

Matias Pyhäjärvi

ENERGIATEHOKKUUS KIINTEISTÖNHOIDOSSA

ENERGIATEHOKKUUS KIINTEISTÖNHOIDOSSA

Matias Pyhäjärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Matias Pyhäjärvi

Opinnäytetyön nimi: Energiatehokkuus kiinteistönhoidossa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Energy Efficiency in Building Maintenance

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 46 + 3 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa mahdollisuuksia parantaa energiatehokkuutta kiinteistönhoidossa ja sen pohjalta luoda energiatehokkuusohjeistuksia. Kiinteistöhoitajat ovat perehtyneet hoitamiinsa kiinteistöihin ja niiden järjestelmiin, minkä vuoksi he ovat myös hyvässä asemassa suorittamaan energiatehokkuustoimenpiteitä. Kiinteistönhoidossa tehdään huoltotehtäviä ennalakoivasti ja tarvittaessa. Kiinteistöjen järjestelmien toimivuuden takaa kiinteistön ylläpito, joka koostuu kiinteistönhoidosta ja kunnossapidosta. Työn tilaajana on Oulun Tilapalvelut -liikelaitos.

Työssä tutkittiin tilaajan hoitamien kiinteistöjen kulutuspoikkeamia ja kiinteistönpitokirjoja. Kulutuspoikkeamia tutkittiin energianhallintajärjestelmän avulla. Tutkittavia kulutuksia olivat vesi, sähkö ja kaukolämpö. Kiinteistönpitokirjasta tutkittiin huolto-ohjelmia ja niiden energiatehokkuutta. Kulutuspoikkeamien ja kiinteistönpitokirjojen avulla valittiin kohteet paikallista tarkastelua varten. Paikan päällä kohteissa etsittiin poikkeamille syitä ja tutkittiin yleisesti LVIS-järjestelmien toimintaa, säätöjä ja ohjauksia. Kohteita tarkasteltiin yhdessä kiinteistöhoitajien kanssa ja samalla haastateltiin heitä. Haastattelussa selvitettiin työtehtäviä ja toiminnan vaikutuksia kulutuksiin. Kohteiden ja haastattelujen tietoja vertailtiin.

Työssä luotiin lämmityksen säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje, joka auttaa kiinteistöhoitajia lämmitysverkostojen energiatehokkuuden parantamisessa. Lämmityksen säätökäyrä tulee tarkistaa ajoittain tai poikkeustilanteissa ja tarvittaessa korjata sitä. Työssä ehdotettiin myös lisättäväksi huoltotehtävä, jolla tarkkailtaisiin säännöllisesti sisälämpötiloja. Mikäli havaitaan poikkeama, muutetaan lämmitysverkon säätöä. Lisäksi tilaajalle kerrottiin havaintoja poikkeamista huolto-ohjelmassa.

Kiinteistönhoidossa voidaan vaikuttaa kiinteistöjen energiatehokkuuteen säännöllisillä toimenpiteillä, mutta aika, järjestelmällisyys tai osaaminen voivat olla puutteellisia. Järjestelmällisillä toimenpiteillä ja ohjeistuksilla tuodaan toimenpiteet esille, parannetaan energiatehokkuutta ja kehitetään osaamista. Näillä toimenpiteillä voidaan vaikuttaa merkittävästi kiinteistöjen energia- ja vesikulutuksiin.

Asiasanat: energiatehokkuus, lämmitys, säätö, kiinteistö, kulutuspoikkeama

ALKULAUSE

Haluaisin kiittää Oulun tilapalvelut -liikelaitokselta Johanna Mäkelää ja Veijo Kotilaista opinnäytetyömahdollisuudesta. Haluan lisäksi kiittää Johanna Mäkelää ja Ari Kuopusta yhteistyöstä ja tavoitettavuudesta, sekä kaikkia kiinteistömanagereita, kiinteistöhoitajia ja muita henkilöitä, jotka vastasivat kysymyksiini työhön liittyen.

Haluan myös kiittää koululta Veli-Matti Mäkelää sisällön ohjauksesta ja Pirjo Partasta kielenohjauksesta.

Oulussa 29.5.2021

Matias Pyhäjärvi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	RAKENNUSTEN KULUTUKSET	7
2.1	Kulutusseuranta	7
2.2	Kulutuksien mittaus ja kustannukset	8
3	RAKENNUKSEN KULUTUKSIEN JAKAUMA.....	11
3.1	Rakennuksen ilmanvaihto ja ilmastointi.....	12
3.2	Sisä- ja piha-alueiden valaistus	15
3.3	Laitteistot ja LVI-laitteet	17
3.4	Lämmitys.....	19
3.5	Käyttövesi.....	22
4	KIINTEISTÖNHOITO OSANA KIINTEISTÖN YLLÄPITOJA	25
4.1	Kiinteistönpitokirja	26
4.2	Haahtela RES.....	27
5	KULUTUKSIEN ANALYSOINTIMENETELMÄT	28
5.1	Lämmitysenergian kulutuksen normeeraus	28
5.2	Ominaiskulutus.....	29
5.3	Kulutustietojen tutkiminen.....	30
6	KOhteiden KULUTUKSIEN ANALYSOINTI	32
6.1	Kohteiden valinta.....	32
6.2	Kulutuspoikkeamat kohderyhmissä	33
6.2.1	Ominaiskulutukset kohderyhmässä	33
6.2.2	Kulutus muutokset kohderyhmässä	35
6.2.3	Kenttätööhön sopivat kohteet.....	36
6.3	Kohteiden tarkempi tarkastelu	36
7	KENTTÄTÖ	40
7.1	Kohteiden järjestelmien tutkiminen.....	40
7.2	Kiinteistöhoitajien haastattelut	41
8	PARANNUSEHDOTUKSET	43
9	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Rakennusten käytönaikainen kulutus koostuu sähköstä, lämmityksestä, jäähdytyksestä ja käyttövedestä. Käyttäjät voivat vaikuttaa energiatehokkuuteen omalla kulutuskäyttäytymisellään ja ylläpitäjät kiinteistön säädöillä, ohjauksilla ja laitteiden huolloilla ja uusimisella. Lisäksi energiatehokkuuteen vaikuttavat rakennuksen ominaisuudet, kuten lämpöeristykset.

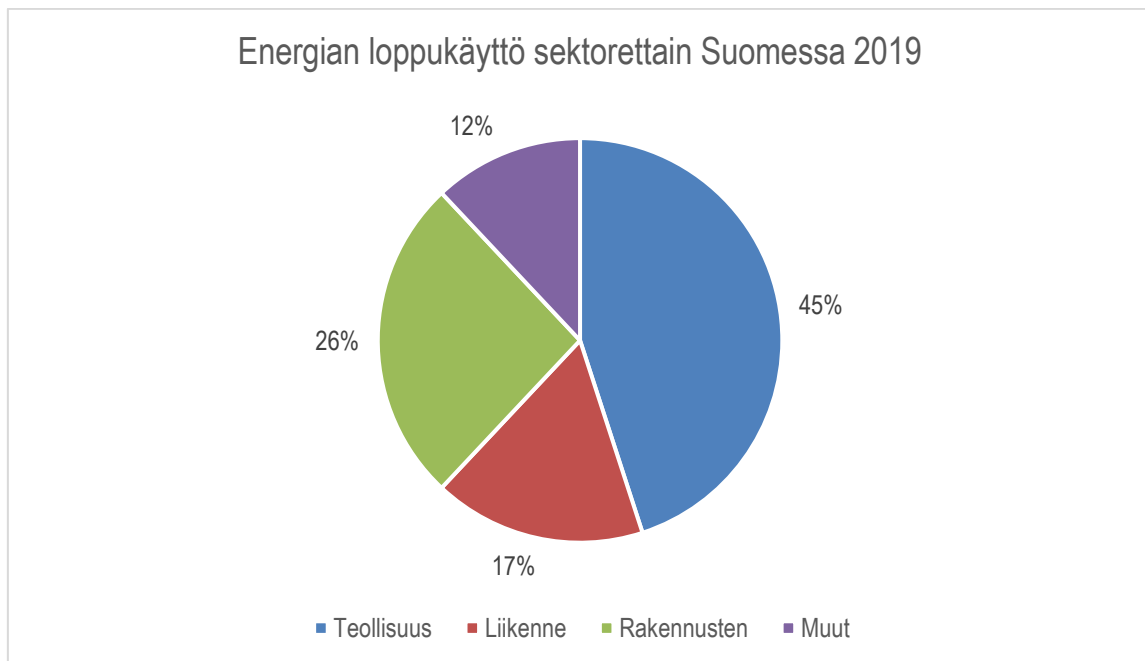
Tämän työn tilaajana on Oulun tilapalvelut -liikelaitos, jolla on erityyppisiä kiinteistöjä ylläpidettävänä. Niistä 258 kohteen kulutuksia seurataan energianhallintajärjestelmällä. Työn tavoitteena on löytää ja tunnistaa kiinteistöjen energiansäästämahdollisuuksia, joiden pohjalta luodaan ohjeistuksia, joilla kiinteistöhoitajat voisivat parantaa rakennuksien energiatehokkuutta. Mikäli ohjeistukset edellyttävät uusia huoltotehtäviä, voidaan niitä lisätä kiinteistönpitokirjaan. Tarkoituksena ei ole kuitenkaan kasvattaa kiinteistöhoitajien työmäärää suuresti entisestään.

Työssä tarkasteltiin kiinteistöjen energia- ja vesikulutuksia ja ylläpidon vaikutusta niihin. Työssä etsitään kulutuspoikkeamia kiinteistöjen energian- ja vedenkulutustiedoista, ja niiden avulla valikoidaan kohteita tarkasteltavaksi. Kiinteistöjä tarkastellaan kenttätöinä, jossa selvitetään poikkeamia kulutuksissa, arvioidaan järjestelmien energiatehokkuutta ja haastatellaan kiinteistöhoitajia. Mahdollisista energiansäästötoimenpiteistä luodaan ohjeistuksia kiinteistöhoitoon ja tarvittaessa lisätään ne huolto-ohjelmaan. Kohteiksi rajattiin sellaiset, joissa lämmitysmuotona on kaukolämpö.

Oulun kaupunki on sitoutunut Kuntien energiatehokkuussopimukseen 2017–2025 ja Kaupunginjohtajien energia- ja ilmastopimukseen (Covenant of Mayors for Climate and Energy). Kuntien energiatehokkuussopimuksen mukaisesti liittyjä asettaa energiatehokkuustavoitteen vuodelle 2025, ja sen mukaisesti Oulun kaupungilla on tavoitteena parantaa energiatehokkuutta 10,5 % (24 926,1 MWh) vuoden 2014 tason kulutusmäärästä. Kaupunginjohtajien energia- ja ilmastopimuksen tavoitteena on vähentää kaupungin kasvihuonepäästöjä 40 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna 1990 vuoden tasoon. (1)

2 RAKENNUSTEN KULUTUKSET

Vuonna 2019 Suomessa energian loppukäyttö oli 298 TWh ja se koostui kaukolämmön, sähkön ja polttoaineiden kulutuksesta. Suurin energiankuluttaja oli teollisuus, toiseksi suurin rakennusten lämmitys ja kolmanneksi suurin liikenne. Kuvassa 1 on esitettynä energian loppukäytön jakauma sektoreittain. Muut-sektori sisältää rakennustoiminnan, kotitalouksien, maa- ja metsätalouden sekä julkisen ja yksityisen palvelusektorin energiankulutukset. (2.)



KUVA 1. Energian loppukäyttö sektoreittain (2)

Rakennuksen elinkaaren aikana eniten energiaa kuluu käyttövaiheessa, mutta myös rakentaminen ja rakentamisessa tarvittavat materiaalit kuluttavat merkittävän määrän energiaa. Suomessa rakennusten käyttämä energia on noin 40 % koko energian loppukäytöstä ja arvioitu kasvihuonepäästöosuus 30 %. Kaikista Suomessa olevista rakennuksista julkisen sektorin hallitsemia ja omistamia on vajaa 10 %. (3.)

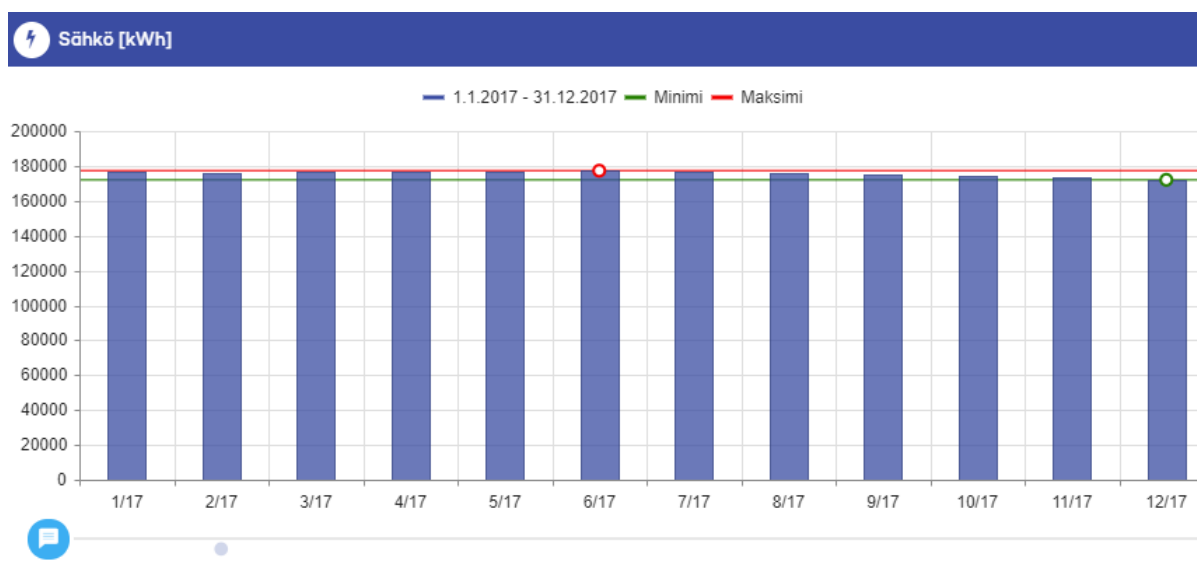
2.1 Kulutusseuranta

Kulutusseurannassa käytetään kiinteistön mittareista saatavia kulutustietoja tai esimerkiksi kaukolämmönmyyjältä saatuja laskutukseen liittyviä kulutustietoja. Kulutusseurannan avulla voidaan

huomata poikkeamat kulutuksessa ja selvittää niihin syitä. Kulutusseurannassa käytetään energianhallintajärjestelmää, johon kulutustiedot on saatu automaattisilla mittauksilla tai manuaalisilla syötöillä. Kulutuspoikkeamat todetaan joko seuraamalla kulutustietoja tai automaattisten hälytyksien avulla.

EnerKey SaaS (Software as a Service) on selainpohjainen energianhallintajärjestelmä, jolla voidaan seurata kiinteistöjen energian- ja vedenkulutuksia. Järjestelmä sisältää kulutustietojen lisäksi eri tietoja kohteista kuten perustiedot ja ominaisuudet. (4.)

EnerKey hälyttää automaattisesti kulutuspoikkeamista ja sisältää toimintoja kulutusseurannan toteuttamiseen. Kohteille voidaan myös lisätä kommentteja ja toimenpiteitä, joiden avulla voidaan dokumentoida kulutuksen historia yksityiskohtaisesti. Ohjelma esittää halutuista jaksoista ja kulutuksista kuvaajat ja tiedot taulukossa. Ohjelmasta voidaan ladata tietyn kohteen yleisiä tietoja ja kulutustietoja Excel-tiedostona. Ohjelmalla voidaan lisätä kulutustietoihin liittyviä arvoja kuten ulkolämpötila tuntitasolla. Kuvassa 2 nähdään kulutuksen aikasarjakuvaaja EnerKeystä (5).



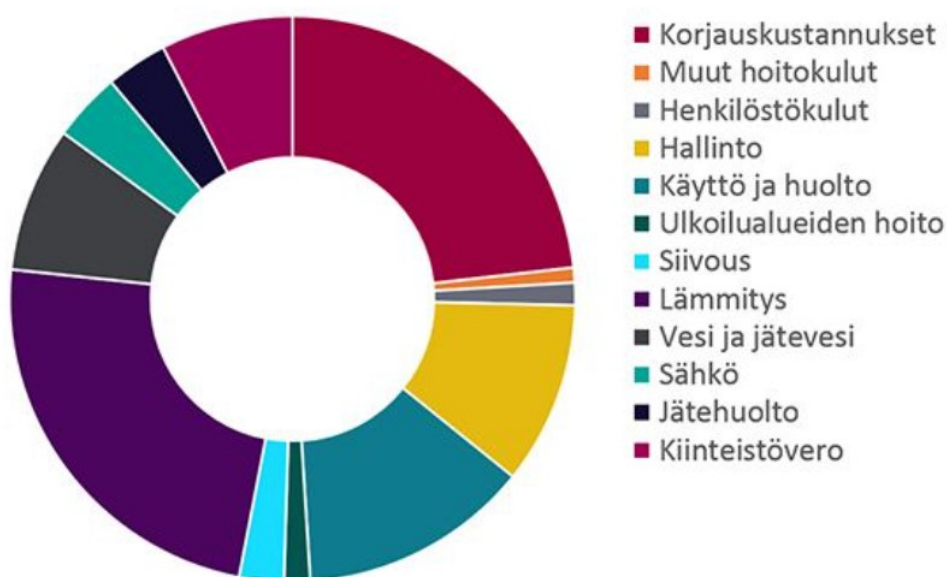
KUVA 2. Kohdenäkymä EnerKeyssä (5)

2.2 Kulutuksien mittaus ja kustannukset

Veden-, sähkön- ja kaukolämmönkulutuksen laskutuksen suuruus perustuu kulutettuun määrään ja sovittuun perusmaksuun ja muihin maksuihin. Kulutus mitataan kiinteistössä mittarilla, jonka mukainen luku ilmoitetaan ajoittain tai mitataan etänä. Sähköenergian ja kaukolämmön mittaustiedot ovat yleensä etäluennassa, johon laskutus perustuu. Etäluetulla tuntitasoisella tiedolla voidaan

myös seurata kulutusta tehokkaasti, ja vielä tehokkaammin voidaan seuranta toteuttaa, jos kiinteistöissä on enemmän alamittareita kulutuksille. Alamittareiden avulla voidaan erottaa eri kuluttajat ja saadaan tarkemmin selville mistä kulutus koostuu. Kuvassa 3 on esitettyä koko maassa vuoden 2017 taloyhtiöiden hoitokulujen jakauma. Taloyhtiössä hoitokulujen osuus on lämmitykselle 22 %, vesi- ja jätevesimaksulle 8 % ja sähkölle 4 % (6).

