

Matti Vuori

## Eduskunnan A-rakennuksen peruskorjaus

### Energiamittaukset ja energiankulutuksen vertailu suunnitteluarvoihin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

02.01.2014

Tekijä Otsikko	Matti Vuori Eduskunnan A-rakennuksen peruskorjaus Energiamittaukset ja kulutuksen vertailu tavoitearvoihin
Sivumäärä Aika	33 sivua 02.01.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja	yliopettaja Piia Sormunen
<p>Työn tavoitteena oli esitellä, miten Eduskunnan toimistorakennuksen peruskorjauksen yhteydessä toteutettiin lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian mittaukset, sekä tuoda esille, mitä kiinteistön haltijan tulee ottaa huomioon, kun energiamittauksia suunnitellaan ja toteutetaan.</p> <p>Työssä verrattiin peruskorjauksen yhteydessä toteutetuista energiamittauksista saatuja kulutustietoja suunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelutoimiston laskemiin tavoitearvoihin. Toteutuneiden energiankulutuksien vertailulla kulutuksiin ennen peruskorjauksen aloittamista arvioitiin, miten Eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelman tavoitteet saavutettiin.</p> <p>Tarkastelumenetelminä käytettiin LVI-suunnittelutoimisto Leo Maaskola Oy:n tekemää energiataarkastelua sekä toteutetuista energiamittauksista saatua informaatiota, jossa lämmitysenergian kulutus on normeerattu lämmitystarveluvulla vastaamaan energiataarkastelun lähtötietoja.</p> <p>Työn tuloksena saavutettiin tieto siitä, että energiatehokkuussuunnitelman tavoitteet kokonaisenergian säästölle tarkastellun rakennuksen osalta täyttyvät. Energian käyttö verrattuna tavoiteltuihin arvoihin on jonkin verran korkeampi, mutta on saavutettavissa automaatiojärjestelmän säätötoimenpiteillä mm. tarkastelemalla aikaohjelmia kriittisemmin.</p> <p>Työn johtopäätöksenä syntyi se käsitys, että jos uusiin tai peruskorjattaviin toimistorakennuksiin on tarkoitus asentaa energian mittaukset, tulee kiinteistön omistajan tehdä tämä määrittely jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tällöin palveluverkostot voidaan rakentaa siten, että energiamittauksilla mitataan juuri sen rakennuksen tai rakennusosan energiamäärää, jota oli tarkoituskin mitata. Mittauksien käyttöönottoon ja mittaustiedon oikeaan käsittelyyn automaatiojärjestelmässä on myös syytä perehtyä.</p>	
Avainsanat	energiamittaus, energiankulutus, energiatehokkuus

Author Title Number of Pages Date	Matti Vuori Energy consumption of the Finnish Parliament house: measurements, actual consumption and target values. 33 pages 02 January 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Property Management
Instructor	Piia Sormunen, Principal Lecturer
<p>The goal of the project was to determine how heating, cooling and electrical power measurements were carried out when the office building of the Finnish Parliament was renovated, as well as to bring out what a property manager must take into account when planning and carrying out energy measurements.</p> <p>In the project the measured energy consumption was compared to the target values set by the HVAC planning office. The measured energy consumption was also compared to the target values in the energy efficiency plan of the Parliament.</p> <p>As a result it was established that the targets of the energy efficiency plan can be reached in the renovated office building. The actual energy consumption was a little higher than the targets, but with building automation system adjustments it would be possible to reach the targets.</p> <p>As a conclusion it can be said that a property owner must make sure that energy measurements are taken into account already in the planning phase of a construction project. It is also important to prepare a trial run of the energy measurements in the building automation system.</p>	
Keywords	energy measurements, energy consumption, energy efficiency

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Taustaa	4
3	Kohteen tiedot	5
4	Energian käyttö ennen peruskorjausta ja tavoitearvot	6
4.1	Talotekniset järjestelmät ennen peruskorjausta	7
4.2	A-rakennus, energiankulutus ennen peruskorjausta	8
4.3	Talotekniset järjestelmät peruskorjauksen jälkeen	9
4.4	A-rakennus, energiankulutustavoitteet peruskorjauksen jälkeen	10
5	Mitattavat energiat ja mittaustavat	11
5.1	Lämmitysenergian mittaukset	11
5.2	Jäähdytysenergian mittaukset	11
5.3	Sähköenergian mittaukset	12
5.4	Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittarit	13
5.5	Sähköenergian mittarit	16
6	Mittausten soveltuvuus ja havaitut ongelmat käyttöönotossa	18
6.1	Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksien soveltuvuus	18
6.2	Sähköenergian mittauksien soveltuvuus	20
7	Toteutunut energian käyttö	21
7.1	Lämmitystarveluku	21
7.2	Toteutunut kulutus	24
8	Energiankulutus vertailu suunnitteluarvoihin ja muut havainnot	26
8.1	Energian kulutuksen vertailu suunnitteluarvoihin	26
8.2	Muita havaintoja energiankulutuksesta	27
9	Johtopäätökset	28
	Lähteet	29

## 1 Johdanto

Vuonna 2006 voimaan tullut energiapalveludirektiivi asetti julkiselle sektorille velvoitteen näyttää esimerkkiä direktiivin mukaisissa toimissa energiatehokkuuden edistämiseksi.

Valtioneuvoston periaatepäätöksellä energiatehokkuustoimenpiteistä (4.2.2010) tulee kaikkien valtion hallinnonalojen laatia energiatehokkuussuunnitelma.

Eduskunnan kanslian johtoryhmä velvoitti eduskunnan kiinteistötoimiston ja ympäristöpäällikön laatimaan eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelma. Energiatehokkuussuunnitelmassa tulee tarkastella kiinteistön kokonaisenergian käyttöä, laitesähkön kulutusta (mm. atk-laitteet) sekä energiatehokkuussuunnitelman johtamista, toteuttamista ja viestintää.

Suunnitelman keskeinen ajatus on korostaa jokaisen eduskunnassa työskentelevän roolia energiatehokkuuden toteuttamisessa. Energiatehokkuuden toteuttaminen on osa eduskunnan kanslian normaalia virkatoimintaa.

Osana valtion hallinnonalojen energiatehokkuustoimenpiteitä on eduskunnan kanslialle laadittu energiatehokkuussuunnitelma. Suunnitelmassa tarkastellaan eduskunnan kiinteistöön ja laitteisiin liittyvää energiankäyttöä ja sen tehostamista sekä sitä, miten energiatehokkuutta voidaan parantaa hankinnoissa ja käyttäjiä kouluttamalla. (Eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelma 2013.)

Energiatehokkuussuunnitelman energiasäästötavoitteet on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Energiatohokkuussuunnitelman energiansäästö tavoitteet (Eduskunnan kanslian energiatohokkuussuunnitelma 2013.)

Toimenpide	2008	2015	2020
Eduskuntatalon ym. kokonaisenergiankulutus (MWh) vähennystavoite 15 % vuoteen 2020	15 191		12 912
Pikkuparlamentin sähköenergian kulutus (MWh) vähennystavoite 10 % vuoteen 2015	2 432	2 189	

Suunnitelmassa esitetään seuraavat energiansäästön ja energiatohokkuuden parantamisen toimenpiteet (Eduskunnan kanslian energiatohokkuussuunnitelma 2013.):

- 1 Energiankulutusta seurataan säännöllisesti ja talotekniikkaa säädetään.
- 2 Energiatohokkuustavoitteiden toteutumista seurataan ja niistä raportoidaan.
- 3 Pyritään vaikuttamaan energian käyttötottumukseen opastuksella ja ohjeistuksella.
- 4 Selvitetään Pikkuparlamentin poikkeava sähkönkulutus ja ryhdytään tarvittaviin toimiin sen vähentämiseksi.
- 5 Varmistetaan energiatohokkaat ratkaisut peruskorjauksessa.
- 6 Huomioidaan energiatohokkuus ICT-ratkaisujen suunnittelussa ja -laitteiden hankinnassa.
- 7 Energiatohokkuudesta tiedotetaan aktiivisesti eduskunnan viestintäkanavia hyödyntäen. Eduskuntalaisille järjestetään myös ympäristötori-tyyppisiä tapahtumia, joissa aihetta käsitellään käyttäjälähtöisesti.

Insinööriyön tavoitteena on esitellä, miten Eduskuntakiinteistön peruskorjausprojektin yhteydessä peruskorjatun toimistorakennuksen sähkö-, lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaukset on toteutettu ja mitä asioita tulee ottaa huomioon, kun kiinteistön haltijan omaan seurantaan tulevia energiamittauksia suunnitellaan ja otetaan käyttöön.

Työssä tarkastellaan toteutuneita energiankulutuksia verrattuna energiankulutukseen ennen peruskorjausta sekä Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:n tekemään teoreettiseen tarkasteluun energian kulutuksista peruskorjauksen jälkeen suunnitelmien mukaisilla laitteilla.

