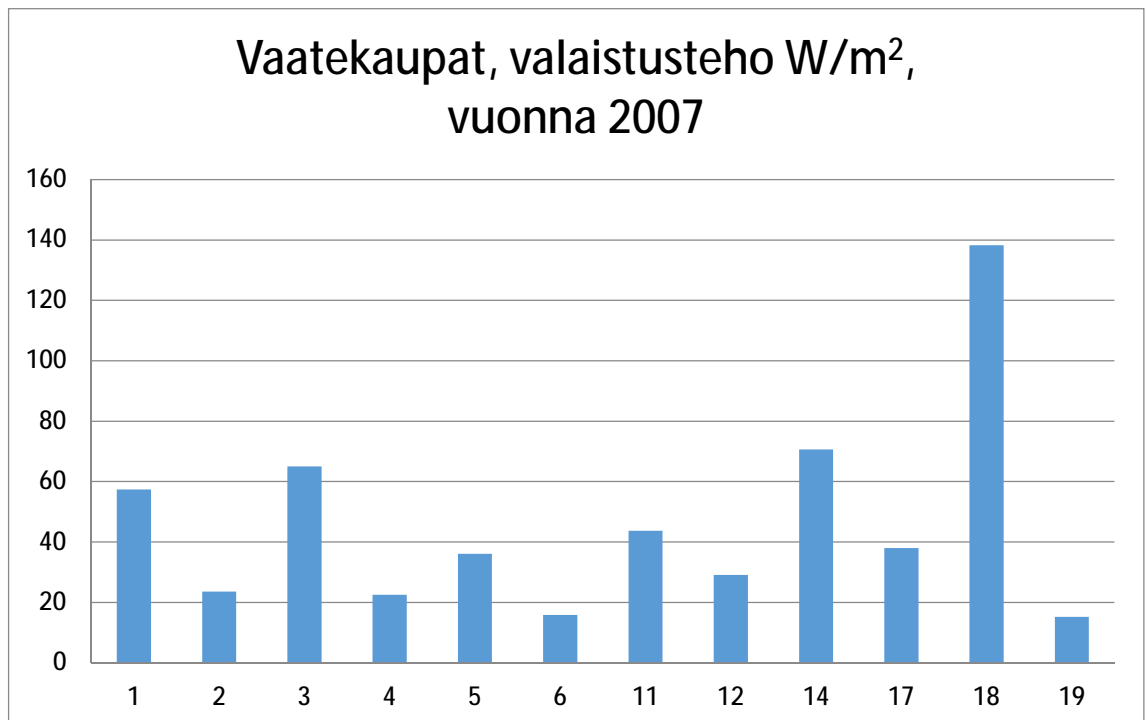
Eli kaava 8 kertoo huipputehon neliometriä kohden.

#### 5.4.1 Valaistusteho 2007: vaatekaupat

Taulukossa 11 on esitetty pystyakselilla valaistuksen kokonaisteho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on 46 W/m<sup>2</sup>. Suurimmassa osasta tiloista valaistuksen teho neliometriä kohden on noin 20 W/m<sup>2</sup>. Liiketilaisissa 1,3,11,14 ja 18 huipputeho on yli 40 W/m<sup>2</sup>. Liiketilassa 18 huipputeho on vastaavasti 140 W/m<sup>2</sup>. Siellä on huipputeho 8.2kW ja valaistuksen osuus 7.3kW, vaikka kokonaispinta-ala on vain 53 m<sup>2</sup>. Liiketilassa on puolen metrin välein valaisimia, joissa on käytetty 50W monimetallilamppuja. Eli osassa myymälöitä ei mietitä valaistustasoja tai standardeja. Tämän olettamuksen voi tehdä, koska niiden neliötehot ovat korkeat. Tosin tämän väitteen voi todentaa vain mittaamalla kyseisten liiketilojen valaistustasot. Myös häikäisy on ongelma tällaisissa tiloissa. Valitettavasti häikäisyä ei ole mitattu. Osassa tiloista valaistuksen kokonaisteho neliometriä kohden on selkeästi alle 20 W/m<sup>2</sup>. Hyvällä suunnittelulla olisi mielestäni päästy helposti tuohon 20W/m<sup>2</sup>. Ongelma voi olla, että liiketilaisissa käytetään paljon epäsuoraa valaistusta ja monimetallilamppuvalaisimia. Monessa liiketilassa, jossa valaistuksen neliöteho on korkea, valaistus voi olla jopa häiritsevää. Toisaalta monet vaateliikkeet haluavat, että heidän vaatteensa näyttävät houkuttelevilta voimakkaassa valaistuksessa. Monimetallivalaisimet pienessä liikkeessä aiheuttavat myös paljon lämpökuormaa suuren sähkölaskun lisäksi.

**Taulukko 9.** valaistusteho 2007: vaatekaupat

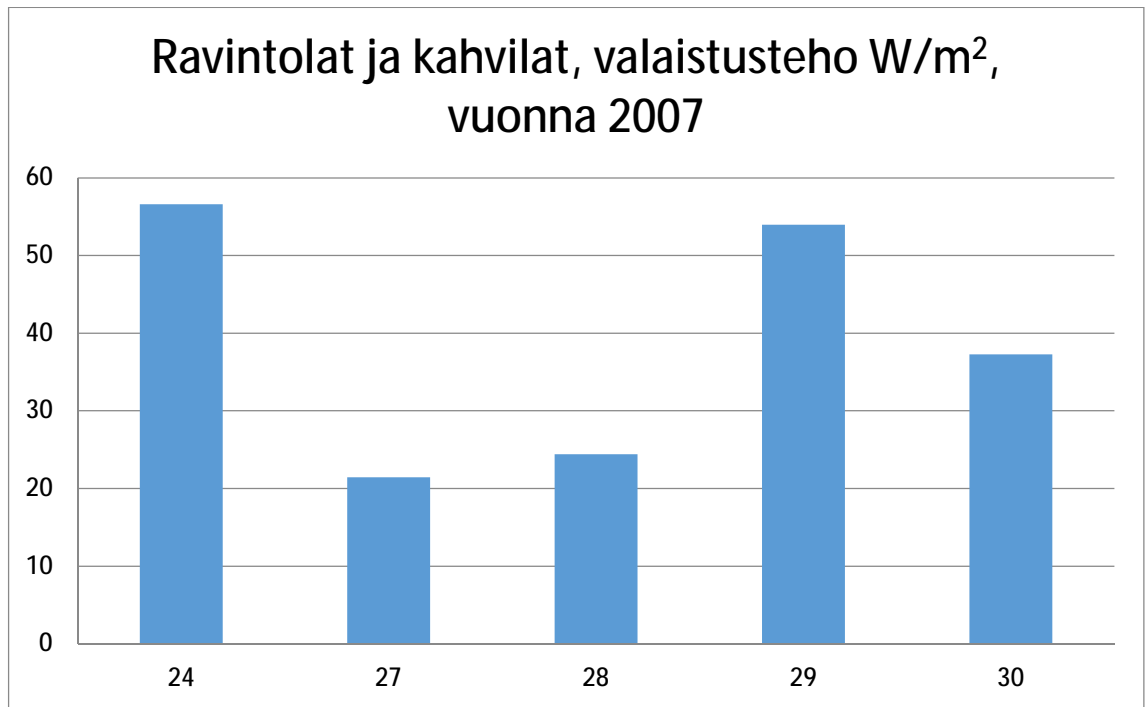


## 5.4.2 Valaistusteho 2007: ravintolat ja kahvilat

Taulukossa 12 on esitetty pystyakselilla kahviloiden ja ravintoloiden valaistuksen kokonaisteho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo  $38 \text{ W/m}^2$  on mielestäni todella suuri. Eli olettaen, että kahviloissa ja ravintoloissa on vähemmän valaistusta, niin on mielestäni osittain väärä.