**Kiinteistöhoitokulut asunto-osakeyhtiömuotoisissa kerrostaloissa
koko maassa vuonna 2017**



KUVA 3. Kiinteistöhoitokulujen jakautuminen kerrostaloissa vuonna 2017 (6)

Vesimaksu perustuu raakavesimaksuun, jätevesimaksuun ja mahdolliseen perusmaksuun. Raakavesi ja jätevesi peritään päävesimittarin kulutustiedon avulla. Perusmaksua kaikki yhtiöt eivät peri. Veden käyttöön liittyvä kustannus on myös lämpimän käyttöveden lämmitys, jota ei makseta vesilaitokselle vaan se sisältyy lämmityskustannuksiin. Taulukossa 1 on esitettyä Oulun Vesi -liiketoiminnan asiakkaiden kulutusmaksut. Perusmaksusumman Oulun Vesi määrittelee mittarin koon mukaan, ja maksun suuruus on noin 50–800 € kun vesimittarin koko on 20–100 mm. (6; 7.)

TAULUKKO 1. Vedenkulutusmaksut (7)

Kulutusmaksu	Verollinen hinta (€/m ³)
Vesi	1,57
Jätevesi	2,05
Yhteensä	3,62

Sähkösäilytys muodostuu sähköverosta, sähkömyyntistä ja -siirrosta. Sähkösäilytys ja -siirto kummatkin sisältävät energiamaksun ja mahdollisen perusmaksun. Sähkösäilytys voidaan kilpailuttaa ja sähkönsiirto määräytyy oman alueen sähköverkkoyhtiön mukaan, joten sitä ei voida kilpailuttaa. Taulukossa 2 on esitetty Oulun Energian sähkönsiirtomaksu ja veroluokan 1 suuruinen sähköveromaksu, joka sisältää myös huoltovarmuusmaksun. Sähkösäilytyksessä energiamaksu suuruus voi vaihdella paljon eri yhtiöllä ja eri aikoina, mutta se on tyypillisesti luokkaa 5–7 snt/kWh. Motivan esimerkin mukaan sähkömyyntin osuus oli hieman yli 50 % koko laskusta. Perusmaksu on vain 2 % ja loput 98 % ovat sähkökulutuksen määrästä riippuvaisia kuluja eli sähkömyynti, -siirto ja -vero. (8; 9.)

TAULUKKO 2. Sähkön energiamaksut (9)

Tuote	Verollinen hinta (snt/kWh)
Sähkön siirtomaksu	3,52 snt/kWh
Veroluokka I (yleinen veroluokka)	2,79 snt/kWh
Veroluokka II (teollisuus ja kasvihuoneviljely)	0,08 snt/kWh

Kaukolämpölasku koostuu kiinteästä kuukautisesta tai vuotuisesta perusmaksusta ja kulutetun kaukolämpöenergian hinnasta. Jollain paikkakunnilla perusmaksu voi muuttua eri kausina. Perusmaksun suuruus kaukolämpöyhtiön kanssa tehdyssä sopimuksessa määrittyy suurimman toteutuneen tuntisen tilausvesivirran tai -tehon avulla. Jos kohteessa tehdään lämpötehoa säästävä investointi, alenee kohteen suurin toteutunut tuntinen tilausvesivirta, ja sen tarkastaminen voi vähentää perusmaksun hintaa. Oulun energialla kaukolämmön energiamaksun suuruus on 56,42 €/MWh. (10; 11.)

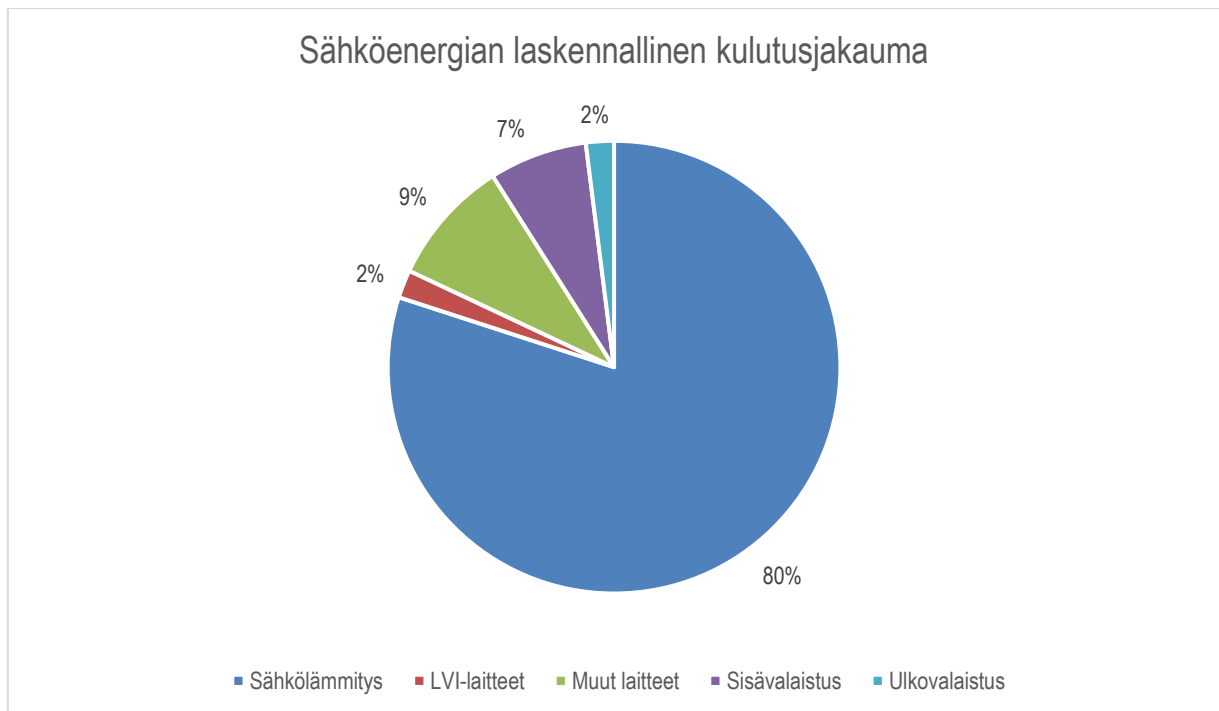
3 RAKENNUKSEN KULUTUKSIEN JAKAUMA

Rakennuksen järjestelmät ja käyttäjät tarvitsevat sähkö- ja lämpöenergiaa sekä käyttövettä. Suuruuteen vaikuttavat käyttäjien tarpeet ja tottumukset sekä järjestelmien suuruudet, ohjaukset ja säädöt. Sähköenergiaa kuluttavien laitteiden määrä ja käyttö on muuttunut merkittävästi vuosikymmenien aikana ja sähköenergiaa käyttävien laitteiden energiatehokkuus parantunut. Rakennuksen kulutusjakauma on hyvin rakennuskohtainen ja siihen vaikuttavat esimerkiksi

- kiinteistön käyttöaste ja -tarkoitus
- laitteiston määrä ja energiatehokkuus
- laitteiden huolto ja uusiminen
- säädöt ja ohjaukset.

Lämpöenergiaa kuluu kiinteistöissä tilojen, lämpimän käyttöveden ja tuloilman lämmittämiseen. Lämpöenergian kulutukseen vaikuttavat säädöt, ohjaukset ja se, kuinka paljon lämpöenergiaa otetaan talteen.

Sähköenergian kulutus kiinteistöissä jakaantuu ilmanvaihdon, valaistuksen, LVI-laitteiston ja muun laitteiston kesken. Kuvassa 4 on lastenkotikohteen sähköenergian kulutusjakauma, joka on Schneider Electricin tekemästä energiakatselmuksesta Oulun kaupungille. Kohteen sähkönkulutuksessa suurin kuluttaja on sähkölämmitys, jonka suuruus on 80 % kokonaiskulutuksesta. Kohteen valaistus oli toteutettu hehkulamppu- ja loisteputkivalaisimilla. (12, s. 15.)

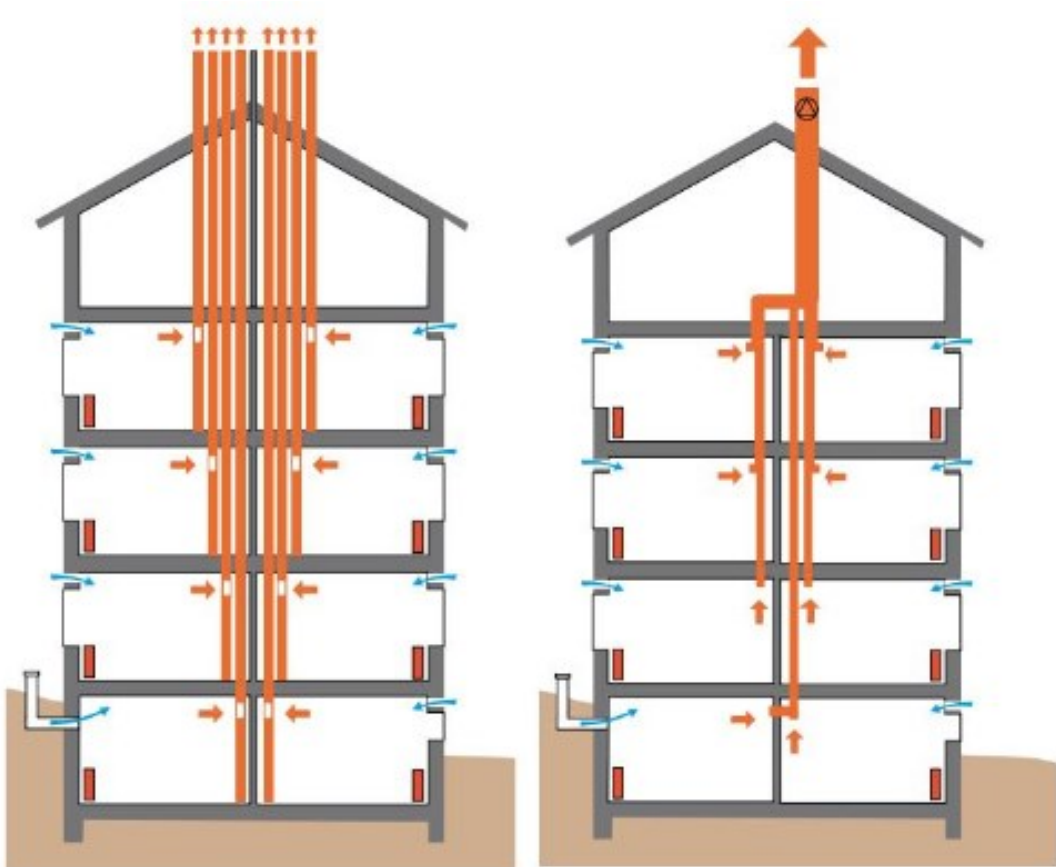


KUVA 4. Lastenkodin sähköenergian kulutusjakauma (12, s. 15)

3.1 Rakennuksen ilmanvaihto ja ilmastointi

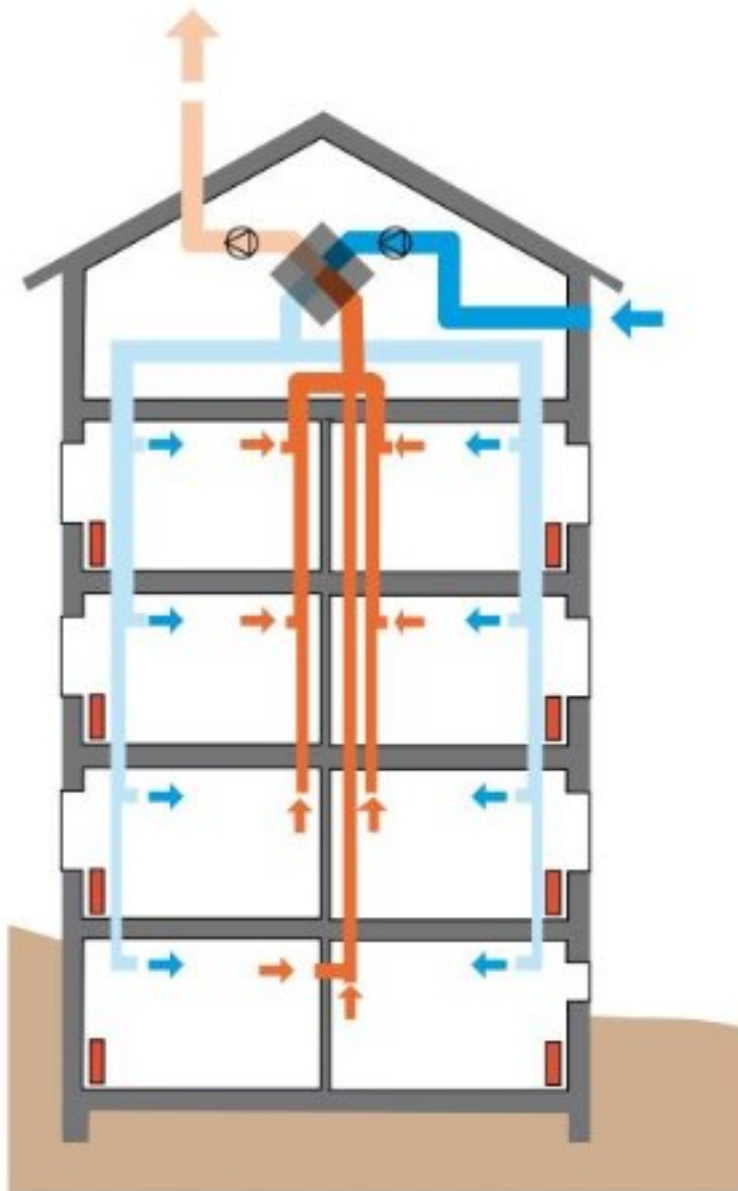
Ilmanvaihdolla vaihdetaan sisäilmaa ja parannetaan sen laatua. Ilmastoinnilla tarkoitetaan ilman ominaisuuksien muuttamista kuten puhdistamista ja lämmittämistä tai jäähdyttämistä. Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien pääkomponentteina toimii puhallin, kanavistot, tulo- ja poistoilmalaitteet, suodattimet, kostuttamislaitteet, lämmitys ja jäähdytys. Puutteellisella ilmanvaihdolla on haittoja ihmisten viihtyvyyteen, työtehoon ja terveyteen sekä rakennusten kuntoon.

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmaa poistetaan huoneistoista lämpötilaeron ja tuulen aiheuttaman paine-eron avulla. Painovoimaisen ilmanvaihdon huonoja puolia ovat esimerkiksi ilmanjaon ja ilmanmäärän huono hallittavuus, lämpöä ei voida ottaa talteen, tuloilmaa ei voida suodattaa ja äänieristysmahdollisuudet ovat huonot. Koneellisella poistoilmanvaihdolla ilmaa ja sen ominaisuuksia voidaan hallita paremmin puhaltimen avulla. Koneellisen poistoilmaratkaisun etuja ovat säätömahdollisuudet ja lämmöntalteenotto, joka voidaan tehdä esimerkiksi lämpöpumpulla poistoilmasta siirtämällä lämpöä käyttöveteen. Kuvassa 5 on esitettyä painovoimaisen ja koneellisen poistonilmanvaihdon toimintaperiaatteet. (13, s. 59–60.)



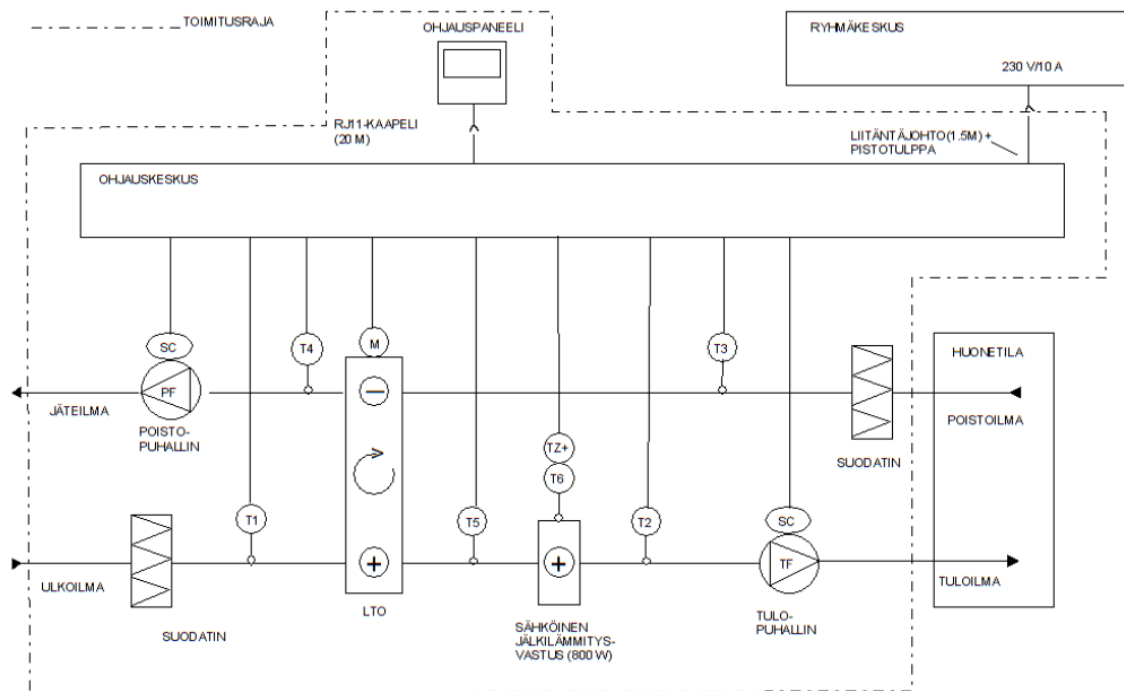
KUVA 5. Painovoimainen ilmanvaihto ja koneellinen poisto (13, s. 85)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä likaantunut sisäilma poistetaan ja sisälle tuodaan suodatettua ja lämmitettyä tuloilmaa. Ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan hoitaa esimerkiksi huoneiston tai koko talon ilmanvaihtotarpeet. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä on enemmän osia verrattuna pelkkään poistoilmavaihtoon, ja siksi niiden avulla voidaan paremmin hallita ilmanvaihtoa ja -jakoa ja lämmöntalteenotto on mahdollista poistoilmasta tuloilmaan. Kuvassa 6 on esitetty täysin keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän perustoiminta, josta nähdään, että tulo- ja poistoilmakanavien pinnat ovat lähellä toisiaan ilmanvaihtokoneella, mikä mahdollistaa lämmöntalteenoton esimerkiksi levylämmönsiirtimellä (13, s. 93).



