

Hannu Mäkelä

# Energiakulutustietojen seuranta ja hyödyntäminen kiinteistöjen teknisessä ylläpidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri YAMK

Talotekniikka

Opinnäytetyö

13.3.2016

Tekijä Otsikko	Hannu Mäkelä Energiakulutustietojen seuranta ja hyödyntäminen kiinteistön teknisessä ylläpidossa
Sivumäärä Aika	53 sivua + 20 liitettä 13.3.2016
Tutkinto	insinööri YAMK
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaaja	lehtori Erkki Sainio
<p>Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville, millaisia tietoja energiatehokasta kiinteistön ylläpitoa varten tarvitaan sekä millaisia asioita energian- ja vedenkulutuksen seurannassa tulisi ottaa huomioon. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään energian- ja vedenkulutuksen seurannan hyödyntämistä kiinteistön vikakorjauksissa. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin, voidaanko kiinteistön korjauksien PTS suunnittelussa hyödyntää saatua energiadataa sekä voidaanko energian- ja vedenkulutuksen tiedoilla perustella kiinteistön peruskorjauksia.</p> <p>Tutkimuksessa käytetystä lähdekirjallisuudesta selvitettiin kiinteistöjen energian- ja vedenkulutuksen seurannasta vastaavat tahot, tarvittavat ohjelmistot ja mittaristo, kulutusseurannan prosessia sekä kulutuksien vertailuarvoja. Tutkimuksessa selvitettiin, mitä havaintoja kulutustiedoista on mahdollista tehdä. Tutkimuksessa käytiin esimerkkien avulla lävitse empiirisesti tehtyjä havaintoja erilaisista kulutuspoikkeamista sekä pyrittiin löytämään yleistettäviä syitä kulutuspoikkeamiin. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään poikkeamia, jotka johtuisivat kiinteistön järjestelmän viasta ja joilla voisi perustella kiinteistön laajempaa korjausta.</p> <p>Tutkimuksella saatiin selville, että energian- ja vedenkulutuksissa havaituilla poikkeamilla voidaan perustella taloteknisten järjestelmien ylläpidolliset pienet korjaukset, säädöt ja huoltotoimet. Kiinteistön peruskorjaukset tulisi tutkimuksen mukaan perustella energian- ja vedenkulutuksen lisäksi myös laajemmin esimerkiksi säästettävillä kustannuksilla. Tutkimuksessa voitiin päätellä, että kiinteistön mahdollisia peruskorjauksia suunniteltaessa tulisi aina ottaa huomioon energiatehokkuus näkökulma. Ensisijaisesti peruskorjauksien pitkän tähtäimen suunnittelussa vaikuttavat kuitenkin käyttäjien tarpeet, kiinteistön tekninen elinkaari, turvallisuus ja terveys.</p> <p>Tutkimuksen jatkona voisi selvittää kiinteistöautomaationjärjestelmän tietojen liittämistä osaksi energianseurantajärjestelmää. Energianseurantaohjelman ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän tuottamilla yhteisillä tiedoilla voisi mahdollisesti tehostaa seurantaa sekä ennakoiden kiinteistön energiankulutuksia.</p>	
Avainsanat	energia, energiatehokkuus, rakennuksen ylläpito, energiankulutus

Author Title	Hannu Mäkelä The monitoring and utilizing of energy consumption data in real estate maintenance
Number of Pages Date	53 pages + 20 appendices 13 March 2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor	Erkki Sainio, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Master's thesis was to find out what kind of knowledge is needed to maintain energy efficient buildings. The thesis aimed to explain how the process of monitoring energy consumption can be utilized in real estate renovations. Furthermore, this study examined whether it is possible to justify real estate renovation or long-term renovation plans with energy consumption.</p> <p>The literature study resulted in the identification of the metering, programs and the processes necessary for monitoring the consumptions as well as the reference values of energy consumption. Various examples of anomalies in energy consumption data were studied to find out the general reasons for them and possibly link them to certain malfunctions of buildings to establish whether they could be seen as reasons for renovation.</p> <p>The results of this study revealed that small repairs, changes in adjustments and maintenance of building services engineering systems can be made on the basis of the anomalies in the energy consumption data, but any major renovation of real estate needs to be justified in a more comprehensive manner, for example with safety or financial issues. However, it is always important to consider energy efficiency when planning a renovation.</p>	
Keywords	energy, energy efficiency, real estate maintenance, energy consumption

## Sisällys

### Käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen taustaa ja tavoite	1
1.2	Tutkimuksen motiivit	3
2	Energiatehokkuuslait ja määräykset	3
3	Energiankulutuksen seuranta kiinteistöissä	4
3.1	Energiankulutus osana kiinteistöjen ylläpitostrategiaa	4
3.2	Toimitilojen energiankulutuksesta vastaava organisaatio	6
3.3	Kiinteistön kustannukset	6
4	Kiinteistöjen energiakulutuksen määrittäminen ja mittaaminen	8
4.1	Energia- ja vedenkulutusten mittaaminen ja mittaustulosten tallentaminen	8
4.2	Kulutuslukemien yksiköt	11
4.2.1	Vedenkulutusyksiköt	11
4.2.2	Lämmitysenergiankulutusyksiköt	12
4.2.3	Sähkönkulutusyksiköt	12
4.3	Rakennuksen laskennallinen energiankulutus	12
4.3.1	Kokonaisenergiankulutus	12
4.3.2	Laskennallisen energiankulutuslaskennan vaiheet	13
4.3.3	Ilmanvaihtojärjestelmä	14
4.3.4	Lämmitysjärjestelmä	16
4.3.5	Jäähdytysjärjestelmä	18
4.3.6	Kiinteistön sähköjärjestelmät	20
4.3.7	Vesi- ja viemärijärjestelmät	22
4.3.8	Rakennuksen sähköenergia- ja lämmöntuotto	23
4.4	Järjestelmien ohjaus ja kiinteistöautomaatio	24
4.5	Kulutusseurannan sisältö	24
5	Energian- ja vedenkulutuksen seurannassa tehtävät havainnot	26
5.1	Energian- ja vedenkulutuksen havainnointi	26
5.2	Energian- ja vedenkulutuksen poikkeamat	26
5.2.1	Vedenkulutuspoikkeamat	26
5.2.2	Kaukolämmönkulutuspoikkeamat	31
5.2.3	Sähkönkulutuspoikkeamat	36

5.3	Kiinteistöjen energiakulutuksen vertailu ja analysointi	40
5.4	Energiakustannukset kulutuslukemien tukena	42
5.5	Käyttäjien vaikutus energiankulutukseen	43
6	Korjaustarpeiden määrittäminen energiankulutuksen perusteella	44
7	Yhteenveto	47
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1. Rakennuksen laskennallinen energiantarve	
	Liite 2. Esimerkki energiainvestoinnin takaisinmaksuajasta	

## Käsitteet

energiainvestointi	Investointi, joka perustellaan säästyvillä energiakustannuksilla. (3)
huoltokirja	”Kiinteistökohtainen asiakirjakokonaisuus, joka sisältää kiinteistön perustietojen lisäksi kiinteistön hoitoon ja ylläpitoon liittyvät ohjeet ja tavoitteet sekä seurantatietoja.” (32)
kiinteistö	”Kiinteistörekisteriin merkitty maan tai vesialueen omistuksen yksikkö siihen kuuluvine rakennuksineen, etuuksineen ja rasitteineen.” (32)
kiinteistön elinkaari	”Kiinteistön vaiheet maan hankinnasta ja kiinteistön mahdollisesta rakentamisesta sen hyödyntämisestä luopumiseen.” (32)
kiinteistön ylläpito	”Palvelut, joiden tarkoituksena on säilyttää kiinteistön kunto, arvo, ominaisuudet ja olosuhteet halutulla tasolla. Kiinteistön hoito- ja ylläpitopalveluita ovat energiahallintapalvelut, tekniset palvelut, kiinteistöhuolto, jätehuolto, siivouspalvelut ja ulkoalueiden hoito.” (32)
korjausrakentaminen	”Kuuluu toiminta, jossa kohteen ominaisuudet pysytetään uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat ilman, että kohteen suhteellinen laatutaso olennaisesti muuttuu.” (32)
kulutuspoikkeama	Kiinteistön normaalista energian- tai vedenkulutuksesta havaittu poikkeama, joka johtuu viasta tai käytön muutoksesta. (1)
lämmitysenergian normitus	Normituksessa hyödynnetään Ilmatieteen laitoksen laskemia kuukausi- ja vuositason lämmitystarvelukuja, joiden avulla saadaan laskettua vuosittaisista energiankulutuslukemista vertailukelpoisia aikaisempaan ajanjaksoon verrattuna. (18)

perusparannus	"Korjausrakentaminen, jossa kohteen suhteellinen laatutaso nostetaan olennaisesti alkuperäistä paremmaksi." (32)
pitkän aikavälin korjaussuunnitelma (PTS)	"Tekniset näkökohdat huomioon ottava tietyn aikavälin suunnitelmaehdotus kunnossapitoa varten." (32)
pohjakuorma	Kiinteistön sähköenergiankulutus, jonka kiinteistö ja sen järjestelmät kuluttavat ajankohdasta riippumatta. (31)

# 1 Johdanto

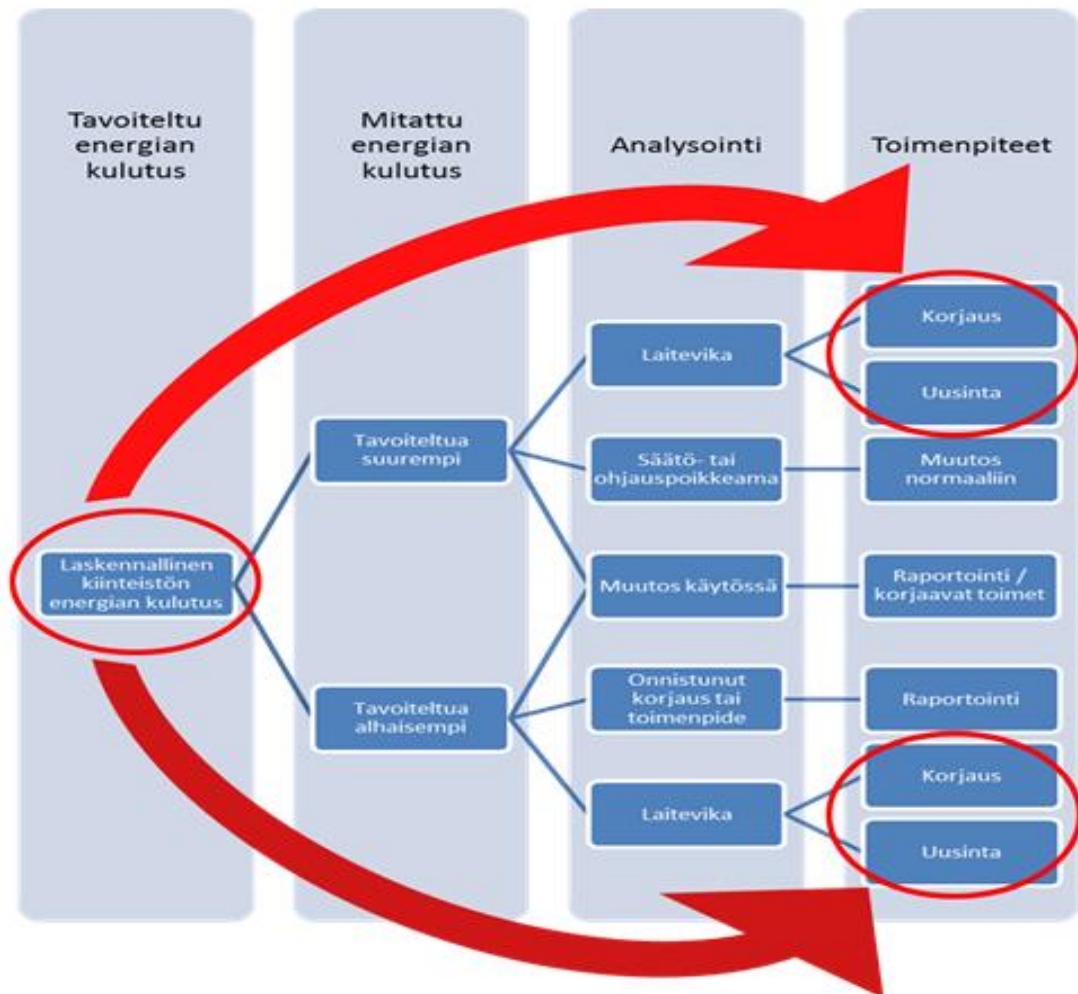
## 1.1 Tutkimuksen taustaa ja tavoite

Tässä työssä tutkitaan pääkaupunkiseudun olemassa olevien toimitila- ja liikekiinteistöjen energian ja veden kulutuksen seurantaan sekä, mitä kulutuksen seurannalla voidaan havaita. Tutkimuksessa keskitytään ainoastaan kiinteistön taloteknistenjärjestelmien energian ja veden kulutusseurantaan rajaamalla tutkimuksen ulkopuolelle muun muassa rakenteista johtuva, kiinteiden laitteiden esimerkiksi hissien sekä käyttäjien laitteista aiheutuvat energiankulutukset. Tutkimuksessa käsitellään ainoastaan kaukolämpö- ja sähköenergiankulutuksen seurantaan ja rajataan ulkopuolelle muun muassa polttolaitoksien ja auringolla tuotetun energiankulutuksen seuranta. Tutkimuksessa käydään läpi kiinteistöjen ylläpidossa energian ja veden kulutuksesta vastaavalle henkilölle olennaisia tietoja ja toimintamalleja, pyritään avaamaan kulutusseurannan keskeisiä määrittäjä sekä selkeyttämään kulutusseurannan merkitystä kiinteistön päivittäisessä ylläpidossa. Lisäksi tässä työssä tutkitaan energian ja veden kulutuksen kulutuspoikkeamien havainnointia sekä mahdollisia perusteita kiinteistöjen korjauksille.

Tämän tutkimuksen ensisijainen tavoite on löytää vastaukset kysymyksiin. Millaista energiadataa kiinteistön teknisestä ylläpidosta vastaavan henkilön tulisi saada kiinteistöä energiansäästön kannalta? Sekä millaisista energiankulutuksen tiedoista voidaan päätellä laitteiden tai järjestelmien vikaantuminen? Tutkimuksen toissijaisena tavoitteena on löytää vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Millaisia asioita tulee ottaa huomioon energiankulutuksessa kiinteistöissä sekä voidaanko energiadataa hyödyntää PTS-töiden suunnittelussa ja korjauspäätöksiä tehtäessä?

Kuvion 1 prosessikaaviossa on pyritty esittämään tämän tutkimuksen tavoitteita. Tutkimuksella pyritään selvittämään kiinteistön tavoiteltua ja mitattua energian kulutusta, analysoimalla tulevia korjaustarpeita sekä mahdollisesti esiintyvää yhteyttä toteutuneen energiakulutuksen ja korjaustarpeiden välillä.





Kuvio 1. Tutkimuksen tavoitteen prosessikaavio

Prosessikaaviossa on kuvattu kiinteistön tavoiteltua energian kulutusta, joka on tässä tapauksessa kiinteistön laskennallinen energiakulutus. Mitatulla energian kulutuksella kuvataan tässä tapauksessa kiinteistössä mitattua energiadataa, joka voi olla mittareista ja seurannasta riippuen esimerkiksi reaaliaikaista tuntikohtaista kulutusta. Prosessikaaviossa analysoinnilla tarkoitetaan mitatun energiadatan käsittelyä ja jalostusta sekä niiden pohjalta tehtäviä jatkotutkimuksia tai esityksiä, joiden pohjalta voidaan päättää tarpeen mukaisista toimenpiteistä.

## 1.2 Tutkimuksen motiivit

Tutkimuksen keskeisenä motiivina on ymmärryksen lisääminen kiinteistöjen energiakulutuksen tärkeydestä kiinteistön päivittäisessä ylläpidossa niin talouden kuin ympäristönkin näkökulmasta. Kiinteistön elinkaaren ajan ylläpitokustannuksista n. 40 % muodostuu lämmitys-, sähkö- ja vesikustannuksista ja jopa 80 % ympäristökuormituksesta johtuu energian ja veden käytöstä. Kiinteistöjen energianseurannasta vastaavilla henkilöillä on siten suuri osa kiinteistöjen energiankulutuksen seurannassa ja hallinnassa niin kustannusten kuin ympäristökuormitustenkin minimoimiseksi. (3, s. 47.)

Energian- ja vedenkulutuksen aiheuttamilla ylläpitokustannuksien minimoimisella edistetään kiinteistön tai yrityksen tuottavuuden kasvua. Lisäksi energian- ja vedenkulutusta vähentämällä parannetaan yrityksen ympäristöasioiden hoitoa, mikä parantaa taas mm. yrityksen imagoa. (1, s. 91 ja 101.)

## 2 Energiatehokkuuslait ja määräykset

Kansainväliset ja kansalliset energiatehokkuutta ohjaavat lait ja säädökset pyrkivät sekä edistämään että säätelemään kiinteistöjen energiatehokkuutta ja kasvihuonepäästöjen syntymistä. Rakennusten energiatehokkuuteen pyritään vaikuttamaan maailmanlaajuisesti, EU:n toimesta sekä Suomen omalla ilmasto- ja energiapolitiikalla.

Kaikilta EU-mailta Suomi mukaan lukien vaaditaan kansallista energiatehokkuuden toimintasuunnitelmaa vuoden 2012 joulukuussa voimaan tullessa EU:n energiatehokkuusdirektiivissä. Suomen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma pitää sisällään merkittävät energiankulutusta säästävät toimet, jotka toteutetaan eri sektoreilla. Rakennuksissa suoritettavien energiatehokkuustoimien osuus toimintasuunnitelmassa on n. 41 %. Suomen kansallisessa energiatehokkuuden toimintasuunnitelmassa on esitetty rakennuksien energiansäästötavoitteeksi n. 16 % vuosittaisesta kokonaiskulutuksesta eli n. 21 000 GWh vuodessa vuoteen 2020 mennessä. (5; 8.)

EU:n säätämän rakennusten energiatehokkuusdirektiivin lähtökohtana on alentaa kiinteistöjen energiakulutusta, jonka seurauksena kiinteistöistä johtuva hiilidioksidipäästöt vähentyvät. Direktiivi koskee sekä uudistuotantoa että rakennusten korjausrakennus-

hankkeita. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivillä vaikutetaan pääasiassa rakennusten energiatodistuksien laatimiseen, energiatehokkuusmääräyksiin sekä ilmanvaihdon ja lämmityskattiloiden määrävälein tehtäviin tarkastuksiin ottaen huomioon mm. maakohtaiset olosuhteet ja kustannustehokkuus. (6)

Suomen hallituksen 20.3.2013 hyväksymällä kansallisen energia- ja ilmastostrategian päivityksellä on tarkoituksena valmistaa Suomea pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteisiin hiilineutraaliksi kansaksi vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi päivityksellä pyritään varmistamaan, että Suomi tulee saavuttamaan vuoteen 2020 mennessä asetetut kansalliset tavoitteet mm. energiansäästön ja kasvihuonekaasujen vähentämiseksi sekä energiaomavaraisuusasteen kohottamiseksi. Rakennusten osalta strategiassa kiinnitetään erityistä huomiota rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen sekä uusiutuviin energiamuotoihin osana taloteknisiä järjestelmiä. (7)

Vuoden 2015 alusta voimaan astunut energiatehokkuuslaki edellyttää isompia yrityksiä laatimaan energiakatselmuksen, jossa tarkastellaan yrityksen energiankäyttöä, etsitään mahdollisia säästökohteita sekä raportoidaan luotettavasti niistä. Kohdekatselmuksia tulisi tehdä kohteisiin, joissa energiankulutus on kaikkein suurinta ja joissa on eniten energiansäästömahdollisuuksia. (4)

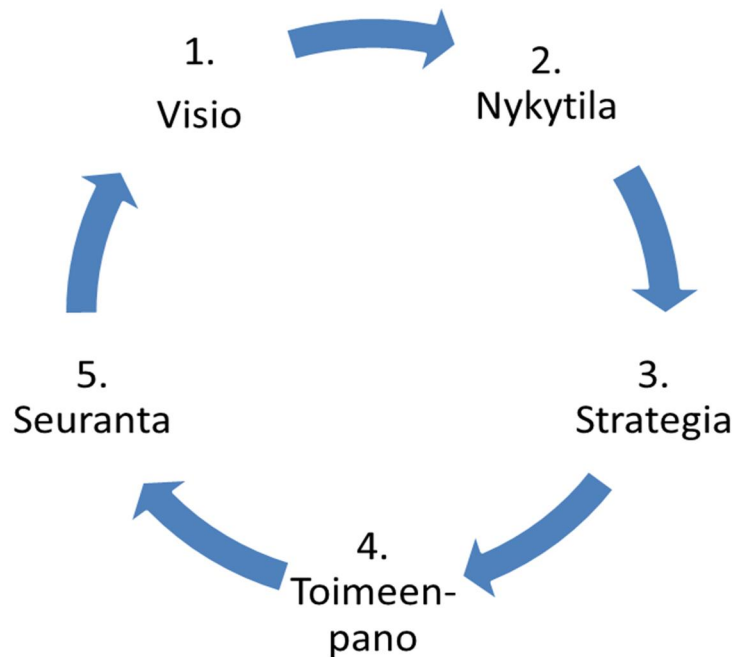
Laki rakennusten energiatodistuksesta on laadittu edistämään Suomen rakennuskannan energiatehokkuutta sekä uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämistä rakennuksissa. Energiatodistuksen tarkoituksena on luokitella rakennukset energiatehokkuusluokkiin A–G, joista A-luokka on energiatehokkain ja G-luokka heikoin. Energiatodistuksessa huomioidaan ainoastaan rakennuksen laskennallinen energiankulutus sekä ostoenergiankulutus. (9)

### **3 Energiankulutuksen seuranta kiinteistöissä**

#### **3.1 Energiankulutus osana kiinteistöjen ylläpitostrategiaa**

Kiinteistöjen ylläpidosta vastaavilla tulisi olla hallinnoimiensa kiinteistöjen suunnitelmallista ylläpitämistä varten laadittu ylläpitostrategia ylläpidollisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Kiinteistöjen ylläpitostrategiassa määritellään mm. kiinteistöjen sisäilmaolosuh-

teet, siivouksen ja huollon laatutasot sekä energiankulutustavoitteet. Ylläpitostrategian avulla ohjataan kiinteistön ylläpidosta vastaavien tahojen toimintaa. Kiinteistön ylläpitostrategian laatimiseen liittyy käyttäjien kanssa laadittu yhteisten näkemysten määrittely, selvitys nykytilasta ja ylläpitosuunnitelman laadinnasta sekä toimenpidevaiheen käyttäntöön saattamisesta ja tavoitteiden saavuttamisen seurannasta. Kuviossa 2 on esitelty kiinteistöpidon suunnitelmallisuuden jatkuvaa prosessia. (1, s. 33 ja 34.)

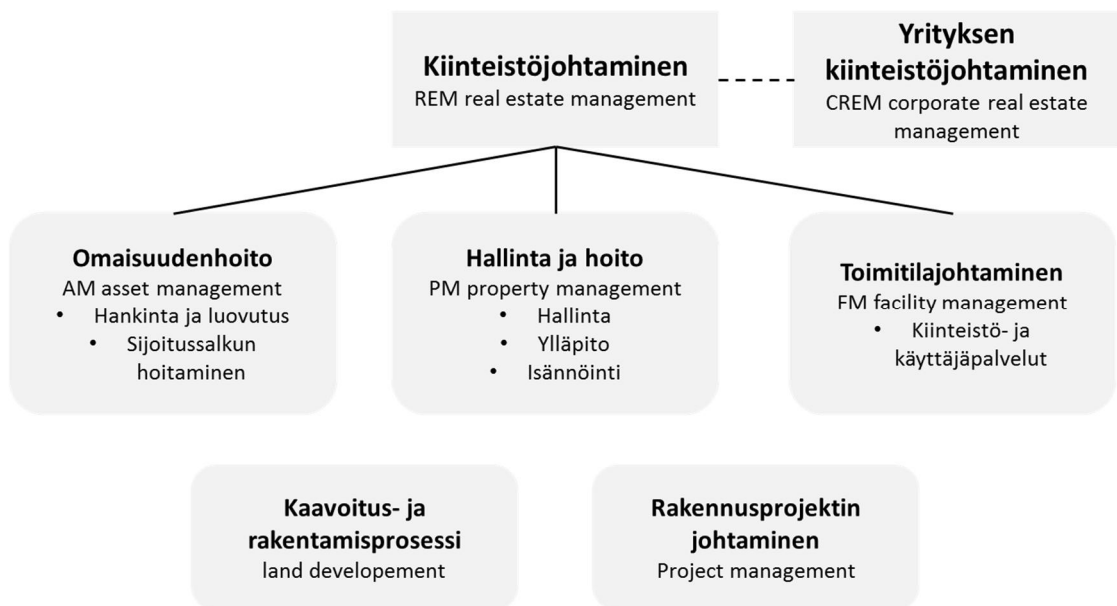


Kuvio 2. Taloyhtiön energiakirja: Kuva 3.1. Suunnitelmallinen ja tavoitteellinen kiinteistönpito on jatkuva prosessi. (1, s. 34.)

Edellä esitettyä prosessikuvausta (kuvio 2) mukailleen voisi suunnitelmallisen ja tavoitteellisen energian ja veden kulutuksen seuranta esittää vastaavasti. Esimerkiksi visio on energian ja veden kulutuksen vähentäminen 10 % nykyisestä. Nykytilan selvittämiseksi kartoitetaan aloitushetken energian ja veden kulutukset ja seurantamenetelmät sekä verrataan niitä vastaaviin olemassa oleviin kiinteistöihin. Lisäksi listataan kiinteistön laitekanta. Strategiana tavoitteiden saavuttamiselle voisi olla esimerkiksi seurantajärjestelmän asennus ja seurannan kehittäminen, valaistuksen ja ilmanvaihdon neiden käyntiaikojen optimointi sekä energiainvestointien kartoitus. Strategian mukaiset kannattavaksi arvioidut toimenpiteet tehdään sekä dokumentoidaan ja raportoidaan, jotta seuranta on mahdollista. Seurannan tueksi voidaan suorittaa jälkilaskelmia ja -arviointeja.