**Taulukko 10.** valaistusteho 2007: ravintolat ja kahvilat

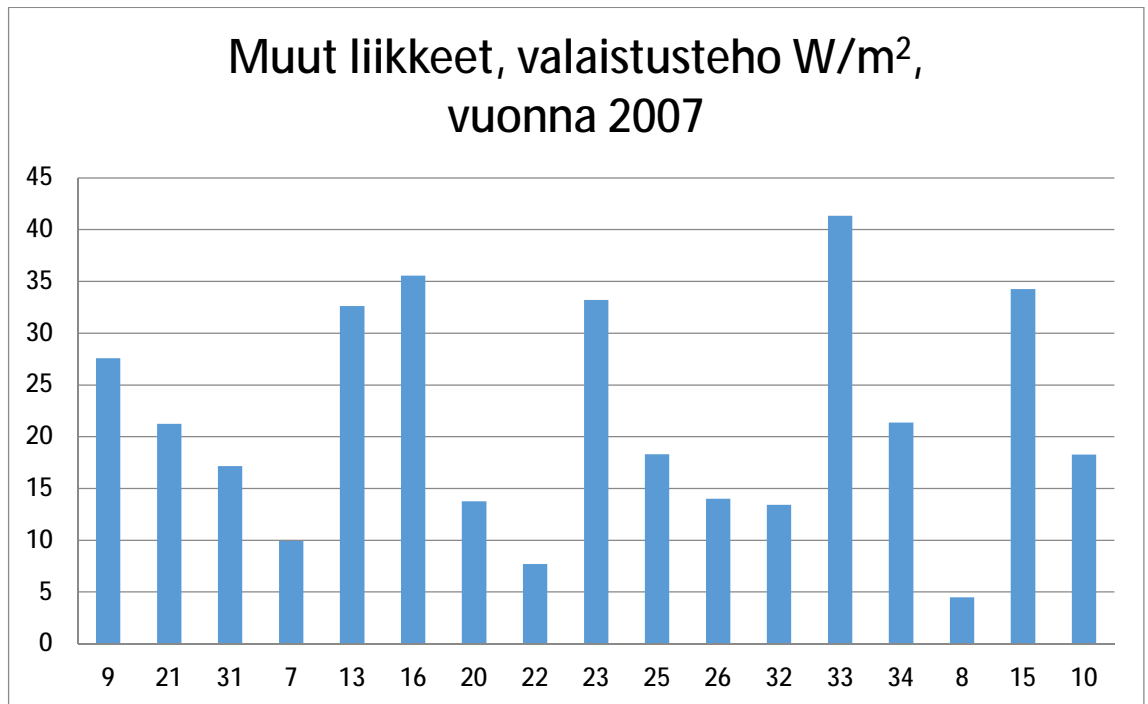


### 5.4.3 Valaistusteho 2007: muut liikkeet

Taulukossa 13 on pystyakselilla esitetty muiden liikkeiden eli pois lukien ravintoloiden, kahviloiden ja vaatekauppojen valaistusnaisteho bruttoneliometriä kohden vuonna 2007. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo  $21 \text{ W/m}^2$  on mielestäni erittäin mielenkiintoinen, koska se on selkeästi pienempi verrattuna vaatekauppoihin, ravintoloihin tai kahviloihin.

**Taulukko 11.** valaistusteho 2007: muut liikkeet



### 5.5 Muut huomiot tuloksista

Kappaleessa 2.1 esiteltiin LEED - sertifikaatti. LEED:ssä on, että valaistuksen tasoa pitää pystyä laskemaan 30 – 70 % ja vähintään 75 % valaisimista käyttöikä tulee olla vähintään 24 000 tuntia. Ensimmäinen vaatimus täyttyy tutkimuksessa olleiden liikkeiden osalta. Kaikki ohjaus tapahtuu kytkimillä. Valaistuksen tason laskua ei kuitenkaan yleensä tarvita. Liike, jossa ei ole valoja päällä, ei ole välttämättä kovin houkutteleva asiakkaalle, ja toiseksi kauppakeskusten liiketiloissa on aina vähintään henkilökuntaa. Toisaalta, lähes kaikkien valaisimien käyttöikä oli yli 24 000 tuntia.

## 6 Vuoden 2015 tilanne ja tulokset

Tässä kappaleessa käydään läpi vuoden 2015 mittaustulokset. Aluksi kohdassa 6.1 esitellään vuoden 2015 tutkimuksessa olleet liiketilat ja niissä käytetyt valaisimet, sekä led - valaistusteknologia. Kohdassa 6.2 esitellään asennetun valaistustehon osuutta sähkön huipputehosta ja pohditaan syitä tuloksiin. Kohdassa 6.3 esitellään sähkön huipputeho neliömetriä kohden. Kohdassa 6.4 esitellään asennettu valaistusteho neliömetriä kohden ja pohditaan syitä tuloksiin.

Verrattaessa vuoden 2007 mittauksiin taulukossa on vähemmän liikkeitä, koska taulukkoon on otettu vain sellaisia liikkeitä ja ravintoloita, jotka ovat muuttuneet. Liikkeet eivät myöskään ole samoja tiloja kuin vuoden 2007 tapauksessa. Kaikkiaan tuloksissa on mukana 17 liiketilaa. Liiketilatyypit käsitellään erikseen ja ne ovat vaatetus- ja muut liikkeet.

### 6.1 Liiketilat vuonna 2015

Taulukossa 8 käydään läpi vuoden 2015 mittauksessa olleet liiketilat. Ensimmäinen pystysarake on liiketilan numero. Toinen pystysarake on pinta-ala. Kolmas pystysarake on liiketilatyypin ja neljäs on käytetty valonlähde liiketilassa. Vuoden 2007 verrattuna nyt osassa liiketiloissa on led – valaisimia.

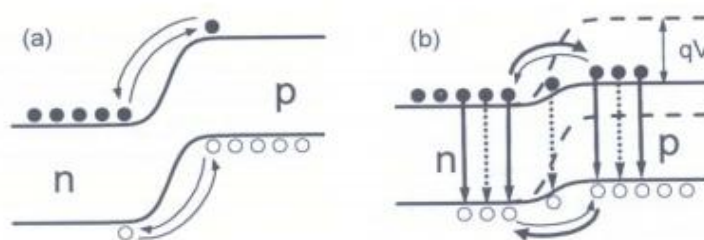
**Taulukko 12.** liiketilat vuonna 2015

Liiketilatyypin nro	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Liiketilatyypin nimi	Valonlähde
2	175	Kampaamo	Monimetalli/loistelamppu
6	465	Päivittäistavarakauppa	loistelamppu
3	310	Ravintola	Led/loistelamppu
4	285	Ravintola	Monimetalli/loistelamppu
11	390	Ravintola	Monimetalli/loistelamppu
1	100	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
5	107	Vaatekauppa	Led/loistelamppu
7	128	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
8	170	Vaatekauppa	Led/loistelamppu
9	71	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
10	230	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
12	205	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
13	200	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
14	320	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
15	290	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
16	360	Vaatekauppa	Monimetalli/loistelamppu
17	1450	Vaatekauppa	loistelamppu



Led eli "*light emitting diode*" on diodi, joka tuottaa valoa. Useimmissa led valaisimissa on useita led - komponentteja. Ledin rakenne on periaatteessa yksikertainen.

Pääpiirteissään led on siru eli puolijohdekomponentti, jossa johdetaan virtaa n - tyyppin puolijohdeeltä p- tyyppin puolijohdeelle. Ennen virran kytkemistä n - tyyppin puolijohdeella on liikaa elektroneja ja p - tyyppin puolijohdeella niitä on liian vähän eli kohdassa a kuvassa 8. Tämä aiheuttaa liikkeen komponentissa, joka aiheuttaa säteilyä eli kohdassa b kuvassa 8. Tämä säteily on suoraan näkyvää valoa, tai sähkömagneettista säteilyä, joka voidaan muuttaa näkyväksi valoksi. [18]. Tämä rakenne aiheuttaa sen, että komponentin valmistus on kallista, mutta nykyään tuotettujen ledien valaistuarvot ovat hyviä ja hyötysuhde on paljon parempi verrattuna monimetallilamppuihin tai loistelamppuihin.[18]. Puolijohdeen toiminta on esitetty kuvassa 8.



