



# Rakennusten sähköenergian vuosikulutukset

Lasse Näveri

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2021

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

NÄVERI, LASSE:

Rakennusten sähköenergian vuosikulutukset

Opinnäytetyö 62 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2021

---

Erilaisten uudisrakennusten sähköenergiankulutuksia ei yleensä tiedetä ja niitä on hankala arvioida. Tämän takia suunnittelutyössä vertaillaan samantyyppisten rakennusten sähkökulutuksia. Vertailujen avulla nähdään tietyyntyyppisen rakennuksen kulutusten suuruusluokka.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin tyypillinen sähköenergiankulutus erilaisille rakennuksille. Rakennusten sähkökulutuksia selvitettiin kirjallisten aineistojen pohjalta sekä työn toimeksiantaja Karawatski Oy:n yhteistyökumppaneilta saatujen rakennusten kulutustietojen avulla.

Opinnäytetyön edetessä huomattiin, ettei varsinkaan julkisten rakennusten sähköenergiankulutuksista ole tehty paljoa tutkimuksia tai ohjeistuksia. Tämän vuoksi tärkeämpään rooliin nousi yhteistyökumppaneilta saadut kulutustiedot. Kulutustiedot koskivat pääasiassa päiväkoteja ja kouluja. Näiden tietojen avulla eri rakennustyypeille saatiin ominaissähkökulutukset. Lisäksi työssä tutkittiin, onko kohteen sijainnilla, rakennusvuodella ja rakennuksen tilavuudella merkitystä ominaiskulutuksiin.

Tutkimuksessa saatuja ominaissähkökulutusarvoja voidaan käyttää sähkösuunnittelutyössä apuna. Ominaissähkökulutuksia vertailtiin Motivan tekemän tutkimuksen kanssa ja tuloksiksi saatiin suuruusluokiltaan samankaltaisia arvoja. Tutkimus auttaa ymmärtämään, paljonko kyseinen rakennus kuluttaa tyypillisesti sähköä. Tulee muistaa, ettei yksikään rakennus ole samanlainen, joten suunniteltavien kohteiden kulutukset voivat vaihdella tuloksien arvoista.

---

Asiasanat: sähköenergiankulutus, sähkösuunnittelu, ominaiskulutus

## **ABSTRACT**

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

NÄVERI, LASSE:  
Yearly Electricity Consumptions of Buildings

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 2 pages  
April 2021

---

The consumption of electricity is usually unknown, and it is difficult to estimate in new buildings. For this reason, the electricity consumptions are compared with other consumptions of similar buildings.

The purpose of this thesis was to find typical electricity consumptions for different buildings. The consumptions were studied with two different methods. The first method was to examine various written sources. In the second method, Karawatski Ltd, the client of this thesis, sent consumption data from different buildings.

One result of this thesis was that not much research has been made on the electricity consumptions of public buildings. Therefore, the consumption data from the client became even more important. The data was used to obtain specific electricity consumptions for kindergartens and schools. In addition, the study examined whether the location of the building, the year of construction and the volume of the building have a bearing on the specific consumption.

Electricity consumptions were compared with a study conducted by Motiva, and the results were similar in magnitude. Therefore, the specific electricity consumption values of this study can be used in electrical planning. This research helps to understand how much electricity a building typically consumes. However, it should be remembered that buildings are not similar. That is one reason why the consumption of the planned building may vary from the values of the results.

---

Key words: consumption of electricity, electrical planning, specific consumption

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	RAKENNUSTEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS .....	8
	2.1 Yleistä .....	8
	2.2 Rakennusten energiantarve .....	9
	2.3 Energiatehokkuus .....	10
	2.3.1 Energiaselvitys .....	11
	2.4 Kiinteistön sähkönkulutukseen vaikuttavat tekijät .....	12
	2.5 Erilaiset sähkökuormat .....	14
	2.5.1 Huoneistokohtaiset sähkökuormat .....	14
	2.5.2 Kiinteistökohtaiset sähkökuormat .....	17
	2.5.3 Muut rakennukset .....	19
	2.6 Energiatarkastus .....	20
3	LASKENNALLINEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS .....	21
	3.1 Rakennuksen huipputehon määrittäminen .....	23
	3.1.1 Asuinrakennukset .....	24
	3.1.2 Muut rakennukset .....	28
	3.2 Sähköjärjestelmien tehon tarve .....	29
	3.2.1 Valaistus .....	29
	3.2.2 Ilmanvaihto .....	32
	3.2.3 Sähkölämmitykset .....	33
	3.2.4 Muut LVI-laitteet .....	34
	3.2.5 Kojeet ja laitteet .....	35
	3.2.6 Sähköautojen latausjärjestelmät .....	38
4	KOYTEIDEN TOTEUTUNEET SÄHKÖENERGIANKULUTUKSET .....	41
	4.1 Kohteet .....	41
	4.1.1 Hyvinkään kaupungin kohteet .....	41
	4.1.2 Turun kaupungin kohteet .....	41
	4.1.3 Helsingin kaupungin kohteet .....	42
	4.1.4 Senaatin kohteet .....	42
	4.2 Ominais­sähkönkulutukset .....	42
	4.3 Tulokset ja niiden vertailu .....	46
	4.3.1 Paikkakunnan mukaan .....	47
	4.3.2 Rakennusvuoden mukaan .....	50
	4.3.3 Tilavuuden mukaan .....	52
5	POHDINTA .....	56
	LÄHTEET .....	58

LIITTEET .....	61
Liite 1. Yhteistyökumppaneiden lähettämät kohteiden kulutukset.....	61
Liite 2. Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011-2017 (Motiva, 2017).	62

**LYHENTEET JA TERMIT**

EEI	Energy Efficiency Index, energiatehokkuusindeksi
kWh	Kilowattitunti, energian yksikkö, joka kertoo kilowatin tehoa tunnin aikana
kWh/m <sup>3</sup>	Kilowattitunti kuutioneliötä kohden, rakennuksen sähkönkulutusta kuutiometriä kohden kuvaava luku
LENI	Light Energy Numeric Indicator, rakennuksen valaistusenergiaa kuvaava luku (kWh/m <sup>2</sup> /vuosi)
SFP	Specific Fan Power, ilmanvaihdon sähkötehokkuus (kW/(m <sup>3</sup> /s))
TWh	Terawattitunti, energian yksikkö, joka kertoo terawatin tehoa tunnin aikana
YMa	Ympäristöministeriön asetus

## 1 JOHDANTO

Erilaisten rakennusten sähköenergian kulutuksista ei ole paljoa julkista tietoa saatavilla. Esimerkiksi koulut ja päiväkodit kuuluvat yleisesti kaupunkien omistukseen, joten niiden energiankulutukset eivät ole kaikkien saatavilla. Kun suunnitellaan uudisrakennuksen sähkönkulutusta, on vaikea tietää tarkalleen paljonko rakennus tulee kuluttamaan sähköä. Tällöin joudutaan arvioimaan sähkönkulutusten määrää. Arvioimalla kulutuksia ne voivat olla hyvinkin paljon pielessä. Jos eri rakennusten sähköenergian kulutukset olisivat julkisia, suunnittelijat voisivat käyttää niitä vertailukohteina saman tyyliin rakennuksiin.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on sähköinsinööri-toimisto Karawatski Oy. Karawatski Oy tekee muun muassa sähkö- ja telesuunnittelua sekä erilaisten kohteiden valaistussuunnittelua. Heidän päätoimistonsa sijaitsee Naantalissa, mutta heillä on toimipiste myös Helsingissä. Karawatski Oy:n toimitusjohtaja Iiro Karawatskin avulla työhön on saatu kulutustietoja yhteistyökumppaneilta.

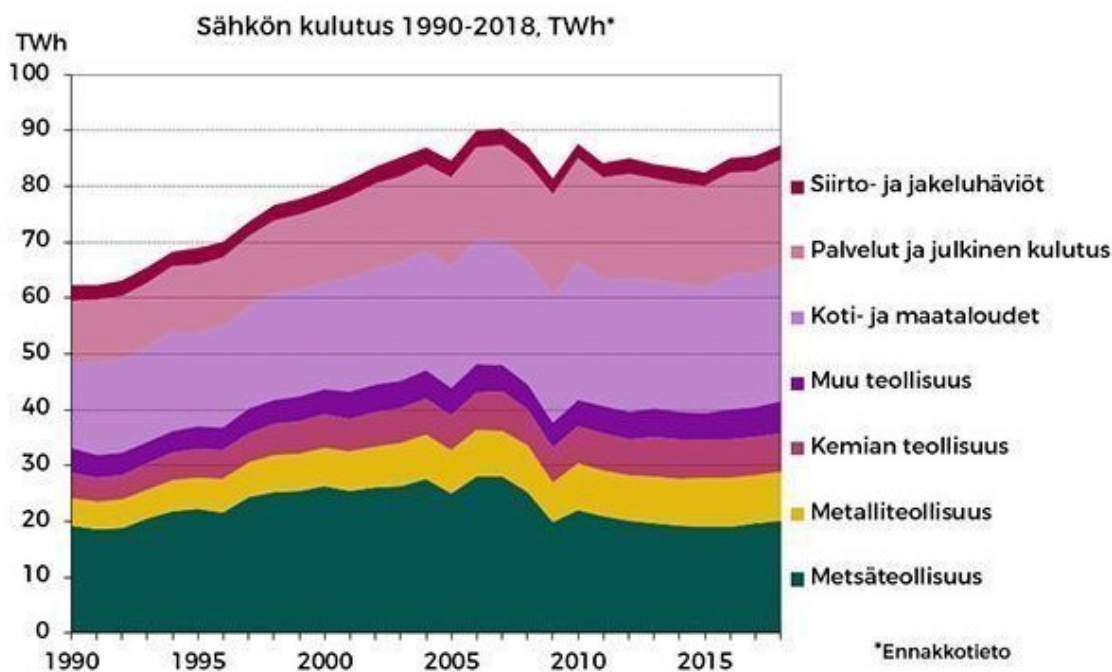
Työn tavoitteena on selvittää erilaisten rakennuksien ja kiinteistöjen sähköenergiankulutuksia. Opinnäytetyössä pyritään löytämään kirjallisuutta sähköenergian kulutuksista sekä niiden laskennasta. Haasteena on näiden lähteiden vähäisyys. Opinnäytetyössä käydään läpi energiakulutuksiin vaikuttavat tekijät ja miten erilaisten järjestelmien ja laitteiden tehon tarve voidaan arvioida ja laskea.

Kirjallisten aineistojen lisäksi tutkitaan ja vertaillaan oikeiden rakennusten sähköenergian kulutuksia. Opinnäytetyötä varten saadaan muun muassa koulujen ja päiväkotien vuosittaisia sähkönkulutuksia. Kohteiden kulutustietoja on saatu Hyvinkään, Turun ja Helsingin kaupungeilta sekä Senaatilta. Kohteiden nimet pidetään anonyymeina, yhteistyökumppaneiden toiveiden mukaan. Kulutustietoja vertaillaan ensin kaupunki kohtaisesti vuosina 2018–2020. Tämän jälkeen rakennuksien kulutuksia vertaillaan myös sijainnin, rakennusvuoden ja rakennuksien tilavuuksien mukaan. Tarkoituksena on tutkia, onko edellä mainituilla tekijöillä vaikutusta sähkönkulutuksiin. Näin ollen saadaan suuruusluokka ja kokonaiskuva päiväkotien ja koulujen tyypillisistä kulutuksista, joita voidaan käyttää tulevaisuudessa suunnittelutyössä apuna.

## 2 RAKENNUSTEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

### 2.1 Yleistä

Vuosittainen kokonaissähkönkulutus suomessa vuonna 2018 oli noin 90 TWh, kuten kuviosta 1 nähdään (KUVIO 1). Kyseisenä vuonna kulutus asukasta kohden oli 15,8 MWh. Sähkönkulutus on noussut 1990-luvulta lähtien aina 2008 vuoteen saakka, jonka jälkeen kulutus on vaihdellut 80 TWh:n ja 90 TWh:n välillä. Erilaiset teollisuuslaitokset käyttävät 53 % Suomen kokonaissähkönkulutuksesta, kiinteistöt 44 % ja loput 3 % energiasta kuluvat siirto- ja jakeluhäviöihin. Sähkönkulutus on suoraan verrannollinen käytetyn tehon ajan suhteen. Kiinteistöissä energiankulutus jaetaan lämpöenergian- ja sähkönkulutukseen. Sähkönkulutus on osuudeltaan hieman pienempi, kuin lämpöenergiankulutus. (Sähkön hankinta ja kulutus, 2020.)



KUVIO 1. Sähkön kulutus suomessa 1990–2018, TWh (Sähkön hankinta ja kulutus, 2020)



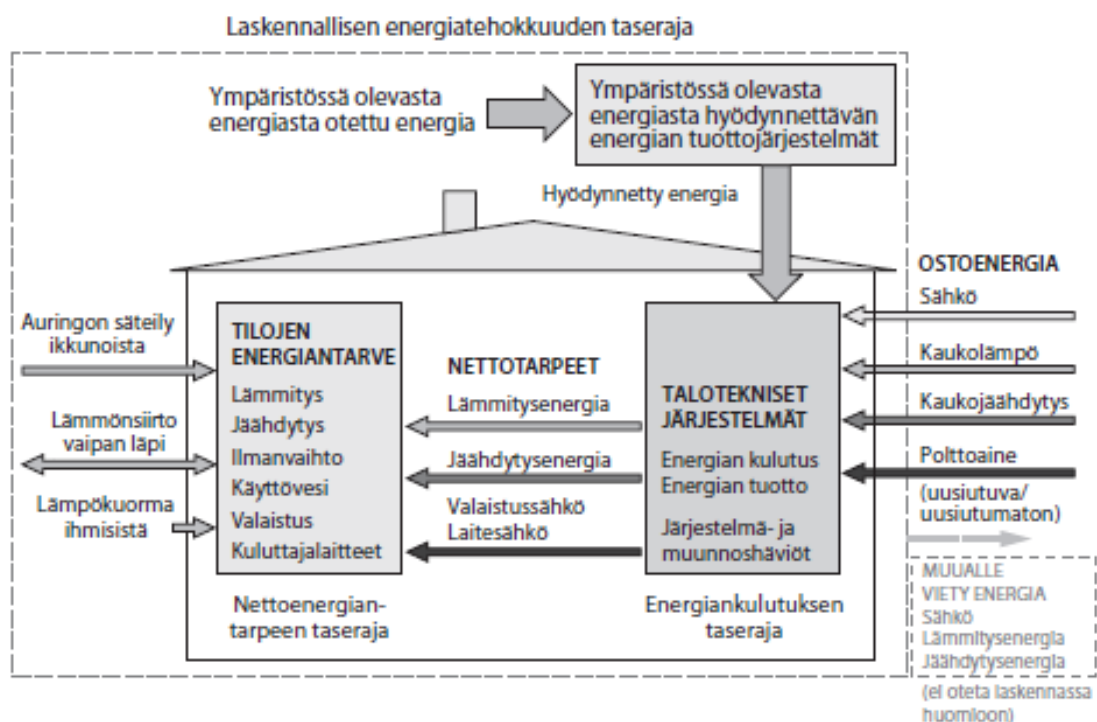
## 2.2 Rakennusten energiantarve

Rakennukset tarvitsevat lämpö- ja sähköenergiaa, jotta rakennuksesta saadaan viihtyisä ja toimiva kokonaisuus. Lämpöenergiaa käytetään tilojen ja ilmanvaihdon tuloilman sekä veden lämmittämiseen. Sähkönenergiaa käyttävät kaikki erilaiset sähköiset järjestelmät ja laitteet kuten valaistus ja LVI-järjestelmät. Energiaa kuluu myös tilojen ja tuloilman jäähdyttämiseen kesäisin.

Kuviosta 2 nähdään mistä tekijöistä rakennuksen energiantarve muodostuu. Energiantarve muodostuu:

- nettoenergiantarpeesta
- taloteknisten järjestelmien energiankulutuksesta
- rakennukseen kuuluvien laitteistojen kulutuksesta
- ympäristöstä vapaasti hyödynnettävistä energioista
- muista paikallisista energian tuotoista.

(Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018.)



KUVIO 2. Rakennuksen energiantarpeen muodostuminen (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018)

Rakennustyyppi vaikuttaa suuresti energiankulutuksen jakautumaan, koska rakennuksilla on eri käyttötarkoituksia ja käyttäjämääriä. Tämän takia yksittäisen

rakennuksen energiankulutusta tarkasteltaessa, tulisi sitä verrata samanlaisten rakennustyyppien kanssa. On kuitenkin huomioitava, ettei kahta täysin samanlaista rakennusta energiankäytöltään ole. (Heiskanen, 2018.)

### 2.3 Energiatehokkuus

Ympäristöministeriön asetuksessa (1010/2017, 32 §) edellytetään parempaa energiaterhokkuuden suunnittelua uusille rakennuksille. Asetuksessa mainitaan, että suunnittelussa on huomioitava mahdollisuudet sähkön huipputehojen tarpeiden pienentämiseen ja sähkön ohjauksien parantamiseen. Asetuksella toimeenpannaan energiaterhokkuusdirektiiviä ja samalla pyritään edistämään Suomen omia tavoitteita energiaterhokkuuden osalta. (YMa 1010/2017,2017.)

Koko Euroopassa noin 40 % energiasta kuluu erilaisissa rakennuksissa, ja tästä määrästä 70 % kotitalouksissa. Energiaterhokkuutta parantamalla voitaisiin energian käyttöä pienentää viidenneksellä nykyisestä kulutuksesta. (ST-ohjeisto 15, 2017.)

Energiaterhokkuus koostuu monesta pienestä tekijästä. Tehokkuuteen vaikuttaa rakennuksen tekninen toteutus, käyttäjät, käyttöajat sekä huollon osaaminen. Vaikka rakennuksen tekniset ratkaisut ovat tärkeässä roolissa energiaterhokkuuden kannalta, tulee tarkastella myös, kuinka käyttäjät toimivat ja millaisia resursseja huoltoja varten on. Huoltohenkilöiden ammattitaidon ylläpitämistä ja järjestelmätuntemusta tulisi harjoittaa enemmän. Iso osa energiaterhokkuuteen vaikuttavista tekijöistä ovat käyttäjien käyttötottumukset. Uusista hienoista ohjausjärjestelmistä ja laitteista ei ole juurikaan hyötyä, jos niiden käyttöä laiminlyödään tai niitä ei käytetä suunnitellulla tavalla. Tämän vuoksi rakennuksen omistajan, kiinteistöhuoltoyhtiön ja tilankäyttäjän tulisi yhdessä käydä riittävät perehdytykset kiinteistön järjestelmiin, ja sopia aktiivisesta tiedonvaihdosta. (Jalli, 2017.)

Hankesuunnitteluvaiheessa on jo hyvä käsitellä energiankäyttöä ja -tehokkuutta kokonaisuutena. Kun taloteknisiä ratkaisuja pystytään suunnittelemaan jo aikaisessa vaiheessa, voidaan energiankulutuksen tavoitetasoon, energiankulutuksen seurantaan ja energian hankinnan vaihtoehtoihin perehtyä tarkemmin. Elin-

kaarisuunnittelijan ympäristöluokitusjärjestelmän hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa edesauttaa erilaisten energiatehokkaiden ratkaisujen huomioon ottamista sekä niiden vaikutusten analysointia. (Energiatehokas käyttö, 2012.)

