

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Elektroniikan, tietoliikennetekniikan ja automaation tiedekunta

SÄHKÖENERGIAN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN KIINTEISTÖTOIMIALALLA

Timo Vehosmaa

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 25.4.2008.

Työn valvoja: Professori Jouko Pakanen

Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Pasi Hyyppä

Tekijä:	Timo Vehosmaa	
Työn nimi:	Sähköenergian käytön tehostaminen kiinteistötoimialalla	
Päivämäärä:	20.4.2008	Sivumäärä: 95 + liitteet
Tiedekunta	Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta	
Professori	S-18 Sähköverkot ja suurjännitetekniikka	
Työn valvoja:	Professori Jouko Pakanen	
Työn ohjaaja:	Diplomi-insinööri Pasi Hyyppä	
<p>Diplomityössä tutkittiin sähköenergiankäytön tehokkuutta ja tehostamisen mahdollisuuksia kiinteistötoimialalla.</p> <p>Kirjallisuusosassa selvitettiin sitä, miten rakennuksen talotekniset järjestelmät ja prosessit tulee suunnitella ja rakentaa niin, että rakennuksen käyttö voidaan hoitaa energiatehokkaasti. Kirjallisuusosassa luotiin katsaus uusiin energiamääräyksiin ja energianhallintapalveluihin.</p> <p>Kenttätyön osuudessa tutkittiin kolmessa ominaiskulutuksen perusteella valitussa kohteessa toteutunutta sähkönkulutusta ja erityisesti sen jakautumista kulutuskohteittain. Tutkittujen kohteiden pinta-ala on yhteensä 35 000 m². Lintulahdenkadun kohteen osalta sähkönkäyttöä oli mahdollista tutkia tarkasti kiinteistöön rakennusvaiheessa asennetun mittausjärjestelmän avulla. Teknillisen korkeakoulun kohteissa sähkönkulutusta ja sen jakautumista tutkittiin energiaseurantaraporteista ja kentällä suoritettuja mittauksia analysoimalla.</p> <p>Kiinteistösähkön kulutusosuus oli rakennusten sähkön kokonaiskulutuksesta yli 50 %. Tutkitut rakennukset on varustettu koneellisella jäähdytyksellä. Työssä kiinnitettiin huomiota jäähdytysjärjestelmän talviaikaiseen käyttöön. Lintulahdenkadun kiinteistössä jäähdytyksen osuus vuotuisesta kokonaiskulutuksesta oli 18 %. Teknillisen korkeakoulun kohteissa jäähdytysjärjestelmän pumppujen kulutusosuus oli 8-10 % rakennuksen talviaikana suoritettujen mittauksen aikaisesta rakennusten kokonaistehosta.</p> <p>Työn aikana tuli osoitetuksi se, että toimisto- ja opetusrakennuksen sähköenergian kulutuksesta valtaosan muodostaa jatkuvasti päällä oleva sähköteho eli pohjakuorma. Pohjakuorman koostumuksen selvittäminen on haasteellista johtuen siitä, että rakennuksessa on yleensä vain sähköenergian päämittaus. Ilmastointi ja jäähdytys tulisi varustaa jälkimittauksella, jolloin olisi mahdollista seurata kiinteistösähkön kulutusta.</p> <p>Käyttäjäsähkön kulutusosuuteen ei kiinteistön omistajalla ole suoraa vaikutusmahdollisuutta. Työssä tuli esille se, että toimistolaitteita ja valoja on päällä työaikojen ulkopuolella. Energiansäästöpotentiaalia voi löytyä merkittävästikin työajan ulkopuolista sähkönkäyttöä tehostamalla. Käyttäjälle annettava informaatio rakennuksen energiankulutuksesta on tärkeää kun etsitään ratkaisuja sähköenergian käytön tehostamiseen.</p>		
Avainsanat : Sähköenergia, energiatehokkuus, energiankulutus, energianhallinta, pohjakuorma, kiinteistösähkö, käyttäjäsähkö		

Author:	Timo Vehosmaa
Name of the thesis:	Increasing the efficient use of electric energy in buildings
Date: April 20, 2008	Number of pages: 95 + appendices
Faculty:	Faculty of Electronics, Communications and Automation
Professorship:	S-18 Transmission, High Voltage Engineering and Power Systems
Supervisor:	Professor Jouko Pakanen
Instructor:	M.Sc. Pasi Hyyppä
<p>This diploma thesis focuses on potential methods to increase the efficient use of electric energy in buildings.</p> <p>By means of the literature survey it was found out how the technical systems and the HVAC processes of the building must be designed and constructed in a reasonable way that the building could maintain happen using energy effectively. In this section a survey was made of the new energy regulations coming into force and on the services of energy management.</p> <p>In the fieldwork section of this thesis the energy consumption realized and especially its' allocation on different systems was studied. The three targets were chosen by the characteristic value of live consumption. The area of the targets investigated was 35 000 square metres. It was possible to study the electric energy consumption in the case of the Lintulahdenkatu precisely due to the measuring system installed in the building already during the construction. In the targets of the Helsinki University of Technology, the electric consumption and its' division were studied with the help of reports of energy consumption and by analyzing the measurements made in the field.</p> <p>The part of the electric energy used for ventilation and cooling was over 50 % of the total electric consumption of the buildings. The investigated buildings are equipped with mechanical cooling. In this study, attention was paid to the use of the cooling system in winter time. In the Lintulahdenkatu estate, the portion of the cooling was 18 % of the total annual consumption. The part of the consumption of cooling pumps' was 8-10 % of the total capacity in the targets of the Helsinki University of Technology. The measurements were taken in the winter time.</p> <p>During the study it was proven that the major part of electric energy consumption comprises of the all-the-time-active electric power: i.e. base load in the office and school buildings. The clarification of the base load is challenging because usually there is only one total measurement made of the electric energy in the buildings. The ventilation and cooling should be equipped with post-measurement devices which could make it possible to follow the consumption of the real estate electric energy.</p> <p>The real estate owner has no direct possibility of influencing the part of the electric energy of the users. It came up in the study that office machines and lighting are remained on outside of the usual office hour times. The potential for energy savings can be markedly found by rationalizing the use of electric energy outside working hours. The information on the building's energy consumption given to the user is important when searching for solutions of rationalization of the electric energy.</p>	
Keywords: Electric consumption, energy effectiveness, base load, office building	

ALKUSANAT

Tein diplomityöni Teknillisen korkeakoulun elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunnalle työnantajani Senaatti-kiinteistöjen tilaamana projektityönä syksyn 2007 ja kevään 2008 aikana. Haluan kiittää työn ohjaajia diplomi-insinööri Pasi Hyyppää ja diplomi-insinööri Juha Muttilaista asiantuntevasta ja kannustavasta ohjauksesta. Haluan kiittää työnantajaani opiskeluni mahdollistamisesta vuorottelu- ja opintovapaata myöntämällä sekä mahdollisuudesta diplomityön tekemiseen.

Erityiset kiitokset kuuluvat myös työn valvojille professori Jouko Pakaselle ja professori Matti Lehtoselle heidän antamastaan asiantuntevasta palautteesta sekä hyvistä ohjeista ja neuvoista diplomityöhön liittyen.

Kiitos kaikille kenttätöissä haastattelemilleni kiinteistöhuoltoliikkeiden työntekijöille saamastani avusta ja mielenkiinnosta työtäni kohtaan. Kiitos kaikille henkilöille joita sain työni aikana haastatella.

Haluan esittää lämpimät kiitokset vanhemmilleni, veljilleni ja esikoiselleni Hannalle heiltä saamastani tuesta opiskeluaikana. Kiitos kuuluu myös kaksosilleni, 9-vuotiaille Josefiinalle ja Benjaminille, järjestitte isälle säpinää viikonloppuisin. Kiitos kuuluu myös veljenpojalleni Antille taulukkolaskennassa auttamisesta.

Toivon, että diplomityöni tarjoaa lukijalle ytimekkään kuvauksen varsin ajankohtaisista energiatehokkuuden parantamiseen liittyvistä teknisistä ja taloudellisista kysymyksistä sekä kannustaa yhteiseen ponnisteluun luomakuntamme säästämiseksi tulevillekin sukupolville.

Helsingissä 20.4.2008

Timo Vehosmaa

SISÄLLYSLUETTELO

DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ

ABSTRACT OF MASTER'S THESIS

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
1.1	TAUSTAA	4
1.2	TYÖN TAVOITTEET	6
1.3	TUTKIMUKSEN RAKENNE JA KULKU	8
2	KÄSITTEITÄ JA NIIDEN SELVENNYKSIÄ	8
3	UUDET ENERGIAMÄÄRÄYKSET	10
3.1	TAUSTAA JA TAVOITTEITA ENERGIAMÄÄRÄYSTEN MUUTOKSILLE	10
3.2	SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA	11
3.3	LAKI RAKENNUKSEN ENERGIATODISTUKSESTA	11
3.4	ENERGIATODISTUS	12
4	SÄHKÖENERGIAN KÄYTÖN JAKAUTUMINEN	14
4.1	ILMASTOINTI	15
4.1.1	Ilmastointijärjestelmän energiankulutus	15
4.1.2	Suunnittelu	15
4.1.3	Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho	16
4.1.4	Taajuusmuuttajat	18
4.2	JÄÄHDYTYS	18
4.2.1	Rakenteellinen suojaus	19
4.2.2	Koneellinen jäähdytys	20
4.2.3	Kaukojäähdytys	21
4.3	VALAISTUS	23
4.3.1	Läsnäolo-ohjaus	24
4.3.2	Päivänvalon hyödyntäminen	26
4.3.3	Ohjausjärjestelmät	27

4.3.4	Tauot	28
4.4	TOIMISTOLAITTEET	28
5	ENERGIANHALLINTAPALVELUT	31
5.1	ENERGIAKUSTANNUSTEN MERKITYS	31
5.1.1	Kiinteistön omistajalle	31
5.1.2	Kiinteistön käyttäjälle	32
5.2	HENKILÖSTÖN OSAAMINEN	32
5.3	SOPIMUSMALLIEN KEHITTÄMINEN	33
5.4	PALKKIO- SANKTIO- MALLI	34
5.5	YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT	35
5.6	SÄHKÖENERGIAN KULUTUKSEN TODENTAMINEN	35
6	TUTKIMUSKOhteet JA Tulokset	36
6.1	TARKASTEltAVAT KIINTEISTÖT	36
6.2	SENAATTI-KIINTEISTÖJEN TOIMITALO	37
6.2.1	Sähkönjakelu	37
6.2.2	Ilmanvaihtojärjestelmä	38
6.2.3	Jäähdytysjärjestelmä	40
6.2.4	Valaistus	41
6.2.5	Toimistolaitteet	43
6.2.6	Energianmittausjärjestelmä	44
6.2.7	Energiankulutustavoitteet	45
6.2.8	Toteutuneet kulutukset ja kustannukset	46
6.2.9	Kulutuksen jakautuminen	47
6.2.10	Kenttätutkimus	51
6.3	TKK TUAS- TALO.....	59
6.3.1	Sähkönjakelu	59
6.3.2	Valaistus	60
6.3.3	Ilmanvaihtojärjestelmä	60
6.3.4	Jäähdytysjärjestelmä	61
6.3.5	Energiakulutustavoitteet	62
6.3.6	Ominaiskulutus ja kulutuksen jakautuminen	63
6.3.7	Toteutuneet kulutukset ja kustannukset	63

6.3.8	Kenttätutkimus	64
6.3.9	Kulutuksen jakautuminen	65
6.4	TKK TIETOTEKNIIKAN TALO	73
6.4.1	Sähkönjakelu	73
6.4.2	Ilmanvaihtojärjestelmä	73
6.4.3	Jäähdytysjärjestelmä	74
6.4.4	Toteutuneet kulutukset ja kustannukset	75
6.4.5	Kulutuksen jakautuminen	76
6.5	TUTKIMUSKOHTEIDEN TULOSTEN VERTAILU	81
7	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN HUOLTO- JA KUNNOSSA- PIDOLLISIN TOIMIN.....	83
8	TAVOITEKULUTUSTEN ASETTAMINEN KIINTEISTÖPÄÄLLIKÖILLE JA HUOLTO- LIIKKEILLE.....	84
9	KEHITTÄMISTARPEITA	86
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	91
	LÄHDELUETTELO	94

LIITE 1 Laskelma läsnäolo-ohjauksen kannattavuudesta

LIITE 2 Esimerkki palkkio-sanktio-mallista

LIITE 3 Kulutusvertailut ja kuukausiraportit

3.1 Lintulahdenkatu 5

3.2 TKK TUAS- talo

3.3 TKK Tietotekniikan talo

LIITE 4 Lintulahdenkatu 5, tehotrendit

LIITE 5 Lintulahdenkatu 5, tilojen ominaissähkötehot

LIITE 6 Lintulahdenkatu 5, energiatodistus

LIITE 7 TKK TUAS- talo, nousujohtokaavio

LIITE 8 TKK TUAS- talo, tilojen ominaissähkötehot

LIITE 9 TKK TUAS- talo, yhteenveto energiakulutuksen laskennasta

LIITE 10 TKK TUAS- talo, mittauspöytäkirjat

LIITE 11 TKK Tietotekniikan talo, mittauspöytäkirjat

SYMBOLI- JA LYHENNYSLUETTELO

3 D	rakenteiden kolmiulotteinen mallintaminen
A	ampeeri, virran yksikkö
Absorptio	kemiallinen reaktio, jossa energia imeytyy toiseen väliaineeseen
CFC	chlorofluorocarbon, kemiallinen yhdiste, freoni, vaarallinen kasvihuonekaasu
CO ₂	hiilidioksidi, kasvihuonekaasu
cos phi	tehoeroin, kuvaa jännitteen ja virran välistä vaihesiirtoa
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, väyläkaapeliin perustuva valaistusohjausjärjestelmä
EIB	European Installation Bus, väyläkaapeliohjausjärjestelmä
Energy Star	työaseman energiamerkintästandardi
EnerKey	Energiakolmio Oy:n energiaseurantajärjestelmä
Gateway	digitaalinen valaistuksen ohjain
GWh	gigawattitunti, energian yksikkö
HVAC	Heating, Ventilation and Air Condition
IEA	International Energy Agency, kansainvälinen energiajärjestö
kVA	kilovolttiampeeri, näennäistehon yksikkö
kVar	kilovari, loistehon yksikkö
kW	kilowatti, pätötehon yksikkö
kWh	kilowattitunti, energian yksikkö
kWh/r-m ³ ,a	kilowattituntia rakennuksen tilavuusyksikköä, kuutiometriä kohti vuodessa, kuvaa energian ominaiskulutusta
LON	Local Operating Network, väyläkaapelointijärjestelmä
LTO	lämmöntalteenotto
LVI	lämpö-, vesi- ja ilmastointijärjestelmä

Motiva Oy	Työ- ja elinkeinoministeriön omistama energiatehokkuutta edistävä asiantuntijayritys
MWh	megawattitunti, energian yksikkö
RakMk	rakentamismääräyskokoelma
Ryhti	Insinööritoimisto Granlund Oy:n energiaseurantajärjestelmä
SF ₆	rikkiheksafluoridi, sähkökojeistoissa käytettävä eristekaasu
SFP-luku	Specific Fan Power, kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuutta
Spot-hinta	sähkön päivän hinta Pohjoismaisessa sähköpörssissä Nord Poolissa
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TWh	terawattitunti, energian yksikkö
UPS	katkottoman sähkönsyötön järjestelmä
W	watti, tehon yksikkö

1 JOHDANTO

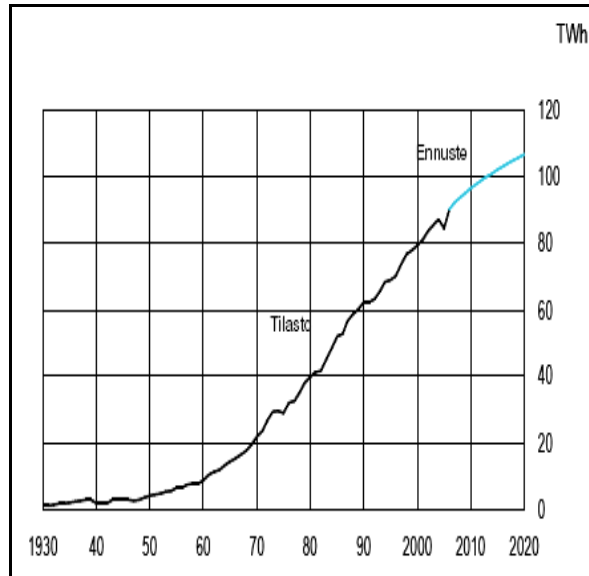
Ympäristönäkökohdat yhdessä energiavarojen ehtymisen kanssa ovat aikaansaaneet sen, että energian käytön tehostaminen on yksi tämän hetken polttavimmista puheenaiheista. Energiankäytön tehostaminen lienee tehokkain ja taloudellisesti kannattavin sekä ympäristön kannalta todennäköisesti paras lääke tämän hetken energiahaasteisiin. Energian hinta nousee, sen saatavuus mietityttää ja ympäristövaikutukset aiheuttavat huolta. Kansainvälisen energijärjestön IEA:n skenaarioissa energian loppukäytön tehokkuus on tärkeimmässä asemassa taistelussa kasvihuonekaasupäästöjä vastaan.

Euroopan unioni on ryhtynyt aloitteelliseksi pyrkien toiminnallaan saamaan muuta maailmaa mukaan talkoisiin. Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista (2006/32/EY) eli niin sanottu Energiapalveludirektiivi tuli voimaan 17.5.2006 ja se on pantava kansallisesti toimeen 17.5.2008 mennessä. Energiapalveludirektiivi kohdistuu päästökaupan ulkopuoliseen energiankulutukseen. Eurooppa-neuvosto hyväksyi maaliskuussa 2007 haasteelliset tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi sekä uusiutuvan energian käytön ja energiatehokkuuden lisäämiseksi, tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä:

- kasvihuonekaasujen vähentäminen 20 %:lla vuoteen 1990 verrattuna, (30 % jos kansainvälinen sopimus saadaan aikaan)
- 20 % primäärienergiasta uusiutuvia energialähteitä
- 20 % pienennys energiankulutuksessa
- lisäksi tavoitteena on, että vähintään 10 % liikenteen polttoaineista on biopohjaisia

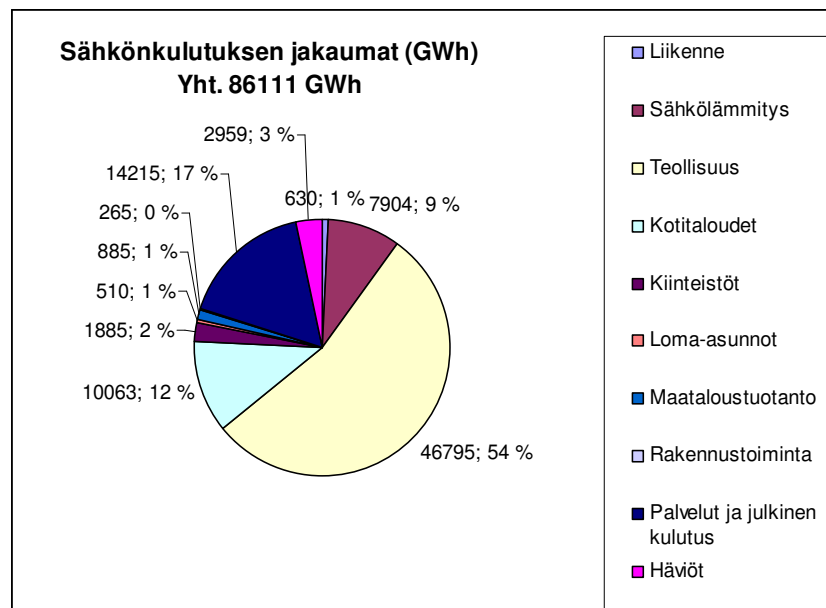
Euroopan unionin energia- ja ilmastopolitiikka asettaa Suomelle haasteita ja täällä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi on jo ryhdytty toimiin. Suomessa tehokkuutta on edistetty pitkään muun muassa sähkön ja lämmön yhteistuotannolla, rakennusteknisillä ratkaisuilla, säästösopimuksilla sekä energiakatselmuksilla. Uusiutuvien energialähteiden käytössä Suomi on kolmanneksi paras koko EU-alueella.

Suomen sähköenergian kokonaiskulutus on noussut tasaisesti viimeisten vuosikymmenien ajan. Vuonna 1970 ylitettiin 20 ja vuonna 2006 jo 90 terawattitunnin raja. Kasvun on ennustettu jatkuvan ja ylittävän 100 TWh rajan 2010- luvun puolivälissä. Suomalaiset kuluttavat henkilöä kohden laskettuna ja muihin EU-maihin verrattuna eniten sähköä. Sähköenergian käytön tehostaminen tulee näyttämään merkittävää roolia lähitulevaisuudessa. Kuva 1 esittää sähkön kokonaiskulutuksen kasvua vuodesta 1930 alkaen nykyhetken sekä kasvun ennustetta vuoteen 2020 saakka.



Kuva 1. Sähkön kokonaiskulutuksen kasvu Suomessa. [Energiateollisuus 2007]

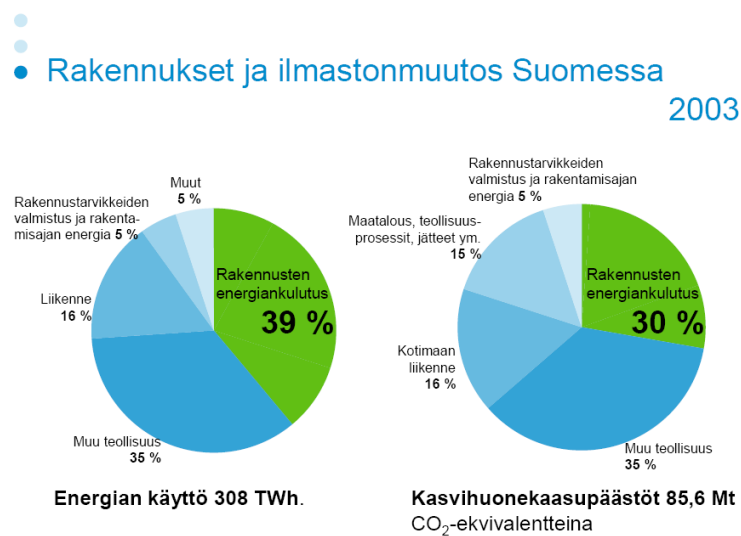
Kuva 2 esittää sähkön kulutuksen jakautumista vuonna 2004. Suomen puunjalostus- ja metalliteollisuus on energiantensiivistä ja teollisuuden osuus sähkön kulutuksesta oli vuonna 2004 54 %. Koti- ja maatalouden osuus oli yhteensä 25 %, palvelu- ja julkisen sektorin osuus 17 %. Tilastointitavasta johtuen suurin osa kiinteistöjen sähkönkulutuksesta näkyy kuvassa kohdassa palvelut ja julkinen sektori. Julkisen sektorin ja palvelusektorin sähkönkulutus on nelinkertais- tunut 30 vuodessa, mikä johtuu lähinnä rakennuskannan kasvusta sekä tietokoneiden ja niiden oheislaitteiden yleistymisestä. Vuonna 2007 Suomen sähkönkulutus oli 90 301 gigawattituntia ja kulutuksen jakautuminen oli yhteneväinen vuoden 2004 kulutuksen jakautumisen kanssa.