KUVA 6. Täysin keskitetty järjestelmä (13, s. 93)

Ilmastointikoneiden energiatehokkuuteen vaikuttavat niiden mitoitus, rakenne, huolto, säätö ja ohjaus. Ilmastointikoneen energiatehokkuuden kannalta on tärkeää, että osia huolletaan säännöllisesti ja tarvittaessa uusitaan. Huollettavia osia ovat esimerkiksi puhallin, tuloilman lämmityspatteri, suodattimet ja poistoilman lämmöntalteenotto. Yleinen puhtaus on myös hyvin tärkeää esteettömän ilmavirtauksen ja hyvän tuloilmalaadun kannalta, ja sen takia suodattimia vaihdetaan säännöllisesti ja kanavia sekä ilmastointikoneen sisäpintoja puhdistetaan. Kuvasta 7 nähdään ilmanvaihtokoneen tyypilliset osat ja niiden sijoitukset poisto- ja tulokanavistoissa (14, s. 8).



KUVA 7. Ilmastointikoneen säätökaavio (14, s. 8)

Oikealla säädöllä ilmastointikone tuo sisälle oikean määrän tuloilmaa ja toimii energiatehokkaasti. Ohjaamalla ilmastointikoneen käyntiaikoja voidaan säästää energiankulutuksessa esimerkiksi yö- ja loma-aikoina. Sisäilmayhdistyksen suosituksen mukaan tavallisen käytön ulkopuolisilla ajoilla tulisi ilmvirran määrän olla $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}$ lattianeliötä kohden jatkuvalla ilmanvaihhdolla. Jaksottaisella ilmanvaihdolla voidaan huuhdella tilat ennen ja jälkeen tilojen käytön 1–2 tunnin ajan. Yleisesti laitteistoilla ei ole mahdollista saada $0,15 \text{ dm}^3/(\text{s}/\text{brm}^2)$:n kokoista ilmamäärää koska mitoitusilmavirrat ovat noin 10–20 kertaa suurempia ja eivät mahdollista niin pieniä ilmvirtoja. Ilmanvaihdon toteuttamiselle on järjestelmäkohtaisia vaikutuksia, jotka tulee huomioida päätöksiä tehtäessä. (15, s. 1–2.)

3.2 Sisä- ja piha-alueiden valaistus

Kiinteistön valaistuksen tarve riippuu monesta eri tekijästä. Kohdetyypeillä on erilaiset tarpeet, ja esimerkiksi koulurakennuksien sähköenergiankulutuksesta jopa viidesosa voi johtua valaistuksesta. Energiankulutukseen vaikuttavat lampun tyyppi, valaisin, ohjaus ja sijoitus. Valaistukselle on asetettu erilaisia vaatimuksia tilan käyttötarkoituksen mukaan. (16.)

Valaisin luovuttaa lämpöenergiaa suhteessa sen kuluttamaan sähköenergiaan. Hehkulamppu luovuttaa melkein kaiken käyttämänsä sähköenergian säteilemällä lämpöä. Led-valaistus on energiatehokas ja kehittyvä teknologia, jolla on hyvä hyötysuhde ja pitkäikä. Led-valaisin luovuttaa lämpöä kuluttamasta sähköenergiasta 70–85 %, mutta toisin kuin hehkulampussa se luovuttaa lämmön led-valon omiin rakenteisiin, ja ledin huonon lämmönsiedon vuoksi se joudutaan ohjaamaan pois ledistä (17, s. 77–78).

Valaistuksen muutos energiatehokkaampaan ratkaisuun saattaa vaikuttaa valaistuksen luovuttamaan lämpöenergiaan ja joissain kohteissa merkittävästi lämmityksen kulutuksen nousuun. Taulukossa 3 on esitettyä OSRAMin tietojen mukainen energiansäästö muutettaessa lampputyyppiä eri käyttökohteissa. Energiansäästö on lampputyyppin muutoksella vähintään 30 % lamppea kohden ja parhaimmillaan 90 % kun vaihdetaan hehkulamppu LED-lamppuun. (18, s. 15.)

TAULUKKO 3. Energiansäästö lampputyyppin muutoksella käyttökohteissa (18, s. 15)

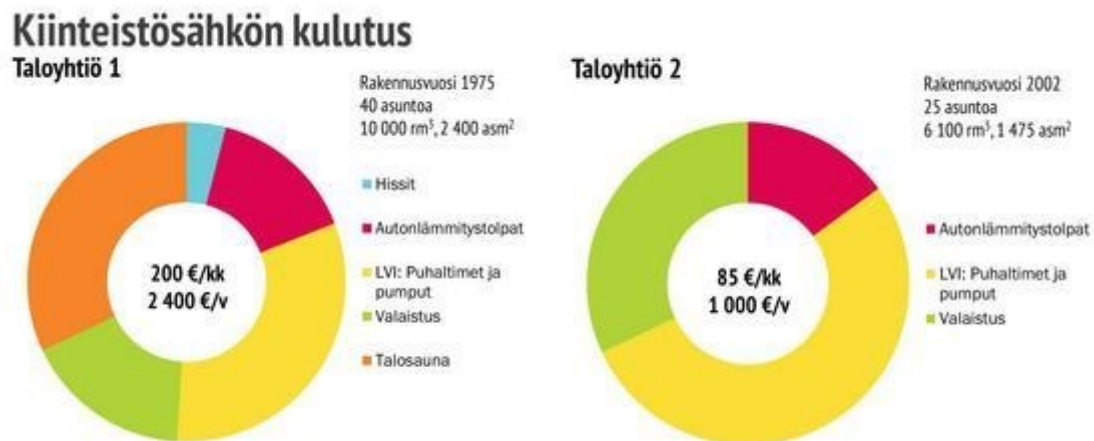
Käyttökohte	Lampputyyppin muutos		Säästöpotentiaali	
			kWh/v lamppua kohden	% lamppea kohden
Katuvalaistus, teollisuus	Elohopea-lamppu	Suurpainenatrium-lamppu	300 kWh	50 %
Toimistot, teollisuus	T8-loistelamppu	LED-loistelamppu	75 kWh	50 %
Toimistot, teollisuus	T8-loistelamppu	T5-valaisin sensorilla	140 kWh	65 %
Julkiset tilat, kodit	Hehkulamppu	LED-lamppu	20–50 kWh	90 %
		Energiansäästö-lamppu		80 %
Kodit, ravintolat, myymälät	Kylmäsäde-halogeeni	Energy saving kylmäsädehalogeeni	15 kWh	30 %

Säädöillä, ohjauksilla ja hyödyntämällä päivänvaloa voidaan säästää merkittävästi valaisimen energiankulutuksessa. Käyttäjät voivat itse vaikuttaa päivänvalon hyödyntämiseen, tai päivänvaloa voidaan hyödyntää ohjauksilla ja rakennuksen suunnittelussa. Useimpiin valaisimiin on mahdollista asentaa vakiovaloanturi, joka säätää valaistuksen määrää päivänvalon määrän mukaisesti. Rakennuksen suunnittelussa voidaan huomioida ikkunoiden ilmansuunnat. Kun tilassa ei ole käyttäjiä,

liiketunnistimilla valaisimet sammuvat automaattisesti, joko heti kokonaan tai valaistustaso heikentyy asteittain. (18, s. 15.)

3.3 Laitteistot ja LVI-laitteet

Kiinteistön laitteistot koostuvat esimerkiksi käyttäjien laitteistoista, pumpuista ja puhaltimista, sulanapidosta, autojen lämmitystolpista, kylmälaitteista ja keittiön laitteistoista. Laitteet ja niiden määrät ovat hyvin kohdekohtaisia ja niin on myös niiden sähkönkulutuksen merkittävyys. Sähköä kuluttavat laitteet myös luovuttavat lämpöä huonetiloihin, ja joissain kohteissa tuotetun lämmönmäärä voi olla merkittävä. Kuvassa 8 on esitettyä Kiinteistöliiton arvioima sähkönkulutuksen jakauma, josta nähdään LVI-laitteiden kulutuksen osuuden olevan suurinta (19).



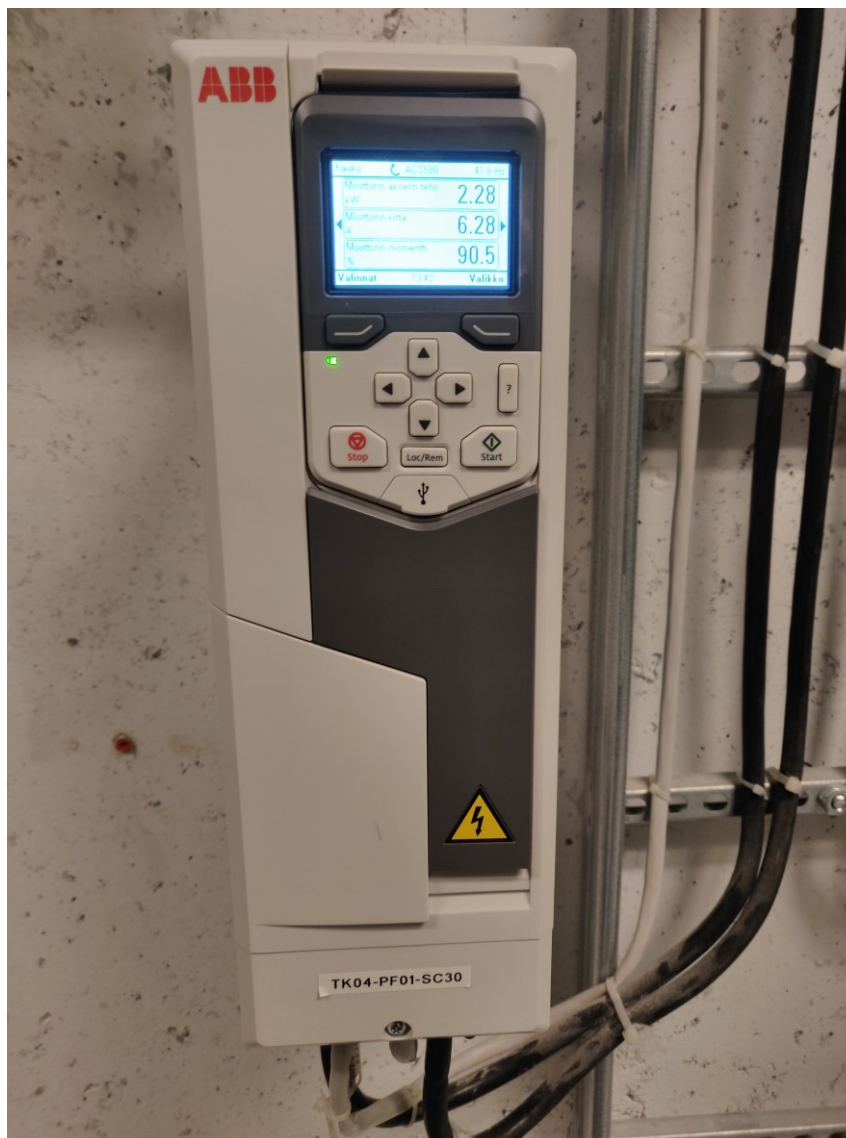
KUVA 8. Kiinteistöjen sähkönkulutuksen jakauma (19)

Sulanapito estää jään muodostumista pinnoille. Pintoja lämmitetään sähkökaapeilla. Sulamisen takia ilmassa on kosteutta lämpötilan ollessa yli 0 °C astetta ja lämpötilan pudotessa alle 0 °C asteen tapahtuu jäätymistä. Sulanapitoa on esimerkiksi piha-alueiden sulatuslämmitys, kattojen rännilämmitykset ja viemärikaivojen saattolämmitykset. Lumiantureilla voidaan varmistaa, että piha-alueiden lämmitys tapahtuu vain tarvittaessa. Ränneille ja viemäreille käytetään sähkökaapeleita, joiden toiminta-alue on joko -3 °C:n ja +3 °C:n välillä tai -2 °C:n ja +2 °C:n välillä. (18, s. 12.)

LVI-laitteita ovat esimerkiksi pumput ja puhaltimet. Pumpuilla kierrätetään verkostojen nesteitä ja puhaltimia käytetään ilman siirtämiseen ilmanvaihdossa tai kylmälaitteissa. Pumppujen ylivoimaisuus

on useasti syy pumppauksen huonolle energiatehokkuudelle. Arviolta jopa 75 % pumpuista on yli-
mitoitettuja, ja juoksupyörän pienennyksellä voitaisiin mahdollisesti saavuttaa jopa 10–50 %:n pa-
rannus pumppauksen energiatehokkuudessa (18, s. 16).

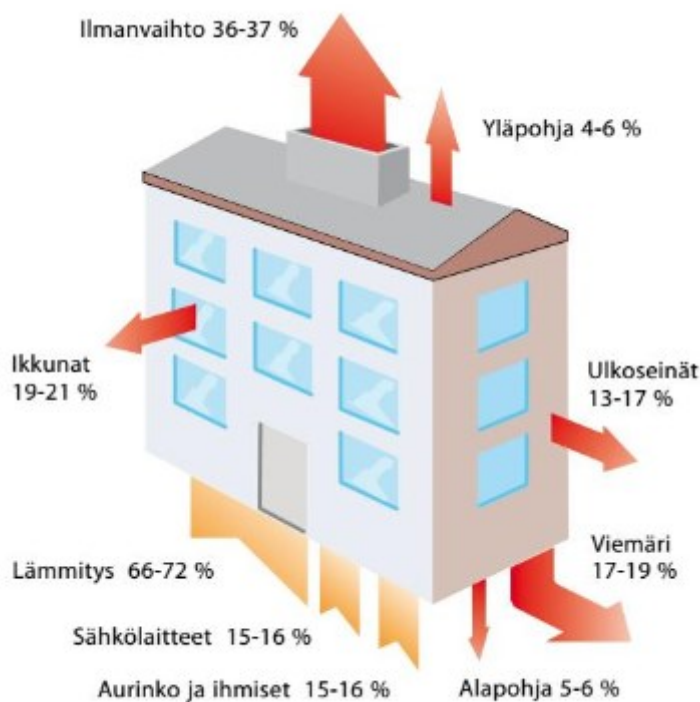
Pumppuja ja puhaltimia voidaan säätää taajuusmuuttajalla, joka on paljon energiatehokkaampi ja
tarkempi tapa säätää kuin esimerkiksi 2-nopeuskäyttöinen säätötapa puhaltimelle. Taajuusmuut-
taja voidaan yhdistää automaatiojärjestelmän prosessisäätöihin. Taajuusmuuttajalla voidaan tar-
peen mukaan ohjata puhallinta tarkasti ja säätää ilmamäärää portaattomasti. Kuvassa 9 on esitet-
tynä poistoilmapuhaltimen taajuusmuuttaja, josta nähdään puhaltimen toiminnan tietoja kuten ak-
selinteho. (18, s.17.)



KUVA 9. Taajuusmuuttaja

3.4 Lämmitys

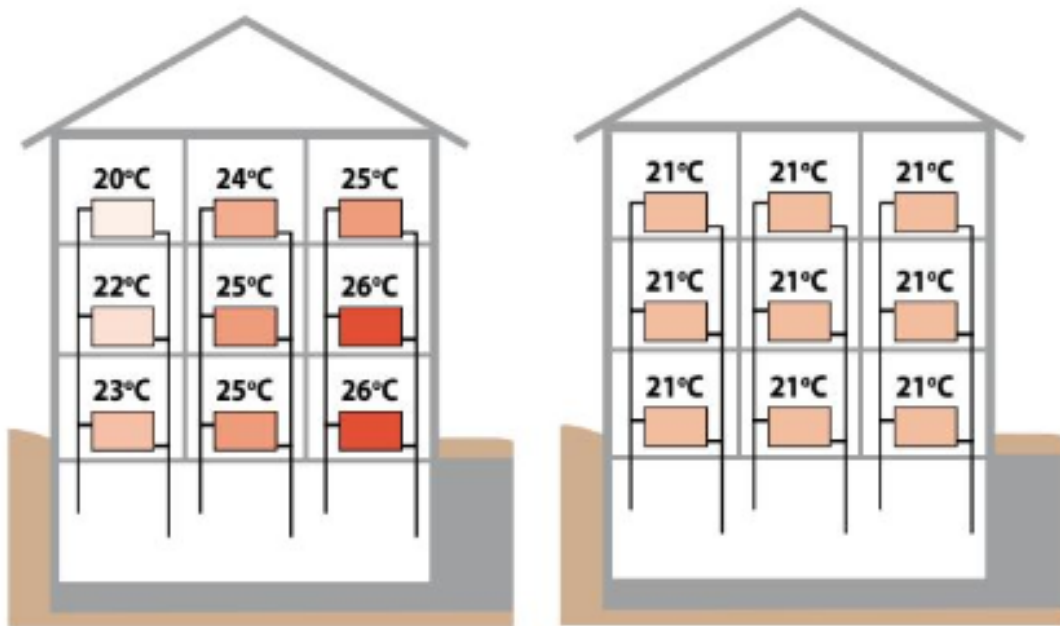
Rakennuksessa tapahtuu lämpöhäviöitä rakenteiden, ilmanvaihdon ja viemärin kautta. Tiloihin koi-
tuu ihmisistä ja auringosta lisälämpöä, kuten myös esimerkiksi sähkölaitteiden käytöstä. Lisäläm-
möt voivat olla haitallisia esimerkiksi kesällä, jos niistä koituu jäähdytystarvetta. Lämpöhäviötä ta-
pahtuu monesta syystä ja niiden suuruudet vaihtelevat eri kohteissa. Esimerkiksi rivitalossa ala- ja
yläpohjan kautta häviää suhteessa enemmän lämpöä kuin kerrostaloissa. Kuvassa 10 on esitettyä
1960–1980-lukujen kerrostalojen lämpöenergiatase, josta nähdään lämpöenergianlähteet ja -hä-
viöt kiinteistölle taseessa. Häviöitä tapahtuu ilmastoinnista, viemäristä ja ikkunoista jopa yli 70 %.
(13, s. 18–19.)