Myös rakennusten käytöstä ja ylläpidosta vastaavat työntekijät ja henkilöt on tärkeä ottaa mukaan suunnitteluvaiheessa, jotta he saavat tarkemman ja kokonaisvaltaisemman kuvan kiinteistön järjestelmistä. Kun henkilöstöllä on ollut mahdollisuus perehtyä ajoissa erilaisiin energiaratkaisuihin, niitä osataan käyttää tarkoituksenmukaisesti, eikä työaikaa kulu niin paljoa järjestelmien opetteluun. Käyttö- ja ylläpito henkilöstön perehdyttäminen on varsinkin tärkeää, jos on kyse isommasta ja monimutkaisesta rakennuskokonaisuudesta. Monissa kiinteistöissä on voitu ulkoistaa järjestelmien huollot. Tällöin on hyvä kiinnittää käyttö- ja ylläpito toimintoja suunnitteluvaiheen dokumentointeihin, jotta ulkopuolisilla on myös pääsy järjestelmien tietoihin ja ominaisuuksiin. (Energiatehokas käyttö, 2012.)

### **2.3.1 Energiaselvitys**

Rakennuslupavaiheessa on esitettävä energiatehokkuusvaatimusten täyttyminen energiaselvityksellä. Energiaselvitykseen kirjataan arviot vuosienergiankulutuksesta, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehosta ja kesäaikaisesta huonelämpötilasta. Energiaselvityksessä tehdään energiatodistus, jolla pyritään näyttämään rakennuksen energiatehokkuus mahdollisimman yksinkertaisesti. Energiatodistus on vuodesta 2008 asti ollut käytössä kaikessa uudisrakentamisessa. Vuodesta 2009 alkaen se alkoi koskea myös suuria rakennuksia ja uusia pientaloja vuokra- ja myyntitilanteissa. (Energiamääräykset ja energiaselvitys pähkinäkuoressa, 2014.)

Jos lupavaiheen energiaselvityksen avulla tehtyihin suunnitelmiin on tullut muutoksia, tulee energiatodistusta päivittää ennen rakennuksen käyttöönottoa. Energiaselvityksen laskelmien tulokset perustuvat kiinteistön vakioituun käyttöön, jolloin kulmakivenä ovat vakioidut käyttöajat sekä laskennalliset tehontarpeet. Selvityksessä keskitytään vain rakennuksen sisäpuoliseen energiankulutukseen, joten suuret laiteryhvät, kuten kiukaat ja sähköauton lataukset jäävät selvityksen ulkopuolelle. Energiatehokkuuslaskennalla ei suoraan kuitenkaan nähdä, millai-

nen rakennuksen energiantarve oikeasti on. E-luvustakaan ei voida suoraan päätellä kiinteistön energian käytön ajoitusta tai tehotarpeita, koska eri energiamuodoilla on omat energiamuotokertoimet, joilla E-luku määritellään. Näiden haasteiden takia energiatehokkuustavoitteet ja -ohjaus voivat johtaa rakennuksien suurempiin tehontarpeisiin sekä heikentää kiinteistön järjestelmän kokonaisresurssitehokkuutta. (Kallioharju, Harsia, Kortetmäki, Kojo & Järventausta, 2019.)

## 2.4 Kiinteistön sähkönkulutukseen vaikuttavat tekijät

Kiinteistön sähkönenergiankulutukseen vaikuttaa monet tekijät. Yksi suurimmista tekijöistä on rakennuksen käyttö. Sähkönkulutus on suuremmillaan silloin kun kiinteistössä ollaan ja sitä käytetään. Käyttöajat vaihtelevat eri kiinteistötyyppien mukaan. Toimistoissa ja liikerakennuksissa energiaa kuluu yleensä eniten arkipäivisin, kun taas asuinrakennuksissa viikonloppuiltaisin. Viikonpäivät voidaan jaotella niiden ominaissähkönkulutuksen mukaan arkipäiviin, lauantaihin ja pyhäpäiviin, koska näillä kaikilla on erilainen käyttöprofiili. Rakennusmääräyksessä D3 on esitetty taulukko (TAULUKKO 1), josta nähdään eri kiinteistötyyppien standardikäyttö.

TAULUKKO 1. Rakennustyyppien standardikäyttö (Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. D3, 2012)

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste
		h/24h	d/7d	
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00–24:00	24	7	0,6
Asuinkerrostalo	00:00–24:00	24	7	0,6
Toimistorakennus	07:00–18:00	11	5	0,65
Liikerakennus	08:00–21:00	13	6	1
Majoitusliikerakennus	00:00–24:00	24	7	0,3
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00–16:00	8	5	0,6
Liikuntahalli	08:00–22:00	14	7	0,5
Sairaala	00:00–24:00	24	7	0,6

Taulukosta 1 nähdään eri rakennustyyppien käyttöajat ja käyttöasteet yhden vuorokauden aikana. Käyttöaste kuvastaa rakennuksen energiankulutuksen käyttöä ja ihmisen läsnäoloa käyttöajan aikana. Näiden tietojen avulla voidaan päätellä, milloin rakennusta käytetään eniten, ja näin ollen arvioida rakennuksen sähkönkulutusta. Esimerkiksi päiväkotien sähkönkulutus on pienimmillään arkisin kello 16.00 jälkeen ja viikonloppuisin.

Rakennusten sähkönkulutus voi vaihdella paljonkin eri vuodenaikojen ja vuorokaudenaikojen mukaan. Ulkolämpötila vaikuttaa suuresti sähkönkulutukseen varsinkin, jos kiinteistössä käytetään sähkölämmitystä. Talvella kylmät ulkolämpötilat nostavat lämmitysten sähkönkulutusta huomattavasti enemmän kuin kesällä. Kesällä energiaa kuluu taas tilojen jäähdytyksiin, kun kuumana kesäpäivänä ilmalämpöpumput ja jäähdytyskoneet puhaltavat jatkuvasti. Toinen huomattava tekijä vuodenaajoilla on valaistukseen. Talvella valoisa aika on melko lyhyt. Tämän takia ulkoa tulevaa valoa ei voida hyödyntää kiinteistöjen valaistuksessa samalla tavalla kuin kesäisin. Kesällä valoa riittää melkein koko vuorokaudeksi, jolloin sisällä valaistusta voidaan pienentää tai sammuttaa kokonaan. Esimerkiksi Tampereella tammikuussa valoisan ajan pituus on noin kuusi tuntia ja kesäkuussa 19,5 tuntia. (Paivyri, 2021.)

Sähkönkulutukseen vaikuttaa myös, kuinka sähkölaitteita käytetään. Sähkölaitteet ja -järjestelmät käyttäytyvät eri tavalla. Tietyt laitteet ovat koko ajan päällä täydellä teholla, joitakin käytetään hetkellisesti ja sammutetaan käytön jälkeen ja jotkin laitteet kuluttavat vähän energiaa lepotilassa, kun niitä ei käytetä. Esimerkkinä verrataan liikerakennuksen valaistuksen ja kopiokoneen käyttöä. Liikerakennuksessa yleistentilojen valaistus on yleensä päällä koko vuorokauden käyttöajan läpi, joten sen sähkönkulutus on suurta. Kopiokonetta käytetään hetkellisesti ja muina aikoina se on sammutettuna tai virransäästötilassa, joten sen sähkönkulutus on vain hetkellistä.

Ihmisen tarpeet ja käyttötottumukset ovat myös isossa osassa sähkönkulutuksen kannalta. Ihmiset ovat erilaisia ja joillekin esimerkiksi valaistuksen sammuttaminen tilasta lähtiessä tulee luonnostaan, toisilta se voi unohtua. Ihmisten vaikutusta energiankäyttöön pyritään optimoimaan automaation ja erilaisten ohjausjärjestelmien avulla. Nykyään on saavutettu suuria säästöjä energiankulutukseen

tarpeenmukaisella valaistuksella muun muassa toimistojen yleisiloissa, joissa käyttöaste vaihtelee paljon eri aikoina. Tulevaisuudessa ohjausjärjestelmistä tulee älykkäämpiä ja useampia muuttujia pystytään hyödyntämään. (ST-ohjeisto 15, 2017.)

## **2.5 Erilaiset sähkökuormat**

Kiinteistön sähköverkolle kuormaa aiheuttaa muun muassa erilaiset LVI-laitteet, valaistus, pistorasiakuormat ja verkossa olevat kiinteät kojeet. Sähkönkulutus hajaantuu koko kiinteistön alalle, sillä eri laiteryhmiä tarvitaan yleensä koko kiinteistön alueella. Tämän vuoksi sähkönkulutuksen keskittäminen on hankalaa. Hajautuminen tuo haasteen sähkönkulutusten mittauksille, koska osakokonaisuuksien kulutusta ei voida luotettavasti mitata. Periaatteessa eri laiteryhmiä voidaan mitata, jos jokainen syöttökaapeli varustettaisiin mittauslaitteella, mutta tämä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Eri kuormia voidaan kuitenkin mitata sähkönjakelun jakamisella eri kuormatyyppien mukaan. Yleensä LVI-järjestelmiä, kuten ilmanvaihtokonetta syötetään vain sille tarkoitetulta ryhmäkeskukselta. Tämän avulla ilmanvaihtokoneiden käyttämä sähkönkulutus saadaan tietoon. Vuonna 2012 voimaan tullessa Suomen rakentamismääräys D3:ssa määrättiin, että kiinteistön kiinteä valaistus tulee varustaa mittauksella. Tämä on helpottanut valaistuksen kulutuksen seurantaa. (Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. D3, 2012.)

### **2.5.1 Huoneistokohtaiset sähkökuormat**

Motivan internetsivuilta löytyy taulukko (TAULUKKO 2), jossa esitetään erilaisten laitteiden keskimääräiset sähkönkulutukset. Taulukkoon on lisätty tiedot, paljonko laite kuluttaa sähköä vuodessa, sekä paljonko kulutus maksaisi yhden vuoden aikana.

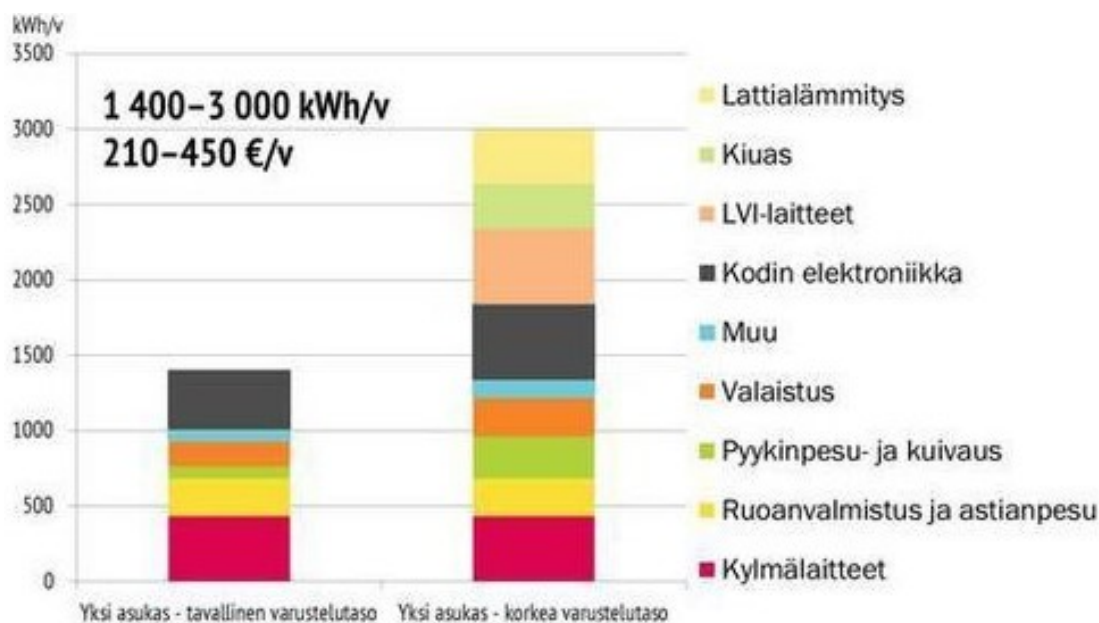
TAULUKKO 2. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus (Motiva, Huoneisto-kohtainen sähkönkulutus, 2016)

Sähkönhinta 17 snt/kWh	kWh/käyttökerta tai aika	Käyttökerrat	kWh/vuosi	€/vuosi
<b>Astianpesukone</b>	<b>kWh / kerta</b>			
	0,5 - 1,6	5 x viikossa	130 - 416	22 - 71
<b>Kylmälaitteet</b>	<b>kWh / vrk</b>			
jääkaappi	0,3 - 0,9		110 - 329	19 - 56
jääkaappi-pakastin	0,6 - 1,9	Käytössä jatkuvasti	219 - 694	37 - 118
pakastin	0,5 - 1,4		183 - 511	31 - 87
<b>Sähköliesi</b>	<b>kWh / vrk</b>			
2 henkilöä/talous	0,5	7 x viikossa	182	31
4 henkilöä/talous	1	7 x viikossa	365	62
uunin kuumentaminen 200 asteeseen	0,5	3 x viikossa	78	13
uunin pitäminen 200asteessa / tunti	0,7	3 x viikossa	109	19
<b>Pyykinpesu ja -kuivaus</b>	<b>kWh / kerta</b>			
pyykinpesukone	0,6 - 1,7		156 - 442	27 - 75
kuivausrumpu	1,9 - 5,5	5 x viikossa	494 - 1430	84 - 243
<b>Saunominen (1,5 h)</b>	<b>kWh / kerta</b>			
	8	2 x viikossa	832	141
<b>Pölynimuri</b>	<b>kWh / tunti</b>			
	1,5	1 h viikossa	78	13
<b>Televisio ja oheislaitteet</b>	<b>kWh / tunti</b>			
kuvaputki	0,1		183	31
32" - 37" LCD	0,05 - 0,17	5 h vuorokaudessa	91 - 310	15 - 53
40" - 42" LCD	0,07 - 0,20		128 - 365	22 - 62
42" - 50" Plasma	0,17 - 0,48		310 - 876	53 - 149
digiboksi			49	8
tallentava digiboksi			100	17
DVD-soitin			19	3
<b>Tietokone ja oheislaitteet</b>	<b>kWh / tunti</b>			
tietokone	0,14 - 0,50	8 h vuorokaudessa	409 - 1460	70 - 248
kannettava tietokone	0,04		117	20
laajakaistamodeemi			51	9
monitoimilaite			32	5
tulostin			19	3
<b>Sähköinen kylpyhuoneen lattialämmitys</b>				
- 3 m <sup>2</sup>			540 - 1980	92 - 337
- 6 m <sup>2</sup>			1080 - 3960	184 - 673
- 10 m <sup>2</sup>			1800 - 6600	306 - 1122
<b>Muita kodinkoneita</b>	<b>kWh / 10 min</b>			
Kahvinkeitin	0,1			
Vedenkeitin	0,2			
Mikroaaltouuni	0,2			
Leivänpaahdin	0,1			

Taulukossa 2 esitetään yleisimpiä sähkölaitteita, joita asuinhuoneistoissa yleisesti käytetään. Siihen on arvioitu paljonko tietty sähkölaitte kuluttaa sähköä käyttökerran tai ajan mukaan, ja kuinka monta kertaa sitä käytetään vuorokauden aikana. Näiden tietojen avulla on voitu laskea vuosittainen sähkönkulutus jokaiselle laitteelle. Sähkönhintana on käytetty 17 snt/kWh, joka muodostuu sähköenergian ja sähkönsiirron hinnasta sekä sähkö- ja arvonlisäveroista. Vuosittainen kulutus on kerrottu sähköhinnalla ja näin ollen saatu laitteiden vuosikustannukset.

Taulukkoa voidaan käyttää apuna, kun lasketaan ja arvioidaan huoneistojen sähkönkulutusta. Vaikka taulukkoon ei ole lisätty kaikkia sähkönkuluttajia, kuten valaistusta ja mahdollista ilmanvaihtokonetta, saadaan sillä suuntaa antava arvio. Huoneistosähköä käytetään tyypillisesti valaistukseen, televisioon ja viihde-elektroniikkaan, ruoanvalmistukseen, kylmälaitteisiin ja pyykinpesuun. Tyypillisesti kerrostalohuoneistossa, jossa asuu kaksi tai kolme henkilöä, kulutetaan vuodessa noin 2000–4000 kilowattituntia sähköä. Tälle kulutukselle tulee hintaa vuodessa 340–680 €, kun sähköhintana käytetään 17 snt/kWh.

Sähkönkulutus voi kuitenkin vaihdella paljonkin varustetason ja käyttötottumusten mukaan. Kuviosta (KUVIO 3) nähdään kuinka huoneiston varustetaso vaikuttaa sähkönkulutukseen. Kattavampi varustetaso voi jopa kaksinkertaistaa vuosittaisen sähkönkulutuksen. Suurimpia sähkönkuluttajia ovat kylmälaitteet, lattialämmitys, kodin elektroniikka ja LVI-laitteet. (Motiva, Huoneistosähkönkulutus, 2017.)



KUVIO 3. Huoneistosähkönkulutus (Motiva, Huoneistosähkönkulutus, 2017)

Pientalojen energiankulutus on laskenut niistä tehtyjen tutkimuksien mukaan. Kuitenkin laitteiden kasvun ja erityisesti lämmitystapojen muuttumisen takia, sähkötehovaihtelut ovat kasvaneet. Esimerkiksi suorista sähkölämmityksistä ja muista lämmönlähteistä moni on siirtynyt lämpöpumppuja suosiviin ratkaisuihin. Asuinrakennuksien tehokäyttäytyminen ja pieni energiankulutus eivät ole usein

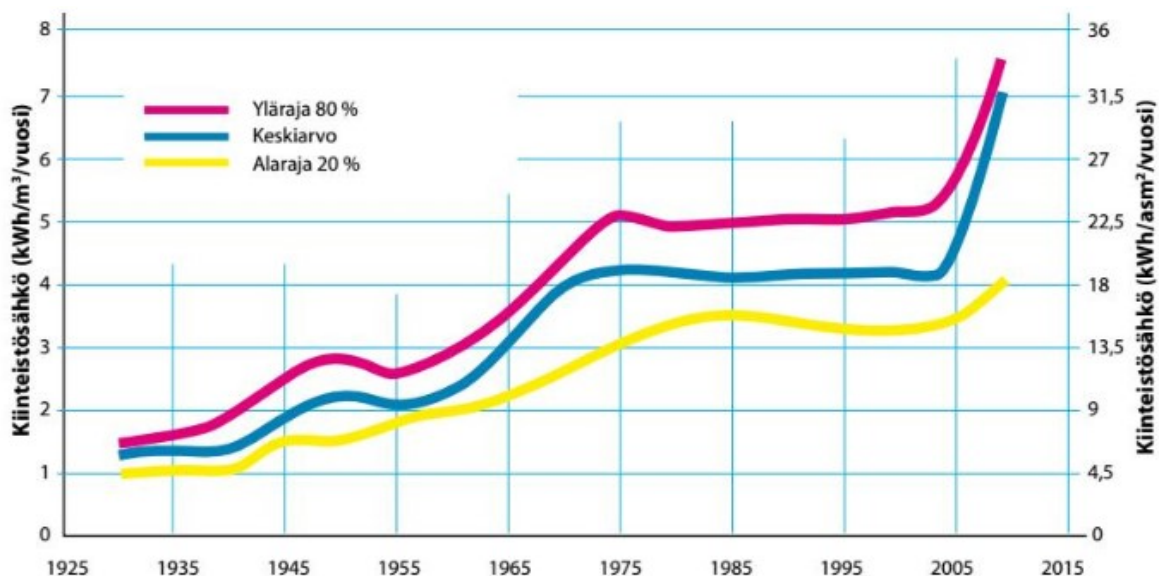


verrannollisia keskenään. Vuositasolla vähän energiaa kuluttavat asuinrakennukset voivat aiheuttaa suurempia tehopiikkejä, kuin enemmän energiaa kuluttavat talot. Näin voi tapahtua varsinkin silloin kun on käytetty vain yhtä lämmityslaitetta, jolloin lämmityslaitteiden välistä risteilyä ei tapahdu. Tehojen hallinnassa syntyy haasteita, kun suositaan suuritehoisia laitteita, laitteet ja järjestelmät valitaan puutteellisilla lähtötiedoilla ja ei toteuteta tehojen ohjausta.