Kuva 2. Sähkönkulutus sektoreittain vuonna 2004. [Tilastokeskus 2005]

Suomen Kioton pöytäkirjan perusvuosi on 1990. Perusvuoden päästöt ovat yhteensä 71 miljoonaa tonnia CO₂- ekv. Vuonna 2006 kasvihuonekaasupäästöt olivat 80 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂- ekv). Suomen päästöt olivat vuonna 2006 13 % Kioton perusvuoden päästöjä korkeammat. Ilman linjanmuutosta päästöt nousisivat vuoteen 2020 mennessä noin 85 miljoonaa tonniin. Ilmastonmuutosta nopeuttavista hiilidioksidipäästöistä 80 % aiheutuu Suomessa energian tuotannosta ja kulutuksesta. Siten päästökaupan piiriin kuuluvan sektorin, eli energiantuotannon ja teollisuusprosessien päästöjen kasvua tulee erityisesti valvoa. Tätä kehitystä voidaan parhaiten hallita sähköenergian loppukäytön tehostamisella ja vaikutukset ovat välittömiä.

Kuvassa 3 on esitetty rakennusten energiankäyttö sekä sen vaikutus ilmastonmuutokseen Suomessa vuonna 2003. Rakennusten energiankäyttö sisältäen kaikki energiamuodot on yhteensä ollut 308 terawattituntia. Kuvassa 3 on esitetty myös energian käytön aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Energian käytöstä aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt ovat vuonna 2003 olleet 85,6 miljoonaa tonnia CO₂- ekvivalentteina. Kuvasta nähdään, että Rakennusten energiankulutuksen osuus energian käytöstä on 39 %. Rakennusten osuus energiankäytön aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä on ollut 30 %.



Kuva 3. Kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain vuonna 2006 [Ympäristöministeriö 2008]

Vuoden 2008 alussa astui voimaan laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) sekä ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta (765/2007). Lain ja asetuksen henkeä pyritään viemään käytäntöön erilaisilla energiatehokkuussopimuksilla ja toimiala- ja toimen-

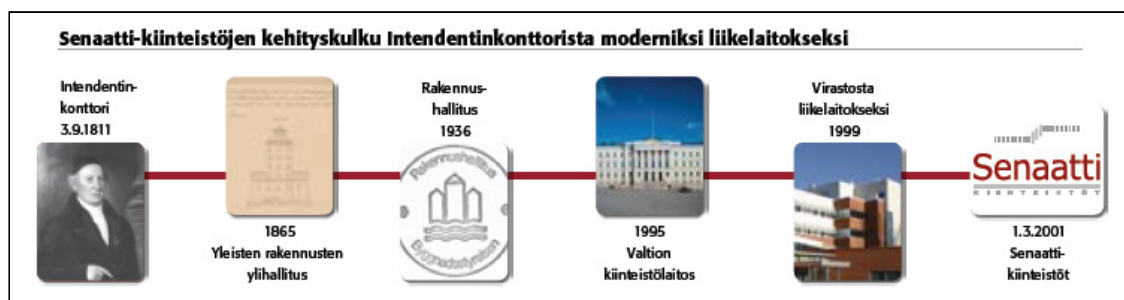
pidekohtaisilla ohjelmilla. Energiatehokkuussopimusten on havaittu olevan tehokas ja joustava menettelytapa. Vaihtoehtona voisi tulla kyseeseen tiukempi sääntely ja taloudellinen ohjaus, mistä ei kuitenkaan ole kokemuksia. Täten sääntelyn ei uskota olevan toimiva ratkaisu energian käytön tehostamiseen.

Energiakustannukset ovat suurin rakennuksen elinkaarikustannuksiin vaikuttava tekijä jo nykyisellä energian hintatasolla. Sähkömarkkinoiden integroitua muuhun Eurooppaan sekä päästöoikeuksien kustannusten realisoituessa sähköenergianhinta tulee vääjäämättä nousemaan nykyiseltä tasoltaan. Energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimet tulevat siten entistä merkityksellisemmiksi.

Miten sitten kiinteistöliiketoiminnassa on käytännössä mahdollista vähentää energian tuhlailevaa käyttöä ja sen aiheuttamia kustannus- ja haittavaikutuksia? Toiminnan tulee olla suunnitelmallista ja tavoitteellista. Sitoutuminen energianhallintaprosessiin tulee toteutua kaikilla organisaation tasoilla ja läpi yksittäisen rakennuksen koko elinkaaren. Tuloksellisen työn edellytyksiin kuuluu olennaisena osana riittävien resurssien varaaminen.

1.1 Taustaa

Senaatti-kiinteistöt on valtiovarainministeriön alainen liikelaitos, joka tuottaa tilapalveluja ensisijaisesti valtion virastoille ja laitoksille. Toimitilojen vuokraus, investoinnit, kiinteistövarallisuuden kehittäminen ja hallinta muodostavat liiketoiminnan ja palvelujen perustan. Toiminta perustuu yhteiskuntavastuulliseen liiketoimintaan, hyvään palveluun, pitkäaikaisiin asiakkuuksiin ja kumppanuuteen. Senaatti-kiinteistöjen tehtävänä on tarjota tilapalveluja, jotka ovat taloudellisesti, sosiaalisesti ja ympäristön kannalta vastuullisesti tuotettuja ja hinnoiteltuja.



Kuva 4. Senaatti-kiinteistöjen historia vuodesta 1811 alkaen.

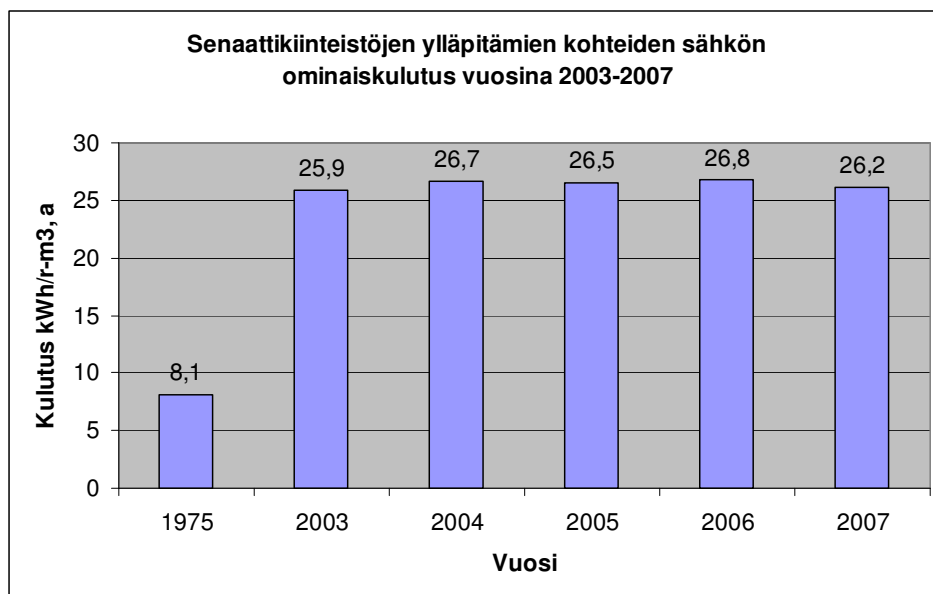
Ilmastonmuutos on noussut keskeiseksi yhteiskunnalliseksi puheenaiheeksi. Kiinteistöt nähdään toimialana, jossa on merkittäviä energiankäytön tehostamismahdollisuuksia. Senaatti-kiinteistöjen hallinnoimien kiinteistöjen ylläpitokustannukset ovat jo useita vuosia

nousseet enemmän kuin vuokrasopimusten indeksikorotusten perusteena oleva elinkustannusindeksi. Erityisesti energiakustannusten kasvu on nostanut kiinteistöjen ylläpitokustannuksia.

Senaatti-kiinteistöt panostaa kehityshankkeisiin, jotka liittyvät energiatehokkuuteen, energiankulutuksen vähentämiseen sekä laadukkaaseen sisäympäristöön. Kiinteistöjen ylläpidon aikainen energiankulutus on Senaatti-kiinteistöjen merkittävin ympäristöön vaikuttava tekijä.

Senaatti-kiinteistöt hankkii sähköenergian itsenäisenä toimijana salkunhallinnan periaatteilla keskitetysti ylläpitämilleen kiinteistöille. Sähkösalkun hallinta tarkoittaa niitä asiantuntijapalveluita, joita tarvitaan sähkön markkinatuotteiden hankintaan ja hallintaan. Markkinatuotteita ovat fyysisen sähkön toimituksen lisäksi tasesähkö, spot -sähkö, taseselvitys ja tarvittavat finanssisuojaukset. Koska Senaatti-kiinteistöt järjestää sähkönhankinnan joka tapauksessa omaa tarvettaan varten, on katsottu hyödylliseksi tarjota palvelua myös Senaatin vuokralaisasiakkaille omakustannushintaan. Hankinta tapahtuu yhteishankintarenkaassa vuokralaisasiakkaiden kanssa, jolloin saavutetaan volyymietua niin sähköenergian hinnassa kuin hankintatoimen operointikustannuksissa.

Vuonna 2007 sähkökulutus Senaatti-kiinteistöjen ylläpitämissä kohteissa oli 490 GWh ja rakennuskuutiota kohden laskettu ominaiskulutus 26,8 kWh/r-m³,a. Kuvassa 5 on esitetty sähköenergian ominaiskulutuksen kehitys vuodesta 2003 alkaen. Kuvassa 5 on esitetty erikseen ominaiskulutus vuonna 1975. Ominaiskulutus on noussut 30 vuodessa 18,1 kWh/r-m³,a. Ominaiskulutus on siten noussut 3,2-kertaiseksi kolmenkymmenen vuoden aikana.



Kuva 5. Senaatti-kiinteistöjen ylläpitämien kiinteistöjen sähköenergian ominaiskulutus vuonna 1975 ja vuosina 2003-2006.

Kokonaiskulutus on ollut lievästi nousujohteista johtuen lähinnä kiinteistöjen uusinvestointien ja peruskorjausten yhteydessä tehdyistä panostuksista parempiin sisäolosuhteisiin. Kun samanaikaisesti asiakkaiden toimistolaitteiden määrä ja käyttö on kasvanut, niin kokonaisuutena katsoen sähkön ominaiskulutus on pysynyt sangen kohtuullisena. Kuvasta 5 havaitaan, että ominaiskulutuksen kasvu on saatu vuoden 2003 jälkeen pysähtymään.

Senaatti-kiinteistöillä on pitkät perinteet energianseurannassa ja energiatehokkuuden parantamisessa. Perinteet yhdessä taloteknisten järjestelmien, eritoten jäähdytyksen lisääntymisen kanssa asettavat työlle erityisen haasteen. Onko sähköenergian käytön tehostamiseksi mahdollista tehdä jotakin vielä paremmin? Löytyykö konkreettisia, käytännössä toteutettavia ratkaisuja, joiden avulla päästään entistä parempiin tuloksiin?

1.2 Työn tavoitteet

Senaatti-kiinteistöjen Etelä- Suomen alueen sähkönkäytön volyymi on 175 000 megawattituntia vuodessa. Sähkön hinta muodostuu sähköenergian, sähkönsiirron ja sähköverojen osuudesta. Vuoden 2007 sähkökustannukset olivat 13 300 000 € ja sähkön verollinen keskihinta oli 7,6 snt/kWh. Taulukossa 1 on esitetty Senaatti-kiinteistöjen Etelä-Suomen alueen sähköenergian kokonaiskulutus vuosina 2006 ja 2007.

Taulukko 1. Senaatti-kiinteistöjen Etelä-Suomen alueen sähkönkulutus vuosina 2006 ja 2007.

Vuosiraportti, Sähkö (2007)		13.3.2008	Kohteet 167 kappaletta
Yhteensä [kWh]			
Kuukausi	2006	2007	Muutos
Tammikuu	15 388 880	15 133 474	-1,70 %
Helmikuu	13 991 744	13 595 630	-2,80 %
Maaliskuu	15 299 172	15 024 735	-1,80 %
Huhtikuu	13 839 324	13 765 622	-0,50 %
Toukokuu	14 792 453	14 670 109	-0,80 %
Kesäkuu	14 402 452	14 208 848	-1,30 %
Heinäkuu	14 221 825	14 019 600	-1,40 %
Elokuu	15 595 101	15 551 958	-0,30 %
Syyskuu	14 698 115	14 353 727	-2,30 %
Lokakuu	15 080 566	15 413 044	2,20 %
Marraskuu	14 836 989	15 113 725	1,90 %
Joulukuu	14 374 901	14 314 508	-0,40 %
Yhteensä	176 521 522	175 164 980	-0,80 %

Tarkastelujaksolla 1.1.2008 – 29.2.2008 sähkön verollinen keskihinta oli 8,86 snt/kWh. Huomataan, että sähkön hinta on noussut vuoden 2007 keskihinnasta 16,6 %. Diplomityön tavoitteena on etsiä käytännön ratkaisuja ja toimintamalleja, joiden avulla parannetaan olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta kustannustehokkaasti.

Työssä otetaan tarkasteltavaksi kolme tyypillistä kiinteistöä, joiden sähkönkäytön analysoinnilla tehdään arvioita ja johtopäätöksiä energiatehokkuuden toteutumisesta suuressa rakennuskannassa. Tarkasteltavat kohteet valitaan perehtymällä energiamittausaineistoon, suunnitelma-asiakirjojen energiankulutustavoitteisiin sekä haastatteleamalla huoltoliikkeen henkilöstöä että käyttäjää.

Kohteiksi valitaan kaksi uudisrakennusta ja yksi peruskorjattu rakennus. Kohteista selvitetään suunnittelussa asetettujen energian kulutustavoitteiden toteutuminen. Tuloksia käytetään jatkossa rakennettavien uudiskohteiden ja peruskorjauskohteiden realististen energian kulutustavoitteiden asettamiseen. Työssä haetaan toimintamalleja muun muassa seuraaviin asioihin:

- Miten löydämme rakennuskannastamme eniten energiaa tuhlaavat rakennukset?
- Miten asetamme saavutettavissa olevan energiansäästötavoitteen huoltoliikkeiden palkkio- sanktiosopimuksiin sekä Senaatti-kiinteistöjen henkilöstön tulospalkkiokortteihin?
- Miten energiansäästötavoitteisiin päästään huollollisin ja kunnossapidollisin toimenpitein?

Työssä selvitetään ja analysoidaan kiinteistösähkön kulutuksen osuus sekä sen jakautuminen kulutuskohteiden kesken. Erityistä huomiota kiinnitetään suurimman kulutuksen ja säästöpotentiaalin omaaviin taloteknisiin järjestelmiin eli Ilmanvaihtoon ja jäähdytykseen.

Työtä varten tehdyissä esiselvityksissä on tullut esille, että osassa Senaatti-kiinteistöjen Etelä-Suomen alueen rakennuksia on päällä huomattavan suuria pohjakuormia, todennäköisesti järjestelmiä ja sähkötehoa on päällä turhaan yöllä ja viikonloppuisin. Rakennuksissa tehdään kenttätutkimusta sen selvittämiseksi, minkä järjestelmien kulutuksesta pohjakuorma muodostuu ja millä toimenpiteillä pohjakuormaa voitaisiin leikata. Pohjakuormalla tarkoitetaan sähkötehoa, jonka kiinteistö ottaa sähköverkosta jatkuvasti riippumatta vuorokausi- ja vuodenaikarytmin vaihtelusta. Pohjakuormalla on ratkaiseva merkitys energian kulutukselle. Työaikana esiintyvät kulutuspiikit muodostavat energian kulutuksesta suhteellisesti pienen osan.

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkäytön tehokkuutta selvitetään laskemalla ilmanvaihdon ominaissähkötehot. Jäähdytysjärjestelmän osalta kiinnitetään huomiota erityisesti sen lauhdutuspiirin pumppujen käyttöön lämmityskaudella. Tutkimuksen kohteena olevasta saneeratusta rakennuksesta tehdään 1.1.2008 voimaan astuneen lain rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) mukainen energiatodistus.

1.3 Tutkimuksen rakenne ja kulku

Tutkimusraportti alkaa käsitteiden ja määräysten selvityksen jälkeen tehdyllä rakennuksen pääasiallisten sähköä kuluttavien taloteknisten järjestelmien ja laitteiden esittelyllä sähköenergian kulutuksen näkökulmasta katsottuna. Sähköä eniten kuluttavat järjestelmät ja laitteet ovat ilmanvaihto, jäähdytys, valaistus ja toimistolaitteet, jotka on esitelty luvussa 4. Kirjallisuusselvitys päättyy lukuun 5, joka käsittelee energianhallintapalveluita.

Tutkimuksen toinen osa alkaa tarkasteltavien kiinteistöjen valinnalla energiankulutusraporttien perusteella ja jatkuu sähköenergian kulutustavoitteiden selvittämisellä. Kulutustavoitteet on etsitty rakennushankkeen suunnitelma-asiakirjoista sekä haastattelemalla suunnittelijoita. Tämän jälkeen on selvitetty toteutuneet kulutukset EnerKey- ja Ryhti-energiankulutusraporteista sekä verrattu niitä kulutustavoitteisiin ja haettu syitä esiin tulleisiin eroavaisuuksiin.

Kenttätutkimuksessa selvitettiin ja analysoitiin sähkön käytön jakautumista kulutuskohteittain sekä selvitettiin kiinteistö- ja käyttäjäsähkön osuutta kokonaiskulutuksesta. Kenttätutkimus tehtiin uudisrakennusten osalta suorittamalla mittauksia pääkeskuksissa ja haastattelemalla kiinteistöhoitoliikkeiden huoltomiehiä sekä heidän esimiehiään. Saneeratussa rakennuksessa on varsin kattava energiamittausjärjestelmä, josta saatu informaatio mahdollisti energiankäytön tarkan selvittämisen ja analysoinnin kulutuskohteittain. Lisäksi katselmoitiin talotekniset tilat ja suurimman kulutuksen omaavat talotekniset järjestelmät. Käyttäjien kulutustottumuksia selvitettiin kirjallisella kyselyllä.

Luvussa 7 etsitään toimintamalleja energiatehokkuuden parantamiseksi huolto- ja kunnossapidollisin toimin. Lopuksi etsitään keinoja realististen tavoitekulutusten ja kannustinmallien kehittämiseksi kiinteistöpäälliköille ja kiinteistöhuoltoyrityksille.

2 KÄSITTEITÄ JA NIIDEN SELVENNYKSIÄ

Energiatehokkuuden parantamisella tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että samat sisäolosuhteet tuotetaan vähemmällä energialla.

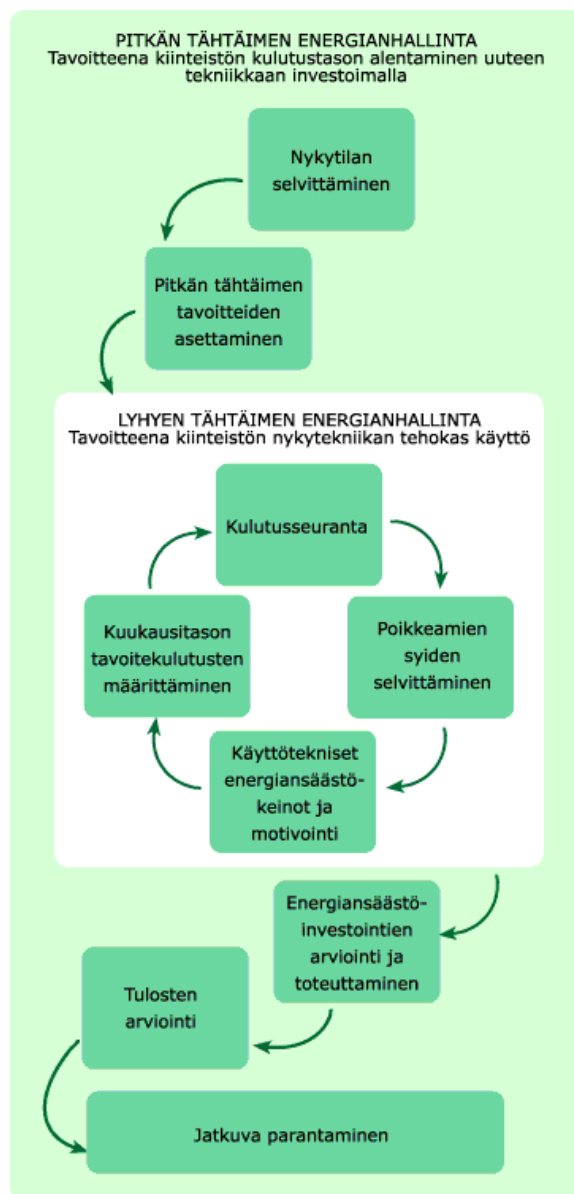
Energiansäästöllä tarkoitetaan useimmiten energian käytön tehokkuuden parantamista siten, että energian ominaiskulutus alenee.

Kiinteistön energianhallinta on prosessi, jonka tavoitteena on ylläpitää kiinteistössä hyvät sisäilmaolosuhteet ja palvelutaso mahdollisimman pienellä energiankulutuksella ja –kustannuksilla.

Energianhallintaa voidaan kuvata jatkuvana prosessina joka koostuu pitkän ja lyhyen tähtäimen toiminnasta. Pitkällä aikavälillä rakennuskannan energiankäyttöön voidaan vaikuttaa esimerkiksi investoimalla energiaa säästävään tekniikkaan. Lyhyen tähtäimen

energianhallinnalla puolestaan pyritään havaitsemaan energiankulutukseen vaikuttavat käyttötekniset virheet sekä laite- ja järjestelmäviat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. [Motiva Oy]

Systemaattisella energianhallinnalla voidaan välittömien energiakustannusten lisäksi vaikuttaa myös kiinteistön huolto- ja korjauskustannuksiin. Energiankulutustavoitteiden asettamisen ja kulutusseurannan avulla saadaan ajantasaista tietoa energiankulutukseen vaikuttavien teknisten järjestelmien kunnosta sekä säätöjärjestelmien toiminnasta ja näin pystytään nopeammin reagoimaan mahdollisiin vikoihin ja häiriöihin. Energhianhallinta tuottaa lisäarvoa kiinteistönomistajan lisäksi loppukäyttäjille palvelutason paranemisen myötä. [Motiva Oy]



Kuva 6. Energhianhallintaprosessin kuvaus. [Motiva Oy]

Kiinteistön sähkön kulutus jakaantuu kahteen osaan, kiinteistö- ja käyttäjäsähköön. Kiinteistösähkö tarkoittaa kiinteistön omistajan kulutusosuutta, joka koostuu ilmastointilaitteiden, tilojen jäähdytyksen, hissien, yleisten tilojen valaistuksen ja muun sähkön käytöstä. Käyttäjäsähkö on puolestaan sisävalaistuksen, tietokoneiden ja niiden oheislaitteiden osuus kokonaiskulutuksesta. Kulutusosuudet kiinteistö- ja käyttäjäsähkön välillä vaihtelevat kiinteistöittäin muun muassa niiden käyttötarkoituksen mukaisesti.

Kiinteistösähkön käsite muuttui 1.1.2008 voimaan astuneen Suomen rakentamismääräyskokoelman muutoksen myötä. ”Kiinteistösähkön kulutukseen sisältyy rakennuksen kiinteän valaistusjärjestelmän sähkönkulutus, talotekniikan pumppujen, puhaltimien, automaattilaitteiden, kiinteistösaunojen ja hissien, sekä rakennuksen ulkopuolella valaistuksen ja kohdelämmitysten (autopaikat, sulanapito) kuluttama sähkö. Kiinteistösähköön ei kuulu lämmitykseen ja jäähdytykseen kulutettu sähköenergia, koska ne otetaan huomioon lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutuksessa.” [RakMk osa D 5]

3 UUDET ENERGIAMÄÄRÄYKSET

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2002/91/EY) rakennusten energiatehokkuudesta on annettu 16.12.2002 ja se tuli voimaan EU:ssa 4.1.2003.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteena on pienentää rakennusten käytöstä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Direktiivi velvoittaa jäsenmaat asettamaan uusien ja peruskorjattavien rakennusten energiatehokkuudelle minimitaso, luomaan käytäntöjä rakennusten energiatodistusten käyttöön ottamiseksi sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden tarkastamiseksi.