Energian kulutuksien vertailulla ennen ja jälkeen peruskorjausprojektin todetaan, miten Eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelmassa asetettujen energian käytön vähentämistavoitteiden sekä energiatehokkuustavoitteiden saavuttaminen on onnistunut tarkastelun kohteena olevan rakennuksen osalta.

Toteutuneen energian kulutuksen vertailulla suunnitteluarvoihin pyritään myös selvittämään syitä mahdollisiin kulutuspoikkeamiin ja ohjaamaan laitteiden käyttöä, viritystä ja ylläpitotoimintaa siihen suuntaan, että suunnitteluarvoihin päästäisiin.

Työn tuloksena syntyy koottu selvitys asioista, joita on otettava huomioon, kun kiinteistö tai yksittäinen rakennus halutaan varustaa kattavilla energiamittauksilla ja liittää ne kiinteistön automaatiojärjestelmään.

## 2 Taustaa

Eduskuntakiinteistön peruskorjausprojekti (EKP 2007-) aloitettiin vuonna 2007 peruskorjauksen hankesuunnitelman teolla, ja varsinaisen peruskorjaustyön ensimmäinen vaihe alkoi vuonna 2009 toisen kansanedustajien työhuonesiiven, B-rakennuksen, korjauksella. Hankesuunnitelmassa kiinteistön talotekniikan suunnittelulähtökohtana oli uusia jo käyttöikänsä päähän tulleet talotekniset järjestelmät kaikilta osin sekä kiinnittää erityisesti huomiota järjestelmien ja laitteiden energiatehokkuuteen. Lähtökohtana oli myös parantaa rakennusten lämpötaloutta rakenteiden lisäeristyksillä ja energiatehokkaammilla ikkunarakenteilla.

Peruskorjausprojektin LVI-suunnittelutoimistoksi valittu Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy on tehnyt kiinteistön jokaisesta rakennuksesta energiankulutustarkastelun, joka sisältää laskelmat energian kulutuksesta ja CO<sub>2</sub>-päästöistä ennen ja jälkeen peruskorjauksen. Rakennuksista on tehty myös elinkaarilaskelmat peruskorjauksen jälkeisille 20 vuodelle.

Eduskunnan kanslialle on laadittu energiatehokkuussuunnitelma Valtioneuvoston 4.2.2010 antaman periaatepäätöksen mukaisesti. Energiatehokkuussuunnitelmassa energian säästötavoitteeksi määriteltiin peruskorjattavien rakennusten osalta kokonaisenergian kulutuksen pieneneminen 15 % vuoteen 2020 mennessä. Energiatehokkuussuunnitelman säästötoimenpiteinä on mainittu mm. rakennusten energian kulutuksen säännöllinen seuranta ja talotekniikan säätö sekä energian säästön ja energiatehokkuuden toteuman seuranta. (Eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelma 2013.)



### 3 Kohteen tiedot

Eduskuntakiinteistö, A-rakennus

- Kansanedustajien ja avustajien käytössä oleva toimistorakennus
- Valmistumisvuosi 1978, peruskorjattu 2011
- Pinta-ala 3670 m<sup>2</sup>, tilavuus 12962 m<sup>3</sup>
- Työhuoneita 87 kpl, lisäksi 110 hengen auditorio sekä neuvotteluhuoneita

Rakennus on ympäristöministeriön päätöksellä YM2/531/2008 määrätty suojeltavaksi. Päätöksessä suojelumääräykset on luokiteltu kolmeen luokkaan, ja yleisinä suojelumääräyksinä on mainittu, että rakennuksen ulkoarkkitehtuuri tulee säilyttää ja sisätilojen muutoksissa tulee huomioida niiden historialliset ja arkkitehtoniset erityispiirteet. Suojelupäätös toi omat haasteensa energiatehokkuuden parantamistoimenpiteiden osalta kuten sen, että rakennuksen ulkovaippaa ei voinut lisäeristää vaipan paksuutta kasvattamalla. Vaipan energiatehokkuutta saatiin kuitenkin parannettua käyttämällä nykyaikaisia eristemateriaaleja ja uusimalla ikkunat.

Rakennuksen kaikki talotekniset järjestelmät uusittiin. Ilmanvaihtolaitteet varustettiin lämmön talteenottojärjestelmillä ja kaikki pienjännitemoottorit valittiin vähintään energiatehokkuusluokan IE2 laitteiksi. Valaistusohjauksissa hyödynnetään päivänvaloa pienentämään valaistusvoimakkuutta niissä kohteissa joissa se on mahdollista. Kerros- ja tilakohtaisilla rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelmilla pystytään ohjaamaan ilmanvaihtoa, jäähdytystä ja valaistusta sen mukaan kuin rakennuksessa on toimintaa.

Taloteknisten järjestelmien näkyvien komponenttien, kuten ilmanvaihdon pääte-elimien, lämmityspatterien ja valaisimien, tuli mukailla arkkitehtuuria, joka oli toteutettu rakennuksen valmistumisen yhteydessä vuonna 1978.

#### **4 Energian käyttö ennen peruskorjausta ja tavoitearvot**

Eduskunnan peruskorjausprojektin LVI-suunnittelutoimistona toimiva Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy on tehnyt jo hankesuunnitteluvaiheessa energiakulutustarkastelun jokaiselle peruskorjattavalle rakennusosalle. Energiakulutustarkastelua on tarkennettu suunnittelun edetessä, kun LVI-laitteiden toteutusratkaisut ovat täsmentyneet.

Energian käytön vertailua varten valittiin kansanedustajien toinen työhuonerakennus, vuonna 2011 peruskorjattu A-rakennus, jonka energiankulutustarkasteluun tässä viitataan.

Energiankulutustarkastelussa on käsitelty tilannetta ennen peruskorjausta ja tarkasteluvuotena on käytetty viimeistä rakennuksen normaalia käyttötilannetta vastaavaa vuotta 2008. Energiankulutustarkastelussa suunnitelmien mukaisten taloteknisten järjestelmien energiankulutuksen toteutumavuotena on A-rakennuksen osalta käytetty vuotta 2015, jolloin kaikki yhteiseen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään liitetyt rakennukset on peruskorjattu ja käyttöönoton jälkeiset järjestelmien säätötoimenpiteet on toteutettu.

Energiankulutustarkastelun laskelmat perustuvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta D5 (1985). Selvityksessä on myös käytetty vertailevia laskentaohjelmistoja kuten ilmanvaihtolaitteissa ACON-ohjelmistoa, rakennuksen energiankulutuksessa RIUSKA-ohjelmistoa. Näiden ohjelmien antamia tuloksia on käytetty lähtötietoina ja vertailutietona laadittuihin taulukkolaskelmiin. (Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy 2009.)

#### 4.1 Talotekniset järjestelmät ennen peruskorjausta

Tarkasteltava rakennus valmistui vuonna 1978, ja talotekniset järjestelmät olivat pääosin alkuperäisiä ja siten käyttöikänsä päässä. Taloteknisten järjestelmien kunto ja energiatehottomuus on yksi suuri syy rakennuksen peruskorjaukseen.

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmät oli rakennettu Rakennushallituksen silloisen toimistorakennuksien ilmanvaihdon suunnitteluohjeiden mukaisesti. Työhuoneiden ilmanvaihto oli toteutettu ns. käytäväpuhalluksena, eli koneellinen tuloilma ohjattiin käytävätiloihin ja niistä se oli kanavoitu työhuoneisiin, joihin oli asennettu poistoilman pääte-elimet. Ilmanvaihto ei toiminut tyydyttävällä tavalla, ja toimintaa häiritsi etenkin se, että työhuoneiden ovia pidettiin auki, jolloin tuloilman virtaaminen huoneisiin häiriintyi.

Ilmanvaihto oli toteutettu erillisillä tulo- ja poistoilmanvaihtokoneilla. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet oli jaettu siten, että toimistohuoneilla oli oma ilmanvaihtokoneensa ja auditorio sekä kokoushuoneet olivat erotettu omien ilmanvaihtokoneidensa perään. Aula- ja porrastiloilla oli omat ilmanvaihtokoneensa sekä WC-tiloissa poistoilmanvaihto.

Ilmanvaihtokoneilla ei ollut lämmön talteenottojärjestelmää. Tuloilman lämmitys hoidettiin vesipattereilla, jotka oli liitetty kolmen rakennuksen ilmanvaihtoa palvelemaan yhteiseen kaukolämmönvaihtimeen. Kokoushuoneiden ja auditorion ilmanvaihdon tuloilmakoneet oli varustettu jäähdytyspattereilla, joissa jäähdytysvetenä käytettiin maanalaisen tilojen jäähdytysaltaan vettä. Jäähdytyskyky oli kuitenkin melko huono, ja viime vuosina se ei ollut enää lainkaan käytössä.