## **2.5.2 Kiinteistökohtaiset sähkökuormat**

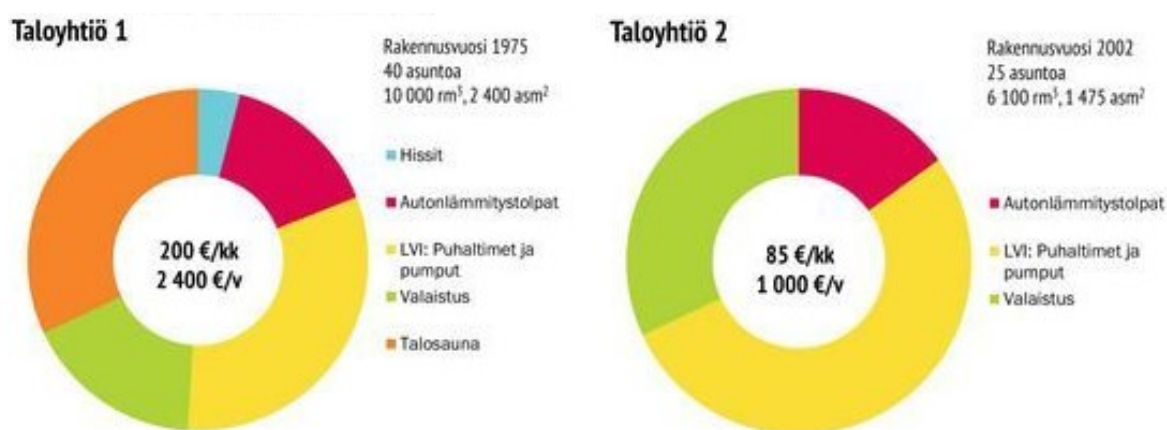
Kiinteistösähköön kuuluu rakennuksen sähköä kuluttavat laitteet, jotka ovat huoneistojen ulkopuolella esimerkiksi yleisissä tiloissa. Kiinteistösähköön kuuluu rakennuksen eri toiminnot, kuten hissit, yleiset saunatilat, pesutuvat ja yleisten tilojen valaistus. Myös esimerkiksi autojen lämmitystolpat, räystäslämmitykset sekä pumput ja puhaltimet kuuluvat kiinteistösähköön.

Rakennusten kiinteistösähkön kulutus on kasvanut vuosien saatossa taloteknisten järjestelmien kehittyessä. Kuviosta 4 nähdään asuinkerrostalojen kiinteistösähkön nousu 1920-luvulta vuoteen 2011 saakka. 1960-luvulla kulutus on noussut ensimmäisen kerran, kun on siirrytty painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseen poistoilmanvaihtoon. Seuraava nousu on tapahtunut vuoden 2003 jälkeen, kun kiinteistöihin on alettu asentamaan koneellisia tulo-poistoilmakoneita pelkkien poistoilmakoneiden sijaan. Kulutusta ovat nostaneet ilmanvaihdon lisäksi myös märkätilojen lattialämmitykset. (Taloyhtiön energiakirja – sähköinen versio. 2011.)



KUVIO 4. Asuinkerrostalojen kiinteistösähkön kulutus (Taloyhtiön energiakirja – sähköinen versio, 2011)

Kiinteistön ominaissähkönkulutus on keskimäärin 2–7 kWh/m<sup>3</sup>/v Suomessa. Kuten huoneistokohtaisessa sähkönkulutuksessa, myös kiinteistösähkön kulutus riippuu varustelutasosta. Kaaviosta 5 nähdään kahden eri taloyhtiön kiinteistösähkön kulutusjakauma eri varustelutasoilla. Taloyhtiö 1 sähkönkulutus on yli kaksinkertainen taloyhtiö 2 verrattuna. Talosauna vaikuttaa suuresti kiinteistösähkön kulutukseen. Se voi nostaa sähkönkulutusta 100–250 % riippuen kiu-kaan koosta ja sen käyttöajasta. Esimerkkeinä hissit nostavat kulutusta 20–30 %, autolämmityspaikat 50–150 % ja pesula 25–35 %. (Motiva, Kiinteistösähkönkulutus, 2017.)



KUVIO 5. Kiinteistösähkön kulutus (Motiva, Kiinteistösähkönkulutus, 2017)

### 2.5.3 Muut rakennukset

Kirjallista aineistoa julkisten rakennuksien sähköenergian kulutuksista ei ole tehty paljoa. 1990-luvulla on tehty muutama tutkimus aiheesta, mutta näiden tutkimusten tulokset eivät pidä paikkaansa enää nykyään.

Motiva on kuitenkin tehnyt palvelusektorien lämmön, sähkön ja veden ominaiskulutuksista tarkastelua. Tiedot on kerätty Motivan energiakatselmustietokannasta. Tarkastelussa on mukana yhteensä 1 358 kohteen ominaiskulutukset vuosilta 2011–2017. Ominaiskulutus on esitetty sähköenergian kulutuksena tilavuutta kohden (kWh/m<sup>3</sup>) ja tarkastelussa esitetään kohteiden kulutusten minimi, mediaani ja maksimi rakennustyypeittäin. Osa kulutustiedoista on kerätty taulukkoon 3. Loput sähkönominaiskulutukset nähdään liitteestä 1.

TAULUKKO 3. Osa palvelusektorien sähkönominaiskulutuksia vuosilta 2011–2017 (Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011–2017, 2017)

Rakennustyyppi	kohteiden määrä	Tilavuus m <sup>3</sup>	Min (kWh/m <sup>3</sup> )	Mediaani (kWh/m <sup>3</sup> )	Max (kWh/m <sup>3</sup> )
Toimistot	203	6 728	5,6	19,8	339,1
Terveydenhoito	27	1 342	17,0	31,0	62,2
Päiväkodit	207	746	2,7	21,6	91,0
Koulut	263	4 534	2,7	14,5	79,2
Uimahallit	10	153	39,1	45,5	89,6
Ravintolat	6	43	24,6	33,9	131,2

Tarkastelun tarkoituksena on nähdä mihin tietyn rakennuksen kulutus sijoittuu, kun vertaillaan samantyyppisten kohteiden kanssa. Taulukosta nähdään, että eri rakennusten sähkönominaiskulutus vaihtelee suuresti eri tyyppien välillä, mutta myös saman tyyppisten kohteiden kanssa. Esimerkiksi toimistojen minimi- ja maksimikulutukset ovat mediaaniarvoon nähden kaukana. Tämä auttaa huomaamaan, että yksittäisillä kohteilla ominaiskulutus voi olla hyvinkin suuri. Mediaaniarvo kertoo kaikkien rakennusten ”keskikohdan”, joten sen avulla nähdään paremmin rakennuksen tyypillinen ominaiskulutus.

## 2.6 Energiatarkastus

Energiatarkastuksen ideana on määrittää, esimerkiksi taloyhtiölle, selvitys kiinteistön energiankulutuksista. Tämä energiaselvitys tehdään, kun halutaan parantaa kiinteistön energiatehokkuutta. Tarkastuksen suorittaa yleensä LVI-asiantuntija tai muu konsulttiyritys. Tarkastus perustuu kiinteistökierrokseen, mittauksiin ja toimintakokeisiin kiinteistöllä. Myös energiankulutusta analysoidaan rakennuksen kulutusseurannan perusteella. Energiatarkastuksen jälkeen havainnoista ja ehdotetuista toimenpiteistä tehdään yhteenvetona raportti, joka annetaan taloyhtiölle. (Taloyhtiön energiatarkastus, 2021.)

Energiatarkastus sisältää yleensä vain yhden kiinteistön ja seuraavat kiinteistöt tarkastetaan tietyllä lisähinnalla. Tarkastukseen sisältyy lämmitysjärjestelmän, ilmanvaihdon, veden, valaistuksen ja energian- sekä vedenkulutuksen tarkastelut. Tarkastelut tehdään lämmityskaudella, jolloin kulutukset ovat suuremmat. Lämmitysjärjestelmästä tarkastetaan lämmönjako- tai kattilahuoneen laitteiden toiminta ja kunto sekä lämmönjakoverkoston toiminta yleisissä tiloissa ja vähintään kahdessa asuinhuoneistossa. Ilmanvaihdon tarkastelussa ilmanvaihtojärjestelmän kunto ja toiminta tarkastetaan. Vesijohtoverkostosta tarkastetaan sen painetaso sekä lämpimän käyttöveden ja kierron paluulämpötila. Kiinteistön yleisten tilojen valaistuksen toiminta tarkastetaan. Valaistuksesta selvitetään sen energiankulutuksen osuutta koko kiinteistösähkön kokonaiskulutuksesta sekä valaistuksen ohjaukset ja tarpeenmukaisuus. Viimeisenä kohtana selvitetään lämmön, sähkön ja veden trendit ja kulutustasot. Kyseisiä tietoja vertaillaan niitä vastaavien kokoiisiin kiinteistöjen kulutustasoihin. (Maksaako taloyhtiösi liikaa energia-kustannuksista?, 2020.)

### 3 LASKENNALLINEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

Rakennusten kuluttamaa energiaa on hankala määrittää tarkasti, koska kiinteistöjen hetkelliset tehot vaihtelevat paljon ja koostuvat eri tekijöistä. Sähkölaitteet eivät kuluta maksimitehoa jatkuvasti, kuormien käyttöajat vaihtelevat eivätkä ne ole säännöllisiä. Sähkönkulutukseen vaikuttaa suuresti myös käyttäjät ja heidän kulutustottumuksensa.

Sähköenergialaskennan tulokset ovat aina vain arvioita todellisen toteutuksen kulutuksista. Ei voida tarkasti laskea tulevia kulutuksia, mutta arvioissa voidaan päästä melko lähelle. Laskentaan liittyy kolme asiaa, jotka vaikuttavat arvion tarkkuuteen ja luotettavuuteen:

- laskijan taito ja kokemus: laskija osaa tulkita todellisuutta ja muodostaa lähtökohdat laskennalle
- lähtötiedot
- laskentamalli

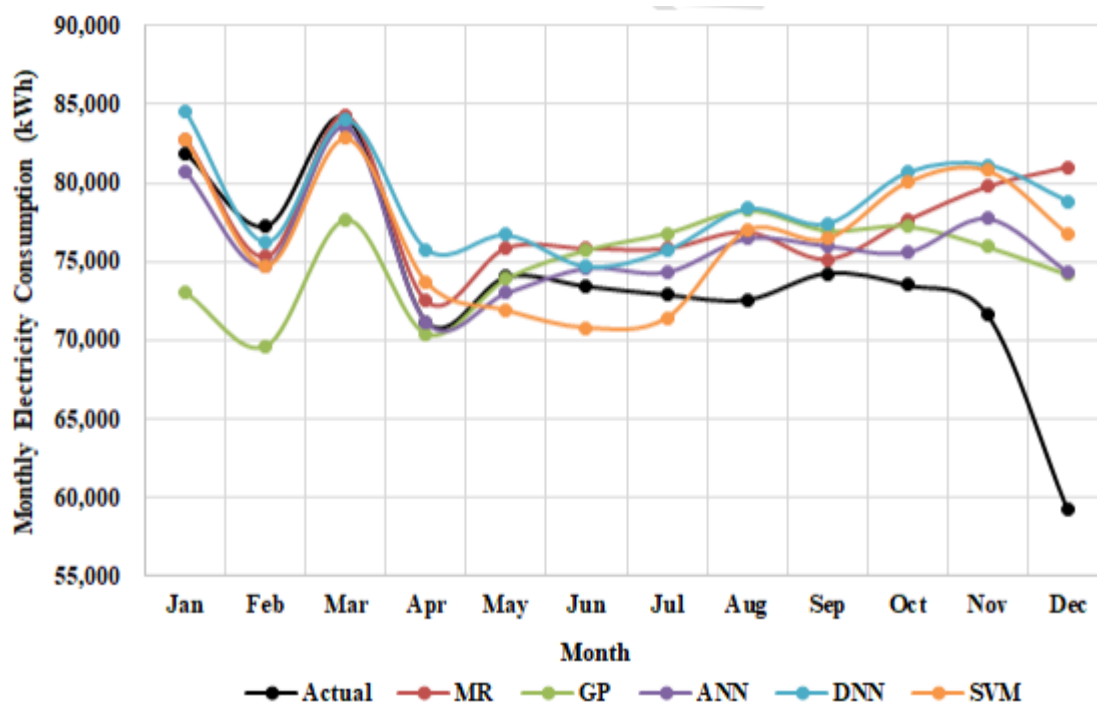
Energiatehokkuuslainsäädännössä on muutama kohta tehojen huomioinnista, mutta rakennusten kokonaissähkötehojen laskennasta ei puhuta. Myöskin ohjauksien ja tehojen laskennasta ja suunnittelusta on puutteellista tietoa. Sähkötehojen arvioimisessa ja mitoituksessa on nykyisen lainsäädännön ja ohjeiden mukaan liikaa epävarmuutta. Erilaisten rakennusten todellista sähkönkäyttäytymistä ei tunneta riittävästi, joka vaikeuttaa tehojen mitoittamista. Jotta sähkötehoja voitaisiin määrittellä tarkemmin ja helpommin, tulisi tehdä käytännön mittauksiin ja tutkimuksiin perustuvat mitoitusohjeet. (Harsia & Kallioharju, 2019.)

Suomen velvoittavissa asennusstandardeissa ei käsitellä rakennusten tehojen mitoitusta. Sähköinfo Oy on kuitenkin laatinut ST-kortin 13.31, joka on ohje liittymän huipputehon arviointiin. Kortissa käydään läpi sekä asuinrakennuksien, että muiden rakennuksien huipputehon laskumenetelmät. Menetelmien käyttö ja käytettävyyys on hankalaa, mutta niiden avulla saadaan rakennuksien huipputehojen arvot.

Uudisrakennuksen sähkötehoja arvioidessa, katsotaan usein mallia tehojen kulutuksista muista jo rakennetuista samankokoisista hankkeista. Mallin avulla nähdään suoraan rakennuksen liittymätkoko, joten rakennuksen tehonkulutuksia ei tarvitse laskea alusta asti. Samankokoisissa rakennuksissa ei aina kuitenkaan ole samansuuruinen huipputeho tai liittymä. Tämän takia tulee huomioida, mitä laitteita ja järjestelmiä rakennukseen tulee ja näiden avulla määritellä lopullinen liittymisteho.

Rakennuksen tehonkulutusta on melko vaikea arvioida. London South Bank Universityn tekemä tutkimus osoittaa tämän. Kuusi tutkijaa eri yliopistoista yrittivät arvioida Lontoossa sijaitsevan hallintorakennuksen vuosittaista sähkötehon kulutusta viidellä eri tietokoneohjelmalla. Tietokoneohjelmina käytettiin lineaarista regressioanalyysia (MR), geneettistä ohjelmointia (GP), keinotekoisia neuroverkkoja (ANN), syväoppimista (DNN) ja tukivektorikonetta (SVM). Eri tekniikat ottivat huomioon muun muassa auringon säteilyn, ilmankosteuden, tuulen nopeuden, lämpötilan ja rakennuksen käyttöasteen. (Amber ym., 2017.)

Kuviosta 6 nähdään hallintorakennuksen vuosittainen sähkönkulutus sekä viidellä eri tietokoneohjelmalla lasketut kulutukset. Yksikään tietokoneen laskemista arvioista ei osunut täysin oikeaan. Esimerkiksi ohjelmat eivät osanneet ennustaa joulukuussa tapahtunutta sähkökulutuksen laskua. Viiden eri ohjelman virhemarginaali oli kuitenkin pienempi kuin 10 prosenttia. Tutkijat huomasivat, etteivät edes huippuälykkäät tietokoneohjelmat osaa arvioida rakennusten sähkönkulutusta tarkasti. He kuitenkin toivovat, että tutkimuksesta olisi apua muiden rakennuksien sähkönkulutusten arviointiin. (Amber ym., 2017.)



KUVIO 6. Rakennuksen sähkönkulutuksen ja tietokoneen laskemien sähkönkulutuksien vertailu (Amber ym., 2017)

### 3.1 Rakennuksen huipputehon määrittäminen

Yksi tärkeimpiä asioita sähkösuunnittelussa on kiinteistön sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Ongelmia tulee vastaan, jos ne on mitoitettu liian pieneksi, koska tällöin rakennuksen sähkönkulutusta joudutaan rajoittamaan. Pahimmassa tapauksessa alimitoitus aiheuttaa sähkönsyötön katkeamisen, kun pääsulakkeet palavat. Toisaalta ylimitoitettu verkko ja liittymä tuottavat lisäkustannuksia rakentamisvaiheessa sekä tulevaisuudessa, kun kohde otetaan käyttöön. Suunnitteluvaiheessa tulisikin pystyä mitoittamaan sähköverkon ja liittymän koko mahdollisimman tarkasti. Näiden tulisi olla riittävän suuria nyt ja tulevaisuudessa, mutta ne eivät saa olla ylimitoitettuja.

Rakennuksen suunnittelu- ja asennusvaiheessa määritetään sähköjärjestelmän perusrakenne, asennusten ryhmitys ja varautuminen ohjaustarpeeseen esimerkiksi sähkökeskuksissa. Suunnitteluvaiheessa pyritään ratkaisemaan kiinteistön huipputehon muodostuminen ja kehitetään perusta, kuinka sähköjärjestelmiä voidaan erilaisilla ohjaustavoilla toteuttaa. Suunnitelmissa tulee löytää ratkaisuja, joiden avulla voidaan myös tulevaisuudessa hyötyä älykkäistä operoinneista

sekä alue- että kiinteistötasolla energian käytössä ja tuotannossa. Tämä on tärkeää jo suunnitteluvaiheessa, koska myöhemmin, kun rakennus on otettu käyttöön, on kiinteistöverkon muutokset hankalia ja kalliita toteuttaa.