**Kuva 6.** led [18].

Liiketiloiissa ja - ihmiselle tärkein valo yleisesti on valkoinen valo. Käytännössä valaisimen tulee säteillä ihmisen näkyvällä alueella mahdollisimman laajalla kaistalla. Valkoinen led on kuitenkin kaikkein vaikeinta tuottaa, koska yksittäisen led - puolijohdeiden eräs ominaisuus on, että se säteilee erittäin kapealle kaistalle valoa. Valkoinen valo koostuu käytännössä kolmesta valosta eli vihreästä, punaisesta ja sinisestä. Toisin sanoen valaisimessa pitää olla kolme valokomponenttia, jotka kaikki säteilevät valoa oikean määrän. Tämä on yksikertaisin menetelmä tuottaa valkoista valoa, mutta käytännössä valmistus on vaikea ja kallis prosessi. Järkevämpi menetelmä on, että yksittäisten sirun tuottama valo fluoresoidaan. Toisin sanoen valo muutetaan jollain aineella siten, että se säteilee mahdollisimman laajalle alueella valkoista valoa.

## 6.2 Valaistuksen osuus huipputehosta vuonna 2015

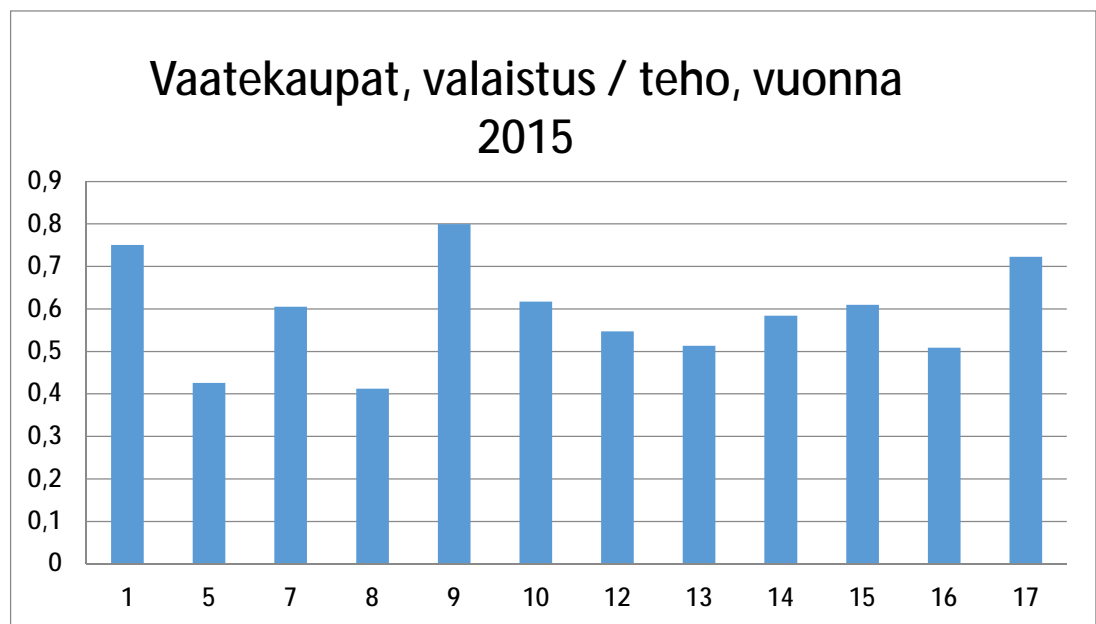
Tässä kappaleessa käsitellään valaistuksen osuutta kokonaishuipputehosta liiketiloissa vuonna 2015. Liiketilatyypit käsitellään erikseen. Taulukoiden 15 ja 16 arvot on laskettu kaavalla 6.

### 6.2.1 Valaistuksen osuus huipputehosta 2015: vaatekaupat

Taulukossa 15 on esitetty pystyakseleilla asennetun valaistustehon osuus huipputehosta vaatekaupoissa vuonna 2015. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä. Keskiarvo on 0.59 eli 59 %.

Kohteet 5 ja 8 ovat vaatekauppoja, joissa on käytetty osittain led - valaisimia. Näissä vaatekaupoissa selkeästi pienempi osuus kokonaistehosta menee valaistukseen. Erityisesti, jos vertaa näitä esimerkiksi kohteisiin 1, 9 tai 17, joissa on käytetty loiste- ja monimetallilamppuja.

**Taulukko 15.** valaistuksen osuu huipputehosta 2015: vaatekaupat



## 6.2.2 Valaistuksen osuus huipputehosta 2015: muut liikkeet

Taulukossa 16 on esitetty pystyakseleilla asennetun valaistustehon osuus huipputehosta muissa liikkeissä vuonna 2015. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

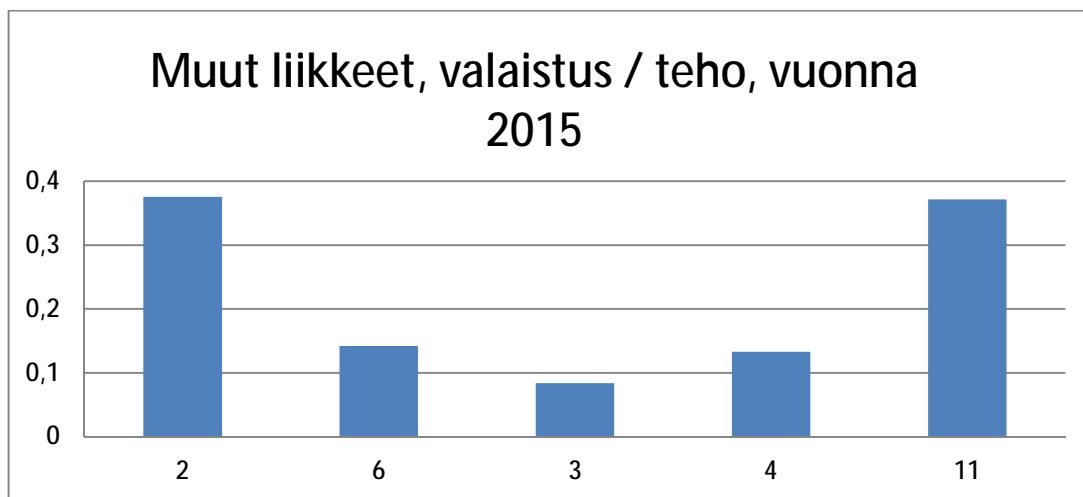
Kohteet 3, 4, 11 ovat ravintoloita ja niissä valaistus ei juuri vaikuta huipputehoon. Kuten kohdassa 6.2 huomattiin, niin ravintoloiden asennetut laitteet kuten uunit ja muut vastaavat lämmittimet vaikuttavat paljon enemmän huipputehoon kuin valaistus. Lisäksi ravintoloissa on itse asiassa vähemmän valaistusta verrattuna vaatekauppoihin. Syy tähän on todennäköisesti se, että ravintoloissa pyritään miellyttävämpään ja himmeämpään valaistukseen kuin vaatekaupoissa, joissa valaistusvoimakkuudet ovat hyvin suuria. Lisäksi ravintoloissa ja kahviloissa on paljon muuta kuormaa valaistuksen lisäksi.

Lisäksi ravintolassa 3 on käytetty myös led – valaisimia, jossa onkin tämän kohteen selkeästi alhaisin valaistuksen osuus huipputehosta.

Kohde 6 on päivittäistavarakauppa, jossa on paljon omaa ilmanvaihtoon liittyvää tehonkulutusta. Lisäksi kaupassa on muutama uuni, sekä kylmiöitä ja pakastimia ruuan säilytystä varten.