KUVA 10. Vuonna 1960–1980 rakennettujen kerrostalojen lämpöenergiatase (13, s. 19)

Yleinen syy lämmitysjärjestelmän ongelmille on epätasapainossa oleva verkosto. Kuvasta 11 näh-
dään huoneistojen lämpötilojen eroavaisuudet, kun lämmitysverkosto on tasapainossa ja epätasa-
painossa. Epätasapainossa oleva verkosto aiheuttaa käyttäjille haittoja ja epämukavuuksia, sekä
lisää lämmitysenergiankulutusta. Lämmitysverkoston perussäädöllä voidaan saavuttaa tasapaino
rakennukselle. Säädön tarve havaitaan yleensä liian alhaisten tai liian korkeiden lämpötilojen tai

lämpötilaerojen takia. Poikkeustilanteessa perussäädöllä säästetään yleensä 10–15 % lämmitysenergian kulutuksessa. (13, s. 107–108.)



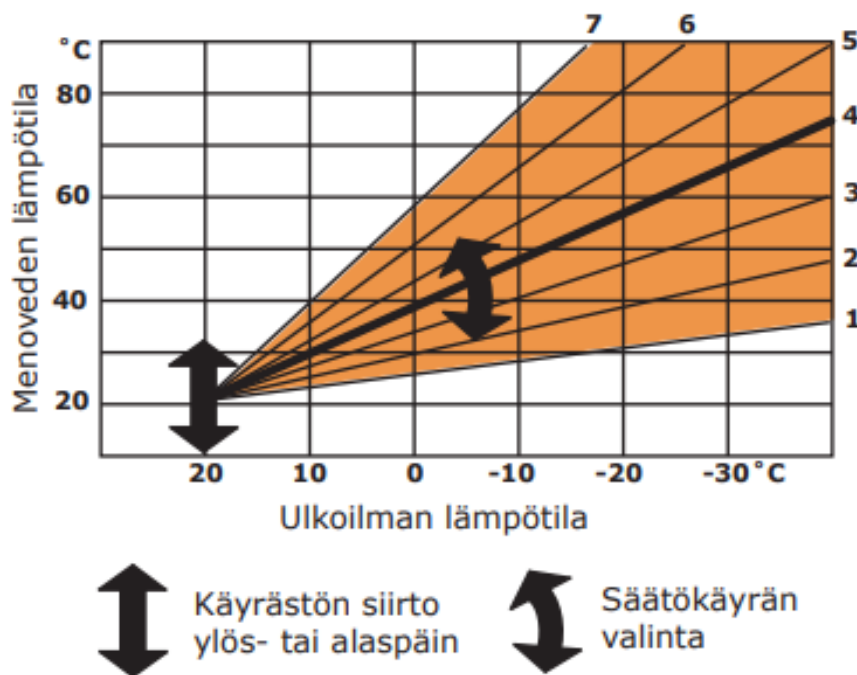
KUVA 11. Lämmitysverkoston tasapainotuksen vaikutus (13, s. 107)

Sisälämpötiloja on tärkeä tarkkailla rakennuksissa. Asuntojen hyvä lämpötila on noin 20–22 °C. Liian korkea lämpötila aiheuttaa turhaa kulutusta ja mahdollisia terveyshaittoja, kuten väsymystä ja hengitysoireita. Sisälämpötiloja on hyvä seurata, että poikkeustilanteet havaitaan ja voidaan ryhtyä korjaustoimenpiteisiin. Käyttäjien kanssa olisi hyvä sopia tavoitelämpötiloista ja hyödyntää käyttäjien palautetta lämmitysverkoston ongelmien löytämisessä. (13, s. 38.)

Yleiset ongelmat lämmityksessä liittyvät lämmityksen säätökäyrään tai lämmitysverkon tasapainotukseen. Jos säätökäyrä on säädetty huonosti, rakennuksen lämmitys voi toimia toisina kausina hyvin ja toisina huonosti. Oikea säätökäyrä on kohdekohtainen ja sen löytäminen on pidemmän ajan prosessi, jota tulee suorittaa eri ulkolämpötiloilla.

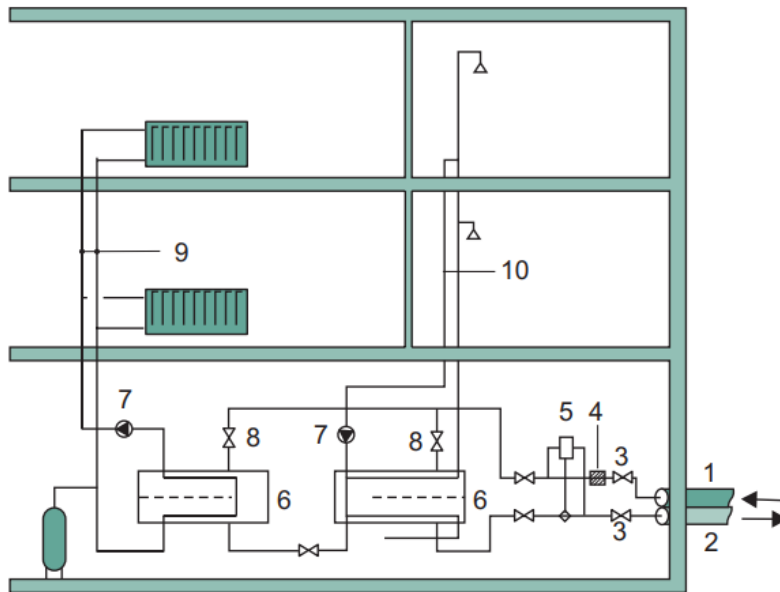
Kuvassa 12 on periaatteellinen esimerkki säätökäyrän asettelusta. Säätökäyrä muuttaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa suhteessa ulkoilman lämpötilaan. Muutoksia tehtäessä joko muutetaan säätökäyrän kulmaa tai siirretään käyrää ylös tai alas. Säätökäyrän muutokset perustuvat lämmitysverkoston toiminnan ja sisälämpötilan tarkkailuun. Siirtämällä käyrää alas sisälämpötila laskee menoveden lämpötilan laskun yhteydessä ja ylös siirrolla sisälämpötila vastaavasti nousee. Esimerkiksi jos sisälämpötila on liian korkea –20 °C:ssa joudutaan säätökäyrä siirtämään alaspäin.

Samalla tulee säilyttää säätökäyrän toiminta lämpötila-alueilla, joissa ei haluta sen muuttuvan. (20, s. 9–10.)



KUVA 12. Säätökäyrän asetuksen muuttaminen (20, s. 9)

Kuvassa 13 on esimerkki kaukolämmöllä lämmitettävän rakennuksen LVI-järjestelmästä ja lämmönjakohuoneessa olevista osista. Kuvassa osat 1–5 ovat lämmönmyyjän omistamia ja osat 6–10 asiakkaan. Lämmönjakokeskus muodostuu asiakkaan omistamista osista. Lämmitykselle, lämpimälle käyttövedelle ja ilmastoinnille on omat lämmönsiirtimet ja säätölaitteet. Kaukolämpöverkostosta luovutetaan energiaa lämmönsiirtimien kautta asiakkaan lämmitysverkostoihin. Säästöventtiilin avulla säädetään lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa eli sitä, kuinka paljon kaukolämpöä virtaa lämmitysverkoston lämmönsiirtimelle. (21, s. 4.)



- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 kaukolämmön tuloputki | 6 lämmönsiirtimet |
| 2 kaukolämmön paluuputki | 7 kiertovesipumput |
| 3 kaukolämmön sulkuventtiilit | 8 säätöventtiilit |
| 4 lianerotin | 9 lämpöjohdot |
| 5 lämpöenergiamittari | 10 lämpimän käyttöveden kiertovesijohto |

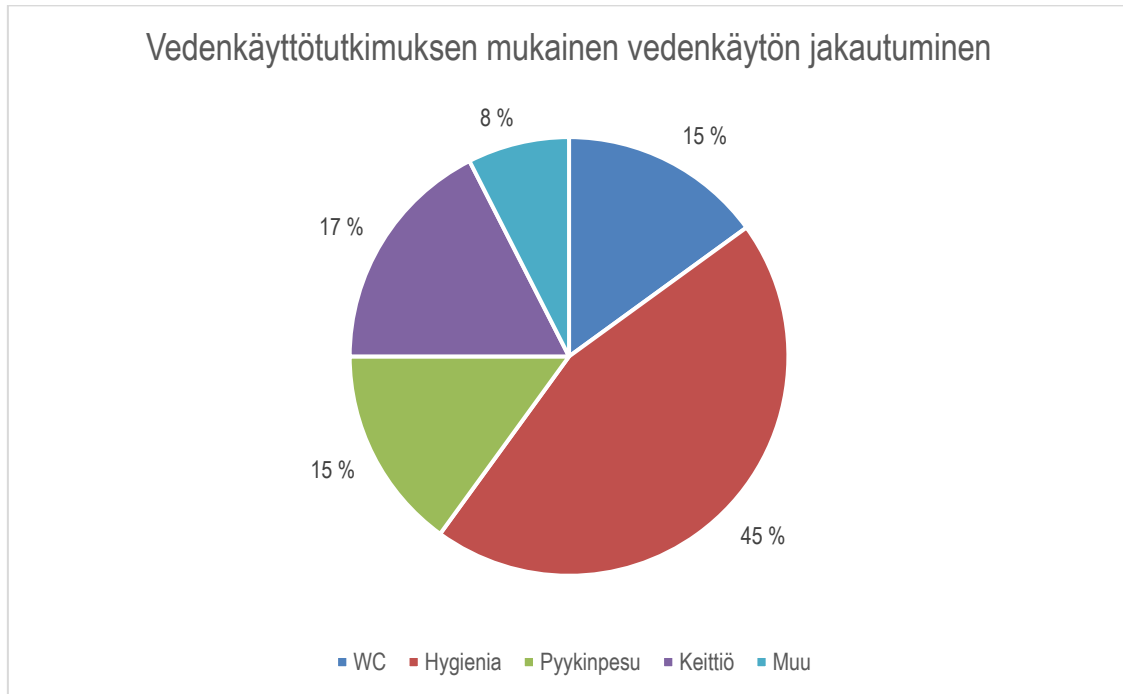
KUVA 13. Kaukolämmityksen toimintaperiaate (21, s. 4)

3.5 Käyttövesi

Rakennuksissa käytetään lämmintä ja kylmää käyttövettä. Käyttövettä kuluu esimerkiksi peseytymiseen, pyykkien ja astioiden pesuun, ruoanlaittoon ja siivoamiseen. Käyttäjien määrä ja tottumukset vaikuttavat vedenkulutuksen määrään, ja sen takia vedenkulutusta on hyvä tarkastella ihmis- määrän eikä rakennuksen koon mukaan. Tottumusten takia samankaltaisten kohteiden kulutusta on vaikea verrata keskenään. Nelihenkisen perheen veden kulutus on keskimäärin 155 l/hlö/vrk, josta lämpimän käyttöveden osuus on keskimäärin noin 40 %. Tästä koituisi noin 78 €:n kulut perheelle kuukaudessa. (13, s. 26–27.)









Lämmin käyttövesi ei riipu merkitettävästi ulkolämpötilasta vaan käyttötavasta, joka on melkein samanlaista vuoden ympäri ja hyvinkin erilaista eri kohteissa. Lämpimän käyttöveden lämpötila on tyypillisesti 55–58 °C. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt ovat usein merkittäviä varsinkin vanhoissa rakennuksissa huonomman lämpöeristyksen takia (22).

Kuvassa 14 on vuonna 2020 tehdystä vedenkäyttötutkimuksesta vedenkäytön tyypillinen jakauma. Kuvasta nähdään, että jopa puolet vedenkäytöstä voi johtua hygieniatarpeiden täyttämisestä ja että keittiö, WC ja pyykinpesu kuluttavat melkein yhtä paljon vettä. (23, s. 21.)



KUVA 14. Veden käytön jakauma 2020 (23, s. 21)

Vesikalusteiden ja putkistojen vuodoista voi koitua suuriakin kulutuksia, ja niiden huomaaminen nopeasti ja korjaaminen ajoissa on tärkeää. Kalusteiden kuluttama vesimäärä voi vaihdella kalusteentyypin välillä. Esimerkiksi vanha WC-istuin voi kuluttaa jopa 9 litraa jokaisella huuhtelukerralla ja yhden henkilön huuhtellessa 5–7 kertaa päivässä voi siitä koitua jopa 23 000 litran kulutus vuodessa. Kuvassa 15 on esitettyä vuotojen suuruuksia ja kustannuksia vuoden 2011 veden hinnoilla. Ympäri vuotisesta tiheästä tippavuodosta voi koitua jopa 85 €:n lisäkulutus, ja jos WC-istuin vuotaa kynän kokoisen vuotokohdan verran, voivat kulut olla jopa 8 500 €. (13, s. 37.)

Vuoto vuodessa		Vuotokohdan koko	Lisäkustannus
30 m ³ /vuosi Tiheä tippavuoto		Ompelulanka	 85 €
300 m ³ /vuosi Ohut vesivirta		Parsinneula	 850 €
3 000 m ³ /vuosi WC:n jatkuva vuoto		Kynä	 8 500 €
30 000 m ³ /vuosi Jatkuva vesivirta		Harjanvarsi	 85 000 €

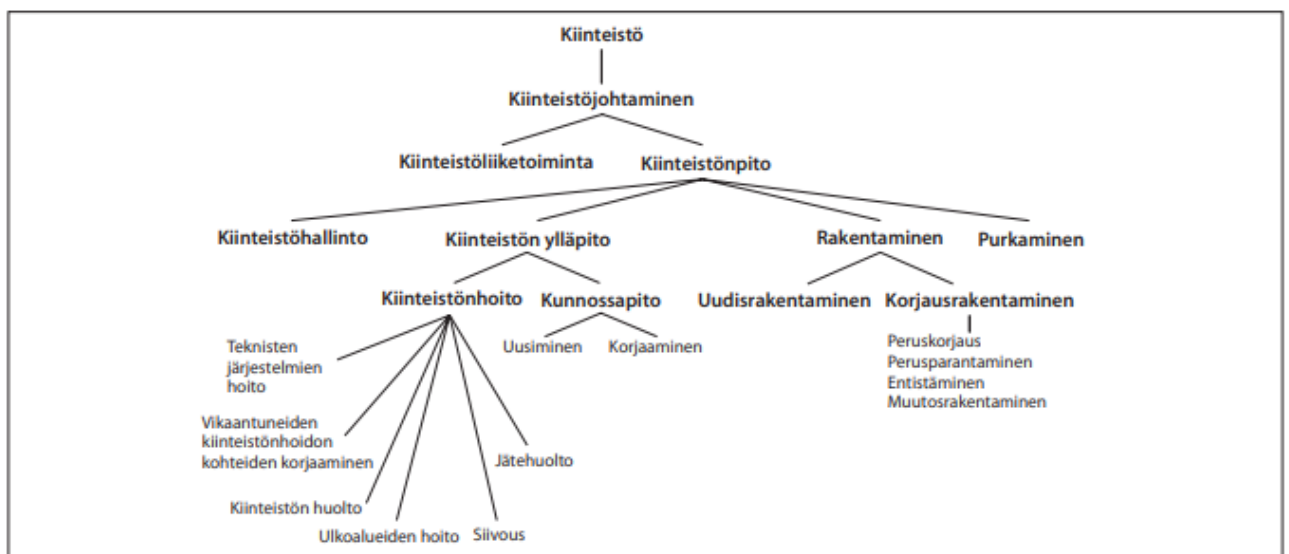
KUVA 15. Erilaisten vuotojen suuruuksia ja kustannuksia (13, s. 37)

4 KIINTEISTÖNHOITO OSANA KIINTEISTÖN YLLÄPITOA

Kiinteistön ylläpidossa tehdään toimenpiteitä, joilla rakennuksen kuntoa, käyttöominaisuuksia ja arvoja säilytetään. Kiinteistön ylläpitoon kuuluu kiinteistöhoito ja kunnossapito, joiden toimilla ylläpidetään kiinteistön laatutasoa. Kiinteistönhoidossa tehdään toimenpiteitä säännöllisesti ja tarpeen mukaan. Kunnossapidossa uusitaan tai korjataan viallisia ja kuluneita osia. (24.)

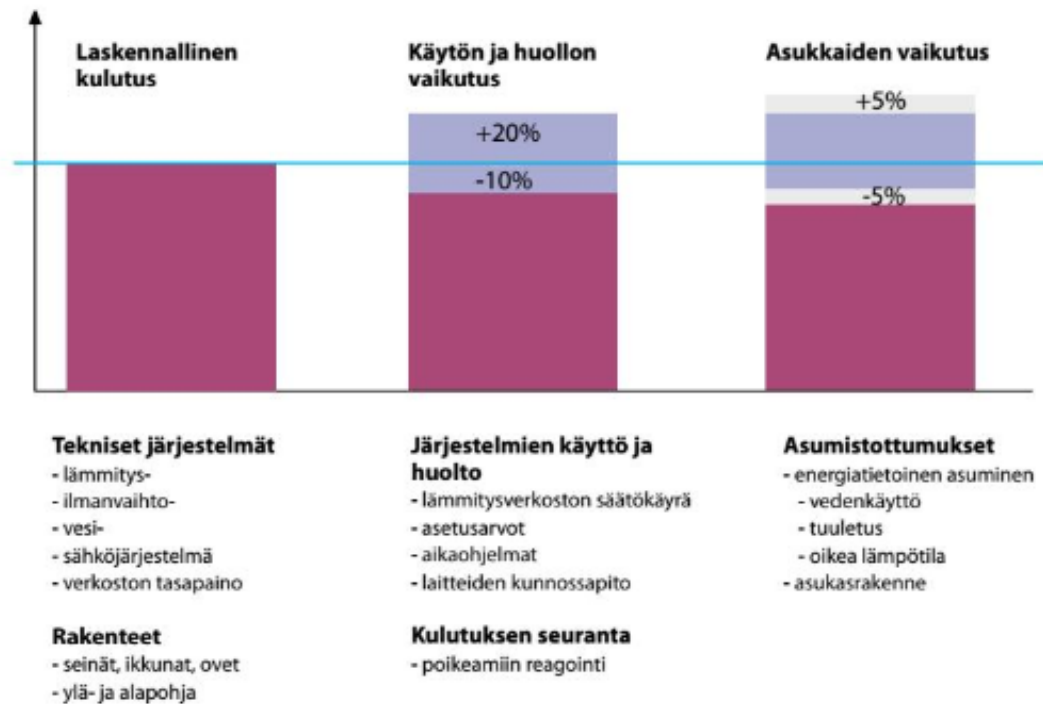
Kiinteistöhoito on tärkeä osa rakennuksen säännöllistä ylläpitämistä ja vikatilanteiden korjaamista. Kiinteistönhoidossa energiatehokkuuteen vaikutetaan esimerkiksi teknisten järjestelmien hoidolla kuten suodattimien vaihdoilla tai lämmityksen säätökäyrän muuttamisella.