Suunniteltaessa rakennuksen sähköverkon ja liittymän kokoa, on selvitettävä sen todellinen huipputeho laskemalla kohteen todellisen tai arvioidun tehontarpeen mukaan. Rakennuksen tehontarpeen ja liittymän määrittämisessä joudutaan kiinteistön laajuuden ja käyttötarkoituksen mukaisesti tehdä arvio tarvittavasta tehosta. Arviossa tulee ottaa huomioon sähkön saatavuus, tarpeet tulevaisuuden sähkön käytölle ja mahdolliset muutostarpeet. Hankaloittava tekijä on, ettei sähköverkkoa ja liittymää tule kuitenkaan ylimitoittaa, koska se ei ole taloudellisesti järkevää. Ylimitoituksen takia liittymiskustannukset suurenevat, sekä sähkölaskun osuus kasvaa.

Rakennuksen alustavat arviot sähköliittymän koosta voidaan tehdä sen käyttötarkoituksen ja laajuuden perusteella. Arviota tulee päivittää suunnittelun edetessä ja tarkempien laitevalintojen tehojen mukaan. Rakennuksen varustetason lisäksi huipputehoon vaikuttaa muun muassa LVI- ja jäähdytyslaitteet sekä erilaiset valaistusratkaisut. Kun mitoitetaan kiinteistön huipputehoa, tulee huomioida myös laitteet, jotka eivät ole samanaikaisesti päällä, kuten lämmitys ja jäähdytys. Rakennuksesta voi löytyä myös sähköinen varalämmitysjärjestelmä, mikä tulee ottaa huomioon mitoituksessa. Suorasähkölämmitys ei kuitenkaan yleensä nosta rakennuksen liittymän kokoa. Syynä on, että muissa lämmitysmuodoissa olevat lisälämmitysvastukset tai esimerkiksi maalämpökojeiden kompressorit vaativat vähintään samankokoisia etusulakkeita. Valmistaja on voinut määrittellä yksittäiselle laitteelle suuremman kokoiset etusulakkeet kuin laitteen tehon perusteella on laskettavissa. Suuremmissa kohteissa tällä ei ole yleensä merkitystä, mutta pienimmissä rakennuksissa voidaan liittymäkokoja joutua suurentamaan valmistajan vaatimuksen vuoksi. (ST-kortti 13.31, 2018.)

### **3.1.1 Asuinrakennukset**

Asuinrakennuksen huipputehoon ja tehon käyttöprofiiliin vaikuttavat suuresti ilmanvaihtotapa, sähkökiuas, lämmitysjärjestelmä ja lämpimän käyttöveden tuotantotapa sekä mahdolliset latauspaikat sähköautoille. Rakentamisen aikana voi



syntyä muutoksia, esimerkiksi asennetaan uusia laiteryhmiä, jotka vaikuttavat tehontarpeeseen ja käyttöprofiiliin. Tehontarvetta lisää suuresti muun muassa lämpöpumppujen lisääntyminen sekä sähköiset lisälämmitykset, jotka tukevat lämmitysjärjestelmiä. Kaikki ei aina mene suunnitellusti ja sen takia rakentamisvaiheessa voidaan vielä tehdä erillishankintoja ja laitemuunnoksia, jotka vaikuttavat käyttöprofiiliin. Edellä mainittujen muutosten merkityksen arviointi on hankalaa, joten suunnittelijoilta ja rakennuttajalta vaaditaan hyvää kokonaisuuden tunteusta. (Harsia & Kallioharju, 2019.)

ST-kortissa 13.31 on esitetty, miten asuinrakennuksen mitoittava teho tulee laskea. Kortissa käytetään asuinrakennusten huipputehon laskentaan Adato Energia Oy:n edeltäjän, Suomen sähkölaitosyhdistyksen kuormitusmittausten perusteella tehtyä kokemusperäistä laskentamallia. Vaikka kuormitusmittaukset ovat 1980-luvulta, soveltuvat ne vieläkin joidenkin asuinrakennuksien huipputehon alustavaan arviointiin. Asuinrakennuksen suuren varustetason takia 1980-luvun kuormitusmittaukset voivat kuitenkin olla käyttökelvottomia. Tämän takia sähkötehojen laskenta on tehtävä kohdekohtaisiin laitteisiin ja kuormiin perustuen. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Taulukossa 4 on esitetty edellä mainitut kokemusperäiset laskentamallit huipputehojen määrittämiseksi. Taulukon malliasuinrakennukset ovat niin sanottuja perusvarustetason rakennuksia, joten ne sisältävät vain perussähköistyksen. Esimerkiksi sähkökiukaalla ja autolämmityspistorasioilla on suuri vaikutus rakennuksen huipputehoon. Tämän takia taulukosta tulee valita oikea laskukaava, jotta päästään mahdollisimman lähelle huipputehon arvoa. Taulukkoon on lisätty uudistuksena sähköautojen latauksen tarve, joka myös vaikuttaa rakennuksen huipputehoon omalta osaltaan.

TAULUKKO 4. Asuinrakennuksen kokemusperäiset laskentamallit huipputehon määrittämiseksi (ST-kortti 13.31, 2018)

Asuinrakennukset	Huipputeho <sup>(1)</sup> [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m <sup>2</sup> ]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m <sup>2</sup> . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tot}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot <sup>(2)</sup>		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys <sup>(3)</sup>	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(4)</sup>		
Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ ( $n_{auto}$ = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) <sup>(5)</sup>		
Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen \text{ lataus}} = \frac{\text{haluttu toimintasäde latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}}{\text{latauskerran aika h}}$ <sup>(6)</sup>		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$ . Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \phi = 0,96$ .		

Huomioitavaa on, että taulukossa 4 olevissa laskentakaavoissa ei oteta kantaa suunniteltavan kohteen laitevalintoihin. Tämän vuoksi uusilla sähkölaitteilla ja -järjestelmillä sekä ohjauksilla suunnitellun rakennuksen huipputeho voi olla pienempi, kuin taulukon laskukaavojen avulla saatu teho. Taulukossa esitetään myös, kuinka sähköautojen tehontarve määritetään. Laskukaava perustuu latausjärjestelmän latauspisteiden keskimääräiseen latausaikaan ja sähköauton tarpeelliseen toimintasäteeseen.

ST-kortti 13.31:ssä käydään läpi myös toinen tapa, jolla saadaan laskettua asuinrakennuksen huipputeho. Jotta laskenta onnistuu, tulee ensin laskea rakennuksen koje-, sähkölämpö- ja valaistuskuorma. Tämän jälkeen eri kuormat lasketaan yhteen huomioiden samanaikaisuuskertoimet.

Kojekuormaan  $P_{KK}$  kuuluu erilaiset sähkölaitteet, joita asuinrakennuksessa on. Näitä ovat muun muassa kylmälaitteet, keittiön lämpökojeet, elektroniikkalaitteet ja sähköauton lataus. Peruskuorman suuruus kasvaa lineaarisesti rakennuksen pinta-alan kasvaessa. Kaavasta 1 nähdään, kuinka peruskuorma lasketaan rakennukselle.

$$P_{KK} = 6 \text{ kW} + \frac{20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{1000} \cdot A_h \quad (1)$$

$A_h$  on rakennuksen pinta-ala ja 6 kW on huoneistokohtainen peruskuorma.

Seuraavaksi kortissa näytetään kuinka asuinrakennuksen sähkölämpökuorman teho  $P_{SLK}$  voidaan laskea. Sähkölämpökuorma saadaan laskemalla kaikkien lämmityskuormien tehot yhteen (KAAVA 2). Sähkökiukaan kohdalla lasketaan vain vuorottelemattoman tehon osuus.

$$P_{SLK} = P_{LÄM} + P_{ALÄM} + P_{LVV} + P_{KEV} \quad (2)$$

$P_{LÄM}$  on sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho,  $P_{ALÄM}$  autolämmityksen yhteenlaskettu teho,  $P_{LVV}$  lämminvesivaraajan teho ja  $P_{KEV}$  on kiukaan ei vuoroteltu teho.

Valaistuskuorma  $P_{VAL}$  kasvaa lineaarisesti asuinrakennuksen pinta-alaan nähden, joten valaistusteho on riippuvainen pinta-alasta. Kaavalla 3 saadaan lasketua valaistuskuorma, kun arvioitu valaistusteho on 9 W/m<sup>2</sup>.

$$P_{VAL} = \frac{9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{1000} \cdot A_h \quad (3)$$

Eri sähkökuormien laskemisten jälkeen joudutaan vielä miettimään kuormien samanaikaisuutta sekä se hetki (vuodenaika, viikonpäivä ja vuorokauden hetki) jolloin kuormitus on maksimissaan. Mitoitushetki tulee tehdä laitteiden varustelutason, sähkötariffin sekä käyttö- ja ohjaustapojen perusteella. Näiden avulla arvioidaan suurin todennäköisyys, milloin mahdollisimman moni sähkölaite on päällä samanaikaisesti. Myös laitteen käyttöaikasuhdetta tulee miettiä, jotta samanaikaisuus arvio on mahdollisimman oikea. Käyttöaikasuhteella arvioidaan sähkölaitteen suhteellinen aika vuorokaudessa. Sähkölaitteet, jotka ovat harvoin päällä, eivät vaikuta huipputehon suuruuteen paljoa. Suunnitteluvaiheessa määritellään joka ”kuormituslajille” oma samanaikaisuuskerroin, joka kuvaa kuormituksen käyttöaikasuhdetta. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Asuinrakennuksen mitoittava teho  $P_M$  saadaan laskemalla edellä mainitut kuormat yhteen. Kuormien tehot tulee kertoa ennen yhteenlaskua niiden samanaikaisuuskertoimilla. Kaavalla 4 saadaan laskettua mitoitus-teho asuinrakennukselle.

$$P_M = (P_{KK} \cdot k1) + (P_{SLK} \cdot k2) + (P_{VAL} \cdot k3) \quad (4)$$

$k1$  on kojekuorman samanaikaisuuskerroin,  $k2$  sähkölämpökuorman samanaikaisuuskerroin ja  $k3$  on valaistuskauorman samanaikaisuuskerroin.

Tulee huomioida, että huipputehon laskeminen tällä tapaa voi johtaa täysin väärään liittymistehoon. Samanaikaisuuskertoimet ovat suunnittelijan omien kokemusten perusteella arvioituja, joten ne voivat olla suuruudeltaan mitä vaan. Uusien asuinrakennusten tehon seurantamittauksia ei ole tehty juurikaan, joten tämäkin hankaloittaa huipputehon määrittämistä.

### 3.1.2 Muut rakennukset

Asuinrakennusten huipputehojen laskemiseen soveltuvia kokemusperäisiä laskentamalleja ei voida käyttää esimerkiksi toimisto- tai teollisuusrakennuksissa. Syynä on näiden rakennusten erilainen laitekanta ja käyttötarkoitus, jotka voivat olla hyvinkin erilaisia asuinrakennuksiin verrattuna. Myös rakennuksen ohjaukset voivat vaikuttaa tehojen käyttäytymiseen, jolloin käyttötarkoitukseltaan samanlaisilla rakennuksilla on erilainen tehokäyttäytyminen. Esimerkiksi toimistorakennuksissa suurimmat energiankuluttajat ovat LVI-järjestelmät, valaistus sekä atk- ja muut toimistolaitteet. Teollisuudessa taas käytetään suuriakin tuotantolaitteita, joten liittymänkoon ja huipputehon laskeminen tulee arvioida laitekohtaisesti.

Sähköliittymän mitoitus tehdään laskemalla ensin laiteryhmiä kojeiden ja järjestelmien tarvitsevat sähkötehot. Laitteiden ja kojeiden sähkötehot voidaan laskea esimerkiksi koje-, laite- ja valaisinluetteloiden mukaan. Näissä luetteloissa tulisi lukea eri laitteiden nimellistehot, joten laitteiden sähkötehot saadaan laskemalla laitteiden tehot yhteen. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Laiteryhmien tehoja laskiessa tulee myös huomioida niiden sisäiset ja laiteryhmi-  
mien väliset samanaikaisuuskertoimet. Sisäinen samanaikaisuuskerroin on laite-  
ryhmän nimellistehon tasauskerroin. Tämä kerroin kuvastaa kuinka monta laitetta  
on samanaikaisesti päällä saman laiteryhmän sisällä. Esimerkiksi rakennuksen  
kaikissa pistorasioissa on harvoin kuormaa samanaikaisesti. Laiteryhmien väli-  
nen tasauskerroin kuvastaa eri ryhmien vuorovaikutussuhdetta huipputehon het-  
kellä. Esimerkiksi koneellista jäähdytystä ja sähköistä lämmitystä käytetään  
yleensä eriaikoina. Rakennuksen huipputeho saadaan eri laiteryhmiä yhteen las-  
kemalla kaavan 5 avulla:

$$P_M = 1,3 \cdot (P_{LVIA} + P_{VAL} + P_{LAIITTEET} + P_{MUUT}) \quad (5)$$

$P_M$  on mitoittava sähköteho,  $P_{LVIA}$  on LVIA-järjestelmien yhteenlaskettu sähkö-  
teho, jotka nähdään LVIA-suunnittelijan kojeluetelosta,  $P_{VAL}$  on valaistuksen yh-  
teenlaskettu sähköteho, joka saadaan sähkösuunnittelijan tekemästä valaisin-  
luettelosta,  $P_{LAIITTEET}$  on laiteluettelosta saatujen tehojen yhteenlaskettu arvo,  
 $P_{MUUT}$  on muiden suurten tehojen omaavien laitteiden kuormitukset ja 1,3 on ker-  
roin, jolla varaudutaan tulevaisuuden tehojen nousuun 30 prosentilla mahdollis-  
ten järjestelmälisäyksien takia. (ST-kortti 13.31, 2018.)

## 3.2 Sähköjärjestelmien tehon tarve

Kun halutaan laskea esimerkiksi rakennuksen sähköenergian vuosikulutusta, tu-  
lee tietää eri sähköjärjestelmien tehon tarve. Tässä alakappaleessa kerrotaan,  
kuinka eri järjestelmien sähköenergian kulutusta voidaan laskea.

### 3.2.1 Valaistus

Rakentamismääräyksen (YMa 1009/2017, 7§) mukaan rakennuksen sisätiloissa  
tulee olla näkötehtävän vaatimat valaistukset, kun tiloja käytetään. Eri valaistuk-  
sien suunnittelussa otetaan myös huomioon ryhmittelyt ja ohjaukset niin, että niitä  
voidaan ohjata toimintojen mukaisesti (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017,  
2017). Suunnittelun aikana on hyvä olla yhteydessä käyttäjän kanssa, jolloin ti-  
loihin saadaan tarpeenmukaiset valaisimet.

Uusien järjestelmien suunnittelussa valaistus ylimitoitetaan, koska valaistustasot heikkenevät ajan saatossa. Ylimoittamalla pystytään kompensoimaan valaistustasojen laskua. Uusien valaisimien valaistustasot säädetään ohjauksien avulla esimerkiksi 80 prosenttiin ja niitä nostetaan valaisimien ikääntyessä. Ledivalaisimet himmenevät niiden eliniän aikana, jolloin energiatehokkuus paranee, koska lämpötila ledin sisällä laskee pienemmällä teholla. (ST-kortti 21.32, 2020.)

Yksi tapa laskea rakennuksen valaistuksen sähkötehon tarve on käyttämällä valaisinluetteloa apuna. Valaisinluettelossa kerrotaan eri valaisimien tehot, jotka liisäämällä yhteen saadaan valaistuksen kokonaisteho. Kokonaisteho tulee kertoa vielä tasauskertoimella. Kokonaisteho on valaisimen liitântäteho sähköverkossa, ja se voi olla esimerkiksi purkauslampuilla suurempi, kuin lampun teho. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa RakMK-103174 on esitetty kaava (KAAVA 6), jolla valaistuksen sähköenergian kulutus voidaan myös laskea. Kaava perustuu valaistusratkaisuihin ja valaistustarpeisiin ja sillä saadaan lasketua kulutus tilakohtaisesti. Kaavaa voidaan käyttää, jos valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkasti, esimerkiksi ohjaustapa tulee tietää. (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018.)

$$W_{valaistus} = \Sigma f P_{valaistus} A_{huone} \Delta t / 1000 \quad (6)$$

$W_{valaistus}$  on sähköenergian kulutus valaistukselle, kWh

$f$  on valaistuksien ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin:

- päivänvalosäädin 0,80
- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
- huonekohtainen kytkin 0,90
- keskitetty päälle / pois 1,00
- läsnäolotunnistin 0,75
- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90

$P_{valaistus}$  on valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum<sup>2</sup>

$A_{huone}$  on valaistavan tilan huonepinta-ala, hum<sup>2</sup>

$\Delta t$  on valaistuksen käyttöaika tunteina, h. (RT RakMK-103174, 2018.)

Kaavassa oleva ohjauskerroin  $f$  tulee määritellä erillistarkastelulla siihen soveltuvalla menetelmällä. Rakentamismääräyksessä on taulukko (TAULUKKO 5), josta nähdään eri rakennusten käyttöaikoja  $\Delta t$  valaistukselle.

TAULUKKO 5. Valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja eri rakennuksille (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018)

Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550
Toimistorakennus	2 500
Opetusrakennus	1 900
Liikerakennus	4 000
Hotelli	5 000
Ravintola	3 500
Liikuntarakennus	5 000
Sairaala	5 000
Muut rakennukset	2 500

Rakentamismääräyksessä kerrotaan myös toisesta tavasta, jolla voidaan sisävalaistuksen energiankulutus laskea. Kulutus saadaan numeerisen valaistuksen energiatehokkuusindikaattorin LENI-luvun avulla. LENI koostuu sanoista Light Energy Numeric Indicator ja se kuvastaa kiinteistön vuotuista valaistusenergian tarvetta. Yksikkönä käytetään kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa, kWh/(m<sup>2</sup>a). Valaistuksen ohjauksen ja lepokulutuksen sekä valaistuksen asennustehon vaikutus energiankulutukseen on huomioitu LENI-luvussa. Sisävalaistuksen sähköenergian kulutus lasketaan LENI-luvun avulla kaavalla 7.

$$W_{\text{valaistus}} = \text{LENI} A_{\text{netto}} \quad (7)$$

$W_{\text{valaistus}}$  on valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh

$\text{LENI}$  on vuotuinen valaistusenergian tarve, kWh/(m<sup>2</sup>a)

$A_{\text{netto}}$  on lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup>

(Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018.)

### 3.2.2 Ilmanvaihto

Ympäristöministeriön asetuksessa (YMa 1009/2017, 8 §) on sanottu, että ilmanvaihdon tulee toteuttaa viihtyisä, terveellinen ja turvallinen sisäilmanlaatu oleskelutiloissa. Järjestelmän on tuotava kiinteistön sisätiloihin riittävästi ulkoilmavirtaa. Sen on myös poistettava terveydelle haitalliset aineet, liiallinen kosteus ja hajut, jotka vaikuttavat viihtyvyyteen. Ilmanvaihtojärjestelmän tulee lisäksi poistaa ihmisiä, rakennustuotteista ja toiminnasta aiheutuvat epäpuhtaudet sisäilmasta. (Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, 2017).