Kohde 2 on parturikampaamo ja siellä valaistus on tietenkin tärkeässä roolissa.

**Taulukko 16.** valaistuksen osuu huipputehosta 2015: muut liikkeet



### 6.3 Huipputeho vuonna 2015

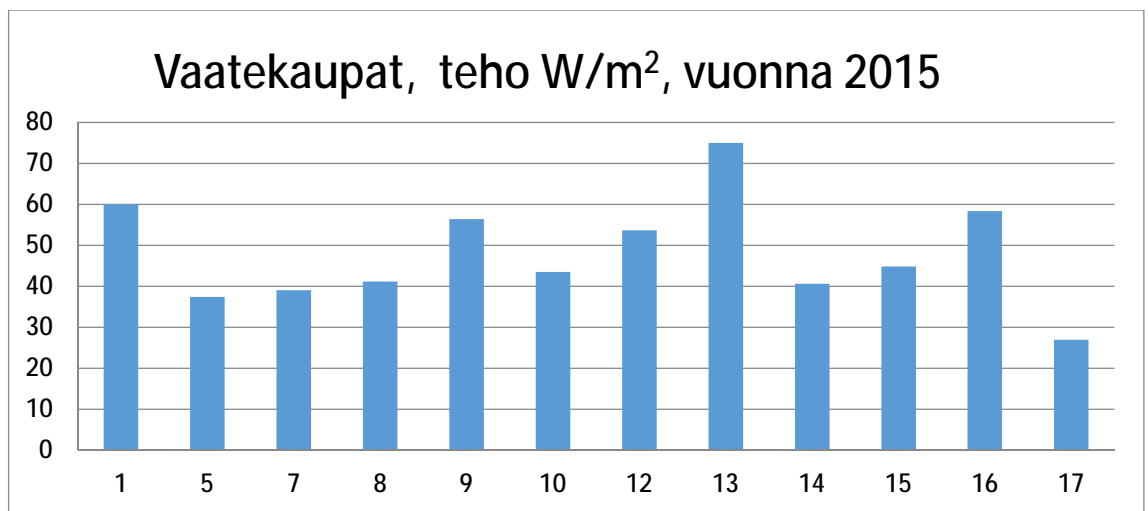
Taulukoissa 17 ja 18 on esitetty liikkeiden huipputeho bruttoneliometriä kohden. Numerot kuvaavat eri liikkeitä. Taulukoiden 17 ja 18 arvot on laskettu kaavalla 7.

#### 6.3.1 Huipputeho 2015: vaatekaupat

Taulukossa 17 on esitetty pystyakselilla vaatekauppojen huipputeho bruttoneliometriä kohden vuonna 2016. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on  $48 \text{ W/m}^2$ . Toisin kuin kohdassa 5.3, niin mittauksia tutkittaessa huomaa, että pienimmän ja suurimman tehon ero ei ole niin suuri kuin vuoden 2007 mittauksissa. Vaikka kohteet 1, 9, 12, 13 ja 16 ovat vaatekauppoja, niissä on suuri huipputeho.

**Taulukko 17.** huipputeho 2015: vaatekaupat

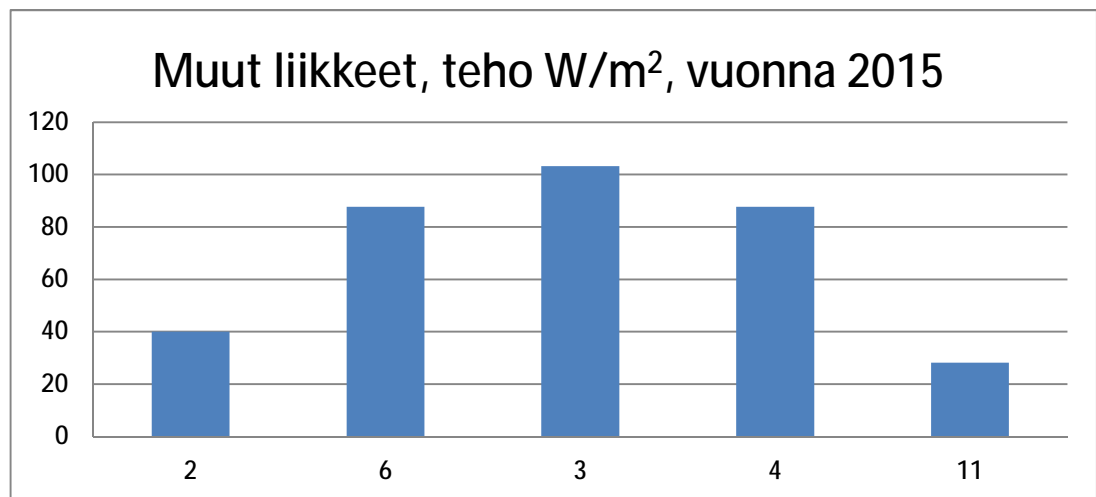


### 6.3.2 Huipputeho 2015: muut liikkeet

Taulukossa 18 on esitetty pystyakselilla muiden liikkeiden huipputeho bruttoneliometriä kohden vuonna 2015. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on  $63 \text{ W/m}^2$ . Kohteet 3 ja 4 ovat ravintoloita ja niissä ja valaistus ei vaikuta merkittävästi neliötehoihin. Niissä neliötehot ovat  $103 \text{ W/m}^2$  ja  $88 \text{ W/m}^2$ . Myös liiketila on 11 ravintola, mutta sen neliötehot ovat alhaisia. Ravintoloissa asennetut laitteet kuten uunit ja muut vastaavat lämmittimet vaikuttavat yleensä selkeästi enemmän huipputehoon verrattuna valaistukseen. Mielestäni kohteessa 6 eli päivittäistavarakaupassa on yllättävän pieni sähkötehonkulutus bruttoneliometriä kohden.

**Taulukko 18.** huipputeho 2015: muut liikkeet



### 6.4 Valaistusteho vuonna 2015

Taulukossa 19 ja 20 on esitetty liikkeiden valaistuksen kokonaisteho bruttoneliometriä kohden. Numerot kuvaavat eri liikkeitä. Taulukoiden 19 ja 20 arvot on laskettu kaavalla 8.

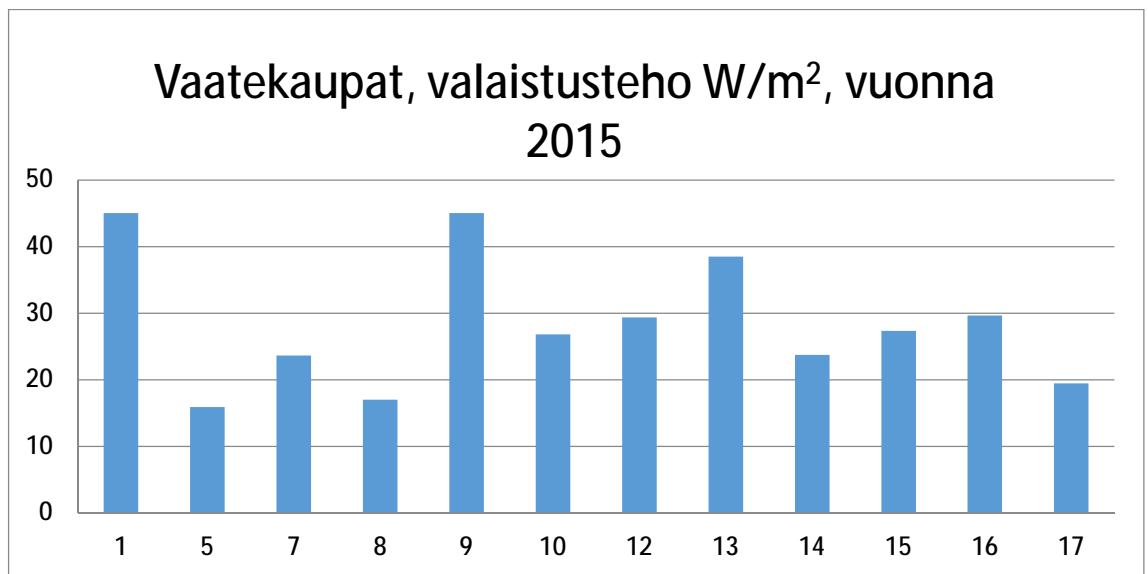
### 6.4.1 Valaistusteho 2015: vaatekaupat