Kuvassa 16 on esitetty kiinteistönpidon peruskäsitteiden yhteyksiä. Kiinteistönhoidon osuus sisältää teknisten järjestelmien ja ulkoa-alueiden hoidon, vikaantuneiden kohteiden korjaamisen, kiinteistön huollon, jätehuollon ja siivouksen. (25, s. 1.)



KUVA 16. Yhteydet kiinteistönpidon peruskäsitteissä (26, s. 1)

Kiinteistönhoidossa vaikutetaan energiatehokkuuteen tekemällä LVIS-järjestelmiin toimenpiteitä ennakkoivasti ja tarvittaessa. Toimenpiteiden lähtökohtana on joko säännöllinen hoito, tarkastus tai vikatilanne. Kuvassa 17 on Suomen talokeskuksen tietoihin perustuva laskennallinen arvio kiinteistön kulutustason muodostumisesta ja vaikutuksista siihen. (13, s. 43.)



KUVA 17. Arvioitu kulutustason muodostuminen (13, s. 43)

Huonosti hoidettu ylläpito voi laskennallisen arvion mukaan nostaa kulutuksia jopa 20 % ja hyvin hoidettu alentaa 10 %. Ylläpidossa voidaan vaikuttaa kulutuksiin järjestelmien säädöillä, asetusarvojen muutoksilla, aikaohjelmilla ja laitteiden kunnossapidolla. (13, s. 43.)

4.1 Kiinteistönpitokirja

Kiinteistönpitokirja on rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, jota joskus kutsutaan myös huoltokirjaksi (26, s. 1). Kiinteistönpitokirja on rakennuksen käyttöönotossa tai myöhemmin laadittava kiinteistökohtainen asiakirjakokonaisuus. Kiinteistöhoidosta kiinteistönpitokirja sisältää tavoitteet, tehtävät ja ohjeet.

Kiinteistönpitokirjalle on asetettu vaatimuksia maankäyttö- ja rakennuslain kohdan 117 i §:n mukaisesti. Laissa määritellään, milloin huoltokirja tulee laatia rakennukselle ja mitä sen tulisi sisältää. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa A4 sisältää määräyksiä ja ohjeita rakennuksille, joita käytetään työskentelyyn tai pysyväan asumiseen ja jotka on rakennettu 1.5.2000 jälkeen. Uudisrakennusten kiinteistönpitokirjan tietosisällön laatimisessa merkittävä osuus on urakoitsijalla ja suunnittelijalla. Ennen 1.5.2000 rakennetuille tietosisältöä tuottavat pääosin kiinteistönomistaja, asian tuntijat, palvelutuottajat ja ylläpito-organisaatio. (27; 25, s. 1; 26, s. 1.)

Kiinteistöpitokirja on osa koko kiinteistön isompaa strategiaa, jolla kiinteistön laatutasoa ylläpidetään. Kiinteistönpitokirja sisältää laajasti eri tietoja, joita kiinteistön ylläpitäjät tarvitsevat kuten teknisten järjestelmien tiedot, ohjeistuksia, yhteystiedot, kiinteistön perustiedot ja kiinteistölle asetetut tavoitteet. Kiinteistön teknisten tietojen avulla pitäisi pystyä tunnistamaan kiinteistön käytön ja ylläpidon tarpeet rakennuksen elinkaaren aikana. (25, s. 3–4.)

4.2 Haahtela RES

Haahtela RES on selainpohjainen kiinteistönpitokirja, jota käytetään kiinteistön ylläpidon toiminnanohjaukseen. Ohjelma sisältää esimerkiksi työntilaus- ja vianilmoitusjärjestelmän, kiinteistön asiakirjat ja kiinteistökohtaisen huolto-ohjelman. (28, s. 1.)

Järjestelmästä nähdään tapahtuneet vikailmoitukset ja voidaan tehdä uusia tai muokata olemassa olevia. Kiinteistön asiakirjoista saadaan olennaisia tietoja kiinteistön järjestelmien toiminnasta ja niiden historiasta, kuten tilatiedot ja järjestelmäkuvaukset, käyttö ja huolto-ohjeet, kone- ja laitetiedot, piirustukset ja trendit eri mittausarvoista ja niiden historiasta.

Huolto-ohjelmassa on suunnitellut huoltotehtävät ja niiden suoritustila. Huolto-ohjelma sisältää huoltotehtävän tiedot, ajoituksen ja kuittauksen. Tarkempia tietoja ovat esimerkiksi tehtävänkuvaus, kenelle se on osoitettu ja kuittautiedot.

5 KULUTUKSIEN ANALYSOINTIMENETELMÄT

Kohteiden kulutuspoikkeamat huomataan kohteiden kulutustietojen avulla. Kulutustiedot itsessään eivät ole vertailukelpoisia muihin kohteisiin tai ajanjaksoihin. Lämmitysenergian normeerauksella voidaan verrata kohteen kulutuksia eri kausina. Ominaiskulutuksella voidaan tehdä kulutuksesta vertailukelpoista muihin kohteisiin käyttämällä kohteen pinta-alaa, tilavuutta tai käyttäjämäärää.

5.1 Lämmitysenergian kulutuksen normeeraus

Sään vaihtelevuus vaikuttaa merkittävästi lämmitystarpeeseen eri lämpötiloilla. Jotta voidaan vertailla rakennuksen lämmitysenergian kulutusta eri ajanjaksoihin ja toisella paikkakunnilla oleviin rakennuksiin, tulee kulutettu lämmitysenergia normeerata. Lämmitysenergian normeeraus koskee vain lämmitykseen kuluva energiaa, koska käyttöveden lämmitykseen kuluva energia ei riipu ulkolämpötilasta. (29, s. 1.)

Normeerattu lämmitysenergiankulutus samalle rakennukselle lasketaan kaavalla 1 (29, s. 1).

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\text{ vpunkta}}}{S_{toteutunut\text{ vpunkta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{lämminkäyttövesi} \quad \text{KAAVA 1}$$

Q_{norm} = normeerattu lämmitysenergian kulutus rakennuksessa (kWh)

$Q_{toteutunut}$ = tilojen lämmitykseen kuluva energia rakennuksessa (kWh)

Q_{kok} = lämmitysenergiankulutus yhteensä rakennuksessa (kWh)

$Q_{lämmi\text{in käyttövesi}}$ = lämpimän käyttöveden energiankulutus rakennuksessa (kWh)

$S_{N\text{ vpunkta}}$ = normaalikuukauden tai normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\text{ vpunkta}}$ = kuukautena tai vuotena toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

Koska käyttöveden lämmitykseen kuluva energia ei riipu ulkolämpötilasta, sitä ei normeerata. Lisäksi tulee huomioida, että lämpimän käyttöveden kiertovesijohdon lämpöhäviö on usein merkittävä ja se sisältyy myös käyttöveden lämmityksen käyttämään energiaan. (29, s. 3.)

Jos lämpimän käyttöveden energiankulutusta ei ole mitattu lasketaan kulutuksen määrä. Laskemisessa tarvitaan rakennuksen kulutetun lämpimän käyttöveden määrä. Jos kulutettu lämmin käyttö-

vesi ei ole tiedossa, se voidaan arvioida olevan asuinrakennuksella 40 % koko käyttöveden määrästä tai muilla rakennuksilla 30 %. Jos rakennuksen vedenkulutus ei ole tiedossa, voidaan lämmin käyttövesi arvioida taulukon 4 mukaan. (22; 29, s. 3.)

TAULUKKO 4. Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvoja (29, s. 3)

Rakennustyyppi	Lämpimän käyttöveden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti (dm ³ /brm ² a)
Toimistorakennus	100
Terveystieteiden tutkimuskeskus	520
Päiväkotitoiminta	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetusrakennus	180
Myynti- ja palveluskeskus	65
Muut rakennukset	100

5.2 Ominaiskulutus

Rakennuksen kulutustiedot eivät ole sellaisenaan vertailukelpoisia muihin rakennuksiin. Ominaiskulutuksella voidaan vertailla eri rakennuksia keskenään. Kohteet ovat paremmin vertailukelpoisia toisiinsa, jos niiden käyttöaste, rakennustyyppi ja rakennusvuosi ovat samaa luokkaa. Rakennuksen ominaiskulutus lasketaan jakamalla kulutus johonkin kulutuksen suuruuteen vaikuttavaan tekijään kuten pinta-alaan, tilavuuteen tai käyttäjämäärään.

Kaavassa 2 on esitetty sähköenergian ominaiskulutuksen laskenta. Sähköenergia voidaan jakaa joko kohteen pinta-alalla tai tilavuudella. Lämmitysenergian ja veden kulutus on parempi jakaa kulutukseen enemmän vaikuttavalla tekijällä, lämmitysenergialle tilavuus ja vedelle käyttäjämäärä.

$$Q_{\text{ominaiskulutus}} = \frac{Q_{\text{toteutunut sähkö}}}{A_{\text{rakennus}}}$$

KAAVA 2

$Q_{\text{ominaiskulutus}}$ = rakennuksen sähköenergian ominaiskulutus (kWh)

$Q_{\text{toteutunut sähkö}}$ = rakennuksessa toteutunut sähköenergian kulutus (kWh)

A_{rakennus} = rakennuksen pinta-ala (m²)

Laiteryhmän ominaiskulutuksen avulla voidaan arvioida, kuinka paljon energiaa laitteet kuluttavat. Taulukossa 5 on esitettyä toimistorakennuksen tyypillisten laiteryhmiä sähköenergian ominaiskulutus. (30, s. 29.)

TAULUKKO 5. Laiteryhmien tyypillisiä sähköenergian ominaiskulutuksia vuodessa (30, s. 29)

Laiteryhmä	Ominais- kulutus	Yksikkö
Ruokala	0,75	kWh/annos
Edustussauna	20	kWh/kerta
Hissi	2000	kWh/(8 henkilön hissi)
Autopaikat	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	kWh/m ²
Kannettava PC	24	kWh/kpl
PC:t+näyttö	430	kWh/kpl
Kopiokoneet	1700	kWh/kpl
Laserkirjoittimet	400	kWh/kpl

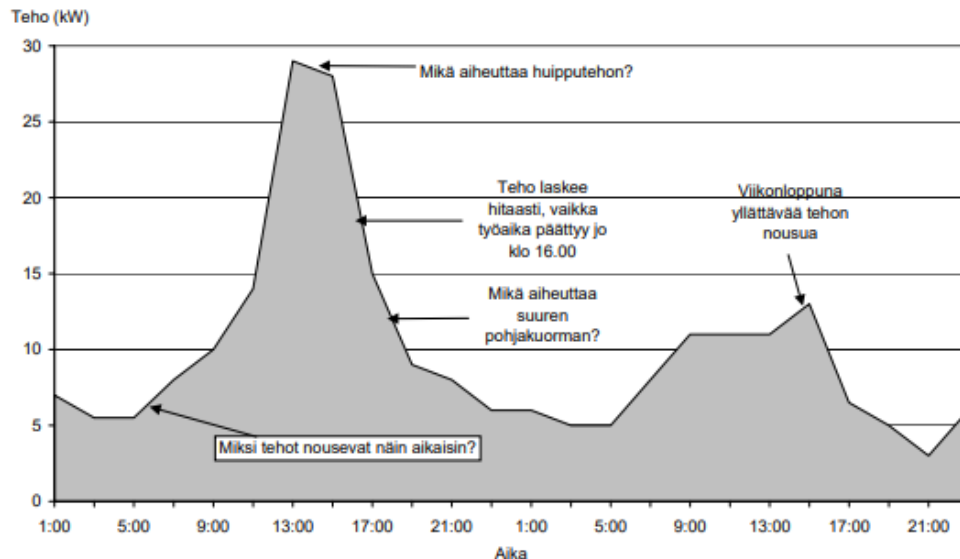
Ilmanvaihtokoneen tai puhaltimen ominaissähkötehoa esitetään SFP-luvulla, jota voidaan käyttää sen sähköenergian kulutuksen arvioimiseen. SFP-luvulla ilmaistaan kuinka paljon sähköenergiaa tiettyä ilmavirtaa kohden laite kuluttaa. (30, s. 55.)

5.3 Kulutustietojen tutkiminen

Rakennuksen kulutustietojen avulla löydetään poikkeamat kulutuksissa. Kulutustietojen seuraamisella ja tutkimisella on merkittävä vaikutus rakennuksen kulutukseen. Seuraamisen tulisi tapahtua tietyn aikavälein, jotta muutokset huomataan ajoissa ja korjataan ne.

Tuntikulutustiedoilla voidaan tarkastella kulutuksia tarkemmin. Kulutustiedon saaminen tuntitasolla myös mahdollistaa automaattisen kulutushälytyksen rakennuksille. Tuntikulutustietoja hyödyntä-

mällä voidaan huomata kiinteistössä tapahtuneet muutokset, kuten sisäilmasto-olosuhteiden ja au-kiolo- tai työaikojen muutokset. Kuvassa 18 on esimerkkinä tuntikulutustiedon tutkimisesta päätelmiä, joita kulutuksen noususta, huipusta ja pohjasta voidaan tehdä. (31, s. 1–2.)



KUVA 18. Rakennuksen tuntikulutustiedon tutkiminen (31, s. 2)

Kulutustiedot voidaan yhdistää muihinkin tuntitason mittauksiin, kuten ulkolämpötilaan. Lisätietoja voidaan käyttää kulutuspoikkeamien selittämiseksi. Tietoja vertailtaessa on tärkeää tutkia kulutuksia eri tarkkuustasoilla, kuten vuosi ja kuukausi. Laajemmalla tarkkuustasolla löydetään poikkeama ja tarkemmalla poikkeaman luonne ja tarkka alkua. Kulutustietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi kiinteistön toiminnan ja käytön muutosten toteamiseen, lämmityksen huipputehon määrittelyyn ja tilausvesivirran tarkistamiseen (31, s. 2).

6 KOHTEIDEN KULUTUKSIEN ANALYSOINTI

Oulun Tilapalvelut -liikelaitoksella on 258 kiinteistöä energianhallintajärjestelmässä. Kohteita valittiin kanttätyöhön kulutuspoikkeamien perusteella. Poikkeamien avulla koottiin kiinteistöhoitoon ehdotuksia, joilla voitaisiin parantaa energiatehokkuutta. Kohteiden kulutuksia tarkasteltiin ensin laajemmin keskihajonnan, ominaiskulutuksen ja tarvittaessa tarkemmin kohteen kulutustietojen avulla.

6.1 Kohteiden valinta

Kohteita oli aluksi 258, joista ehdolle jäi lopuksi 148. Ensimmäiseksi karsittiin energianhallintajärjestelmän avulla pois kohteet, joissa ei ole isännöintiyhtiönä Oulun kaupunki. Näin kohteita jäi 172. Huoltolaitos ja terveyslaitokset todettiin huonoiksi kohteiksi niiden käytön ja järjestelmien takia, joten ne vielä poistettiin tarkasteltavista kohteista, joita siis jäi 148. Kohteita tarkasteltiin kiinteistötyypin mukaan, ja jos kohderyhmä oli tarpeeksi iso, verrattiin kohteiden ominaiskulutusta toisiinsa. Taulukossa 6 on kiinteistöjen jakauma kiinteistötyypin mukaan. Suurimmassa kiinteistötyypissä on suurin osa päiväkoteja ja toiseksi suurimmassa kouluja.

TAULUKKO 6. Kiinteistöjen jakauma kiinteistötyypin mukaan

Kiinteistötyyppi	Määrä
Muut sosiaalitoimen rakennukset	42
Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	41
Urheilu- ja kuntoilurakennukset	26
Huoltolaitosrakennukset	13
Terveystenhoitorakennukset	12
Kirjasto-, museo- ja näyttelyhallirakennukset	9
Toimistorakennukset	9
Seura- ja kerhorakennukset yms.	5
Muut kokoontumisrakennukset	4
Palo- ja pelastustoimen rakennukset	3
Varastorakennukset	2
Teatteri ja konserttirakennukset	2
Muut rakennukset	1
Myymläarakennukset	1
Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	1
Liikenteen rakennukset	1

6.2 Kulutuspoikkeamat kohderyhmissä

Kohteiden kulutustietoja tutkittiin aikajaksolta 2016–2020, joten käsiteltävänä oli 5 kokonaisen vuoden kulutukset sähköenergialle, kaukolämmölle ja käyttövedelle. Energianhallintajärjestelmästä saadaan jokaisen kohteen tilavuus ja pinta-alatiedot, joilla voidaan arvioida ominaiskulutuksia. Keskihajonnalla tutkitaan kiinteistön kulutuksen muutoksia ja ominaiskulutustiedolla tarkastellaan kohteen kulutuksen suuruutta suhteessa muihin kohteisiin.