Suomessa energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanemiseksi on säädetty 1.1.2008 voimaan astuneet lait ja asetus:

- Laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007)
- Laki rakennuksen ilmastointijärjestelmien kylmälaitteiden määräaikaistarkastuksista (489/2007)
- Ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta (765/2007)

3.1 Taustaa ja tavoitteet energiamääräysten muutoksille

Voimaan astuneiden energiamääräysten tavoitteena on varmistaa energiatehokkuuden toteutuminen rakennushankkeessa lisäämällä suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. Määräysten tarkoitus on korostaa taloteknisten suunnittelijoiden vastuuta sisäilmastoon liittyvien

vaatimusten täyttämässä. Tavoitteena on myös pääsuunnittelijan kokonaisvastuun korostaminen. [Ympäristöministeriö 2007]

Energiamääräyksillä halutaan edistää määräystasoa energiatehokkaampien rakennusten yleistyistä kiristämättä vaatimustasoa kuitenkaan merkittävästi. Vaatimustason asettamistavassa on pyritty yksinkertaisuuteen ja luotettavuuteen. Energiatehokkuusvaatimukset on esitetty kootusti ja ne mahdollistavat standardien käytön energiankulutuksen laskennassa. Vaatimuksiin tuo joustavuutta mahdollisuus huomioida tavoitteen saavuttamisessa rakennuksen tiiveys.

3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakentamista ja sen laatua ohjataan ympäristöministeriön ylläpitämällä Suomen rakentamismääräyskokoelmalla. Rakentamismääräyskokoelman uudet määräykset ja -ohjeet, jotka tulivat voimaan 1.1.2008, koskevat uusia rakennuksia. Ennen lain voimaantuloa valmistuneille rakennuksille lakia sovelletaan vuoden 2009 alusta. RakMk:n osa D3 käsittelee rakennuksen energiatehokkuutta ja osa D5 rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaa.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 energiatehokkuusvaatimukseen kuuluu energiatehokkuuden saavuttaminen rakenteellisin ratkaisuin välttämällä rakennuksen tarpeettoman suurta vaippapinta-alaa, tilojen sijoittelulla, ikkunoiden koolla ja rakenteella sekä niiden suuntauksella. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Kesäajan huonelämpötilan hallinta tulee pyrkiä hallitsemaan rakenteellisin keinoin ilman, että rakennetaan jäähdytysjärjestelmää. Energiatehokkuusvaatimukset asettavat vaatimuksia rakennuksen säätöjärjestelmälle. Rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämä sisäilmasto on ylläpidettävä energiatehokkaasti. Valaistuksessa tulee hakea ratkaisuja, joilla hyödynnetään luonnonvaloa. Energiatehokas valaistus vähentää lämpökuormaa, jolloin jäähdytystarve vähenee. [RakMk D3]

RakMk D3 edellyttää ostoenergiankulutuksen laskentaa. Rakennuksen energiankulutus ja ostoenergiankulutus lasketaan esimerkiksi rakentamismääräyskokoelman osan D5, soveltuvien SFS-EN- standardien mukaan tai käyttäen muita yksityiskohtaisempia laskentamenetelmiä.

3.3 Laki rakennuksen energiatodistuksesta

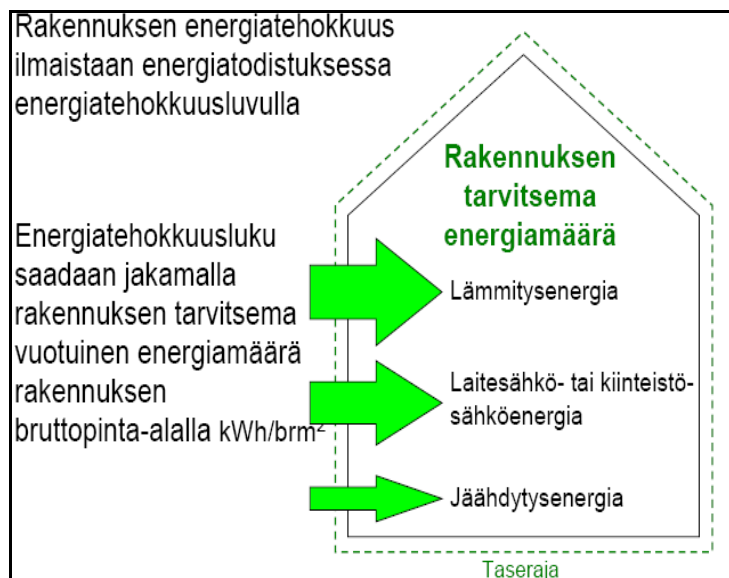
Haettaessa maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitettua rakennuslupaa uudisrakentamista varten on lupahakemukseen liitettävä energiaselvitys, jossa tulee olla pääsuunnittelijan antama rakennuksen energiatodistus. Energiatodistus sisällytetään rakennuslupa-asiakirjoihin ja se arkistoidaan rakennusvalvontaviranomaisen arkistoon. Ennen rakennuksen käyttöönottoa

pääsuunnittelijan on varmennettava energiaselvitykseen sisältyvä energiatodistus. [Laki rakennuksen energiatodistuksesta 487/2007].

3.4 Energiatodistus

Rakennuksen energiatodistus on energiatodistuslain mukainen asiakirja, joka on esitettävä rakennusta myytäessä tai vuokrattaessa. Energiatodistus kertoo rakennuksen energiatehokkuuden verrattuna muihin vastaaviin rakennuksiin. Rakennuksen energiatehokkuus ilmoitetaan energia-todistuksessa energiatehokkuusluvulla ET asteikolla A – G. Energiatehokkuusluku, ET (kWh/brm²,a) saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla. [Asetus rakennuksen energiatodistuksesta 765/2007] Kuvassa 7 on esitetty energiatehokkuusluvun laskentaperuste havainnollisesti.

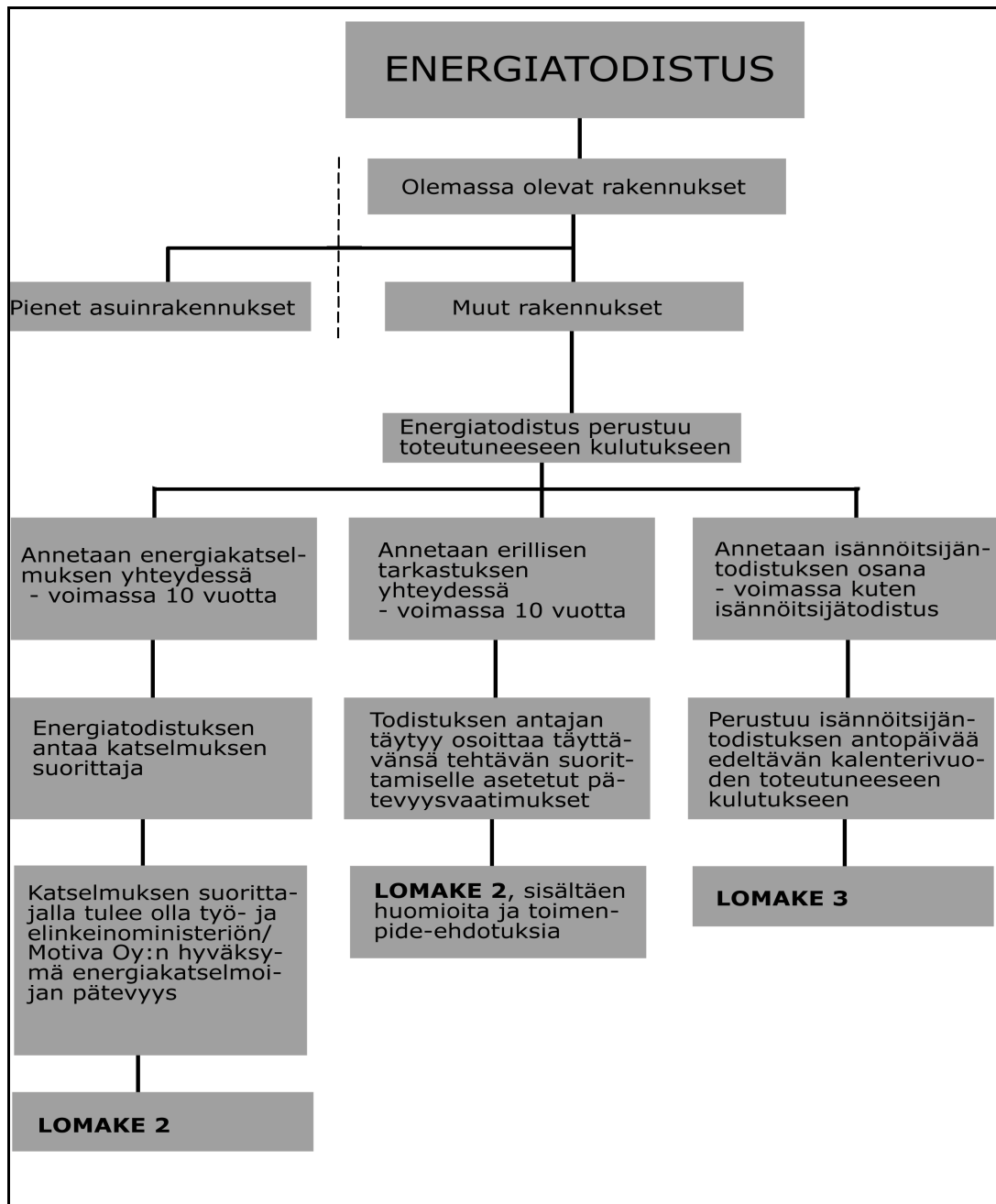
Rakennuksen energiatodistus on eräänlainen tuoteseloste, joka auttaa kiinteistön omistajaa, ostajaa tai tulevaa vuokralaista arvioimaan rakennuksen energiatehokkuutta ja rakennuksen todennäköisiä käyttökustannuksia. Energiatodistuksessa huomioidaan rakennuksen energiatalous kokonaisuutena sisältäen laitesähkö-, kiinteistö- ja lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen. Energiatodistuksen etusivu kertoo rakennuksen energiatehokkuuden havainnollisesti energiatehokkuusluvun ET avulla. [Ympäristöministeriö 2007]



Kuva 7. Rakennuksen energiatehokkuusluvun ET määräytyminen. [Ympäristöministeriö 2007]

Kuvassa 8 on esitetty olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksen antamista kolmessa eri tilanteessa. Energiatodistus annetaan lomakkeella 2 energiakatselmuksen tai erillisen tarkastuksen yhteydessä. Isännöitsijätodistuksen osana se annetaan lomakkeella 3. Energiatodistus

perustuu olemassa olevan rakennuksen kyseessä ollen toteutuneeseen energiankulutukseen. Erillisen tarkastuksen yhteydessä annettavalla energiatodistuksella kerrotaan millä toimenpiteillä rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa ja alentaa samalla energiakustannuksia. Energiatehokkuuden parantaminen on ennen kaikkea kiinteistön omistajan etu ja energiatodistus on työkalu, joka osaltaan auttaa tunnistamaan energiaa tuhlaavat talot. [Ympäristöministeriö 2007]



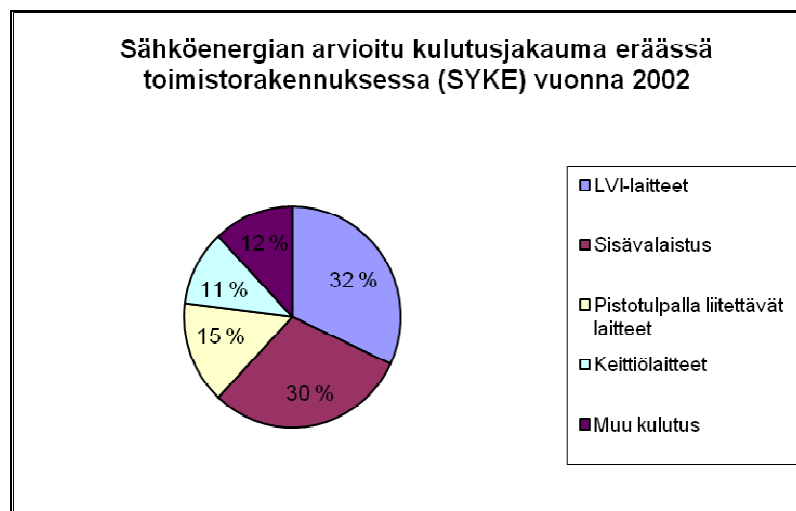
Kuva 8. Energiatodistuksen antaminen energiakatselmuksen ja erillisen tarkastuksen yhteydessä sekä osana isännöitsijän todistusta. [Ympäristöministeriö 2007]

Rakennettaessa uutta rakennusta tai tehtäessä peruskorjausta laaditaan energiatodistus laskennallisesti. Rakennuksen varustaminen koneellisella jäähdytysjärjestelmällä näyttäisi johtavan siihen, että rakennus sijoittuu D- tai E-luokkaan. Tällä voi olla jatkossa merkitystä kun käyttäjä saa konkreettisen tiedon haluamansa mukavuuden vaikutuksista energiatehokkuuteen ja siitä seuraaviin käyttökustannusten nousuun. Niin kiinteistönomistajat kuin käyttäjäorganisaatiotkin korostavat enenevässä määrin ympäristöarvoja ja energiatodistuksen antama informaatio voi muodostua merkitykselliseksi investointipäätöksiä tehtäessä.

3 SÄHKÖENERGIAN KÄYTÖN JAKAUTUMINEN

Tässä luvussa käydään läpi tyypillisen nykyaikaisen toimisto- ja koulurakennuksen taloteknisiä järjestelmiä, niiden suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa sähköenergian käytön näkökulmasta. Lisäksi tarkastellaan ennen käytännön kenttätutkimuksena tehtyä osuutta miten talotekniset järjestelmät tulisi rakentaa ja miten niitä tulisi käyttää niin, että sähköenergiaa käytettäisiin tehokkaasti.

Sähköenergian käyttö tyypillisessä rakennuksessa jakautuu pääsääntöisesti sisävalaistuksen, ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmien sekä toimistolaitteiden kesken. Yhtenä esimerkkinä energiankulutuksen jakaumista voi toimia Suomen ympäristökeskuksen käytössä oleva kiinteistö, jonka energiakatselmuksessa on arvioitu sähkönkulutuksen jakauman olevan seuraava: LVI-laitteet 32 %, sisävalaistus 30 %, pistotulpalla liitettävät laitteet 15 %, keittiölaitteet 11 % ja muu kulutus 12 %. [Suomen ympäristökeskus 2005] Kulutuksen jakautuminen on esitetty kuvassa 11.



Kuva 9. Sähköenergian arvioitu kulutusjakauma Suomen ympäristökeskuksen toimistorakennuksessa vuonna 2002. [Suomen ympäristökeskus 2005]

4.1 Ilmastointi

Ilmastointijärjestelmä koostuu ilmankäsittelykoneesta, ilmastointikanavista, moottoreita syöttävistä taajuusmuuttajista, huonekohtaisista ilmankäsittely- yksiköistä sekä lukuisista muista laiteosista. Ilmanvaihdon ohjaukseen käytetään digitaalista säätöjärjestelmää. Ilmastointijärjestelmät voidaan jakaa koneelliseen tulo- ja poistoilmajärjestelmään sekä koneelliseen poistoilmajärjestelmään.

4.1.1 Ilmastointijärjestelmän energiankulutus

Ilmastointijärjestelmän tärkeimpänä tavoitteena on luoda rakennukseen tavoitetason täyttävät sisäolosuhteet kaikissa kuormitustilanteissa. Sisäolosuhteet tulee saavuttaa kustannustehokkaasti ja kohtuullisin elinkaarikustannuksin. Energiakustannukset näyttelevät merkittävää osaa ilmastointijärjestelmän elinkaarikustannuksissa. Ilmastointijärjestelmän energiankulutuksen muodostavat pumppujen ja puhaltimien kuluttama sähköenergia, sisään puhallettavan ilman lämmitysenergia sekä jäähdytyskoneiden kuluttama sähköenergia. [LVIS- 2000]

Nykyaikainen ilmastointijärjestelmä on pääsääntöisesti varustettu lämmön talteenotolla, mikä pienentää tarvittavaa lisälämmitysenergiaa. Lämmön talteenotto (LTO) hyödyntää valaistuksen, tietokoneiden ja niiden oheislaitteiden sekä muiden sähkölaitteiden tuottamaa lämpöä. LTO ottaa talteen poistoilman lämpöenergian ja kierrättää sen kennoston kautta tuloilmaan.

Sähköenergian kulutuksen kannalta on ratkaisevaa miten ilmastointijärjestelmä on toteutettu. Halutut sisäolosuhteet tulee tuottaa ilmastointialueittain ja kulloisenkin käyttöasteen mukaisesti. Olennaista on, että ilmavirran pienentyessä pienenee samassa suhteessa myös sähkötehon tarve. Sähköenergian käytön taloudellisuuden kannalta on tärkeää käyttää tuloilman jäähdyttämiseen ulkoilmaa. Sähkönkäytön taloudellisuus tulee varmistaa vielä sen jälkeen kun halutut sisäolosuhteet on saavutettu. [LVIS-2000]

4.1.2 Suunnittelu

Ilmanvaihtojärjestelmän osuus rakennuksen sähköenergian kulutuksesta on merkittävä. Energiapalveludirektiivin (2006/32/EY) tavoitteena on energiankulutuksen pienentäminen. Sen ei kuitenkaan toivota rajoittavan sisäilman laatutasoa niin, että jatkossa toteutettaisiin vain juuri vaatimukset täyttäviä ratkaisuja. Energiatohokkuutta ei voida parantaa sisäilman laadun kustannuksella, sillä alhaista energiankulutusta ei voida pitää ensisijaisena rakennuksen suunnittelutavoitteena.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D2 (2003) esittää viranomaisvaatimukset ilmanvaihtojärjestelmälle seuraavasti: ”Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tehokkaalle energiankäytölle. Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta”. [RakMk D2]

Edullisimman järjestelmän valintaperusteena on sisäilmaston vaatimustaso eli niin sanottu tavoitetaso. On selvitettävä, tarvitaanko rakennuksessa koneellista jäähdytystä tai huonekohtaista lämpötilansäätöä. Mikäli eri tilojen kuormitusvaihtelut ovat suuret, käytetään huonekohtaista lämpötilan säätöä. Muuten riittää vyöhyke- tai rakennuskohtainen säätö. Ilmastointilaitos tulee suunnitella niin, että rakennuksen eri tilojen puhaltimien käyntiajat voidaan määrittää tilojen käytön mukaisesti. [LVIS-2000]

Tilantarpeita pyritään tehostamaan ja siten vaikuttamaan sekä tilakustannuksiin, mutta välillisesti myös energiankulutukseen. Yksi nykypäivän haaste on, että tilojen, esimerkiksi toimistojen, käyttöajat kasvavat, mikä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtokoneet pyörivät täydellä teholla yhä pitemmän ajan, jopa ympäri vuorokauden. Ilmastointijärjestelmien mitoituksessa ilmamäärät ja sisälämpötilat on laskettu tietyille käyttöasteelle käyttäen lisäksi varmuusmarginaalia. Mikäli tiloissa työskentelee illalla vain jokunen henkilö, ilmamäärä voi olla moninkertainen todelliseen tarpeeseen verrattuna. Pieni käyttöaste tulisi huomioida säätämällä ilmamäärä todellista tarvetta vastaavaksi kohta normaalityöajan päättymisen jälkeen.

Puhaltimen energiankulutusta voidaan pienentää lyhentämällä käyntiaikoja sekä ilmavirtojen käytön mukaisella ohjauksella. Energiatehokkuutta voidaan parantaa myös ilmastointikanavien vastusta pienentämällä ja parantamalla puhaltimen kokonaishyötysuhdetta. Hyötysuhdetta alentavia tekijöitä ovat ilmalle pyörivän liikkeen aiheuttavat puhaltimen imuaukossa olevat häiriöt, liian suuri sähkömoottori, löysä tai liian kireä kiilahihna, likaisuus ja huonot kanavaliitokset. Puhaltimen toimintapisteen tulisi sijaita parhaan hyötysuhteen alueella. [Holopainen et al. 2007]

Sähköverkkoa ja sähkömittauksia suunniteltaessa olisi otettava huomioon ilmastointilaitosten lisääntynyt seurantarve. Uusiin rakennuksiin asennetaan yhä monipuolisempia ja tehokkaampia ilmastointilaitteita, joiden sähkönkäyttö voi muodostua suureksi ja epäta- loudelliseksi, ellei niiden käyttöä valvota mittauksin. Ilmastoinnin sähkön käytön alamittaus antaa mahdollisuuden varmistua laitteiden energiataloudellisesta käytöstä. [LVIS-2000]

4.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho

Ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisvaiheessa on tärkeää varmistaa, että SFP-luku (Specific Fan Power) on oikea. SFP- luku on helppokäyttöinen työkalu ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiatehokkuutta määriteltäessä, todennettaessa ja tarkastettaessa. Ominaissähköteho SFP on

rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama teho [kW] jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla [m³/s] (suuremmalla näistä). Ilmanvaihtojärjestelmän sähköverkosta ottama teho sisältää puhaltimien moottoreiden ja mahdollisten taajuusmuuttajien sekä muiden tehonsäätölaitteiden kuluttaman sähkötehon. [LVI- talotekniikkateollisuus 2005]

$$SFP = (P_{\text{tuloilmapuhaltimet}} + P_{\text{poistoilmapuhaltimet}}) / Q_{\text{maksimi}}$$

missä

SFP on ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho [kW/(m³/s)]

$P_{\text{tuloilmapuhaltimet}}$ on tuloilmapuhaltimien verkosta ottama yhteenlaskettu sähköteho [kW]

$P_{\text{poistoilmapuhaltimet}}$ on poistoilmapuhaltimien verkosta ottama yhteenlaskettu sähköteho [kW]

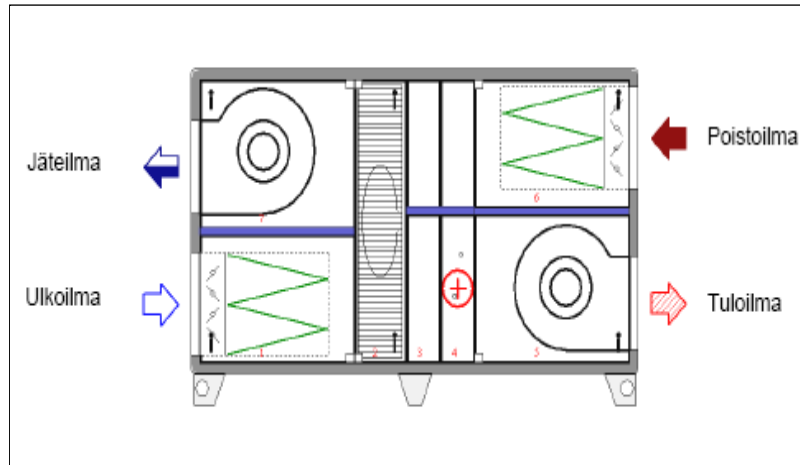
Q_{maksimi} on mitoittava jäte- tai tuloilmavirta [m³/s]

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskennassa otetaan huomioon kaikki ne puhaltimet, jotka osallistuvat rakennuksen ilmanvaihtoon, kuten:

- ilmkäsittelykoneiden tuloilmapuhaltimet
- ilmkäsittelykoneiden poistoilmapuhaltimet
- erilliset tuloilmapuhaltimet
- erilliset poistoilmapuhaltimet

SFP- luvun tavoitetason valinnassa tulee noudattaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2003) ohjetta: ”Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,5 kW/(m³/s). Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho voi olla suurempi kuin 2,5 kW/(m³/s), jos esimerkiksi rakennuksen sisäilmaston hallinta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia.” [RakMk D2] SFP- luvulle tulee suunnitteluvaiheessa asettaa suositusarvoksi 2,5 kW/(m³/s) ja valvoa tämän tavoitteen toteutumista hankkeen kaikissa vaiheissa.