### 3.2 Toimitilojen energiankulutuksesta vastaava organisaatio

Kiinteistöjen johtaminen voidaan luokitella kolmeen kategoriaan, joita ovat omaisuudenhoito, hallinta ja hoito sekä toimitilajohtaminen. Omaisuudenhoidon katsotaan olevan lähinnä kiinteistöjen vuokraamista, myyntiä ja hankintaa. Toimitilajohtamisella ajatellaan tässä tapauksessa käyttäjäpalveluiden hankintaa kuten huolto-, aula-, puhdistus- ja ateriapalveluita. Kiinteistöjen hallinta ja hoito ovat lähinnä teknistä kiinteistöjohtamista, jossa keskitytään kiinteistön, rakennusten sekä varusteiden toimivuuteen ja arvon säilyttämiseen. Energian ja veden kulutuksen seuranta luetaan osaksi kiinteistöjen hallintaa ja hoitoa, johon kuuluvat hallinta, ylläpito ja isännöinti. Lisäksi kiinteistöjohtamiseen liitetään omaksi toimialueeksi kaavoitus- ja rakentamisprosessi sekä rakennusprojektien johtaminen. Kiinteistöstrategiassa tulisi erikseen määritellä energia- ja vedenkulutuksen seurannasta vastaavat henkilöt tai palveluntuottaja. Kuviossa 3 on esitetty kiinteistöjohtamisen näkökulmat. (2, s. 28 ja 29.)

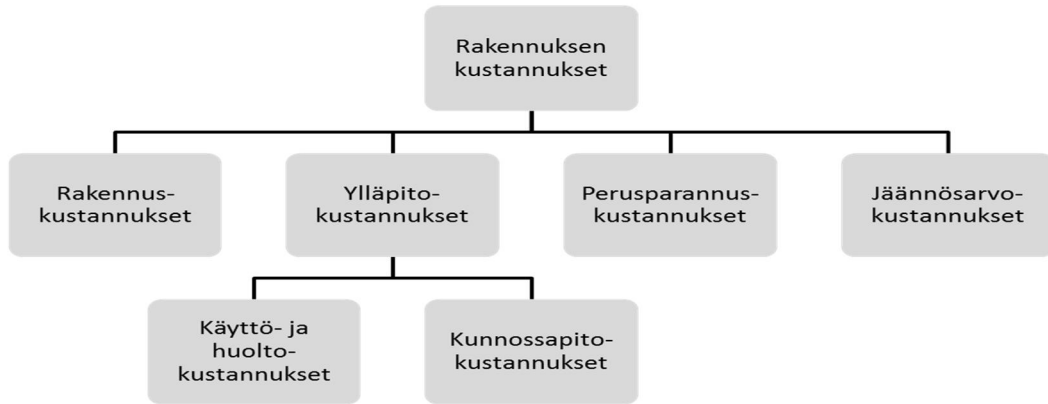


Kuvio 3. Kiinteistö- ja toimitilajohtaminen: Kuvio 2.3 Kiinteistöjohtamisen käsitteet. (2, s. 28.)

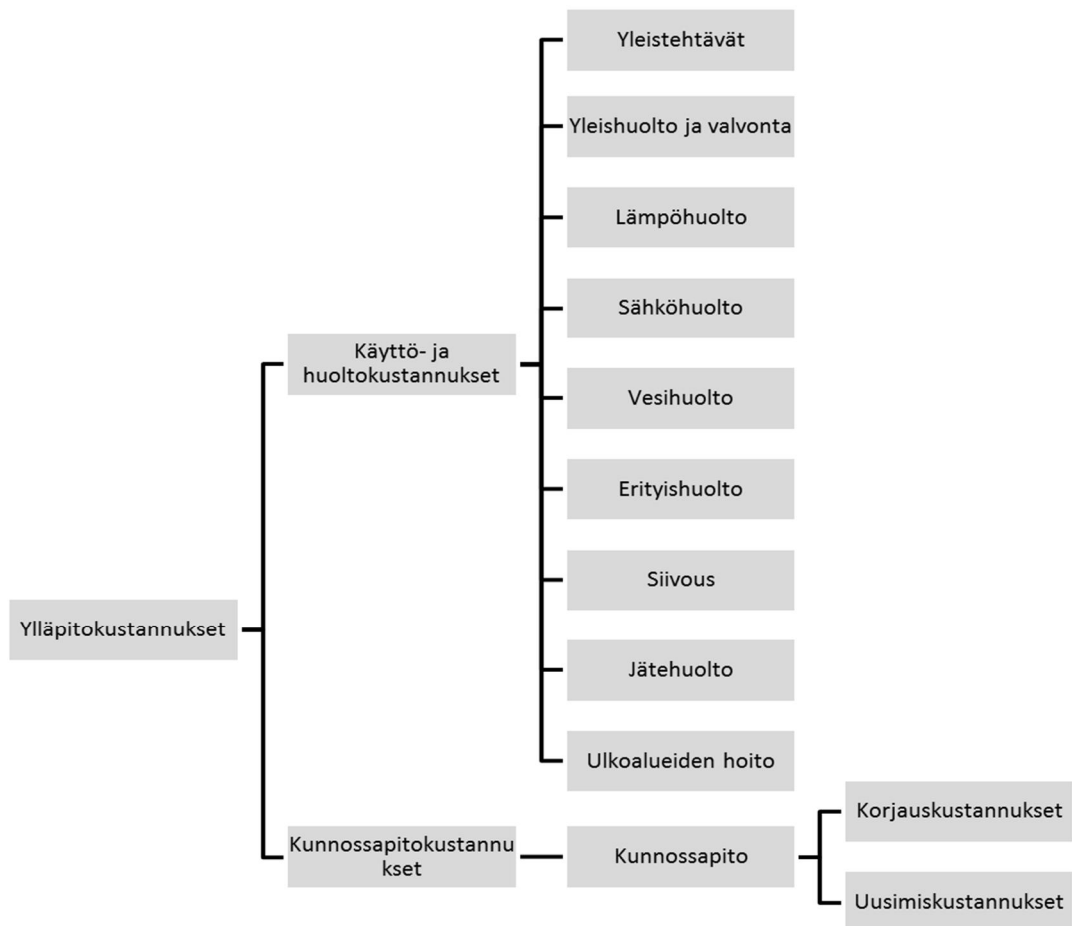
### 3.3 Kiinteistön kustannukset

Rakennuksen kustannuksien jaottelua on esitetty kuviossa 4, jossa kustannukset on jaettu neljään eri kategoriaan: rakennuskustannuksiin, ylläpitokustannuksiin, perusrakennuskustannuksiin ja jäännösarvokustannuksiin. Rakennuksen käytöstä aiheutuvat energiakustannukset sisältyvät ylläpitokustannuksiin, jotka eritellään käyttö- ja huolto-

kustannuksiin sekä kunnossapitokustannuksiin (kuvio 5). Kuviossa 5 eriteltyt lämpö-, sähkö- ja vesihuolto sisältävät myös kiinteistön energiakustannukset. (2, s 182 ja 183.)



Kuvio 4. Kiinteistö- ja toimitilajohtaminen: Kuvio 7.3 Rakennuksen kustannukset. (2, s. 182.)



Kuvio 5. Kiinteistö- ja toimitilajohtaminen: Kuvio 7.5 Ylläpito-kustannukset. (2, s. 183.)

## 4 Kiinteistöjen energiakulutuksen määrittäminen ja mittaaminen

### 4.1 Energiakulutusten mittaaminen ja mittaustulosten tallentaminen

Suunnitelmalliseen kiinteistöjen ylläpitoon kuuluu energian- ja vedenkulutuksen jatkuva seuranta, joka toimii samalla myös kiinteistön energianhallinnan tärkeänä työkaluna. Jatkuvalle seurannalle saadaan nopeasti selville energian kulutuspoikkeamat ja muutokset. Kulutuspoikkeamiin tulee reagoida pikaisesti analysoimalla kulutuksen kasvun aiheuttama syy ja korjaamalla mahdollinen vika. Vian nopealla korjaamisella saadaan energian- ja vedenkulutus takaisin normaalille tasolle. Väärin tehdyillä tai laiminlyödyillä kiinteistön ylläpitotoimilla voidaan ajautua tilanteeseen, jossa kiinteistön energiankulutus kasvaa merkittävästi kiinteistön ihanteelliseen kulutukseen verrattuna. (1, s. 43, 46 ja 47.)

Ennakkoon määritellyn raja-arvon ylittävään tai alittavaan kulutuspoikkeamaan voidaan liittää myös esimerkiksi sähköpostilla ja tekstiviestillä lähetettävä hälytys, joka ilmoittaa vastuhenkilölle välittömästi mitatusta poikkeamasta. Hälytyksien raja-arvot tulee kuitenkin määritellä harkiten ja siten, että samasta poikkeamasta ei aiheudu montaa hälytystä, jolloin hälytyksien merkitys säilytetään. Myös kulutuksen merkittävästä väheneemisestä tulisi saada hälytys, jolloin järjestelmän toimimattomuuteen voidaan myös reagoida. (17)

Nopean reagoinnin edellytyksenä on riittävän usein toistuva mittareiden luenta, joka etäluettavien mittareiden sekä kulutuslukemia tallentavien ohjelmistojen avulla mahdollistuu paikalla manuaalisesti luettua nopeammin ja vaivattomammin. Etäluettavat mittarit ja kulutusseurantaohjelma mahdollistavat kulutuslukemien tuntikohtaisen ja reaaliaikaisen seurannan, jolloin on mahdollista saada energian- ja vedenkulutuksen tuntikohtaista tietoa eri ajanjaksoilta. Lisäksi energiaseurantaohjelman avulla voidaan vertailla esimerkiksi menneen ajanjakson kulutuksia nykyhetken kulutuslukemiin. (17)

Kiinteistön eri järjestelmien energia- ja vedenkulutusta on mahdollista seurata sitä tarkemmin, mitä enemmän mittareita on asennettu ja mitä yksilöidymmin kulutustietoja tallennetaan. Kiinteistöissä tulee olla sähkön ja veden päämittaukset sekä kaukolämmi-

tyksen ja jäädytyksen energiamittaukset. Usein kiinteistöissä mitataan ns. kiinteistösähkö ja käyttäjäsähkö erikseen, etenkin jos maksaja on eri. Kiinteistösähköön kuuluvat kaikki kiinteistön kiinteät talotekniset järjestelmät kuten ilmanvaihtokoneet, porraskäytävien valaistus, pumppaamot, hissit ja luiskalämmitykset. Käyttäjäsähköön kuuluvat muun muassa kaikki käyttäjän omat koneet, laitteet ja tilan valaistus. (17)

Kauppakeskuksessa tai toimistorakennuksessa, jossa on monta eri käyttäjää, voidaan jokaiseen tilaan asentaa omat etäluettavat sähkön alamittarit. Tilakohtaisella alamittauksella ja kulutusten seurantaohjelmalla saadaan tietoon todellinen kulutus kunkin tilan osalta ja kustannukset voidaan näin ollen osoittaa todellisen kulutuksen mukaan käyttäjälle. Edellä mainittu mahdollistaa myös nopeamman laskutuksen käyttäjiltä, kun ei tarvitse odottaa huoltomieheltä kulutuslukematietoja. Reaaliaikaisella alamittareiden energiankulutuksen seurannalla on myös helpompaa paikallistaa mahdollinen vika johonkin tiettyyn liiketilaan. Esimerkiksi jos automaation mahdollinen vikaantuminen jättää valot johonkin tilaan päälle, nähdään kulutuksen kasvaminen tilakohtaisesta mittausraportista. Lisäksi esimerkiksi jokaisen ilmanvaihtokoneen sähkönkulutus olisi mahdollista mitata erikseen, jolloin voitaisiin seurata jokaisen koneen sähkönkulutusta erikseen. (30, s. 3.)

Mittareiden asentaminen aiheuttaa kiinteistön omistajalle kustannuksia eikä jokaisen laitteen kuluttamaa energiaa tai vettä kannata mitata erikseen. Jokaiseen liiketilaan on kannattavaa asentaa oma etäluettava sähkön alamittaus, jos kohteessa on monta käyttäjää ja liiketoiminnot ovat erilaisia. Näin ollen jokainen käyttäjä maksaa kustannukset oman kulutuksensa mukaan. Kiinteistösähkö ja käyttäjän kuluttama sähkö on myös kannattavaa mitata erikseen, jolloin vikojen paikallistaminen helpottuu taloteknisten järjestelmien ja käyttäjalaitteiden välillä. (1, s. 48.)

Tilakohtaista veden mittausta ei ole järkevää asentaa tiloihin, joissa on vain esimerkiksi pieni keittiö ja wc eikä vettä näin ollen kulu merkittävästi. Edellä mainituksessa kannattaa harkita koko kiinteistön vesilaskun jyvittämistä vuokralaisten kesken. Ravintola-, kampaamo, ja pesutiloihin voinee olla järkevää asentaa omat vesimittarit, koska vettä käytetään toiminnassa enemmän ja vuokralaisten laitteistoissa esimerkiksi pesukoneissa saattaa tulla vuotoja, joita on vaikeaa havaita. Lisäksi isommissa kiinteistöissä olisi järkevää asentaa esimerkiksi linjakohtaisia etäluettavia vesimittareita, jolloin esimerkiksi vuotava wc-kaluste tai vesiputki on nopeampaa paikallistaa. (1, s. 104–106.)



Kiinteistön toteutunut kaukolämmön energiankulutus mitataan ja lasketaan käyttäen hyväksi veden tiheyttä, meno ja paluuveden lämpötilaeroa sekä veden virtausmäärää. Lämmityksen tilakohtaista mittaamista ei yleensä toteuteta, jos tilaa lämmitetään muulla kuin tilakohtaisella sähkölämmitysjärjestelmällä. Esimerkiksi kaukolämmityskohteissa ilmanvaihtojärjestelmän ilmamääriä, tulo ja poistoilman lämpötiloja sekä lämmityspatterin menoveden lämpötilaa on kannattavaa seurata ja mitata säännöllisesti. Edellä mainittuja ilmanvaihtojärjestelmän mittauksia seurataan ja säädetään yleensä automaatiojärjestelmän avulla, josta niitä voi seurata valvomokoneen kautta. (16, s. 32 ja s. 106.)

Energian- ja vedenkulutusohjelman avulla on mahdollista tulostaa erilaisia raportteja esimerkiksi kuukausi- ja viikkotason raportteja tai ominaiskulutusraportteja. Raporttien avulla on mahdollista tarkastella esimerkiksi kiinteistön energiankulutuksen ja -kustannusten kehittymistä sekä vertailla lukemia vastaavanlaisiin kiinteistöihin. Raportit auttavat myös kiinteistön energiatehokkuus toimenpiteiden vaikutuksien analysoinnissa ja seurannassa sekä mahdollisessa energiansäästösopimuksen raportoinnissa. (17)

Kulutuslukemien vertailussa on tärkeää valita oikeat tunnusluvut ja pyrkiä käyttämään aina normeerattuja lämmitysenergian kulutuslukemia. Lämmitysenergiankulutuksen normittamisessa hyödynnetään Ilmatieteen laitoksen laskemia kuukausi- ja vuositaso lämmitystarvelukuja, joiden avulla saadaan laskettua vuosittaisista energiankulutuslukemista vertailukelpoisia aikaisempaan ajanjaksoon verrattuna. Kaavassa 1 on esitetty rakennuksen energiankulutuksen normituksen laskenta. (18)

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \times Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

Huom. Normitus koskee vain rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energiaa. Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia ei riipu ulkolämpötilasta, joten se vähennetään kokonaislämmitysenergiasta ennen normitusta.

$Q_{\text{norm}}$	= rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus
$Q_{\text{toteutunut}}$	= rakennuksen tilojen lämmitykseen kuluva energia = $Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$
$Q_{\text{kok}}$	= rakennuksen lämmitysenergiankulutus yhteensä
$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$	= lämpimän käyttöveden energiankulutus
$S_{N \text{ vpkunta}}$	= normaalivuoden tai -kuukauden (1981...2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	= kuukauden tai vuoden toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

Kaava 1. Energiakulutuksen vertaaminen eri ajanjaksoina, peruskaava (18)

Energian- ja vedenkulutuslukemia vertailtaessa tulee valita oikeat yksiköt esimerkiksi eri kiinteistöjen ominaiskulutuksia verrattaessa voi olla järkevämpää vertailla käytettyjä kilowattitunteja tilavuusyksikköä ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ) kuin pinta-alayksikköä ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ) kohden, jolloin huomioidaan myös rakennuksen huonekorkeus. Kulutusmuutoksia tarkasteltaessa on tärkeää huomioida kulutuksen todellinen muutos, vaikka prosentuaalinen muutos olisikin pieni tai suuri. Esimerkiksi lämmitysenergia kulutus voi kesäkuukausina vaihdella satoja prosenttiyksiköitä edellisiin kesiin verrattuna, mutta todellinen kulutuksen muutos on vähäinen. Talvikuukausina pienempikin prosentuaalinen muutos voi olla taloudellisesti merkittävä.

## 4.2 Kulutuslukemien yksiköt

### 4.2.1 Vedenkulutusyksiköt

Asuinkerrostaloissa veden kulutusta seurataan sovitun ajanjakson mitattuja kokonaiskuutioita (esim.  $\text{m}^3/\text{kk}$ ) ja vertailulukuna käytetään litroina asukasta kohden vuorokaudessa ( $\text{l}/\text{hlö}/\text{vrk}$ ). Lisäksi voidaan arvioida lämpimän veden osuutta vedenkulutuksesta, jolloin voidaan laskea arviot veden lämmitykseen käytettävästä energiasta. (1, s. 26.)

Liike- ja toimitilakiinteistöissä veden kulutusta on vaikeampi verrata eri rakennusten kesken johtuen hyvin erilaisista käyttötarkoituksista ja vaihtelevasta käyttäjämäärästä. Motivan laskemien eri rakennustyyppien kulutuksia voi käyttää vertailuarvoina. Rakennuksen vedenkulutuksen kehitystä voidaan seurata kokonaisuutena tai esim. tunnuslukuuna litraa rakennuksen pinta-alaa ( $l/m^2/kk$ ) tai käyttäjää ( $l/hlö/kk$ ) kohden kuukaudessa. Liike- ja toimitilakiinteistöjen lämpimän veden kulutusta on vaikeata arvioida, jos erillistä lämmitettävän veden mittausta ei ole. (20)

#### 4.2.2 Lämmitysenergiankulutussyksiköt

Lämmitysenergian kulutusta seurataan sovitun ajanjakson mitattuja megawattitunteja (esim. MWh/kk), jotka korjataan kunkin vuoden paikkakuntaakohtaisella lämmöntarveluvulla. Edellä mainittua lukeman korjausta kutsutaan normeerauskeksi, jolla saadaan kulutetun lämmityksen lukemat vertailukelpoisiksi aikaisempiin vuosiin verrattuna. Lämmitysenergian kulutusta voidaan vertailla ominaiskulutuksena rakennuksen pinta-alaneliöihin (esim. kWh/m<sup>2</sup>/kk) tai tilavuuskuutioihin (esim. kWh/m<sup>3</sup>/kk) verrattuna sovituna seuranta jaksona. Lämpöindeksillä tarkoitetaan kilowattituntia tilavuuskuutiota kohden vuodessa (kWh/m<sup>3</sup>/v). (1, s. 20.)

#### 4.2.3 Sähkönkulutusyksiköt

Sähköenergiankulutusta seurataan sovitun ajanjakson mitattuja kilowattitunteja (esim. kWh/kk). Sähköenergia kulutusta voidaan vertailla rakennuksen pinta-alaneliöihin (esim. kWh/m<sup>2</sup>/v) tai tilavuuskuutioihin (esim. kWh/m<sup>3</sup>/v) verrattuna sovituna seuranta jaksona. (1, s. 23 ja s. 24.)

### 4.3 Rakennuksen laskennallinen energiankulutus

#### 4.3.1 Kokonaisenergiankulutus

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus on tässä tutkimuksessa esitetty suoritettavaksi 2013 annetun Ympäristöministerin asetuksen rakennuksen energiatoistuksesta mukaisesti, jossa viitataan Suomenrakentamismääräyskokoelman D3:ssa ja D5:ssa esitettyihin laskukaavoihin. Kokonaisenergiankulutuksella tarkoitetaan raken-

nuksen kuluttamaa laskennallista nettoenergiaa, joka rakennuksessa kuluu. Ostoenergialla taas tarkoitetaan rakennukseen ostettavaa energiaa, josta on vähennetty rakennuksessa tuotettu energiamäärä. Kaavoissa 2 ja 3 on esitetty rakennuksen kokonaisenergian laskenta ja ostoenergianlaskenta muutettuina rakennusten energiatodistuksissa käytetyiksi E-luvuiksi. (10; 11.)

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum_i f_{\text{polttoaine}_i} Q_{\text{polttoaine}_i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (2.3)$$

jossa

E	rakennuksen energialuku, kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>kaukolämpö</sub>	kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q <sub>kaukojäähdytys</sub>	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q <sub>polttoaine_i</sub>	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
W <sub>sähkö</sub>	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
f <sub>kaukolämpö</sub>	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
f <sub>kaukojäähdytys</sub>	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
f <sub>polttoaine_i</sub>	polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
f <sub>sähkö</sub>	sähkön energiamuodon kerroin, -
A <sub>netto</sub>	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup> .

Kaava 2. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 2.3. (11)

$$E_{\text{osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{lämmitys}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + Q_{\text{jäähdytys}} + W_{\text{jäähdytys}} + W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} - W_{\text{käytetty omasähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (2.1)$$

jossa

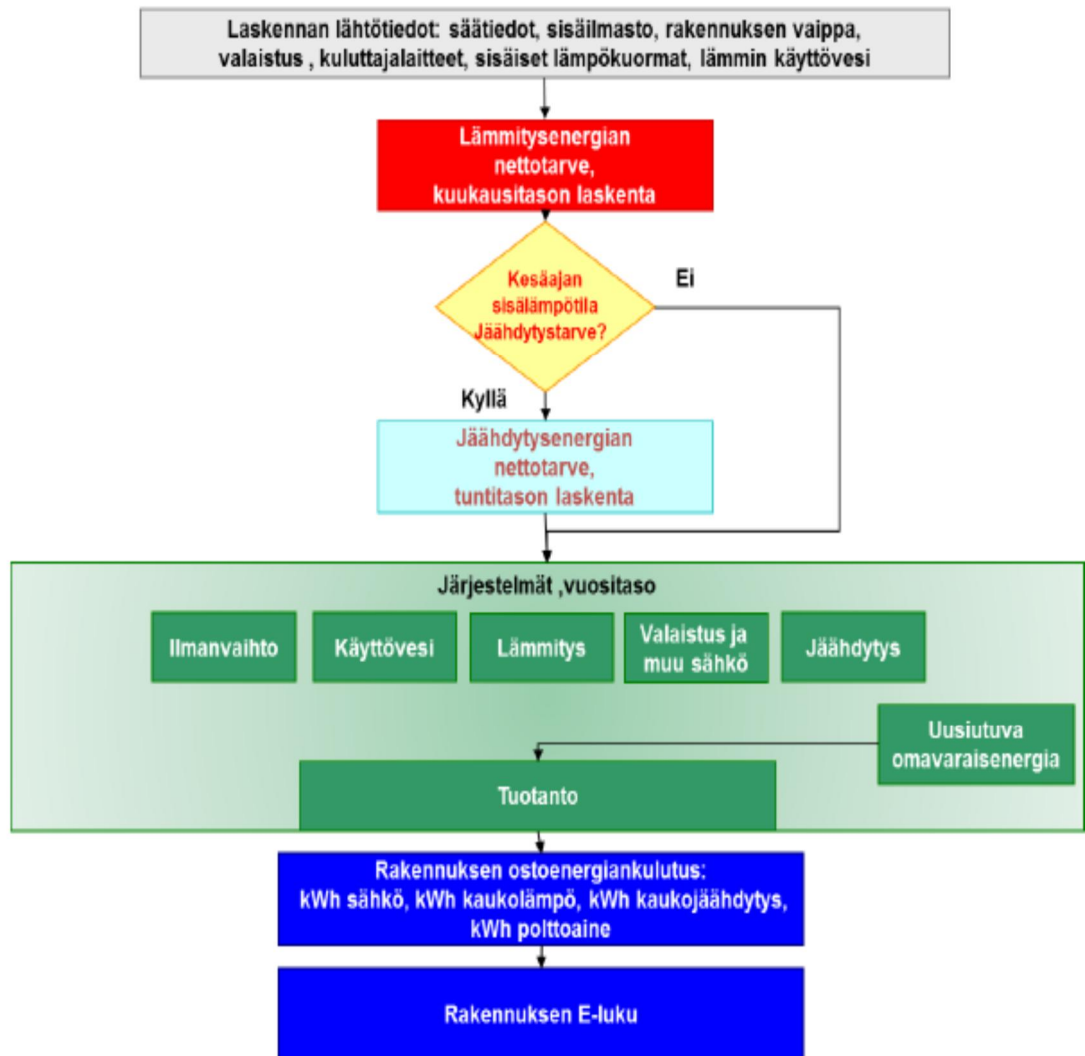
E <sub>osto</sub>	rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>lämmitys</sub>	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
W <sub>lämmitys</sub>	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>ilmanvaihto</sub>	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
Q <sub>jäähdytys</sub>	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian (kaukojäähdytyksen) kulutus, kWh/a
W <sub>jäähdytys</sub>	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>kuluttajalaitteet</sub>	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>valaistus</sub>	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>käytetty omasähkö</sub>	rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
A <sub>netto</sub>	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup> .