Rakennuksessa oli lisäksi vesikiertoinen patterilämmitys patterikohtaisilla termostaateilla.

#### 4.2 A-rakennus, energiankulutus ennen peruskorjausta

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:n tekemässä energiankulutustarkastelussa A-rakennuksen energiankulutus on laskettu ennen peruskorjausta olleiden rakenteiden mukaisella kokonaislämpöhäviöllä. Energiankulutus on laskennallinen, koska rakennus- tai järjestelmäkohtaisia energian mittaustietoja ei ollut käytettävissä.

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoina on käytetty alkuperäisten suunnitelmien mukaisia mitoitusilmavirtoja ja laitesähkön energian kulutus on laskettu asennettujen puhallinmoottoreiden tehon mukaan. Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoina on käytetty keskimäärisiä käyntiaikoja, jotka muodostuvat Eduskunnan vaihtelevista työskentelyajoista.

A-rakennuksen energiankulutukset ennen rakennuksen peruskorjausta ja taloteknisten järjestelmien uusintaa on esitetty taulukossa 2.

Energiankulutustarkastelun laskelmissa on käytetty seuraavia lähtöarvoja: lämmönjohdavuus ulkoseinät 0,36 W/m<sup>2</sup>K, vesikatot 0,31 W/m<sup>2</sup>K, lattiat 5 W/m<sup>2</sup>K ja ikkunat 2,4 W/m<sup>2</sup>K; lämmitysteho 70 kW ja lämmitystarveluku 3989 Kd (Helsinki-Kaisaniemi 1971–2000). (Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy 2009.)

Taulukko 2. A-rakennuksen energiankulutus ennen peruskorjausta

Lämmitettävä kuukausi	laitteisto-sähkö MWh	kauko-jäähdytys MWh	rakennus, lämmitys MWh	ilmanvaihto, lämmitys MWh	lämmitys yhteensä MWh	kokonais-energia MWh
tammikuu	7,2	0	33,3	81,3	114,6	121,9
helmikuu	7,2	0	30,4	74,2	104,6	111,8
maaliskuu	7,2	0	27,7	67,6	95,3	102,5
huhtikuu	7,2	0	19,8	48,3	68,1	75,3
toukokuu	7,2	0	9,8	23,9	33,7	40,9
kesäkuu	7,2	0	1,9	4,6	6,4	13,7
heinäkuu	7,2	0	0,6	1,5	2,1	9,4
elokuu	7,2	0	2,3	5,6	7,9	15,1
syyskuu	7,2	0	9,6	23,4	33,0	40,2
lokakuu	7,2	0	17,7	43,2	60,9	68,1
marraskuu	7,2	0	24,6	60,0	84,5	91,8
joulukuu	7,2	0	30,6	74,7	105,3	112,5
<b>yhteensä</b>	<b>86,6</b>	<b>0</b>	<b>208,1</b>	<b>508,4</b>	<b>716,5</b>	<b>803,1</b>

#### 4.3 Talotekniset järjestelmät peruskorjauksen jälkeen

A-rakennuksen peruskorjauksen yhteydessä uusittiin kaikki rakennusta palvelevat talotekniset järjestelmät lukuun ottamatta lämmitysverkoston kerroksissa sijaitsevia patterilinjoja.

Ilmanvaihtolaitteita varten louhittiin rakennuksen sisäpihan alle vanhan ilmanvaihtokonehuoneen laajennusosa, jotta ilmanvaihtokoneille saatiin asennettua lämmön talteenottolaitteet. Lämmön talteenottolaitteissa päädyttiin pyörivään lämmön talteenotto-kennoon, joka vaatii konehuoneelta etenkin korkeussuunnassa tilaa, kun tulo- ja poistoilmakoneet on asennettava päällekkäin.

Työhuoneiden ilmanvaihto- ja jäähdytysratkaisuista tehtiin useampi suunnitelma, joita testattiin ennen korjausurakan alkua tähän tarkoitukseen rakennetussa mallihuoneessa. Testattavana oli erilaisia tuloilman sisään puhallusratkaisuja sekä huonetilan jäähdytyslaitteita. Tarkoituksena oli löytää käyttäjän kannalta miellyttävin ilmanvaihto- ja jäähdytysratkaisu, jonka asennuksessa ja ulkonäössä voidaan kuitenkin ottaa huomioon suojelumääräyksien veloitteet. Testauksien jälkeen valituksi tuli ratkaisu, jossa tuloilma johdetaan työhuoneen perältä ikkunapenkin päällä olevasta ritilästä huonetilaan ja poistoilman pääte-elin sijaitsee huoneen toisessa reunassa katossa. Huoneiden jäähdytysvaihtoehdoksi valittiin jäähdytyskattoelementti. Huoneiden lämmityspatterit uusittiin. Työhuoneiden lämmityksen ja jäähdytyksen säätö tapahtuu yhteisellä huoneyksiköllä, jolloin estetään tilan yhtäaikainen lämmittäminen ja jäähdyttäminen.

#### 4.4 A-rakennus, energiankulutustavoitteet peruskorjauksen jälkeen

Energiankulutustarkastelussa on peruskorjatun A-rakennuksen lämmitysenergiankulutus laskettu suunniteltujen rakennekorjauksien ja mm. ikkunoiden uusimisen jälkeisellä arvioidulla kokonaislämpöhäviöllä.

Ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoina on käytetty muutossuunnitelmien mukaisia mitoitussilmavirtoja ja laitesähkön energian kulutus on laskettu suunniteltujen puhallinmoottoritehojen mukaan. Ilmanvaihtokoneiden keskimääräiset käyntiajat on korjattu energiankulutuksien laskentataulukoihin sen mukaisiksi kuin ne vertailuvuonna olivat. Peruskorjauksen jälkeiset suunnitelmien mukaisten taloteknisten järjestelmien energiankulutuksien tavoitearvot on esitetty taulukossa 3.

Energiankulutustarkastelun laskelmissa on käytetty seuraavia lähtöarvoja: lämmönjohdavuus ulkoseinät 0,33 W/m<sup>2</sup>K, vesikatot 0,16 W/m<sup>2</sup>K, lattiat 5 W/m<sup>2</sup>K ja ikkunat 0,96 W/m<sup>2</sup>K; lämmitysteho 40 kW ja lämmitystarveluku 3989 Kd (Helsinki-Kaisaniemi 1971–2000) (Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy 2009.).

Taulukko 3. A-rakennuksen energiankulutuksen tavoitearvot peruskorjauksen jälkeen

Lämmitettävä kuukausi	laitteisto-sähkö MWh	kauko-jäähdytys MWh	rakennus, lämmitys MWh	ilmanvaihto, lämmitys MWh	lämmitys yhteensä MWh	kokonais-energia MWh
tammikuu	5,0	0,1	23,3	20,8	44,1	49,2
helmikuu	5,0	0,1	21,3	19,0	40,2	45,4
maaliskuu	5,0	0,3	19,4	17,3	36,7	42,0
huhtikuu	5,0	1,2	13,8	12,3	26,2	32,4
toukokuu	5,0	10,8	6,8	6,1	13,0	28,7
kesäkuu	5,0	13,8	1,3	1,2	2,5	21,3
heinäkuu	5,0	19,8	0,4	0,4	0,8	25,6
elokuu	5,0	12	1,6	1,4	3,0	20,0
syyskuu	5,0	1,4	6,7	6,0	12,7	19,1
lokakuu	5,0	0,3	12,4	11,0	23,4	28,7
marraskuu	5,0	0,1	17,2	15,3	32,5	37,6
joulukuu	5,0	0,1	21,4	19,1	40,5	45,6
<b>yhteensä</b>	<b>59,9</b>	<b>60</b>	<b>145,7</b>	<b>130,0</b>	<b>275,7</b>	<b>395,6</b>

## 5 Mitattavat energiat ja mittaustavat

### 5.1 Lämmitysenergian mittaukset

Kaukolämmitysverkkoon liitettyjen rakennuksien lämmitysenergioista mitataan erikseen patteriverkoston lämmitysenergian käyttö sekä ilmanvaihdon tuloilman lämmitysenergian käyttö. Rakennusten käyttöveden lämmitystä ei mitata erikseen, koska sen energian kulutus ei ole niin merkittävä kokonaisenergian tarkastelussa. Käyttöveden kulutusta ei myöskään mitata rakennuskohtaisesti. Koko kiinteistön käyttöveden lämmitykseen käytetyn energianmäärän saa kuitenkin vähentämällä kiinteistön kokonaislämmitysenergiasta erikseen mitatut rakennuksien lämmitysenergianmäärät. (Kuva 1.)