Taulukossa 19 on esitetty pystyakselilla vaatekauppojen valaistuksen kokonaisteho bruttoneliömetriä kohden vuonna 2015. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä

Keskiarvo on 28 W/m<sup>2</sup>. Kohteet 1, 9, 12, 13 ja 16 ovat vaatekauppoja, joissa on runsaasti valotehoa. Valaistus on näissä liikkeissä hoidettu lähinnä virtakiskoihin sijoitetuilla monimetallilampuilla. Nämä energiatehottomat valaistusratkaisut näkyvät selkeästi tässä mittauksessa. Vaatekaupoissa 1 ja 9 on 45 W/m<sup>2</sup>, mitä tulosta voidaan pitää erittäin korkeana. Uskon myös, että joissakin tapauksissa asiakkaat saattavat kokea valon määrän häiritseväksi. Vaatekaupat 5 ja 8 erottuvat tässä mittauksessa selkeästi, vaikka niissä ei ole käytetty pelkästään energiatehokkaampaa led – valaistusta.

Taulukosta huomaa merkittävän tehovaihtelun pienimmän ja isoimman liiketilan välillä. Mielestäni se on silti odottamatonta; asiakkaat tuskin huomaavat tätä eroa. En myöskään usko, että erityisen korkeat valaistustasot kasvattavat liikkeiden myyntiä. Vain sähkölaskut ovat suuremmat.

**Taulukko 19.** valaistusteho 2015: vaatekaupat

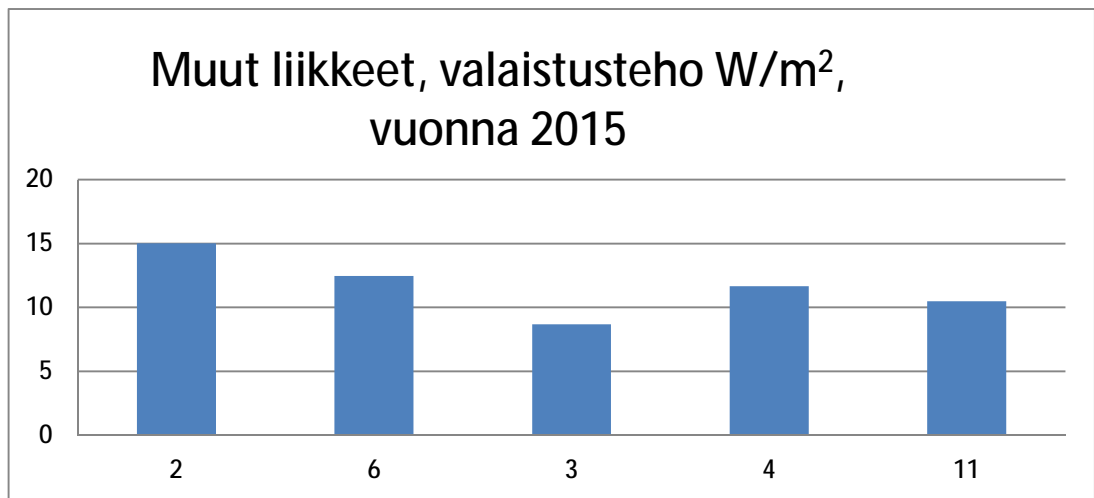


## 6.4.2 Valaistusteho 2015: muut liikkeet

Taulukossa 13 on pystyakselilla esitetty muiden liikkeiden valaistusteho bruttoneliometriä kohden vuonna 2015. Vaaka-akselilla olevat numerot taulukossa kuvaavat eri liikkeitä.

Keskiarvo on vain 12 W/m<sup>2</sup>. Ravintoloissa 3,4 ja 11 on selkeästi alhaisempi valaistusteho neliötä kohden, verrattuna muihin liiketiloihin. Ravintolassa 3 on käytetty led - valaisimia ja siinä valaistusteho on alle 10 W/m<sup>2</sup>, mitä voidaan pitää todella alhaisena tuloksena. Numero 6 kuvaa päivittäistavara kauppaa, jossa on hyvin matala valaistuksen energiankulutus eli selkeästi alle 15W/m<sup>2</sup>, vaikka valaistusta ei ole hoidettu led - valaisimilla. Uskon, että kauppaketjussa on mietitty valaistuksen energiankulutusta.

**Taulukko 20.** valaistusteho 2015: muut liikkeet



## **7 Tulosten vertailu**

Tässä kappaleessa käydään läpi vuosien 2007 ja 2015 mittaukset ja vertaillaan niistä saatuja tuloksia keskenään. Aluksi kohdassa 7.1 esitellään yleisiä eroja ja yhtäläisyyksiä vuonna 2007 ja 2015 suoritetujen mittausten välillä. Kohdassa 7.2 esitellään eroja ja yhtäläisyyksiä vuosien 2007 ja 2015 välillä, aiheena asennetun valaistustehon osuus huipputehosta ja pohditaan syitä tuloksiin. Kohdassa 7.3 esitellään eroja ja yhtäläisyyksiä vuosien 2007 ja 2015 välillä aiheena sähkön huipputeho neliometriä kohden ja kohdassa 8.4 esitellään eroja ja yhtäläisyyksiä vuosien 2007 ja 2015 välillä aiheena asennettu valaistusteho neliönmetriä kohden sekä pohditaan syitä tuloksiin samoissa liikkeissä.

### **7.1 Yleiset huomiot mittausten 2007 ja 2015 välillä**

Taulukossa 18 esitellään pinta-alat liiketilatyypeittäin vuosien 2007 ja 2015 välillä. Tutkimusten välillä oli aikaeroa kahdeksan vuotta. Näiden kahdeksan vuoden välillä suurin muutos on led - valaisimien yleistymisen sähkösuunnittelussa. Tässä kohteessa tuota muutosta ei havaittu niin voimakkaasti, kuin olisi voinut olettaa. Esimerkiksi vuonna 2007 ei ollut yhtään liikettä, jossa oli led - valaisimia ja vuonna 2015 niitä oli kolme 17:sta liikkeestä.