Kaava 3. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 2.1. (11)

#### 4.3.2 Laskennallisen energiankulutuslaskennan vaiheet

Tämän tutkimuksen liitteenä (liite 1) on laskettu esimerkkinä kuvitteellisen pinta-alaltaan 900 neliömetrin ja kolmikerroksisen liikerakennuksen laskennallinen kokonais-

energiankulutus. Esimerkkirakennus on rakennettu vuonna 1999, sitä lämmitetään huonekohtaisilla sähköpattereilla, siinä on yksi ilmanvaihtokone eikä siinä ole jäähdytystä. Laskennan vaiheet on kuvattu kuvion 6 prosessikaaviossa. (11)



Kuvio 6. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kuva 2.1. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet (11)

#### 4.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän laskennallisesti kuluttama sähkö- ja lämpöenergia saadaan laskemalla ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergian kuukausittainen nettoenergiantarve ja sähköenergiantarve yhteen. Liitteessä 1 on esitetty laskenta esimerkki ilmanvaihtojärjestelmän laskennallisesta energiankulutuksesta. (11)

Kaavoissa 4 – 6 on esitetty ilmanvaihtojärjestelmän lämpö- ja sähköenergianlaskentaa ottaen huomioon ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän arvioitu vuosihyötysuhde. Lämmitysenergian laskenta suoritetaan kuukausitasolla (kaavat 4 ja 5). Sähkön kulutuksessa lasketaan järjestelmän sähkönkulutus (kaava 6), joka koostuu mm. puhaltimien ja pumppujen sähkönkulutuksesta. (11)

## LTO:N JÄLKEINEN TULOILMAN LÄMPÖTILA

D5/2012, KAAVA 3.12

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a, ivkone} * (T_s - T_u)$$

$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$T_u$	ulkoilman lämpötila, °C
$\eta_{a, ivkone}$	Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde
$T_s$	sisälämpötila, °C

Kaava 4. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 3.12. (11)

## ILMANVAIHDON LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

D5/2012, KAAVA 3.11

$$Q_{iv} = t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) * \Delta t * 1000$$

$Q_{iv}$	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$t_d$	ilmanvaihtokoneen vuorokautinen käyntiaikasuhde h / 24 h
$t_v$	ilmanvaihtokoneen viikottainen käyntiaikasuhde vkr / 7 vrk
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$T_{lto}$	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Kaava 5. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 3.11. (11)

## ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN PUHALTIEMIEN SÄHKÖN KULUTUS

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \text{SFP} * q_{v,\text{poisto}} * \Delta t + W_{\text{iv, muu}}$$

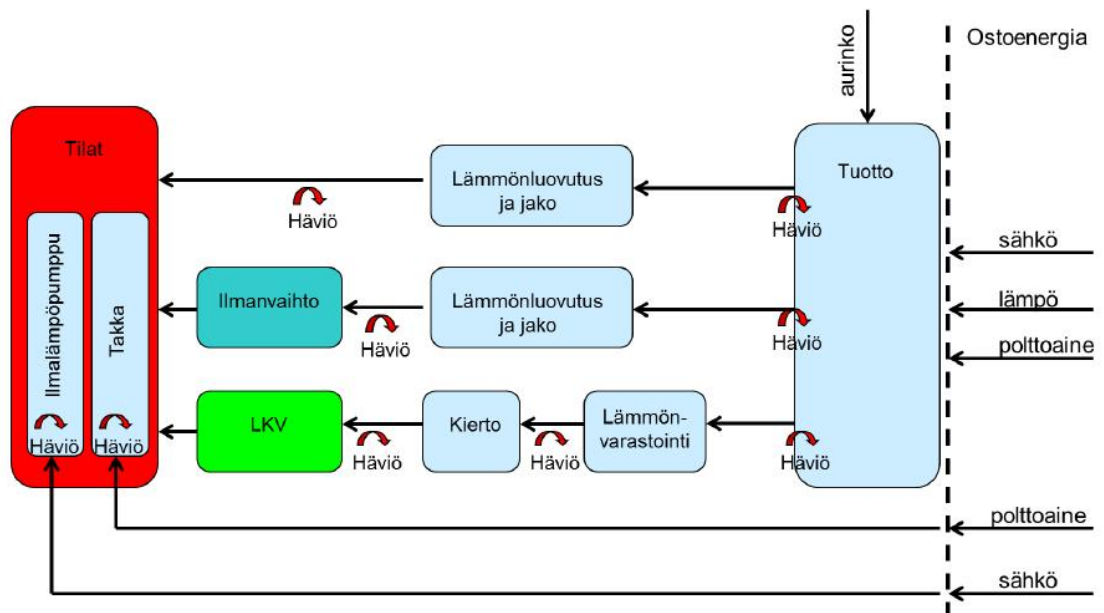
D5/2012, KAAVA 7.1

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)
$q_{v,\text{poisto}}$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$\Delta t$	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h
$W_{\text{iv, muu}}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutus, kWh

Kaava 6. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 7.1. (11)

## 4.3.4 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitysenergian kokonaistarve saadaan laskemalla yhteen johtumis- lämpöhäviöt sekä ilmanvaihdon tuloilman, korvausilman ja vuotoilman lämmittämisestä rakennuksessa. Rakennuksen lämmitysenergiannettotarve saadaan vähentämällä ihmisistä, auringon lämpösäteilystä ja kuluttajalaitteista hyödyksi saatava lämpöenergia. Kuviossa 7 on kuvattu rakennuksen lämpöenergian laskennan periaate. (11)



Kuvio 7. Rakentamismääräyskokoelman osan D5 kuva 6.1. (11)

Seuraavissa kaavoissa on esitetty rakennuksen lämmitysjärjestelmien lämmitysenergian tarpeen (kaavat 7 ja 8), ostettavan lämmitysenergian tarpeen (kaava 9) sekä lämmöntuottojärjestelmien sähköenergiankulutuksen (kaavat 10 ja 11) laskennan pääperiaatteita. Tarkemmat kuukausikohtaiset laskennat lämmitysenergian tarpeesta ja tiloihin johtuvan lämpökuormien laskennan osalta on käyty lävitse liitteen 1 laskentaesimerkissä. (11)

#### TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN LÄMMITYSENERGIAN TARVE

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis. lämpö}} \quad \text{D5/2012, KAAVA 3.1}$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{\text{tila}}$	tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
$Q_{\text{sis. lämpö}}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

Kaava 7. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 3.1. (11)

#### TILOJEN LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄN LÄMPÖENERGIAN TARVE (KULUTUS)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = (Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} / \eta_{\text{lämmitys, tilat}}) + Q_{\text{jakelu, ulos}} + Q_{\text{varastointi, ulos}} \quad \text{D5/2012, KAAVA 6.1}$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -
$Q_{\text{jakelu, ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{\text{varastointi, ulos}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

Kaava 8. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 6.1. (11)

#### TILOJEN LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

$$W_{\text{tila}} t = e_{\text{tilat}} * A_{\text{netto}} \quad \text{D5/2012, KAAVA 6.3}$$

$W_{\text{tila}} t$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$e_{\text{tilat}}$	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$A_{\text{netto}}$	rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m <sup>2</sup>

Kaava 9. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 6.3. (11)



## LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN OSTOENERGIANKULUTUS

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} / \eta_{\text{tuotto, tilat}}$$

D5/2012, KAAVA 6.7

$Q_{\text{lämmitys, tilat, kulu}}$  tilojen lämmöntuottojärjestelmien lämpöenergiankulutus

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$  lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a

$\eta_{\text{tuotto, tilat}}$  lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen lämmityksessä

Kaava 10. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 6.7. (11)

## TILOJEN LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

$$W_{\text{tuotto, apu}} = e_{\text{tuotto}} * A_{\text{netto}}$$

D5/2012, KAAVA 6.9

$W_{\text{tuotto, apu}}$  lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

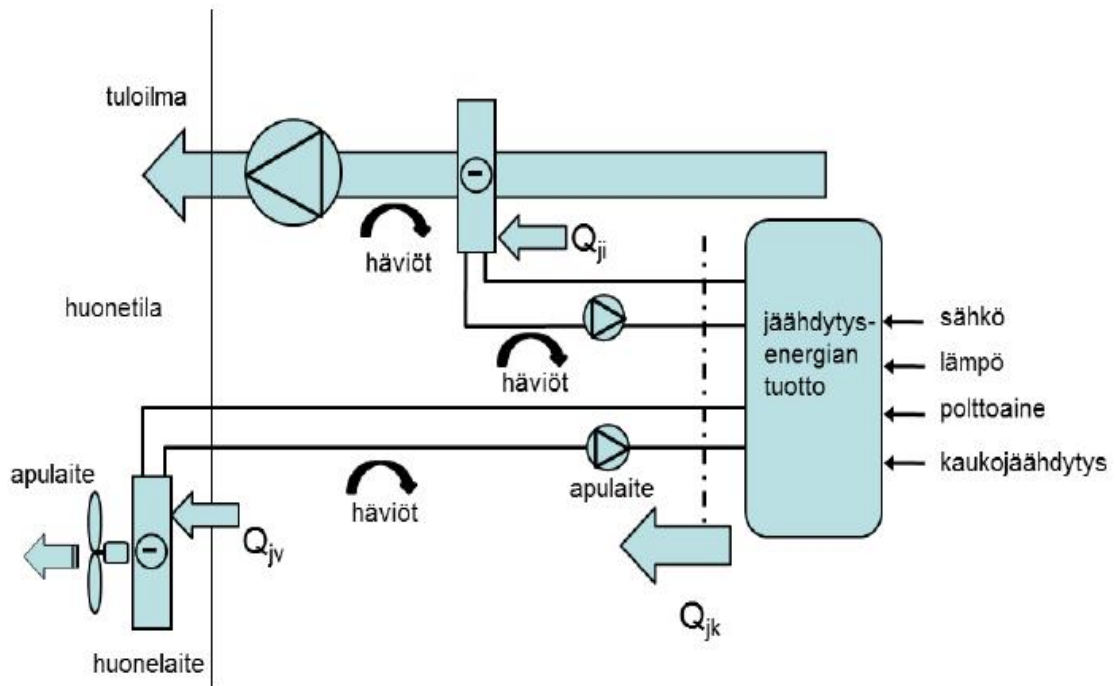
$e_{\text{tuotto}}$  apulaitteiden ominaiskulutus (taulukko 6.6), kWh/(m<sup>2</sup>a)

$A_{\text{netto}}$  rakennuksen lämmitetty netto-ala, m<sup>2</sup>

Kaava 11. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 6.9. (11)

## 4.3.5 Jäähdytysjärjestelmä

Rakennukseen tuotettava jäähdytysenergia tuodaan joko ilma- tai vesivirtaa hyödyntämällä. Rakennuksen jäähdytykseen käyttämä kokonaisenergiaan sisältyy tuotossa kulunut energia sekä apulaitteiden sähköenergia. Kuviossa 8 on kuvattu rakennuksen jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen periaate. (11)



Kuvio 8. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kuva 8.1. Jäähdytysjärjestelmän periaatekuva (11)

Rakennuksen Jäähdytysenergian kokonaistarve tulisi ensisijaisesti laskea energiasimulointiohjelmalla, jossa otetaan huomioon tuntikohtaisesti mm. auringon säteilyenergian vaikutus ja säteilysuunta, ihmisten ja laitteiden aiheuttamat energia kuormat sekä mahdollisen jäähdytyspatterilla tapahtuvan kondensoitumisen käyttämän energian. Jos jäähdytysenergian simulointia ei voida suorittaa, jäähdytysenergian tarve lasketaan kuukausitasolla käyttämällä alla olevia kaavoja 12, 13, 14 ja 15. (11)

$$Q_{jk} = (1 + \beta_{hji})Q_{ji} + (1 + \beta_{hiv})Q_{jv} \quad (8.1)$$

jossa

$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$Q_{ji}$	ilmastointikoneen jäähdytyspatterin käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$Q_{jv}$	huonelaitteiden käyttämä vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$\beta_{hji}$	järjestelmän ilmapuolen (termiset, kondenssi ynnä muut) häviöt huomioon ottava kerroin
$\beta_{hiv}$	järjestelmän vesipuolen (termiset) häviöt huomioon ottava kerroin.

Kaava 12. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 8.1. (11)

$$W_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_E} + W_{\text{jäähd,apu}} \quad (8.2)$$

jossa

$W_{\text{jäähdytys}}$	vuotuinen jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$\varepsilon_E$	jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin, -
$W_{\text{jäähd,apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a.

Kaava 13. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 8.2. (11)

$$Q_{\text{jäähdytys}} = \frac{Q_{jk}}{\varepsilon_Q} \quad (8.3)$$

jossa

$Q_{\text{jäähdytys}}$	lämpö- tai kylmäenergiaa käyttävän järjestelmän vuotuinen energiantarve, kWh/a
$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
$\varepsilon_Q$	jäähdytysenergian tuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin, -

Kaava 14. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 8.3. (11)

$$W_{\text{jäähd,apu}} = \beta_{\text{apu}} Q_{jk} \quad (8.5)$$

$W_{\text{jäähd,apu}}$	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$\beta_{\text{apu}}$	järjestelmän vuotuinen apulaitteiden sähkönkulutuksen kulutuskerroin, -
$Q_{jk}$	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a.

Kaava 15. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 8.5. (11)

#### 4.3.6 Kiinteistön sähköjärjestelmät

Kiinteistön sähkönkulutus saadaan laskettua kertomalla taloteknisten järjestelmien, kuluttajalaitteiden sekä valaistuksen sähkötehot järjestelmäkohtaisesti käyttötunneilla ja summaamalla tulokset yhteen, mikäli järjestelmien tehot ja käyttötunnit ovat tiedossa. Energiakulutuksen seurannasta vastaavan henkilön tulisi ensisijaisesti selvittää todelliset sähkötehot ja käyttötunnit, jotta laskelmista saadaan luotettavampia ja vertailukelpoisempia. Laskennassa tulee ottaa huomioon mm. mahdolliset sähköllä toimivat räys-

täiden saattolämmitykset, luiskalämmitykset, mukavuus lattialämmitykset ja käyttäjien laitteet. (13)

Jos sähköjärjestelmien ja -laitteiden tehot ja käyttötunnit eivät ole tiedossa, voidaan energiankulutusta arvioida. Arvioinnin lähtökohtana voidaan käyttää esimerkiksi vastaavien rakennuksien tiedossa olevien kulutuksien ja käyttötuntien keskiarvoja, joilla saadaan määriteltyä käyttökelpoiset vertailuarvot. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukossa (taulukko 1) on esitetty eri rakennustyyppien ominaissähkötehoja ja käyttöaikaolettamuksia. Taulukon avulla saadaan laskettua kiinteistön arvioitu sähkönkulutus, jos vertailukiinteistön tai vastaavanlaisien kiinteistöjen todellisia kulutuslukemia ja käyttöaikoja ei ole käytettävissä. Käytettäessä taulukon arvoja oletetaan laskennassa, että valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energia muuttuu kokonaan lämpöenergiaksi. (12)

Taulukko 1. Rakennuksen standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan (12)

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

a ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

d ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

#### 4.3.7 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Veden kokonaiskulutus riippuu mm. vesikalusteiden virtaamista, wc-istuinten huuhtelun määrästä, kiinteistön käyttötarkoituksesta, käyttäjien määrästä ja käyttötottumuksista. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kokonaistarve saadaan laskemalla kaavalla 16, jossa huomioidaan mm. kiertojohtojen ja varastoinnin johtumishäviöt. Lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettoenergian tarve lasketaan kaavalla 17, mikäli lämpimän käyttöveden osuus on mitattu ja tiedossa. Mikäli lämmintä käyttövettä ei ole erikseen mitattu, lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve voidaan laskea esimerkiksi vastaavien olemassa olevien rakennusten mitattujen kulutuksien keskiarvolla. Jos vastaavien rakennusten kulutustietojakaan ei ole käytettävissä, voidaan laskennallinen kulutus laskea Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukkoa 5 hyödyntäen (taulukko 2), jossa suhteutetaan lämpimän käyttöveden käyttö rakennuksen nettoalaan. Liitteen 1 laskentaesimerkissä on laskettu tarkemmin käyttöveden lämmityksen energiantarve. (11; 12.)

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (6.4)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lkv,netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{\text{lkv,siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, -
$Q_{\text{lkv,varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{lkv,kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviö, kWh/a

Kaava 16. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 6.4. (11)

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \rho_v c_{pv} V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 - Q_{\text{lkv,LTO}} \quad (3.18)$$

jossa

$Q_{\text{lkv,netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
$V_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$T_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{kv}}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h
$Q_{\text{lkv,LTO}}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

Kaava 17. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaava 3.18. (11)

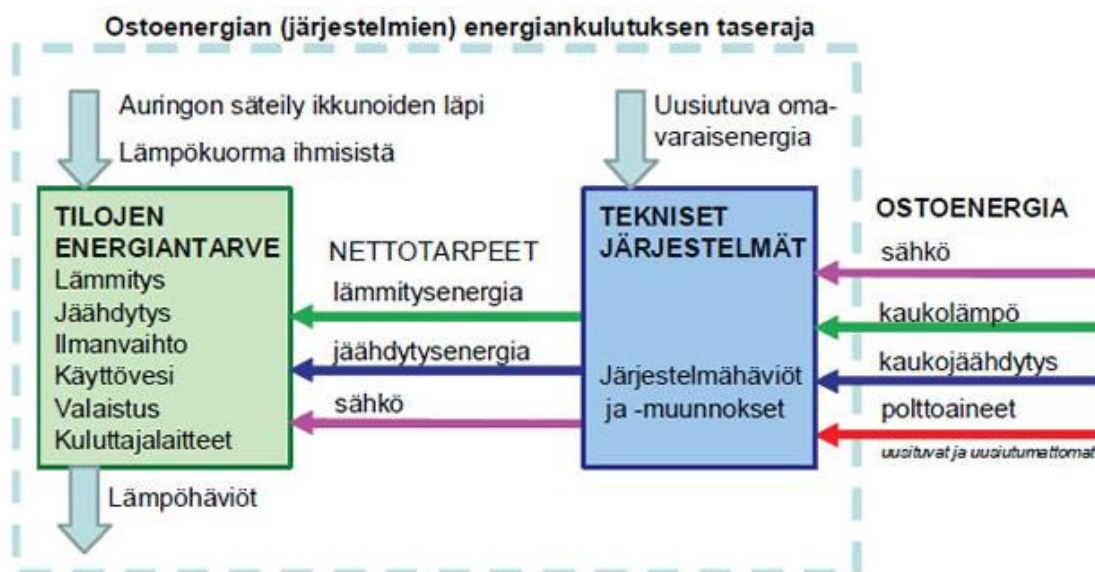
Taulukko 2. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan (12)

Käyttötarkoitukseluokka	LKV:n ominaiskulutus $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$	Lämmitysenergia $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutilat, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

#### 4.3.8 Rakennuksen sähköenergiantuotto

Rakennuksen sähkön tuottojärjestelmien esimerkiksi tuuli- tai aurinkoenergiajärjestelmän tuottama sähköenergia tulee aina laskea järjestelmäkohtaisesti ottaen huomioon kunkin järjestelmän energiantuoton hyötysuhde ja mahdollisten apulaitteiden sähkönkulutus. Rakennuksen oma sähköenergian tuotto huomioidaan rakennuksen ostoenergiaa tarkastellessa. (11)

Rakennusten energiankulutuksen tarkastelussa tulee erikseen huomioida rakennuksen ostoenergiankulutus, jota kuvataan kuviossa 9. Ostoenergian taserajalla määritellään rakennukseen ostettavan muualla kuin kiinteistössä tuotetulla energiamäärällä. Ostoenergiaa laskettaessa summataan yhteen niin ilmaiset lämpökuormat kuin rakennuksessa itsessäänkin tuotettu energiamäärä, joista vähennetään rakennuksen ja sen järjestelmien kuluttamaan energiamäärään. Näin saadaan arvioitua rakennuksen energiankulutuksen nettotarve. (10)



Kuvio 9. Ostoenergiankulutuksen taseraja (10)

#### 4.4 Järjestelmien ohjaus ja kiinteistöautomaatio

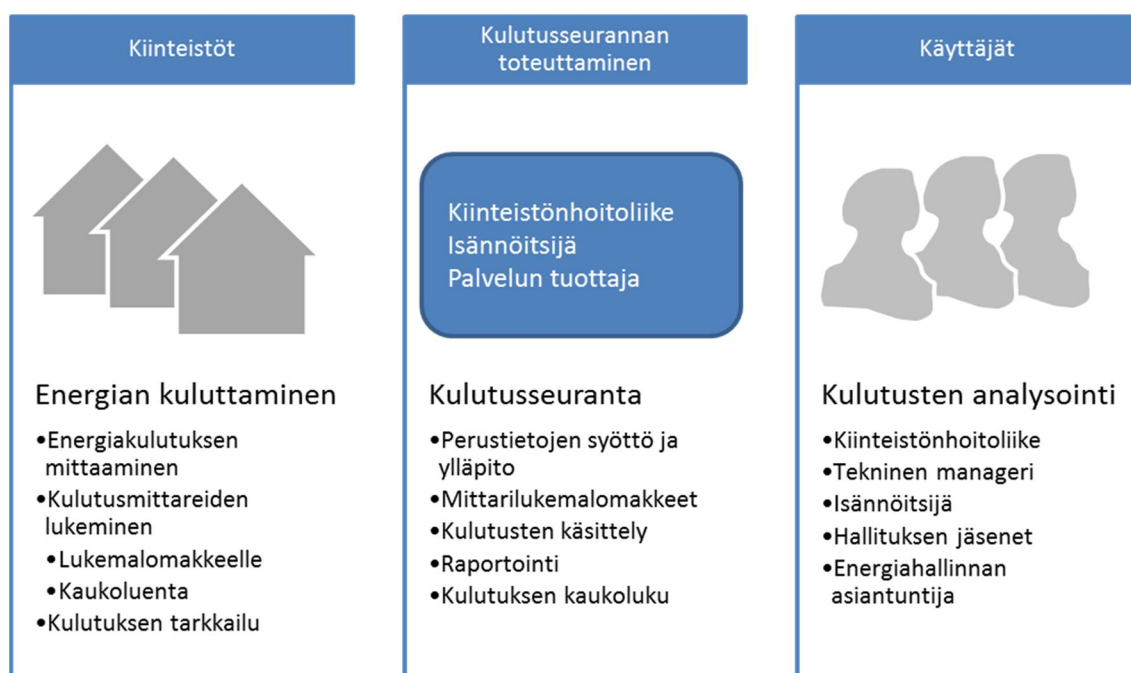
Kiinteistön ylläpidosta ja energian kulutusseurannasta vastaavien henkilöiden olisi tärkeää tietää, miten kiinteistön eri taloteknisiä järjestelmiä ohjataan, miten mahdollinen kiinteistöautomaatiojärjestelmä toimii sekä millaista dataa järjestelmästä on mahdollista saada. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän toiminnot on myös tärkeää tuntea yleisesti, sillä toimitilakiinteistöjen energiansäästö toimenpiteistä n. 15 prosenttia saadaan aikaan automaatiojärjestelmällä. Lisäksi automaatiojärjestelmästä saatavaa dataa voidaan hyödyntää talotekniikan järjestelmien toimintoja arvioitaessa. Tarkemmin kiinteistöautomaatiojärjestelmästä olisi järkevää selvittää esimerkiksi, millaisia järjestelmien aikaohjelmia on mahdollista asettaa sekä mitä hälytyksiä on mahdollista seurata. (14)

#### 4.5 Kulutusseurannan sisältö

Energian ja veden kulutusseurannan tarkoituksena on kerätä säännöllisesti kiinteistössä tai tilassa kulutetun sähkön, lämmityksen ja jäähdytyksen energiamäärät sekä veden määrät määrätyn aikavälein. Määrät saadaan selville kiinteistön kiinteistä kulutusmittareista. Kerättyjen lukematietojen perusteella lasketaan kulutukset ja halutut tunnusluvut esim. kWh/m<sup>2</sup> tai dm<sup>3</sup>/hlö/vrk. Tunnuslukuja hyväksikäyttämällä tarkastellaan kiinteistön energian ja veden kulutusta sekä arvioidaan järjestelmien toimivuutta. (1, s. 47.)

Kiinteistön ylläpitoon liitetty energian ja veden kulutuksen seuranta on normaalisti siirretty kiinteistön omistajalta sopimuksilla ulkopuolisen toimijan vastuulle. Kiinteistön omistajien on tärkeää sopia energian seurannan järjestämisestä esim. kiinteistöhoitoyhtiön, isännöitsijän tai ulkopuolisen asiantuntijan kanssa. (1, s. 43 ja 47.)

Energian ja veden kulutustietojen seuranta suositellaan tehtäväksi vähintään kerran kuukaudessa. Nykyään kulutustietojen seuraaminen on kuitenkin mahdollista tuntikohtaisesti ja täysin reaaliaikaisesti. Tuntitasoisella energian seurannalla pystytään seuraamaan kulutuslukemia eri vuorokauden ajankohtina, jolloin päästään selville helpommin ja nopeammin kiinteistön kulutuspoikkeamiin. Esimerkiksi jos kiinteistössä on veden kulutusta yöllä, jolloin rakennukset ovat tyhjiällä eikä kulutusta tulisi olla, voidaan olettaa kiinteistössä olevan vesivuoto. Kuviossa 10 on esitetty kulutetun energian ja veden mittaamiseen tarvittavia työkaluja ja laitteistoja, kulutuslukemien kirjaamisesta vastaavia tahoja sekä kirjattujen kulutuksien analysointia tekevät henkilöt. (1, s. 46 ja 47.)



Kuvio 10. Taloyhtiön energiakirjan kuvaa 3.6. kulutusseurannan toiminta mukailtu (1, s. 46.)



## 5 Energian- ja vedenkulutuksen seurannassa tehtävät havainnot

### 5.1 Energian- ja vedenkulutuksen havainnointi

Tässä luvussa on tarkoitus käydä lävitse tapauksia, joissa rakennusten energiankulutuksien mittaustuloksien on havaittu poikkeavan normaalista kulutuksesta. Tavoitteena on esittää sellaisia empiirisesti havaittuja poikkeamia, joita voidaan yleistää ilmiönä tietynlaisissa olosuhteissa toisiin rakennuksiin. Esitetyt poikkeamia vertaillaan aina oletettuun normaaliin tilanteeseen, jolloin kaikki rakennuksen järjestelmät toimivat ja ovat halutusti säädettyjä. (15, s. 111 ja 113.)

Tässä tutkimuksessa esitetyt empiiriset havainnot ovat Energia Oy:n Enerkey energiaseuranta ja -hallintaohjelmasta poimittuja kulutuksien esimerkkejä. Havainnot on esitetty taulukoin ja kaavion. Varsinainen yksittäisiä kulutuspoikkeamien syitä ei ole eritelty tutkimuksessa, vaan kunkin taulukosta tai kaaviosta havaitun kulutuspoikkeaman yhteyteen on kirjattu esimerkkejä, mistä kaavion poikkeama voisi johtua.