Kuvassa 10 on esitetty periaatekaavio ilmkäsittelykoneesta. Kuvassa näkyvä yläpuolinen osa on poistoilmakone ja alapuolinen osa tuloilmakone.



Kuva 10. Periaatekaavio ilmapuhdistuslaitteesta. [LVI- talotekniikkateollisuus 2005]

4.1.4 Taajuusmuuttajat

Ilmanvaihtojärjestelmän säätö on suunniteltava ja toteutettava siten, että se ylläpitää rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämän sisäilman laatutason energiatehokkaasti sekä huippu- että osatehoilla. Säättämällä ilmavirtaa portaattomasti ilmastointitarpeen mukaan säästetään puhaltimen moottorin kuluttamaa sähköenergiaa ja samalla myös ilmanvaihdon kuluttamaa lämmitysenergiaa. Ilmanvaihtopuhaltimen moottorin kierroslukua voidaan säätää taajuusmuuttajan avulla, joka saa ohjaussignaalin kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta esimerkiksi ilman hiilidioksidipitoisuuden (CO₂-säätö) tai lämpötilan mittauksesta.

CO₂-säädöllä ja taajuusmuuttajakäytöllä saavutettavat säästöt vaihtelevat tapauskohtaisesti, keskimääräiseksi sähköenergiansäästökseksi on arvioitu 20...30 % ja investointien takaisinmaksuajoiksi 1- 3 vuotta. Taajuusmuuttajan asennus olemassa olevaan järjestelmään on monessa tapauksessa kannattavaa ja suhteellisen vaivatonta. Uusia ilmanvaihtojärjestelmiä rakennettaessa taajuusmuuttajakäyttö on lähes itsestään selvyyttä.

4.2 Jäähdytys

Tässä luvussa käydään aluksi läpi mahdollisuuksia hallita rakennuksen kesäkuukausien huonelämpötiloja rakenteellisin ratkaisuin. Seuraavaksi tarkastellaan rakennuskohtaista kompressoreilla toteutettua keskitettyä jäähdytysjärjestelmää sähkökön käytön näkökulmasta sekä lopuksi kaukojäähdytystä.

Koneellisen jäähdytyksen lisäys rakennukseen ei ole energiataloudellisesti perusteltavissa, saavutetut edut liittyvät parantuneen sisäilmaston kautta saavutettavaan parempaan

viihtyisyyteen ja työtehoon. Nykyisissä toimistorakennuksissa lämpökuormat ovat kuitenkin suuria ja se on johtanut koneellisen jäähdytystarpeen kasvamiseen. Pelkästään ilmalla jäähdytettäessä nykyisiä lämpökuormia ei voida helposti hallita vedottomasti. Ratkaisuna käytetään järjestelmiä, joissa osa jäähdytystehosta tuodaan ilmanvaihdolla ja loput katetaan esimerkiksi vesikierrolla varustetuilla puhallinpattereilla. Jäähdytysvesi tuotetaan koneellisella, keskitetyllä jäähdytyslaitteistolla ja jäähdytysveden kierrättämiseksi tarvitaan omat pumput. Huonekohtaisissa puhallinpattereissa on oma pienitehoinen puhallin, jossa on useita nopeusportaita. [LVIS-2000]

4.2.1 Rakenteellinen suojaus

Euroopan Unionin energiapalveludirektiivin (2006/32/EY) mukaan jäsenmaiden tulee kiinnittää erityistä huomiota rakennuksiin asennettavien teholtaan yli 12 kilowatin jäähdytysjärjestelmien sähkönkulutukseen. Asetus rakennusten energiatodistuksesta (765/2007) ohjaa rakennusta suunniteltaessa valintoihin, joilla kesäkuukausien huonelämpötilojen hallinta hoidetaan mahdollisuuksien mukaan rakenteellisin ratkaisuin. Rakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon auringon lämpösäteily ja suoran auringonvalon aiheuttama häikäisy. Liikalämpöä voidaan torjua käyttämällä auringonsuojalaseja, kaihtimia, markiiseja tai säleitä. [Holopainen et al. 2007]

Auringon aiheuttamaa lämpösäteilyä on edullisinta torjua ikkunan ulkopuolella tai mahdollisimman lähellä sen ulkopintaa. Huoneen puolella olevilla sälekaihtimilla tai rullaverhoilla ei saada estettyä huonetilan lämpiämistä kovinkaan paljoa, koska lämpösäteily on jo päässyt sisätiloihin. Sisäpuolisilla suojauksilla saadaan heijastettua ulos vain osa tästä lämmöstä. [Holopainen et al. 2007]

Ulkopuolinen aurinkosuojaus on rakennuksen energiatalouden kannalta kaksijakoinen asia erityisesti Suomen ilmasto-olosuhteissa, jossa vuodenaikojen vaihtelusta johtuen auringosta saatava valoteho ja lämpösäteily vaihtelevat merkittävästi. Ulkopuoliset aurinkosuojaukset voivat keväisin ja syksyisin lisätä lämmitystarvetta, koska ne rajoittavat auringosta saatavaa lämpöenergiaa. Kesäkuukausien aikana aurinkosuojaus voi vähentää merkittävästi jäähdytystarvetta. Tällöin kokonaishyöty jää positiiviseksi. [Holopainen et al. 2007]



Kuva 11. Auringon säteilyn aiheuttaman ylikuumenemisen torjumisen ulkopuolisten ritilöiden avulla. TKK Tietotekniikan talo, Espoo.

4.2.2 Koneellinen jäähdytys

Ilmastoinnin eräänä keskeisenä tehtävänä on poistaa huoneessa syntyvä lämpö, jota vapautuu valaistuksesta, ihmisistä, laitteista ja auringonsäteilystä, siten että voidaan estää huonelämpötilan nousu yli tavoitetason. Jäähdytys toteutetaan puhaltamalla huoneeseen viileää ilmaa. Mitä kylmempää tuloilma on, sitä pienempi ilmavirta tarvitaan. Suurimman osan vuotta ulkoilman lämpötila on Suomessa niin alhainen, että huoneilma jäähtyy kohtuullisilla ilmavirroilla. Kesällä ulkolämpötilat nousevat kuitenkin usein liian korkeiksi ja tällöin tuloilma on jäähdytettävä koneellisesti.

Suoralla koneellisella jäähdytyksellä tarkoitetaan kylmäkompressorin avulla tapahtuvaa jäähdytystä, jossa käytetään hyväksi suljettua kylmäaineen kiertoa. Suorassa jäähdytyksessä jäähdytettävä ilma kulkee kylmäaineputkistoon liitetyn patterin kautta. Patterin läpi kulkeva kylmäaine sitoo ilmasta lämpöä. Suora jäähdytysjärjestelmä soveltuu pieneköihin laitoksiin, se voi olla sijoitettuna tuloilmakoneeseen tai olla erillinen koneikon osa. Tyypillinen käyttötarkoitus erilliselle suora- ja epäsuora- jäähdytyskoneelle on ATK-tilan jäähdytys. [Seppänen & Seppänen 1996]

Suuren kylmätehon vaativissa laitoksissa käytetään epäsuoraa jäähdytystä. Epäsuora jäähdytys tarkoittaa kylmäaineella tuotetun jäähdytystehon siirtämistä lämmönsiirtimen avulla toiseen väliaineeseen, esimerkiksi veteen. Epäsuorassa jäähdytyksessä jäähdytetään ilmastointikoneen jäähdytyspattereissa kiertävä vesi. [Seppänen & Seppänen 1996]

Sisälämpötila pidetään asetusarvossaan taloautomaatiojärjestelmän avulla. Maksimilämpötilan asettelulla on merkittävä vaikutus järjestelmän sähköenergian kulutukseen. Mikäli ollaan

valmiita tinkimään kuumimpina hellepäivinä mukavuudesta ja annetaan lämpötilan liukua +23 +24 tai +25 asteeseen, niin on mahdollista saavuttaa sähköenergian kulutuksessa huomattavaa säästöä. Jäähdytysjärjestelmässä kierrätetään yleensä jäähdytysnestettä pumpuilla ympäri vuoden, joten sähköenergiaa kuluu pakkaskausinakin pumppujen ottaman tehon mukaisesti. Pakkaskausina on erityisen tärkeää huolehtia siitä, että vapaajäähdytys on käytössä.

Parhaillaan tehdään tutkimustyötä tavoitteena kehittää järjestelmä, joka käyttäisi hyväksi perinteisen keskuslämmitysjärjestelmän tarjoamia mahdollisuuksia myös rakennuksen jäähdyttämiseen kesäkuukausien aikana (lämmitys- jäähdytysjärjestelmä). Kehitettävänä olevalla järjestelmällä voitaisiin onnistuessaan korvata perinteinen koneellinen jäähdytysjärjestelmä. Korvattaessa perinteinen koneellinen jäähdytysjärjestelmä kehitettävänä olevalla keskusjäähdytysjärjestelmällä säästetään huomattavasti sähköenergiaa. Lisäksi vaadittavien lämmitys- viilennysradiaattorien määrää voidaan vähentää johtuen jäähdytysaineen ominaisuuksista. [Todesco 2005]

4.2.3 Kaukojäähdytys

Kiinteistöjen viilennykseen perinteisesti käytetty kompressorijäähdytys on korvattavissa suurissa tiiviisti rakennetuissa ja meren rannalla sijaitsevilla taajamissa kaukojäähdytyksellä. Kaukojäähdytystä käyttävät kiinteistöt hyötyvät menetelmästä ennen kaikkea merkittävän sähköenergian säästön muodossa, muita hyötyjä ovat meluhaittojen poistuminen sekä teknisten tilojen tarpeen väheneminen.

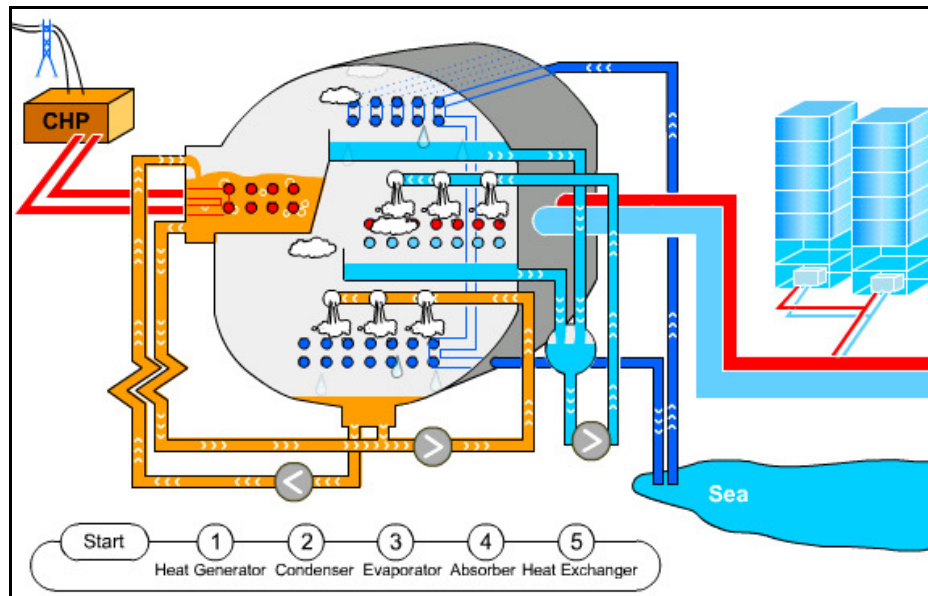
Kaukojäähdytys on keskitettyä jäähdytysenergian tuotantoa, jossa siirretään jäähdytettyä vettä jäähdytyskeskuksesta erillistä jakeluverkkoa pitkin asiakkaan rakennuksessa olevaan lämmönsiirtimeen. Rakennuksessa lämpökuormaa siirretään poistoilmapuhaltimien, jäähdytysverkon ja lämmönsiirtimien avulla energiayhtiön kaukojäähdytysveteen. Rakennuksessa ei tarvita lämmönsiirtimen ja pumppujen lisäksi muita laitteita. [Helsingin Energia Oy]

Kaukojäähdytystä on mahdollista tuottaa kesällä absorptiotekniikalla. Käyttöenergiana on sähkön ja lämmön yhteistuotannossa hyödyntämättä jäävä kaukolämpö. Absorptioprosessin lauhdutus hoidetaan merivedellä. Talvikautena jäähdytys hoidetaan vapaajäähdytystekniikan avulla viileällä merivedellä, joka on uusiutuva jäähdytysenergian lähde. [Helsingin Energia Oy]

Suomessa kaukojäähdytys on mahdollista rakentaa merenrannalla sijaitseissa kaupungeissa, joiden energiayhtiöillä on sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa jää kesäaikana hyödyntämätöntä kaukolämpöä. Kaukojäähdytyksen käyttöenergiana on tämä muuten hyödyntämättä jäävä kaukolämpö.

Pääkaupunkiseudulla kaukojäähdytyksen kysyntä kasvaa jatkuvasti. Kaukojäähdytyksen tuottaja on Helsingin Energia Oy. Helsingin Energia Oy:n absorptiojäähdytyskoneet ovat yksivaiheisia. Työpareina absorptiokoneissa käytetään veden ja litiumbromidin seosta.

Absorptiokoneen (kuva 12) pääosat ovat keitin, lauhdutin, höyrystin ja imeytin. Absorptio toimii suljettuna kiertoprosessina. [Helsingin Energia Oy]



Kuva 12. Kaukojäähdytyksen tuotanto kesällä absorptiotekniikkaa hyödyntäen. [Helsingin Energia Oy]

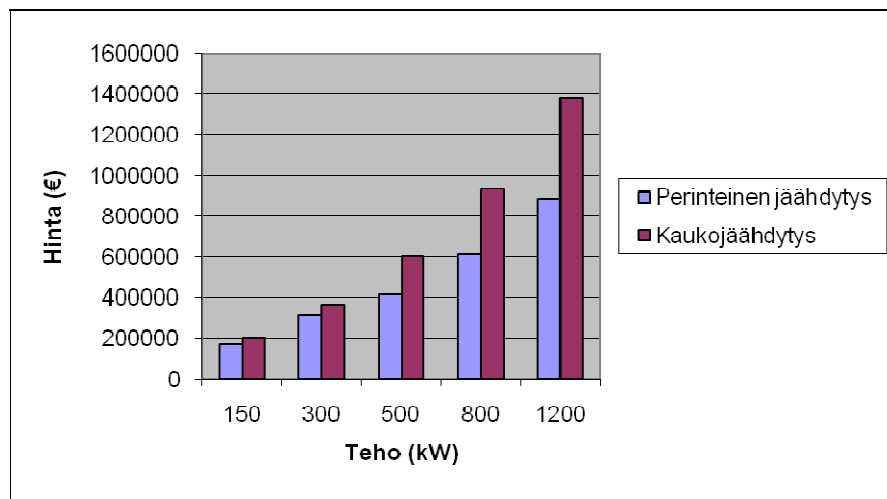
Kaukojäähdytys on merkittävästi energiataloudellisempi ja ympäristöystävällisempi tapa tuottaa kiinteistöissä tarvittavaa jäähdytysenergiaa kuin kiinteistökohtaisesti toteutettava koneellinen jäähdytys. Kiinteistökohtaisesti kompressoreilla, pumpuilla ja lauhduttimilla toteutettu jäähdytysjärjestelmä on suuri sähköenergiankuluttaja. Perinteisesti koneellisissa järjestelmissä on jäähdytysaineena käytetty CFC- yhdistettä eli niin sanottua freonia, joka on otsonikerrosta heikentävä kasvihuonekaasu. Freonin käytöstä ollaan luopumassa, käytölle on asetettu rajoituksia ja kieltoja. Kaukojäähdytyksen kylmäaineena käytetään ympäristölle vaaratonta litiumbromidia. [Helsingin Energia Oy]

Suomi on sitoutunut aikatauluun, jonka mukaan CFC- yhdisteiden käytöstä luovutaan vuoteen 2030 mennessä. CFC- yhdisteen käytöstä luovuttaessa uusitaan jäähdytysjärjestelmiä ja siinä yhteydessä on aiheellista selvittää mahdollisuuksia siirtyä kaukokylmään alueilla missä sitä on saatavilla. Tarkasteltavaksi tulee, onko kaukokylmään liittyminen teknisesti mahdollista ja onko se taloudellisesti kannattavaa. Kaukokylmä on kaukolämmön tavoin paikallisen energialaitoksen alueelleen tuottamaa, eikä palvelun tarjoajaa voi näin ollen kilpailuttaa. Kilpailuttamismahdollisuuden puuttuminen voi johtaa siihen, että kaukokylmän hinta ei muodostu kilpailukyiseksi.

Vuonna 2005 tehdyssä insinööriyössä vertailtiin perinteisen koneellisen jäähdytyksen ja kaukojäähdytyksen kokonaiskustannuksia. Kaukojäähdytyksen investointikustannus muodostuu energialaitoksen perimästä sopimusmaksusta, lämmönsiirtimestä ja rakennuksen jäähdy-

tysputkistosta. Perinteisen koneellisen jäähdytyksen investointikustannuksiin on laskettu vedenjäähdytin, liuosjäähdytin, pumput, putkisto, rakennus- ja sähkötekniiset työt. Kaukojäähdytyksen käyttökustannuksiin luetaan vuosimaksu ja energiamaksu. Perinteisen koneellisen jäähdytyksen käyttökustannukset muodostuvat sähköenergiakustannuksista. [Tammenmaa 2005]

Kustannusvertailu tehtiin 20 vuoden aikaperiodilta jäähdytysteholuokista 150- 1200 kilowattia. Tulos on, että investointikustannuksissa ei ratkaisujen välillä ole suurta eroa. Sen sijaan käyttökustannusten osalta kaukojäähdytys on jäähdytysteholuokasta riippuen 34 – 82 % kalliimpi kuin perinteinen rakennuskohtainen koneellinen jäähdytys. Kuvassa 13 on esitetty kaukojäähdytyksen ja perinteisen koneellisen jäähdytyksen välinen kustannusvertailu jäähdytysteholuokittain 20 vuoden aikaperiodin ajalta huomioiden niin investointi- kuin käyttökustannukset. [Tammenmaa 2005]



Kuva 13. Perinteisen koneellisen jäähdytysjärjestelmän ja kaukojäähdytyksen välinen kustannusvertailu. [Tammenmaa 2005]

4.3 Valaistus

Valaistus tarkoittaa kokonaisuutena itse valonlähteen lisäksi valaisinta, valaistuksen ohjausta, huonetilan ominaisuuksia ja luonnonvalon hyödyntämistä. Valaistuksessa yksikkötehojen määrä ei ole kovin suuri verrattuna rakennuksen muuhun kuormaan. Käytetyn energian määrällä mitattuna valaistus edustaa kuitenkin merkittävää osaa rakennuksen sähkönkulutuksesta, sillä valopisteitä on paljon ja valaistuksen vuosittaiset käyttöajat ovat pitkiä. [Lehtonen et al. 2007]

Valaistustapoja ovat yleisvalaistus ja paikallisvalaistus. Valaistus voidaan edelleen jakaa suoraan ja epäsuoraan valaistukseen. Epäsuorassa valaistuksessa käytetään hyväksi huoneen

katto- tai muita pintoja tai valaisimeen integroitua heijastuspintaa. Epäsuoran valaistuksen vaikutus energiankulutukseen ei ole aivan yksikäsitteinen. Jos valaistusvoimakkuus pidetään valaistustapoja vertailtaessa samana, epäsuora valaistus tuhlaa energiaa suoraan valaistukseen verrattuna, koska pintojen heijastussuhde on parhaimmillaankin 70–80 % ja siten osa heijastuvasta valosta leviää ympäristöön. [Holopainen et al. 2007]

On kuitenkin mahdollista rakentaa valaistusteknisesti laadukas ratkaisu suoran- ja epäsuoran valaistuksen yhdistelmällä siten, että se on kokonaisuutena energiatehokkaampi kuin pelkkä suoran valaistuksen ratkaisu. Kysymys on huolellisesta ja asiantuntevasta suunnittelusta. Motiva Oy järjesti vuosina 1997- 1998 kilpailun, jolla haettiin ratkaisuja energiatehokkaalle toimistovalaisukselle. Tuloksena oli, että laadukas avotoimiston valaistus on mahdollista saavuttaa 8 W/m² sähköteholla tilan pinta-alayksikköä kohti. [Korhonen et. al. 2002]

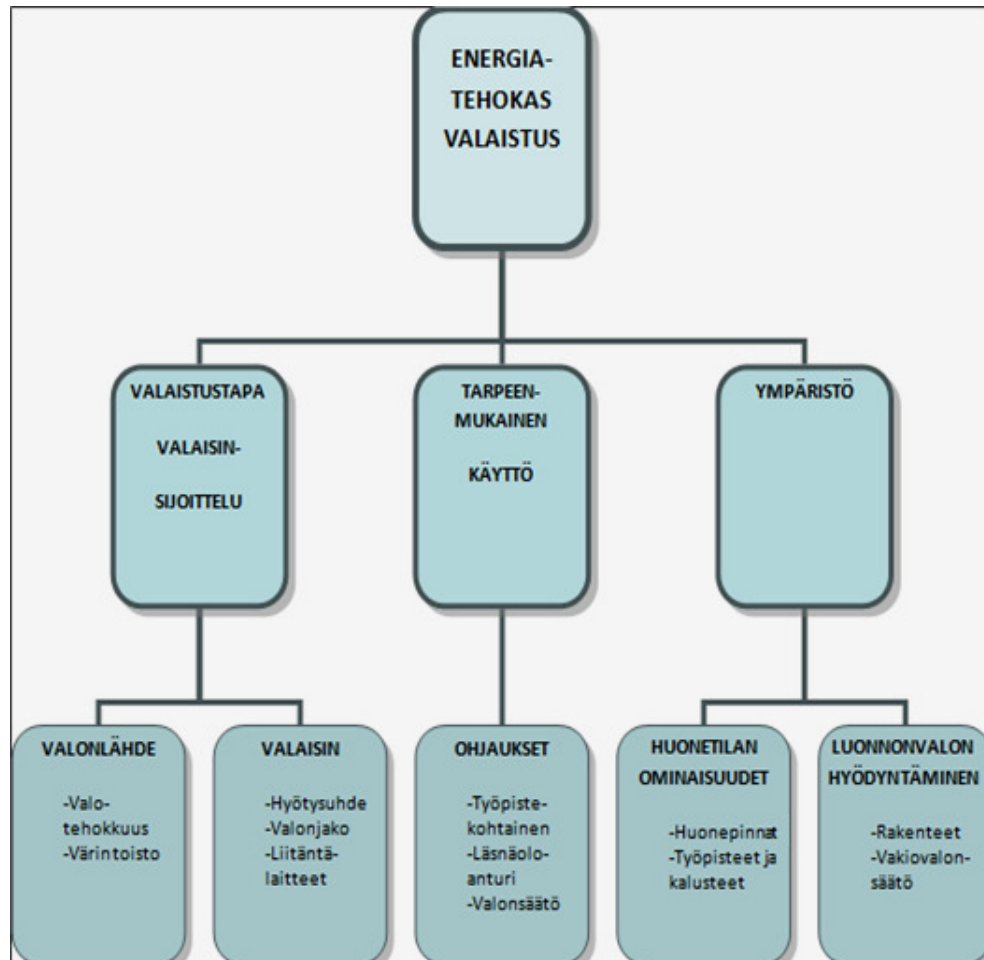
Valaistuksen energiatehokkuus on parantunut merkittävästi. 1970- luvulla rakennettujen talojen pienhuonetoimistoissa valaistuksen sähköteho pinta-alayksikköä kohti oli tyypillisesti 25- 30 W/m² ja avotoimistoissa 35- 50 W/m².