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehon tarve on helpoin määrittää LVI-suunnittelijan tekemän kojeluettelon perusteella. Kojeluettelosta nähdään eri koneiden ja laitteiden sähkötehot, joten tällä menetelmällä päästään melko tarkkoihin lopputuloksiin. Suunnittelutyön edetessä laskelmia voidaan joutua muuttamaan, jos olennaisia muutoksia tapahtuu lähtötiedoissa. Ilmanvaihtokoneissa käytetään usein taajuusmuuttajaohjattuja moottoreita, jolloin koneen tarvitsema sähköteho on sama kuin taajuusmuuttajan tehoalue. Tehoiltaan suuremmat laitteet, esimerkiksi ilman esilämmityspatterit, tulee myös huomioida.

Järjestelmien suunniteltu toiminta on kuvattu LVI-suunnittelijan tekemässä toimintaselostuksessa. Yleisenä sääntönä pidetään kuitenkin, etteivät järjestelmät pysähdy ikinä kokonaan ja osa laitteista on päällä jatkuvasti. Tämän takia ilmanvaihtojärjestelmän tehon tarve voi olla suuri. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Ilmanvaihdon sähkötehon tarve voidaan laskea myös sähkötehokkuuden SFP avulla. SFP muodostuu sanoista specific fan power ja sen yksikkö on kilowattia per ilmavirta ( $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ ). SFP on koko ilmanvaihdon kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähkötehokkuus. Sähkötehokkuus saadaan kaavalla 8 jakamalla koko kiinteistön puhaltimien yhteenlaskettu sähköteho suurimmalla ilmavirralla. Ilmavirta voi olla tulo- tai poistupuolelta, riippuen kummalla puolella on suurempi ilmavirta. Lukuarvojen perusluokat ovat 0,7 ja 2  $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  välillä.



$$SFP = \frac{P_{verkko}}{q_{max}} \quad (8)$$

SFP on kiinteistön puhaltimien sähkötehokkuus, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$P_{verkko}$  on kiinteistön kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköteho, kW

$q_{max}$  kiinteistön suurempi ilmavirta, tulo tai poisto, m<sup>3</sup>/s. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Rakentamismääräysten mukaan (YMa 1010/2017, 30 §) rakennuksen koneellisen tulo- ja poistoilmakoneen ominaissähkö saa olla enintään 1,8 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja koneellisen poistoilmakoneen 0,9 kW/(m<sup>3</sup>/s). Edellä mainitut arvot voidaan kuitenkin ylittää, jos käyttötarkoituksen mukainen sisäilmasto niin edellyttää. (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, 2017.)

### 3.2.3 Sähkölämmitykset

Erilaisilla sähkölämmityslaitteilla voi olla suurikin tehon tarve, varsinkin suuremmissa kohteissa. Sähköllä toimivia lämmityslaitteita ovat muun muassa sulanapidot, sähkökiukaat ja autolämmitystolpat. Yleensä sähkölämmitteisissä rakennuksissa on tehty niin sanottu risteily lämmitykselle ja kiukaalle. Risteilyn avulla saadaan pienennettyä huipputehoa, koska lämmityslaitteet eivät ole samanaikaisesti päällä. Aina risteilyä ei voida kuitenkaan soveltaa rakennukseen ja silloin sähkökiukaalla on merkitystä huipputehon kokoon. Tämän kaltaisia rakennuksia voivat olla esimerkiksi kylpylät ja hotellit, joissa kiukaita on monta.

Autolämmityspistorasioiden määrä vaikuttaa myös rakennuksen sähkönkulutukseen. Autossa, jossa on sisätila- sekä moottorinlämmitin, voi kuluttaa jopa 1,5–2 kW. Näin ollen tehon tarve voi kasvaa suureksi, kun autoja on monia. Autopaikkakohtaista tehon tarvetta tulee korjata samanaikaisuuskertoimilla. Nämä kertoimet voivat olla 0,8–0,9 luokkaa, koska suurimmalla osalla työt alkavat ja loppuvat suunnilleen samoihin aikoihin. Kuitenkin samanaikaisuuskerroin tulee arvioida aina tapauskohtaisesti. Taloyhtiöissä autolämmitykset voivat aiheuttaa kulutuspiikkejä, mutta julkisissa rakennuksissa harvemmin. (Kiinteistön energiatehokas käyttö, 2012.)

Suurissa julkisissa rakennuksissa saattolämmitys- ja sulanapitojärjestelmät vaikuttavat tehon tarpeeseen. Sulatuslämmityksiä käytetään esimerkiksi piha-alueiden, ajoliuskujen ja rännien sulanapitoon. Sulanapidot liitetään rakennusautomaatioon, jolloin sääolosuhteiden kylmentyessä jäätyvät vesikourut ja syöksytortvet saadaan lämmitettyä. ST-kortin 13.31 mukaan sulanapitojen kokonaisteho saadaan metritehon ja arvioidun lämmityskaapelin pituudella avulla. Tämäkin kokonaisteho tulee korjata samanaikaisuuskertoimella. Kerroin arvioidaan tapauskohtaisesti huomioiden ohjausjärjestelmät. (ST-kortti 13.31, 2018.)

### 3.2.4 Muut LVI-laitteet

Ilmanvaihdon lisäksi erilaiset pumput, jäähdytysjärjestelmät ja puhaltimet vaikuttavat rakennuksen kokonaissähkön kulutukseen. Yleensä kyseisiä laitteita käytetään enemmän julkisissa rakennuksissa, mutta myös asuinrakennuksissa.

Pumpuilla kierrätetään ja siirretään kiinteistön nesteitä, kuten käyttö- ja lämmitysvesiä. Yleensä pumput ovat melko pienitehoisia ja päällä jatkuvasti. Energiatlehokkuusindeksin EEI avulla kiertovesipumpuille määritellään energiatahokkuus. Sitä energiatahokkaampi pumppu, mitä pienempi EEI arvo on. Pumppujen puutteelliset säätöjärjestelmät ja ylimitoitus vaikuttavat alentavasti pumppauksen energiatahokkuuteen. Motivan arvion mukaan kiinteistöjen pumput ovat ylimitoitettu 75 prosenttisesti ja ylimitoitusta voi olla jopa yli 20 prosenttia pumpun tehosta. Ylimitoitettun pumpun juoksupyörää pienentämällä voidaan säästää energiatahokkuudessa 10–50 prosenttia.

Sähkötehon voi pumpuille laskea samalla kaavalla, kuin ilmanvaihdollekin eli SFP:n ja ilmamäärän sijaan, vesimäärän (l/s) avulla. Laskelma tehdään joko pumppu kerrallaan, tai kokonaisuutena jokaisesta vesikiertoisesta piiristä. (Kiinteistön energiatahokaskäyttö, 2012.)

Jäähdytystarve kasvaa helposti, kun lämpökuormat lisääntyvät rakennuksien eristysten parantuessa ja kesien lämmitessä. Jäähdytystä voi tuottaa monella tavalla, kuten kaukojäähdytyksellä tai ilmanvaihtokoneella. Jäähdytyskoneella voi olla suuri vaikutus rakennuksen sähkönkulutukseen, varsinkin suurissa raken-

nuksissa. Jäähdytystarvetta vähentää huomattavasti aurinkosuojien käyttö, jolloin aurinko ei pääse lämmittämään rakennusta yhtä tehokkaasti. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Erilaisia puhaltimia käytetään yleensä julkisissa rakennuksissa enemmän kuin asuinrakennuksissa. Kiertoilmakojeita ja oviverhopuhaltimia käytetään rakennuksien ulko-ovilla sisäänkäynnin lämmittämiseksi tai niillä estetään lämmön karkaaminen ulos. Puhaltimien sähköteho saadaan parhaiten LVI-kojeluettelon avulla, joten niiden teho tulee laskea aina tapauskohtaisesti. Jos niiden puhaltama lämpö on tuotettu sähköllä, voivat puhaltimien tehon tarve olla hyvinkin suuri.

### **3.2.5 Kojeet ja laitteet**

Kojeiden ja laitteiden sähköenergian kulutukseen lasketaan erilaisten laitesähköjen yhteiskulutus, lukuun ottamatta ilmanvaihtoa, valaistusta sekä lämmitystä ja jäähdytystä. Tyypillisesti keittiö- ja toimistolaitteet kuuluvat tähän ryhmään hissien lisäksi. Rakennuksen sähköenergiankulutuksesta laitteet ja kojeet vievät noin kymmenen prosenttia, joten tehon tarve on merkittävä.

Monien laitteiden sähkön kulutusta voi olla vaikea arvioida ja niiden sähköenergian kulutuksen erittely sähkön kulutuskäyrästä on hankalaa. Suurimmat syyt ovat, että laitteita on satoja erilaisia ja niiden käyttötarkoitukset vaihtelevat paljon. Suomen rakentamismääräyksessä 103174 on esitetty kaksi erilaista taulukkoa (TAULUKKO 6 & 7), joista sähköenergian kulutusta voidaan määritellä asuinrakennuksille sekä toimistorakennuksille. Taulukkoihin on esitetty kuluttajalaitteiden lisäksi muitakin laitteita. (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018.)

TAULUKKO 6. Asuinrakennuksien vuotuisia sähköenergian ominaiskulutuksia (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018)

Laiteryhmä	Asuinkerros- talon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
Talosauna	410	–	kWh/asunto
Talopesula	67	–	kWh/asunto
Hissi	23	–	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/m <sup>2</sup>
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappi	270	270	kWh/kpl
Jääkaappi-pakastin	740	740	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistosauna	8	8	kWh/lämmi- tyskerta

TAULUKKO 7. Toimistorakennusten vuotuisia sähköenergian ominaiskulutuksia (Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018)

Laiteryhmä	Ominaiskulutus	Yksikkö
Ruokala	0,75	kWh/annos
Edustussauna	20	kWh/kerta
Hissi	2000	kWh/(8 henkilön hissi)
Autopaikat	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	kWh/m <sup>2</sup>
Kannettava PC	24	kWh/kpl
PC:t+näyttö	430	kWh/kpl
Kopiokoneet	1 700	kWh/kpl
Laserkirjoittimet	400	kWh/kpl

Taulukoiden 6 ja 7 laitteiden kulutusmäärät on suhteutettu niiden määriin rakennuksessa. Tämä on tapa, jolla sähkön kulutukset voidaan laskea, mutta kohteesta riippuen voi olla vaikea tietää laitteiden määriä, jolloin arviot voivat olla vääriä.

ST-kortti 13.31:ssä on eritelty miten määritellä keittiö- ja toimistolaitteiden sähkön kulutukset. Keittiölaitteiden kulutukset saadaan keittiölaite-suunnitelman ja tasauskertoimen avulla. Pelkästään laiteluettelosta katsottuna laitteiden kulutus voi olla suurta, mutta keittiön laitteita ei yleensä käytetä kaikkia samanaikaisesti täydellä teholla. Pääsääntöisesti tasauskertoimena voidaan käyttää arvoa 0,5. Tasauskerroin on kuitenkin aina tapauskohtainen, joten se tulee määritellä laiteluettelon ja käyttötarkoituksen mukaan. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Toimistolaitteiden sähkötehon määrittelyyn käytetään samaa tapaa kuin keittiölaitteisiin. Laitteiden tehojen ja määrän avulla voidaan tehot mitoittaa käyttäen samanaikaisuuskerrointa. Mikäli kyseessä on toimisto, jossa tehdään työtä kahdessa vuorossa ja jokaisella on oma tietokone, voidaan kertoimena käyttää 0,4–0,6. Kerroin voi kuitenkin olla suurempi tai pienempi ja se pitää määritellä käyttötarkoituksen mukaan. (ST-kortti 13.31, 2018.)

### 3.2.6 Sähköautojen latausjärjestelmät

Sähköautot tulevat lisääntymään tulevaisuudessa vuosi vuodelta ja näin ollen sähköautojen latauspisteitä tarvitaan enemmän. Latauspisteet voivat olla tehollaan 20 kW, joten latauspaikkojen tehon tarve voi kasvaa suureksi. Silloin kun käytössä ei ole automaatiolla hoidettua kuormanhallintaa, käytetään latauspisteiden tehojen määrittelyssä tasauskertoimena arvoa 1. Kuormanhallintaa käytettäessä tasauskertoimena käytetään pienempää arvoa. Tasauskertoimen laskennasta ei vielä ole syntynyt vakiintunutta käytäntöä, eikä esimerkiksi SFS 6000 -standardeissa ole aiheesta ohjeita. Tämän takia teholaskelmat tulee tehdä tapauskohtaisesti, jolloin voidaan käyttää seuraavia tietoja apuna:

- Latausasemien määrä ja tyyppi
- Käyttäjäprofiili ja käyttöaika
  - o Keskimääräinen latausenergia ja -aika
- Muu kuorma
- Rajoitukset
  - o Liittymän ja sähkökeskusten koko
  - o Latausasemien minimilatausvirta (6 A per latausasema).

(ST-kortti 51.90, 2018.)

6 A minimilatausvirralla ei voida taata, että kaikille autoille riittäisi latauskapasiteettiä, vaikka SFS-EN 61851 tämän minimilatausvirran määrittääkin. Tämän takia latausjärjestelmien mitoituksessa on hyvä käyttää minimitehona 2 kW/latauspiste, kun käytetään älykästä kuormanhallintaa. Älykkään kuormanhallinnan puuttuessa käytetään 4 kW/latauspiste, jotta mahdolliset lataushäviöt saadaan huomioitua. Vähimmäismitoitus voi olla suurempi kuin edellä mainitut tehot, koska käyttäjien tarpeet, latausajat, autojen toimintasäteet ja todennäköinen huipputehon hetki vaikuttavat mitoitukseen.

Kun teholaskelmia tehdään, tulee huomioida kohteen niin sanottu käyttäjäprofiili. Tämän profiilin ajatuksena on arvioida kauanko keskimääräinen latausaika kestää ja millä teholla keskimäärin autoja ladataan. Älykkäällä kuormanhallinnalla voidaan rajoittaa tehonkulutusta, varsinkin suuremmissa järjestelmissä. Rajoitusta voidaan tehdä kahdessa eri portaassa, jolloin tehoa voidaan rajoittaa pää- ja ryhmäkeskus tasoilla. (ST-kortti 51.90, 2018.)

Latausjärjestelmän tehon tarvetta voidaan laskea ST-kortti 13.31 mukaisella menetelmällä. Kaava 9 on tarkoitettu älykkäälle latausjärjestelmälle.

$$P_{\text{lataus}} = \frac{\text{haluttu toimintasäde latauserralla (km)} \cdot 0,20 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika } h} \quad (9)$$

$P_{\text{lataus}}$  on latausjärjestelmän teho, haluttu toimintasäde on toimintasädemäärä, jonka tilaaja on määrittänyt yhdelle latauskerralle. 0,20 kWh/km on yleinen sähköautojen kesikilutus, latausaika  $h$  on aika, jonka sähköauto on keskimäärin latauksessa per latauskerta ja  $n_{\text{auto}}$  on autojen lukumäärä. (ST-kortti 13.31, 2018.)

Sähköauton toimintasädettä määriteltäessä, voidaan käyttää apuna Liikenneviraston henkilöliikennetutkimusta. Tutkimuksen mukaan Suomalaisen keskimääräinen yhden suunnan ajomatka on 15 kilometriä ja koko päivän ajot yhteenlaskettuna ajomatkaa kertyy noin 41 kilometriä. Ajomatkat ovat yleisesti lyhyempiä kaupungissa kuin maaseudulla. Tämän takia 100 kilometrin toimintasäde kaupungeissa ja 200 kilometrin säde maaseudulla on riittävä. Tätä mitoitus tapaa käyttäessä suurin osa ihmisistä saa tarvittavan keskimääräisen ajosäteen varmuudella. Yksittäiseen latauspisteeseen on hyvä mahdollistaa, että energiavaroja jää varalle niille henkilöille, jotka ajavat yli keskimääräisen ajomatkan. Yleisesti suurin osa ei tarvitse 100 kilometrin toimintasädettä tai eivät käytä autojaan samanaikaisesti, jolloin energiavaroja pitäisi jäädä pidemmän toimintasäteen tarvitseville. (ST-kortti 51.90, 2018.)

Latausajalle ei ole yhtä vakiota, vaan se vaihtelee kohdekohtaisesti. Esimerkiksi taloyhtiöissä ja pientaloissa voidaan käyttää yön yli tapahtuvaa 10 tunnin latausaikaa. Tämä rajoittaa huipputehon määrää huomattavasti. Kuitenkin julkisen rakennuksen latauspisteeltä voidaan haluta 100 kilometrin toimintasädettä yhden tunnin aikana. Tämä tarkoittaa, että yhden latauspisteen teho on käytettävä 20 kW, joten tehon tarve hetkellisesti voi olla suuri. (ST-kortti 51.90, 2018.)

Yksittäisen latauspisteen tehon määrittelyssä käytetään latauspisteen suurinta tehoa. Tämä tarkoittaa sitä, että latauspisteen syöttö tulee mitoittaa sen suunnitellulla maksimiteholla, mutta järjestelmän runkokaapelit huomioidaan kuormituksen valvonnan ja ohjauksen tasauskertoimen mukaan. On myös huomioitava,

että latauspisteen asetuksista voidaan ohjelmoida pienempiä tehoja, jolloin yksittäisen latauspisteen maksimiteho ei ole niin suuri kuin suunniteltu. (ST-kortti 13.31, 2018.)



## 4 KOHTEIDEN TOTEUTUNEET SÄHKÖENERGIANKULUTUKSET

### 4.1 Kohteet

Sähköenergiantarkastelua varten tutkittiin pääasiassa eri kaupunkien päiväkotien ja koulujen sähkönkulutuksia. Kohdetietoja saatiin Hyvinkään, Turun ja Helsingin kaupungeilta sekä Senaatilta. Näiden lisäksi tutkitaan myös Espoon kaupungin kiinteistöjen kulutuksia. Espoon kaupungin kulutustiedot ovat julkisia ja ne ovat Sekin, Airaksisen ja Saaren vuonna 2015 tekemästä tutkimuksesta Measured energy consumption of educational building in a Finnish city. Kyseisessä tutkimuksessa tarkasteltiin 80 päiväkotia sekä 74 koulua.

#### 4.1.1 Hyvinkään kaupungin kohteet

Hyvinkään kaupungilta saatu Excel-tilauskoko esittää kaupungin kiinteistöjen sähköenergiankulutukset vuosilta 2018–2020. Eri kiinteistöjä on taulukoitu yhteensä 54 kappaletta aina uimahalleista ja jäähalleista, päiväkoteihin ja kouluihin. Taulukosta nähdään rakennusten rakennusvuodet, kokonaistilavuudet, vuosittaiset sähkönkulutukset (kWh) sekä sähkönkulutukset tilavuutta kohden (kWh/m<sup>3</sup>). Kaikista rakennuksista tarkasteltavaksi valitaan päiväkodit sekä koulut, koska niiden sähkönkulutuksia voidaan verrata muiden kaupunkien kiinteistöjen kanssa. Päiväkotien määrä on 15 ja koulujen 16. Rakennuksien rakennusvuodet ulottuvat 1950-luvulta 2010-luvulle asti.