Rakennusten lämmitysenergioiden käytöt mitataan rakennuksia palvelevien lämmityspatteriverkoston ja ilmanvaihdon tuloilman lämmitysverkoston kaukolämmönvaihtimien toisiopiireistä. Patterilämmitysverkoston ja ilmanvaihdon lämmitysverkoston kaukolämmönvaihtimet palvelevat A-, B- ja C-rakennuksia. Lämmitysverkostot lämmönvaihtimien jälkeen suunniteltiin siten, että eri rakennuksia palveleviin putkilinjoihin asennetaan omat energiamittaukset lähelle rakennusosan ensimmäistä kulutuspistettä. Lämmitysverkoston toisiopiireissä tapahtuvia siirtoputkiston häviöitä ei siten tule mitattua, mutta niiden osuus kokonaisenergiasta ei ole merkittävä.

### 5.2 Jäähdytysenergian mittaukset

Kaukojäähdytysverkon energiamäärästä mitataan vain eri rakennuksien jäähdytysenergian kokonaiskäyttö, on se sitten ilmanvaihdon jäähdytystä, työhuonetilojen palkkijäähdytystä tai teknisten tilojen jäähdytystä.

Kaukojäähdytyksen lämmönvaihdin tulee olemaan yhteinen kaikkien Eduskunnan maanpäällisten rakennuksien kanssa. Jäähdytysenergian mittaus tapahtuu lämmönvaihtimen toisiopiiriin asennetuilla rakennuskohtaisilla energiamittareilla. Energiamittarit suunniteltiin asennettavaksi jäähdytysputkilinjoihin eri rakennuksiin tai niiden välittömään läheisyyteen. (Kuva 1.)



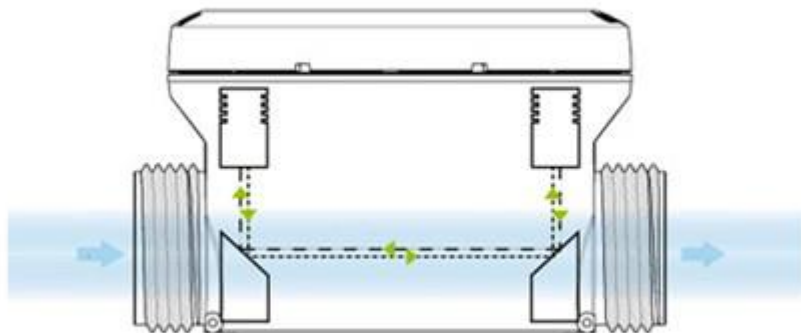


#### 5.4 Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittarit

Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittareina on käytetty ultraäänitoimisia lämpömäärälaskimia Hydrometer Sharky 775, Sensus PolluStat E sekä Kamstrup Multical 602, jotka on liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään. Mittari koostuu putkilinjaan laipoilla asennettavasta virtausputkesta, johon on kiinnitetty mittarin elektroniikkayksikkö, sekä menoveden ja paluuveden lämpötila-antureista. Mittareita on erikokoisille putkille ja virtausmäärille.

Ultraäänimittarit mittaavat mittausputken keskimääräistä virtausnopeutta virtauksen myötä- ja vastavirtaan lähetetyn ultraäänisignaalin väliseen kulku-aikaeroon perustuen. Mittaustapa on lähes riippumaton virtausprofiilista tai mitattavan nesteen lämpötilasta. Mittarin virtausputkessa ei ole mitään liikkuvia tai kuluvia osia, eikä virtausputki aiheuta juurikaan painehäviötä mitattavassa linjassa. Meno- ja paluuveden lämpötilojen mittauksia hyödyntäen mittari laskee virtausputken läpi menevän nesteen energiamäärän. (Kamstrup 2013.)

Ultraäänimittarin mittausputken havainnekuva on esitetty kuvassa 2, josta nähdään ultraäänilähettimien lähettämien signaalien kulku nesteessä.



Kuva 2. Ultraäänimittarin mittausputken havainnekuva (Kamstrup 2013.)

Ultraäänimittarit voidaan liittää automaatiojärjestelmään useilla eri tiedonsiirtotavoilla. Energialaitokset tarjoavat asiakkailleen lämmitys- ja jäähdytysenergiamittareista pulssi- lähtöistä energiamittaustietoa, joka voidaan liittää erillisiin luentalaitteisiin tai rakennus- automaatiojärjestelmään. Mittareista saadaan mittaustietoja myös väyläliitännän tai sarjaliikenne-rajapinnan kautta. A-rakennukseen asennetut energiamittarit on liitetty automaatiojärjestelmään M-Bus-väyläliitännän avulla, joka on yleisesti käytetty mittaustiedon väyläliitännätäratkaisu ja yhteensopiva useiden rakennusautomaatiojärjestelmien kanssa.

Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaustiedot on kerätty rakennusautomaatiojärjestelmän valvomosovellukseen omaan energiamittaussivuun, joka on esitetty kuvassa 3. Mittaustietojen pääsivulta nähdään eri mittauksien kumulatiiviset energiamäärät sekä kuluvan päivän mitattu energiamäärä. Mittaustiedoista saadaan myös trenditiedot.

Raportti	Tunnus	Kuvaus	Kumulatiivinen	Päivittäinen	Valvonta-alakeskus
	A111QQ01	A-rakennus Lämmitysverkosto Rak A	336,86 MWh	Arvot 0,370 MWh	VK-A02 IV-konehuone
	A112QQ01	A-rakennus IV-Lämmitysverkosto Rak A	390,55 MWh	Arvot 0,350 MWh	VK-A02 IV-konehuone
	B100QQ01	B-rakennus Lämmitysjarjestelma	1844,4 MWh	Muuta 3,200 MWh	VK-B02 Kaukokylmähuone
	B100QQ46.1	B-rakennus Uima-allastilan lämmitys	435,46 MWh	Arvot 0,300 MWh	VK-B01 IV-konehuone B006
	B111QQ01	B-rakennus Lämmitysverkosto Rak A ja B	361,63 MWh	Arvot 0,380 MWh	VK-B03.2 IV-konehuone B031
	B112QQ01	B-rakennus IV-Lämmitysverkosto Rak B	557,03 MWh	Arvot 0,360 MWh	VK-B03.2 IV-konehuone B031
	E151QQ01	E-rakennus IV-Lämmitys Pohj.siipi	212,38 MWh	Arvot 0,100 MWh	VK-E01 IV-konehuone B032
	C111QQ01	C-rakennus Lämmitysverkosto Rak C	152,83 MWh	Arvot 1,050 MWh	VK-C03 Lämmönjakuhuone
	C112QQ01	C-rakennus IV-Lämmitysverkosto Rak C (parkki)	112,00 MWh	Arvot 0,680 MWh	VK-C03 Lämmönjakuhuone
	C113QQ01	C-rakennus IV-Lämmitysverkosto Rak C	14,99 MWh	Arvot 0,490 MWh	VK-C03 Lämmönjakuhuone
	C114QQ01	C-rakennus Lumensulatusverkosto Rak C	8,10 MWh	Arvot 0,320 MWh	VK-C03 Lämmönjakuhuone
	A411QQ01	A-rakennus Jäähdytysverkosto Rak A	71,56 MWh	Arvot 0,010 MWh	VK-A02 IV-konehuone
	B401QE01	Eduskunta Kaukokylmäenergia	669,3 MWh	Muuta 0,300 MWh	VK-B02 Kaukokylmähuone
	B401QE02	B-rakennus Kaukokylmäenergia	395,6 MWh	Muuta 0,000 MWh	VK-B02 Kaukokylmähuone
	B411QE01	B-rakennus Jäähdytysverkosto Rak B	513,63 MWh	Arvot 0,170 MWh	VK-B03.2 IV-konehuone B031
	EA451QQ01	E-rakennus Jäähdytysvesi et.siipi	13,33 MWh	Arvot 0,020 MWh	VK-E02 IV-konehuone
	E451QQ01	E-rakennus Jäähdytysvesi Pohj.siipi	66,64 MWh	Arvot 0,010 MWh	VK-E01 IV-konehuone B032
	C411QQ01	C-rakennus Jäähdytysverkosto Rak C	0,40 MWh	Arvot 0,100 MWh	VK-A02 IV-konehuone

Kuva 3. Lämmitys- ja jäähdytysenergioiden mittaussivu rakennusautomaatiojärjestelmässä

Mittaustiedoista muodostetaan automaatiojärjestelmässä kuvan 4 mukaisia energiankulutusraportteja, joista voi seurata kuukausittaisia sekä vuorokautisia energian kuluksia ja verrata eri vuosien kulutustietoja keskenään.

Energiankulutusraporteissa on mahdollisuus määritellä kuukausittaiset tavoitekulutukset energiamäärille, jolloin raportista näkee helposti, miten toteutunut kulutus on suhteessa asetettuun tavoitteeseen.