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa tehtävillä valinnoilla on ratkaiseva merkitys energiatehokkaaseen valaistukseen pyrittäessä. Valaistus toteutetaan valitsemalla tarkoituksenmukainen valaistusjärjestelmä, energiatehokkaat elektronisilla liitäntälaitteilla varustetut valaisimet varustettuina T5 tai T8 loistelampuilla.

Toimistovalaisuudessa voidaan varmimmin rajoittaa valojen turhaa käyttöä huonekohtaisilla läsnäolon tunnistavilla antureilla. Ohjausjärjestelmillä on mahdollista saavuttaa energiatehokkuuden parantamista, mutta ehtona on että niiden käyttö on yksinkertaista. Valaisimet ryhmitellään siten, että tilan yleisvalaistusta voidaan ohjata valaistustarpeen mukaan. Normaalin työajan ulkopuolella tulee olla mahdollisuus kytkeä valaistus päälle valaistusalueittain sijoitetuilla lisäaikapainikkeilla. Tässä on huomattava, että valaistusalueet eivät saa olla liian suuria. Kuvassa 14 on esitetty lohkokaaaviona energiatehokkaan valaistuksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön periaatetta.

4.3.1 Läsäolo- ohjaus

Toimistotiloissa valonlähteet ovat tehokkaita, sillä pääosa valaistuksesta on toteutettu loistelampuilla. Yksinkertaisimmillaan valaistuksen ohjaus tapahtuu kytkimillä tai painonapeilla. Näiden avulla saavutettava energian säästö voi jäädä pieneksi ratkaisun vaatiessa käyttäjän toimenpiteitä. Valaistusta ei usein sammuteta työpäivän aikana riippumatta siitä, onko tilassa työntekijöitä. Valot sytytetään aamulla töihin tultaessa ja sammutetaan töistä lähdeittäessä. Valaistuksen tehokkaalla ohjauksella voidaan säästää kymmeniä prosentteja valaistukseen käytettävästä sähköenergiasta.



Kuva 14. Energiatehokas valaistus. [Kallasjoki 2006]

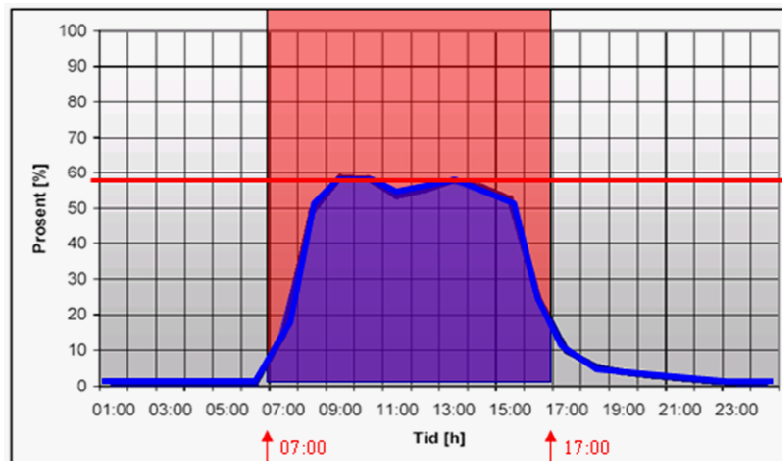
Päivänvalon hyödyntäminen ja käyttäjän toimenpiteistä riippumattomat ohjausmenetelmät, kuten läsnäolo-ohjaus, ovat edellytys energian säästöön toimistoympäristössä. Läsnaöloon perustuvaan ohjaukseen käytetyt läsnäoloanturit ovat usein infrapunatunnistimia, jotka voivat havaita ihmisen jopa 10- 20 metrin päästä. Läsnaöloantureilla voidaan saavuttaa varoisten arvioiden mukaan 10- 20 % kustannusten säästö säästetyn sähköenergian muodossa. [Korhonen et al. 2002].

Toimistorakennuksessa valaistus on käytännössä päällä koko työajan, keskimäärin 6,9 tuntia vuorokaudessa. [Korhonen et. al. 2002] Valaistuksen toiminta-aika on likipitään sama vuodenaikojen vaihtelusta riippumatta. Sen sijaan valaistuskuorma on valoisina vuodenaikoina hieman pienempi.

Valaistuksen käyttöaika on riippuvainen tilan tyypistä ja käyttötarkoituksesta. Yhden hengen toimistohuoneissa valaistuksen käyttötunteja on vuodessa noin 1240, kahden hengen toimistohuoneissa 1390 ja muissa tiloissa, kuten avokonttoreissa, 2340. Tulokset ovat loogisia, sillä jos valaistuksen vaikutusalueena on useamman henkilön työpiste, ei valoja sammuteta toimistosta lähdeettäessä. Avokonttorit ovat ongelmallisia, sillä yhdenkin työntekijän työpisteen

valaistuksen sammuttaminen saattaa vaikuttaa negatiivisesti muiden työntekijöiden havaitsemaan valotasoon. [Korhonen et. al. 2002]

Kuvassa 15 on esitetty 28 000 m² toimistotalon toimistohuoneiden todellinen käyttöaste. Toimistohuoneista on käytössä noin 50- 60 % työpäivän aikana. Käytännössä valot kuitenkin palavat koko työpäivän ajan.



Kuva 15. Toimistohuoneen käyttöaste Statens Hus, Trondheim 28 000 m². [Ensto Oy]

Seuraavana tarkastellaan läsnäolo-ohjauksen kannattavuutta kuvitteellisessa 350 m² toimistohuoneistossa, jossa on 15 kappaletta 18 m² toimistohuonetta ja 2 kappaletta 40 m² neuvotteluhuonetta. Liitteessä 1 on laskelma, jossa toimistohuoneisto varustetaan perinteisen kytkinohjauksen sijasta läsnäolo-ohjauksella. Investointikustannukset ovat 3 031 € ja vuotuinen sähköenergian säästö on 3 009 kWh. Laskelmassa on tehty oletuksia ja laskettu kannattavuutta nykyarvomenetelmällä [Neilimo, Uusi-Rauva 2002]. Laskelmassa tehdyillä oletuksilla energiakustannusten säästönä saatavien nettotulojen nykyarvo on 11 vuoden päästä investoinnista 2 290 € ja 12 vuoden päästä 2 480 €. Investointi läsnäolo-ohjaukseen on tämän tarkastelun perusteella kannattava 11,5 vuoden päästä investoinnista. Säästynyt sähköenergian määrä on 11,5 vuoden aikana 34 600 kWh.

4.3.2 Päivänvalon hyödyntäminen

Valaistuksessa voidaan hyödyntää luonnonvaloa lampun valovirtaa säättävän anturin avulla. Päivänvalo- ohjauksratkaisut on usein yhdistetty läsnäolo-ohjaukseen, jolloin saavutetaan energiatehokas valaistusratkaisu. Tavallisesti päivänvaloa hyödyntävien valaistusratkaisujen valonlähteenä on T8- tai T5- loistelamput, joiden säätäminen on vaivatonta.

Mahdollisuus hyödyntää päivänvaloa riippuu rakennuksen runkoratkaisusta. Suorakaiteen muotoisissa huoneissa ikkunat ovat yhdellä sivulla, jolloin päivänvalon hyödyntämisen

mahdollisuus on rajoitettua varsinkin syvärunkoisissa rakennuksissa. Ikkunoista tulevan päivänvalon jakauma on epäedullinen, ikkunan lähellä valoa on liikaa ja kauempana liian vähän. [Holopainen et al.]

Päivänvalo-ohjauksen käytössä on kuitenkin havaittu ongelmia, kuten valoisuusantureiden sijoitus ja niiden herkkyys, yksilöiden erilaiset mieltymykset ja turvallisuusnäkökohdat. Lisäksi jotkut valonlähteiden ja ohjauslaitteiden yhdistelmät eivät säästä energiaa alhaisilla valotasolla. [Simpson 2003]

Toimiva päivänvaloa hyödyntävä järjestelmä voi pienhuonetoimistossa alentaa valaistuksen energiakustannuksia vuositasolla jopa 30- 60 %. Sen sijaan avokonttoreiden keskivyohykkeet, jotka ovat etäällä ikkunoista, eivät hyödy luonnonvalosta. [Korhonen et al. 2002].

4.3.3 Ohjausjärjestelmät

Valaistusohjausratkaisuista päätettäessä tulee huomioida energiakustannusten lisäksi investointikustannukset ja lisääntyvä huollon ja ylläpidon tarve. Käytössä olevassa rakennuksessa valaistusohjausjärjestelmien toteuttaminen on vaikeaa ja usein kokonaistaloudellisesti kannattamatonta toimenpiteiden edellyttäessä muutoksia rakennusten kiinteisiin sähköasennuksiin.

Älykkäät ohjausjärjestelmät ovat rakenteeltaan digitaalisia ja tarjoavat joukon etuja kuten monitoroinnin ja hälytysominaisuudet. Digitaalisia väyläkaapelointeja hyödyntävät muun muassa DALI-, EIB- ja LON-ohjausjärjestelmät. DALI on yksinomaan valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu ratkaisu, kun taas EIB ja varsinkin LON-toteutuksissa kyse on kiinteistön teknisestä ohjausväylästä. Tällöin ohjataan ja säädetään usein sekä LVI-automatiikkaa että valaistusta. [Riikkula 2005]

Valaistusohjausjärjestelmän keskeinen komponentti on aikaohjauksen mahdollistava kellokytkin. Aikaohjaukset on ohjelmoitava siten, että suuria valaistuskuormia ei jää päälle tarpeettomasti työajan ulkopuolella tilojen ollessa miehittämättöminä. Valaistavien alueiden jakaminen osiin parantaa mahdollisuutta vaikuttaa energian kulutukseen ja tuo samalla säästöjä kaapelointikustannuksissa. [DiLouie 2006]

Valaistusohjausjärjestelmät ovat teknisesti kehittyneitä ja monipuolisia. Ongelmana on se, että toimintoja ei osata eikä aina edes viitsitä käyttää. Valoja palaa tarpeettomasti aiheuttaen sähkönkulutuksen lisäksi lämpökuormaa ja siten lisääntyntä jäähdytystarvetta. Turhaa lämpökuormaa jäähdytetään kesällä epäsuotuisimmassa tapauksessa sähköllä koneellisesti. Lämmityskautena valaisimista vapautuva lämpö lämmittää huonetiloja ja vähentää siten lämmitysenergian tarvetta edellyttäen, että lämmityslaitteet vähentävät omaa lämmöntuotantoaan samanaikaisesti. Sähkökuormien laskennallinen hyödynnettävyys lämmitykseen vaihtelee välillä 25- 45 %. Lämpökuorman poistaminen tai vuodenajasta riippuen sen hyödyntäminen asettaa kiinteistön automaatiojärjestelmälle kovan haasteen. Esimerkiksi lämpöpatterien tulee olla termostaateilla varustettuja. Lämpöenergiaa voidaan yleensä ostaa

sähköenergiaa halvemmallalla, joten turhaan käytetyllä valaistuksella ja muilla sähkölaitteilla lämmittäminen ei ole taloudellisesti järkevää. On myös syytä huomata, että valaistuksen turha käyttö huonontaa sisäolosuhteita. Valaistuksen ohjaus- ja säätöjärjestelmiä ei välttämättä osata suunnitella, asentaa, säätää eikä käyttää oikein. Aina ei tilaajakaan ole selvillä tilojen tulevasta käyttötarkoituksesta ja siihen mahdollisesti tulevista muutoksista. Läsnaolo-ohjattujen valaistusratkaisujen kompastuskivi ovat usein huonot anturit.

4.3.3 Tauot

Loistelamppuvalaistus kannattaa sammuttaa tauon ajaksi. Kun huomioidaan lisääntyvä lampunvaihtokustannus ja oletetaan, että hukkalämpöä voidaan hyödyntää rakennuksen lämmityksessä, on tauon pituuden oltava kuitenkin yli 10- 15 minuuttia, jotta valojen sammuttaminen olisi kannattavaa. Valojen syttymisen aikana ei kulu energiaa sen enempää kuin niiden palaessakaan. Tiheä sytyttäminen ja sammuttaminen kyllä lyhentävät loistelampun elinikää, jolloin lampukustannukset voivat nousta. Esimerkiksi pienloistelamput soveltuvat tästä syystä huonosti kerrostalojen porrascalaisimiin. Valaistuksen tehosiheydet toimistoissa ovat nykyisin noin 10- 15 W/m² riippuen käytetystä lampputekniikasta ja siitä missä määrin on käytetty epäsuoraa valaistusta. Valojen sammuttamisen tuoma energiansäästö on suoraan verrannollinen valaistuksen ottamaan sähkötehoon. [Tetri et al. 1996]

4.4 Toimistolaitteet

Tässä luvussa tarkastellaan toimistolaitteiden energiansäästötilojen käytön ja oikeiden laitevalintojen vaikutusta sähköenergian käyttöön kokeellisen tutkimuksen valossa.

Toimistolaitteiden energiansäästötilat vähentävät niiden sähkönkulutusta merkittävästi. Toimisto- ja ATK-laitteissa on valmius monipuolisiin energiansäästömahdollisuuksiin, mutta niitä ei useinkaan tunneta eikä sen johdosta ole otettu tehokkaaseen käyttöön. Yleinen virheellinen käsitys on esimerkiksi se, että näytönsäästäjä vähentäisi sähkönkulutusta. Näytönsäästäjät eivät säästä sähköä, vaan niiden tehtävänä on estää paikallaan pysyvien kuvaelementtien ”palaminen” kiinni kuvaruutuun kuvaa liikuttamalla. [Motiva Oy 2006]

Toimistolaitteita hankittaessa tulee yhtenä merkittävänä valintaperusteena olla niiden energiatehokkuus. Energiatehokkaat toimistolaitteet täyttävät yleiset energiatehokkuuden standardit ja ne on varustettu Energy Star merkinnöin. Energy Star- merkinnällä varustettu tietokone käyttää parhaimmillaan vain 30 % tavallisen tietokoneen kuluttamasta sähköstä. [Motiva Oy 2006]

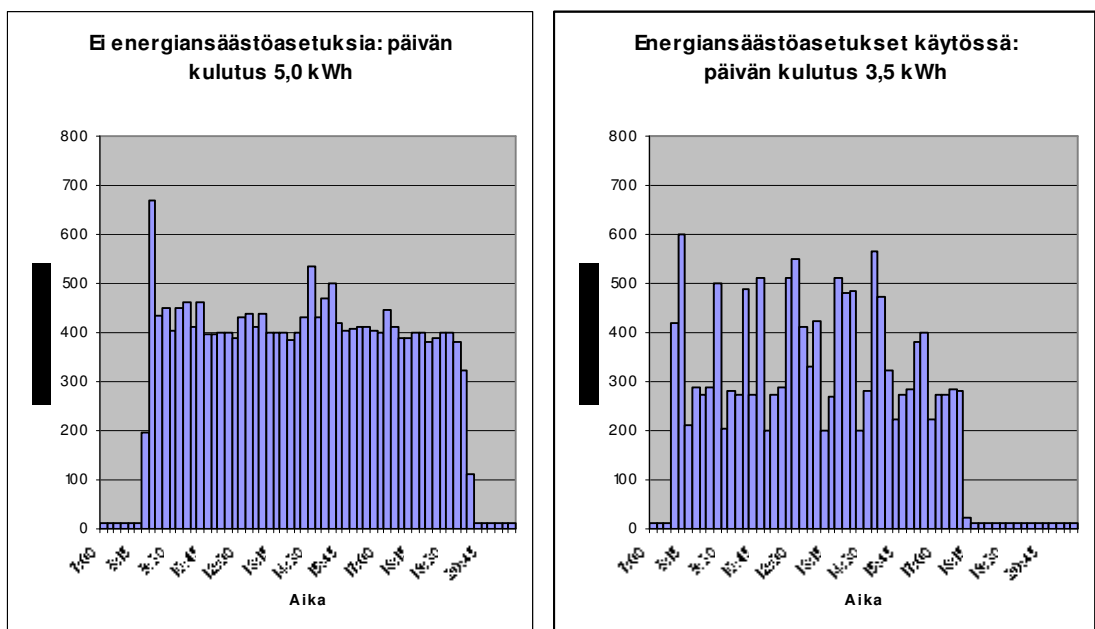
Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Valtion teknillisellä tutkimuslaitoksella ja energiansäästön palvelukeskus Motiva Oy:llä teettämässä toimisto- ja ATK-laitteidensa sähkönkulutusta koskevassa tutkimuksessa osoitettiin, että sähkönkulutusta on mahdollista vähentää 15 – 50 %

ottamalla energiansäästöasetukset järjestelmällisesti käyttöön. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Tutkimuksen perusteella suurimmat säästöt saadaan aikaan tietokoneiden, näyttöjen ja kopiokoneiden energiansäästöasetuksilla sekä valitsemalla vähän energiaa kuluttavia laitteita kuten litteitä näyttöjä. Kuvaputkinäyttöjen korvaaminen litteillä näytöillä sekä kiinteiden pöytäkoneiden korvaaminen kannettavilla tietokoneilla parantaa energiatehokkuutta huomattavasti. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Laitteiden käyttöohjeiden vaikeaselkoisuus ja puutteellisuus vaikeuttivat energiansäästöasetusten tehokasta hyödyntämistä. Ongelmana oli myös useiden laitemerkkien ja mallien erilainen käyttölogiikka.

Monissa laitteissa sähkön kulutus laski energiansäästötilojen käyttöönoton jälkeen useita kymmeniä prosentteja. Esimerkiksi kuvaputkinäytöissä saatiin energiansäästöasetusten käyttöönoton avulla energiankulutusta laskemaan jopa 50 % verrattuna lähtötilanteeseen. Kuvassa 16 a on esitetty suuren kopiokoneen yhden työpäivän aikainen sähkönkulutus ennen energiansäästöasetusten käyttöönottoa. Kuvassa 16 b on esitetty saman kopiokoneen työpäivän aikainen sähkönkulutus energiansäästöasetusten käyttöönoton jälkeen. Kopiokoneen sähkön vuorokausikulutus oli ennen energiansäästöasetusten käyttöönottoa 5,0 kilowattituntia. Energiansäästöasetusten käyttöönoton avulla vuorokausikulutus laski 1,5 kilowattituntia. Kuvan 16 a ja b pylväät esittävät 15 minuutin keskitehoja. [Suomen ympäristökeskus 2005]



Kuva 16 a ja b. Kopiokoneen energiansäästöasetusten käyttöönoton vaikutus sähkönkulutukseen. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Kannettavat tietokoneet kuluttavat huomattavasti vähemmän sähköä kuin pöytäkoneet. Kannettavan tietokoneen keskimääräinen vuorokausikulutus oli 0,2 kilowattituntia, kun normaalin tietokoneen keskusyksikön vastaava kulutus oli 0,5 kilowattituntia ilman energiansäästöasetuksia. Energiasäästöasetusten käyttöönotolla keskusyksikön kulutus saatiin laskemaan 0,3 kilowattituntiin. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Vuonna 2003 SYKE kulutti sähköä 1 900 megawattituntia, josta toimistolaitteiden osuus oli noin 9 prosenttia. Tehokkaiden energiansäästöominaisuuksien ja energiaa säästävien laitteiden avulla toimistolaitteiden vuotuinen sähkönkulutus laski 86 megawattituntia, mikä on 50 % alhaisempi verrattuna lähtötilanteeseen. Vuosittainen energiakustannusten säästö on vuoden 2007 hintatasolla 6 800 €. SYKE:n sähkönkulutus laski vuonna 2004 ensimmäistä kertaa viiteen vuoteen. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Energiansäästöasetukset otettiin tutkimuksen jälkeen käyttöön kaikissa SYKE:n toimistolaitteissa. Työntekijät suhtautuvat myönteisesti kopiokoneiden energiansäästöasetuksiin, jos koneet eivät mene kesken työpäivän energiansäästötilaan, josta heräämis aika on useita minutteja. Kopiokoneiden automaattisammutus viikkokellolla on yksi tärkeimmistä ja helpoimmista energiansäästötoimista. [Suomen ympäristökeskus 2005]

Palvelujen ja julkisen sektorin osuus on 17 % Suomen sähköenergian kokonaiskulutuksesta. Jatkuvasti lisääntyvä toimistolaitekanta lisää paitsi käyttäjäsähkön kulutusta, myös jäähdytykseen käytettävän sähköenergian kulutusta sillä lähes kaikki työaseman kuluttama sähkö muuttuu lämmöksi. Energiakustannuksissa saavutettavan säästön lisäksi energiansäästötilojen käyttö jatkaa laitteiden elinikää, koska laitteet ehtivät jäähtyä taukojen aikana. Näin saavutetaan säästöä myös työasemalaitteiden investointikustannuksissa.

Energiansäästötilojen käytön tehostamisen lisäksi on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei laitteita jätetä turhaan päälle työpäivien ulkopuolella. Työpisteissä tulisi sijoittaa muuntajat ja oheislaitteet siten, että ne on helppo kytkeä irti sähköverkosta työajan päättyessä. Laitteiden manuaalinen sammuttaminenkaan ei aina ole yksinkertaista, koska laitteita on paljon ja verkkokytkimet eivät aina ole selkeästi näkyvissä. Hyvin yksinkertainen ja halpa sovellus olisi varustaa työpiste merkkivalloisella kytkimellä varustetulla jatkojohdolla, jolloin kaikki laitteet olisi mahdollista sammuttaa yhdellä kertaa työpäivän päättyessä.

Työasemaympäristön sähkönsäästökeinoja on tarkasteltava kokonaisuutena huomioiden tietoturvallisuuden mukanaan tuomat reunaehdot. Joissakin organisaatioissa työasemien päivityskäytäntö edellyttää, että työasemat on jätettävä iltaisin päälle. Usein niissäkin organisaatioissa on mahdollista kehittää toimintaa niin, että työasemat voidaan sammuttaa työpäivän päättyessä. Kaikissa tapauksissa voi työpäivän päättyessä sammuttaa näytöt ja muut oheislaitteet. Useimmiten työasemien ja oheislaitteiden sammuttamisohjeet lähtevät IT-osaston teknisistä vaatimuksista eivätkä varsinaisesti sähkönsäästön näkökulmasta. [Motiva Oy 2006]

Motiva Oy:n vuonna 2006 tekemässä selvityksessä tietotekniikkaympäristön sähkönsäästömahdollisuuksista tehtiin arvio, että kuntien ja valtion virastojen ja laitosten yhteenlaskettu

työasemaympäristön sähkönkulutuksen säästöpotentiaali on 120 000 megawattituntia mikä vastaa lähes 10 miljoonan euron vuosittaista kustannussäästöä. Säästyneellä energialla vähennettäisiin sähköntuotannossa syntyviä hiilidioksidipäästöjä yli 36 miljoonaa kiloa vuodessa. [Motiva Oy 2006]

5 ENERGIANHALLINTAPALVELUT

Tässä luvussa tarkastellaan energian käytön tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä kiinteistön omistajan ostopalveluna hankkimien kiinteistöpalveluiden sopimusteknisestä näkökulmasta. Tässä luvussa etsitään mahdollisuuksia energianhallintaan liittyvien palvelujen käytön laajentamiselle.