#### 4.1.2 Turun kaupungin kohteet

Turun kaupungilta saadussa Excel-tilauskokoissa nähdään kaupungin kaikkien päiväkotien ja koulujen yhteenlasketut sähkönkulutukset vuosilta 2016–2020. Taulukoista nähdään myös kaikkien päiväkotien sekä koulujen yhteistilavuus sekä niiden keskiarvoistettu sähkönkulutus tilavuutta kohti. Taulukoissa ei kerrota kiinteistöjen määrää, joten yksittäisten kohteiden rakennusvuosista tai tilavuuksista ei saada tietoa. Tämän takia laajempaa vertailua muiden kohteiden kanssa ei voida toteuttaa.

### 4.1.3 Helsingin kaupungin kohteet

Helsingin kaupungin kohteiden tiedot saatiin Nuuka nimisestä järjestelmästä. Nuuka on kulutusseurantajärjestelmä, josta nähdään muun muassa Helsingin 1000 kiinteistön lämpöenergian, sähköenergian ja veden kulutukset sekä sisäilmanlaatu. Nuuka on otettu käyttöön, koska sen tuottaman analytiikan avulla Helsingin kaupunkien kiinteistöjen sisäilmanlaatua ja energiatehokkuutta pyritään parantamaan. Järjestelmä antaa kattavan kuvan kiinteistöjen kulutuksista, koska se sisältää energiaraportoinnin, prosessien toimintavarmistuksen, vastuullisuusraportoinnin sekä olosuhdeseurannan. (Nuuka, 2018.)

Nuukan aineistoista valitaan tarkasteluun päiväkodit, joita on 150 kappaletta ja koulut, joita on 140 kappaletta. Kohteista saadaan sähköenergiankulutukset, ominaissähkökulutukset, sekä kiinteistöjen tilavuudet ja rakennusvuodet. Kulutukset ovat vuosilta 2018–2020.

### 4.1.4 Senaatin kohteet

Senaatti toimii kiinteistöasiantuntijana ja toimitilakumppanina Suomen valtiolle. He vastaavat kohteidensa ylläpidosta sekä kehittävät valtion kiinteistövarallisuutta. Senaatilta saadussa Excel-taulukossa on yhteensä 170 kiinteistön kuukausittaiset sähköenergiankulutukset vuosilta 2019–2020. Senaatilla on kiinteistöjä ympäri Suomea, joten kohteiden tiedot eivät keskity vain yhteen kaupunkiin. Kohteita ovat muun muassa virastotalot, poliisitalot, museot ja kulttuurikeskukset.

## 4.2 Ominaissähkökulutukset

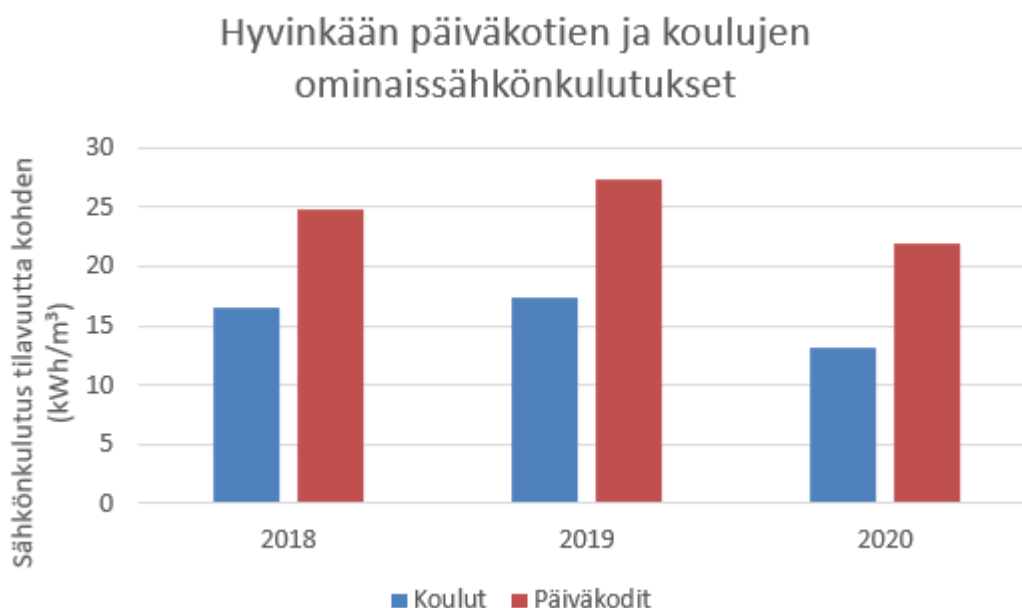
Hyvinkään kaupungilta saatujen sähkönkulutustietojen avulla voidaan tarkastella päiväkotien ja koulujen sähkönkulutuksia vuoden, tilavuuden ja rakennusvuoden mukaan. Kohteista näytetään sähköenergiankulutuksien (kWh) sijaan ominaissähkökulutukset (kWh/m<sup>3</sup>), koska ominaissähkökulutuksien avulla voidaan kohteita vertailla muiden kaupunkien kanssa. Pelkästään sähköenergiankulutuksen avulla kohteiden vertailu on hankalaa, koska rakennukset ovat erikokoisia ja ominaisuuksiltaan erilaisia. Ominaiskulutuksella kuvataan rakennuksen energian

käyttöä, jotain suoriteyksikköä kohti. Suoriteyksikkönä käytetään yleisimmin pinta-alaa tai tilavuutta.

Tiedoissa oli myös puutteita, eikä kaikille kiinteistöille ole kirjattu kulutuksia. Tämän vuoksi keskiarvot voivat todellisuudessa olla hieman suurempia tai pienempiä. Otantaa on kuitenkin tutkimuksen kannalta tarpeeksi, joten voidaan todeta keskiarvojen olevan suuruusluokiltaan melko lähellä totuutta.

Kohteiden kulutukset on koottu kuvioden lisäksi taulukkoon, joka löytyy liitteestä 1 (LIITE 1). Liitteen taulukosta nähdään kuvioita selkeämmin yhteenveto kaupunkien kulutuksista sekä kulutuksien muutoksista.

Kuviosta 7 nähdään Hyvinkään kaupungin päiväkotien ja koulujen keskiarvoinen ominaissähkönkulutus vuosilta 2018–2020. Ominaissähkönkulutus on esitetty sähköenergiankulutuksena tilavuutta kohden ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ).



KUVIO 7. Vuosien 2018–2020 ominaissähkönkulutus Hyvinkään kaupungin päiväkodeissa ja kouluissa

Kuviosta huomataan, että ominaissähkönkulutus on päiväkodeilla suurempi kuin kouluilla. Päiväkotien ominaissähkönkulutus on vuodesta riippuen 22–27  $\text{kWh}/\text{m}^3$  luokkaa ja kouluilla 13–17  $\text{kWh}/\text{m}^3$ . Tämä tarkoittaa, että päiväkodit kuluttavat sähköenergiaa enemmän kuutiometriä kohti kuin koulurakennukset. Koulujen

pienempää ominaissähkönkulutusta voidaan perustella muun muassa sillä, että kouluissa voi olla esimerkiksi luokkatiloja ja liikuntasaleja, joita ei käytetä jatkuvasti. Koulut ovat yleisesti myös kiinni kesäisin, milloin niiden käyttö on vähäistä.

Kuviosta huomataan myös, että vuonna 2020 sähkönkulutus on ollut vähäisempää. Tämä selittyy leudosta talvesta sekä koronan aiheuttamista toimituksista, kuten etäopiskelusta ja oleskelurajoituksista. Kulutus oli vähäisempää varsinkin koulurakennuksissa. Vuonna 2019 vertailussa olevat 16 Hyvinkään koulua kuluttivat sähköä noin 5 390 000 kWh, kun taas vuonna 2020 sähköä kului noin 4 050 000 kWh. Sähköä kulutettiin siis 24,7 % vähemmän vuonna 2020 kuin 2019. Suurin prosenttimuutos yksittäisen koulun kulutuksissa oli -37,3 % vuosina 2019–2020. Päiväkotien kulutus laski 18,4 % vuonna 2020.

Kuviosta 8 nähdään Turun kaupungin päiväkotien ja koulujen keskiarvoiset ominaissähkönkulutukset vuosilta 2018–2020.



KUVIO 8. Vuosien 2018–2020 ominaissähkönkulutus Turun kaupungin päiväkodeissa ja kouluissa

Turun kaupungin päiväkotien ominaissähkönkulutus on noin 25 kWh/m<sup>3</sup> ja koulujen 14–16 kWh/m<sup>3</sup> välillä. Myös Turussa päiväkodit kuluttavat sähköenergiaa kuutiometriä kohden enemmän kuin koulut. Sähköenergian kulutus on laskenut hiukan vuonna 2020, mutta ei huomattavasti. Turun koulut kuluttivat vuonna 2019

sähköenergiaa 15 460 000 kWh ja vuonna 2020 14 500 000 kWh. Muutos on 6,2 %. Päiväkodit taas kuluttivat 3,4 % vähemmän vuonna 2020 kuin 2019.

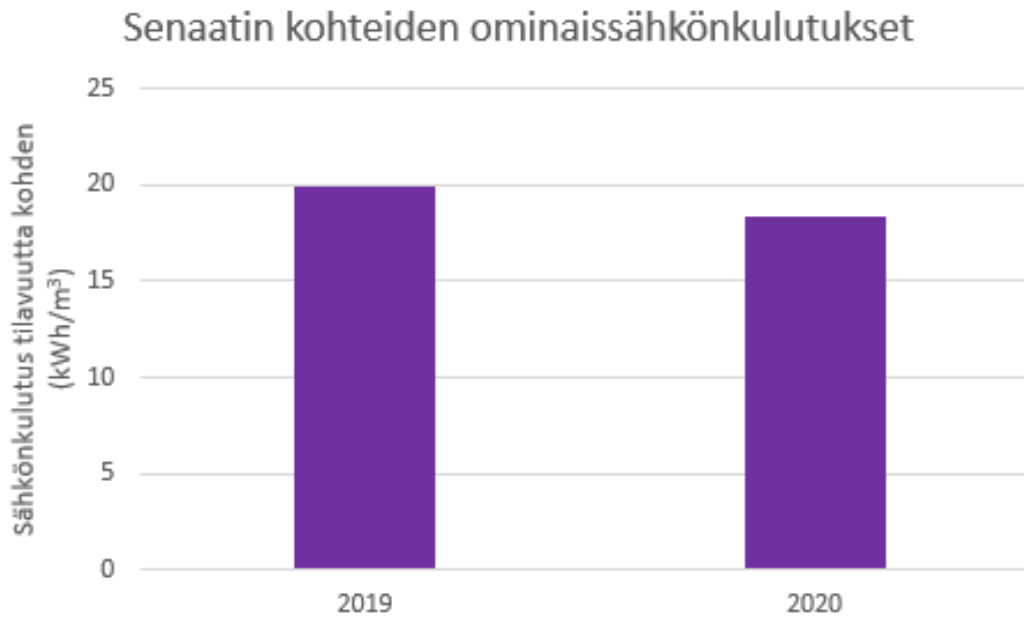
Kuviosta 9 nähdään Helsingin kaupungin koulujen ja päiväkotien ominaissähkönkulutukset. Kulutukset on esitetty vuodesta 2018 vuoteen 2020. Koulujen määrä on 140 kappaletta ja päiväkoteja on 150.



KUVIO 9. Vuosien 2018–2020 ominaissähkönkulutus Helsingin kaupungin päiväkodeissa ja kouluissa

Helsingin kaupungin päiväkotien ominaissähkönkulutus on 24–25 kWh/m<sup>3</sup>. Koulujen kulutus on 15–17 kWh/m<sup>3</sup> välillä. Helsingissä koulujen ja päiväkotien sähkönkulutus on pysynyt melko vakiona vuosina 2018–2020. Vuonna 2019 koulut kuluttivat sähköenergiaa 41 860 000 kWh ja vuonna 2020 40 480 000 kWh. Muutos prosentteina on vain 3,3 %. Koronasta aiheutuneet toimet, eivät vaikuttaneet suuresti Helsingin koulujen sähkönkulutukseen, vaikka koronatartuntoja oli eniten Helsingin seudulla. Päiväkodit kuluttivat 4,8 % vähemmän vuonna 2020 kuin 2019.

Kuviosta 10 nähdään Senaatin kohteiden ominaissähkönkulutukset vuosilta 2019–2020. Koska Senaatin kohteisiin ei kuulu päiväkoteja tai kouluja, tarkastelussa on muun muassa virastotaloja, museoita ja kulttuurikeskuksia. Kohteita oli yhteensä 170 kappaletta.



KUVIO 10. Vuosien 2019–2020 ominaissähkönkulutus Senaatin kohteissa

Senaatin kohteiden ominaissähkönkulutus on 18–20 kWh/m<sup>3</sup>. Kuviossa on eri käyttötarkoitukseltaan olevia kohteita, joten spesifointia sähkönkulutuksista tietyille kohteille ei voida toteuttaa. Voidaan yleistää, että Senaatin tarkastelussa olevien kohteiden ominaissähkönkulutukset ovat noin 20 kWh/m<sup>3</sup>. Kiinteistöjen sähkönkulutus on laskenut vuonna 2020 edellisestä vuodesta. Vuonna 2019 kiinteistöt kuluttivat yhteensä 151 000 000 kWh ja vuonna 2020 139 300 000 kWh. Sähkönkulutuksen muutos prosentteina on 7,7 %.

### 4.3 Tulokset ja niiden vertailu

Vertailukohteina käytetään eri Hyvinkään, Turun, Helsingin ja Espoon kaupunkien päiväkotien ja koulujen ominaissähkönkulutuksia (kWh/m<sup>3</sup>) paikkakunnan, rakennusvuoden ja rakennuksen tilavuuden mukaan. Eri vertailujen tarkoituksena on tutkia vaikuttavatko rakennusten sijainti, ikä ja koko ominaissähkönkulutukseen. Vertailuja ei toteuteta sähköenergiankulutuksilla (kWh), koska kiinteistöjen määrä kaupungeissa on eri, kohteet ovat eri kokoisia sekä ne ovat erilaisia ominaisuuksiltaan ja teknisiltä järjestelmiltään.

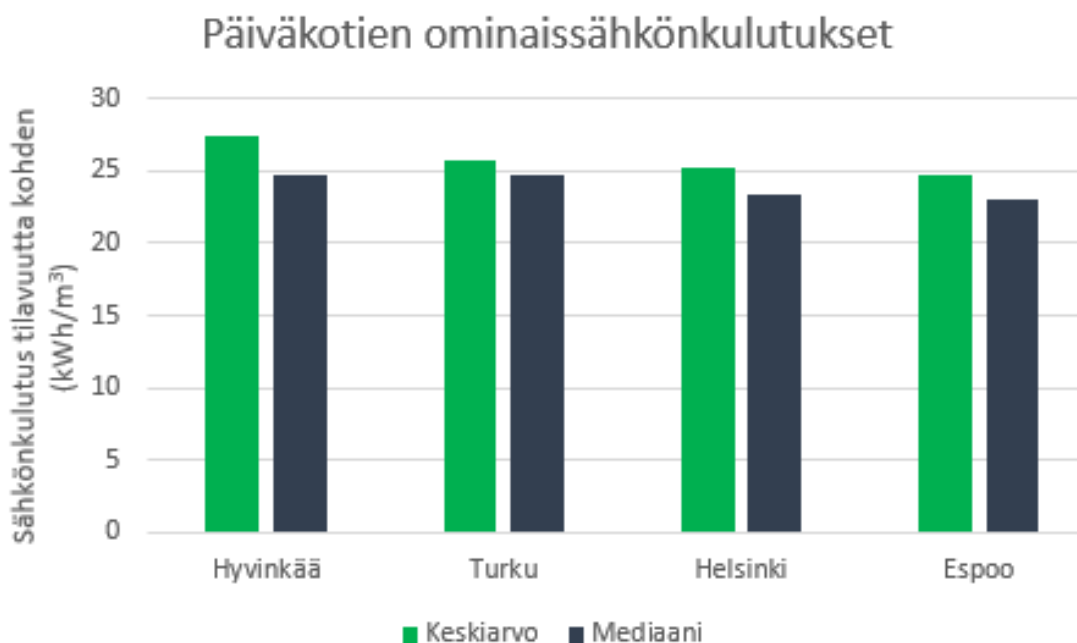
Ominaiskulutuksen tarkoituksena on esittää rakennuksen energiatehokkuutta. Ominaissähkönkulutusten tilastovertailuissa tulee kuitenkin huomioida, ettei koh-

teista voida suoraan tehdä johtopäätöksiä niiden energiatehokkuuksista ja säästöpotentiaaleista, koska ne ovat teknisiltä ratkaisuiltaan sekä toiminnoiltaan yksilöllisiä. Tulee myös muistaa, että tilastoissa olevat vertailukohteet pitävät sisälään erityyppisiä kuluttajia.

Tarkastelussa olevat sähkönkulutukset ovat vuodelta 2019. Kuvioista ei nähdä kulutuksien tarkkoja arvoja, vaan niiden tarkoituksena on näyttää kulutuksien suuruusluokka ja yleisnäkymä. Taulukoihin on esitetty kulutusten keskiarvot sekä mediaanit. Keskiarvoihin voi vaikuttaa yksittäiset suuret ja pienet kulutukset tilanteesta riippuen. Tämän vuoksi kulutusten mediaani on myös esitetty kuvioissa, koska sen suuruuteen ei vaikuta yksittäiset suuret tai pienet kulutuksen arvot.

#### 4.3.1 Paikkakunnan mukaan

Kuviossa 11 ja taulukossa 8 on esitetty Hyvinkään, Turun, Helsingin ja Espoon vuoden 2019 päiväkotien ominaissähkönkulutukset keskiarvon ja mediaanin mukaan.