### 5.2 Energian- ja vedenkulutuksen poikkeamat

#### 5.2.1 Vedenkulutuspoikkeamat

Kiinteistön normaalia vedenkulutusta voidaan vertailla vastaavien kiinteistöjen ominaiskulutuksiin, jolloin kyetään arviomaan seurattavan kiinteistön vedenkulutuksen säästöpotentiaalia. Jos vastaavien vertailukohteiden ominaiskulutuksia ei ole saatavilla, voidaan vertailussa käyttää esimerkiksi Motivan rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutusarvoja ( $\text{dm}^3 / \text{r-m}^3$ ). (20)

Kiinteistön ollessa normaalissa käytössä vedenkulutuksen poikkeamien arviointi on todella haastavaa etenkin, jos kiinteistössä ei ole liiketilakohtaista vedenmittausta ja jos tiloissa on monenlaista käyttöä esimerkiksi pesulan, kampaamon, ravintolan, kuntosalin tai elintarvikemyymälän palveluita. Liiketilojen asiakkaiden lisääntyminen saattaa nostaa kiinteistön käyttäjien vedenkulutusta merkittävästi, eikä kiinteistön energiankulutuksen seurannasta vastaava taho kykene seuraamaan tilannetta. Vedenkulutuksen seurannassa on mahdollista vertailla vaikkapa kuluvan kauden kulutusta edellisten vuosien

vastaavaan ajankohtaan sekä yrittää tiedustella käyttäjiltä ja huolloilta, mistä mahdollinen kulutuksen kasvu voisi johtua. Kiinteistön normaalin vedenkulutuksen ollessa vertailtua suurempi, voidaan tarkastella esimerkiksi vesijohtoverkoston painetasoja, vesihanojen virtaamia tai wc-istuimien huuhteluiden määrää. (1, s. 36 ja 37.)

Vedenkulutusta seurattaessa yleensä melkein aina voidaan pitää lähtökohtana, että kun kiinteistö on tyhjillään, vedenkulutus on nolla. Poikkeuksena voivat olla esimerkiksi lääkärikeskukset, läpi yön auki olevat kuntosalit, uima-altaita sisältävät tai vettä jäähdytysjärjestelmän lisälauhdutukseen käyttävät kiinteistöt, joissa vettä jatkuvasti kuluttavat järjestelmät voidaan mittaroida erikseen. Vedenkulutuksen poikkeamien havaitseminen aikana, jolloin vettä ei pitäisi kulua, on yksinkertaista. Pieneenkin kulutukseen tulee reagoida ja pyrkiä selvittämään, mistä kulutus johtuu. Kulutus voi johtua esimerkiksi vuotavasta vesihanasta, wc-istuimesta tai vesiputkesta, jolloin vuoto saattaa aiheuttaa merkittävät rakenteelliset ja aineelliset vahingot. Tiedettäessä varmuudella, että kiinteistön vedenkulutus tulisi pysähtyä tietynä aikana vuorokaudesta, voidaan energianseurantajärjestelmästä ohjelmoida hälytys aina, jos kulutusta mitataan. (19)

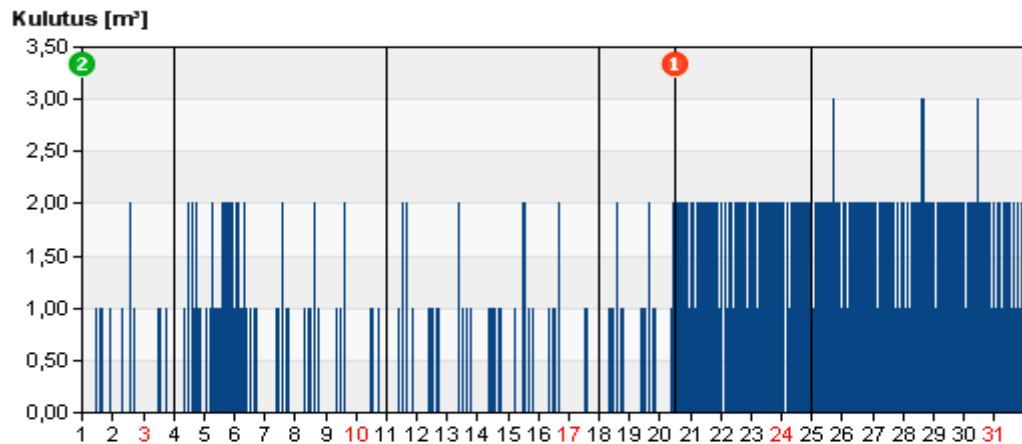
Vesivuotoa ei aina ole helppoa paikallistaa, jos kiinteistössä on vain veden päämittaus. Alamittareiden avulla voidaan mahdollinen vuoto tai kulutuksen kasvu paikallistaa alamittarin takana olevan verkoston alueelle, mikä helpottaa kulutuspoikkeaman syyn löytymistä.

Esimerkkikohteessa 1 olevan laitteen vesikalusteen vuotaminen voidaan havaita veden jatkuvalla kulutuksella alla olevista kaaviosta (kuviot 11, 12 ja 13). Normaalitilanteessa kohteen vedenkulutus lakkaa aina yöaikaan, mutta kuten alla olevista kaavioista voidaan havaita, vuodon alkamisen kuukauden 20. päivän jälkeen vedenkulutus ei yöllä enää pysähdy. Kulutuksen jatkuminen vuorokauden lävitse on helpompi havaita tarkastelemalla lyhyempiä ajanjaksoja aina päivä- ja tuntikohtaisiin kulutuksiin saakka.

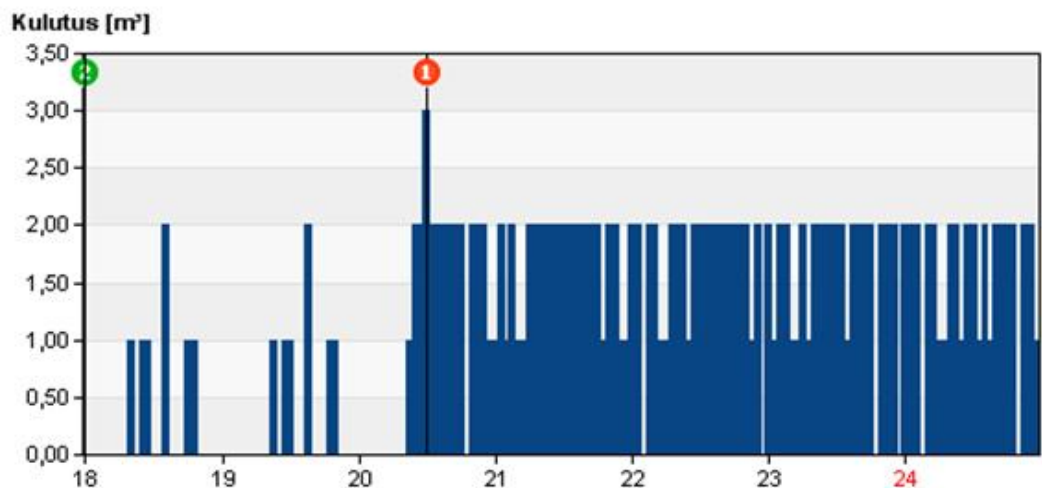
Esimerkkikohteessa 1 on ns. impulssimittari, joka antaa impulssin jokaisen kuution jälkeen. Impulssimittarilla saadaan kohteen vedenkulutus yhden kuution tarkkuudella tuntikohtaisesti mitattua. Kulutusta kuvaavasta taulukosta voidaan päätellä, että poikkeaman suuruus on n. 1 000 litraa tunnissa eli 0,28 litraa sekunnissa. Esimerkiksi normaalista keittiöhanasta tulee vettä täydellä virtaamalla n. 0,2 litraa sekunnissa, joten kyseessä on kohtuullisen suuri vedenkulutuksen poikkeama. Vedenkulutuksen poik-

keama voi aiheutua esimerkiksi vesiputken poikkeamisesta, käyttäjälaitteesta, auki jääneestä vesihanasta tai usean wc-istuimen yhtäaikaista vuotamisesta. (26)

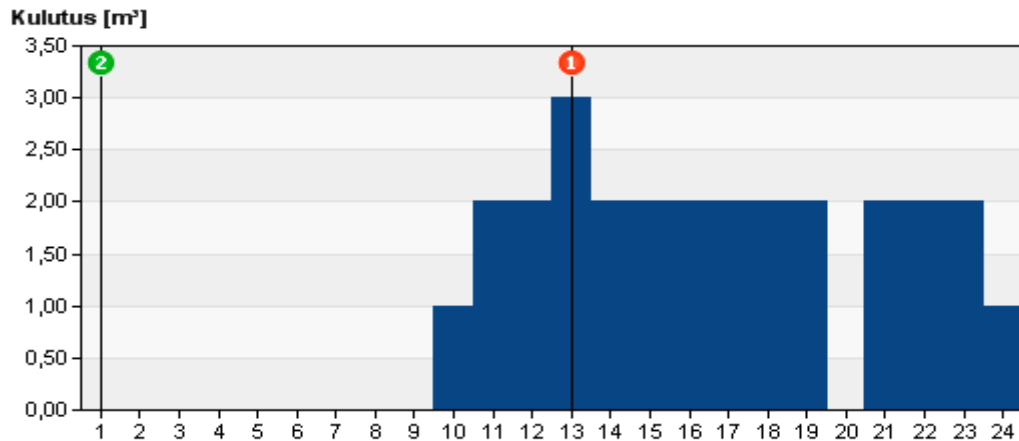
Kuukaudessa vettä kuluu turhaan  $720 \text{ m}^3$ , jos vuoto pääsee jatkumaan ja olettaen vuodon jatkuvan samanlaisena jokaisen vuorokauden läpi. HSY:n internetsivuilta löytyvän vesimaksulaskurin avulla laskettuna vuodon aiheuttamat vesimaksun kustannukset kasvaisivat n. 2 200 euroa kuukaudessa, kunnes vuoto on korjattu. (22)



Kuvio 11. Esimerkkikohteen 1 vedenkulutuksen kaavio kuukauden ajalta



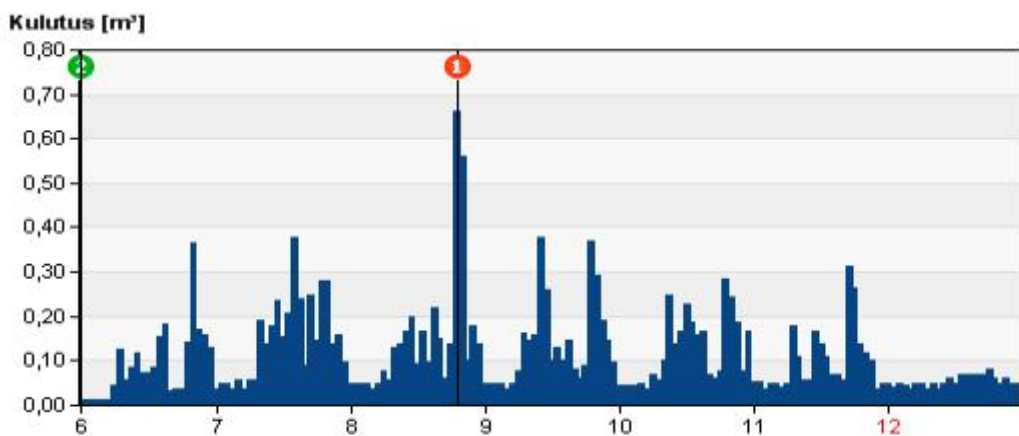
Kuvio 12. Esimerkkikohteen 1 vedenkulutuksen kaavio viikon ajalta



© Energiakolmio Oy - [www.enerkey.com](http://www.enerkey.com)

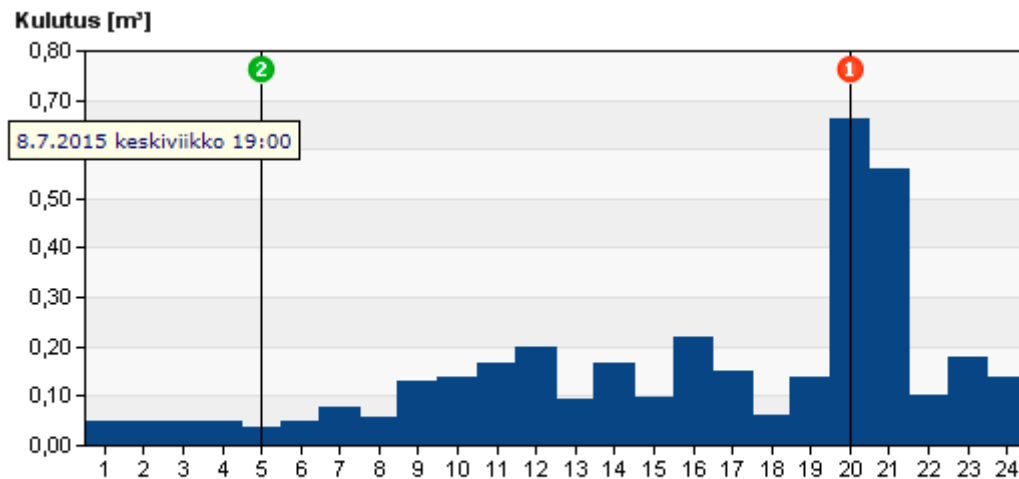
Kuvio 13. Esimerkkikohteen 1 kuukauden 20. päivän vedenkulutuksen kaavio

Esimerkkikohteen 2 vedenkulutuksen viikon aikaisesta kaaviosta (kuvio 14) ja yhden päivän kulutuksen kaaviosta (kuvio 15) voidaan havaita, että vettä kuluu läpi yön n. 50 litraa tunnissa eli n. 0,014 litraa sekunnissa. Virtaama ei ole kovin suuri, mutta vedenkulutus on jatkuvaa. Esimerkkikohteessa esiintyvän poikkeaman jatkuessa samanlaisena läpi kuukauden jokaisen päivän, kuukauden aikana veden kulutuksen kustannukset kasvaisivat n. 110 €. Poikkeaman voi aiheuttaa esimerkiksi vuotava putki, hana tai wc-istuin. (22)



© Energiakolmio Oy - [www.enerkey.com](http://www.enerkey.com)

Kuvio 14. Esimerkkikohteen 2 vedenkulutuksen kaavio viikon ajalta

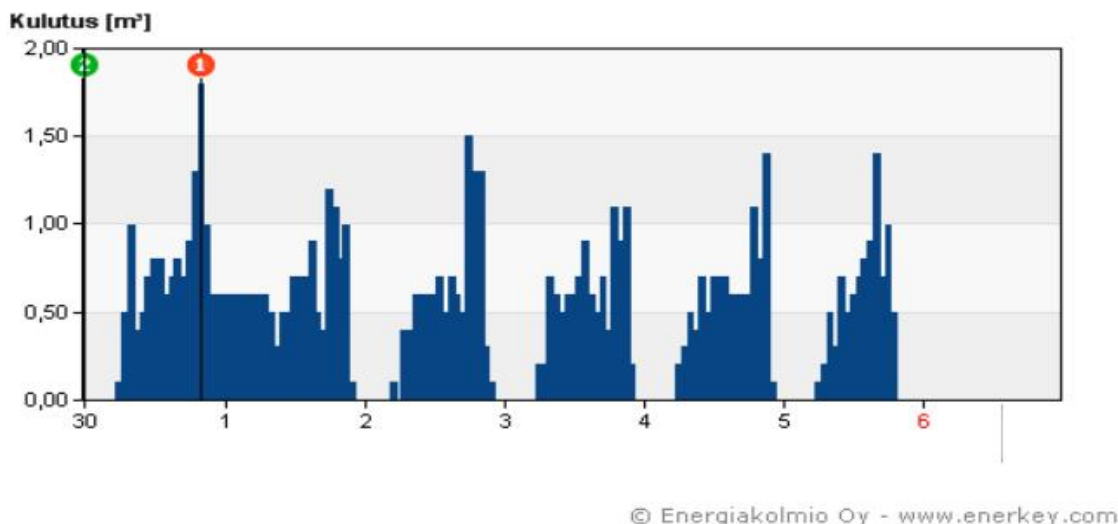


© Energiakolmio Oy - [www.enerkey.com](http://www.enerkey.com)

Kuvio 15. Esimerkkikohteen 2 kuukauden 8. päivän vedenkulutuksen kaavio

Esimerkkikohteessa 3 veden kulutuksen viikon aikaisesta kulutuksen taulukosta (kuvio 16) voidaan havainnoida, että yhtenä yönä on ollut poikkeavaa vedenkulutusta, mutta tilanne on korjaantunut. Kyseessä on voinut olla esimerkiksi käytössä tapahtunut hetkellinen muutos tai vuotava wc-istuin. Jos vastaavat poikkeamat toistuvat, on syytä selvittää tarkemmin, mistä poikkeamat johtuvat. Yhden yön ylimääräinen vedenkulutus on n. 4,8 m<sup>3</sup> ja aiheuttaa n. 15 euron kustannukset.

Lisäksi nähdään, että yhtenä päivänä ei ole lainkaan kulutusta. Jos kiinteistö on toiminut normaalisti, voitaisiin epäillä mahdollista mittaroinnin häiriötä tai vikaa. Toistuvat mittaroinnin häiriöt ja viat tulee selvittää, jotta kulutuslukemien luotettavuus ei kärsi ja analysointi vaikeudu. (22)



Kuvio 16. Esimerkkikohteen 3 vedenkulutuksen kaavio viikon ajalta

Esimerkkikohteissa 2 ja 3 veden impulsimittaus on huomattavasti tarkempi ja veden kulutusta on mahdollista seurata 10 litran tarkkuudella. Esimerkkikohteen 1 impulssimittauksen ongelmana on liian heikko tarkkuus. Esimerkiksi kuviosta 15 todettua veden yönaikasta kulutusta, joka on n. 40–50 litraa tunnissa, ei välttämättä huomattaisi esimerkkikohteen 1 epätarkemmalla mittauksella. Vuodon ollessa noin 41,5 l/h, kuution virtaaminen kestäisi arviolta 24 tuntia. Näin ollen kulutuspiikki saattaisi osua hyvin myös jokaisen päivän keskelle, jolloin poikkeamasta tulee kulutustrendin mukainen. Näin ollen poikkeamaa ei myöskään ole niin helppoa tunnistaa eikä siihen pystytä reagoimaan. Tarkempi vedenmittaus helpottaa myös edellä mainitun esimerkin perusteella kulutuksen analysointia.

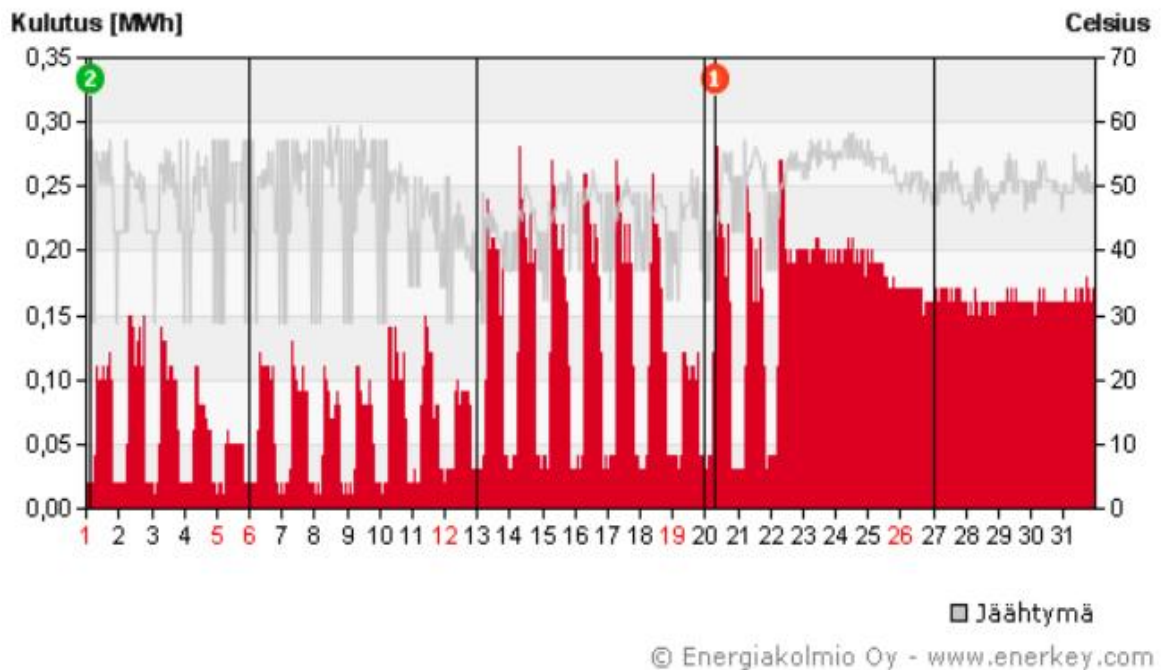
### 5.2.2 Kaukolämmönkulutuspoikkeamat

Rakennuksen todellisen normitetun lämmitysenergiankulutuksen kehitystä voidaan vertailla kiinteistön aikaisempien vuosien energiankulutukseen. Lisäksi lämmitysenergian toteutuneita kulutuksia voidaan vertailla kiinteistön laskennallisen lämmitystarpeeseen ja vastaavien kiinteistöjen ominaiskulutuksiin. Laajemmalla vertailulla on mahdollista kartoittaa paremmin kiinteistön lämmitysenergiensäästöpotentiaali. Lämmitysenergiankulutuksen vertailussa olisi tärkeää saada tietoon myös vertailuhetken ulkolämpötilatiedot, koska lämmitysenergian tarve on suoraan verrannollinen ulkolämpötilaan. (20; 24.)

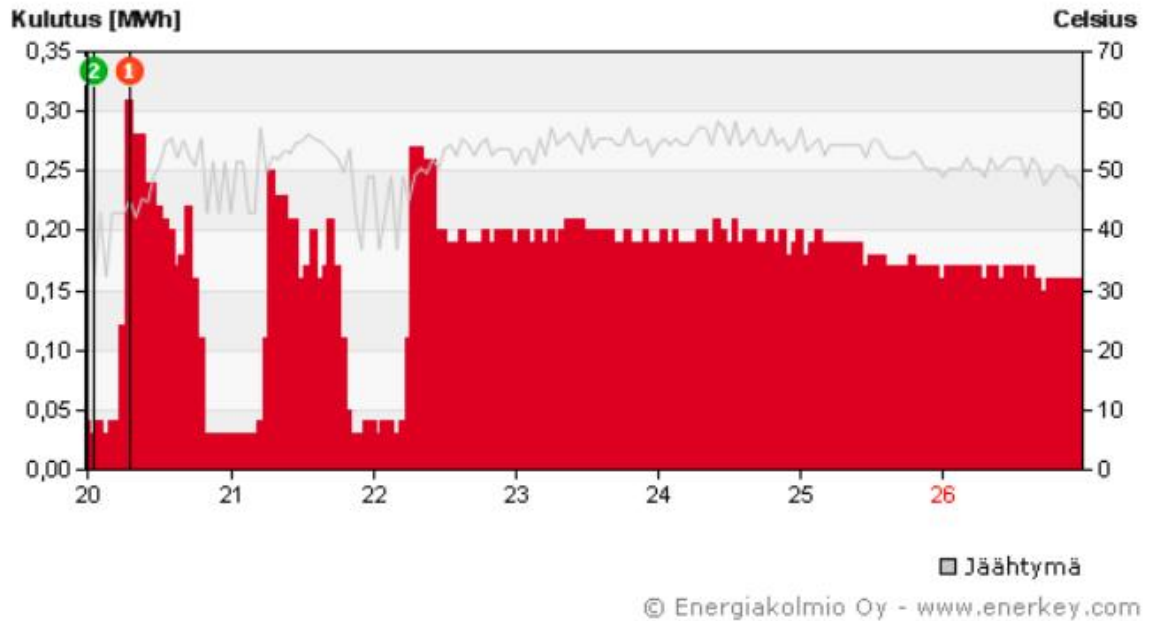
Energianseurantajärjestelmän lisäksi tärkeää tietoa järjestelmien toiminnasta saadaan kiinteistöautomaatiojärjestelmästä, josta voidaan poimia historiatietoa esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilman lämpötiloista. Tietoa voidaan hyödyntää, jos epäillään ilmanvaihtokoneen toimintahäiriötä. (16)

Kaukolämmön energianseurannalla havaittuja vikoja ovat esimerkiksi rikkoontuneet tai vikaantuvat säätölaitteet, kiertovesipumput, ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, säätöventtiilit ja lämmönsiirtimet. Vikoja syntyy muun muassa järjestelmien osien kulumisesta ja rikkoutumisesta, vääristä säädöistä sekä vääränlaisesta käytöstä. (23)

Esimerkkikohteen 4 kaukolämmön energiankulutuksen kuukauden ja viikon aikaisista kaavioista (kuviot 17 ja 18) voidaan havaita kulutuspoikkeaman alkavan kuukauden 22. päivän aikana. Kohteen kaukolämmityksen energiankulutus kasvaa arviolta noin 1 megawattitunnin (MWh) vuorokaudessa. Vantaan Energian tammikuun 2016 myyntihintaa 70,62 €/MWh käytettäessä aiheutuisi kiinteistölle ylimääräisiä kustannuksia n. 2 100 € kuukaudessa. Olettaen, että kulutuspoikkeama olisi vastaavanlainen kuukauden jokaisena päivänä. Esimerkkikohteen 4 mukaisen lämmitysenergian poikkeaman voi aiheuttaa esimerkiksi moottoriventtiilin rikkoutuminen tai automaatio-ohjauksessa tapahtuva vika. (27)



Kuvio 17. Esimerkkikohteen 4 kaukolämmön energiankulutuksen kaavio kuukauden ajalta