”Energianhallintapalvelut on laaja käsite. Sillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi sellaista tuotteistettua palvelukokonaisuutta asiakkaan kiinteistön tai kiinteistöjen energiankäytön hallitsemiseksi, johon sisältyy esimerkiksi energiankulutuksen mittaus, arviointi, vertailu, analysointi, säästö- ja kehitysehdotukset sekä säästö- ja kehitystoimenpiteet. Erityisesti kerätyn energiakulutustiedon analysoinnin koetaan olevan keskeinen osa energiahallintapalveluja energiakulujen keräämisen ja tallentamisen lisäksi ja myös velvoite kulutuspoikkeamiin puuttumiseen on aina olemassa. Tärkeimmiksi palveluyrityksen työkaluiksi ja toimintatavoiksi mielletään energiankulutuksen seuranta- ja valvontaohjelmistot ja niiden hyödyntäminen.” [Nousiainen et. al. 2006]

5.1 Energiakustannusten merkitys

5.1.1 Kiinteistön omistajalle

Energiankäytön tehostaminen pienelläkin prosentuaalisella osuudella kokonaiskulutuksesta voi merkitä suuressa kiinteistökannassa merkittävää kustannussäästöä. Suuret kiinteistönomistajat hankkivat tyypillisesti sähkön keskitetysti ylläpitämiinsä kiinteistöihin kilpailuttamalla ostosalkkunsa sähköpörssissä. Sähkönhankinnan kilpailuttamisen lisäksi kiinteistönomistajat pyrkivät tehostamaan energiankäyttöä. Jos energiakustannukset ovat esimerkiksi neljäsosa kiinteistökannan ylläpitokustannuksista, tai 20 miljoonaa euroa vuodessa, kustannusohjau-
tuvuuden merkitystä ei tarvitse kyseenalaistaa. [Nousiainen et al. 2006]

Esimerkiksi Senaatti-kiinteistöjen hallinnoimien kiinteistöjen ylläpitokustannukset ovat jo useita vuosia nousseet enemmän kuin vuokrasopimusten indeksikorotusten perusteena oleva elinkustannusindeksi. Erityisesti energiakustannusten kasvu on nostanut kiinteistöjen ylläpitokustannuksia.

Etelä-Suomen alueen kiinteistönhoitokulut olivat tilivuonna 2007 yhteensä 77 400 000 €. Lämmityskustannusten osuus oli 8 505 000 € ja sähkökustannusten osuus 5 030 000 €. Vesi- ja jätevesikustannukset olivat yhteensä 1 680 000 €. Sähkökustannusten osalta tulee lisäksi ottaa huomioon käyttäjiltä laskutettava käyttäjäsähkö, joka on määrältään noin 7 000 000 €. Näin laskien energiakustannukset ovat yhteensä 22 185 000 €, mikä on 28,7 % kiinteistönhoitokuluista.

5.1.2 Kiinteistön käyttäjälle

Sähköenergiakustannukset eivät aina ohjaa käyttäjäorganisaation toimintaa. Tähän on monia syitä. Ensinnäkin käyttäjällä ei ole tietoa mistä heidän maksamansa sähköenergiakustannukset muodostuvat. Rakennukset on lähes säännönmukaisesti varustettu ainoastaan yhdellä sähköenergian mittarilla. Tästä johtuen ei käyttäjällä, sen enempää kuin kiinteistön omistajallakaan, ole mahdollisuutta saada informaatioita minkä käyttäjän kulutuskohteiden kulutuksista energiakustannukset muodostuvat. Ihmisiä olisi huomattavasti helpompi motivoida konkreettisiin sähkönkäytön tehostamistoimiin, mikäli he saisivat selvää palautetta, mistä käyttäjän kulutuskohteiden osuuksista käyttäjäsähkön kulutus muodostuu.

Toinen huomion arvoinen seikka on, että lasku sähköenergian kulutuksesta ei välttämättä tavoita kiinteistöä käyttävää organisaatiota, vaan lasku menee suoraan kiinteistönomistajalle. Kiinteistönomistaja veloittaa tällöin sähkökustannukset käyttäjältä yhden käyttäjän rakennuksen tapauksessa suoraan. Monen käyttäjän rakennuksen kyseessä ollen sähkökustannukset veloitetaan pinta-alojen suhteessa, mikä entisestään heikentää käyttäjien motivaatiota kiinnittää huomiota omaan sähkönkäyttöön. Käyttäjän tietämys todellisista energiakustannuksista on tällaisessa tilanteessa usein olematonta. Kolmanneksi energiakustannukset saattavat olla niin pieni kuluerä käyttäjäorganisaatiolle, että sillä ei käytännössä ole merkitystä sen toimintaan.

Käyttäjäsähkön osuus tyypillisen toimistorakennuksen sähkönkulutuksesta on noin 45 %. Käyttäjäsähkö jakautuu valaistuksen, tietokoneiden ja niiden oheislaitteiden sekä kopio-koneiden kulutukseen. Näissä kaikissa kulutuskohteissa on valitettavan usein päällä työajan ulkopuolisia pohjakuormia, jotka muodostavat käyttäjän sähköenergian kulutuksesta valtaosan. Mikäli tietokoneita, kopiokoneita ja valoja on päällä työajan ulkopuolella, niiden muodostama pohjakuorma on määräävä tekijä vuotuisille käyttäjäsähkön kustannuksille ja sitä kautta käyttäjille syntyville toimintamenoille.

5.2 Henkilöstön osaaminen

Nykyaikaisella tekniikalla varustetut kiinteistöt vaativat ylläpito-organisaatiolta tietoteknistä osaamista. Ammattimaisilla kiinteistönomistajilla on käytössä monipuoliset kiinteistötieto- ja energianseurannan järjestelmät. Kiinteistötietojärjestelmät mahdollistavat kattavat energian-

kulutuksen seuranta-, analysointi- ja raportointitoiminnot ja lisäksi järjestelmät mahdollistavat energianhallinnan toteuttamisen käytännössä. [Nousiainen et. al. 2006]

Kiinteistöhuollon palveluntarjoajien tietoteknisessä osaamisessa, eritoten energiatehokkuuden osaamisessa on suuria eroja. Kaikilla kiinteistön huoltomiehillä ei aina ole riittäviä valmiuksia monimutkaisten taloteknisten järjestelmien optimaaliseen ja energiatehokkaaseen käyttöön. Lisäksi huoltoliikkeet usein vaihtuvat kiinteistöhoitoa kilpailutettaessa ja voidaan menettää arvokasta hiljaista kokemuseräistä tietoa.

Osaamisen tasoa tulisi parantaa koulutuksen avulla. Alalla on puhuttu jonkinlaisesta jatkotutkinnon tarpeesta, jolla parannettaisiin perusosaamista. Erityisesti on tarpeellista erikoistua taloteknisten järjestelmien ja prosessien energiatehokkuuden parantamiseen. [Nousiainen et. al. 2006]

Kiinteistöpalvelualan imagoa ja arvostusta tulisi pystyä parantamaan. Nuorilla on hyvät valmiudet tietotekniikan hyödyntämisessä ja heitä tulisi saada houkuteltua kiinteistöpalvelualalle. Yksi motivointikeino on ylläpito henkilöstön palkitseminen hyvistä suorituksista sekä palautteen antaminen.

5.3 Sopimusmallien kehittäminen

Kiinteistöpalvelualalla ei ole asiakirjamalleja kiinteistöhoitotyön tarjouspyyntöjä varten, joissa käsiteltäisiin energianhallintapalveluita ja energiatehokkuuden parantamiseen tähtäviä toimia. Tämä aiheuttaa epätietoisuutta siitä, miten energianhallintaan liittyviä palveluita tulisi toimeksiannoissa käsitellä. [Nousiainen et. al.2006]

Kiinteistön omistajat erittelevät tarjouspyyntöään harvoin yksityiskohtaisesti. Tilaajat eivät aina ole tietoisia palveluntarjoajien käytössä olevista mahdollisuuksista. Tarjoukset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia, millä seikalla on merkitystä etenkin julkisissa hankinnoissa. [Nousiainen et. al. 2006]

Palveluntuottajat puolestaan katsovat, että palvelun tilaaja on avainasemassa. Energianhallintaan liittyviä palveluita tarjotaan, mikäli vaatimukset on sisällytetty tarjouspyyntöön. Koska kaikki tilaajat eivät vaadi energianhallintaan liittyviä palveluita, tuottajat eivät ensinnäkään ole aktiivisesti kehittäneet palveluitaan ja toiseksi niitä ei sisällytetä tarjouksiin. Energianhallintaan liittyvien palvelujen tarve tulee jatkossa huomattavasti kasvamaan ja sen uskotaan osaltaan edistävän niin palvelun tarjontaa, kuin sen osto-osaamista. [Nousiainen et. al. 2006]

5.4 Palkkio-sanktio-malli

Kiinteistönhoitosopimuksissa pyritään nykyisin hyödyntämään palkkio-sanktio-mallia. Hyvästä suorituksesta palkitseminen kannustaa palveluntuottajaa parempiin suorituksiin. Mikäli kannustinpalkkiosta maksetaan esimerkiksi puolet suoraan huoltomiehelle, voitaneen olla varmoja siitä, että hänen motivaationsa ja suoriutumisensa energianhallinnan suhteen paranee. Ilman palkkio-sanktio -mallia energiakustannukset eivät motivoi palveluntuottajaa energiansäästöön, koska kustannukset eivät kuulu palveluntuottajan maksettaviksi. [Nousiainen et. al. 2006]

Palkitsemisjärjestelmä on osa tavoitteellista energiankäytönhallintaa. Palkitsemisjärjestelmä voi sisältää sekä palveluyrityksille maksettavan ylimääräisen palkkion ennalta määrättyjen energiankulutuksen tavoitteiden toteutumisesta, että toisaalta kiinteistönomistajalle maksettavan hyvityksen siitä, ettei sopimuksessa sovittuja tavoitteita ole saavutettu. Sopimukseen sisällytettäviä asioita ovat [Nousiainen et. al. 2006]:

- yksiselitteinen sopimus
- ylimääräinen kannustin
- seurantakausi
- sisäilmaolosuhteet
- palkkion tai hyvityksen suuruus

Palkkio-sanktio-mallin käyttöönottoa sähköenergian käytön tehokkuuden parantamiseksi rajoittaa niin tilaajien, kuin palveluntuottajien kokemat vaikeudet yksiselitteisten indikaattoreiden löytämisessä. Yhtenä merkittävänä esteenä mallin käytön yleistymiselle on ollut sähköenergian kulutuksen jakautuman todentamisen vaikeus. Toimialalla koetaan, että käyttäjien toiminta vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen ja sitä kautta määräytyvään palkkioon tai sanktioon. Tämän tilanteen korjaamiseksi tulisi järjestää kiinteistösähkölle oma mittauksensa. Kiinteistönhuolto-organisaatio voi toiminnallaan vaikuttaa lähinnä kiinteistö-sähkön kulutukseen ja kun sen kulutusosuus voitaisiin luotettavasti todentaa, olisi mahdollista sitoa kannustinpalkkio siihen. Parasta palkkio-sanktio-mallissa on, että se kannustaa kiinteistönhuolto-organisaatiota toimiin energiatehokkuuden parantamiseksi molemminpuolisen voitonjaon avulla. [Nousiainen et. al. 2006]

Suurillakin kiinteistönomistajilla sopimusmalli on käytössä vain osassa kohteita. Mallin käyttöä opetellaan ja testataan, sillä alan yhteisen mallin kehittäminen koetaan tärkeäksi. Tarpeen mukaan yleistä sopimusmallia voitaisiin sitten räätälöidä yritystasolla.

Liitteessä 2 on esitetty erään esimerkkikohteen energiankulutustavoitteiden toteutumisen vaikutusta kiinteistöhoidon palkkio-sanktiosopimuksessa. Energiankulutustavoitteiden toteutuminen on yhtenä osana sopimusta. Energiakustannusten lisäksi muita sopimukseen kuuluvia kokonaisuuksia ovat asiakastyytyväisyys, käyttäjätyytyväisyys ja toiminnan laatu.

5.5 Ympäristönäkökohdat

Yhteiskuntavastuullisuus (Corporate Social Responsibility) voi toimia niin kiinteistön omistajan, käyttäjän kuin huolto-organisaationkin motivoijana energiansäästöön. Yhteiskuntavastuullisuuteen kuuluu keskeisenä osana ympäristöjohtaminen ja haitallisten ympäristövaikutusten minimoiminen. Monissa kiinteistönomistajayrityksissä ja käyttäjien organisaatioissa kiinteistön sähkö- ja lämpöenergian käyttö tuottaa valtaosan toiminnan aiheuttamista ympäristövaikutuksista, lähinnä hiilidioksidipäästöjen muodossa. Koska yhteiskuntavastuullisuudella on organisaatioille strategista merkitystä, se kytkee kiinteistön energiankulutuksen suoraan yrityksen strategiaan. [Nousiainen et. al. 2006]

5.6 Sähköenergian kulutuksen todentaminen

Kiinteistön sähköenergian mittaus- ja seurantajärjestelmät ovat teknisesti kehittyneitä ja ne ovat hyviä työkaluja koko kiinteistön sähköenergian kulutusta tarkasteltaessa ja analysoitaessa. Tilanne muuttuu ratkaisevasti huonommaksi jos energiankulutusta halutaan seurata yksityiskohtaisemmin. Sähköenergian kulutuksen luotettavaan todentamiseen liittyy ongelmia, sillä kiinteistön ja käyttäjän sähköenergian kulutuksia ei yleensä voida luotettavasti erotella toisistaan. Toinen haaste on saada selville käyttäjän toiminnan vaikutus kiinteistösähkön kulutukseen. [Nousiainen et. al. 2006]

Valtion hallinnossa siirryttiin kiinteistöjen vuokrauskäytäntöön vuonna 1995, jolloin rakennushallitus lakkautettiin. Kiinteistösähkölle ei varsinkaan ennen vuotta 1995 valmistuneissa uudistai peruskorjaushankkeissa ole asennettu jälkimittaria. Vuoteen 1995 saakka ei ollut nykyisessä määrin tarvetta sähköenergian mittaamiselle erikseen kiinteistösähkön osalta. Kiinteistöhoito hoidettiin rakennushallituksen aikana omalla organisaatiolla ja käyttäjällä ei ollut tarvetta saada samassa määrin informaatiota talonsa sähkökustannuksista.

Energiankäytön tehokkuus on yksi merkittävimmistä kiinteistöpalveluiden kannustemalleissa arvioitavista tekijöistä. Toteutuneesta energiankulutuksesta pitäisi pystyä erottelamaan, mikä on seurausta kiinteistöpalveluyrityksen toiminnasta ja mikä kiinteistön käyttäjän toiminnasta. Tällaisen erottelun tekeminen on sähköenergian kulutuksen osalta haasteellista johtuen suurelta osin perinteisesti käytetystä mittausjärjestelystä. Energiankulutukseen vaikuttavia, mutta kiinteistöpalveluyrityksestä riippumattomia tekijöitä ovat muun muassa kiinteistön käyttöasteen (henkilömäärä, käyttöaika, ym.) ja käyttötapojen muutokset. Kiinteistökohtainen sähköenergian vuosittainen vertailu ei ole yksikäsitteistä. Kiinteistön käytössä tapahtuu muutoksia, kiinteistössä tehdään korjaustöitä ja joskus käyttäjätkin vaihtuvat. [Nousiainen et al. 2006] Käyttäjien vaihtuminen voi tuoda mukanaan toiminnallisia muutoksia, niillä voi olla jossain määrin vaikutusta myös ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien käytön tarpeeseen.

On kuitenkin todettava, että käyttöasteen muutokset vaikuttavat enemmän käyttäjäsähkön kuin kiinteistösähkön kulutukseen.

Luvussa 5 käsiteltyjen asioiden yhteenvedona voidaan todeta, että kiinteistöpalvelujen sopimusmenettelyssä ja sen kehittämisessä tuottaa ongelmia puute rakennusten kiinteistö-sähköenergian mittausjärjestelyssä. Samalla voidaan todeta, että sähköenergian mittaus vain yhdestä pisteestä ei anna riittävää informaatiota käyttäjän motivoimiseksi energiatehokkuuden parantamiseen. Motivoinnin perusedellytys on päästä näkemään mistä ja miten sähköenergian kulutus muodostuu.

6 TUTKIMUSKOHTEET JA TULOKSET

Tässä luvussa tutkitaan kiinteistöjen rakentamisen suunnitteluvaiheessa asetettuja sähköenergian kulutustavoitteita ja verrataan niitä toteutuneisiin kulutuksiin. Sähkö-suunnitelma-asiakirjoissa on kirjavuutta kulutustavoitteiden asettamisessa ja varsinkin niiden perusteluissa. Toteutuneet kulutustiedot on haettu energiaseurantajärjestelmistä. Erityisesti on pyritty selvittämään sähköenergian kulutuksen jakautumista kulutuskohteiden kesken. Tälle asetti haasteita energiankulutuksen todentamismenettelyn puutteellisuus. Kiinteistösähkön ja käyttäjä-sähkön kulutusosuuksien selvittämiseksi ja arvioimiseksi jouduttiin tekemään asiakirjaselvityksen lisäksi mittauksia, käyttäjäkysely, haastatteluja ja laskelmia. Pääasiallinen syy oli se, että kiinteistön sähköenergiankulutus mitataan yleensä vain sähköverkon liittymispisteestä. Lopuksi on pyritty etsimään sähköenergiankäytön tehostamisen mahdollisuuksia ja sitä kautta saavutettavia kustannussäästöjä.

6.1 Tarkasteltavat kiinteistöt

Työssä tutkittiin ja analysoitiin kolmen tyypillisen Senaatti-kiinteistöjen Etelä-Suomen alueen toimisto- ja yliopistokiinteistön sähköenergian käyttöä. Kiinteistöt valittiin ominaiskulutuksen, kiinteistön ja sen talotekniikan iän, taloteknisten järjestelmien laajuuden sekä erilaisten käyttötarkoitusten perusteella. Toimistorakennuksia edustavana tutkimuskohteena oli Senaatti-kiinteistöjen oma toimitalo Sörnäisissä Helsingin Lintulahdenkadulla. Opetusrakennuskannan osalta tutkittiin Teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden laitoksen ja informaatio- ja luonnontieteiden tiedekunnan rakennukset. Tarkasteltavat kiinteistöt laajuus- ja ominaiskulutustietoineen on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Työssä tarkasteltavat kiinteistöt laajuustietoineen.

Tarkasteltavat kiinteistöt						
Kohde	Tilavuus [r-m ³]	Pinta-ala [Ht-m ²]	Ominaiskulutus v. 2007 [kWh/r-m ³ , a]	Tavoitekulutus [kWh/r-m ³ , a]	Erotus [kWh/r-m ³ ,a]	Suhde [%]
TKK TUAS-talo	89 190	16 000	23,34	29,1	-5,76	-19,8 %
TKK Tietotekniikka	55 000	10 800	41,74	-	-	-
Senaatti-kiinteistöt	35570	8151	41,84	26,1	15,74	60,3 %
YHTEENSÄ	179 760	34 951				

Taulukko 3. Työssä tarkasteltavien kiinteistöjen sähkönkulutus ja kustannukset.

TARKASTELTAVAT KIINTEISTÖT		
KOHDE	MÄÄRÄ [kWh]	KUSTANNUS 2007 [€]
TKK TUAS-talo	2 081 487	142 659
TKK Tietotekniikka	2 295 934	166 914
Senaatti-kiinteistöt	1 488 264	113 066
YHTEENSÄ	5 865 685	422 639

6.2 Senaatti-kiinteistöjen toimitalo

Senaatti-kiinteistöjen toimitalo Helsingin Sörnäisten Lintulahdenkadulla toimi ennen vuonna 2002 valmistunutta saneerausta Osuusliike Elannon juures- ja viljavarastona. Rakennuksen muodonmuutos varastosta arkkitehtonisesti kiinnostavaksi vertailukohteeksi kertoo kuinka innovatiivisella tavalla luotiin uusi ekologisesti kestävä ja visuaalisesti kaunis kokonaisuus.

6.2.1 Sähkönjakelu

Lintulahdenkuja 4 Stakesin käytössä olevaan uudisrakennusosan pohjakerrokseen on rakennettu Helsingin Energia Oy:n muuntamo. Senaatti-kiinteistöjen toimitilana oleva saneerattu osa kiinteistöä osoitteessa Lintulahdenkatu 5 on liitetty muuntamoon pienjännitekaapeleilla. Sähkönjakelu on hoidettu kahdessa pystykuilussa. Nousukuilun T1 ryhmäkeskukset on liitetty nousukaapeleilla suoraan uudisrakennusosassa sijaitsevaan pääkeskukseen PK P1. Nousukuilun T2 ryhmäkeskukset on liitetty pohjakerroksen länsisivulla olevaan nousukeskukseen NK P1, jota syöttää pääkeskus PK P1. Tuloilmakoneistoilla, pumppaamoilla, vedenjäähdyttimillä,

vedenjäähdytysjärjestelmän lauhduttimilla sekä lämmönvaihtimella on kullakin omat keskusensa.

Nykyaikaisen talotekniikan sijoittaminen vanhaan varastorakennukseen on vaatinut innovatiivisia ratkaisuja, jotta vanhan varastorakennuksen muuttaminen toimistokäyttöön on ylipäänsä ollut mahdollista. Matalan kerroskorkeuden (2,3 metriä) vuoksi kattoon ei ole voitu asentaa mitään. Toimistokerrosten sähköjakelu on hoidettu viiden senttimetrin korkuisessa asennuslattiasa. Avokonttoritilan valaistus on toteutettu epäsuorasti katon kautta, jolloin tiloihin on pystytty luomaan avaraa tunnelmaa. Ilmastointijärjestelmät on sijoitettu pystyasentoon ja huoneiden keskelle tavanomaisen kattoasennuksen sijaan. Vanhoja silloja on käytetty asennusreitteinä ja niihin on sijoitettu myös hissit.

Lintulahdenkatua voidaan kutsua raportoivaksi kiinteistöksi, sillä lähes kaikki rakennuksen toiminnot ovat seurattavissa Internet- pohjaisessa Taloinfo- järjestelmässä.

Liittymistehot

Taulukko 4. Suunnitteluvaiheessa määritellyt tehotiedot.

	Liittymisteho			Huipputeho		
	[kW]	[kVar]	k	[kW]	[kVar]	[W /m2]
Valaistus	220	106	0,8	176	85	15
Julkisivuvalaistus	10	5	1	10	5	0
Lumensulatus	50	0	0	0	0	0
Kojekuorma	285	215	0,4	114	172	10
UPS- laitteet	60	45	1	60	45	5
Jäähdytyslaitteet	270	200	0,9	243	180	21
Ilmastointilaitteet	100	33	0,7	70	23	6
Hissit	60	40	0,5	30	20	2,5
Loistehon kompensointi	0	0	0	0	-500	
YHTEENSÄ	1055	699		703	30	60

Näennäisteho

1265 kVA

703 kVA

Taulukossa 4 esiintyvä k on tasoituskerroin, huippu- ja liittymistehon suhde.