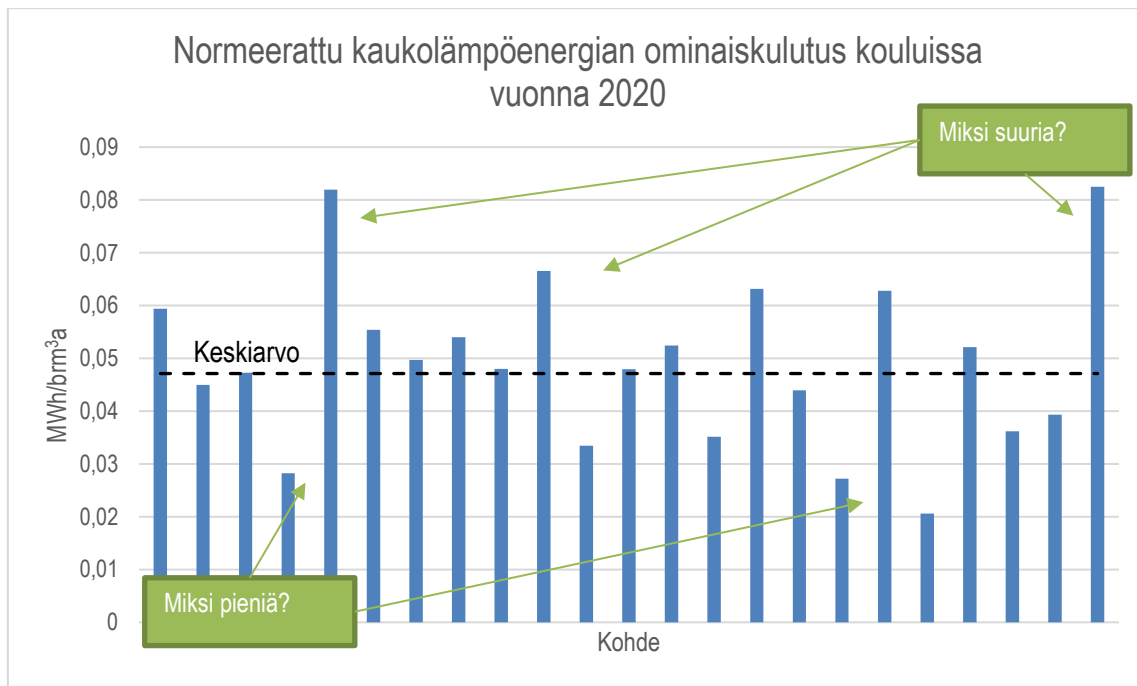
6.2.1 Ominaiskulutukset kohderyhmässä

Ominaiskulutuksella huomataan ryhmässä keskimääräisestä kulutuksesta poikkeavat kohteet. Ominaiskulutuksen suuruutta vertailtaessa tulee huomioida esimerkiksi rakennuksien ikä. Yleissivistävien oppilaitosten kohteista vanhin rakennus on rakennettu vuonna 1831 ja uusin vuonna 2009 (kuva 19). Kuitenkin kaikki ennen 1989 vuotta rakennetut kohteet kohderyhmässä on peruskorjattu.



KUVA 19. Kiinteistötyyppiryhmän kohteiden rakennusvuosisjakauma

Ominaiskulutuksen tarkastelua varten tehtiin ryhmät kouluille ja päiväkodeille. Ryhmistä jouduttiin poistamaan kohteita joko puutteellisten tietojen takia tai LVIS-järjestelmien ja kiinteistön käyttäjien erilaisten tarpeiden vuoksi. Kuvassa 20 on esitettyä koulujen kaukolämpöenergian ominaiskulutukset. Mikäli ryhmän jonkin kohteen ominaiskulutus poikkeaa muista kohteista, voi syynä olla esimerkiksi erilainen käyttöaste.



KUVA 20. Kohteiden normitettu kaukolämpöenergian ominaiskulutus

Sähköenergian ominaiskulutus poikkesi kohteiden kesken enemmän kuin kaukolämmityksen. Taulukosta 7 nähdään, että sähköenergian ominaiskulutus on kasvanut vuoteen 2019 asti ja laskenut vuonna 2020. Tiedetään, että vuoden 2020 koronaepidemian takia koulut ovat olleet suljettuna osittain keväällä 2020, mikä voi olla mahdollisesti syy laskulle. Vuoden 2020 poikkeustilanne tuli huomioida päätelmiä tehtäessä.

TAULUKKO 7. Koulujen sähköenergian ominaiskulutuksen keskiarvo ja keskihajonta.

Sähköenergian ominaiskulutus	2016	2017	2018	2019	2020
Keskiarvo (kWh/brm ² a)	57,65	57,08	60,57	63,99	61,22
Keskihajonta (kWh/brm ² a)	14,78	15,78	16,66	19,89	19,90

Taulukossa 8 on esitetty lähteestä saatujen koulujen ominaisenergiakulutusten vertailu työssä saatuihin. Tiedot ovat saatu VTT:n tekemästä tutkimusraportista, jossa käytettiin Lamit Oy:n ohjelmaa ja eri rakentamisajankohdan Suomen rakentamismääräyksiä ja rakentamisohjeissa annettuja arvoja rakenteille. Vertailemalla laskettuja arvoja VTT:n saamiin arvoihin huomattiin, että arvot sähköllä ovat hyvin samankaltaisia kuin tutkimuksessa on laskettu kiinteistöille ennen peruskorjausta. (32, s. 17.)

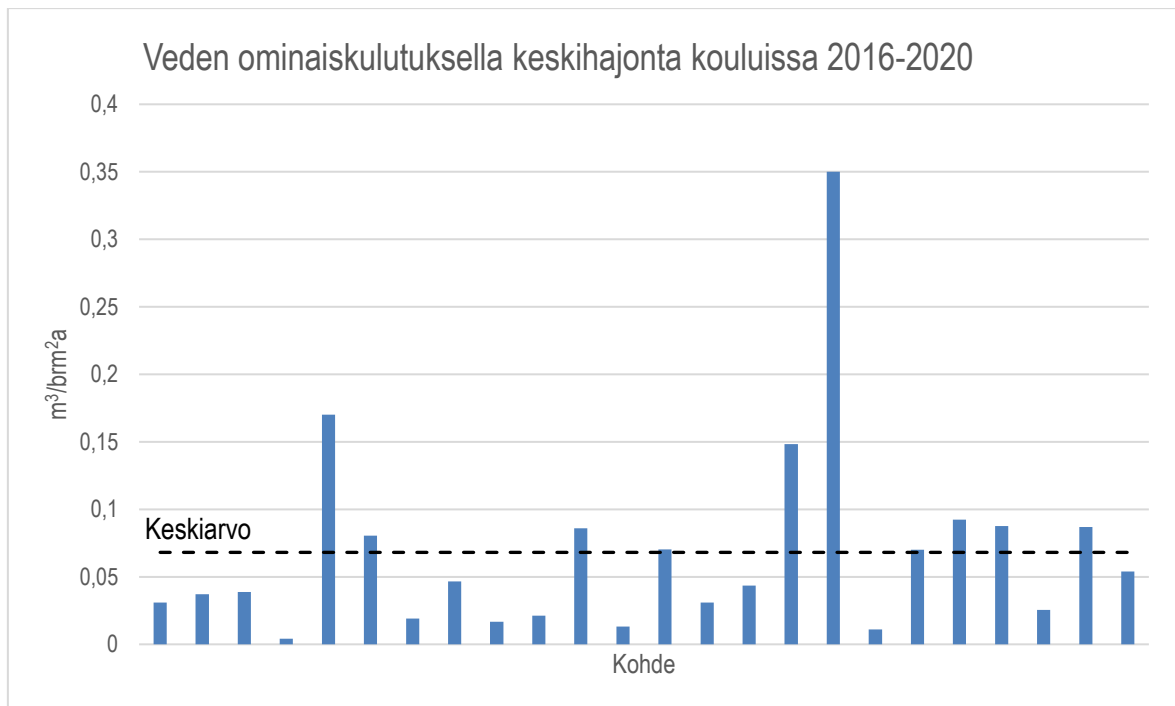
TAULUKKO 8. Koulujen Soinaisenergiakulutuksien vertailu (32, s. 17)

Vuosi	Sähkö	Kaukolämpö yhteensä	Lämmin käyttövesi	Tilojen lämmitys
	(kWh/(brm ² a))	(MWh/(brm ² a))	(MWh/(brm ² a))	(MWh/(brm ² a))
VTT ennen peruskorjaus 2010	57,0	0,081	0,011	0,07
Kulutus 2020	61,2	0,211	Ei saatavissa	Ei saatavissa

Kaukolämmön luvussa on enemmän poikkeamia tutkimukseen vertailtaessa. VTT:n lähteen mukaan kaukolämmön ominaisenergiakulutuksen laskennallinen arvo oli merkittävästi vaihtunut eri vuosien aikana. Esimerkiksi VTT:n tietojen mukaan vuonna 1985 määräysten ja ohjeistusten mukaisen rakennuksen ominaisenergiakulutus olisi 0,193 MWh/brm²a, joka olisi lähempänä työssä saatua arvoa. Lisäksi tutkimuksessa tutkitaan työstä poiketen kaukolämmön ominaiskulutusta rakennuksen pinta-alaa eikä tilavuutta kohden. (32, s. 17.)

6.2.2 Kulutus muutokset kohderyhmässä

Ottamalla keskihajonta jokaiselle kiinteistölle vuosien 2016–2020 tapahtuneiden vuoden aikaisten kulutussummien avulla nähdään, missä kiinteistöissä on tapahtunut eniten muutoksia. Kuvassa 21 on esitetty keskihajonta veden ominaiskulutukselle kouluissa, ja siitä nähdään kohteet, joissa kulutus poikkeaa eniten. Veden kulutustiedot on kohteissa osittain syötetty manuaalisesti, jolloin kulutus vain jaetaan tasaisesti ajanjakson kaikille tunneille. Käyttöveden ominaiskulutus olisi parempi huomioida henkilömäärän avulla, mutta sitä tietoa ei ollut saatavissa, joten käytetään pinta-alaa.



KUVA 21. Keskihajonta veden ominaiskulutuksella kouluissa

6.2.3 Kenttätööhön sopivat kohteet

Työssä tutkittiin 148 kohteen kulutuksia ja karsittiin ne sopivaan määrään ominaiskulutuksen ja suurempien kulutuspoikkeamien avulla tarkempaa tutkimista varten. 55 kohteessa oli suurempia poikkeamia, ja niistä suurin osa oli päiväkot- ja koulukohteita. Kohteiden kulutuspoikkeamia käytiin läpi yhdessä tilaajan kanssa ja päätettiin, mitkä kohteet olivat hyviä kenttätöön kannalta. Lopulta kenttätööhön sopiviksi jäi 14 kohdetta, joista 7 oli koululuja ja 7 päiväkoteja. Näiden kohteiden kulutuspoikkeamat ja kiinteistönpitokirjat otettiin tarkempaan tarkasteluun.

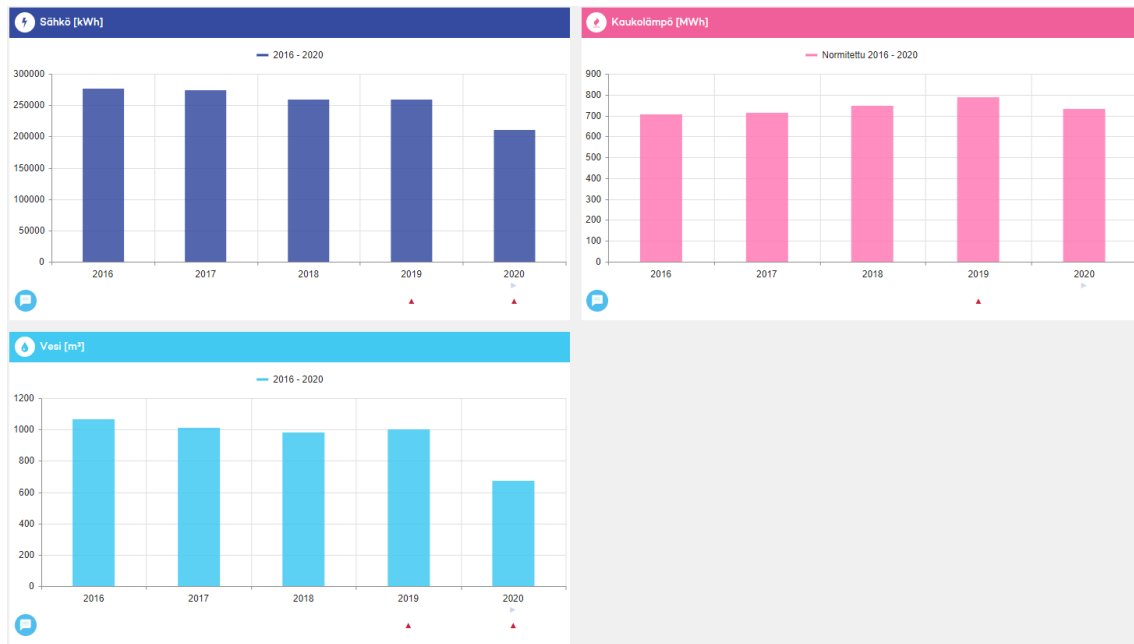
6.3 Kohteiden tarkempi tarkastelu

Kohteita tutkittiin tarkemmin eri tarkkuustasoilla kulutuspoikkeaman, sen alun ja syyn toteamiseksi. Tuntitasolla tutkiessa eniten poikkeamia oli sähkökulutuksessa. Vedenkulutuksessa poikkeamat olivat yleensä korjaantuneet nopeasti.

Huolto-ohjelmasta nähtiin suoritettuja huoltotoimenpiteitä ja niiden yksityiskohtia. Epäselvyyksien pohjalta tehtiin haastattelukysymykset, jotka liittyivät huolto-ohjelman ja energianhallintajärjestelmän käyttöön, kiinteistöhoitajan taustaan ja LVIS-järjestelmien huoltotoimenpiteisiin. Vastausten avulla pyritään löytämään mahdollisuuksia parantaa energiatehokkuutta kiinteistönhoidossa.

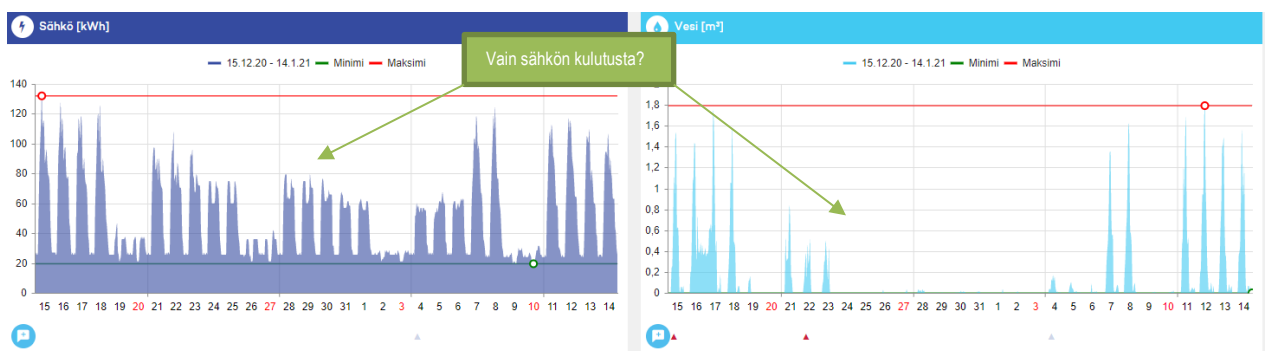
Kulutustietojen tutkimisessa on tärkeää tuntea kohde, jotta voidaan paremmin todeta poikkeaman syy. Kohteiden kulutusten tutkiminen alkoi kohteen perustietojen, kulutustietojen tarkkuuden, kommenttien ja toimenpiteiden tutkimisella. Perustiedoilla, kuten kohteen rakennus- ja peruskorjausvuodella ja pinta-alalla, saadaan hyvä yleiskuva kohteesta. Tutkitaan, millä tarkkuustasolla kulutustiedon saa ja milloin kulutustieto on muuttunut tuntitasoiseksi automaattiluennaksi. Kommenttien ja toimenpiteiden tarkastelussa voidaan löytää mahdollinen syy poikkeamalle esimerkiksi valaistuksen muutos. Ennen tarkempien kulutustietojen tutkimista vertaillaan kyseisen kohteen ominaiskulutuksia toisiin kohderyhmässä oleviin kohteisiin. Vertaillaessa ominaiskulutusta saadaan hyvä näkemys kohteen energiatehokkuudesta ja onko kulutus selkeästi poikkeavaa.

Kaikkien kohteiden kulutustiedot alkoivat vuodelta 2016. Tyypillisesti kohteissa oli sähkön ja kaukolämmön kulutustietoja saatavissa tuntitasolla alkaen vuodesta 2017, ja sen takia yleensä ainakin vuosien 2018–2020 tarkempi tutkiminen ja vertailu oli mahdollista. Vedenkulutustietoja ei aina ollut saatavissa tuntitasolla, koska kulutustiedot joissain kohteissa syötettiin manuaalisesti. Ensin tutkittiin kulutuksen muutosta vuodesta 2016 vuositarkkuustasolla ja eri jaksoja tuntitarkkuustasolla. Tarkemmalla tasolla tutkittiin jaksoja, jolloin lämmitystarve ja käyttöaste oli erilainen. Kuvassa 22 on esimerkkinä koulukohteen kulutustiedot. Kohteessa oli vuonna 2019 kaukolämmön kulutus 12 % suurempi kuin vuonna 2016.



KUVA 22. Yhden koulun kulutustiedot vuosittain

Kuvassa 23 on yksi kohde, jota tutkittiin. Kohteessa on joululomalla ollut sähkönkulutusta poikkeuksellisesti käyttöaikoina, mihin syy voi olla IV-koneiden ohjauksissa loma-aikoina. Vedenkulutuksen puuttumisen vuoksi voidaan päätellä, että kohteessa ei ollut normaalikäyttöä tai siivoojia. Kohteessa saattaa silti olla esimerkiksi urakointia, jonka takia IV-koneita ja valaistuksia ohjattaisiin päälle. Arkipäivät joululoman aikana havainnollistavat hyvin ohjattavien järjestelmien osuutta päivien kulutuksessa ja normaalin käytön vaikutuksen huipun korkeuteen, kun verrataan päiviin ennen joululomaa.



KUVA 23. Kohteen kulutuspoikkeama

Ajanjakson vedenkulutukset nähdään myös, että 16–17 päivien välisenä yönä kulutusta on tapahtunut 0,4 m³/h:ssa ja vaikutuksen kestoksi arvioidaan tunnit 16–05. Vettä kului noin 8 m³/h:ssa, joka on vastaa Oulun Veden hintojen (taulukko 1) mukaan noin 29 €:n summaa. Vuodon ollessa

noin 6,7 l/min:ssa voidaan arvioida sen todennäköisesti tapahtuneen WC-istuimesta tai toisesta suuremmasta kalusteesta.