Kuvio 18. Esimerkkikohteen 4 kaukolämmön energiankulutuksen kaavio viikon ajalta

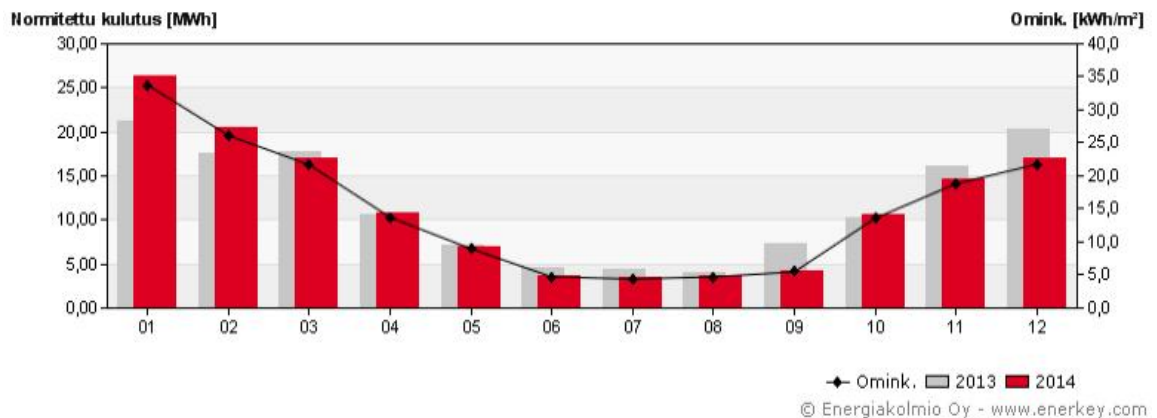
Taulukosta 3 voidaan tarkastella esimerkkikohteen 4 kaukolämmön normitettuja energiankulutuksen lukemia vuosien 2013 ja 2014 ajalta. Kuten taulukosta voidaan havaita, elokuun kulutusluku on vuonna 2014 noussut 27,0 prosenttia edellisen vuoteen verrattuna, mutta kulutus on kasvanut vain 0,57 MWh. Kustannuksena poikkeama on noin 14 € kuukaudessa kesäaikaisen myyntihinnan ollessa 24,30 €/MWh. Lämmitysenergian kulutusvertailua tehtäessä on siis tärkeää tarkastella kokonaisuutta eikä ainoastaan prosentuaalisia muutoksia. (27)

Taulukko 3. Esimerkkikohteen 4 kaukolämmön energiankulutuksen seurantataulukko

Yhteensä [MWh]							
Kuukausi	2013	2014	Muutos	Maksimi [kW]	Jäähtymä [°C]	Vesivirran maksimi m <sup>3</sup> /h	
Tammikuu	65,48	77,10	17,7 %	310	50	5,90	
Helmikuu	58,83	78,97	34,2 %	170	45	3,10	
Maaliskuu	52,18	46,53	-10,8 %	150	49	2,60	
Huhtikuu	31,99	29,21	-8,7 %	130	48	2,20	
Toukokuu	10,32	11,80	14,4 %	110	45	1,80	
Kesäkuu	2,04	3,97	94,6 %	40	32	0,60	
Heinäkuu	2,03	2,24	10,3 %	10	23	0,30	
Elokuu	2,10	2,67	27,0 %	20	26	0,30	
Syyskuu	11,25	10,30	-8,4 %	40	36	0,70	
Lokakuu	28,58	27,39	-4,2 %	160	48	3,00	
Marraskuu	49,54	43,54	-12,1 %	150	49	2,60	
Joulukuu	58,98	55,17	-6,5 %	290	49	5,80	
<b>Yhteensä</b>	<b>373,33</b>	<b>388,89</b>	<b>4,2 %</b>	<b>310</b>	<b>47</b>	<b>5,90</b>	
Ominaiskulutus [kWh/m <sup>3</sup> ]	7,9	8,2					



Kuviosta 19 ja taulukosta 4 voidaan todeta, että esimerkkikohteen 5 lämmitysenergian kulutus on lähtenyt nousuun marraskuussa 2013, ja palannut takaisin vastaamaan aikaisempaa vuotta maaliskuussa 2014. Edellä mainittuna ajankohtana energiankulutus on kasvanut n. 13 MWh, mistä aiheutuu n. 910 € kustannusten lisääntyminen kiinteistölle neljän kuukauden ajalta. Vika voi olla esimerkiksi ilmanvaihdon lämmöntalteenoton, säätölaitteen tai moottorilla varustetun säätöventtiilin rikkoutuminen. (27)



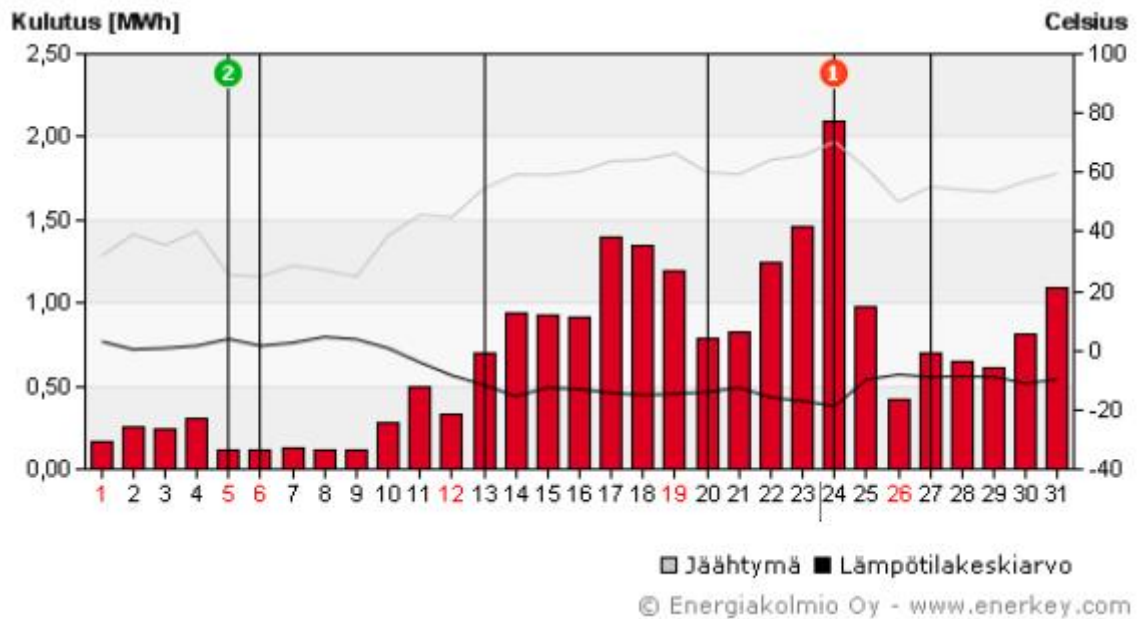
Kuvio 19. Esimerkkikohteen 5 kaukolämmön energiankulutuksen kaavio vuoden ajalta

Taulukko 4. Esimerkkikohteen 5 kaukolämmön energiankulutuksen seurantataulukko

Yhteensä [MWh]							
Kuukausi	2013	2014	Muutos	Maksimi [kW]	Jäähtymä [°C]	Vesivirran maksimi m <sup>3</sup> /h	
Tammikuu	21,19	26,40	24,6 %	84	54	1,22	
Helmikuu	17,59	20,43	16,2 %	60	52	1,12	
Maaliskuu	17,69	16,96	-4,2 %	42	57	0,69	
Huhtikuu	10,62	10,74	1,1 %	30	64	0,50	
Toukokuu	7,10	7,03	-1,1 %	30	71	0,42	
Kesäkuu	4,62	3,70	-19,9 %	12	87	0,16	
Heinäkuu	4,41	3,44	-21,9 %	12	88	0,16	
Elokuu	3,95	3,70	-6,4 %	12	90	0,16	
Syyskuu	7,32	4,29	-41,4 %	18	80	0,27	
Lokakuu	10,29	10,63	3,3 %	42	62	0,62	
Marraskuu	16,04	14,72	-8,2 %	42	59	0,66	
Joulukuu	20,37	17,02	-16,5 %	60	58	1,04	
<b>Yhteensä</b>	<b>141,21</b>	<b>139,07</b>	<b>-1,5 %</b>	<b>84</b>	<b>60</b>	<b>1,22</b>	
Ominaiskulutus [kWh/m <sup>2</sup> ]	180,6	177,8					

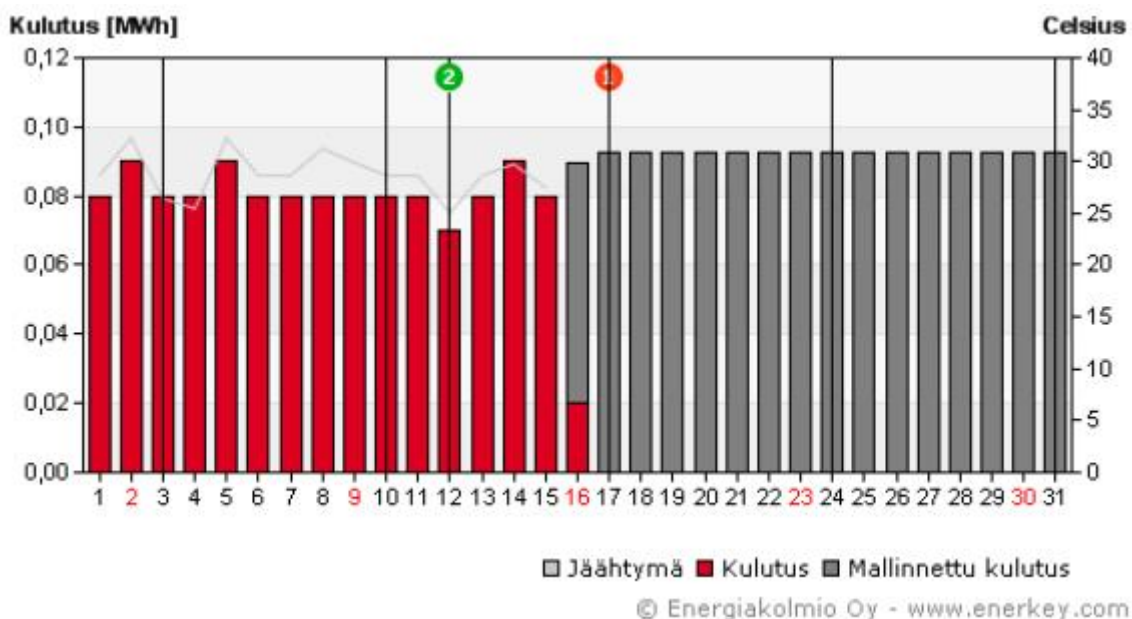
Esimerkkikohteiden 4 ja 5 kaukolämmön energiankulutuksen mittaukset perustuvat veden tiheyteen ja ominaislämpöön, meno- ja paluuveden lämpötilaeroon sekä veden virtausmääriin. Näissä kohteissa on mahdollista saada tiedoksi tuntikohtainen lämpöenergiankulutus, jolloin on mahdollista analysoida erikseen lämmönkulutusta eri vuoro-kauden aikoina. (23)

Jos lämmitysenergiankulutuksen vertailuun saadaan ulkolämpötilan historiatietoa, saatetaan löytää usein selitys kasvavaan energiakulutukseen. Esimerkkikohteen 6 lämmitysenergiankulutuksen kaaviosta (kuvio 20) voidaan todeta esimerkiksi lämmitystarpeen kasvavan ulkolämpötilan tippuessa nollan alapuolelle. Normitettujen energiakulutuskemien lisäksi ulkolämpötilan seuraaminen on tarpeellista etenkin esimerkiksi poikkeuksellisina kylmäjaksoina kesäaikaan, jolloin normitusta ei yleensä tehdä. Esimerkkikohteen 6 lämmitysenergian kulutuksenkasvu johtunee siis todennäköisesti ulkolämpötilan kylmenemisestä.



Kuvio 20. Esimerkkikohteen 6 kaukolämmön energiakulutuksen kaavio kuukauden ajalta

Esimerkkikohteen 7 lämmitysenergian kulutuskaaviosta (kuvio 21) voidaan todeta kulutuksen mittauksen pysähtyneen kokonaan. Kyseessä voi olla esimerkiksi etäluentamittauksen häiriö tai rikkoutuminen. Mittauksessa havaitut viat tulisi aina heti korjata, jotta luetettava energiakulutuksen seuranta saadaan taattua.



Kuvio 21. Esimerkkikohteen 7 kaukolämmön energiankulutuksen kaavio kuukauden ajalta

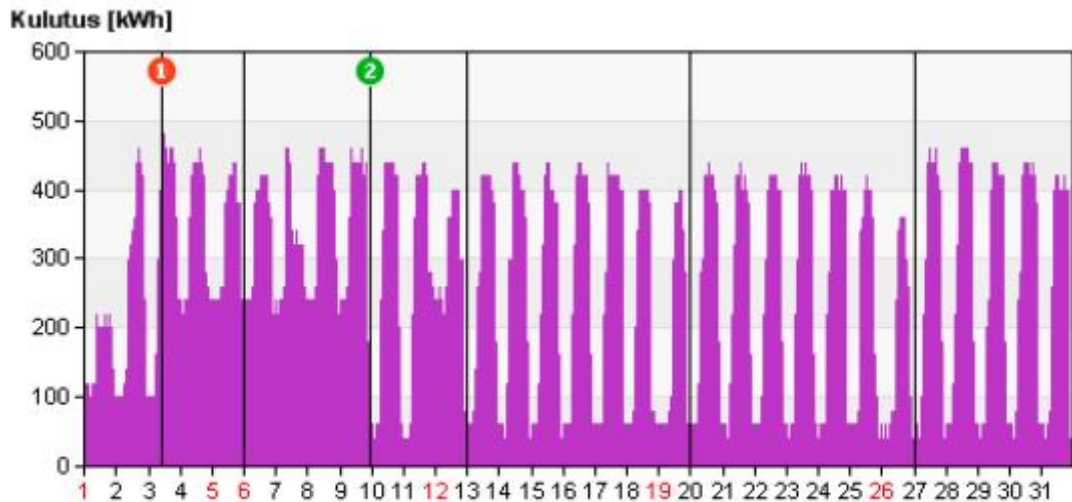
### 5.2.3 Sähkönkulutuspoikkeamat

Rakennuksen sähköenergiankulutuksen kehitystä voidaan vertailla kiinteistön aikaisempaan energiankulutukseen. Energiansäästöpotentiaalin kartoittamiseksi toteutuneita sähkönkulutuksia voidaan vertailla myös vastaavien kiinteistöjen ominaiskulutuksiin ja laskennalliseen energiankulutukseen. Sähköenergian laskennallista kulutusta varten tarvitsee tietää kiinteistön järjestelmien kulutuksen lisäksi myös käyttäjien toimintaan tarvittava sähkönkulutus. (20)

Viat, joita havaitaan sähkönkulutuksen seurannalla, ovat esimerkiksi rikkoontuneet tai vikaantuvat kiinteistöautomaatiojärjestelmän osat, säätölaitteet, valaistusohjaukset, pumput, puhaltimet tai sähkölämmitysjärjestelmät. Viat syntyvät esimerkiksi laitteiden osien kulumisesta tai rikkoutumisesta, vääränlaisesta käytöstä tai säädöistä tai sähkökatkoista. Sähkönkulutukseen vaikuttaa merkittävästi myös käytön aikaiset kuten laitekannan, käyttöasteen tai toimintamallien muutokset. Alamittauksilla voidaan helpottaa kulutuspoikkeaman aiheuttaneen syyn kohdentamista kiinteistön tiettyyn mittaroituun alueeseen tai järjestelmään.

Esimerkkikohteen 8 sähkönkulutusta kuvaavasta kaaviosta (kuvio 22) voidaan havaita kuukauden kolmen ensimmäisen vuorokauden yökulutuksen olevan noin puolet korke-

ampi ja päivien 4–10 välillä noin viisinkertainen normaaliin verrattuna. Kuvion 22 mukaisessa kulutuspoikkeamassa voi olla kyseessä esimerkiksi valaistuksen tai räystälämmityksien ohjauksessa tapahtunut vika tai virhe. Esimerkkikohteen 8 kulutuspoikkeama saattaa johtua myös esimerkiksi yöllisen inventaarion, korjauksen tai perussiihouksen vuoksi tapahtuneesta yöllisestä valaistuksesta ja ilmanvaihdosta. Kuvion 22 mukaisesti alkukuukauden pienemmässä poikkeamassa saattaa olla kyseessä esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden ohjausvirhe tai vika.



© Energiakolmio Oy - [www.enerkey.com](http://www.enerkey.com)

Kuvio 22. Esimerkkikohteen 8 sähköenergiankulutuksen kaavio kuukauden ajalta

Viikon kulutusta kuvaavasta kaaviosta 23 pystytään tarkemmin havainnoimaan energiakulutuksen eroavaisuus esimerkkikohteen 8 osalta. Kaaviosta voidaan todeta, että normaali yöllinen pohjakuorma on noin 40 kilowattituntia kun taas poikkeaman aikana kulutus nousee noin 230 kilowattituntiin. Karkeasti arvioituna poikkeaman aiheuttaman kulutuksen kasvu on noin 1 100 kWh vuorokaudessa. Jos oletetaan poikkeaman kestävän vastaavanlaisena kuukauden ajan, energiakustannukset kasvaisivat n. 3 100 € kuukaudessa, jos sähkön hintana on 9,3 senttiä kilowatilta. (28; 29.)

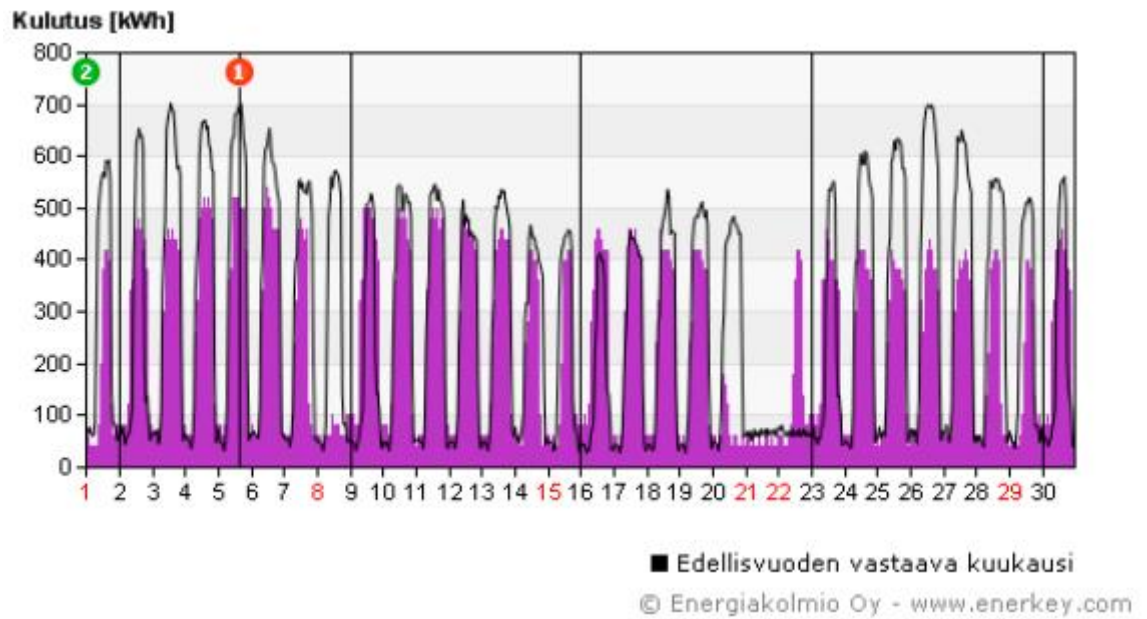


© Energiakolmio Oy - [www.enerkey.com](http://www.enerkey.com)

Kuvio 23. Esimerkkikohteen 8 sähköenergiankulutuksen kaavio viikon ajalta

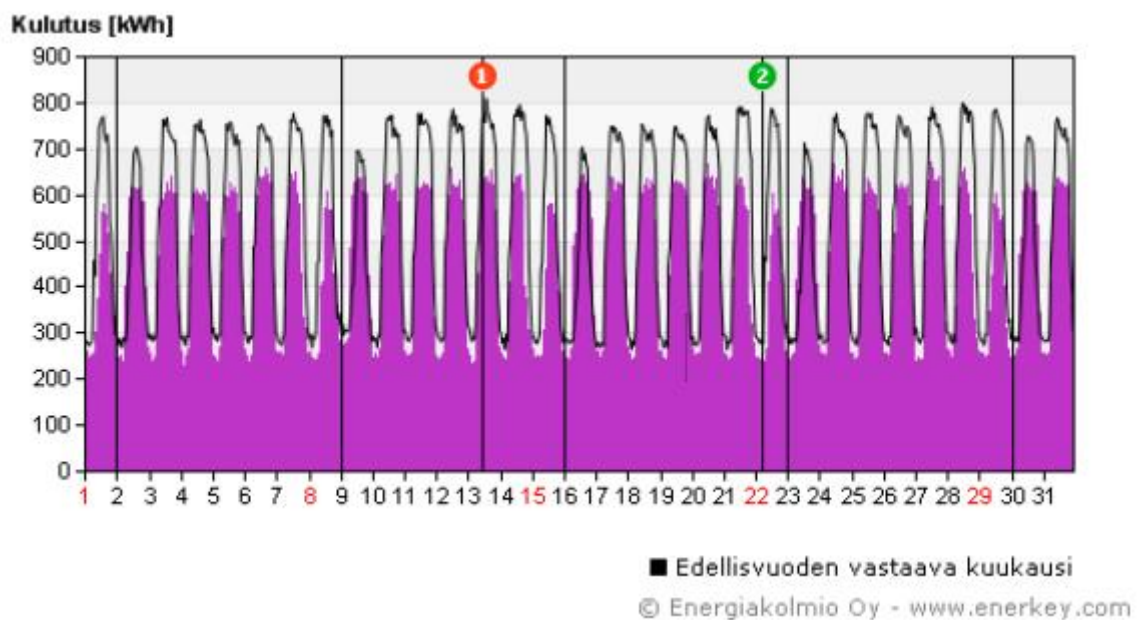
Esimerkkikohteiden 9 ja 10 kuukausittaisista sähkönkulutuksen kaaviosta (kuviot 24 ja 25) voidaan todeta, että kuukausittaiset kulutustrendit ovat molemmissa kohteissa tip-puneet edellisen vuoden vastaavaan kuukauteen verrattuna. Kohteiden sähköener-giankulutuksen laskuun voi olla syynä onnistunut energiansäästötoimenpide. Jos tie-dossa ei ole tehtyjä energiansäästöön vaikuttavia toimia, voi kyseessä olla esimerkiksi laitteen tai järjestelmän rikkoutuminen, käyttöasteen muutos tai mittausvirhe.

Kuviosta 24 nähdään, että yöllinen energiankulutus on edellisen vuoden yökulutuksen tasolla, mutta päivän kulutus on osana päivistä alhaisempi. Poikkeama voi johtua esi-merkiksi kesällä jäähdytystarpeen muuttumisesta, jäähdytyksen ohjauksen vikaantumi-sesta tai jäähdytysjärjestelmän vikaantumisesta. Talvella poikkeama voisi viitata esi-merkiksi sähköisten saattolämmitysten, oviverhopuhaltimien tai lämmitysjärjestelmän toimintaan. Tärkeää olisi saada lisätietona vertailukuukausien lämpötilatiedot.



Kuvio 24. Esimerkkikohteen 9 sähköenergiankulutuksen kaavio kuukauden ajalta

Kuviosta 25 voidaan havaita, että sekä päivä- että yöaikainen sähkönkulutus on laskenut. Kulutuksen laskeminen voi johtua esimerkiksi käyttöasteen muuttumisesta, laitteen tai järjestelmän vikaantumisesta tai onnistuneesta energiansäästötoimenpiteestä.



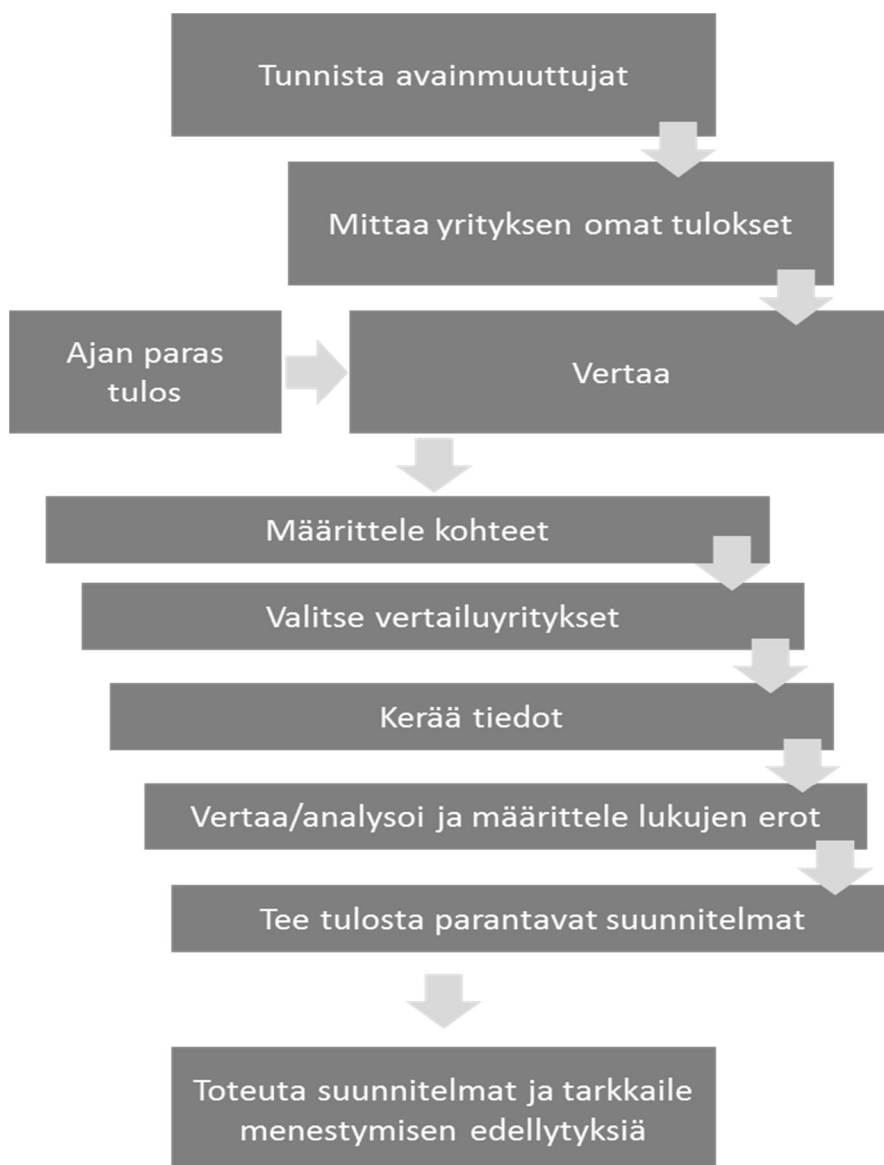
Kuvio 25. Esimerkkikohteen 10 sähköenergiankulutuksen kaavio kuukauden ajalta

### 5.3 Kiinteistöjen energiakulutuksen vertailu ja analysointi

Rakennuksen energiankulutusseurannan ja -vertailun avuksi lasketuilla järjestelmien laskennallisilla energiamäärillä saadaan selville, kuinka paljon todellinen kulutus poikkeaa oletetusta. Rakennuksen laskennallista energiankulutusta voidaan siis vertailla todelliseen kulutukseen. Energian seurantaohjelmien avulla voidaan seurata kiinteistön energian- ja vedenkulutusta aikaisempina päivinä, viikkoina, kuukausina ja vuosina eri vuorokauden aikoina. Seurantaohjelmien ja kiinteistön laskennallisen energiankulutuksen avulla saadaan oikeita vertailuarvoja, joita voidaan hyödyntää myös taloteknisten järjestelmien kulutuksia ja kulutuksien kehittymistä arvioitaessa. (3, s. 100; 10.)

Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksien analysoinnissa on tärkeää tietää myös, kuinka paljon kiinteistö kuluttaa energiaa aikana, jolloin kiinteistössä ei ole käyttäjiä esimerkiksi yöaikaan. Edellä mainittua kulutusta kutsutaan ns. pohjakuormaksi. Kiinteistön pohjakuorma tulisi laskea tai arvioida myös parhaiden tietojen mukaan. Usein rakennuksien ollessa tyhjillään esimerkiksi ilmanvaihdon poistopuhaltimia jätetään päälle, mahdollisia kulkuvalaistuksia pidetään päällä sekä rakennusta lämmitetään. Pohjakuorman nouseminen on yleensä merkki jonkin järjestelmän vikaantumisesta tai muusta poikkeavasta kiinteistön käytöstä, jotka kiinteistön energian seurannasta vastaavalla taholla tulisi olla tiedossa. (31)

Kevennettyinä tehty esikuva-analyysi on yksi vaihtoehtoinen tapa energian ja veden seurantaan ja analysointiin. Esikuva-analyysinprosessikaavio on esitetty kuviossa 26. Esikuva-analyysia käytettäessä valitaan seurattavat avainmuuttujat esimerkiksi ominaiskulutus ( $\text{kWh/m}^2/\text{kk}$ ) tai kokonaiskulutus kuukaudessa ( $\text{kWh}/\text{kk}$ ). Mitataan ja lasketaan seurattavien kiinteistöjen kulutustiedot. Pyritään hakemaan alimmat mahdolliset kulutuslukemat, jotka olisi mahdollista saavuttaa. Verrataan seurattavan kiinteistön energiankulutusta alimpiin saavutettavissa oleviin kulutuksiin. Tämän jälkeen valitaan vertailtavat kohteet sekä verrataan mitattuja tuloksia vastaaviin olemassa oleviin kiinteistöihin. Mittauksien ja tietojen keräämisen jälkeen suoritetaan vertailua ja analysointia. Analysoimalla pyritään löytämään energiatehokkuutta parantavat toteutuskelpoiset ratkaisut. Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden toteutuksen jälkeen kulutuslukemia seurataan ja arvioidaan onnistuminen. (2, s. 128.)



Kuvio 26. Kiinteistö- ja toimitilajohtaminen: Kuvio 5.9 IFMA:n (International Facility management association) esikuva-analyysiprosessikaavio (2, s. 129.)

Esikuva-analyysin lähtökohtana seurattavan kiinteistön energiakulutuksia vertaillaan muihin olemassa oleviin kiinteistöihin, aikaisempiin kulutuslukemiin, laskennallisiin kulutuksiin sekä olemassa olevaan tekniikkaan yrittäen löytää mahdollisimman pieni energian- ja vedenkulutus. Esikuva-analyysiä tehdessä pitää välttää uusien innovaatioiden ja uusien toimintatapojen kehityksen hidastumista, jolloin ei ainoastaan kopioida olemassa olevia ratkaisuja. (2, s. 130.)



#### 5.4 Energiakustannukset kulutuslukemien tukena

Kulutuslukemien muuttaminen kustannuksiksi eli kulutusjärjestelmän tiedossa tulisi olla kulloinenkin kiinteistökohtainen energian hinta, josta saataisiin omat diagrammit ja laskelmat. Kustannustietojen aktiivinen seuraaminen antaa myös motivaation tehdä pienempiäkin muutoksia. Esimerkiksi jos nähdään 1 %:n muutoksen olevan euromääräisesti mitattuna 1 000 €, nähdään suoraan vaikutukset kiinteistön ylläpitokuluihin. Energiankulutuksen ja energian hintatietojen avulla arvioidaan investoinnin kannattavuutta sekä tehdään tarvittavat investoinnin kannattavuuslaskelmat. (31, s. 31.)

Energiankulutustietojen perusteella laskettavia kustannustietoja voidaan käyttää laskettaessa investoinnin kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa. Liitteenä 2 olevassa investointilaskelmaesimerkissä on laskettu ilmanvaihtokoneen takaisinmaksuaikaa säästetyillä energiakustannuksilla. Laskennassa oletetaan ilmanvaihtokoneen hankintahinnaksi 36 000 €. Uuden koneen vaihtaminen säästää kiinteistön lämmitys- ja sähköenergian kustannuksia noin 7000 € vuodessa. Investoinnin vuotuiseksi koroksi on oletettu 8 %. Esimerkissä lasketaan sekä yksinkertainen että korollinen takaisinmaksuaika. Lisäksi investoinnille on tehty herkkyystarkastelua muuttuneesta hankintahinnasta, korosta ja energiansäästöstä. (25)

Yksinkertaisessa takaisinmaksuajassa jaetaan hankintakustannus arvioiduilla säästöillä eikä korkokuluja huomioida laskelmassa lainkaan ja lisäksi oletetaan jäännösarvon olevan nolla. Kaavassa 18 on esitetty investoinnin yksinkertaisen takaisinmaksuajan laskentakaava. (25)

$$n = H / T$$

$n$ , takaisinmaksuaika

$T$ , energiansäästö (eli arvioitu tuotto)

$H$ , hankintahinta

Kaava 18. Yksinkertaisen takaisinmaksuajan määrittäminen (25)

Korollinen takaisinmaksuaika lasketaan kaavan 19 esittämällä tavalla. Korollisessa takaisinmaksuajan laskennassa päädytään pidempiin takaisinmaksuaikoihin kuin yksinkertaisessa takaisinmaksuajassa.

$$n = \frac{\ln \frac{T}{T - Hi}}{\ln(1 + i)}$$

$n$ , takaisinmaksuaika

$T$ , energiansäästö (eli arvioitu tuotto)

$H$ , hankintahinta

$i$ , korko

Kaava 19. Korollisen takaisinmaksuajan määrittäminen (25)

Liitteen 2 herkkyystarkastelusta voidaan havaita, että yksinkertaisella takaisinmaksuajalla laskettuna muutoksella korkoon ei ole vaikutusta ja että hinnan tai energiansäästönkin muutokset ovat pienempiä kuin korollisen takaisinmaksuajan herkkyystarkastelussa. Korollisessa takaisinmaksuajan herkkyystarkastelusta voidaan havaita, että hankintahinnan noustessa tai energiansäästön ollessa suurempi kuin 15 % alkuperäisestä takaisinmaksuaika lyhenee reilu puolella vuodella. Päinvastaisessa tapauksessa muutos on arvioilta noin puolivuotta pidempi. Koron muuttuessa noin 2 % yksikköä korkeammaksi myös takaisinmaksuaika kasvaa noin neljällä kuukaudella ja päinvastoin lyhenee noin neljällä kuukaudella koron laskiessa 2 %. (25)

## 5.5 Käyttäjien vaikutus energiankulutukseen

Kiinteistön energiaseurannasta vastaavan henkilön tulisi tietää tarkasti kaikki kiinteistön käytössä tapahtuvat energiaa tai vettä kuluttavien käyttäjälaitteiden, käyttöasteen ja toiminta-aikaan liittyvät muutokset. Näin ollen käyttäjien tietoisuutta kulutuksista voidaan lisätä eikä kulutuspoikkeamiin reagoida turhaan. Energian ja veden kulutuksen vähentämiseen vaikuttaa myös käyttäjien motivointi ja tiedottaminen saavutetuista kustannussäästöistä. Käyttäjille tulee kertoa, miten he voivat vaikuttaa kiinteistön energian säästötoimenpiteisiin sekä miten heidän tulee reagoida mahdollisiin vikatilanteisiin esimerkiksi havaittuaan vuotavan hanan tai poikkeamaan sisälämpötilassa. (1, s. 34 ja 35.)

## 6 Korjaustarpeiden määrittäminen energiankulutuksen perusteella

Tutkimuksessa esimerkkinä toimineiden kiinteistöjen, jotka olivat kaikki pääkaupunki-seudulla sijaitsevia liike- ja toimitilakiinteistöjä, energian- ja vedenkulutuslukemien perusteella poikkeavan kulutuksen nousemisen tai laskemisen syyn selvittämiseen tarvittiin tiedot niin sään, taloteknisten järjestelmien mahdollisista säätömuutoksista kuin käytön muutoksista. Tutkimusta varten tehtyjen empiiristen havaintojen perusteella kiinteistöjen energiankulutus vakiintuu tietylle tasolle tietynä ajankohtana, jos ulkolämpötila, kiinteistön talotekniset säädöt ja tekniikka sekä käyttöaste, käyttötarkoitus ja toiminta-ajat säilyvät samoina. Jos edellä mainitut asiat ovat säilyneet kiinteistössä ennallaan, on syytä epäillä jonkin taloteknisen järjestelmän vikaa. Energian- ja vedenkulutuksen seurannan helpottamiseksi kaikista kulutukseen vaikuttavista muutoksista olisi kannattavaa pitää esimerkiksi huoltopäiväkirjaa, josta energiankulutuksesta vastaavat tahot voisivat seurata kiinteistön tapahtumia.

Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen seurannassa tulisi aina hakea ns. normaali taso, jolloin kiinteistön kaikki järjestelmät ja laitteet toimivat. Lisäksi tulisi arvioida kiinteistön alin kulutustaso, johon olemassa olevalla tekniikalla ja käytöllä on mahdollisuus päästä säätöaikojen ja -käyrien muutoksilla sekä huollollisilla toimilla. Lisäksi kiinteistön kulutuksia tulisi vertailla vastaavien olemassa olevien kiinteistöjen kulutuksiin. (3, s. 100.)

Kulutuspoikkeamien syiden selvittäminen vaatii kattavat tiedot kiinteistön tekniikasta ja käytöstä sekä säästä. Tutkimuksen empiiristen havaintojen perusteella pyrittiin selvittämään, millainen energiankulutustieto viittaa laitteen vikaantumiseen sekä millaista energiadataa voidaan hyödyntää kiinteistöjen korjauspäätöksiä tehtäessä.

Vedenkulutusdatan avulla voidaan tarkastella kiinteistön aikaisempia kulutuspoikkeamia, jotka toimivat kuntotutkimuksien tai laajempien korjauksien tilaamisen päätöksen tukena. Kuten tutkimuksessa aikaisemmin todettiin, vettä ei yleensä pitäisi kulua, kun kiinteistössä ei ole käyttöä. Edellä mainitussa tapauksessa vedenkulutuksen poikkeamat on siis helppoa havaita. Jos hanoista johtuvat vedenkulutuksen poikkeamat ovat jatkuvia tai yleistyvät, kannattaa pohtia laajempaa ennakoivaa korjausta esimerkiksi kaikkien vesihanojen vaihtoa. Putkistossa havaittuun syöpymästä tai putkiston

heikosta kunnosta aiheutuvaan vuotoon on syytä reagoida välittömästi kartoittamalla putkiston kunto etenkin, jos vuodot ovat toistuvia.

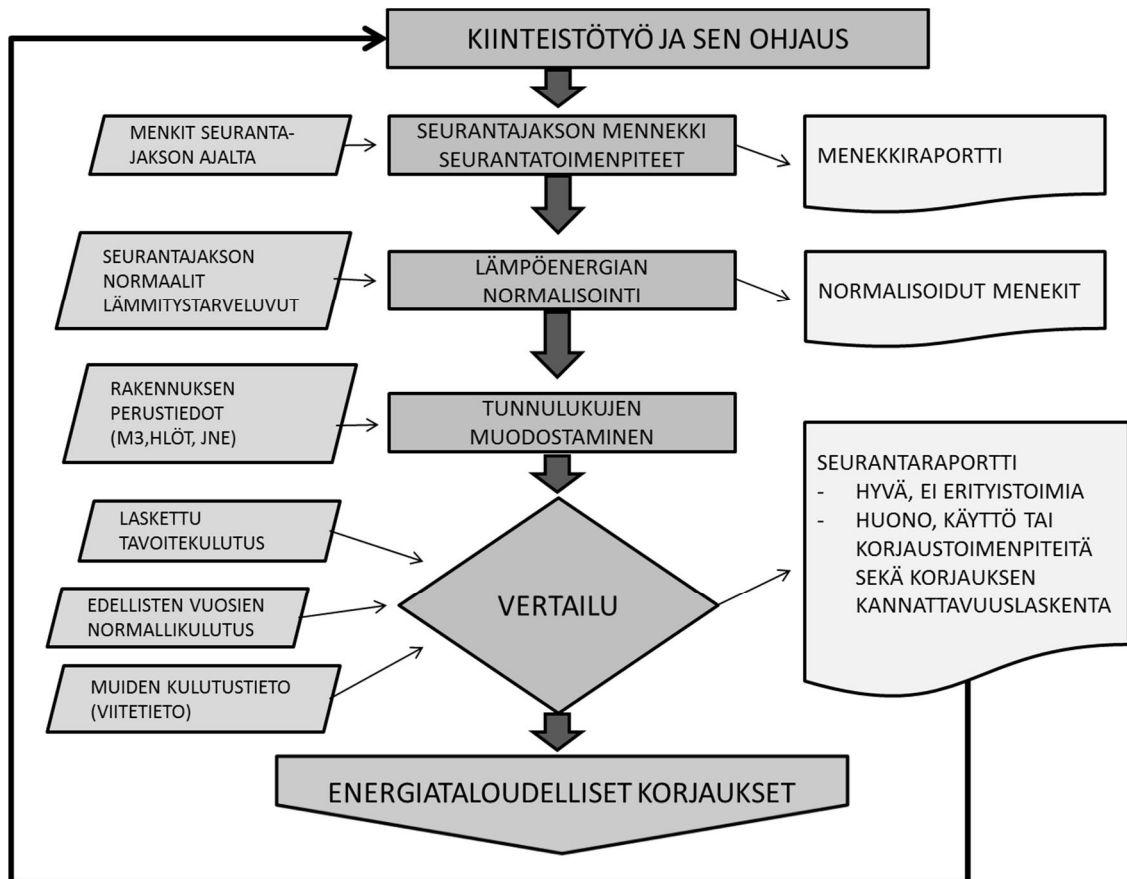
Kiinteistön kaukolämpöenergiankulutuksen seurannassa on aina varmistettava, että sekä aikaisempien vuosien että nykytilanteen kulutuslukemat ovat normalisoituja. Näin ollen vertailuvuosien lämpötilavaihtelut tulee huomioida. Lämpöenergian kulutuksen kasvuun voi olla syynä esimerkiksi ohjauslaitteen vika, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vikaantuminen, verkoston säätö- tai sulkuventtiilin vuodosta tai vesilämmitteisen kiertoilmakoneikon termostaattiviasta. Lämpöenergian kulutuksen laskeminen voi onnistuneen energiansäästötoimen lisäksi viitata esimerkiksi venttiilien tukkeutumiseen, ilmanvaihtokoneen vikaantumiseen tai lämmitysverkoston kiertovesipumpun pysähtymiseen. (24)

Kiinteistön sähkönkulutuksen avulla voidaan löytää vikoja kaikista järjestelmistä, jotka kuluttavat sähköä joko lisääntyvänä tai laskevana energiankulutuksena. Esimerkiksi automaation häiriö, jäähdytyskoneen, ilmanvaihtokoneen tai pumpun rikkoutuminen voidaan havaita kulutuksen pienentymisestä. Vastaavasti kulutuksen kasvuun voi viitata valaistuksen ohjauskeskuksen, räystäslämmityksen tai automaation vika.

Empiiristen havaintojen perusteella vedenkulutuksen osalta tutkimuksessa voitaneen todeta, että ainoastaan vedenkulutuksen perusteella ei voida perustella muuta kuin vuotavan laitteen, liitoksen tai putkiston uusiminen tai korjaaminen. Kiinteistön omistajan on arvioitava korjauspäätöstä tehtäessä vuotojen toistuvuus, laajemman korjauksen kustannus, korjauksen takaisinmaksuaika sekä arvioitava mahdollinen riski esimerkiksi erillisen kuntotutkimuksen avulla. Toistuvat samasta syystä aiheutuvat vedenkulutuksen poikkeamat antavat kuitenkin perusteet laajemmalle korjaustarpeen tarkastelulle, tukevat kiinteistön PTS-korjaussuunnitelmien tekemisessä sekä perustelevat erillisen kuntotutkimuksen tilaamista.

Tutkimuksessa tehdyistä empiirisistä havainnoista kävi ilmi, että lämmitys- ja sähköenergiankulutuksen muutoksien perusteella voidaan perustella rikkoutuneen laitteet tai järjestelmän osan korjausta. Lämmitys- tai sähköenergiankulutuksen poikkeaman lisäksi kiinteistön omistaja tarvitsee korjauspäätöksen tueksi muitakin tietoja. Energiankulutuksen seurannalla voidaan havaita eri taloteknisten järjestelmien vikoja ja häiriöitä sekä tarkastella niiden toistuvuutta.

Jos seurattavan kiinteistön toteutunut energian- tai vedenkulutus on arvioitua kulutusta suurempi ja investoinnin takaisinmaksuaika riittävän lyhyt, voidaan korjaus ohjelmoida PTS-korjauksien toteutussuunnitelmaan. Kuviossa 27 on kuvailtu energian- ja vedenkulutuslukemien seurantaprosessia siitä, mikä johtaa energiataloudelliseen korjaukseen. Energian- ja vedenkulutuksen seurantaprosessikaaviossa (kuvio 27) havainnollistetaan keskellä seurattavan kiinteistön energianseurantaprosessia, vasemmalla olevissa suunnikkaissa on kuvailtu vaikuttavia tekijöitä ja lukemia sekä oikealla tuotettavat raportit ja dokumentit. Kiinteistön toteutuneen energia- ja vedenkulutuksen seurannassa tulee aina tukeutua vertailtavaan kulutusdataan, jotta pystytään perustelemaan tulevaa korjausta kulutuksella. (3, s. 100 ja 101.)



Kuvio 27. Menekkien seuranta ja vertailu on perusta energiataloudellisille korjauksille Myyryläisen mukaan (3, s.100.)

Kiinteistön korjaustarpeen määrittelyssä tulisi ottaa huomioon ensisijaisesti käyttäjien korjaustarpeet toiminnan mahdollistamiseksi, kuntoarvioiden perusteella tehtävät kor-

jaukset sekä terveys ja turvallisuuspuutteiden vaatimat korjaukset. Energiansäästöillä voidaan tuoda lisäperusteita kiinteistön pitkän aikavälin korjaussuunnitteluun ja energiatehokkuus tulisi ottaa huomioon aina korjauksia suunniteltaessa. (3, s. 101 ja 102.)

## 7 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville, millaisia tietoja energiatehokasta kiinteistön ylläpitoa varten tarvitaan sekä millaisia asioita energian- ja vedenkulutuksen seurannassa tulisi ottaa huomioon. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään energian- ja vedenkulutukseen seurannan hyödyntämistä kiinteistön vikakorjauksissa. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin, voidaanko kiinteistön korjauksien pitkän aikavälin suunnittelussa hyödyntää saatua energiadataa sekä voidaanko energian- ja vedenkulutuksen tiedoilla perustella kiinteistön peruskorjauksia.

Tutkimuksen tarpeellisuutta voitiin perustella kasvihuonepäästöjen rajoittamisella ja taloudellisilla perusteilla. Painetta energiansäästön tavoittelemiseen luodaan sekä kansallisilta että kansainvälisiltä tahoilta, mutta myös kiinteistöjen omistajilta. Kiinteistöjen ylläpitokustannuksista n. 40 prosenttia sekä elinkaarenaikaisista hiilidioksidipäästöistä jopa 80 prosenttia johtuu energian- ja vedenkulutuksesta, joten mahdollisuuksia kustannusten ja päästöjen vähentämiseen pidetään merkittävänä.

Tutkimuksessa selvitettiin aluksi energian- ja vedenkulutuksen seurannasta vastaavat tahot sekä säästötavoitteiden määrittäminen. Kiinteistön ylläpitostrategiaan määritellään kiinteistön energianseurannasta vastaavat henkilöt tai palveluntuottaja ja energiansäästötavoitteet. Säästötavoitteet tulee olla energianseurannasta vastaavien tahojen tiedossa. Kiinteistön ylläpitostrategiasta vastaavat tahot luovat riittävän tehokkaat toimintaprosessit, joilla kirjatut säästötavoitteet voidaan saavuttaa.

Kiinteistössä tulisi tutkimuksen mukaan olla asennettuna riittävän laaja energian- ja veden kulutuksen mittarointijärjestelmä. Mittarointijärjestelmä sekä energianseurantaohjelma auttavat energianseurannassa. Lisäksi poikkeamat pystytään paikallistamaan kulutuslukemien perusteella tiettyyn osaan rakennusta. Energiaseurantaohjelmasta on mahdollista tuottaa kulutuksien poikkeamahälytyksiä, jotka helpottavat kulutuksien seuranta ja nopeuttavat reagointia. Jokaisen poikkeaman syy tulisi aina selvittää ja kirjata

esimerkiksi huoltokirjaan tai energianseurantaohjelmaan. Poikkeamien määriä tulisi seurata ja kartoittaa sekä mahdollisesti toistuvat että kulutukseltaan merkittävät poikkeamat. Toistuvia ja suurempia poikkeamia tulisi tarkastella aina erikseen, jotta kiinteistön kustannustehokas ylläpito ja toiminta eivät vaarannu pitkään jatkuvan kasvaneen kulutuksen vuoksi.

Tutkimuksen mukaisesti ylläpidon tiedossa tulisi olla kiinteistön laskennallinen energiankulutus, vastaavien kiinteistöjen vertailukulutuslukemat sekä kiinteistön toteutuneet kulutukset viimeisimpien vuosien ajalta. Näihin kulutustietoihin vertaillaan seurattavan kiinteistön toteutuneita energiankulutuksia sekä voidaan selvittää kiinteistön minimikulutus. Kiinteistön energiankulutuksen seurannasta vastaavien tahojen pitäisi siis selvittää kiinteistön minimikulutus, johon kulutustrendi pitäisi saada asettumaan. Kiinteistön minimikulutuksella mahdollistetaan kiinteistön elinkaariedullinen toiminta eikä vaaranneta kiinteistön toimintoja ja taataan riittävän hyvät sisäilmaolosuhteet.

Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen seurantaan valitaan vertailuarvot ja ominaiskulutukset, joita käytetään vertailussa. Vertailuarvojen määrittäminen tulee tehdä harkiten, jotta saadaan vertailukelpoista seurantatietoa. Vertailussa olisi myös tärkeää huomioida kustannusvaikutukset. Investointilaskelmia varten tarvitaan mahdollisimman tarkat tiedot, jotta voidaan laskea investoinnista mahdollisesti saatavat säästöt sekä investoinnin takaisinmaksuaika.

Tutkimuksessa käytiin lävitse esimerkein kulutuspoikkeamia, jotka toimivat apuna vikojen havainnoinnissa ja joita analysoimalla saadaan tietoon poikkeaman todellinen syy. Empiirisesti havaittujen poikkeamien todellisia syitä ei selvitetty tässä tutkimuksessa, vaan ainoastaan selvitettiin erilaisia vaihtoehtoja poikkeamien syiden monimuotoisuuden havainnollistamiseksi. Tutkimuksessa esitetyt poikkeamat pyrittiin valitsemaan siten, että ne olisivat yleistettävissä mahdollisimman moniin kiinteistöihin ja että ne voisivat toimia apuna poikkeamien syiden selvittämisessä. Esimerkkejä poikkeamista esitettiin veden-, kaukolämpöenergian- ja sähkönkulutuksista.

Tutkimuksessa käytiin lävitse energian- ja vedenkulutuksen kulutuksen seurannan analysointimallia sekä prosessia. Analyysimallina tässä tutkimuksessa käytettiin esikuva-analyysia, jossa vertaillaan seurattavan kiinteistön toteutuneita kulutuksia laskennalliseen energiankulutukseen, vastaavien kiinteistöjen energian kulutuksiin sekä vertailu-

kiinteistön aikaisempiin kulutuksiin. Esikuva-analyysillä pyritään löytämään olemassa olevat käytännöt ja tekniset ratkaisut, joilla saavutetaan kiinteistön minimikulutus.

Tutkimuksena saatiin selville, että energian- ja vedenkulutuksissa havaituilla poikkeamilla voidaan perustella taloteknisten järjestelmien ylläpidolliset säädöt ja huolto- toimet. Ylläpidolliset säädöt ja huoltotoimet ovat usein kustannuksiltaan pieniä, mutta saatava energian ja veden säästö voi olla merkittävä. Näitä säätöjä ja huoltotoimia ovat esimerkiksi valaistuksen ja ilmanvaihtojärjestelmän aikaohjelmien asettaminen, ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja perussäätö, käyttövesiverkoston perussäätö, lämmitysverkoston ilmaaminen ja säätökäyrän valinta, jäähdytystarpeen valinta, lamppujen uusiminen energiatehokkaampiin vaihtoehtoihin sekä räystäslämmityskaapelien ohjauksen toiminnan varmistaminen. Järjestelmien oikeanlaisella toiminnalla ja säädöillä voidaan varmistua, että järjestelmät ei kuluta suunniteltua enempää energiaa tai vettä. Perussäätöjä voidaan myös ohjelmoida kiinteistön pitkäntähtäimen korjaussuunnitelmiin.