919EM raportointi

Valitse vuosi: 2013

Yhteenveto **Kuukausiraportti** Vuorokausiraportti Vuosiraportti Kuukausivertailuraportti

**Suomen Eduskunta, Eduskuntakatu 4, 00100 HELSINKI**

LÄMMITYSVERKOSTO Rak A A111QQ01

Vuosi	Toteutunut		Korjattu		Astepäiväluku	
	Kulutus	Kulutus	Tavoite	Ero	Mitattu	Normaali
Kuukausi	MWh	MWh	MWh	%	d°	d°
Tammikuu	26,9	34,1	195,2	-82,6	584,5	741,0
Helmikuu	20,3	31,0	177,0	-82,5	441,1	672,0
Maaliskuu	25,5	27,3	162,5	-83,2	576,4	617,0
Huhtikuu	16,2	18,9	110,1	-82,8	359,0	418,0
Toukokuu	6,1	10,5	44,3	-76,2	97,3	168,0
Kesäkuu	1,4	1,4	5,3	-72,7	3,7	20,0
Heinäkuu	0,8	0,8	1,3	-42,3	0,4	5,0
Elokuu	1,5	4,8	7,1	-31,9	8,6	27,0
Syyskuu	5,8	7,6	47,7	-84,1	138,1	181,0
Lokakuu	12,0	14,2	94,3	-85,0	303,7	358,0
Marraskuu	15,8	0,8	132,8	-99,4	9512,6	504,0
Joulukuu	18,9	26,5	172,5	-84,6	465,8	655,0
<b>Yhteensä</b>	<b>151,3</b>	<b>178,0</b>	<b>1150,0</b>	<b>-84,5</b>	<b>12491,2</b>	<b>4366,0</b>
1/4 vuosi	72,7	92,4	534,7	-82,7		
2/4 vuosi	23,8	30,9	159,6	-80,6		
3/4 vuosi	8,1	13,2	56,1	-76,5		
4/4 vuosi	46,6	41,5	399,6	-89,6		
Rakennustilavuus		26000,0	Rm3			
Lämmityksen tunnusluku		6,8	kWh/Rm3/a			

Kuva 4. Energiankulutuksen raporttisivu

## 5.5 Sähköenergian mittarit

Sähköenergian mittareina rakennuksien pää- ja jakokeskuksissa on käytetty Carlo Gavazzi EM26 96 -energia-analysaattoreita. Analysaattorit mittaavat keskuksien pää- ja vaihejännitteet sekä kolmen vaiheen kuormitusvirrat toisiovirtamuuntajien avulla. Analysaattoreiden mittaamat keskuksien kokonaissähköenergiat siirretään pulssilähtönä rakennusautomaatiojärjestelmään. Pulssilähdön pulssilukua energiayksikköä kohti voidaan muuttaa analysaattorin parametreista. Analysaattorin omalta näytöltä voi seurata useita sähköverkon suureita keskuksista, johon mittari on asennettu.

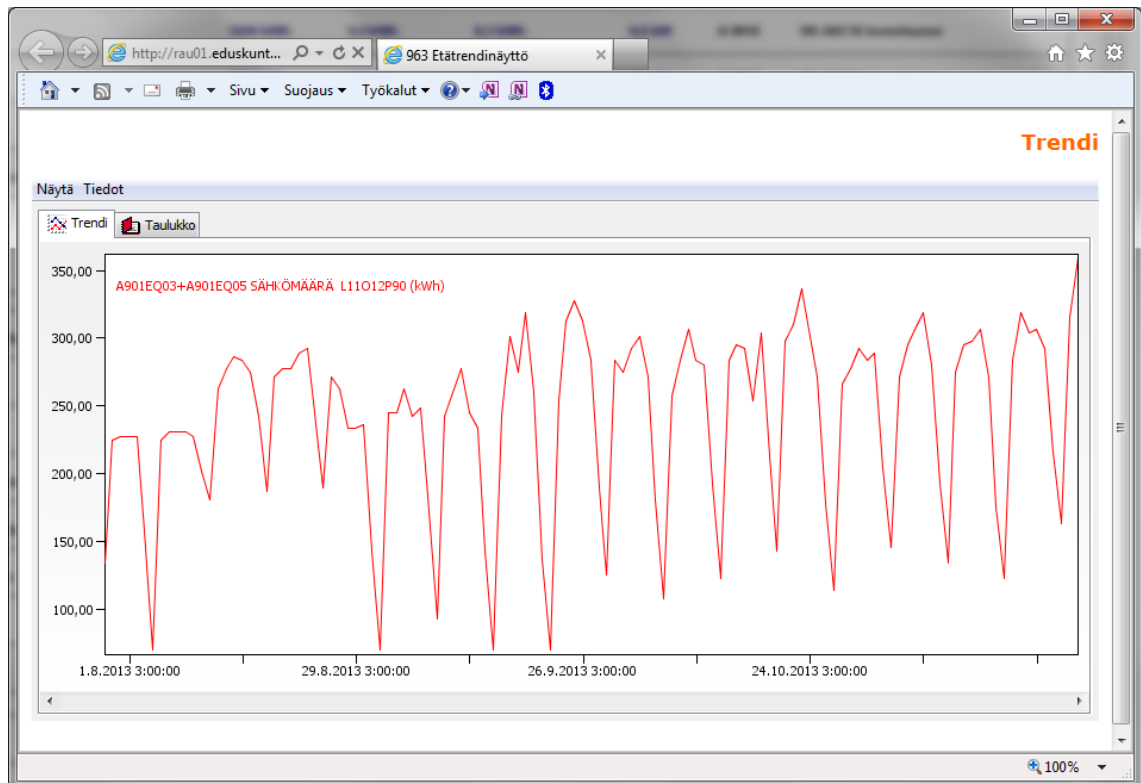
Sähköenergian mittaukset on kerätty kuvan 5 mukaiselle sähköenergian mittaussivulle ja siinä on esitetty mittauksista lasketut valaistus- ja pistorasiaverkon sekä LVI-laitteiden sähköenergian kulutukset. Sähköenergian mittauksista on mittaussivulla esitetty kumulatiivinen energian kulutustieto, kuluvan päivän ja tunnin kulutustieto sekä hetkellinen sähköteho. Sähköenergian mittauksista luodaan energiankulutuksien kuukausiraportit.

Raportti	Tunnus	Kuvaus	Kumulatiivinen	Päivittäinen	Tuntikulutus	Sähköteho	Sijainti	Valvonta-alue
A901EQ01	A-rakennus A-PK Päikeskusmittaus		157127 kWh	591,8 kWh	15,3 kWh	61,3 kW	A 0010	VK-A02 IV-konehuone
A901EQ02	A-rakennus A-02JK-K301		9869 kWh	32,3 kWh	0,6 kWh	2,4 kW	A 0010	VK-A02 IV-konehuone
A901EQ03	A-rakennus A-02JP-K201		2184 kWh	7,1 kWh	0,1 kWh	0,6 kW	A 0010	VK-A02 IV-konehuone
A901EQ04	A-rakennus A-02JK-K202		431 kWh	1,6 kWh	0,1 kWh	0,3 kW	A 0010	VK-A02 IV-konehuone
A901EQ05	A-rakennus A-PK Ohjattava osa		36471 kWh	102,3 kWh	3,7 kWh	15,0 kW	A 0010	VK-A02 IV-konehuone
A901EQ01- EQ02-EQ03-EQ04-EQ05	A-rakennus Valaistus- ja pistorasia sähkökulutus		108171 kWh	448,5 kWh	10,8 kWh	43,1 kW		VK-A02 IV-konehuone
A901EQ03-A901EQ05	A-rakennus LVI		38656 kWh	109,5 kWh	3,9 kWh	15,5 kW		VK-A02 IV-konehuone
A901EQ02-A901EQ04	A-rakennus Auditorio		10300 kWh	33,9 kWh	0,7 kWh	2,7 kW		VK-A02 IV-konehuone
B901EQ01	B-rakennus B-PK Päikeskusmittaus		36488 kWh	383,7 kWh	9,6 kWh	38,2 kW	B026	VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ02	B-rakennus B-PK Jälkimitaus		380149 kWh	147,7 kWh	4,1 kWh	16,3 kW	B026	VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ03	B-rakennus B-02JP-K201		63506 kWh	43,4 kWh	0,9 kWh	3,6 kW	B006	VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ01- B901EQ02-B901EQ03	B-rakennus Valaistus- ja pistorasia sähkökulutus		-407167 kWh	192,6 kWh	4,6 kWh	18,4 kW		VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ02-B901EQ03- B901EQ05-B901EQ06	B-rakennus LVI ja vedenkäsitely		395256 kWh	191,1 kWh	5,0 kWh	19,9 kW		VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ05	B-rakennus B-PK Miesten sauna		31028 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kW	B026	VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ06	B-rakennus B-PK Naisten sauna		17372 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kW	B026	VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ05-B901EQ06	B-rakennus B-PK Saunat		48399 kWh	0,0 kWh	0,0 kWh	0,0 kW		VK-B01 IV-konehuone B006
B901EQ04	C-rakennus C-02JP-K201		102507 kWh	29,9 kWh	0,9 kWh	2,8 kW	KB001	VK-B02 Kaukokylmähuone
E901EQ01	E-rakennus, pohjoissiiipi E-02JP-K201 Sähköarämittaus		73293 kWh	36,7 kWh	0,3 kWh	3,9 kW	B032	VK-E01 IV-konehuone B032
EAB01EQ01	E-rakennus, eteläsiiipi E-02JP-K120 Sähköarämittaus		53957 kWh	23,9 kWh	0,8 kWh	3,3 kW	046	VK-E02 IV-konehuone

Kuva 5. Sähköenergioiden mittaussivu rakennusautomaatiojärjestelmässä

Mittaustiedoista saatavilla trendinäyttöillä voidaan havainnollisesti seurata vuorokautista energian kulutusta, josta nähdään helposti poikkeamat normaalista energiankulutusprofiilista, ja mahdollisista automaatiojärjestelmän häiriöistä, jotka vaikuttavat energian käyttöön.