KUVIO 11. Hyvinkään, Turun, Helsingin ja Espoon päiväkotien ominaissähkönkulutukset

TAULUKKO 8. Päiväkotien ominaissähkönkulutukset

	Hyvinkää	Turku	Helsinki	Espoo
Keskiarvo	27,4	25,7	25,3	24,8
Mediaani	24,8	24,8	23,4	23,0

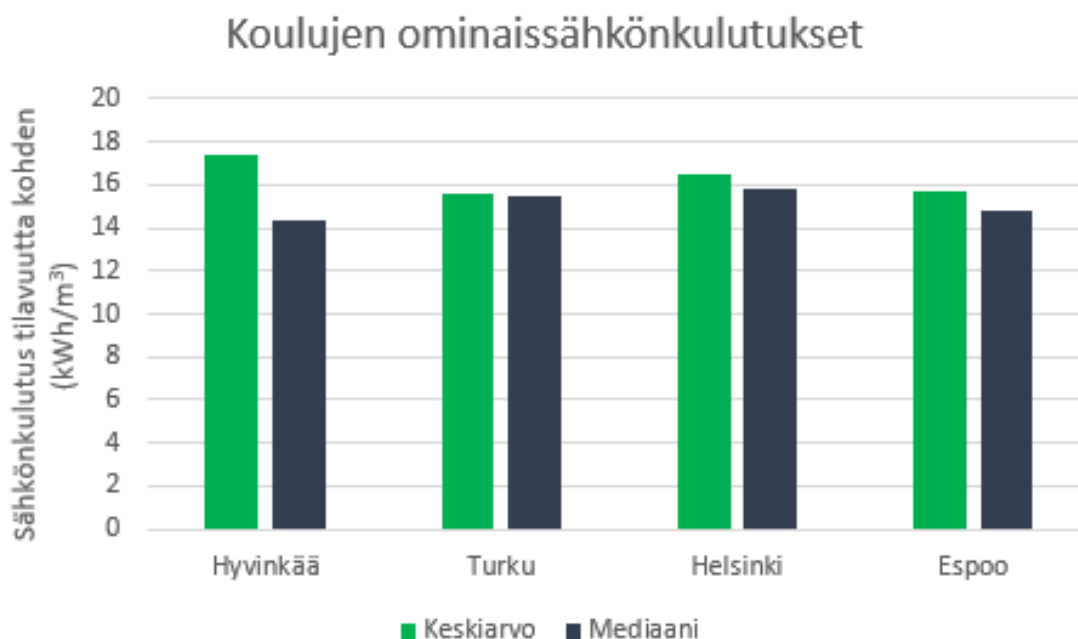
Kuviosta huomataan, että Hyvinkään keskiarvoinen ominaiskulutus on ollut noin 27 kWh/m<sup>3</sup>, ja näin ollen suurinta verrattuna muihin kaupunkeihin. Pienin ominaiskulutus on ollut Espoossa, hieman alle 25 kWh/m<sup>3</sup>. Turun ja Helsingin ominaiskulutukset ovat 25–26 kWh/m<sup>3</sup> välillä. Kun tarkastellaan kulutuksia mediaanin avulla, on Hyvinkään ja Turun kulutukset suurimpia, noin 25 kWh/m<sup>3</sup>. Helsingissä ja Espoossa kulutukset ovat suuruusluokaltaan samankokoisia, noin 23 kWh/m<sup>3</sup>. Espoossa kulutus on kuitenkin hieman Helsinkiä pienempi.

Yhtenä syynä sille, että Hyvinkään päiväkotien keskiarvoinen ominaiskulutus on suurinta, on se, että tarkastelussa olevien kohteiden määrä oli vain 15 kappaletta. Tämän vuoksi yksittäinen suurikulutteinen kiinteistö vaikuttaa keskiarvoon huomattavasti. Muiden kaupunkien vertailuissa olevien päiväkotien määrä oli 80–150 kappaletta. Siksi on parempi tarkastella mediaanien arvoja, koska niihin ei vaikuta yksittäiset suuret kulutukset. Tällöin Hyvinkään ja Turun ominaiskulutukset ovat samaa suuruusluokkaa.

Kuviosta 11 nähdään, ettei paikkakunnalla ole suurta merkitystä päiväkotien ominaissähkönkulutukseen. Kulutukset ovat keskimäärin 25 kWh/m<sup>3</sup> luokkaa. Motivan tekemässä palvelusektorien ominaiskulutustarkastelussa vuosilta 2011–2017 (LIITE 2) päiväkotien mediaani ominaissähkönkulutus on ollut 21,6 kWh/m<sup>3</sup>. Tarkastelussa on käytetty 207 päiväkodin kulutustietoja. Huomataan, siis että vuonna 2019 ominaiskulutus on ollut suurempaa. Kulutusten suuruusluokka kohteiden välillä on kuitenkin melko vakio, eikä isoja heittoja ole (Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011–2017, 2017).

Kuviossa 12 ja taulukossa 9 esitetään koulujen ominaissähkönkulutukset paikkakunnan mukaan vuonna 2019. Vertailuissa on mukana ala- ja yläasteita sekä lukioita. Muut koulurakennukset kuten ammattikorkeakoulut ja yliopistot on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.





KUVIO 12. Hyvinkään, Turun, Helsingin ja Espoon koulujen ominaissähkönkulutukset

TAULUKKO 9. Koulujen ominaissähkönkulutukset

	Hyvinkää	Turku	Helsinki	Espoo
Keskiarvo	17,4	15,6	16,5	15,7
Mediaani	14,3	15,5	15,8	15,0

Hyvinkään koulujen keskiarvoinen ominaiskulutus on suurinta verrattuna Turkuun, Helsinkiin ja Espooseen. Hyvinkään kulutus on noin 17 kWh/m<sup>3</sup>, seuraavaksi suurin on Helsingissä, hieman yli 16 kWh/m<sup>3</sup>, Turussa ja Espoossa kulutukset ovat hieman alle 16 kWh/m<sup>3</sup>. Kuitenkin mediaaniarvojen mukaan Hyvinkään ominaiskulutus on pienin, noin 14 kWh/m<sup>3</sup>. Helsingissä arvo on lähellä 16 kWh/m<sup>3</sup> ja Turussa ja Espoossa 15–16 kWh/m<sup>3</sup> välillä.

Hyvinkään kaupungin tarkastelussa olevien koulujen määrä on 16 kappaletta. Kuten päiväkotien keskiarvoissa, myös tässä tapauksessa yksittäiset suuret kulutukset nostavat Hyvinkään koulujen keskiarvollista ominaiskulutusta. Muiden kaupunkien tarkasteltavien koulujen määrä on 70–120 välillä.

Kuviosta 12 nähdään, että koulujen ominaiskulutukset ovat olleet 14–17 kWh/m<sup>3</sup> luokkaa. Motivan ominaiskulutustarkastelussa vuosilta 2011–2017 (LIITE 2), koulujen mediaani ominaiskulutus oli 14,5 kWh/m<sup>3</sup>. Kouluja tutkimuksessa oli 263

kappaletta. Kuten päiväkotienkin kulutus, on koulujen ominaissähkönkulutus ollut suurempaa vuonna 2019 verrattuna Motivan tutkimukseen. Kulutusten suuruusluokat ovat lähellä toisiaan, joten voidaan päätellä, ettei paikkakunnalla ole suurta merkitystä koulujen ominaissähkönkulutusten osalta (Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011–2017, 2017).

#### 4.3.2 Rakennusvuoden mukaan

Kuviossa 13 ja taulukossa 10 tarkastellaan päiväkotien ominaissähkönkulutuksia rakennusvuosien mukaan vuonna 2019. Tarkastelussa ovat Hyvinkään, Helsingin ja Espoon päiväkodit. Turun päiväkoteja ei tässä tarkastelussa käytetä, koska tietoja rakennusvuosista ei saatu.



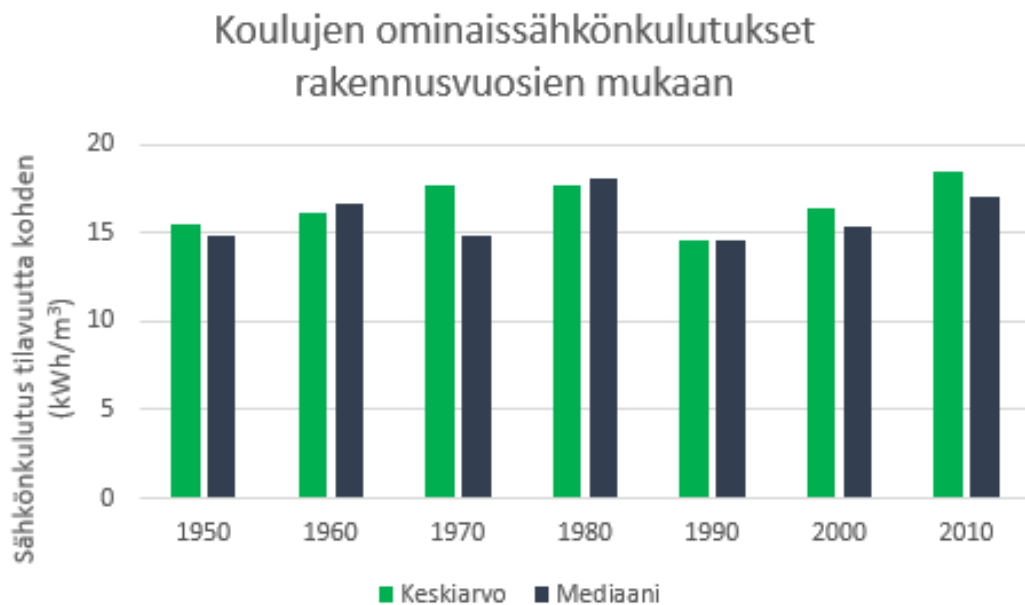
KUVIO 13. Päiväkotien ominaissähkönkulutukset rakennusvuoden mukaan

TAULUKKO 10. Päiväkotien ominaissähkönkulutukset rakennusvuoden mukaan

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Keskiarvo	16,8	22,1	18,7	23,9	26,4	23,9	26,7
Mediaani	17,4	20,5	18,6	21,4	23,5	23,6	24,9

Kuviosta ja taulukosta nähdään, että ominaiskulutus on lisääntynyt 1950-luvulta lähtien vähitellen. 1950-luvun rakennuksissa kulutus on ollut 16–17 kWh/m<sup>3</sup>. Ominaiskulutus on noussut 60 vuodessa noin 10 kWh/m<sup>3</sup>. 2010-luvun rakennuksissa kulutus on jo 25–27 kWh/m<sup>3</sup>. Prosentuaalisesti nousu on noin 40 %.

Kuviossa 14 ja taulukossa 11 esitetään vastaavasti koulujen ominaissähkökulutukset rakennusvuosien mukaan. Tarkastelussa ei ole Turun kohteita, koska niiden rakennusvuosia ei saatu.



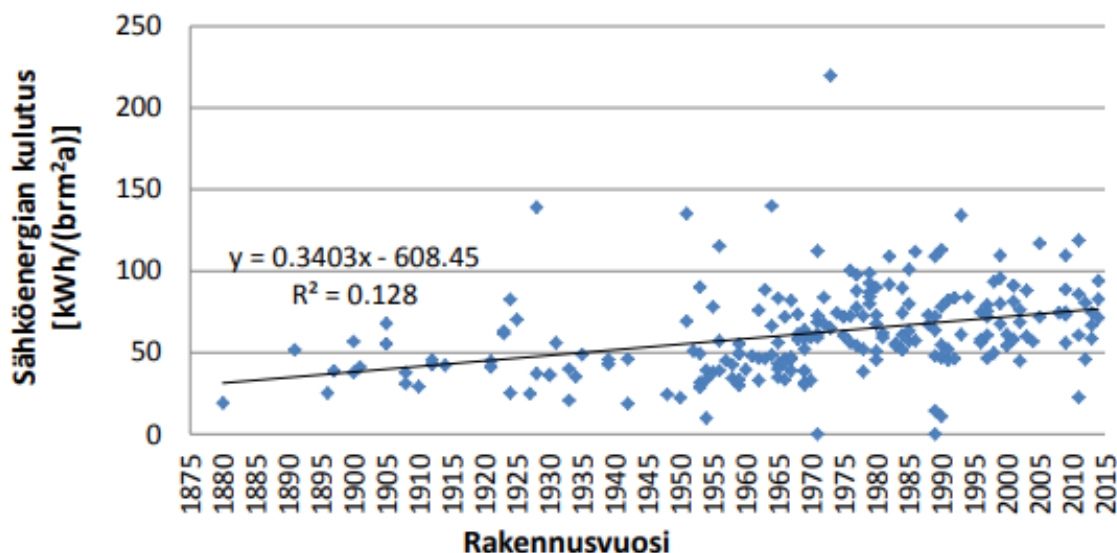
KUVIO 14. Koulujen ominaissähkökulutukset rakennusvuoden mukaan

TAULUKKO 11. Koulujen ominaissähkökulutukset rakennusvuoden mukaan

	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Keskiarvo	15,5	16,2	17,7	17,6	14,6	16,4	18,5
Mediaani	14,9	16,7	14,9	18,2	14,5	15,4	17,0

Koulujen ominaiskulutus ei ole lisääntynyt samalla tavalla kuin päiväkotien. Huomataan, että 1950-luvulta eteenpäin rakennetuissa kouluissa, kulutus on noussut pikkujalaa 1980-luvulle asti. 1990-luvun rakennuksissa kulutus on romahtanut ja noussut 2010-luvulle mentäessä. Alimmillaan kulutus on 1990-luvun kohteissa, noin 14,5 kWh/m<sup>3</sup> ja suurimmillaan 2010-luvun kohteissa, yli 18 kWh/m<sup>3</sup>.

Annu Ruusalan diplomityössä koulujen ja päiväkotien laskennallinen ja toteutunut energiankulutus (2016), esitetään myös, että sähkönkulutus rakennusvuoteen suhteutettuna on lisääntynyt 1900-luvun alusta (KUVIO 15). (Ruusala, 2016.)



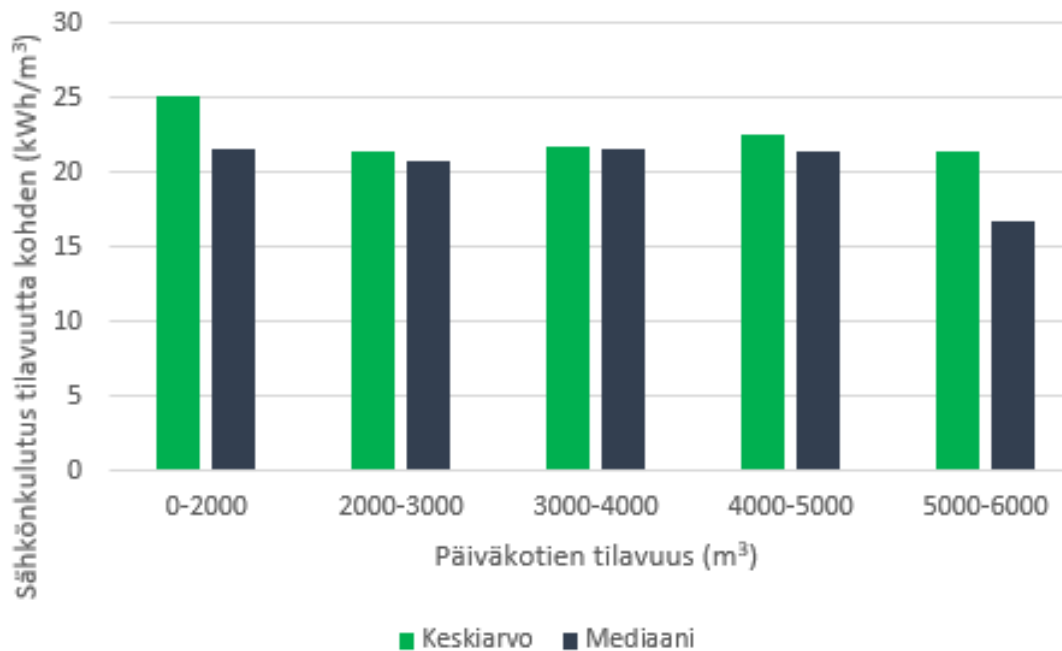
KUVIO 15. Tampereen ja Helsingin koulujen ja päiväkotien sähköenergian kulutus vuonna 2014 (Ruusala, 2016)

Voidaan siis päätellä, että sähkönkulutus on suurempaa uusimmissa rakennuksissa. Sähkölaitteita ja -järjestelmiä on, ja niitä käytetään enemmän nykyään, kuin esimerkiksi 50 vuotta sitten. Tämä vaikuttaa sähkönkulutuksen nousuun uusissa rakennuksissa.

#### 4.3.3 Tilavuuden mukaan

Kuviossa 16 ja taulukossa 12 tarkastellaan päiväkotien ominaiskulutuksia rakennuksen tilavuuden mukaan. Tarkastelussa on mukana Hyvinkään, Helsingin ja Espoon kohteet. Turun kohteista ei ole rakennusten tilavuuksista tietoa.

## Päiväkotien ominaissähkönkulutukset tilavuuden mukaan



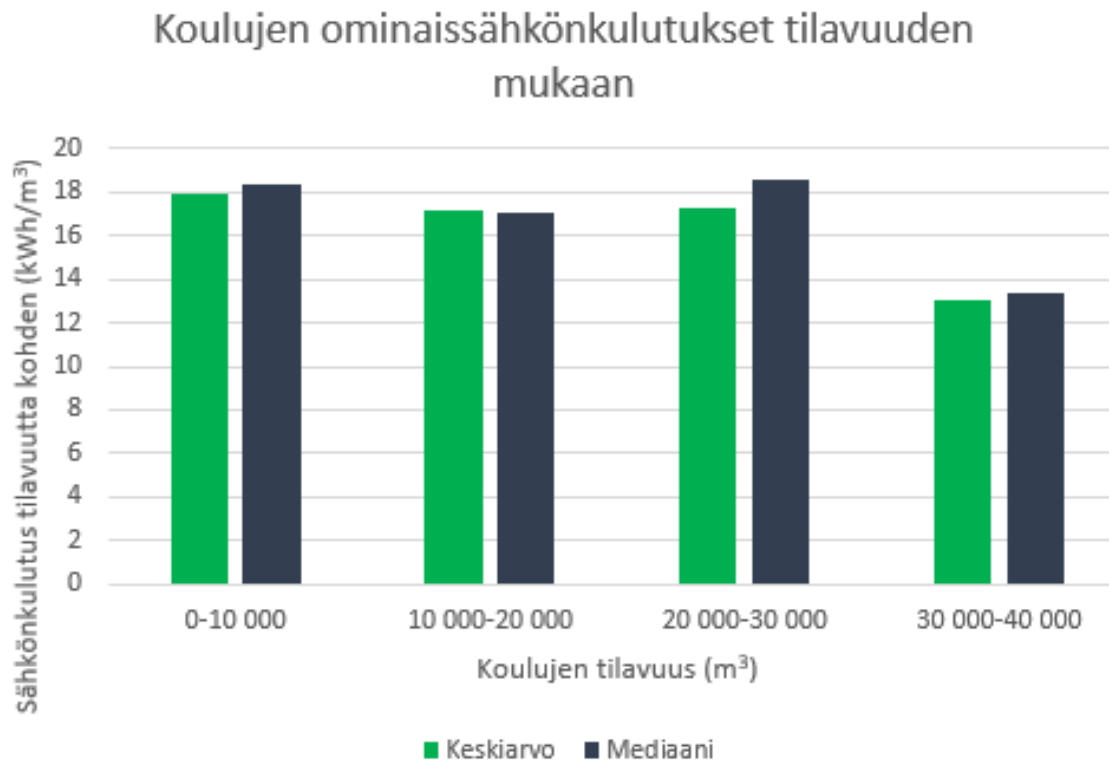
KUVIO 16. Päiväkotien ominaissähkönkulutukset tilavuuden mukaan

TAULUKKO 12. Päiväkotien ominaissähkönkulutukset tilavuuden mukaan

	0–2000 (m <sup>3</sup> )	2000– 3000 (m <sup>3</sup> )	3000– 4000 (m <sup>3</sup> )	4000– 5000 (m <sup>3</sup> )	5000– 6000 (m <sup>3</sup> )
Keskiarvo	25,1	21,4	21,8	22,5	21,4
Mediaani	21,6	20,8	21,5	21,4	16,8

Keskiarvollinen ominaiskulutus on suurin tilavuudeltaan pienimmissä päiväkohteissa. Ominaiskulutus on niissä 25 kWh/m<sup>3</sup> ja suuremmissa kohteissa noin 21 kWh/m<sup>3</sup>. Mediaaniarvojen mukaan tilavuudeltaan suuremmissa kohteissa ominaiskulutus on pienintä, noin 17 kWh/m<sup>3</sup>. Tilavuudeltaan alle 5000 m<sup>3</sup> olevat kiinteistöt, kuluttavat sähköä tilavuutta kohden suunnilleen 21 kWh/m<sup>3</sup>.