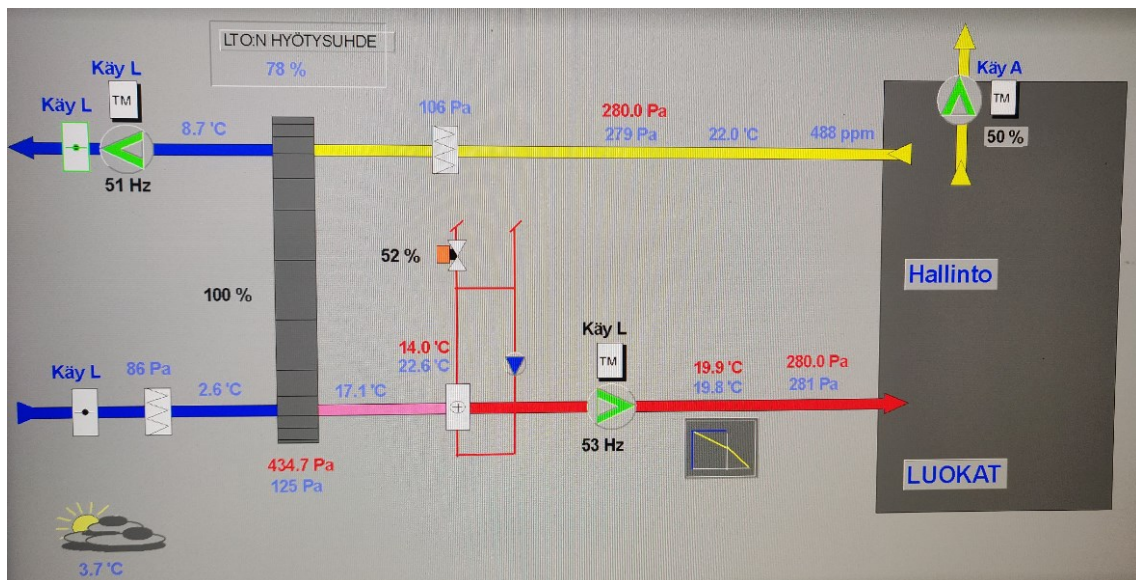
Kohteiden kiinteistöpitokirjoja tutkittiin energiatehokkuuden kannalta. Kiinteistöpitokirjan tutkimisessa keskityttiin eniten asiakirjojen käsittelyyn kohteiden läpikäymistä varten ja huolto-ohjelman huoltotehtävien tutkimiseen. Kulutustietojen ja kiinteistöpitokirjojen tutkimisen pohjalta tehtiin haastattelukysymyksiä, jotka on esitetty liitteessä 1. Kysymyksillä on tarkoitus ymmärtää kuinka useasti ja minkälaisia muutoksia kiinteistöhoitajat tekevät LVIS-järjestelmiin, kuinka he seuraavat kiinteistönsä kulutuksia ja miten he vaikuttavat energiatehokkuuteen. Kysymyksillä myös selvitetään yleisesti kiinteistöhoitajien taustoja ja työtehtäviä.

7 KENTTÄTYÖ

Kohteiden kulutuspoikkeamia ja muita tietoja tiedusteltiin kiinteistöhoitajilta ja kiinteistömanagerilta ennen kohteeseen menoa. Jos kiinteistöpitokirjasta saatiin IV-koneiden SFP-lukuja, tutkittiin sen avulla niiden huipputehoa. Kohteissa usein oli asiakirjoista poikkeavat IV-koneistot tai asiakirjoissa ei ollut niiden tietoja. Ennen kenttätööhön ryhtymistä tutkittiin pohjapiirustuksia ja muita LVIS-järjestelmien tietoja, jos ne olivat saatavissa kiinteistönpitokirjasta. Kohteissa tutkittiin LVIS-järjestelmiä ja haastateltiin kiinteistöhoitajia. Työssä tutkittiin neljää kiinteistöä ja haastateltiin neljää kiinteistöhoitajaa.

7.1 Kohteiden järjestelmien tutkiminen

Kenttätöössä tutkittiin rakennuksien LVIS-järjestelmiä. Suurta huomiota kiinnitettiin IV-koneiden ja lämmitysjärjestelmien asetusarvoihin ja toteutuneisiin arvoihin. Kiinteistöautomaatiojärjestelmästä tutkittiin esimerkiksi IV-koneen jälkilämmityspatterin moottoriventtiilin asento, lämmöntalteenoton hyötysuhde, kanavapaineet ja eri tilojen lämpötilat (kuva 24). Valvomosta tutkittiin lämmönjaon moottoriventtiilien asentoja ja lämmityksen säätöikäyrän asetusarvoja. Valaistuksen ja sulanapidon asetusarvoja ja ohjauksia tutkittiin. Valvomossa esitettyjä arvoja myös tarkastettiin paikan päältä.



KUVA 24. IV-kone kiinteistöautomaatiojärjestelmässä

Kaikissa kohteissa oli yksi lämmönjakohuone, IV-konehuoneita kohteissa vaihtelevasti ja lisäksi monia erillisiä pieniä IV-koneita ja huippuimureita. Lämmönjakohuone tutkittiin aina ja IV-koneiden automaatiotietojen avulla päätettiin, missä niissä käydään. Automaation tutkimisen jälkeen tutkittiin valitut IV-konehuoneet ja lämmönjakohuone. IV-konehuoneissa tarkasteltiin esimerkiksi puhaltimien ja jälkilämmityspatterin toimintaa ja arvoja. Lämmönjakohuoneessa tarkasteltiin lämpöenergiamittarin tietoja, pumppuja ja venttiilien asentoja. Kuvassa 25 on esitettyä yksi tarkasteltu lämmönjakokeskus. Kyseisessä kohteessa oli kaukolämpöveden jäähtymä 60 °C ja teho 150 kW, kun ulkolämpötila oli 2,2 °C.



KUVA 25. Lämmönjakokeskus

7.2 Kiinteistöhoitajien haastattelut

Kiinteistöhoitajia haastateltiin kohteeseen mennessä etukäteen tehdyillä kysymyksillä ja myös kohteen tarkastelun yhteydessä esitettiin kysymyksiä. Kysymyksillä selvitettiin kiinteistöhoitajan taustaa, LVIS-järjestelmien toimenpiteitä, kiinteistöpitokirjan käyttöä, kulutusseurantaa ja energianhallintajärjestelmän käyttöä. Vastauksia käytettiin energiatehokkuusohjeistuksen laatimisessa.

Haastatellut olivat olleet kiinteistöhoitajina 12–20 vuotta. Tutkitut kohteet olivat olleet heillä hoidossa 4 kuukaudesta 9 vuoteen. Kiinteistöhoitajan kokemus kyseisen kohteen hoidosta vaikuttaa olevan hyvin merkittävä asia kohteen tuntemisessa. Vaikuttaa tärkeältä rakentaa kiinteistöpitokirjan ja energianhallintajärjestelmän historiaa, jotta tiedonsiirto tapahtuisi henkilöiden vaihtuessa.

Kiinteistöhoitajat suorittavat huoltotehtäviä joko huolto-ohjelman avulla ennakoivasti tai tarvittaessa työtilausten tapahtuessa. Huolto-ohjelman huoltotehtäviä ei kiinteistöhoitajien mukaan jää tekemättä useasti ja niihin on helppo palata, koska tehtävä on kuittaamattomana kalenterissa. Yhden kiinteistöhoitajan mielestä joidenkin huoltotehtävien kuvaukset voisivat olla yksityiskohtaisempia ja toisen kiinteistöhoitajan oli pitänyt hakea lisätietoa tiettyä huoltotehtävää varten tehdessään sitä ensikertaa.

Energianhallintajärjestelmän hyödyntäminen oli vaihtelevaa. Kaikki hoitajat käyttivät jossain määrin energianhallintajärjestelmää esimerkiksi kulutustietojen syöttämiseen. Kulutusseurantaa suoritettiin noin kerran kuukaudessa, ja erilaisten kulutuksien ymmärrys vaikutti vaihtelevalta. Vedenkulutusseuranta on selkeintä, mutta sähkön ja kaukolämmön kulutuksen seurannassa vaikuttaa olevan enemmän ongelmaa. Useampi kiinteistöhoitaja antoi esimerkin jostain kulutuksen muutoksesta ja siitä, kuinka he osasivat yhdistää sen tiettyyn muutokseen kohteessa.

Voisi olla hyödyllistä tehdä kulutusseurantaa säännöllisesti ja ohjeistuksilla selkeyttää sitä. Koska kiinteistöhoitajat hoitavat kohteitaan aktiivisesti, sopisi kulutusseuranta heidän tehtäviinsä. Osaminen kuitenkin vaihtelee, tai sitä tai aikaa ei ole.

Kiinteistöhoitajat miettivät työssään taloudellisuutta, kannattavuutta ja energiatehokkuutta. Kiinteistöhoitajat muuttavat kiinteistöautomaatiojärjestelmästä valaistuksen ohjauksia, IV-koneiden ohjauksia ja lämmitysverkoston säätökäyrää. IV-koneiden ja valaistuksien ohjauksia muutetaan esimerkiksi loma-ajoille, jolloin muutoksilla säästetään kulutuksissa. Säätökäyrää muutetaan yleensä vain tarvittaessa, esimerkiksi käyttäjien antaessa palautetta sisälämpötilasta. Vaikuttaisi siltä, että säätökäyrän ja sisälämpötilan tarkistamista voisi tehdä säännöllisemmin ja ohjatusti. Haastattelussa tuli esille, että kaksi kiinteistöhoitajaa oli tarkistanut ja muuttanut lämmityksen säätökäyrää omatoimisesti.

8 PARANNUSEHDOTUKSET

Kohteiden tarkastelun ja huolto-ohjelmien vertailun pohjalta luotiin ehdotuksia, joilla voidaan parantaa kiinteistöhoidon energiatehokkuutta. Kiinteistönhoidolle tehtiin kiinteistön lämmityksen säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje, joka on esitetty liitteessä 2. Lisäksi ehdotetaan muutamien huoltotehtävien lisäystä huolto-ohjelmaan, mutta kiinteistöhoitajien työmäärää kannattaa laajentaa vain harkiten.

Säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje tukee kiinteistöhoitajien lämmityksen säätökäyrän tarkastamista ja asettelua. Oikean säätökäyrän löytäminen kiinteistölle on hidas prosessi, jota tulee hoitaa tarpeen mukaan. Yleisesti kiinteistölle aluksi asetettu säätökäyrä ei ole oikea, ja kohteelle tulisiikin etsiä optimaalinen säätökäyrä useamman muutoksen kanssa huomioiden, kuinka se on toiminut eri kausina.

Kiinteistöhoitajat hoitavat aktiivisesti kiinteistöänsä, minkä vuoksi he olisivat hyviä etsimään kiinteistölle oikean lämmityksen säätökäyrän. Säätökäyrää muutetaan joko kiinteistön käyttäjien palautteesta tai lämpötilaseurannan takia. Ennen säätökäyrän muuttamista tulee todeta, että lämmitysverkosto toimii oikein. Lämpötilaseuranta olisi hyvä tehdä säännöllisesti, jolloin varmistetaan olosuhdetavoitteiden toteutuminen. Lisäksi siihen liittyvä huoltotehtävä huolto-ohjelmassa olisi mahdollisesti hyvä energiatehokkuuden kannalta.

Kenttätössä käytyjen kohteiden LVIS-huoltotehtäviä vertailtiin keskenään. Neljän kohteen vertailussa huomattiin, että tietyt huoltotehtävät olivat olemassa huolto-ohjelmassa mutta eivät aktiivisina koska niiden toistuminen kalenterissa oli loppunut. Aluksi huoltotehtäville oli asetettu tietyt loppumispäivämäärät, ja niiden ylittyessä tehtävät eivät uusiutuneet automaattisesti. Huoltokirjatuesta tiedusteltiin huoltotehtävien puuttumisesta, ja poikkeama oli tiedossa. Osa huoltotehtävistä oli ollut jo vuodesta 2018 pois kalenterista.

Yhdessä neljästä kohteesta oli kaksi huoltotehtävää, jotka mahdollisesti olisi hyvä lisätä ja ottaa käyttöön laajemmin eri kohteissa. Huoltotehtävät olivat sisälämpötilojen tarkkailu ja lämmönsäätö ja loma-aikojen ilmanvaihdon erikoisaikaohjelma. Huoltotehtävä sisälämpötilojen tarkkailulle ja lämmönsäädölle olisi mahdollisesti hyvä tehdyn ohjeistuksen rinnalle. Loma-aikojen ilmanvaihdon erikoisaikaohjelma olisi hyvä olla koulukohteissa, jotta pidemmällä lomilla kuten kesälomilla muis-

tettaisiin se suorittaa. Sisälämpötilojen tarkkailu ja lämmönsäätö -huoltotehtävä oli ollut vain vuoden käytössä. Loma-aikojen ilmanvaihdon erikoisaikaohjelma -huoltotehtävä oli esillä kohteen huolto-ohjelmassa ja sitä käytettiin vuosittain kohteessa. Kaikista parannusehdotuksista ja huomiosta tehtiin kooste ja se on esitetty liitteessä 3.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kiinteistöhoitajille ohjeita energiatehokkuuden parantamisen avuksi. Kiinteistöhoitajat vastaavat kiinteistöjen järjestelmistä ja niihin tehtävistä muutoksista sekä tekevät huoltotehtäviä ennakoivasti ja tarvittaessa. Yksi kiinteistönhoidon vastuualue on LVIS-järjestelmät. Kiinteistöjen energiatehokkuutta voidaan parantaa säännöllisin toimenpitein.

Työssä tutkittiin kohteiden kulutuksia, kiinteistönpitokirjoja, valittujen kohteiden LVIS-järjestelmien säätöjä ja ohjauksia ja haastateltiin valittujen kohteiden kiinteistöhoitajia. Haastattelujen vastauksia ja huolto-ohjelmia vertailtiin keskenään poikkeamien löytämiseksi. Työssä tehtiin parannusehdotuksia, lämmityksen säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje ja listattiin poikkeamia huolto-ohjelmissa.

Kiinteistöhoitajilla on mahdollisuus parantaa rakennuksien energiatehokkuutta, ja ohjeistuksilla voidaan tuoda nämä mahdollisuudet esille. Kiinteistöhoitajat tuntevat kiinteistönsä ja niiden yksityiskohdat. Ohjeen avulla kiinteistöhoitajat voisivat tutustua lämmityksen säätökäyrän tarkistukseen tai perehtyä säätämiseen entistä paremmin.

Työssä luotiin lämmityksen säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje, joka auttaa kiinteistöhoitajia lämmityksen energiatehokkuuden varmistamisessa tai parantamisessa. Poikkeamat huomataan käyttäjien palautteella ja sisälämpötilojen mittaamisella. Muutos tehdään vasta lämmitysverkoston oikean toiminnan ja tasapainon varmistamisen jälkeen.

Lisäksi työssä esitettiin ehdotuksia ja huomioita huolto-ohjelmaan liittyen. Yhdessä kohteessa oli kaksi energiatehokkuutta parantavaa huoltotehtävää, joita olisi hyvä käyttää laajemmin. Toinen huoltotehtävä liittyi sisälämpötilojen tarkkailuun ja toinen IV-koneen ohjauksiin loma-aikoina. Lisäksi havaittiin tiettyjen huoltotehtävien aktiivisuuden loppuminen.

Lämmityksen säätökäyrän tarkistus oli osittain oma-aloitteista ja siinä olisi parannettavaa. Myös kulutusseurannassa ja dokumentoinnissa energianhallintajärjestelmään olisi parannettavaa. Eri kulutusten seurantatietojen hyödyntämisessä vaikutti olevan vaihtelevaa osaamista, ja myös osaaminen ohjelman käytöstä vaikuttaa osittain puutteelliselta tai ohjelmaa ei alun perinkään ole laadittu kiinteistöhoitajien käytettäväksi. Kiinteistöhoitajat eivät vaikuta käyttävän energianhallintajärjes-

telmää aktiivisesti, mutta aktiivisella järjestelmän käytöllä kulutusseuranta olisi tehokkaampaa. Kiinteistöhoitajat ilmaisivat ajattelevansa kiinteistöjensä energiatehokkuutta ja antoivat esimerkkejä tilanteista, joissa he toimenpiteillään paransivat sitä.

Kaikkiin näihin toimenpiteisiin ei ehkä ole kiinteistöhoitajilla tarpeeksi aikaa tai osaamista, eivätkä toimenpiteet ole myöskään aina kiinteistöhoitajien vastuulla. Esitetyt päätelmät on tehty haastatteleamalla vain neljää kiinteistöhoitajaa, minkä vuoksi kiinteistöhoitajien tehtävät ja vastuut vaatisivat tarkempaa selvitystä. Jatkossa voisi tutkia kiinteistöhoidossa kulutusseurantaa ja ohjauksien ja säätöjen toteutusta.

LÄHTEET

1. Energianhallinta. Oulun Tilapalvelut -liikelaitos. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/tilapalvelut/energianhallinta>. Hakupäivä 5.3.2021.
2. Energian loppukäyttö sektoreittain. Energia 2019 -taulukkopalvelu, Tilastokeskus. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t01_08_2.xlsx. Hakupäivä 2.5.2021.
3. Rakentaminen ja rakennukset. 2020. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset. Hakupäivä 24.2.2021.
4. EnerKey SaaS. EnerKey Oy. Saatavissa: <https://www.enerkey.com/fi/enerkey-saas/>. Hakupäivä 28.2.2021.
5. Aikasarjan näyttäminen. EnerKey Oy. Saatavissa: <https://help.enerkey.com/?id=4iOH-vySIWIOYc6cuQQ0ekO>. Hakupäivä 18.4.2021.
6. Energia- ja vesikustannusten vaikutus taloyhtiön hoitokuluihin. 2020 Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/energia-ja_vesikustannusten_vaikutus_taloyhtion_hoitokuluihin. Hakupäivä 15.4.2021.
7. Hinnasto ja sopimusehdot. 2021. Oulun Vesi Liikelaitos. Saatavissa: <https://www.oulu-vesi.fi/hinnastotjasopimusehdot>. Hakupäivä 15.4.2021.
8. Esimerkki sähkökustannusten muodostumisesta. 2016. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/esimerkki_sahkokustannusten_muodostumisesta. Hakupäivä 15.4.2021.
9. Sähkön siirtohinnoista. Oulun Energia Oy. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia/sahko verkkopalvelut/verkkopalveluhinnasto/sahkon-siirtohinnoista/>. Hakupäivä 3.5.2021.
10. Esimerkki kaukolämpökustannusten muodostumisesta. 2020. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/esimerkki_kaukolampokustannusten_muodostumisesta. Hakupäivä 15.4.2021.