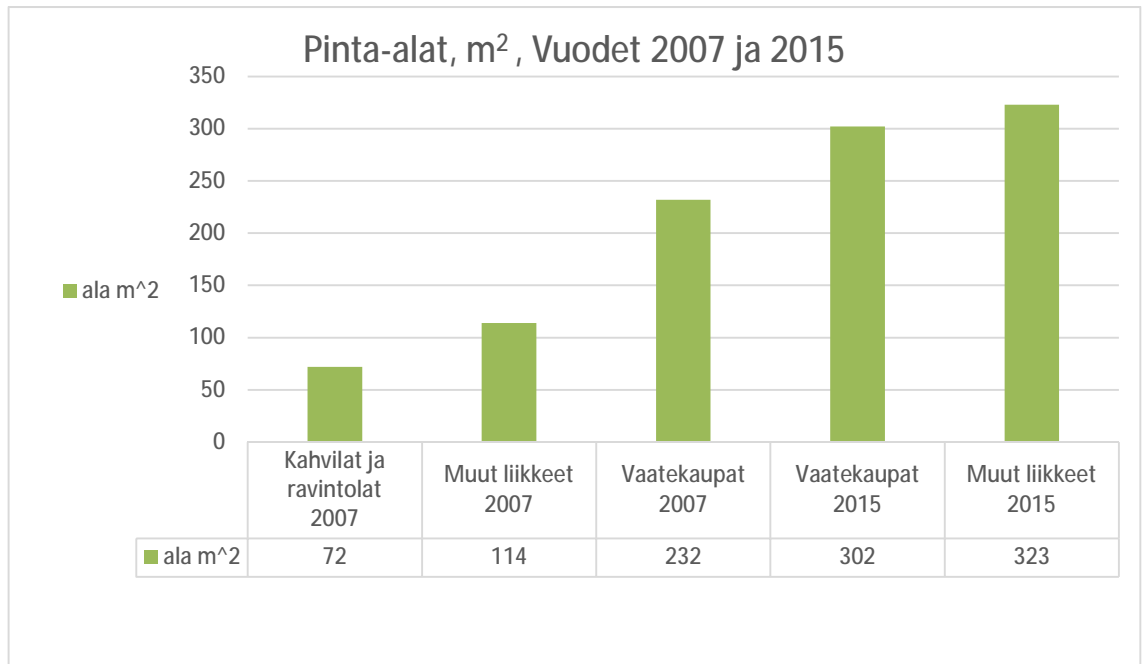
Tärkein huomio ennen tulosten vertailua ovat erot liiketilojen pinta-alojen keskiarvoissa. Vuonna 2015 mittauksessa olleiden liiketilojen pinta-alojen keskiarvot olivat paljon suuremmat. Tästä voidaan tehdä sellainen olettamus, että suuremmat liiketilat ovat olleet taloudellisesti kannattavampia. Toisaalta pinta-alan keskiarvo oli vuoden 2007 kahviloissa ja ravintoloissa paljon suurempi verrattuna vuoden 2015 tilanteeseen, siksi näiden tulosten vertailu ei ole mielestäni järkevää. On kuitenkin todettavissa, että huipputehon keskiarvo on laskenut merkittävästi. Tätä aihetta pohditaan tarkemmin kohdassa 7.3.

Toinen erikoisuus liittyy mielestäni siihen, että vuonna 2007 erot suurimman ja pienimmän neliötehon kesken olivat suuria. Toisaalta vuonna 2015 pienimmän ja suurimman mitatun neliötehon ero oli kohtuullinen. Voin silti suositella tässä diplomityössä esitettyjen keskiarvojen käyttämistä mitoittaessa erilaisten liiketilojen tehontarvetta, jotka on koottu taulukkoihin 22 ja 23, vaikka erot ovat mitattujen tilojen välillä hyvinkin merkittäviä. Erityisesti vaatekauppojen tulokset olivat mielestäni keskenään linjassa ja erittäin vertailukelpoiset.

Taulukossa 21 on esitetty mittauksessa olleiden liiketilojen pinta-alojen keskiarvot. Pystyakselilla on pinta-ala ja vaakakselilla on liiketilatyypit.



**Taulukko 21.** pinta-alat, 2007 ja 2015 vertailu



## 7.2 Vertailu valaistuksen osuudesta huipputehoon mittausvuosien 2007 ja 2015 välillä

Kappaleissa 5.2 ja 6.2 esiteltiin tulokset ja huomiot vuosilta 2007 ja 2015 valaistuksen vaikutuksesta huipputehoon tutkimuksen kohteena olleen kauppakeskuksen liiketiloissa. Vuonna 2007 keskiarvo vaatekaupoissa oli 68 % ja vuonna 2015 Keskiarvo oli 59 %. Eli tulos oli laskenut yli 13 %. Tulosta voidaan pitää mielenkiintoisena. Toisin sanoen valaisimien hyötysuhde oli parantanut enemmän kuin muiden sähkölaitteiden. Kuten kaaviosta 18 huomataan, niin muutokset mittausvuosien välillä olivat selvät. Muutos nähdään esimerkiksi vaatekaupoissa niin asennetun valaistustehon että mitatun huipputehosen osalta bruttoneliometriä kohden. Erityisesti huipputehosen bruttoneliometriä kohden laski 19 W/m<sup>2</sup>, mutta samaan aikaan valaistukseen osuus huipputehosta laski. Kaikki liikkeet, joissa valaistuksen osuus huipputehosta on 50 % tai enemmän, ovat vaatekauppoja. Kaikkien ravintoloiden valaistustehojen osuus huipputehosta ovat alle 50 %. Joidenkin ravintoloiden tapauksessa valaistus ei vaikuta käytännössä lainkaan huipputehohon.

Toinen tärkeä muutos oli, että vuonna 2015 tuloksissa oli liikkeitä, joissa oli käytetty led - valaisimia. Näissä liikkeissä selkeästi pienempi osuus tehonkulutuksesta kului valaistukseen.

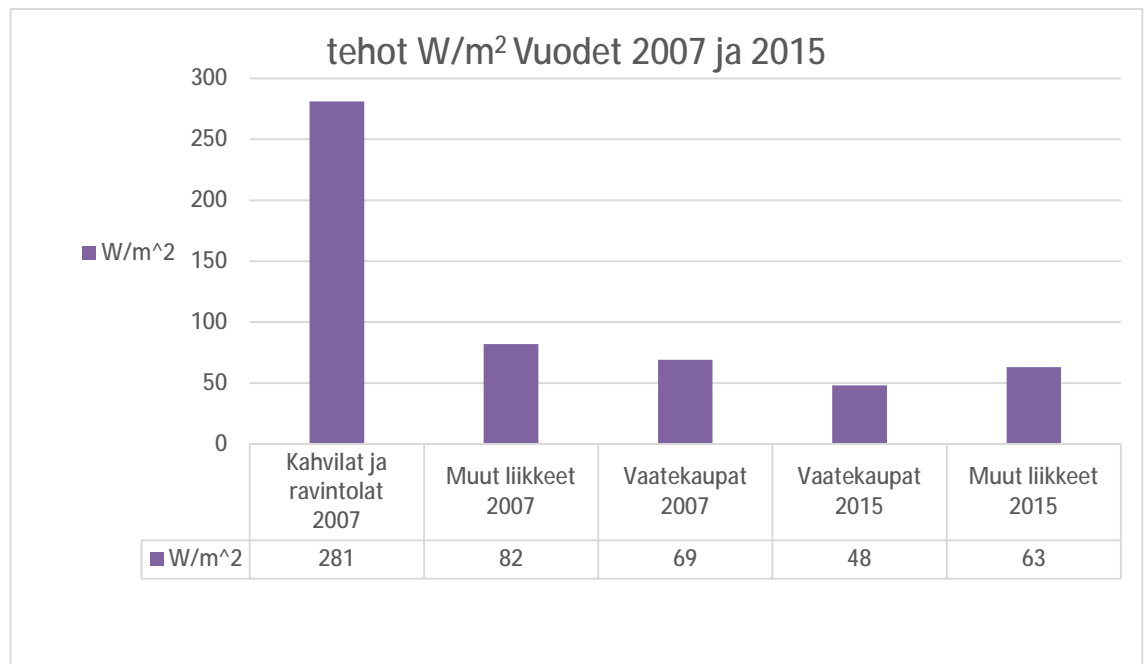
### 7.3 Huipputehon vertailu vuosien 2007 ja 2015 välillä

Kappaleissa 5.3 ja 6.3 esiteltiin tulokset ja huomiot vuosilta 2007 ja 2015 verrattaessa huipputehonkulutusta neliometriä kohden tutkimuksessa olleessa kauppakeskuksen liiketiloissa. Tehot bruttoneliometriä kohden laskivat merkittävästi mittausten välillä. Syitä tähän on vaikea arvioida, mutta yksi huomionarvoinen seikka on, että kauppakeskuksen toiminnan alkuvaiheessa on todennäköisesti ollut sellaisia yrittäjiä, joilla on ollut toimintakonsepti vielä osittain keskeneräinen. Mahdollisesti tästä syystä johtuen huipputehot ovat olleet korkeita.