Kuviossa 17 ja taulukossa 13 esitetään koulujen ominaissähkönkulutuksen kohteen tilavuuden suhteen. Tässäkin tarkastelussa ovat mukana Hyvinkään, Helsingin ja Espoon koulut.



KUVIO 17. Koulujen ominaissähkönkulutukset tilavuuden mukaan

TAULUKKO 13. Koulujen ominaissähkönkulutukset tilavuuden mukaan

	0– 10 000 (m <sup>3</sup> )	10 000– 20 000 (m <sup>3</sup> )	20 000– 30 000 (m <sup>3</sup> )	30 000– 40 000 (m <sup>3</sup> )
Keskiarvo	17,8	17,2	17,2	13,1
Mediaani	18,4	17,0	18,6	13,4

Kuten päiväkotikohteissa, myös tilavuuksiltaan suurempien koulurakennuksien ominaiskulutus on pienintä verrattuna pienempiin kohteisiin. Ominaissähkönkulutus on noin 13 kWh/m<sup>3</sup> suuremmissa kouluissa. Tilavuuksiltaan pienimmissä kohteissa ominaiskulutus on 18 kWh/m<sup>3</sup>, joten ero suurempiin on 5 kWh/m<sup>3</sup>.

Tulosten mukaan voidaan päätellä, että tilavuudeltaan suurempien rakennusten ominaissähkönkulutus on pienempää, kuin tilavuudeltaan pienempien. Tähän voi vaikuttaa esimerkiksi tyhjillään olevat luokkahuoneet, rappukäytävät sekä liikuntasalit. Erilaiset käytävät nostavat rakennuksen tilavuuden kokoa, eikä niissä ole valaistuksen lisäksi paljoa sähköä kuluttavia laitteita. Myös tilavuudeltaan suurella liikuntasalilla voi olla merkitystä, koska sen käyttö ei ole välttämättä jokapäiväistä.

Tähän tulokseen voi myös vaikuttaa se, että tilavuuksissa voi olla mukana erillisiä lisärakennuksia tai varastoja. Esimerkiksi ulkovarastot lisäävät kiinteistön tilavuutta, mutta niiden sähkönkulutus on hyvin pientä tai olematonta. Tämä vaikuttaa siihen, että tarkasteltavien kohteiden ominaissähkönkulutus voi olla pienempää tarkastelussa kuin todellisuudessa.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli sähköinsinööritoimisto Karawatski Oy. Työn tavoitteena oli tutkia erilaisten rakennuksien sähköenergian kulutuksia, jotta niistä saatuja tietoja voitaisiin käyttää sähkösuunnittelussa. Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään kirjallisuutta sähköenergian kulutuksista sekä niiden laskennasta. Kirjallisten lähteiden lisäksi työssä tutkittiin oikeiden rakennusten sähköenergioiden vuosikulutuksia. Kulutustietoja saatiin Hyvinkään, Turun ja Helsingin kaupungeilta sekä Senaatilta. Kohteiden sähkökulutuksia verrattiin keskenään paikkakunnan, rakennusvuoden ja tilavuuden mukaan. Tavoitteena oli tutkia, onko edellä mainituilla tekijöillä vaikutusta sähköenergian kulutuksiin.

Rakennusten sähköenergian kulutuksista pyrittiin löytämään kirjallisuutta ja tutkimuksia, mutta lähteiden määrä oli melko vähäistä. Suomalaisia tutkimuksia esimerkiksi sähköenergian vuosikulutuksista on hyvin vähän. Joitakin teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tekemiä tutkimuksia on, mutta ne ovat 1990-luvulta, joten niistä saadut tulokset eivät päde enää tänä päivänä.

Sähköenergian kulutuksista ja niiden laskennasta löytyi kuitenkin joitakin lähteitä. Motiva on julkaissut tarkastelun, jossa kerrotaan sähköenergian kulutuksista huoneisto- ja kiinteistökohtaisesti. He ovat tehneet myös tutkimuksen palvelusektoreiden energian ominaiskulutuksista. Sähkökulutuksen laskennasta löytyi muutamia ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelmista sekä ST-korteista. Lopputuloksena voidaan kuitenkin todeta, ettei erilaisten rakennusten sähkökulutuksista ole tehty paljoa tutkimuksia tai ohjeita.

Työn arvokkain osuus on oikeiden kohteiden sähkökulutuksien vertailu ja tutkimus. Tarkoituksena oli saada monelta paikkakunnalta erityyppisten rakennuksien sähkökulutuksia. Näin tehtiinkin, muttei niin monella rakennustyypillä kuin alun perin oli tarkoitus. Kaikilta kohteiden lähettäjiltä saatiin päiväkotien ja koulujen kulutustietoja, paitsi Senaatilta, jonka kohteisiin ei kuulu kyseisiä rakennuksia. Jotta saatiin mahdollisimman paljon vertailua, käytettiin myös Espoon kaupungin päiväkotien ja koulujen kulutustietoja.



Hankaluuksia ja samalla virheitä tuloksiin tuo se, että joukossa oli rakennuksia, joiden kulutustiedot ja tilavuudet puuttuivat. Turun kohteista saatiin vain ominaiskulutukset, joten niitä ei voitu käyttää rakennusvuosien ja tilavuuksien vertailuissa. Kuitenkin kohteiden kulutuksien vertailu onnistui hyvin. Otantaa oli tutkimuksen kannalta riittävästi (päiväkoteja noin 250 kappaletta ja kouluja noin 230 kappaletta) ja tuloksista nähdään kohteiden kulutuksien suuruusluokat kuten oli tarkoituskin.

Tuloksia voidaan käyttää sähkösuunnittelussa apuna, kun tarkastellaan tietyn tyyppisen rakennuksen sähkönkulutusta. Ominaiskulutuksista nähdään suoraan paljonko rakennus tyypillisesti kuluttaa sähköä. Tuloksia voidaan esimerkiksi verrata uudiskohteen ominaiskulutuksen kanssa. Vertailun avulla nähdään kuluttaako suunniteltu uusirakennus saman verran sähköä, kuin kyseinen rakennus tyypillisesti. Tuloksia ei voida pitää tarkkoina, vaan niiden tarkoituksena on näyttää suuntaa antava rakennuksen ominaiskulutus.

Vertailuissa olisi ollut parempi olla enemmän erityyppisiä tutkittavia rakennuksia. Muun muassa toimistojen, ravintoloiden ja liikuntahallien kulutusten vertailu olisi tuonut työlle lisäarvoa. Jatkokehitysmahdollisuutena on eri rakennustyyppien kulutuksien vertailu ja tutkimus päiväkotien sekä koulujen lisäksi. Mielenkiintoista olisi myös jatkossa tutkia, mikä rakennuksen ominaiskulutus tulisi olla sähköjen osalta, jos halutaan energiatehokkuudeltaan tietyn luokituksen rakennus.

## LÄHTEET

Amber, K., Ahmad, R., Aslam, M., Kousar, A., Usman, M. & Khan, M., 2017, Intelligent Techniques for Forecasting Electricity Consumption of Buildings. PDF Luettu 21.1.2021

Auringon nousu- ja laskuajat, 2021, Päivyri <https://www.paivyri.fi/index.php?dt=&ref=6&id=>

Energiamääräykset ja energiaselvitys pähkinänkuoressa, 2014, Rakentaja Luettu 17.1.2021 [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11983/energiamaaraykset\\_ja\\_energiaselvitys.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11983/energiamaaraykset_ja_energiaselvitys.htm)

Harsia, P. & Kallioharju, K. (2019) Pientalojen sähkötehojen suunnittelu ja hallinta. Teoksessa Rakennusfysiikka 2019, Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 28.–30.10.2019, Tampere (Toim. Vinha, J. & Raunima, T.). Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 6., osa 2, s.397-402. PDF.

Heiskanen Jenna, 2018, Kiinteistöjen tavoitteellinen ja toteutunut energiankulutus. Opinnäytetyö. Luettu 22.1.2021 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018060712990>

Huoneistokohtainen sähkönkulutus, 2016, Motiva, Luettu 14.1.2021 [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa\\_energian-ja\\_vedenkulutuksesta/esimerkkeja\\_huoneistokohtaisesta\\_sahkonkulutuksesta](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian-ja_vedenkulutuksesta/esimerkkeja_huoneistokohtaisesta_sahkonkulutuksesta)

Huoneistosähkönkulutus, 2017, Motiva, Luettu 14.1.2021 [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa\\_energian-ja\\_vedenkulutuksesta/huoneistosahkonkulutus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian-ja_vedenkulutuksesta/huoneistosahkonkulutus)

Jalli, J. 2017 Sähköenergian kulutuksenseuranta Pirkanmaan palvelurakennuksissa. Opinnäytetyö. Julkaistu 4/2017. Luettu 29.12.2020 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128328/Jalli\\_Jarkko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128328/Jalli_Jarkko.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kallioharju, K., Harsia, P., Kortetmäki, A., Kojo, M. & Järventausta, P., 2019, EL-TRAN analyysi, Tehohallinnan haasteet 2000-luvun pientaloissa, PDF. Luettu 27.1.2021

Kiinteistön energiatehokaskäyttö, 2012, Motiva, PDF Luettu 15.1.2021

Kiinteistösähkönkulutus, 2017, Motiva, Luettu 14.1.2021 [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa\\_energian-ja\\_vedenkulutuksesta/kiinteistosahkonkulutus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian-ja_vedenkulutuksesta/kiinteistosahkonkulutus)

Maksaako taloyhtiösi liikaa energiakustannuksista?, 2020, Raksystems, Luettu 4.2.2021 <https://www.raksystems.fi/taloyhtiot-ja-isannoitsijat/taloyhtion-energia-tarkastus/>

Nuuka voitti tarjouskilpailun älykkään kulutusseurantajärjestelmän toimittamisesta Helsingin kaupungille, 2018, Nuuka Solutions Luettu 19.3.2021 <https://www.nuukasolutions.com/blog/nuuka-voitti-tarjouskilpailun-%C3%A4lykk%C3%A4%C3%A4n-kulutusseurantaj%C3%A4rjestelm%C3%A4n-toimittamisesta-helsingin-kaupungille>

Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011-2017, 2017, Motiva, Luettu 16.3.2021 [https://www.motiva.fi/files/15570/Palvelusektorin\\_ominaiskulutukset\\_2011-2017.pdf](https://www.motiva.fi/files/15570/Palvelusektorin_ominaiskulutukset_2011-2017.pdf)

Ruusala, A., 2016, Koulujen ja päiväkotien laskennallinen ja toteutunut energiankulutus, Diplomityö. Julkaistu 5/2016. Luettu 23.3.2021 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24128/Ruusala.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sekki, T., Airaksinen, M. & Saari, A., 2015, Measured energy consumption of educational building in a Finnish city. Vol. 87, pp. 105-115. Luettu 16.3.2021

Suomen rakentamismääräyskokoelma RT RakMK-103174, 2018, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2018. PDF Luettu 21.1.2021

Sähkön hankinta ja kulutus, 2020, Motiva, Luettu 10.1.2021 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/sahkon\\_hankinta\\_ja\\_kulutus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus)

Sähkötieto ry. ST –kortisto 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2018. Espoo. Sähköinfo Oy. <https://severi-sahkoinfo.fi/libproxy.tuni.fi/item/420?search=11.51>

Sähkötieto ry. ST –kortisto 21.32 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioon ottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa, 2020, PDF Luettu 1.2.2021

Sähkötieto ry. ST –kortisto 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus, 2018, PDF Luettu 5.2.2021

Sähkötieto ry. ST-ohjeisto 15 Rakennusten energiatehokkuus, 2017, PDF Luettu 29.12.2020

Taloyhtiön energiakirja – sähköinen versio. 2011. Verkkodokumentti, Luettu 14.1.2021 <http://www.taloyhtio.net/ajassa/energiakirja>

Taloyhtiön energiatarkestus, 2021, Motiva, Luettu 4.2.2021 [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/taloyhtion\\_energiatarkestus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/taloyhtion_energiatarkestus)

Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012 <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/1166#page=4>

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, 2017, Luettu 2.2.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, Uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, 2017, Luettu 2.2.2021 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010#Pidp446303200>

## LIITTEET

Liite 1. Yhteistyökumppaneiden lähettämät kohteiden kulutukset

Kohteet	Ominais sähkökulutus (kWh/m <sup>3</sup> )			Sähköenergiankulutus (kWh)			Ominais sähkön muutos %			Sähköenergian muutos %		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %		
Päiväkodit	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %		
Hyvinkää	24,8	27,4	22,0	1 423 739	1 660 603	1 354 567	10,3	-19,6	16,6	-18,4		
Turku	25	25,7	24,8	4 008 515	4 116 263	3 976 594	2,8	-3,5	2,7	-3,4		
Helsinki	23,8	25,3	24	12 811 707	13 585 570	12 934 167	6,3	-5,1	6,0	-4,8		
Keskiarvo	24,5	26,1	23,6									
<b>Kohteet</b>	<b>Ominais sähkökulutus (kWh/m<sup>3</sup>)</b>			<b>Sähköenergiankulutus (kWh)</b>			<b>Ominais sähkön muutos %</b>			<b>Sähköenergian muutos %</b>		
Koulut	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %	2018 → 2019 %	2019 → 2020 %		
Hyvinkää	16,5	17,4	13,2	5 043 808	5 387 421	4 054 149	5,3	-24,1	6,8	-24,7		
Turku	15,9	15,6	14,6	15 778 130	15 461 002	14 496 011	-1,9	-6,4	-2,0	-6,2		
Helsinki	15,6	16,5	15,9	39 579 377	41 868 577	40 484 557	5,8	-3,6	5,8	-3,3		
Keskiarvo	16,0	16,5	14,6									
<b>Kohteet</b>	<b>Ominais sähkökulutus (kWh/m<sup>3</sup>)</b>			<b>Sähköenergiankulutus (kWh)</b>			<b>Ominais sähkön muutos %</b>			<b>Sähköenergian muutos %</b>		
Senaatti	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019 → 2020 %	2019 → 2020 %	2019 → 2020 %	2019 → 2020 %		
	19,9	18,4	151 019 607	139 384 472	-7,7	-7,7						

## Liite 2. Palvelusektorin ominaiskulutukset 2011-2017 (Motiva, 2017)

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Sähkö - ominaiskulutus (kWh/r-m <sup>3</sup> )								
			Ennen energiakatkelmusta	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max		
TK 1994	kpl	1000 r-m <sup>3</sup>	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max
11 Myymälä rakennukset (poisluettujen Liike- ja tavaratalot, kauppa- ja palveluskeskukset)	47	1 380	5,6	9,2	9,9	15,2	<b>19,3</b>	123,3	173,2	185,5	264,1
112 Liike- ja tavaratalot, kauppa- ja palveluskeskukset	35	3 522	1,6	2,7	6,7	14,7	<b>27,6</b>	43,9	60,7	65,3	95,0
12 Majoitusliikkeen rakennukset	15	406	4,6	5,2	5,6	10,3	<b>30,8</b>	37,9	53,2	68,5	90,4
13 Asuntolarakennukset	9	121	10,8	11,3	11,7	17,9	<b>23,8</b>	31,7	34,4	35,5	36,6
14 Ravintolat	6	43	24,6	24,8	25,0	26,9	<b>33,9</b>	64,2	102,4	116,8	131,2
15 Toimistorakennukset (kaikki)	203	6 728	0,1	7,9	9,6	13,4	<b>19,8</b>	26,5	39,9	59,4	339,1
15 Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	73	1 380	5,6	9,2	9,9	15,2	<b>19,3</b>	123,3	173,2	185,5	264,1
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	123	5 453	0,1	8,6	9,5	13,4	<b>22,3</b>	27,5	34,9	45,1	339,1
16 Liikenteen rakennukset	19	259	3,5	5,1	6,8	11,5	<b>51,4</b>	422,5	474,3	490,9	597,6
21 Terveystieteiden rakennukset (pois lukiin Terveystieteiden ja -asemat)	27	1 342	17,0	17,6	18,6	23,6	<b>31,0</b>	42,5	54,2	57,2	62,2
214 ja 219 Terveystieteiden rakennukset ja -asemat	55	774	6,9	12,3	14,1	17,9	<b>24,0</b>	30,3	34,2	37,2	49,8
22 Huoltotalorakennukset (pois lukiin Vanhainkodit)	21	112	8,5	9,6	11,1	16,4	<b>20,8</b>	31,3	34,8	47,0	48,7
221 Vanhainkodit	34	447	11,0	16,0	17,5	20,7	<b>26,5</b>	32,6	41,6	47,3	78,5
23 Muut sosiaalihoimen rakennukset (pois lukiin Päiväkodit)	15	107	1,7	4,8	8,1	13,7	<b>19,6</b>	26,6	27,2	27,3	27,4
231 Päiväkodit	207	746	2,7	11,9	13,6	16,7	<b>21,6</b>	26,8	32,7	36,2	91,0
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	8	272	6,3	7,1	7,8	12,9	<b>15,5</b>	16,6	17,3	17,8	18,2
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	28	226	5,2	7,3	9,6	11,5	<b>14,7</b>	21,2	28,0	31,0	35,0
33 Seura- ja kerhorakennukset	21	92	3,7	5,1	5,2	6,6	<b>11,4</b>	16,0	22,0	24,8	28,2
34 Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset	12	96	4,4	6,0	7,4	12,4	<b>14,9</b>	20,8	34,1	40,2	46,0
35 Urheilun- ja kuntolurakennukset (pois lukiin Jää- ja uimahallit)	29	571	1,8	2,5	5,9	8,6	<b>13,1</b>	21,7	37,3	40,5	78,2
351 Jäähallit	9	648	4,6	7,6	10,7	25,2	<b>27,5</b>	34,6	40,0	41,4	42,7
352 Uimahallit	10	153	39,1	39,2	39,3	39,7	<b>45,5</b>	62,2	76,8	83,2	89,6
36 Muut kokoonnutumisarakennukset	6	89	1,6	2,6	3,6	6,7	<b>11,3</b>	17,4	56,1	74,7	93,2
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	263	4 534	2,7	8,5	9,9	12,0	<b>14,5</b>	18,3	22,9	30,2	79,2
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	32	1 023	6,6	11,6	12,2	14,0	<b>17,1</b>	24,0	31,3	36,3	170,1
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	11	562	12,7	13,5	14,3	16,5	<b>22,1</b>	36,5	45,7	57,7	69,8
54 Muut opetusrakennukset	9	38	7,2	8,4	9,7	11,8	<b>15,5</b>	22,3	30,9	32,5	34,1
71 Varastorakennukset	8	862	5,9	6,4	7,0	7,8	<b>13,6</b>	18,4	37,4	56,8	76,2
72 Palo- ja pelastustoimen rakennukset	23	183	4,5	5,5	7,1	10,1	<b>18,6</b>	21,8	24,1	27,7	29,2
89 Muut maatalousrakennukset	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<b>nd</b>	nd	nd	nd	nd
93 Muut rakennukset	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<b>nd</b>	nd	nd	nd	nd