11. Kaukolämmön energia- ja perusmaksut. Oulun Energia Oy. Saatavissa: <https://www.oulu-energia.fi/oulu-energia/lampopalvelut/kaukolammon-hinnastot/kaukolammon-energia--ja-perusmaksut/>. Hakupäivä 5.4.2021.
12. Kotilainen, Tuomas – Kilpimaa, Tuomas 2014. Energiakatselmusraportti: kiinteistön energia-katsastus. Schneider Electric. Saatavissa: https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=d8b49cc1-46d9-49dd-af4f-b6448f459511&groupId=64186. Hakupäivä 11.4.2021.
13. Virta, Jari – Pylsy, Petri 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus: Sitra. Saatavissa: https://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja. Hakupäivä 20.4.2021.
14. Talteri Fair 120 EC. Ilmanvaihtokoneen asennus ja käyttöohje. Deekax Air Oy. Saatavissa: https://sisailmahuolto.com/wp-content/uploads/2016/06/A-K_Fair_120_EC_21400-.pdf. Hakupäivä 2.5.2021.
15. Suositus ilmanvaihdosta rakennuksen käyttöajan ulkopuolella. 2019. Sisäilmayhdistys. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Hyva-sisailma-suositukset>. Hakupäivä 12.4.2021.
16. Valaistus. 2017. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/valaistus. Hakupäivä 13.4.2021.
17. Lappalainen, Markku 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja: suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
18. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. 2012. Motiva Oy. saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf. Hakupäivä 13.4.2021.
19. Kiinteistön sähkönkulutus. 2021. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/tietoa_energian_ja_vedenkulutuksesta/kiinteisto-sahkonkulutus. Hakupäivä 14.4.2021.
20. Käytä kaukolämpöä oikein. Energiatiedotus. Saatavissa: <https://www.someron-lampo.fi/client/somero/userfiles/kayta-kaukolampoa-oikein-0.pdf>. Hakupäivä 16.4.2021.
21. LVI 10-10397. 2006. Rakennusten lämmitys. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortis-tot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2010-10397> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 16.4.2021.
22. Laskukaavat: lämmin käyttövesi. 2019. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian_kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi. Hakupäivä 14.4.2021.

23. Kestävä veden käyttö – vedenkäyttöselvitys. 2020. Työtehoseura. Saatavissa: https://www.tts.fi/files/3674/Kestava_vedenkaytto_tutkimusraportti_paivitetty_121020.pdf. Hakupäivä 14.4.2021.
24. Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen. 2016. Ympäristöhallinto. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen. Hakupäivä 16.4.2021.
25. KH 90-00612. 2016. Kiinteistönpitokirja uudisrakennukset ja rakennukset, joita RakMK A4:n määräykset velvoittavat (KP1). Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2018-11241> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 18.4.2021.
26. KH 90-00611. 2016. Kiinteistöpitokirja kiinteistön elinkaaren hallinnassa. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2018-11240> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 16.4.2021.
27. L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.
28. RES- Real Estate System. Haahtela. Saatavissa: <https://tuki.haahtela.fi/RES/RESesite.pdf>. Hakupäivä 26.2.2021.
29. LVI 10-10555. 2014. Lämmitystarveluku. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2052-11172> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 18.3.2021.
30. D5 (2012). Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BDF2B6F84-2CF9-4C43-9D76-9B04C7AF1D72%7D/30748>. Hakupäivä 18.3.2021.
31. LVI 014-10379. 2004. Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%20014-10379>. (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 18.3.2021.
32. Möttönen, Veli – Vainio, Terttu – Nissinen, Kari 2014. Lähiörakennusten perusparantaminen – vaikutusten arviointi. VTT. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-R-03208-14.pdf>. Hakupäivä 19.3.2021.

LIITTEET

Haastattelu kysymykset liite 1

Säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje liite 2

Parannusehdotukset ja poikkeamat tilaajalle liite 3

Taustatieto ja kiinteistönpitokirja

1. Kuinka kauan olet ollut kiinteistöhoitajana ja kuinka kauan olet hoitanut kyseistä kiinteistöä?
2. Minkälainen koulutus sinulla on?
3. Koetko huolto-ohjelman helppokäyttöiseksi?
4. Onko LVIS-järjestelmien huoltotehtävien kuvaukset yleensä riittäviä?
5. Jääkö ikinä tekemättä mitään huolto-ohjelmasta?
6. Toivoisitko että huolto-ohjelmaan lisättäisiin jotain? Jos jotain niin mitä?
7. Kuinka ajan-tasalla asiakirjat ovat yleensä?

Energianhallintajärjestelmä ja kulutuksen seuranta

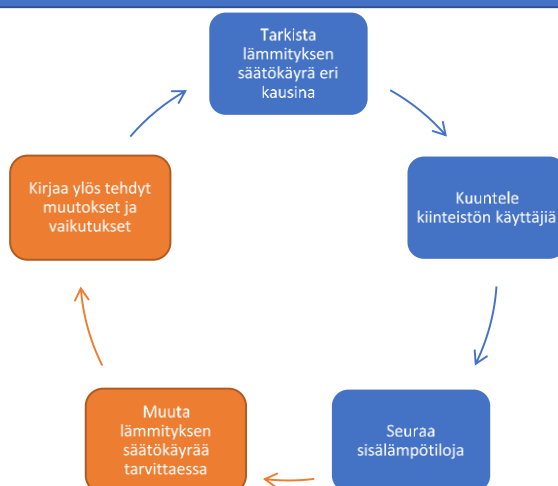
1. Käytätkö energianhallintajärjestelmää?
 - a. Koetko että sinulla on aikaa tutkia kulutuksia tai hälytyksiä?
 - b. Tuleeko sinulle kulutuksiin liittyviä hälytyksiä?
 - c. Tunnistatko eri hälytyksistä koituvia toimenpiteitä?
 - d. Kaipaisitko lisää perehdytystä ohjelman käyttöön?
 - e. Minkälaista ohjeistusta tai muuta lisäystä haluaisit ohjelman käyttöön?
2. Seuraatko energian- ja vedenkulutusta kiinteistöissä?
 - a. Kuinka usein seuraat kulutuksia?
 - b. Onko eri energiamuodon seuraamisessa eroa sinulle?
 - c. Oletko korjannut kulutuspoikkeamia hälytyksen, vikailmoituksen tai kulutusseurannan takia? Kuinka useasti ja minkälaisia?

LVIS-järjestelmät ja energiatehokkuus

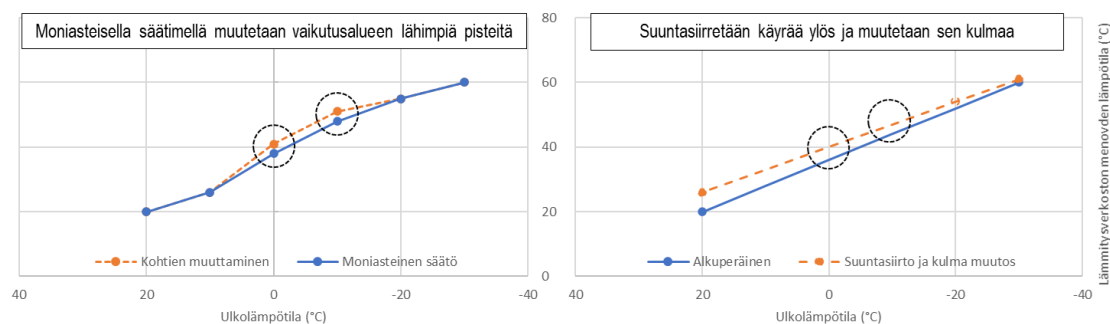
1. Minkälainen energiastrategia teillä on? Kuinka se vaikuttaa sinun työhösi?
2. Kuinka vaikutat työssäsi kiinteistön energiatehokkuuteen ja kuinka sinua perehdytetään siihen?
3. Minkälaisia LVIS-järjestelmien ohjausta muutat työssäsi? Muutatko lämmityksen säätökäyrää kiinteistöissä useasti?
4. Erilaisista LVIS-järjestelmien toimenpiteistä:
 - a. Muutatko IV-käyntiaikoja kohteissa useasti?
 - b. Kuinka usein korjaat vesivuotoja? Minkälaisia vuotoja ja miten saat tiedon?
 - c. Muutatko valaistuksen ohjauksia kiinteistöissä?
 - d. Tarvitseeko sinun ohjata sulanapitoa kiinteistöissä?
5. Kuinka sinua perehdytetään LVIS-järjestelmien toimenpiteisiin?
 - a. Jos tarvitset lisätietoa, kuinka saat sitä?
 - b. Koetko että toimenpiteisiin on tarpeeksi aikaa?
 - c. Onko mitään mihin tarvitsisi lisää ohjeistusta?
6. Ohjeistatko työssäsi kiinteistön käyttäjiä LVIS-järjestelmiin liittyviin asioihin?
7. Tarvitseeko kiinteistön käyttäjät ohjeistuksia mielestäsi?
8. Onko sinusta jotain kulutuksiin liittyvää toimenpidettä, joka olisi hyvä lisätä huolto-ohjelmaan tai tarkentaa siinä?

Lämmityksen säätökäyrän tarkistusohje

Rakennukselle oikean lämmityksen säätökäyrän löytäminen on hidas prosessi, joka tulee suorittaa kun lämmitystarve on erilainen. Säännölliset olosuhtemittaukset ja käyttäjätuntemuksien seuraaminen ovat hyvin tärkeitä, jotta löydetään kohteelle oikea lämmityksen säätökäyrä. Kohteelle aluksi asetettu säätökäyrä ei yleensä ole oikea. Tarkastusprosessi tulee toistaa eri ulkolämpötiloilla. On erityisen tärkeää tehdä muistiinpanoja siitä, kuinka säätökäyrä on toiminut eri ulkolämpötiloilla ja mistä syistä ja kuinka paljon säätökäyrää on muutettu.



Säätökäyrän muuton lähtökohta voi olla lämpötilapoikkeamien havaitseminen tai energiatehokkuuden tarkistaminen. Lämmityksen säätökäyrän asetusarvo muuttuu menoveden lämpötilaa ulkolämpötilan perusteella. Säätimet voivat olla erilaisia mutta perustuvat säätökäyrän kaltevuuden/jyrkkyyden ja suuntasiirron muuttamiseen (viivan aseman) tai useamman kohdan muuttamiseen, joka on tyypillistä uusimmissa säätimissä. Säätökäyrää muutoksissa huomioidaan kuinka lämmitys on toteutunut muilla ulkolämpötiloilla, siten tiedetään tuleeko säätökäyrän toiminta säilyttää eri ulkolämpötiloilla. Esimerkkinä tilanne, jolloin sisälämpötila on 1 asteen liian lämmin 0 °C ja -10 °C kohdilla. Korjataan poikkeama laskemalla lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa 3 astetta kohdilla.



Kolmen asteen menoveden lämpötilan muutoksella on noin yhden asteen vaikutus huonelämpötilaan

Tutustu
säätölaitteen
toimintaan

Tarkkaile
sisälämpötiloja eri
kausina

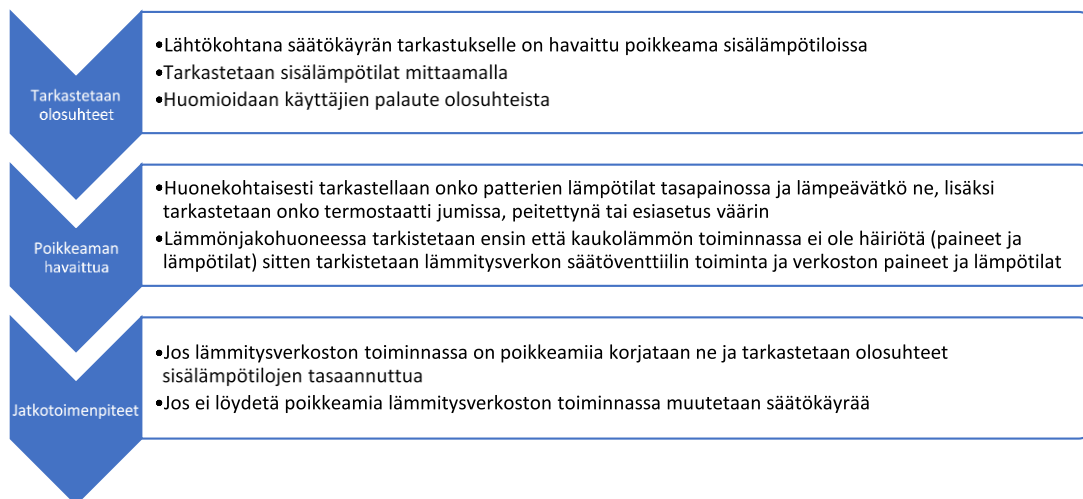
Kirjaa
lämmityksen
säätökäyrään
tehdyt muutokset
ja muutoksen
vaikutukset

Jos olet epävarma
lämmityskäyrän
muuttamisesta
kysy lisätietoa

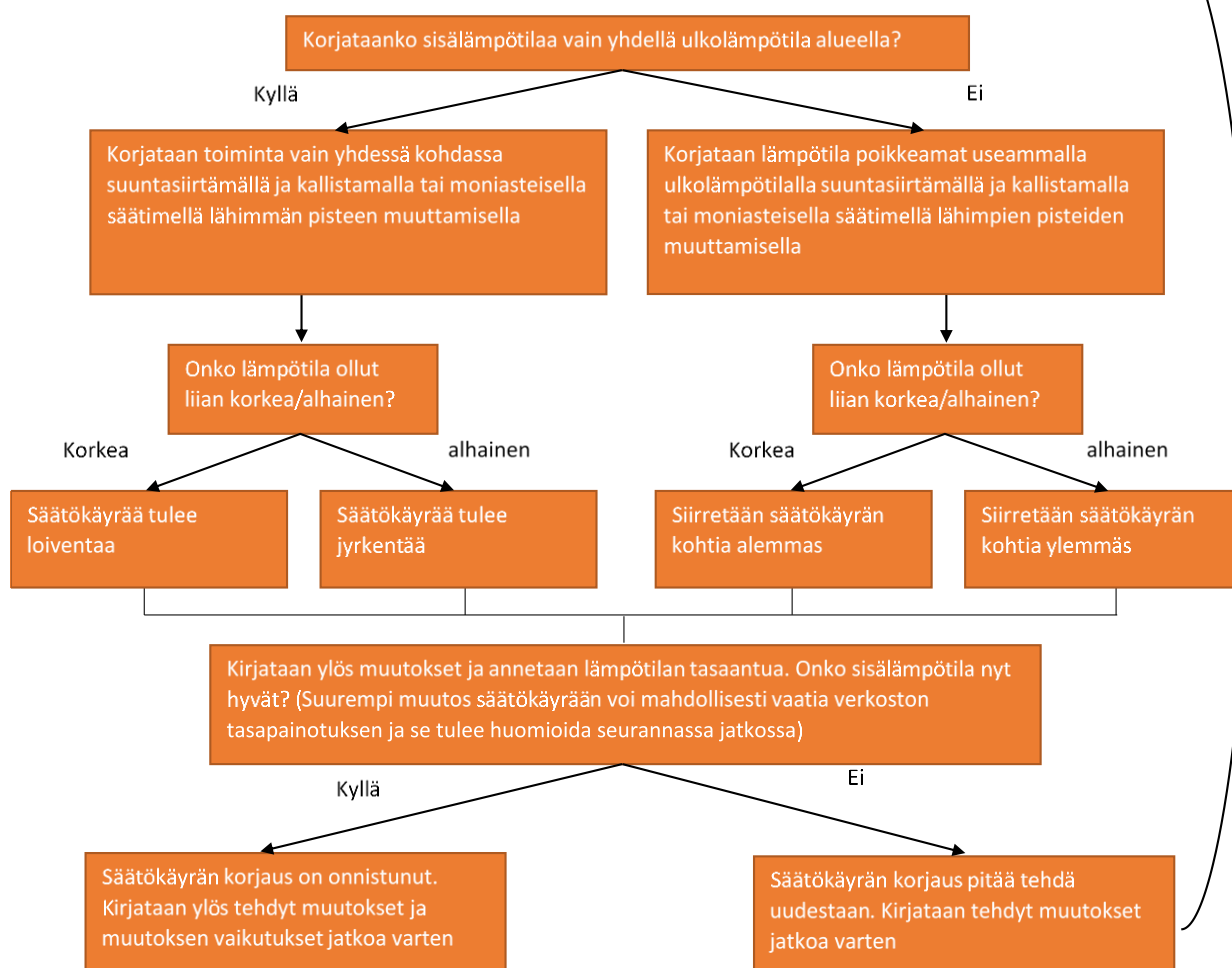
Huomioi
säätökäyrää
muuttaessa
kuinka se on
ennen toiminut

Muutosten
jälkeen annetaan
sisälämpötilan
tasaantua noin 3
päivää

Lämmityksen toiminnan tarkastus



Lämmityksen säätökäyrän muuttaminen



1. Lämmityksen säätökäyrän tarkistus- ja muutosohje. Kiinteistöhoitajien tueksi luotiin ohjeistus säätökäyrän muuttamiseen, jota he voisivat käyttää asiaan tutustumisessa tai lisätiedon hankkimisessa
 - Ohje toteutettaisiin tarvittaessa halutulla tavalla. Säätökäyrän muutoksen yhteydessä olisi hyvä tehdä kommentteja esimerkiksi energianhallintajärjestelmään.
2. Huoltotehtäviä olisi mahdollista lisätä kohteisiin laajemmin. Yhdessä kohteessa oli energiatehokkuuden kannalta kannattavia tehtäviä, joita olisi mahdollisesti hyvä olla käytössä muissakin. Energiatehokkuutta parantavia huoltotehtäviä:
 - Loma-aikojen ilmanvaihdon erikoisaikaohjelma -huoltotehtävä olisi hyvä olla käytössä kohteissa, jotta IV-koneiden ohjausten muutos toteutettaisiin halutusti
 - Sisätilojen lämpötilojen tarkkailu (tarvittaessa mittaus) ja lämmön säätö -huoltotehtävä olisi energiatehokkuuden kannalta hyvä tehtävä.
3. Huomio olemassa olevien huoltotehtävien toiston loppumisesta. Huoltotehtävien toisto oli loppunut tarkasteltavien kohteiden huolto-ohjelmissa. Tehtävien toiston loppuminen ei vaikuttanut tarkoitukselliselta. Neljän kohteen tarkastelussa tehtävät, joiden toisto oli loppunut osasta:
 - Pumppaamoiden säätö- ja hälytyslaitteet -huoltotehtävä puuttui 3 kohteesta
 - Palopeltien toiminnan tarkastus -huoltotehtävä puuttui 2/4
 - Lämmöntalteenottolaitteiden toiminnan tarkastus -huoltotehtävä puuttui 3/4
 - Poistopuhaltimien ja huippuimureiden toiminnan tarkkailu -huoltotehtävä puuttui 3/4
 - Paisuntajärjestelmän valvonta ja tarkastukset -huoltotehtävä puuttui 3/4
 - Pumppujen toiminnan tarkistus ja ulkopuolinen puhdistus -huoltotehtävä puuttui 3/4.