Toinen tärkeä seikka on, että nykyään laitteet eivät kuluta, niin paljon tehoa kuin ennen. Ympäristöystävällisyys ja erilaiset standardit ovat vaikuttaneet laitteisiin ja laitetehoiin. Laitteiden sähkönkulutuksen hyötysuhteet ovat parantuneet.

Taulukossa 22 on esitetty mittauksessa olleiden liiketilojen huipputehojen keskiarvot bruttoneliometriä kohden. Vaaka-akselilla on liiketilatyypit.

**Taulukko 22.** tehot, vuosien 2007 ja 2015 vertailu

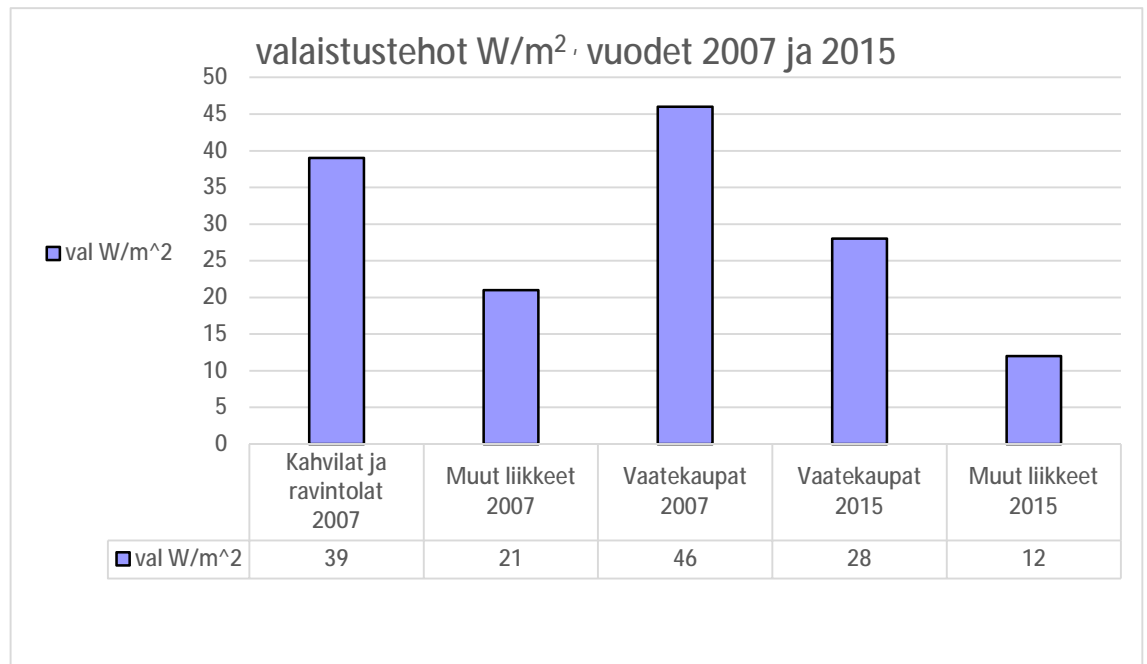


## 7.4 Valaistustehon vertailu mittausvuosien 2007 ja 2015 välillä

Kappaleissa 5.4 ja 6.4 esiteltiin tulokset ja huomiot vuosilta 2007 ja 2015 verrattaessa asennetun valaistuksen tehonkulutusta neliometriä kohden liiketiloissa tutkimuksen kohteena olleeseen kauppakeskukseen. Vuonna 2007 valaistuksen huipputeho neliometriä kohden vaatekaupoissa oli  $46 \text{ W/m}^2$  ja vuonna 2015 se oli  $28 \text{ W/m}^2$ . Vuonna 2007 valaistus oli hoidettu pelkästään joko loistelampuilla tai monimetallilampuilla. Vuonna 2015 oli lisäksi asennettu led - valaisimia. Vuonna 2015 liiketiloissa, joissa oli suuri tehonkulutus bruttoneliometriä kohden, oli vielä käytössä monimetallilamppuja. Vuonna 2015 oli vain kolme liiketilaa, joissa kokonaisteho neliometriä kohden oli yli  $30 \text{ W/m}^2$ . Voi sanoa, että valaistuksen hyötysuhteet neliometriä kohden ovat parantuneet merkittävästi vuosien 2007 ja 2015 välillä.

Taulukossa 22 on esitetty mittauksessa olleiden liiketilojen valaistustehojen keskiarvot bruttoneliometriä kohden. Vaaka-akselilla on liiketilatyypit.

**Taulukko 23.** valaistustehot, vuosien 2007 ja 2015 vertailu



## 8 Johtopäätökset

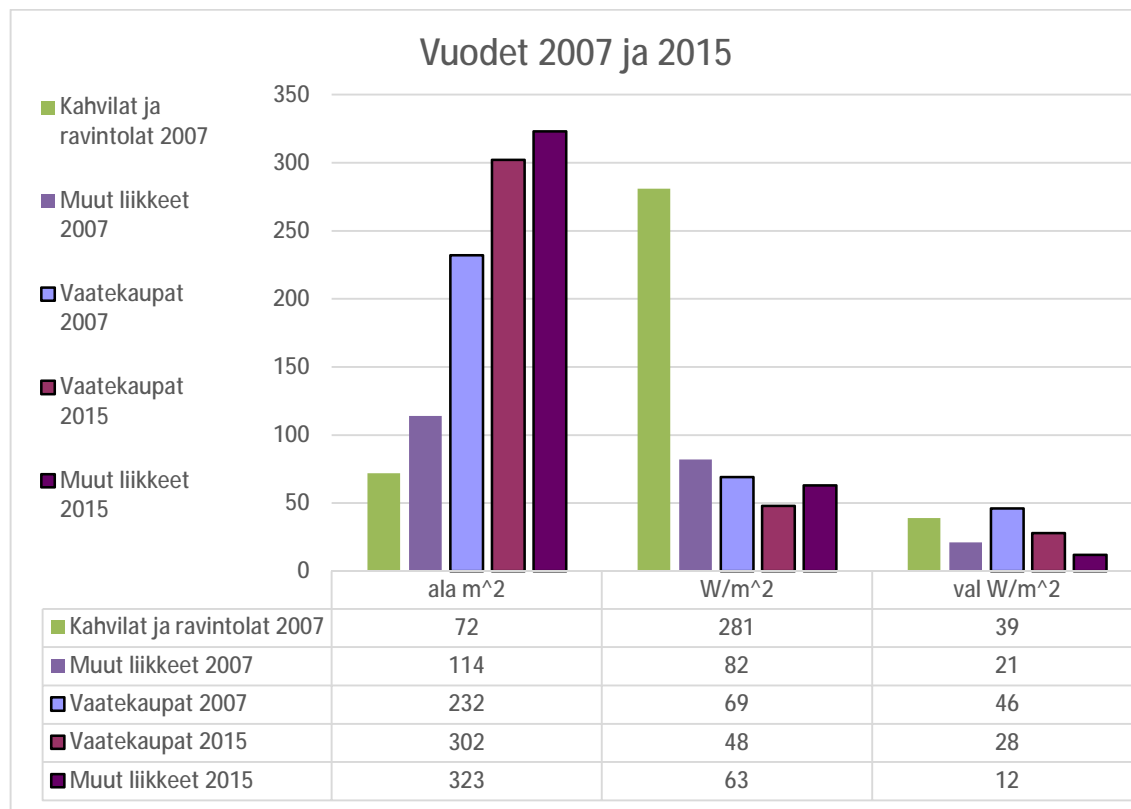
Kauppakeskuksissa on kaksi tärkeää liiketilatyyppeä, joita voidaan tutkia omina ryhminään. Ensimmäinen tyyppi on ravintolat ja kahvilat. Tässä diplomityössä tuli selvitettyä, että ravintoloiden ja kahviloiden valaistus ei vaikuta merkittävästi niiden tehonkulutukseen. Ravintoloiden ja kahviloiden keittiöt ja muut vastaavat laitteet vievät suurimman osan kulutetusta sähkötehosta. Toki joitakin poikkeuksia on. Käytännössä kaikissa muissa liiketilatyypeissä valaistus vaikuttaa merkittävästi niiden sähkötehonkulutukseen. Led -valaisimia oli asennettu muutamiin liikkeisiin, mutta niistä ei voinut tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä.