Kuvan 6 sähköenergian kulutuksen vuorokausitrendistä nähdään, miten vuorokausikulutukset vaihtelevat etenkin arkipäivien ja viikonloppun päivien välillä.



Kuva 6. LVI-laitteiden vuorokautisen sähköenergian kulutuksen trendinäyttö

## 6 Mittauksien soveltuvuus ja havaitut ongelmat käyttöönnotossa

Eduskunnan peruskorjausprojektin hankesuunnitteluvaiheessa oli jo päätetty varustaa eri rakennukset tarkoituksenmukaisilla lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian mittauksilla, jotta voidaan tarkastella, kuinka suunnittelulähtökohtana olleet ja energiatehokkuussuunnitelmassakin esille tuodut energian säästötavoitteet saavutetaan. Riittävän kattavilla energianmittaustiedoilla voidaan myös ohjata kiinteistön käyttöä energiatehokkaampaan suuntaan ja päästä mahdollisesti kiinni talotekniikan laitteiden energian kulutusta nostaviin vikoihin tai automaatiojärjestelmän säätöpoikkeamiin.

### 6.1 Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksien soveltuvuus

Energialaitokset käyttävät samantyyppisiä tai vastaavalla energian mittaustavalla varustettuja ultraäänimittareita omissa laskutusmittauksissaan. Mittaustapa ja laitevalinnat olivat laajalti testattuja, mutta mittausten tarkkuus kaukolämmityksen ja kaukojäähdytyksen lämmönvaihtimien toisiopiireissä epäilytti myös suunnittelijoita. Virtausmäärät ja energiamäärät toisiopiireissä ovat huomattavasti pienempiä, ja eri vuodenaikoina voi olla tilanteita, että mittareiden läpi ei virtaa niiden minimivirtaaman tai käyntiinlähtövirtaaman verran mitattavaa nestettä. Saatujen käyttökokemusten perusteella lämmönvaihtimien toisiopiireistä mitatut energiamäärät ovat pidemmällä aikajaksolla tarkasteltuna lämmitys- ja jäähdytyspiireissä jonkin verran pienempiä. Mittausvirheistä osa selittyy lämmönvaihtimissa tapahtuvista häviöstä ja osa toisiovirtausmittareiden epätarkkuuksista pienillä virtausmäärillä.

Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittarit liitettiin rakennusautomaatiojärjestelmään aluksi pulssilähdön avulla. Liitântätapa on sama, jonka mm. Helsingin Energian kaukolämmitys- ja kaukojäähdytysyksiköt tarjoavat laskutusmittauksistaan asiakkaidensa omiin automaatiojärjestelmiin liittymistä varten. Energiamittareiden pulssilähdön pulssilukumääräytyy mittarin oman näytön pienimmän desimaalin mukaan joka toimitetuissa mittareissa tarkoitti 0,01 MWh/pulssi. Kun rakennusautomaatiojärjestelmästä halutaan seurata jopa vuorokautisia energiankulutustrendejä, oli mittauksen tarkkuus tähän tarkoitukseen liian huono. Osassa asennettuja mittareita pulssilukua energiayksikköä kohhti olisi voinut muuttaa erikseen hankittavalla parametrintiohjelmalla, mutta kaikissa se ei olisi ollut mahdollista.

Kaikkiin asennettuihin energiamittareihin oli jälkikäteen mahdollista asentaa liitäntäkortti M-Bus-väyläliitäntää varten ja kiinteistöön valittu rakennusautomaatiojärjestelmä tuki myös mainittua väyläprotokollaa. Väyläliitännän kautta mittarin energiamittaustieto saadaan reaaliaikaisena, jolloin sen käytettävyys kulutuksen seurantaan on oleellisesti parempi. Väylän kautta on mahdollista lukea automaatiojärjestelmään myös muita mittarin mittaamia suureita, kuten lämpötila ja virtausnopeus meno- ja paluuputkessa ja hetkellinen teho. Kaikki jo asennetut energiamittarit muutettiin väyläliitäntäisiksi, ja LVIA-suunnittelutoimisto muutti suunnitelmiansa siten, että jatkossa kaikki lämmitys- ja jäähdytysenergian mittarit liitetään M-Bus-väylän kautta rakennusautomaatiojärjestelmään.

Lämmitys- ja jäähdytysverkostoihin saatiin peruskorjauksen edetessä ja rakennuksien valmistumisten myötä asennettua useampia energiamittauksia, jolloin niiden mittausarvoja pystyi vertailemaan keskenään, sekä päämittauksien mittaamiin energian mittausarvoihin. Kaikki mitatut arvot eivät olleet johdonmukaisia, kun niitä vertasi keskenään ja etenkin eri rakennuksien toisiomittauksien energiamäärien yhteissummat eivät täsmänneet energialaitoksen laskutusmittauksien kanssa.

Mittauserojen selvityksissä ilmeni, että kaikkia lämmitysenergian mittauksia ei ollut asennettu sellaisiin kohtiin putkistoja, joihin ne oli tarkoitettu asennettavaksi. Koska peruskorjattavien rakennuksien lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa hyödynnettiin osittain vanhoja putkilinjoja ahtaissa kuiluissa, oli osa energiamittareista jouduttu asentamaan siten, että ne mittasivat osittain samoja energiamääriä. Havaintojen perusteella B-rakennuksen lämmitysenergian mittaus siirrettiin heti lämmönvaihtimen jälkeiseen putkeen, minkä jälkeen vähentämällä tästä mittausarvosta muiden rakennuksien mitatut lämmitysenergian määrät saadaan myös B-rakennuksen energiamäärä mitatuksi.

Mittausvirheitä aiheutti myös energiamittareiden lämpötila-antureiden ristiin asentamiset osassa mittareita. Lämmitysenergian mittauksissa lämpimämmän veden mittausanturi asennetaan menolinjaan, mutta kun käytetään samanlaista mittaria jäähdytyslinjassa tulee lämpimämmän veden anturi asentaa paluulinjaan. Näitä ristiriitaisuuksia oli joissakin asennetuista mittareista.

A-rakennuksen valmistumisen jälkeen, kun mittausdataa energiamittauksista väyläliitännän kautta oli kerätty jo jonkin aikaa, jouduttiin rakennuksen automaatiojärjestelmän yhden valvonta-alakeskuksen cpu-yksikkö vaihtamaan, minkä seurauksena väyläliitäntäkortti kyseisessä alakeskuksessa sen uudelleenkäynnistyksessä luki siihen liitetyiltä mittareilta sen hetkisen kumulatiivisen energiamäärän tiedostoon, mikä sotki kerätyn kuukausittaisen energiamäärän. Käsien tiedot oikeiksi korjaamalla saatiin mittausdata jälleen käyttökelpoiseksi.

## 6.2 Sähköenergian mittauksien soveltuvuus

Peruskorjausprojektin suunnittelun alkuvaiheessa oli sähkösuunnittelijan kanssa yhdessä käyty läpi periaatteet siitä miten rakennusten sähkönjakelu tulisi toteuttaa, jotta halutut valaistus- ja pistorasiaverkon ja LVI-laitteiden sähkönkulutukset olisivat eriteltävissä. Tehdyt päätökset lisäsivät jonkin verran jakokeskusten määrää ja pääkeskuksen kokoa, että niihin pystyttiin asentamaan tarvittavat jakokeskusten energiamittaukset. Saunaosaston kiukaille, jotka on liitetty LVI-laitteiden jakokeskukseen, lisättiin jälkeinpäin omat energiamittaukset, koska kiukaiden käyttämä energiamäärä on niin suuri, että se vääristi lvi-laitteiden sähköenergian kulutuksen seuranta.