Kiinteistön energian- ja vedenkulutusseurannalla havaitut rikkoutuneet laitteet tai osat on tutkimuksen mukaan perusteltua korjata tai uusia. Esimerkiksi vettä vuotavan hanan tai venttiilin korjaaminen tai uusiminen voidaan perustella lisääntyneellä vedenkulutuksella. Kiinteistön peruskorjaukset tulisi tutkimuksen mukaan perustella energian- ja vedenkulutuksen lisäksi myös laajemmin esimerkiksi säästettävillä kustannuksilla. Järjestelmä tai järjestelmän osa on lähellä elinkaarensa loppua tai vaihtoehtoisesti varaosia ei ole enää helposti ja kustannustehokkaasti saatavilla tai korjaus tulisi uusimista kalliimmaksi. Vika tai toimintahäiriö on usein toistuva, mikä aiheuttaa kiinteistön toimintahäiriöitä tai jatkuvia korjauskustannuksia. Korjauksen tai investoinnin takaisinmaksuaika on riittävän lyhyt eli investointi saadaan maksettua säästyvillä energiakustannuksilla nopeasti takaisin.

Tutkimuksesta voi päätellä, että kiinteistön mahdollisia peruskorjauksia suunniteltaessa tulisi aina ottaa huomioon myös energiatehokkuus näkökulma. Ensisijaisesti kuitenkin peruskorjauksien pitkän aikavälin suunnittelussa vaikuttavat kuitenkin käyttäjien tarpeet, kiinteistön tekninen elinkaari, turvallisuus ja terveys.

Luontevana jatkona tutkimukselle olisi luoda opas aloittelevalle energiankulutusseurannasta vastaavalle taholle. Opas voisi toimia niin kiinteistöstrategian kuin varsinaisen kulutuksenkin seurannan tukena kiinteistöjen energian- ja vedenkulutuksen seurannan



osaamisen lisäämiseksi. Tutkimuksen jatkona olisi kiinnostavaa myös tarkastella kiinteistöautomaationjärjestelmän tietojen liittämistä paremmin osaksi energianseurantajärjestelmää. Energiankulutuksen seurantaohjelman ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän tuottamalla yhteisillä tiedoilla voisi mahdollisesti tehostaa seurantaa ja tiedoilla saatettaisiin pystyä ennakoimaan kiinteistön energiankulutuksia, jolloin poikkeamiin voitaisiin reagoida ennakoidusti.

## Lähteet

- 1 Virta, Jani & Pylsy, Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- 2 Leväinen, Kari. 2013. Kiinteistö- ja toimitilajohtaminen. Helsinki: Gaudeamus Oy.
- 3 Myyryläinen, Leevi. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy.
- 4 Energiatohokkuuslaki 1429 / 2014. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkodokumentti. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>>. Luettu 13.10.2015.
- 5 Euroopan parlamentin neuvoston direktiivi 2012/27/EU energiatohokkuudesta. 2012. Euroopan Unionin virallinen lehti -verkkopublication, <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>>. Luettu 13.10.2015.
- 6 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatohokkuudesta. 2010. Euroopan Unionin virallinen lehti -verkkopublication, <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF>>. Luettu 13.10.2015.
- 7 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/files/7315/Kansallinen\\_energia-\\_ja\\_ilmastostrategia\\_Valtioneuvoston\\_selonteko\\_eduskunnalle\\_20.3.2013.pdf](http://www.motiva.fi/files/7315/Kansallinen_energia-_ja_ilmastostrategia_Valtioneuvoston_selonteko_eduskunnalle_20.3.2013.pdf)>. Luettu 13.10.2015.
- 8 Suomen kansallinen energiatohokkuuden toimintasuunnitelma. 2014. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/files/8922/Suomen\\_kolmas\\_kansallinen\\_energiatohokkuuden\\_toimintasuunnitelma\\_NEEAP-3.pdf](http://www.motiva.fi/files/8922/Suomen_kolmas_kansallinen_energiatohokkuuden_toimintasuunnitelma_NEEAP-3.pdf)>. Luettu 13.10.2015.
- 9 Laki rakennusten energiatodistuksesta 50/2013. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkodokumentti. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>>. Luettu 11.12.2015
- 10 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013 liite 1. 2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130176>>. Luettu 15.12.2015.
- 11 Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö
- 12 Rakennusten energiatohokkuus. 2012. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Helsinki: ympäristöministeriö
- 13 Vuolle, Mika ja Airaksinen, Miimu. 2013. Energiatodistusopas 2013. Rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen. Helsinki: ympäristöministeriö.

- 14 Salminen, Kaisa. 2014. Kiinteistöautomaation kokonaishallinta on harvinaista. Verkkodokumentti. Korjausrakentaminen 02/2014. <[http://portfolio-web.ess.fi/www/Korjausrakentaminen/2014\\_No2/index.html#/1/](http://portfolio-web.ess.fi/www/Korjausrakentaminen/2014_No2/index.html#/1/)>. Luettu 19.10.2015.
- 15 Laine, Markus; Bamberg, Jarkko & Jokinen, Pekka. 2007. Tapaustutkimuksen taito. Helsinki: Gaudeamus Oy
- 16 Värjä, Pertti & Mikkola, Jukka-Matti. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Kuusankoski: Mikro-oppi.
- 17 KH kortisto, KH 10-00353. 2004. Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 18 KH kortisto, KH 20-00563. 2014. Lämmitystarveluku, Rakennusten energiakulutuksen seuranta. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 19 Käytä vettä järkevästi. 2015. Verkkodokumentti. HSY. <<https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/kodinvesiasiat/kaytavettajarkevasti/Sivut/default.aspx>>. Luettu 6.1.2016.
- 20 Palvelusektorin ominaiskulutuksia. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/tilastotietoa\\_katselmuksista/palvelusektorin\\_ominaiskulutuksia](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia)>. Luettu 6.1.2016.
- 21 Mustasilta, Harri; Hietaniemi, Janne; Husu, Timo; Koski, Pertti ja Suomi, Ulla. 2015. Kiinteistön energiakatselmuksen toteutus- ja raportointiohjeet. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/files/10551/Kiinteiston\\_energiakatselmuksen\\_toteutus\\_ja\\_raportointiohjeet.pdf](http://www.motiva.fi/files/10551/Kiinteiston_energiakatselmuksen_toteutus_ja_raportointiohjeet.pdf)>. Luettu 6.1.2016.
- 22 Vesimaksulaskuri 2016. 2015. Verkkodokumentti. HSY. <<https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/asiakaspalvelu/hinnat-jalaskutus/Sivut/Vesimaksulaskuri2016.aspx>>. Luettu 6.1.2016.
- 23 Tuohimo, Matti 2015. Tuntidatan hyödyntäminen kaukolämmön palveluissa. Opin- näytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. Theseus-tietokanta. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90963/Tuohino\\_Matti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90963/Tuohino_Matti.pdf?sequence=1)>. Luettu 16.1.2016.
- 24 KH kortisto, KH 23-00372. 2006. Lämmitä oikein, Vesikeskuslämmitysjärjestelmän käyttäjän ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 25 Yrjölä, Jukka. 5.9.2013. Investointilaskelma. Opintomateriaali. Metropolia ammattikorkeakoulu
- 26 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma D1. Helsinki: ympäristöministeriö
- 27 Kaukolämmön myyntihinnasto. 2016. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <[http://frantic.s3-eu-west-1.amazonaws.com/vantaanenergia/uploads/20150903065927/Kaukolammon\\_myyntihinnasto\\_010120161.pdf](http://frantic.s3-eu-west-1.amazonaws.com/vantaanenergia/uploads/20150903065927/Kaukolammon_myyntihinnasto_010120161.pdf)>. Luettu 16.1.2016.

- 28 Sähkön myyntihinnasto yrityksille ja yhteisöille. 2014. Verkkodokumentti. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/yrityssahko/sahkon-myyntihinnasto-yrityksillepdf>>. Luettu 17.1.2016.
- 29 Sähkön siirtohinnoista. 2015. Verkkodokumentti. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkon-siirron-hinnastopdf>>. Luettu 17.1.2016.
- 30 Parttimaa, Katri. 2013. Sähköenergian mittaustiedon hyödyntäminen erilaisissa kiinteistöissä. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. Theseus-tietokanta. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62149/Insinoorityo\\_2013.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62149/Insinoorityo_2013.pdf?sequence=1)>. Luettu 17.1.2016.
- 31 Vehosmaa, Timo. 2008. Sähköenergian käytön tehostaminen kiinteistötoimialalla. Diplomityö. Verkkodokumentti. Teknillinen korkeakoulu. <<http://lib.tkk.fi/Dipl/2008/urn012348.pdf>>. Luettu 18.1.2016.
- 32 Kiinteistöliiketoiminnan sanasto. 2012. Helsinki: Rakli ry

## Rakennuksen laskennallinen energiantarve

### LÄHTÖTIEDOT

ENERGIATODISTUKSEN LAADINTAESIMERKKI LIIKERAKENNUS VUODELTA 1995

TAULUKKO 1

TALOTYYPPI/KÄYTTÖTARKOITUSLUOKKA:	Liikerakennus 3. kerroksinen	YMASETUS 176/2013, LIITE 2
SIJAINNINPAIKKAKUNTA:	VANTAA	
VALMISTUMISVUOSI:	1995 v.	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT
RAKENNUSLUPA:	1994 v.	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT
SÄÄVYÖHYKE D3/2012 VYÖHYKE I:	D3/2012 VYÖHYKE I (HELSINKI-VANTAA)	YMASETUS 176/2013, LIITE 1, KOHTA 2.1
KERROSLUKUMÄÄRÄ	3 krs	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LÄMMITETTY NETTOALA / KRS	300 m <sup>2</sup>	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT
KORKEUS	3,5 m	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT
RAKENNUKSEN TILAVUUS	3150 m <sup>3</sup>	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT
RAKENTEIDEN TIEDOT:		
ALAPOHJA:	RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA	RAKENNUKSEN ASIAKIRJAT / HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
RAKENNETYYPPI:	RASKASRAKENTEINEN	D5/TAULUKKO 5.6

TAULUKKO 2

TALOTEKNIKAN TIEDOT:		
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ:	TILAKOHTAISET SÄHKÖPATTERIT	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
VARAAVA TULISIJÄ:	EI	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LUKUMÄÄRÄ:		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
VARAAVAN TULISIJAN TILOJEN LÄMMITYKSEEN LUOVUTTAMAN LÄMMÖN ENIMMÄISMÄÄRÄ	0 kWh/v	YMASETUS/LIITE 1/KOHTA 2.3.1
YHTEENSÄ	0 kWh/v	

TAULUKKO 3

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ:		
LÄMMINKÄYTTÖVESI:	SÄHKÖLLÄ LÄMMITETTY LÄMMINVESIVARAAJA	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN VARAAJA:	1000 (40 MM ERISTYS) I	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERTO:	EI OLE	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LÄMPIMÄN KIERRON LÄMMITYSLAITTEET:	EI OLE	HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVESIPUTKIEEN SIIRTOPUTKIEEN ERISTYS	EI KIERTOJA, ERISTÄMÄTÖN	YMASETUS/TAULUKKO 5

TAULUKKO 4

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT:			
ILMANVAIHTO:	KONEELLINEN TULO- JA POISTOILMANVAIHTO		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
ILMANVAIHTOKONEIDEN LUKUMÄÄRÄ:	1		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
ILMANVAIHDON LTO:	KYLLÄ		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
ILMANVAIHDON POISKYTKENTÄ ASETUSARVON YLITTYESSÄ:	KYLLÄ		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
TULOILMAN JÄLKILÄMMITYS:	KYLLÄ		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
TULOILMAN JÄLKILÄMMITYKSEN LÄMMÖN LÄHDE:	SÄHKÖVASTUS		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
LTO:N LÄMPÖTILASUHDE (TULO- JA POISTOILMAVIRRRAT YHTÄSUURIA):	0,50 % $\eta_t$		D5/2012/TAULUKKO 3.6
LTO:N LÄMMÖNVAIHDIN TYYPPI:	RISTIVIRTALEVYLÄMMÖNSIIRRIN		HAVAINNOINTI PAIKANPÄÄLLÄ
JÄTEILMAN ALIN MAHDOLLINEN LÄMPÖTILA:	0 °C		D5/2012 KOHTA 3.4.1

TAULUKKO 5

ILMANVAIHDON LTO:N JA JÄLKILÄMMITYKSEN KUUKAUSIAIKATAULU		
KUUKAUSI	LTO PÄÄLLÄ	JÄLKILÄMMITYS PÄÄLLÄ
TAMMIKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
HELMIKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
MAALISKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
HUHTIKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
TOUKOKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
KESÄKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
HEINÄKUU	EI	EI
ELOKUU	EI	EI
SYYSKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
LOKAKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
MARRASKUU	KYLLÄ	KYLLÄ
JOULUKUU	KYLLÄ	KYLLÄ

TAULUKKO 6

SUURE	ARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE	MERKINTÄ
LÄMMITETTY NETTOALA	900	m <sup>2</sup>	PIIRUSTUKSET	A <sub>netto</sub>
SISÄLÄMPÖTILA	18	°C	D3/2012/TAULUKKO 2	T <sub>s</sub>
ALAPOHJAN ALAPUOLISEN MAAN JA ULKOILMAN VUOTUISEN ULKOLÄMPÖTILAN ERO	5	°C	D5/KOHTA 3.2.4/KAAVAT 3.4.-3.6.	$\Delta T_{maa, vuosi}$
RAKENNUKSEN ILMANVUOTOLUKU	6	l/h	YMASETUS/LIITE 1/TAULUKKO 4	n <sub>50</sub>
ILMANVUOTOLUVUN YHTÄLÖN KERROIN VUOTOILMAVIRRRAN KAAVASSA	20	kolmi- ja nelikerroksisille	D3/KAAVA 5 JA D5/KAAVA 3.9	x
RAKENNUKSEN TEHOILISEN LÄMPÖKAPASITEETIN OMINAISARVO	200	Wh/m <sup>2</sup> K	D5/TAULUKKO 5.6	C <sub>rak, omin</sub>

TAULUKKO 7

RAKENNUSOSA	LÄHDE	U (W/m <sup>2</sup> °C)	A (m <sup>2</sup> )	T <sub>o</sub> (°C)	UA (W/°C)
ULKOSEINÄ ULKOILMAAN	PIIRUSTUKSET		0,26	747,2	194,2668
YLÄPOHJA	PIIRUSTUKSET		0,15	100	15
ALAPOHJA	PIIRUSTUKSET		0,28	100	28
IKKUNAT	PIIRUSTUKSET		1,5	84	126
POHJOINEN	PIIRUSTUKSET		1,5	11,5	17,25
KOILINEN	PIIRUSTUKSET		1,5	0	0
ITÄ	PIIRUSTUKSET		1,5	32	48
KAAKKO	PIIRUSTUKSET		1,5	0	0
ETELÄ	PIIRUSTUKSET		1,5	11,5	17,25
LOUNAS	PIIRUSTUKSET		1,5	0	0
LÄNSI	PIIRUSTUKSET		1,5	29	43,5
LUODE	PIIRUSTUKSET		1,5	0	0
OVET	PIIRUSTUKSET		0,7	8,82	6,174
YHTEENSÄ (RAKENNUSVAIPAN PINTA-ALA)	PIIRUSTUKSET			1040,0	

	ARVO	SUURRE
RAKENNUKSEN KERROSKORKEUS (SISÄMITTA)	PIIRUSTUKSET	3,5m
RAKENNUKSEN TILAVUUS	PIIRUSTUKSET	3150m <sup>3</sup>

TAULUKKO 8, LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

SUURE	ARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE	MERKINTÄ
LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄN VUOSIHYÖTYSUHDE	0,95	-	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 9	η <sub>LÄMMITYS</sub> , TILAT
LÄMMÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN APUJÄRJESTELMIEN SÄHKÖNKULUTUS	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 9	e <sub>TILAT</sub>
LÄMMITYSENERGIAN TUOTON HYÖTYSUHDE TILOJEN LÄMMITYKSESSÄ	1,00	-	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 10	η <sub>TUOTTO</sub> , TILAT
TILOJEN LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN OMINAISÄHKÖN KULUTUS	0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 10	e <sub>TUOTTO</sub> , TILAT
LÄMMITYSENERGIAN TUOTON HYÖTYSUHDE KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSESSÄ	1,00	-	KÄYTTÖVESIVARAAN HÄVIÖT LASKETAAN ERIKSEEN	η <sub>TUOTTO</sub> , LKV
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN SÄHKÖNKULUTUS	0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	EI APULAITTEITA	e <sub>TUOTTO</sub> , LKV
TULISIJAN KOKONAISVUOSIHYÖTYSUHDE TILOIHIN LUOVUTETUSTA LÄMMITYSENERGIASTA OSTOENERGIAAN	0,6	-	YMASETUS / LIITE 1 / KOHTA 2.3.1	η <sub>TUUSIA</sub>

TAULUKKO 9, KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ

SUURE	ARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE	MERKINTÄ
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE	4	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D3 TAULUKKO 5, YMASETUS 5/13 HUOMOIDEN	
LÄMPIMÄNKÄYTTÖVEDEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARPEEN YLÄRAJA	4200	kWh/(a)	D3 TAULUKKO 5, YMASETUS 5/13 HUOMOIDEN	
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN VARASTOINNIN VUOTUINEN LÄMPÖHÄVIÖ	2100	kWh/(a)	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 8	Q <sub>kv</sub> varastointi
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN JAKELUN (SIIRRON) HYÖTYSUHDE	0,68	-	YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 5	η (LKV, SIIRTO)
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERRON LÄMPÖHÄVIÖ	0	kWh/(a)	EI KIERTOJOHTOA	Q <sub>kv</sub> kierto

TAULUKKO 10, ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

SUURE	ARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE	MERKINTÄ		
ILMANVAIHTOKONEEN LTO POISTOILMAN VUOSHYÖTYSUHDE	0,45	-	LÄMPÖTILASUHTEESTA YMMONISTEEN 122 MUKAISESTI LASKETTUNA	$\eta$ (A, IV-KONE)		
ILMANVAIHDON POISTOILMAVIRTALASKENTA E-LUVUN LASKENNASSA	1800	l/s	D3 / LUKU 3 / TAULUKKO 2 (0,4 l/(s·m <sup>2</sup> ) * Anetto)	$Q_{pobto}$		1,8 m <sup>3</sup> /s
ILMANVAIHDON TUULOILMAVIRTA E-LUVUN LASKENNASSA	1800	l/s	D3 / LUKU 3.2 (TUULO- JA POISTOILMAVIRRAT YHTÄSUURIA)	$Q_{tulo}$		1,8 m <sup>3</sup> /s
ILMANVAIHDON SFP-LUKU	2,5	kW/(m <sup>3</sup> ·s)	VALMISTAJAN ILMOITTAMA ARVO / YMASETUS / LIITE 1 / TAULUKKO 3			
TUULOILMAN SISÄÄNPUHALLUSLÄMPÖTILA	17	°C	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ	$T_{sp}$		
LÄMPÖTILAN NOUSU TUULOILMAPUHALTIMESSA	0,5	°C	D5 / LUKU 3.4	$\Delta T_{puhalin}$		
ILMANVAIHTOLAITOKSEN VUOROKAUITTINEN KÄYNTIAIKASUHDE	0,542	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3	$t_g$		
ILMANVAIHTOLAITOKSEN VIIKOTTAINEN KÄYNTIAIKASUHDE	0,857	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3	$t_v$		

TAULUKKO 11, IKKUNAT

SUURE	YKSIKKÖ	P	KA	I	KO	E	LO	L	LU	LÄHDE	MERKINTÄ	
PINTA-ALA	m <sup>2</sup>		11,5	0	32	0	11,5	0	29	0	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ	$A_{ikk}$
VALOAIKON AURINGONLÄPÄISYKOKONAISLÄPÄISKERROIN	-		0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ TAI VALMISTAJAN ILMOITTAMA ARVO: D5/2012, KAAVA 5.5	g
KEHÄKERROIN	-		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	D5 / KOHTA 5.3.4	$F_{kehä}$
VERHOKERROIN	-		1	1	1	1	1	1	1	1	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ, EI VERHOJA TAI KAIHTIMIA IKKUNOIDEN EDESSÄ 1 PÄIVÄSAIKAAN	$F_{verho}$
YLÄPUOLISTEN VARIOSTUSTEN KORJAUSKERROIN	-		1	1	1	1	1	1	1	1	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ, EI SVUPOULUSTA VARIOSTUSTA	$F_{yläpuolistus}$
SVUPOULUSTEN KORJAUSKERROIN	-		1	1	1	1	1	1	1	1	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ, EI SVUPOULUSTA VARIOSTUSTA	$F_{svuapuolustus}$
YMPÄRISTÖKERROIN	-	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	D5 / TAULUKKO 5.3	HAVAINNONTI PAIKANPÄÄLLÄ / D5 / TAULUKKO 5.3	$F_{ympäristö}$



TAULUKKO 12, KULUTTAJALAITTEET, VALAISTUS JA LÄMPÖKUORMAT

SUURE	ARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE
RAKENNUKSEN VIKOTTAINEN KÄYTTÖAIKASUHDE (24h)	0,542	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
RAKENNUKSEN KUUKAUSITTAINEN KÄYTTÖAIKASUHDE (7 vrk)	0,857	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
KULUTTAJALAITTEIDEN OMINAISTEHO	1	W/m <sup>2</sup>	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
KULUTTAJALAITTEIDEN KÄYTTÖASTE	1	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
VALAISTUKSEN OMINAISTEHO	19	W/m <sup>2</sup>	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
VALAISTUKSEN KÄYTTÖASTE	0,464	-	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3
LÄMPÖKUORMA IHMISESTÄ	2	W/m <sup>2</sup>	D3 / LUKU 3.3 / TAULUKKO 3

$T_{\text{maa, vuosi}} = -5,57 + 5$	10,57 °C
-------------------------------------	----------

KUUKAUDEN TUNNIT	ARVO	YKSIKKÖ	$T_u$ (KESKILÄMPÖTILA)	$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$	$T_{\text{maa, kuukausi}} = T_{\text{maa, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$
TAMMIKUU	744h		-3,97 °C	0 °C	10,57 °C
HELMIKUU	672h		-4,5 °C	-1 °C	9,57 °C
MAALISKUU	744h		-2,58 °C	-2 °C	8,57 °C
HUHTIKUU	720h		4,5 °C	-3 °C	7,57 °C
TOUKOKUU	744h		10,76 °C	-3 °C	7,57 °C
KESÄKUU	720h		14,23 °C	-2 °C	8,57 °C
HEINÄKUU	744h		17,3 °C	0 °C	10,57 °C
ELOKUU	744h		16,05 °C	1 °C	11,57 °C
SYYSKUU	720h		10,53 °C	2 °C	12,57 °C
LOKAKUU	744h		6,2 °C	3 °C	13,57 °C
MARRASKUU	720h		0,5 °C	3 °C	13,57 °C
JOULUKUU	744h		-2,19 °C	2 °C	12,57 °C
YHTEENSÄ ( $\Delta t$ )	8760h				

IKKUNAT		OVET	ULKOSEINÄT
P	11,5 m <sup>2</sup>		105
KO			
I	32 m <sup>2</sup>	5,46 m <sup>2</sup>	315
KA			
E	11,5 m <sup>2</sup>		105
LO			
L	29 m <sup>2</sup>	3,36 m <sup>2</sup>	315
LU			
YHTEENSÄ	84 m <sup>2</sup>	8,82 m <sup>2</sup>	747,18 m <sup>2</sup>

KULUTTAJALAITTEIDEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

Teho (1 W/m<sup>2</sup> \* A<sub>netto</sub>) D3/2012 TAULUKKO3

VALAISTUKSEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

Teho (19 W/m<sup>2</sup> \* A<sub>netto</sub>) D3/2012 TAULUKKO3

A<sub>netto</sub>

KULUTTAJALAITTEIDEN JA VALAISTUKSEN SÄHKÖNKULUTUS YHTEENSÄ

W<sub>kuluttajalaitteet</sub> = laitteiden teho / 1000 \* käyttätuntien osuus kuukauden tunneista \* laitteiden käyttöaste \* kuukauden tuntien lkm

W<sub>valaistus</sub> = valaisuteho / 1000 \* käyttätuntien osuus kuukauden tunneista \* valaistuksen käyttöaste \* kuukauden tuntien lkm

SÄHKÖNKULUTUS KUUKAUSITTAIN	KULUTTAJALAITTEET (kWh)	VALAISTUS (kWh)	YHTEENSÄ (kWh)
TAMMIKUU	574	5063	5637
HELMIKUU	518	4573	5091
MAALISKUU	574	5063	5637
HUHTIKUU	555	4900	5455
TOUKOKUU	574	5063	5637
KESÄKUU	555	4900	5455
HEINÄKUU	574	5063	5637
ELOKUU	574	5063	5637
SYYSKUU	555	4900	5455
LOKAKUU	574	5063	5637
MARRASKUU	555	4900	5455
JOULUKUU	574	5063	5637
YHTEENSÄ	6758	59613	66370

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN PUHALTIEMIEN SÄHKÖN KULUTUS

W<sub>ilmanvaihto</sub> = SFP \* q<sub>v,poisto</sub> \* Δt + W<sub>iv</sub> 39420 kWh/a D5/2012, KAAVA 7.1

W<sub>ilmanvaihto</sub> ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh  
 SFP puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)  
 q<sub>v,poisto</sub> puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s  
 Δt puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h  
 W<sub>iv, muu</sub> muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh

$Q_{\text{lammitys, lkv}} = Q_{\text{lkvnetto}} / \eta_{\text{lkvsiirto}} + Q_{\text{varastointi}} + Q_{\text{lkvkierto}}$	8276,471 kWh/a	MUISTA VAIHTAA ARVOKSI C5, JOS LUKU JÄÄ ALLE 4200
$Q_{\text{lkvnetto}} = 4 \text{ kWh/m}^2\text{a} * A_{\text{netto}}$	4200 kWh/a	D3/2012, TAULUKKO 5
KUN $Q_{\text{lkvnetto}}$ YLITTÄÄ 4200, KÄYTETÄÄN 4200 kWh/a	4200 kWh/a	YMASETUS 5/13
$Q_{\text{lkv,kierto}} = 0 \text{ kWh / a}$ KOSKA RAKENNUKSESSA EI KIERTOJA	0 kWh/a	
$Q_{\text{lkv,varastointi}}$ TAULUKON ARVO	2100 kWh/a	YMASETUS, LIITE 1, TAULUKKO 8
$\eta$ (LKV,SIIRTO)	0,68	