Toiseen ryhmään kuuluivat liikkeet, joissa valaistus vaikuttaa merkittävästi liiketilojen tehonkulutukseen. Erityisesti vaateliikkeet ovat tällaisia tiloja. Näissä liikkeissä valaistus vaikuttaa merkittävästi huipputehoon ja valaistuksen energiatehokkuus on hyvin tärkeää näissä tapauksissa. Kuitenkin erot erilaisten liikkeiden välillä olivat huomattavia. Näin ollen liikkeistä ei voi antaa tarkkoja ohjeita, jolla voisi arvioida tietyn liikkeen huipputehon.

## 9 Lopputulokset

Tässä diplomityössä käsiteltiin valaistuksen ja laitteiden vaikutusta liiketilojen sähkönkulutukseen. Työssä pyrittiin saamaan laskennallisia keskiarvoja huipputehon laskemiseksi ja niitä myös saatiin. Mielestäni työssä esitettyjä arvoja voi käyttää tilojen huipputehoina, vaikka kauppakeskuksen sähköverkon suunnitteluvaiheessa ei välttämättä edes tiedetä miten erilaiset tilat jaetaan. Tulokset on koottu taulukkoon 24.

**Taulukko 24.** vuosien 2007 ja 2015 vertailu



On kuitenkin hyvä muistaa, että erot erityisesti sähkötehojen osalta erilaisten liikkeiden välillä olivat merkittäviä. Toisin sanoen variaatio eri tilojen kesken oli suurta. Valaistuksessa vuoden 2015 mittauksissa havaitut erot samanlaisten liiketilantyyppien kesken tosin eivät olleet enää huomattavia. Lisäksi erot vuosien 2007 ja 2015 välillä olivat merkittäviä. Työssä saatiin koottua mielenkiintoista aineistoa eri liiketilojen ja erilaisten liiketilantyyppien huipputehonkulutusten ja valaistuksen tehonkulutusten osalta.

Työssä tuli selvitettyä, että pelkästään pinta-alaa tarkastelemalla ei voi arvioida tietyn liiketilan huipputehoa. Liiketilat, jotka myyvät vaatteita kuluttavat selkeästi vähemmän sähköä kuin muut liiketilat. Esimerkiksi Ravintoloissa, kahviloissa ja päivittäistavarakaupoissa on paljon muuta sähköä kuluttavaa kuormaa. Voi olla, että näissä liiketiloissa valaistuksen osuus on alle 10 % kokonaishuipputehosta. On arvioitava, että valaistuksen muuttaminen energiatehokkaammaksi ei vaikuta oleellisesti sähkölaskuun. Myös osassa vaateliikkeitä oli muuta sähkökuormaa, joka alensi valaistuksen osuutta huipputehosta.

Tässä diplomityössä esiteltiin sähkö - ja valaistustehon mittaustuloksia liiketiloissa. Tuloksia voi mielestäni käyttää liiketilojen huipputehon laskemiseen, kunhan vain huomioidaan erilaisten liiketilatyypin keskinäiset erot. Toisaalta tulokset olivat merkittävästi erilaisia samantyyppisten liiketilojenkin kesken.

## 10 Jatkoimenpiteet

Erilaisten valistusteknologioiden erot olivat merkittäviä. Liiketoimissa oli havaittavissa ehkä yllättäenkin vähän led - valaisimia. Toisaalta led - valaisimet ovat tulleet riittävän tehokkaiksi vasta viime vuosina. Led - teknologiaa käyttävät valaisimet ovat paljon energiatehokkaampia esimerkiksi monimetallilamppuihin verrattuna. Kauppakeskukset tai vuokranantajat voisivat pakottaa vuokralaiset käyttämään led - valaisimia.

Tässä diplomityössä olleessa kauppakeskuksessa oli yllättävän vähän liikkeitä, jotka käyttivät led - valaisimia. Näin ollen led - valaistuksen vaikutusta liiketoimien sähkönkulutukseen ei voitu todentaa. Tämän takia voisi tehdä tutkimuksen uudestaan 5-10 vuoden päästä, kun led - valaisimet ovat yleistyneet. Tämän tutkimuksen lähtökohtana voisi olla esimerkiksi " Led - valaistuksen vaikutus liiketoimien sähkönkulutukseen".

Tässä diplomityössä ei mitattu liiketoimien valaistustasoja. Mielestäni tällainen tutkimus voisi olla myös mielenkiintoinen: missä olisi mitattu valaistustasoja, värinvalaistusta, häikäisyä ja tehokulutusta yhdessä. Toisaalta, pelkästään valistusvoimakkuusmittaukset tutkimuksessa olleissa liiketoimissa olisivat mielenkiintoisia. Voitaisiin verrata tehokulutusta ja siitä saatavaa hyötyä.

## 11 Lähdeluettelo:

[1] European Commission. "Europe 2020." Internet: [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm), [9.11.2015]

[2] laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013, Internet  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>  
[16.11.2015]

[3]LEED sertifikaatti, 2014 julkaisu, Internet  
<http://www.usgbc.org/LEED>  
[9.11.2015]

[4]Sylvania, valaisinkatalogi, Internet:  
<https://assets.sylvania.com/assets/documents/Public%20Mercury%20Quantity%20in%20Lamps%20for%20General%20Light.1b882b8b-1f18-41d3-b4f8-539dcd204b1d.pdf>  
[9.11.2015]

[5] vuoden 2012 D5 rakentamismääräyskokoelma, Internet  
[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)  
[9.11.2015]

[6] vuoden 2012 D3 rakentamismääräyskokoelma  
[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)  
[9.11.2015]

[7] vuoden 2007 D5 rakentamismääräyskokoelma, Internet,  
[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)  
[9.11.2015]

[8] SFS-EN standardit yleisesti, Internet  
<http://www.sfs.fi/>  
[9.11.2015]

[9] SFS-EN 15193 Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. standardi

[10] SFS-EN 12464-1 Valo ja Valaistus. Työkohteiden valaistus. Standardi.

[11] ST - kortti 13.31 RAKENNUKSEN SÄHKÖVERKON JA LIITTYMÄN MITOITTAMINEN

[12]Kauppakeskukset, Suomen Kauppakeskusyhdistys ry, c/o RAKLI ry julkaisu  
Internet  
<http://www.kauppakeskusyhdistys.fi/attachements/2015-03-20T15-06-1748.pdf>  
[9.11.2015]



[13] Lovaton mittausjärjestelmä. Esite, Internet  
[http://media.klinkmann.fi/pdf/fi/einfo-9-2010/Lovato\\_Energy\\_Meters\\_fi\\_0610%20\(2\).pdf](http://media.klinkmann.fi/pdf/fi/einfo-9-2010/Lovato_Energy_Meters_fi_0610%20(2).pdf)  
[9.11.2015]

[14] Diplomityö: Johannes Raunio, hehkulamppujen korvaaminen sisävalaistuksessa, 2010, Aalto-yliopisto

[15] Valaistustekniikka, L. Halonen ja J. Lehtovaara. ISBN 951-672-145-1

[16] monimetallilamppu, Internet  
[http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK\\_Valaistustekniikka.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf)  
[9.11.2015]

[17] Osramin ohje ja katalogi, Internet  
[http://www.osram.fi/osram\\_fi/tuotteet/lamput/kaasupurkauslamput/keramiset-monimetallilamput/powerball-hci-t/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/lamput/kaasupurkauslamput/keramiset-monimetallilamput/powerball-hci-t/index.jsp)  
[9.11.2015]

[18] Insinööriö: Jarkko Koivula, Led-valaistuksen takaisinmaksuaika, 2013  
Tampereen ammattikorkeakoulu.