6.2.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

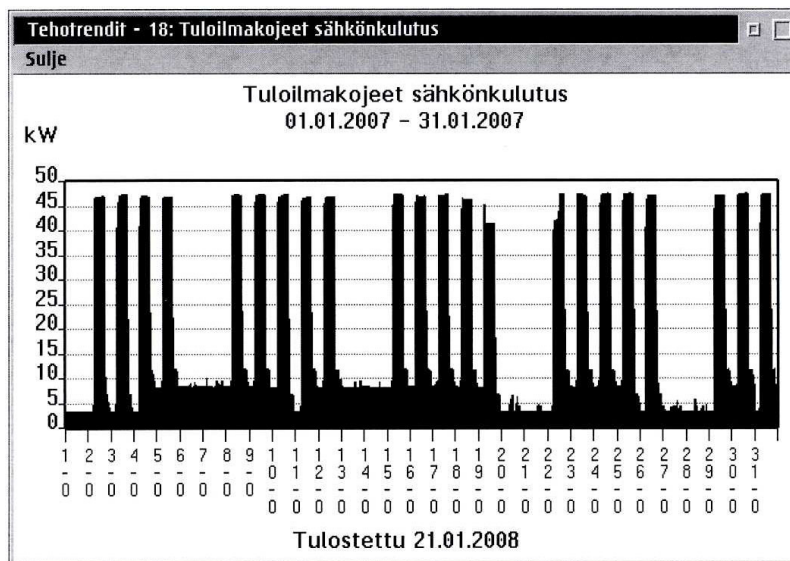
Rakennuksen kaikissa tiloissa on koneellinen ilmanvaihto. Toimistotilojen ulkovoikyöhykkeillä ilma jaetaan tiloihin suutinkonvektoreiden kautta. Suutinkonvektorit on varustettu erillisin jäähdytys- ja lämmityspattereihin. Keskivoikyöhykkeille ilma jaetaan syrjäyttävin ilmanjakolaittein. Sisään-tuloaulan, ruokalan, monitoimitilan, keittiön ja saunasaston ilmanvaihto hoidetaan erillisillä tulo- ja poistoilmakoneilla. Teknisten tilojen jäähdytys ja ilmanvaihto tapahtuu tilakohtaisella ilmanvaihdolla.

Sähköenergian kulutuksen kannalta keskeisimmät ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluvaiheessa määritellyt laitteet ja niiden ja liittymistehot on esitetty taulukossa 5. Ilmastointikoneiden moottoreita ohjataan Danfoss Oy:n valmistamilla 6000 HVAC taajuusmuuttajilla.

Taulukko 5. Ilmanvaihtojärjestelmän laitteet.

LVI-laitteet	Määrä [kpl]	Liittymisteho [kW]
Tuloilmakoneet	10	54
Poistoilmakoneet	16	34
Pumput	10	7
Muut		5
YHTEENSÄ	36	100

Toimistotiloja palvelevien ilmastointikoneiden käyntiajat ovat maanantaina kello 5.30 – 18 ja tiistaista perjantaihin kello 6.30 – 18. Kuvassa 17 on esitetty ilmastointikoneiden tehotrendi syyskuun 2007 ajalta. Kuvasta voidaan havaita, että ilmanvaihtojärjestelmän säätö toimii hyvin, tuloilmakoneet käyvät työpäivien aikana. Puhaltimien aiheuttama pohjakuorma on suurimmillaan ainoastaan 8 kilowattia.



Kuva 17. Tuloilmakoneiden sähkönkulutus.

Kiinteistön ilmanvaihdon tehokkuutta tarkasteltiin selvittämällä SFP- luku ilmavirran ja puhallintehon avulla. Ilmavirran mitoitusarvo on ollut suunnitteluvaiheessa 24,3 kuutiometriä sekunnissa. Taloautomaatiojärjestelmän päätteeltä luettiin ilmamäärän olevan 25 m³/s. Puhaltimien ottamat sähkötehot luettiin taajuusmuuttajista. Tuloilmapuhaltimien sähköverkosta ottama teho oli 33,73 kilowattia ja poistopuhaltimien 25 kilowattia.

Koko ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon laskennassa käytetään kaikkien puhaltimien yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa tehoa. Puhaltimien yhteenlaskettu teho on 58,7 kW.

$$\text{SFP} = 58,7 \text{ kW} / 25 \text{ (m}^3/\text{s)} = 2,35 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$$

Ominaissähköteho ei ylitä rakentamismääräyskokoelmassa määriteltyä maksimirajaa 2,5 kW/(m³/s). Ilmanvaihdon havaitaan toimivan energiatehokkaasti.

6.2.3 Jäähdytysjärjestelmä

Rakennus on varustettu kahdella erillisellä nestelauhdutteisella vedenjäähdytyskoneikolla. Vedenjäähdytysyksiköt ovat kaksipiirisiä. Lauhdutuspiirien nesteenä käytetään etyleeniglykoli-vesiseosta (35 %). Vedenjäähdytyskoneilla on yhteinen ohjausjärjestelmä. Nestejäähdyttimien puhaltimet ovat kierrosnopeussäädetyjä. Jäähdytysvesiverkostoja on kaksi: ilmanvaihtokoneiden verkosto ja huonekohtaisten laitteiden verkosto (suutin- ja puhallin-konvektorit). Jäähdytysjärjestelmä on varustettu vapaajäähdytys siirtimellä talviaikaista jäähdytystä varten. Jäähdytysjärjestelmän pumppuja ohjataan taajuusmuuttajilla. Toisessa kerroksessa sijaitsevaan Stakesin serveritilaan on asennettu kaksi suoraohyrysteistä vakioilmastointikojetta, joiden ulkoyksiköt ovat paikoitushallissa. Sähköenergian kulutuksen kannalta keskeisimmät jäähdytysjärjestelmän laitteet ja niiden liittymistehot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Jäähdytysjärjestelmän laitteet.

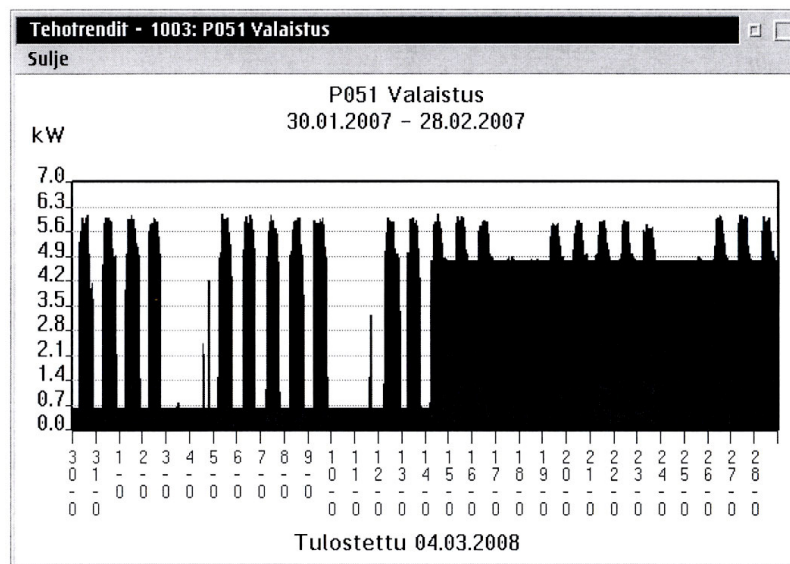
Jäähdytysjärjestelmän laitteet		
Laitteet	Määrä [kpl]	Liittymisteho [kW]
Vedenjäähdytyskoneet	2	180
Kiertopumput	8	41
Nestejäähdyttimet	2	25
Vakioilmastointikone	1	5,5
Muut		8
YHTEENSÄ	13	260

Jäähdytysjärjestelmän suunnitteluvaiheessa arvioitu jäähdytysteho on 650 kW, josta ilmanvaihdon ja jäähdytyksen osuus on 500 kW ja suutinkonvektoriverkoston 150 kW. Jäähdytystehosta saadaan laskettua järjestelmän ottama sähköteho jakamalla jäähdytysteho kylmäkertoimella. Kylmäkerroin riippuu puolestaan jäähdytysjärjestelmälaiteiston ominaisuuksista. Tämän kohteen tarkastelussa on käytetty kylmäkertoimena arvoa 3.

6.2.4 Valaistus

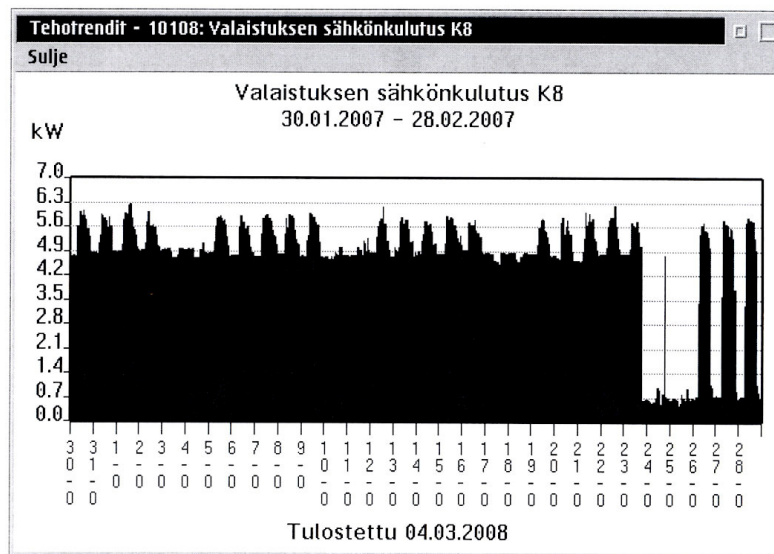
Toimistokerrosten valaistus on toteutettu matalan kerroskorkeuden vuoksi epäsuorana ratkaisuna. Työpistekohtaisia valaisimia ohjataan valaisinkohtaisilla digitaaliseen DALI- väylään (Digital Adressable Lightning Interface) liitetyillä läsnäoloilmaisimilla. Läsnäoloilmaisimet välittävät tiedon kiinteistön automaatiojärjestelmään, jota käytetään hyväksi yleisvalaistuksen ohjauksessa. Yleisvalaistuksen aikaohjaukset tulevat Lonix- kiinteistövalvontajärjestelmästä. DALI- väylä on yhdistetty Lon- väylään Gateway- yksikön kautta.

Dali- Lon- väyläintegraatiossa on ollut ongelmia rakennuksen valmistumisesta lähtien. Valoja on palanut työajan ulkopuolella tilojen ollessa tyhjiään. Vaikka hankkeessa on lähdetty soveltamaan edistyneitä ohjaustekniikkaa, ratkaisut ovat tuoneet ohjauksen monipuolisuuden ohella mukanaan joukon ongelmia. Kuvasta 18 nähdään, että ryhmäkeskuksen P 051 alueen valaistuksen ohjaus on toiminut helmikuussa 2007 kaksi viikkoa, jonka jälkeen ohjaus on aiheuttanut valojen palamisen jatkuvasti.



Kuva 18. Keskuksen RK P051 valaistuksen sähkönkulutus helmikuussa 2007.

Kuvasta 19 nähdään, että myös kahdeksannen kerroksen valaistuksen ohjauksessa on ollut ongelmia. Valot ovat palaneet helmikuun 2007 ajan lähes yhtäjaksoisesti aiheuttaen 4,9 kW pohjakuorman. Kuvissa tummana näkyvä pinta-ala kuvaa sähköenergian määrää kilowattitunteina. Pelkästään näiden kahden kulutuskohteen valojen turha palaminen voidaan laskea pinta-alojen summana ja se on noin 7 500 kWh. Tämä vastaa vuoden 2007 hintatasolla 570 € turhaa kustannusta.



Kuva 19. Kerroksen 8 valaistuksen sähkönkulutus helmikuussa 2007.

Hankkeen kireän aikataulun vuoksi on päädytty toteuttamaan talotekniset työt projektinjohtourakkana. Projektinjohtourakan malli on, että luonnossuunnitelmien perusteella valittu urakoitsija ohjaa suunnittelua tilaajalla hyväksyttävien hankintapakettien ja kertyvien kustannusten pohjalta.

Väylän kapasiteetti ja alustava mitoitus on varattu luonnossuunnitteluvaiheessa käyttäjän ilmoittaman kerroskohtaisen henkilömäärän ja suunnittelijan sen päälle arvioiman muutosvarauksen pohjalta. Kalustekuvia, joista henkilötiheyttä olisi voinut arvioida, ei silloin ole ollut käytettävissä. Projektinjohtourakkasopimus on solmittu tämän määrittelyn perusteella. Projekti on ollut jo pitkällä ja asennukset käynnissä kun sähkösuunnittelija on kertomansa mukaan saanut ensimmäiset kalustuspiirustukset, jolloin on huomattu, että henkilömäärä ylittää huomattavasti luonnosvaiheessa määritellyn.

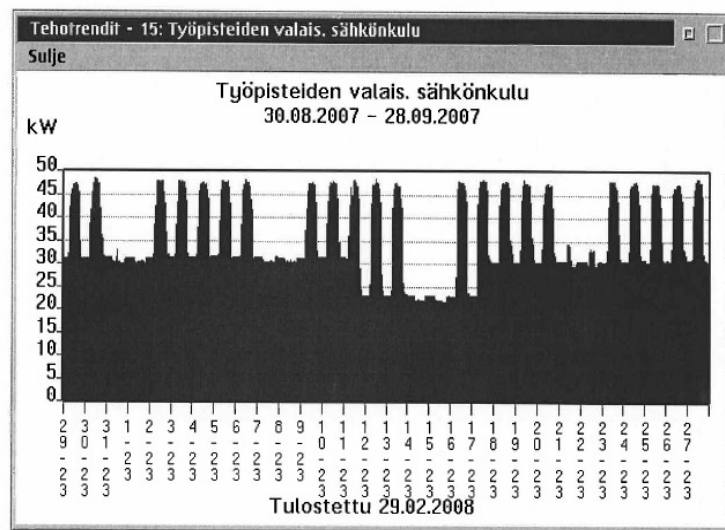
Tilankäytön tehostamisen johdosta väylien kapasiteetti on käytetty täysimääräisesti. Sähkösuunnittelija on ehdottanut, että väyliä olisi tässä vaiheessa lisätty, mutta koska lisäys olisi tarkoittanut investointikustannusten lisäystä ja muutos olisi jouduttu toteuttamaan kiireisessä valmistumisvaiheessa, ei suunnittelua ohjannut projektinjohtourakoitsija ole halunnut viedä asiaa eteenpäin tilaajalle.

Rakennuksen valmistuttua on tilankäyttöä entisestään tehostettu. Se on tarkoittanut ohjauspisteiden lisääntymistä siinä määrin, että väyläkapasiteetti ei riitä ja se aiheuttaa virhe-toimintoja. Ongelmaa on korjattu kytkemällä irti kiinteistöautomaation kautta välitettäviä tilaindikoitietoja. Siinä yhteydessä on menetetty niitä ominaisuuksia, joiden vuoksi edistyksestä ohjausratkaisua päätettiin alun perin toteuttaa.

Tilanteen korjaamiseksi tulisi lisätä väyläkapasiteettia. Muutostyötä vaikeuttaa matala viiden senttimetrin korkuinen asennuslattia, jota muutostyössä jouduttaisiin avaamaan. Epäsuoran valaistusratkaisun valaisimia toimistokerroksissa 3-8 on noin 750 kappaletta yhteisteholtaan

65 kilowattia. Koko rakennuksen valaistuksen liittymistehon on yhteensä noin 100 kW mikä on alle puolet suunnitteluvaiheessa määritellystä valaistuksen liittymistehosta.

Kuvasta 20 havaitaan, että kiinteistössä on palanut vuoden 2007 syyskuun ajan työpistevaloja ympäri vuorokauden muodostaen noin 30 kilowatin pohjakuorman. Kuukauden 720 tunnin ajalta merkitsee tämä energiana 21 600 kilowattituntia ja kustannuksena 1 642 €. Kuvasta havaitaan, että tehokäyrä noudattaa kyllä työaikojen vaihtelua, mutta työpäivän aikaiset huipputehot muodostavat vain pienen osan kokonaiskulutuksesta.



Kuva 20. Työpisteiden valaistuksen sähkönkulutus syyskuussa 2007.

Toimistokerrosten ja 1. kerroksen kokouskeskuksen valaistuksen sähkönkulutus on ollut vuonna 2007 yhteensä 312 400 kilowattituntia. Toteutunut valaistuksen ominaiskulutus on 8,8 kWh/r-m³,a. Tavoitekulutus on 7,0 kWh/r-m³,a. Tavoitekulutus ylitetään valaistuksen osalta vuositasolla 64 000 kilowattitunnilla.

6.2.5 Toimistolaitteet

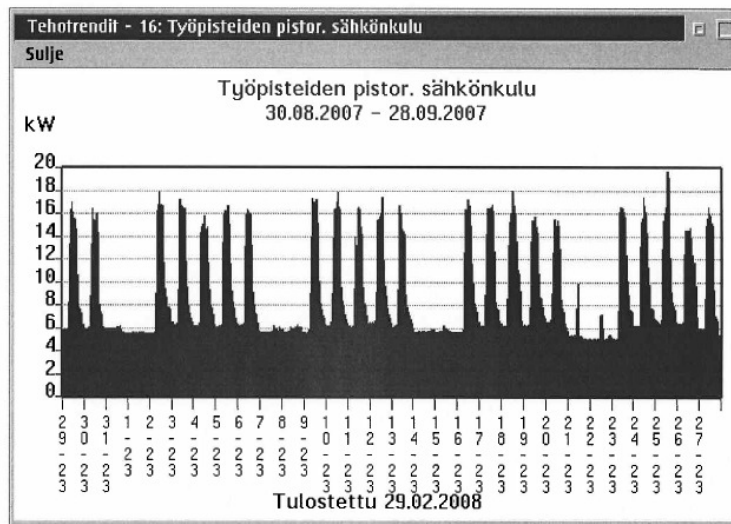
Senaatti-kiinteistöjen tiloissa kerroksissa kolme, neljä, viisi ja kuusi on päätelaitteita 215 kappaletta, verkkotulostimia 18 kappaletta ja henkilökohtaisia tulostimia 20 kappaletta. Toimistolaitteiden liittymisteho on arviolta 55 kilowattia. Toimistolaitteissa on käytössä virransäästötilat. Työntekijöiden määrä on 165.

Stakesin käytössä on ensimmäinen, toinen, seitsemäs ja kahdeksas kerros. Stakesin tiloissa on päätelaitteita 100 kappaletta, kopiokoneita 6 kappaletta, tulostimia 33 kappaletta ja muita laitteita 11 kappaletta. Toimistolaitteiden liittymisteho on 25 kilowattia. Lisäksi toisessa

kerroksessa on tietokonepalvelimia, joiden liittymisteho on arviolta 40 kilowattia. Työntekijöitä Stakesin tiloissa on 70.

Kerrosten 3- 8 toimistolaitteiden laitteiden liittymisteho on arviolta 120 kilowattia mikä on alle puolet suunnitteluvaiheessa määritellystä kojekuormasta.

Kuvassa 21 on esitetty tehotrendi työpisteiden pistorasioiden sähkönkulutuksesta syyskuussa 2007. Kuvasta havaitaan, että työpäivän aikaiset huipputehot ovat noin 16- 18 kilowattia. Syyskuun aikainen työpisteiden pistorasioiden sähkönkulutus on ollut 6 200 kilowattituntia. Tietokoneiden kuuden kilowatin pohjakuorma, 4 300 kilowattituntia muodostaa 70 prosenttia työpisteiden pistorasioiden sähkönkulutuksesta. Pohjakuorma kertoo siitä, että tietokoneiden energiansäästöasetukset eivät ole tehokkaassa käytössä.



Kuva 21. Työpisteiden pistorasioiden sähkönkulutus syyskuussa 2007.

Toimistokerrosten ja 1. kerroksen kokouskeskuksen pistorasioiden sähkönkulutus on ollut vuoden 2007 aikana 109 800 kilowattituntia. Lisäksi on erikseen huomioitava Stakesin UPS-varmennettu pistorasiakuorma arviolta 140 000 kilowattituntia. Pistorasiakuorman ominaiskulutus on 7,02 kWh/r-m³,a kun tavoitekulutus on 7,3 kWh/r-m³,a. Toteutunut kulutus jää siten pistorasiakuorman osalta tavoitetasolle.

6.2.6 Energiamittausjärjestelmä

Sähköenergian kulutustiedot on selvitetty rakennukseen kiinteästi asennetusta jälkimittausjärjestelmästä. Jälkimittausjärjestelmällä tarkkaillaan erikseen valaistus-, pistorasia-, ilmastointi-, jäähdytysjärjestelmien ja muiden kulutuskohteiden teho- ja energiankulutusta. Mittausjärjestelmä mahdollistaa monipuolisten ja yksityiskohtaisten raporttien laatimisen ja tulos-

tamisen. Mittausjärjestelmän ominaisuuksia päivitettiin työn aikana mahdollistamaan raporttien laatimisen ja tulostamisen taulukkolaskentaa apuna käyttäen.

Sähköenergian jälkimittausjärjestelmä on yhteinen Lintulahdenkatu 5 peruskorjatulle rakennukselle ja Lintulahdenkuja 4 uudisrakennukselle. Energiamittausjärjestelmän käyttö tapahtuu tietokoneella peruskorjausosan ensimmäisen kerroksen vahtimestaritulassa. Järjestelmän alakeskukset EAK P001, EAK P101 ja EAK P062 sijaitsevat ensimmäisen ja kuudennen kerroksen teknisissä tiloissa sekä ilmastointikonehuoneessa. Jälkimittarit sijaitsevat hajautettuna keskuksiin. Energiamittausjärjestelmästä on liitännät avoimeen tiedonsiirto-verkkoon ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän LON- väyläkaapelointiin.

Sähköenergian jälkimittausjärjestelmän tehtävänä on energian kulutustietojen kerääminen ryhmäkeskuksilta, kulutus- ja tehotietojen raportointi sekä tuottaa kulutustiedoista esitysgrafiikkaa peruskorjatun osan aulassa sijaitsevaan Taloinfoon. Mittausjärjestelmän päätteeltä saatavien raporttien käyttö on ollut vähäistä. Koontiraportit ovat olleet järjestelmän keskeneräisyyden johdosta siinä määrin epäselviä, että niiden tehokas hyödyntäminen on ollut vaikeata. Huoltomies ei ollut käyttänyt järjestelmää. Mittausjärjestelmän on toimittanut Elektroniikkatyö Oy. Yritys on sen jälkeen myyty kahteen kertaan ja on ilmeistä, että siinä yhteydessä on menetetty historiatietoa.

6.2.7 Energiankulutustavoitteet

Tilaaaja on asettanut hankkeen alussa varsin kunnianhimoiset vaatimukset energiatehokkuudelle. Lämpöenergian ominaiskulutukselle on asetettu tavoitteeksi 22 kWh/r-m³,a. Sähkönenergian ominaiskulutukselle on asetettu tavoitteeksi 14 kWh/r-m³,a. Sähköenergian ominaiskulutuksen tavoitetta on muutettu luonnossuunnitteluvaiheessa. Sähkön ominaiskulutuksen uudeksi tavoitteeksi on tuolloin asetettu 26,1 kWh/r-m³,a.