Sähköenergian mittarit on liitetty pulssilähdöllä rakennusautomaatiojärjestelmään. Mittareissa on mahdollista muuttaa pulssilukua energiayksikköä kohti mittarin parametreista. Pulssilähtö ohjelmoitiin aluksi mittareille ja automaatiojärjestelmään siten, että mittarin lähettämä 1 pulssi vastasi energiamäärää 0,0001 kWh. Pulssilähtö osoitautui melko pian liian nopeaksi, eikä automaatiojärjestelmän pulssilaskuri pystynyt rekisteröimään kaikki tulevia pulsseja etenkin pääkeskuksen päämittauksesta, jossa energiamäärä on suurin. Automaatiojärjestelmän mittaamaa energiamäärää oli helppo verrata mittarin oman näytön kumulatiiviseen energiamittaukseen, ja niiden arvot poikkesivat toisistaan. Pulssilähtö ohjelmoitiin uudestaan niin, että 1 pulssi vastaa energiamäärää 0,001 kWh, minkä jälkeen automaatiojärjestelmä rekisteröi kaikki tulevat pulssit mittaustarkkuuden siitä kuitenkaan kärsimättä.



## 7 Toteutunut energian käyttö

A-rakennuksen toteutuneet kuukausittaiset energiankulutukset on kerätty rakennusautomaatiojärjestelmän energiaraportoinneista. Kulutustietoina on käytetty vuoden 2013 mitattuja energiankulutustietoja.

Lämmitysenergian kulutukset ovat toteutuneella lämmitystarveluvulla normeerattu vastaamaan suunnittelulähtökohtana olleita kulutuslukemia. Vertailupaikkakuntana on käytetty Helsinki-Kaisaniemeä.

Jäähdytysenergiamittarin toimimattomuuden takia A-rakennuksen jäähdytysenergian kulutus on arvioitu jäähdytysenergian päämittausta ja muiden rakennuksien mittauksia hyväksi käyttäen. Esitetty kulutuslukema on riittävän tarkka mm. rakennuksen kokonaisenergian laskennassa.

Sähköenergian pää- ja jakokeskuksien mittauksista on automaatiojärjestelmän energiaraportointiin laskettu erikseen valaistus- ja pistorasiaverkon sähkönkulutus sekä LVI-laitteiden sähkönkulutus, jota lukemaa on käytetty laitesähkön vertailuarvona.

### 7.1 Lämmitystarveluku

Lämmitystarveluvun, aiemmin käytetty termiä astepäiväluku, avulla normeerataan toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia, jotta voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia ja eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia. Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että rakennuksen energiankulutus on likipitään verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmitystarveluku lasketaan kuukausittain 16:lle ns. vertailupaikkakunnalle. Nämä ovat Maarianhamina, Vantaa, Helsinki-Kaisaniemi, Pori, Turku, Tampere-Pirkkala, Lahti, Lappeenranta, Jyväskylä, Vaasa, Kuopio, Joensuu, Kajaani, Oulu, Sodankylä ja Ivalo.

Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Yleisimmin käytetään lämmitystarvelukua S17, joka lasketaan +17 °C:ksi oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksen perusteella. Kuukauden lämmitystarveluku on vuorokautisten lämmitystarvelukujen summa ja vuoden lämmitystarveluku on vastaavasti kuukausittaisten lämmitystarvelukujen summa. Lämmitystarveluvun yksikkö on °Cvrk. Vertailuarvona eli normaalivuoden lämmitystarvelukuna käytetään vuosien 1981–2010 keskimääräistä lämmitystarvelukua. Taulukossa 4 on esitetty toteutuneet lämmitystarveluvut Suomessa tarkasteluvuonna 2013. Taulukon arvoista laskennassa on käytetty Helsingin lämmitystarvelukua. (Ilmatieteenlaitos 2013.)

Taulukko 4. Lämmitystarveluvut 2013 (°Cvrk) (Ilmatieteenlaitos 2013.).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
<b>Maarianhamina</b>	650	515	676	431	96	8	0	0	93	283	369	432	3553
<b>Vantaa</b>	711	554	733	429	57	0	0	0	103	317	406	488	3798
<b>Helsinki</b>	678	527	690	417	73	0	0	0	91	291	370	455	3592
<b>Pori</b>	663	529	707	423	71	0	0	0	98	331	399	477	3698
<b>Turku</b>	700	544	729	438	76	0	0	0	100	319	395	468	3769
<b>Tampere</b>	719	560	768	442	71	0	0	16	125	361	439	515	4016
<b>Lahti</b>	730	564	763	441	58	0	0	11	123	367	444	522	4023
<b>Lappeenranta</b>	756	581	770	433	64	0	0	0	96	350	440	541	4031
<b>Jyväskylä</b>	751	585	810	461	76	0	22	24	168	391	477	547	4312
<b>Vaasa</b>	681	564	739	443	108	0	0	0	101	340	439	507	3922
<b>Kuopio</b>	760	600	821	449	110	0	6	0	110	376	472	560	4264
<b>Joensuu</b>	785	604	830	458	111	7	7	16	128	391	478	585	4400
<b>Kajaani</b>	794	647	892	497	155	8	23	25	139	415	519	616	4730
<b>Oulu</b>	778	633	841	486	163	8	11	25	108	408	510	586	4557
<b>Sodankylä</b>	883	740	937	536	213	37	53	59	206	516	688	780	5648
<b>Ivalo</b>	834	727	925	545	235	52	63	49	201	518	673	754	5576

Taulukossa 5 on esitetty t vertailukauden 1981–2010 lämmitystarveluvut, joita on käytetty peruskorjauksen jälkeisten toteutuneiden lämmitysenergian kulutuksien normeerauksissa.

Taulukko 5. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010 (Ilmatieteenlaitos 2013.).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
<b>Maarianhamina</b>	592	567	551	406	216	45	10	31	135	308	432	542	3835
<b>Vantaa</b>	682	640	586	376	146	25	7	34	158	348	497	625	4124
<b>Helsinki</b>	647	612	566	383	153	21	5	22	125	316	464	588	3902
<b>Pori</b>	677	633	585	389	181	31	10	32	171	352	497	622	4180
<b>Turku</b>	663	625	575	377	161	25	10	32	149	338	486	608	4049
<b>Tampere</b>	724	675	612	400	176	34	12	42	192	382	529	667	4445
<b>Lahti</b>	726	677	610	395	159	28	12	36	191	383	528	668	4413
<b>Lappeenranta</b>	759	699	621	403	165	30	15	39	184	386	546	692	4539
<b>Jyväskylä</b>	785	721	646	440	206	49	16	60	227	414	569	718	4851
<b>Vaasa</b>	719	666	619	424	214	34	11	44	192	377	526	663	4489
<b>Kuopio</b>	812	741	653	445	198	38	15	43	194	400	571	735	4845
<b>Joensuu</b>	826	753	665	456	216	45	19	51	215	416	589	752	5003
<b>Kajaani</b>	864	777	695	479	251	59	23	78	245	441	618	785	5315
<b>Oulu</b>	824	742	677	465	249	52	16	59	224	423	593	749	5073
<b>Sodankylä</b>	946	838	760	548	345	106	52	136	316	523	722	891	6183
<b>Ivalo</b>	923	819	755	557	377	146	71	147	318	523	722	875	6233

## 7.2 Toteutunut kulutus

A-rakennuksen ilmanvaihtolaitteista osa oli käynnissä läpi vuorokauden vielä 2013 keväeseen saakka rakennuksen valmistumisen jälkeisen tuuletuksen takia. Koneiden suunnittelulähtökohtia pidemmät käyntiajat nostivat ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutusta kevään aikana. Tämän jälkeen ilmanvaihdon keskimääräiset käyntiajat ovat vertailukelpoisia energiakulutustarkastelussa käytettyihin käyntiaikoihin.

A-rakennuksen toteutuneet energiankulutukset on esitetty taulukossa 6. Lämmitysenergian mittausarvot on normeerattu vastaamaan aiemmin esitettyjä energiankulutusarvioita ja tavoitteita ennen ja jälkeen peruskorjauksen.