LTO:N JÄLKEINEN TULOILMAN LÄMPÖTILA

D5/2012, KAAVA 3.12

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a, ivkone} * (T_s - T_u)$$

- $T_{lto}$  lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C  
 $T_u$  ulkoilman lämpötila, °C  
 $\eta_{a, ivkone}$  Ilmanvaihtokoneen lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde  
 $T_s$  sisälämpötila, °C

ILMANVAIHDON LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE

D5/2012, KAAVA 3.11

$$Q_{iv} = t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) * \Delta t * 1000$$

- $Q_{iv}$  ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh  
 $t_d$  ilmanvaihtokoneen vuorokautinen käyntiaikasuhte h / 24 h  
 $t_v$  ilmanvaihtokoneen viikottainen käyntiaikasuhte vkr / 7 vrk  
 $\rho_i$  ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>  
 $c_{pi}$  ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)  
 $q_{v, tulo}$  tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s  
 $T_{sp}$  sisäänpuhalluslämpötila, °C  
 $\Delta T_{puhallin}$  lämpötilan nousu puhaltimessa, °C  
 $T_{lto}$  lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C  
 $\Delta t$  ajanjakson pituus, h  
 1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

KUUKAUSI	$T_{lto}$ (°C)	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$ (°C)	$T_{lto}$ , aina päällä poiskytkennällä (°C)	ILMANVAIHDON LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE (kWh)		
TAMMIKUU	5,92		6,42	5,92	7896,62	
HELMIKUU	5,63		6,13	5,63	7328,88	
MAALISKUU	6,68		7,18	6,68	7326,21	
HUHTIKUU	10,58		11,08	10,58	4278,19	
TOUKOKUU	14,02		14,52	14,02	1851,88	
KESÄKUU	15,93		16,43	16,50	0,00	EI LÄMMITYSTARVETTA
HEINÄKUU	17,62		18,12	16,50	0,00	EI LÄMMITYSTARVETTA
ELOKUU	16,93		17,43	16,50	0,00	EI LÄMMITYSTARVETTA
SYYSKUU	13,89		14,39	13,89	1883,49	
LOKAKUU	11,51		12,01	11,51	3723,17	
MARRASKU	8,38		8,88	8,38	5866,71	
JOULUKUU	6,90		7,40	6,90	7166,16	
YHTEENSÄ					47321,31 kWh	

$$Q_{\text{ulkoseinät}} = (U \cdot A \cdot (T_s - T_w) \cdot \Delta t) / 1000$$

$$Q_{\text{yläpohja}} = (U \cdot A \cdot (T_s - T_w) \cdot \Delta t) / 1000$$

$$Q_{\text{alapohja}} = (U \cdot A \cdot (T_s - T_{u(\text{maa, kuu, kuusi})}) \cdot \Delta t) / 1000$$

$$Q_{\text{ikkunat}} = (U \cdot A \cdot (T_s - T_w) \cdot \Delta t) / 1000$$

$$Q_{\text{ovet}} = (U \cdot A \cdot (T_s - T_w) \cdot \Delta t) / 1000$$

$$Q_{\text{kylmäsilat}} = 10\% \text{ ulkovaipan johtumishäviöistä}$$

$$Q_{\text{pht}} = \text{ulkovaipan johtumishäviöiden summa}$$

KUUKAUSI	$Q_{\text{ulkoseinät}}$ (kWh)	$Q_{\text{yläpohja}}$ (kWh)	$Q_{\text{alapohja}}$ (kWh)	$Q_{\text{ikkunat}}$ (kWh)	$Q_{\text{ovet}}$ (kWh)	$Q_{\text{vaippa}}$ (kWh)	$Q_{\text{kylmäsilat}}$ (kWh)	$Q_{\text{joht}}$ (kWh)
TAMMIKUU	3175	245	155	2060	101	5736	574	6309
HELMIKUU	2937	227	159	1905	93	5321	532	5853
MAALISKUU	2975	230	196	1929	95	5424	542	5967
HUHTIKUU	1888	146	210	1225	60	3529	353	3882
TOUKOKUU	1046	81	217	679	33	2056	206	2262
KESÄKUU	527	41	190	342	17	1117	112	1229
HEINÄKUU	101	8	155	66	3	333	33	366
ELOKUU	282	22	134	183	9	629	63	692
SYYSKUU	1045	81	109	678	33	1946	195	2140
LOKAKUU	1706	132	92	1106	54	3090	309	3399
MARRASKUU	2448	189	89	1588	78	4391	439	4831
JOULUKUU	2918	225	113	1893	93	5242	524	5766
YHTEENSÄ	21049	1625	1820	13652	669	38815	3882	42697

$$q_{50} = n_{50} / A_{vaippa} * V \quad 18,17 \text{ m3/hm}^2$$

$$q_{v,vuotoilma} = q_{50} * A_{vaippa} / 3600 * x \quad 0,26 \text{ m3/s}$$

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v,tuloilma} (T_s - T_{sp}) * \Delta t / 1000$$

$Q_{iv,korvausilma}$  = tulo- ja poistoilmamäärät ovat yhtäsuuret, joten korvausilmavirtaa ei ole

KUUKAUSI	$Q_{vuotoilma}$ (kWh)	$Q_{tuloilma}$ (kWh)	$Q_{korvausilma}$ (kWh)	$Q_{joht}$ (kWh)	$Q_{tila}$ (kWh)
TAMMIKUU	5148,89	746,13	0	6309	12204,47
HELMIKUU	4762,80	673,92	0	5853	11290,04
MAALISKUU	4823,13	746,13	0	5967	11536,12
HUHTIKUU	3061,80	722,06	0	3882	7665,84
TOUKOKUU	1696,77	746,13	0	2262	4705,01
KESÄKUU	855,04	722,06	0	1229	2805,70
HEINÄKUU	164,05	149,23	0	366	679,14
ELOKU	457,00	1081,88	0	692	2231,13
SYYSKUU	1694,20	722,06	0	2140	4556,71
LOKAKUU	2765,45	746,13	0	3399	6910,42
MARRASKUU	3969,00	722,06	0	4831	9521,67
JOULUKUU	4731,73	746,13	0	5766	11244,08
YHTEENSÄ	34129,85	8523,88	0,00	42696,60	85350,33

KUUKAUSI	$Q_{vuotoilma}$ (kWh) / m2	$Q_{tuloilma}$ (kWh) / m2	$Q_{korvausilma}$ (kWh) / m2	$Q_{joht}$ (kWh) / m2	$Q_{tila}$ (kWh) / m2
TAMMIKUU	5,72	0,83	0,00	7,01	13,56
HELMIKUU	5,29	0,75	0,00	6,50	12,54
MAALISKUU	5,36	0,83	0,00	6,63	12,82
HUHTIKUU	3,40	0,80	0,00	4,31	8,52
TOUKOKUU	1,89	0,83	0,00	2,51	5,23
KESÄKUU	0,95	0,80	0,00	1,37	3,12
HEINÄKUU	0,18	0,17	0,00	0,41	0,75
ELOKU	0,51	1,20	0,00	0,77	2,48
SYYSKUU	1,88	0,80	0,00	2,38	5,06
LOKAKUU	3,07	0,83	0,00	3,78	7,68
MARRASKUU	4,41	0,80	0,00	5,37	10,58
JOULUKUU	5,26	0,83	0,00	6,41	12,49
YHTEENSÄ	37,92	9,47	0,00	47,44	94,83

LÄMPÖKUORMA AURINGON SÄTEILYSTÄ

$$Q_{aur} = G_{säteily, pystypinta} * F_{läpäisy} * A_{ikk} * g$$

$$g = 0,9 * g_{kohisuora}$$

$$F_{läpäisy} = F_{kehä} * F_{verho} * F_{varjostus}$$

D5/2012, KAAVA 5.5, KUN IKKUNAN g-ARVOA EI TUNNETA, LASKETTU LÄHTÖTIEIHOIHIN

D5/2012, KAAVA 5.6 JA 5.7, KUN IKKUNAN F-ARVOA EI TUNNETA, KÄYTETÄÄN ARVOA 0,75

	IKKUNAT P	IKKUNAT KO	IKKUNAT I	IKKUNAT KA	IKKUNAT E	IKKUNAT LO	IKKUNAT L	IKKUNAT LU
$G_{säteily, pystypinta}$								
$F_{läpäisy}$	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
$A_{ikk}$								
$g$								

KUUKAUSI									YHTEENSÄ
TAMMIKUU	31	0	46	0	49	0	42	0	167
HELMIKUU	84	0	182	0	159	0	165	0	589
MAALISKUU	195	0	565	0	361	0	462	0	1583
HUHTIKUU	206	0	931	0	449	0	851	0	2438
TOUKOKUU	271	0	1346	0	527	0	1130	0	3274
KESÄKUU	306	0	1277	0	466	0	1174	0	3224
HEINÄKUU	301	0	1418	0	530	0	1327	0	3576
ELOKUU	222	0	1031	0	405	0	802	0	2460
SYYSKUU	158	0	658	0	411	0	626	0	1853
LOKAKUU	87	0	209	0	142	0	203	0	641
MARRASKUU	35	0	62	0	62	0	56	0	214
JOULUKUU	21	0	34	0	43	0	34	0	132
YHTEENSÄ	1916	0	7759	0	3605	0	6872	0	20153 kWh

KUUKAUSI	P	KO	I	KA	E	LO	L	LU
	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$
TAMMIKUU	0,980	0,920	0,860	0,805	0,750	0,805	0,860	0,920
HELMIKUU	0,960	0,895	0,830	0,795	0,760	0,795	0,830	0,895
MAALISKUU	0,960	0,895	0,830	0,815	0,800	0,815	0,830	0,895
HUHTIKUU	0,930	0,880	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,880
TOUKOKUU	0,930	0,890	0,850	0,875	0,900	0,875	0,850	0,890
KESÄKUU	0,860	0,845	0,830	0,870	0,910	0,870	0,830	0,845
HEINÄKUU	0,900	0,875	0,850	0,880	0,910	0,880	0,850	0,875
ELOKUU	0,880	0,840	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,840
SYYSKUU	0,950	0,890	0,830	0,820	0,810	0,820	0,830	0,890
LOKAKUU	0,960	0,905	0,850	0,805	0,760	0,805	0,850	0,905
MARRASKUU	0,960	0,910	0,860	0,795	0,730	0,795	0,860	0,910
JOULUKUU	0,980	0,955	0,930	0,830	0,730	0,830	0,930	0,955
YHTEENSÄ	0,938	0,892	0,846	0,827	0,808	0,827	0,846	0,892

KUUKAUSI	P	KO	I	KA	E	LO	L	LU
	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$	$G_{säteily, pystypinta}$
TAMMIKUU	6,2	4,7	3,8	9,5	12,9	9,5	3,8	4,7
HELMIKUU	17,3	13,8	15,6	31,0	41,4	30,9	15,6	14,0
MAALISKUU	40,3	38,1	48,5	75,1	89,5	69,4	43,7	36,9
HUHTIKUU	43,9	56,3	79,9	101,1	107,3	101,6	80,6	56,8
TOUKOKUU	57,8	82,1	112,8	123,3	116,0	117,5	104,5	76,3
KESÄKUU	70,6	87,9	109,6	109,9	101,6	110,9	111,2	89,1
HEINÄKUU	66,3	91,1	118,8	123,1	115,5	128,6	122,7	91,2
ELOKUU	50,0	66,4	91,8	106,0	100,4	92,8	78,8	61,1
SYYSKUU	32,9	37,5	56,5	83,9	100,5	87,3	59,3	38,1
LOKAKUU	17,9	15,6	17,5	28,3	37,0	30,0	18,8	15,7
MARRASKUU	7,2	5,5	5,1	12,3	16,8	12,3	5,1	5,6
JOULUKUU	4,2	3,2	2,6	8,4	11,8	8,8	2,9	3,2
YHTEENSÄ	414,6	502,2	662,5	811,9	850,7	799,6	647,0	492,7

IHMISTEN LÄMPÖTEHO 2 W/m<sup>2</sup> \* A<sub>netto</sub> D3/2012 TALUKKO 3  
TEHO = 1800 W

$Q_{\text{henk}} = (\text{ihmisten lämpöteho} / 1000) * \text{käyttötuntien osuus kuukauden tunneista} * \text{käyttöaste käyttöajasta} * \Delta t$  D3/2012 TAULUKKO 3

$Q_{\text{säh}} = W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}}$  D5/2012 KAAVA 5.3

$Q_{\text{kv, kiertokuorma}} = 0,5 * Q_{\text{kv, kiertokuorma}} (\text{koko vuosi})$  D5/2012 KOHTA 5.4.1

$Q_{\text{kv, varastointi, kuorma}} = 0,5 * Q_{\text{kv, varastointi}} (\text{koko vuosi})$  1050 kWh D5/2012 KOHTA 5.4.1

$Q_{\text{kv, varastointi, kuorma}} = 0,5 * Q_{\text{kv, varastointi}} * (\Delta t_{\text{kuukausi}} / \Delta t_{\text{vuosi}}) (\text{kuukausi kohtainen})$  D5/2012 KOHTA 5.4.1

$Q_{\text{aur}}$  toisella välilehdellä

$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{kv, kiertokuorma}} + Q_{\text{kv, varastointi, kuorma}}$

KUUKAUSI	$Q_{\text{henk}}$ (kWh)	$Q_{\text{säh}}$ (kWh)	$Q_{\text{kv, kiertokuorma}}$ (kWh)	$Q_{\text{kv, varastointi, kuorma}}$ (kWh)	$Q_{\text{aur}}$ (kWh)	$Q_{\text{lämpökuorma}}$ (kWh)	$Q_{\text{sis, lämpö}}$ (kWh)	
TAMMIKUU	1148	5637		89,18	167	7041	7041	
HELMIKUU	1037	5091		80,55	589	6798	6797	
MAALISKUU	1148	5637		89,18	1583	8457	8445	
HUHTIKUU	1111	5455		86,30	2438	9090	7586	
TOUKOKUU	1148	5637		89,18	3274	10148	4705	
KESÄKUJ	1111	5455		86,30	3224	9877	2806	
HEINÄKUJ	1148	5637		89,18	3576	10450	679	
ELOKUJ	1148	5637		89,18	2460	9334	2231	
SYYSKUJ	1111	5455		86,30	1853	8505	4557	
LOKAKUJ	1148	5637		89,18	641	7515	6724	
MARRASKUJ	1111	5455		86,30	214	6866	6859	
JOULUKUJ	1148	5637		89,18	132	7006	7006	
YHTEENSÄ	13515	66370	0	1050,00	20153	101089	65435	kWh



$$H_{\text{tila}} = (1000 * Q_{\text{tila}}) / ((T_s - T_w) * \Delta t) \quad \text{D5/2012, KAAVA 5.16}$$

$$C_{\text{rak}} = A_{\text{netto}} * C_{\text{rak, omin}} \quad 180000 \text{ Wh/K} \quad \text{D5/2012, TAULUKKO 5.6}$$

$$\tau = C_{\text{rak}} / H_{\text{tila}} \quad \text{D5/2012, KAAVA 5.15}$$

$$\gamma = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{\text{tila}} \quad \text{D5/2012, KAAVA 5.14}$$

$$\alpha = 1 + (\tau / 15h) \quad \text{D5/2012, KAAVA 5.13}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = (1 - \gamma^\alpha) / (1 - \gamma^{\alpha+1}) \quad \text{D5/2012, KAAVA 5.16}$$

$$Q_{\text{sis, lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} * Q_{\text{lämpökuorma}}$$

	ominaislämpöhäviö	aikavakio	suhde	apusuure	hyödyntämisaste	lämpökuormista hyödyksi
	$H_{\text{tila}}$	$\tau$	$\gamma$	$\alpha$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis, lämpö}}$ (kWh)
KUUKAUSI	W/K	h	-	-	-	
TAMMIKUU	746,6	241,1	0,577	17,072	1,000	7041
HELMIKUU	746,7	241,1	0,602	17,071	1,000	6797
MAALISKUU	753,4	238,9	0,733	16,927	0,999	8445
HUHTIKUU	788,7	228,2	1,186	16,216	0,835	7586
TOUKOKUU	873,5	206,1	2,157	14,738	0,464	4705
KESÄKUU	1033,6	174,1	3,520	12,610	0,284	2806
HEINÄKUU	1304,0	138,0	15,387	10,202	0,065	679
ELOKUU	1537,9	117,0	4,184	8,803	0,239	2231
SYYSKUU	847,2	212,5	1,867	15,164	0,536	4557
LOKAKUU	787,1	228,7	1,087	16,245	0,895	6724
MARRASKUU	755,7	238,2	0,721	16,880	0,999	6859
JOULUKUU	748,5	240,5	0,623	17,031	1,000	7006
YHTEENSÄ	10923,0	208,7	2,720	14,913	0,693	65435 kWh

	Kokonaistarve	Lämpökuormista	Nettotarve
KUUKAUSI	$Q_{\text{tila}}$ (kWh)	$Q_{\text{sis, lämpö}}$ (kWh)	$Q_{\text{lammitys, tilat, netto}}$ (kWh)
TAMMIKUU	12204,47	7041	5163,77
HELMIKUU	11290,04	6797	4492,65
MAALISKUU	11536,12	8445	3090,79
HUHTIKUU	7665,84	7586	80,05
TOUKOKUU	4705,01	4705	0,03
KESÄKUU	2805,70	2806	0,00
HEINÄKUU	679,14	679	0,00
ELOKUJ	2231,13	2231	0,01
SYYSKUU	4556,71	4557	0,16
LOKAKUU	6910,42	6724	186,22
MARRASKUU	9521,67	6859	2662,97
JOULUKUU	11244,08	7006	4238,42
YHTEENSÄ	85350,33	65435	19915,07 kWh

	Kokonaistarve	Lämpökuormista	Nettotarve
KUUKAUSI	$Q_{\text{tila}}$ (kWh / m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{sis, lämpö}}$ (kWh / m <sup>2</sup> )	$Q_{\text{lammitys, tilat, netto}}$ (kWh / m <sup>2</sup> )
TAMMIKUU	13,56	7,82	5,74
HELMIKUU	12,54	7,55	4,99
MAALISKUU	12,82	9,38	3,43
HUHTIKUU	8,52	8,43	0,09
TOUKOKUU	5,23	5,23	0,00
KESÄKUU	3,12	3,12	0,00
HEINÄKUU	0,75	0,75	0,00
ELOKUJ	2,48	2,48	0,00
SYYSKUU	5,06	5,06	0,00
LOKAKUU	7,68	7,47	0,21
MARRASKUU	10,58	7,62	2,96
JOULUKUU	12,49	7,78	4,71
YHTEENSÄ	94,83	72,71	22,13

TULISIJA 0 kWh/a YM ASETUS / LIITE 1, KOHTA 2.3.1

TULISIJAN ENERGIANKULUTUS = TULISIJAN TILOIHIN LUOVUTTAMA HYÖDYNNETTY LÄMPÖENERGIA /  $\eta_{\text{tulisiija}}$   
0 kWh/a YM ASETUS / LIITE 1, KOHTA 2.3.1

#### TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN LÄMMITYSENERGIAN TARVE

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis. lämpö}}$  D5/2012, KAAVA 3.1

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$  tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

$Q_{\text{tila}}$  tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis. lämpö}}$  lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

19915,07 kWh/a

#### TILOJEN LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMÄN LÄMPÖENERGIAN TARVE (KULUTUS)

$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = (Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} / \eta_{\text{lämmitys, tilat}}) + Q_{\text{jakelu, ulos}} + Q_{\text{varastointi, ulos}}$  D5/2012, KAAVA 6.1

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$  tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$  tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys, tilat}}$  laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -

$Q_{\text{jakelu, ulos}}$  lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a

$Q_{\text{varastointi, ulos}}$  laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

20963,23 kWh/a

Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin.

#### TILOJEN LÄMMÖNJAKOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

$W_{\text{tila t}} = e_{\text{tilat}} * A_{\text{netto}}$  D5/2012, KAAVA 6.3

$W_{\text{tila t}}$  lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$e_{\text{tilat}}$  lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, kWh/(m<sup>2</sup> a)

$A_{\text{netto}}$  rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m<sup>2</sup>

450 kWh/a

#### LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN OSTOENERGIANKULUTUS

$Q_{\text{lämmitys, tilat, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} / \eta_{\text{tuotto, tilat}}$  D5/2012, KAAVA 6.7

$Q_{\text{lämmitys, tilat, kulu}}$  tilojen lämmöntuottojärjestelmien lämpöenergiankulutus

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$  lämmitysenergian tarve, kWh/a

$\eta_{\text{tuotto, tilat}}$  lämmitysenergian tuoton hyötysuhde tilojen lämmityksessä

20963,23 kWh/a

#### TILOJEN LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN APULAITTEIDEN SÄHKÖENERGIANKULUTUS

$W_{\text{tuotto, apu}} = e_{\text{tuotto}} * A_{\text{netto}}$  D5/2012, KAAVA 6.9

$W_{\text{tuotto, apu}}$  lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a

$e_{\text{tuotto}}$  apulaitteiden ominaiskulutus (taulukko 6.6), kWh/(m<sup>2</sup>a)

$A_{\text{netto}}$  rakennuksen lämmitetty netto-ala, m<sup>2</sup>

0 kWh/a

#### KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSEN LÄMPÖENERGIAN KOKONAISTARVE (KULUTUS)

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = (Q_{\text{lkv, netto}} / \eta_{\text{lkv, siirto}}) + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}}$$

8276,47 kWh/a

D5/2012, KAAVA 6.4

#### KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN OSTOENERGIENKULUTUS

$$Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, lkv}} / \eta_{\text{tuotto, lkv}}$$

8276,47 kWh/a

D5/2012, KAAVA 6.7

#### ILMANVAIHDON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN LÄMMITYSENERGIAN KOKONAISTARVE (KULUTUS)

$$Q_{\text{lämmitys, iv}} = Q_{\text{iv}} / 1,0$$

47321,3 kWh/a

D5/2012, KOHTA 6.2.2

#### ILMANVAIHDON LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMIEN OSTOENERGOANKULUTUS

$\eta_{\text{tuotto, iv}}$

1

D5/2012, KOHTA 6.4, TAULUKKO 6.6

$$Q_{\text{lämmitys, iv, kulutus}} = Q_{\text{lämmitys, iv}} / \eta_{\text{tuotto, iv}}$$

47321,3 kWh/a

D5/2012, KAAVA 6.7

RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN NETTOTARVE		
	LÄMPÖ	
	kWh/a	kWh/(m2a)
TILOJEN LÄMMITYS	19915,1	22,1
JOHTUMINEN	42696,6	47,4
VUOTOILMAN LÄMPENEMINEN TILASSA	34129,8	37,9
TULOILMAN LÄMPENEMINEN TILASSA	8523,9	9,5
LÄMPÖKUORMISTA HYÖDYKSI	-65435,3	-72,7
ILMANVAIHDON LÄMMITYS	47321,3	52,6
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS	4200,0	4,7
YHTEENSÄ	71436,4	79,4

RAKENNUKSEN TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ENERGIANKULUTUS				
	SÄHKÖ		LÄMPÖ	
	kWh/a	kWh/(m2a)	kWh/a	kWh/(m2a)
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	450,0	0,5	37763,6	42,0
TILOJEN LÄMMITYS	450,0	0,5	20963,2	23,3
LÄMMÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ	0,0	0,0	20963,2	23,3
LÄMMÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	450,0	0,5	0,0	0,0
TULOILMAN LÄMMITYS (LÄMMITYSPATTERIT)	0,0	0,0	8523,9	9,5
KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS	0,0	0,0	8276,5	9,2
ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN PUHALTIMET	39420,0	43,8	0,0	0,0
KULUTTAJALAITTEET JA VALAISTUS	66370,4	73,7	0,0	0,0
KULUTTAJALAITTEET	6757,7	7,5	0,0	0,0
VALAISTUS	59612,7	66,2	0,0	0,0
YHTEENSÄ	106240,4	118,0	37763,6	42,0

OSTOENERGIANKULUTUS		
	OSTOENERGIANKULUTUS	
	kWh/a	kWh/(m2a)
OSTOENERGIA		
SÄHKÖ	182801,4	203,1
TILOJEN LÄMMITYS	21413,2	23,8
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄ	20963,2	23,3
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	0,0	0,0
LÄMMÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	450,0	0,5
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	8276,5	9,2
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄ	8276,5	9,2
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	0,0	0,0
LÄMMÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	0,0	0,0
TULOILMAN LÄMMITYS	47321,3	52,6
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄ	47321,3	52,6
LÄMMÖNTUOTTOJÄRJESTELMÄN APULAITTEET	0,0	0,0
ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	39420,0	43,8
ILMANVAIHTOKONEEN PUHALTIMET	39420,0	43,8
KULUTTAJALAITTEET JA VALAISTUS	66370,4	73,7
KULUTTAJALAITTEET	6757,7	7,5
VALAISTUS	59612,7	66,2
UUSIUTUVAT POLTTOAINEET	0,0	0,0
VARAAVA TULISIIJA	0,0	0,0

## Esimerkki energiainvestoinnin takaisinmaksuajasta

Laskennassa oletetaan ilmanvaihtokoneen hankintahinnaksi 36 000 €. Uuden koneen vaihtaminen säästää kiinteistön lämmitys- ja sähköenergian kustannuksia noin 7000 € vuodessa. Investoinnin vuotuiseksi koroksi on oletettu 8 %.

Esimerkissä lasketaan sekä yksinkertainen että korollinen takaisinmaksuaika.

hankintahinta (H)	36 000,00	€
vuotuiset nettotulot (T)	7 000,00	€
i	0,08	%
1+i	1,08	
T/(T-Hi)	1,70	
ln(T/(T-Hi))	0,53	
ln(1+i)	0,08	

Vastaus:

yksinkertainen takaisinmaksuaika	5,14	v
korollinen takaisinmaksuaika	6,89	v

### YHTEENVETO HERKKYYSTARKASTELUSTA

HANKINTAHINTA MUUTTUU +/- 15 %	85 %	100 %	115 %
yksinkertainen takaisinmaksuaika	4,37	5,14	5,91
korollinen takaisinmaksuaika	5,59	6,89	8,33
KORKO MUUTTUU +/- 2 % YSIKKÖÄ	6 %	8 %	10 %
yksinkertainen takaisinmaksuaika	5,14	5,14	5,14
korollinen takaisinmaksuaika	6,33	6,89	7,58
ENERGIAN SÄÄSTÖ MUUTTUU +/- 15 %	85 %	100 %	115 %
yksinkertainen takaisinmaksuaika	6,05	5,14	4,47
korollinen takaisinmaksuaika	8,60	6,89	5,75