Taulukko 6. A-rakennuksen toteutunut energiankulutus peruskorjauksen jälkeen

Lämmitettävä kuukausi	laitteisto sähkö MWh	kauko-jäähdytys MWh	rakennus, lämmitys MWh	ilmanvaihto, lämmitys MWh	lämmitys yhteensä MWh	kokonais-energia MWh
tammikuu	6,3	4,5	25,7	24,9	50,6	61,3
helmikuu	6,2	3,7	23,6	24,0	47,6	57,5
maaliskuu	6,7	4,0	20,9	21,0	41,9	52,6
huhtikuu	7,2	4,5	14,9	16,1	31,0	42,6
toukokuu	8,5	6,6	12,8	14,7	27,5	42,6
kesäkuu	7,9	10,4	1,4	1,2	2,6	20,8
heinäkuu	6,7	7,9	0,8	0,5	1,3	15,9
elokuu	7,3	6,8	1,5	1,2	2,7	16,8
syyskuu	6,8	5,5	8,0	4,7	12,6	24,9
lokakuu	7,9	4,4	13,0	10,6	23,7	36,0
marraskuu	7,9	4,1	19,8	16,9	36,7	48,8
joulukuu	7,4	4,1	22,9	22,9	45,7	57,2
<b>yhteensä</b>	<b>86,8</b>	<b>66,3</b>	<b>165,2</b>	<b>158,7</b>	<b>323,9</b>	<b>477,0</b>

A-rakennuksen sähköjakelu on toteutettu ja energiamittaukset on asennettu niin, että kulutustiedot on laskettavissa erikseen työhuone- ja neuvottelutilojen sekä käytävä- ja aulatilojen valaistus- ja pistorasiasähkölle, auditorion valaistus- ja av-laitesähkölle sekä LVI-laitteiden sähkölle. Rakennuksessa kulutettua valaistus- ja pistorasiasähkön todellista kulutustietoa ei pystytty käytettävissä olevista mittauksista laskemaan, koska A-rakennuksen pääkeskuksesta on syötetty myös käynnissä olevan urakan työmaakoppien valaistus- ja lämmityssähkö. Taulukossa 7 on esitetty A-rakennuksen sähköenergian mittausarvot, joiden perusteella voidaan laskea kulutustiedot LVI-laitteiden sähkökulutukselle.

Taulukko 7. A-rakennuksen sähköenergian kulutus

	A-PK päämittaus kWh	A, auditorio, valaistus kWh	A, auditorio, laitteet kWh	A-PK2 ilmanvaihto kWh	A-02JP-K201 pumppaus kWh	yhteensä LVI MWh
tammikuu	38552	2416	100	5926	397	6,3
helmikuu	34099	1734	74	5818	345	6,2
maaliskuu	38348	1697	72	6300	378	6,7
huhtikuu	32589	1586	72	6789	381	7,2
toukokuu	30179	1933	90	8071	433	8,5
kesäkuu	26694	1882	72	7405	477	7,9
heinäkuu	22948	1701	72	6273	444	6,7
elokuu	25227	1770	85	6854	432	7,3
syyskuu	26372	1787	85	6350	437	6,8
lokakuu	31420	1907	89	7486	432	7,9
marraskuu	33322	1978	83	7526	408	7,9
joulukuu	37008	2194	76	6977	416	7,4
<b>yhteensä</b>	<b>376758</b>	<b>22585</b>	<b>970</b>	<b>81775</b>	<b>4980</b>	<b>86,8</b>

## 8 Energiankulutus vertailu suunnitteluarvoihin ja muut havainnot

### 8.1 Energian kulutuksen vertailu suunnitteluarvoihin

Toteutuneet lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian kulutukset ovat jonkin verran korkeampia kuin energiataarkastelussa huomioitujen suunnitellut kulutukset. Ilmanvaihtokoneiden toteutuneet käyntiajat olivat vuoden alkupuoliskolla pidemmät kuin tarkastelussa käytetyt käyntiajat, mikä selittää osan korkeammista energiankulutuksista. Ilmanvaihdon ja patteriverkoston lämmitysenergian kulutukset ovat lähempänä tavoitearvoja. Verrattuna peruskorjausta edeltäneisiin energiankulutusarvoihin on ilmanvaihdon lämmitysenergian käyttö pienentynyt selkeimmin tehokkaiden lämmön talteenottolaitteiden johdosta. Rakennuksen lämmitysverkoston kulutus on myös jonkin verran pienentynyt rakennuksen vaipan paremman eristävyys-takia. Taulukossa 8 on esitetty A-rakennuksen vuotuisien energiankulutusten vertailu ennen ja jälkeen peruskorjauksen.

Taulukko 8. A-rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen vertailu suunnitteluarvoihin

	laitteisto- sähkö MWh/a	kauko- jäähdytys MWh/a	rakennus, lämmitys MWh/a	ilmanvaihto, lämmitys MWh/a	lämmitys yhteensä MWh/a	kokonais- energia MWh/a
ennen peruskorjausta	<b>86,6</b>	<b>0,0</b>	<b>208,1</b>	<b>508,4</b>	<b>716,5</b>	<b>803,1</b>
peruskorjauksen jälkeinen tavoite	<b>59,9</b>	<b>60,0</b>	<b>145,7</b>	<b>130,0</b>	<b>275,7</b>	<b>395,6</b>
peruskorjauksen jälkeinen toteuma	<b>86,8</b>	<b>66,3</b>	<b>165,2</b>	<b>158,7</b>	<b>323,9</b>	<b>477,0</b>

Eduskunnan kanslian energiatehokkuussuunnitelmassa oli esitetty energiansäästö-tavoitteeksi päärakennuksen ja siihen liittyvien rakennuksien kokonaisenergian käytön väheneminen 15 %, joka vaikuttaisi tämän tarkastelun perusteella toteutuvan. Kokonaisenergian käyttö on A-rakennuksessa pienentynyt noin 35 % verrattuna energian käyttöön ennen peruskorjausta.

## 8.2 Muita havaintoja energiankulutuksesta

Huolimatta siitä, että tarkkaa valaistus- ja pistorasiasähkön energiankulutuslukemaa ei ole käytettävissä, on kuitenkin huomioitavissa, että toimistorakennuksen sähkönkulutuksesta valtaosa koostuu juuri valaistus- ja pistorasiasähkön käytöstä. Kesällä sähköenergian kulutusta nostaa suuremmasta jäähdytystarpeesta johtuva kiertopumppujen suurempi käyttötarve, kun taas toimistojen sähkön käyttö on lomakaudella vähäisempää.

## 9 Johtopäätökset

Toimistokiinteistön lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergian alamittauksilla saadaan riittävän tarkkaa tietoa rakennuskohtaisista ja eri palveluverkostojen energiamääristä. Jotta mittauksien määrä saadaan pidettyä kohtuullisena, ne tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa ja etenkin sähköjakeluverkon osalta se tarkoittaa joidenkin ylimääräisten alakeskuksien asentamista.

Suunniteltujen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksien asennuspaikat verkostoissa tulee käydä urakoitsijoiden kanssa tarkkaan läpi, jotta mittaukset asennetaan suunnitelmien mukaan tai ainakin niin, että ne ovat mittausteknisesti oikeassa kohdassa putkilinjoissa.

Energiamittareiden liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään on niistä saatavan hyödyn kannalta tarkoituksenmukaisinta tehdä väyläliitännäisinä kun väylän käyttö huomioidaan jo suunnitelmissa, voidaan mittareiden kaapelointi tehdä niin, että automaatiojärjestelmään ei tarvitse asentaa useita väyläliitännämoduuleita, joiden kustannus on kuitenkin merkittävämpi kuin muun asennustyön.

Käyttöönoton jälkeen tulee energian mittaustietoja seurata ja arvioida niiden oikeellisuutta, jotta asennuksessa ja käyttöönotossa tehdyt virheet saadaan mahdollisimman pian korjattua.

Asennetuista energiamittauksista saatiin A-rakennuksen osalta se informaatio, että suunnittelulähtökohtana ja energiataarkastelussa käytettyjä energian kulutusarvoja ei ole ainakaan vielä aivan saavutettu, mutta verrattaessa ennen peruskorjausta arvioituihin kulutusarvoihin ovat lämmitysenergian toteutuneet kulutusarvot huomattavasti matalampia. Mittaustietojen perusteella voidaan myös havaita, että Eduskunnan energiatehokkuussuunnitelmassa asetetut energian säästö- ja energiatehokkuustavoitteet on ainakin A-rakennuksen osalta täytetty.

Työssä asetetut tavoitteet selvittää, miten energian kulutuksen alamittaukset on toteutettu ja mitä havaintoja tai ongelmia niiden käyttöönotossa oli, tuli saavutettua. Energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisen todentaminen käsiteltiin myös työssä.



## Lähteet

Eduskunnan Kanslian energiatehokkuussuunnitelma. 2013. Eduskunnan kanslian julkaisu 5/2013

Lämmitystarveluvut. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos.  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. Luettu 2.1.2014.

Energiatarkastelu, Eduskunta A-rakennus. 2009. Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy.

Multical ultraäänimittauksen toimintaperiaate. 2013. Verkkodokumentti. Kamstrup.  
<http://www.multical21.fi/fi/veden-kulutusmittauksesta/toimintaperiaate.aspx>. Luettu 18.12.2013.