<u>Arvioitu sähköenergian kulutus</u>	980 MWh/a
Arvioitu sähköenergian ominaiskulutus	26,1 kWh/r-m ³ ,a
Arvioitu sähköenergian ominaiskulutus	83,6 kWh/m ² ,a.
Arvioitu sähkön kulutusjakauma on seuraava:	
Valaistus	27 % (7,0 kWh/r-m ³ ,a)
Toimistolaitteet	28 % (7,3 kWh/r-m ³ ,a)
Keittiö ja ravintola	11 % (2,9 kWh/r-m ³ ,a)
Pumput ja puhaltimet	11 % (2,9 kWh/r-m ³ ,a)
Jäähdytys	4 % (1,0 kWh/r-m ³ ,a)
Muu kulutus	19 % (5,0 kWh/r-m ³ ,a)

Hankeasiakirjoissa on käsitelty sähköenergian kulutustavoitetta ja on todettu, että alkupe-
räiseen sähköenergian kulutustavoitteeseen ei päästä. Ympäristöselostuksessa 30.10.2000 on
todettu, että Lintulahdenkatu 5 peruskorjausosan ominaiskulutus 26,1 kWh/r-m³,a ylittää
merkittävästi rakennuttajan enimmäistavoitteeksi esittämän 14 kWh/r-m³,a. Tavoitetta
korkeampaa tilavuuteen kohdistuvaa vuotuista energian kulutusta selittävät pääasiallisesti
seuraavat tekijät:

- 2,5 metrin huonekorkeus on normaaliin toimistorakennukseen nähden pieni
- toimistokerrosten epäsuora valaistus
- keittiön ja ravintolan kulutus kohdistuu peruskorjatulle osalle, vaikka se palvelee myös
viereistä uudisrakennusta
- toisen kerroksen ATK-palvelintilan energiankulutus kohdistuu saneerausosalle, vaikka se
palvelee myös uudisrakennusta
- normaalia toimistorakennusta laajempaa luonnoksissa suunniteltu julkisivu- ja
ulkovalaistus sekä portin lumensulatus

Ympäristöselostuksessa on todettu, että kun edellä mainittujen selittävien tekijöiden vaikutus
huomioidaan niitä vastaavilla kertoimilla päästään sähköenergian kulutuksessa rakennuttajan
esittämän enimmäistavoitteen alle arvoon 12 kWh/r-m³,a.

6.2.8 Toteutuneet kulutukset ja kustannukset

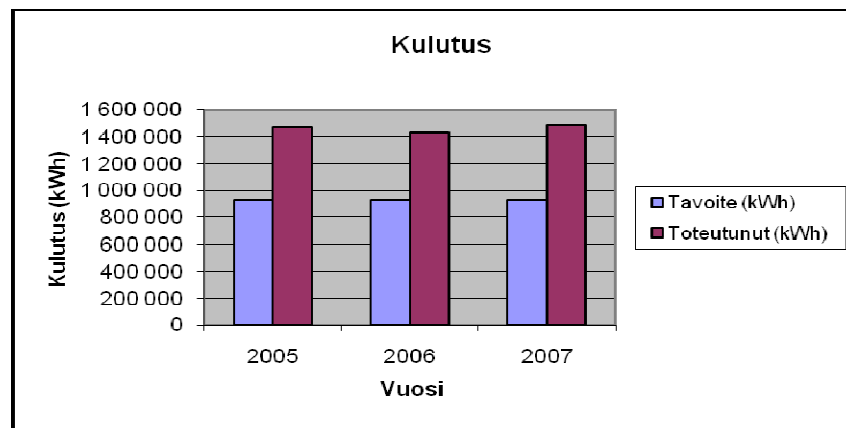
Liitteessä 3.1 on esitetty Lintulahdenkadun kiinteistön sähkön kulutusvertailu. Siinä on verrattu
vuoden 2007 toteutunutta kulutusta tavoitekulutukseen sekä edellisen vuoden kulutukseen.
Kulutusvertailussa tavoitekulutus on asetettu edellisen vuoden kulutuksen perusteella. Liit-
teessä 3.1 olevassa vuosiraportissa näkyy kulutuksen jakautuminen päivä- ja yöaikaisen kulu-
tuksen kesken sekä sähköverkosta otetut maksimi- ja minimitehot. Liitteessä 3.1 on lisäksi
elokuun 2007 kuukausiraportti tehotrendeineen.

Taulukossa 7 on esitetty rakennuksen sähköenergian kulutukselle asetetut tavoitteet ja
verrattu niitä vuosina 2005, 2006 ja 2007 toteutuneisiin kulutuksiin. Taulukosta havaitaan, että
rakennus on kuluttanut vuonna 2007 sähköä 559 887 kWh yli tavoitekulutuksen.

Vuonna 2007 sähkön ominaiskulutus on ollut 41,84 kWh/r-m³,a mikä ylittää tavoitteena olevan
ominaiskulutuksen määrällä 15,74 kWh/r-m³,a. Kustannuksena vuoden 2007 tavoiteku-
lutuksen ylittävä kulutus vastaa 42 509 €. Kuvassa 22 on esitetty sähkön tavoite- ja toteutuneet
kulutukset vuosina 2005, 2006 ja 2007.

Taulukko 7. Lintulahdenkatu 5. Sähkön kulutus ja kustannukset vuosina 2005- 2007.

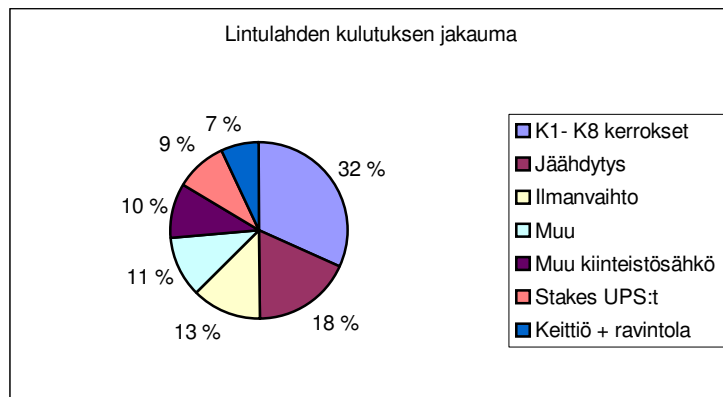
Lintulahdenkatu 5, kulutukset 2005- 2007				
Tilavuus: 35570 [r-m ³]		2005	2006	2007
Kulutus [kWh]	Tavoite	928 377	928 377	928 377
	Toteutunut	1 470 344	1 434 740	1 488 264
	Erotus	541 967	506 363	559 887
Ominaiskulutus [kWh/r-m ³ ,a]	Tavoite	26,1	26,1	26,1
	Toteutunut	41,34	40,34	41,84
	Erotus	15,24	14,24	15,74
Kustannus [€] (sis. ALV 22 %)	Tavoite	63 872	72 321	70 557
	Toteutunut	101 164	111 699	113 066
	Erotus	37 292	39 378	42 509



Kuva 22. Sähkön tavoite- ja toteutuneet kulutukset vuosina 2005, 2006 ja 2007

6.2.9 Kulutuksen jakautuminen

Kuvassa 23 on esitetty kulutuksen jakautumista kerrosten 1- 8 yhteisen kulutuksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, muun sähkönkulutuksen, muun kiinteistösähkön kulutuksen, Stakesin 2. kerroksen servereiden sekä keittiön ja ravintolan kulutuksen kesken. Kuvasta nähdään, että suurimman kulutuksen omaavat kohteet ovat kerrokset 1-8, jäähdytys ja ilmanvaihto. Kuvassa esiintyvä 9 % lohko esittää Stakesin 2. kerroksen servereiden kulutusosuutta. Kuvan 7 % lohko esittää keittiön ja ravintolan kulutusosuutta kokonaiskulutuksesta.



Kuva 23. Lintulahdenkatu 5 sähkönkulutuksen jakauma vuonna 2007.

Taulukossa 8 on esitetty yksityiskohtaisesti sähköenergian kulutuksen jakautuminen kulutuskohteittain. Viisi suurinta kulutuskohdetta ovat valaistus, jäähdytys, ilmanvaihto, muu kulutus sekä 2. kerroksen Stakesin serverit.

Taulukko 8. Lintulahdenkatu 5. Sähköenergian kulutuksen jakauma vuonna 2007.

KULUTUSKOHDE	MÄÄRÄ [kWh]	MÄÄRÄ [%]	KUSTANNUS [€] (sis. ALV 22%)
Ilmanvaihto	190 000	12,8	14 440
Vedenjäähdytyskoneet VJK-1, VJK-2	117 000	7,9	8892
Jäähdytysjärjestelmän pumpput RKP 104	116 150	7,8	8828
Jäähdytysjärjestelmän lauhduttimet 431 NJ 01, 432 NJ 01	32 500	2,2	2470
Jäähdytys yhteensä	265 650	17,9	20 190
Muu LVI - lämmönjakokeskus	25 050	1,7	1 904
Muu kiinteistösähkö - hissit, ala-aula, ulkovalot, sulanapito	124 200	8,4	9 440
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs valaistus	312 400	21,0	23 742
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs pistorasiat	109 800	7,4	8 345
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs muu kulutus	49 000	3,3	3 724
2. krs Stakes UPS-022, UPS-024	140 000	9,4	10 640
Keittiö ja ravintola	103 200	6,9	7 843
Edustustila	13 000	0,9	988
Muu sähkönkulutus	156 000	10,5	11 856
KAIKKI YHTEENSÄ	1 488 300	100	113 100

Taulukossa 9 on esitetty käyttäjäsähkön jakautuminen valaistuksen, pistorasioiden, muun kulutuksen sekä Stakesin servereiden kesken. Taulukosta havaitaan, että toimistokerrosten ja ensimmäisen kerroksen kokouskeskuksen valaistuksen kulutusosuus käyttäjäsähköstä on 312 400 kWh, pistorasioiden 109 800 kWh ja muun kulutuksen 49 000 kWh. Stakesin serverien kulutusosuus käyttäjäsähkön kulutuksesta on 140 000 kWh. Lisäksi taulukossa 9 esiintyy käyttäjäsähkön osuudessa 50 % muusta kulutuksesta määrältään 78 000 kWh.

Taulukko 9. Lintulahdenkatu 5. Käyttäjäsähkön kulutuksen jakauma vuonna 2007.

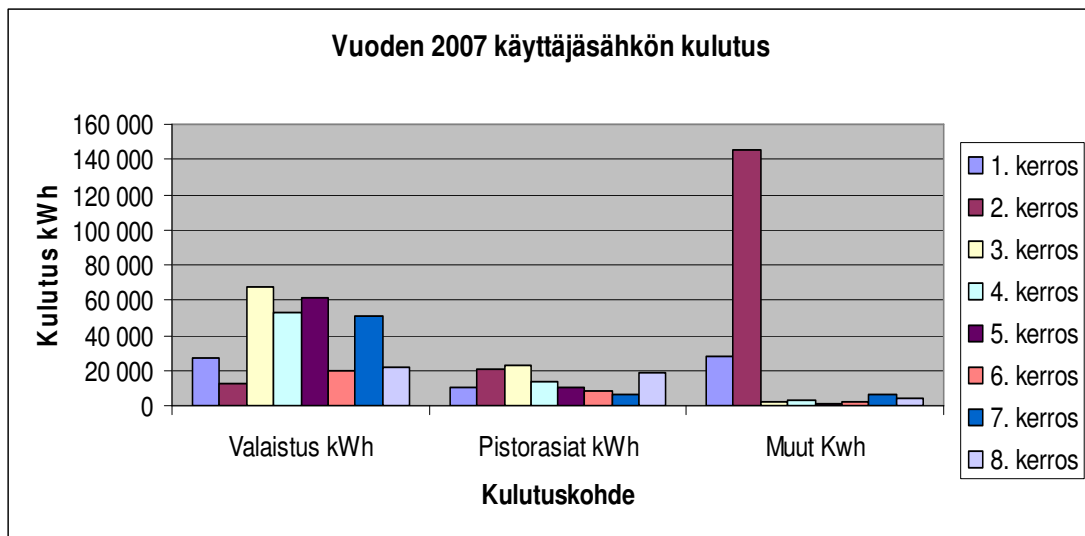
KÄYTTÄJÄSÄHKÖN KULUTUS	MÄÄRÄ [kWh]	MÄÄRÄ [%]	KUSTANNUS [€] (sis. ALV 22%)
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs valaistus	312 400	21,0 %	23 742
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs pistorasiat	109 800	7,4 %	8 345
Toimistokerrosten ja kokouskeskuksen 1. krs muu kulutus	49 000	3,3 %	3 724
Stakesin UPS-022, UPS-024	140 000	9,4 %	10 640
50 % muusta kulutuksesta	78 000	5,2 %	5 928
YHTEENSÄ	689 200	46,3 %	52 368

Taulukossa 10 on esitetty käyttäjäsähkön kulutuksen jakautuminen valaistuksen, pistorasioiden ja muun kulutuksen kesken kerroskohtaisesti. Toisen kerroksen yhteiskulutus 177 810 kWh on poikkeuksellisen suuri muiden kerrosten yhteiskulutuksiin verrattuna. Tämä johtuu servereiden kulutuksesta. Kuudennessa kerroksessa sijaitsee teknisiä tiloja, toimistotilaa on noin puolet muiden kerrosten kerroskohtaisesta pinta-alasta. Tämä selittää kuudennen kerroksen muita kerroksia pienemmän käyttäjäsähkön kulutuksen.

Taulukko 10. Lintulahdenkatu 5. Käyttäjäsähkön kulutuksen jakautuminen toimistokerroksissa.

Vuoden 2007 käyttäjäsähkön kulutus					
Ryhmäkeskus	Alue	Valaistus [kWh]	Pistorasiat [kWh]	Muut [kWh]	YHTEENSÄ
P 011-P013	1. kerros	26 590	10 205	27 826	64 621
P 021-P 023	2. kerros	12 301	20 509	145 000	177 810
P 031-P 032	3. kerros	67 472	22 588	1 821	91 881
P 041- P042	4. kerros	52 906	13 491	2 609	69 006
P 051-P052	5. kerros	60 894	10 119	1 530	72 543
P 062	6. kerros	19 478	8 200	2 087	29 765
P 071-P072	7. kerros	50 628	5 878	6 528	63 034
P 081-P082	8. kerros	22 140	18 845	3 652	44 637
YHTEENSÄ		312 409	109 835	191 053	613 297

Kuvassa 24 on esitetty käyttäjäsähkön jakautumista valaistuksen, pistorasioiden ja muun kulutuksen kesken kerroskohtaisesti. Kuvassa muun kulutuksen kohdalla oleva 140 000 kWh pylväs kuvaa toisessa kerroksessa olevan Stakesin serverihuoneen kulutuksen osuutta.



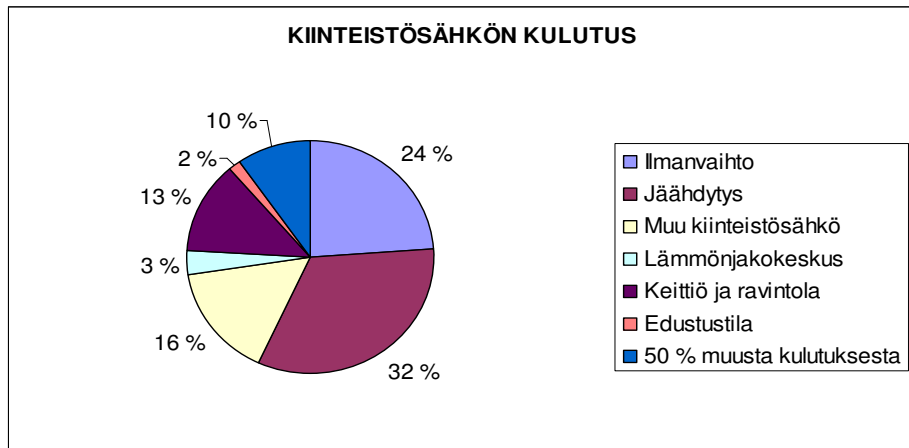
Kuva 24. Lintulahdenkatu 5. Käyttäjäsähkön kulutuksen kerroskohtainen jakauma vuonna 2007.

Taulukossa 11 on esitetty kiinteistösähkön kulutuksen jakautuminen kulutuskohteittain. Taulukosta havaitaan jäädytyksen kuluttaneen 265 650 kWh vuonna 2007. Ilmanvaihdon kulutusosuus on ollut 190 000 kWh ja muun kiinteistösähkön 124 200 kWh. Keittiön ja ravintolan kulutus on tarkasteluvuonna ollut 103 200 kWh. Kiinteistösähkön kulutusosuus koko rakennuksen sähkökulutuksesta on ollut 799 100 kWh. Kiinteistösähkön kulutuksen osuus on ollut 53,69 % rakennuksen koko sähkökulutuksesta. Taulukossa esiintyvät prosenttimäärät kuvaavat kunkin kulutuskohteen osuutta rakennuksen koko sähkökulutuksesta.

Taulukko 11. Lintulahdenkatu 5. Kiinteistösähkön kulutuksen jakautuminen vuonna 2007.

KIINTEISTÖSÄHKÖN KULUTUS	MÄÄRÄ [kWh]	MÄÄRÄ [%]	KUSTANNUS [€] (sis. ALV 22%)
Ilmanvaihto	190 000	12,8 %	14440
Jäädytys	265 650	17,9 %	20189
Muu kiinteistösähkö	124 200	8,4 %	9439
Lämmönjakokeskus	25 050	1,7 %	1904
Keittiö ja ravintola	103 200	6,9 %	7843
Edustustila	13 000	0,9 %	988
50 % muusta kulutuksesta	78 000	5,2 %	5928
YHTEENSÄ	799 100	53,7 %	60 732

Kuvassa 25 on havainnollistettu kiinteistösähkön kulutuksen jakautumista kulutuskohteittain. Kiinteistösähkön suurimmat kuluttajat ovat ilmanvaihto ja jäädytys. Ilmanvaihdon kulutuksen osuus kiinteistösähkön kulutuksesta on 24 % ja jäädytyksen osuus on 32 %. Muun kiinteistösähkön kulutusosuus kiinteistösähkön kulutuksesta on 16 %.

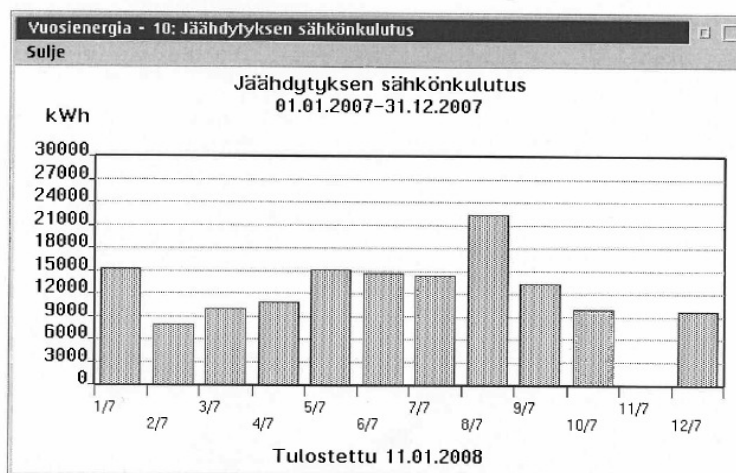


Kuva 25. Lintulahdenkatu 5. Kiinteistösähkön kulutuksen jakauma kulutuskohteittain vuonna 2007.

6.2.10 Kenttätutkimus

Lintulahdenkadun kiinteistön kenttätutkimuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota jäähdytysjärjestelmän sähköenergiankulutuksen suuruuteen. Jälkimitausjärjestelmän seurantatietojen perusteella jäähdytysjärjestelmän sähköenergiankulutus on ollut 158 000 kWh vuonna 2007. Kenttätutkimuksessa havaittiin jäähdytysjärjestelmän kulutusosuuden olevan 265 650 kilowattituntia eli 17,85 prosenttia koko kiinteistön 1 488 264 kWh vuoden 2007 sähkönkulutuksesta.

Suunnitteluajainen jäähdytysjärjestelmän energiankulutustavoite on 4 prosenttia tuolloin arvioidusta koko rakennuksen 980 000 kWh/a sähköenergian kulutuksesta eli 39 200 kWh. Tavoitekulutus on ollut (1,0 kWh/r-m³,a). Tavoitteen asettelua ei voida toteutuneen kulutuksen (7,59 kWh/r-m³,a) valossa pitää realistisena. Toisaalta toteutunut jäähdytysjärjestelmän kulutus on hyvin korkea. Yhtenä selittävänä osatekijänä on otettava huomioon, että valaistusohjausjärjestelmän toimimattomuudesta johtuen valoja on palanut huomattavasti turhaan ja se on aiheuttanut ympärivuotisesti poistettavaa lämpökuormaa. Kuvassa 26 on esitetty jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien kuukausikohtainen kulutus vuoden 2007 aikana.



Kuva 26. Jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien kuukausikohtainen kulutus vuoden 2007 aikana.

Kohdekäynnillä 21.1.2008 havaittiin, että 10. kerroksen ilmastointikonehuoneessa sijaitsevan vedenjäähdytyskoneen VJK-1 lauhdutuspiirin pumput 431 P 01 ja 431 P 02 pyörivät, eli jäähdytystä oli päällä. Pumppujen yhteisteho on 8,5 kW. Jäähdytyksen tarve johtui huoltomiehen käsityksen mukaan kolmannessa kerroksessa sijaitsevan serveritilan lämpökuormasta. Selvitettäväksi jäi onko serveritila kytketty samaan jäähdytysverkostoon toimistokerrosten kanssa, jolloin sen talviaikaisen jäähdytyksen johdosta pyörii koko vedenjäähdytyskoneen VJK-1 lauhdutuspiirin pumput yhteisteholtaan 8,5 kW.

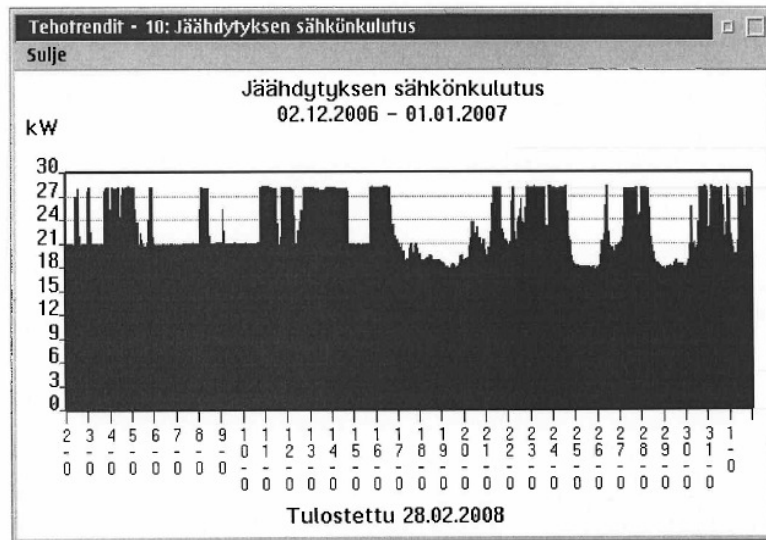
Kohdekäynnin jälkeen käydyissä keskusteluissa tuli esille, että kolmannen kerroksen serveritilassa on käytössä vain päätte, joka ei tarvitse jäähdytystä. Samalla tuli esille, että serveritilan jäähdytys oli kytketty samaan jäähdytysverkostoon toimistokerrosten kanssa.

Ulkolämpötila oli + 2 astetta. Ulkolämpötilasta johtuen jäähdytykseen ei tuolloin tarvittu käyttää kompressoria. Vesisäiliön vesi oli riittävän viileätä ja jäähdytys hoidettiin kierrättämällä pumpuilla vettä verkostossa. Katolla olevat lauhdutinpuhaltimet 2 kpl yhteisteholtaan 25 kW eivät nekään pyörineet.

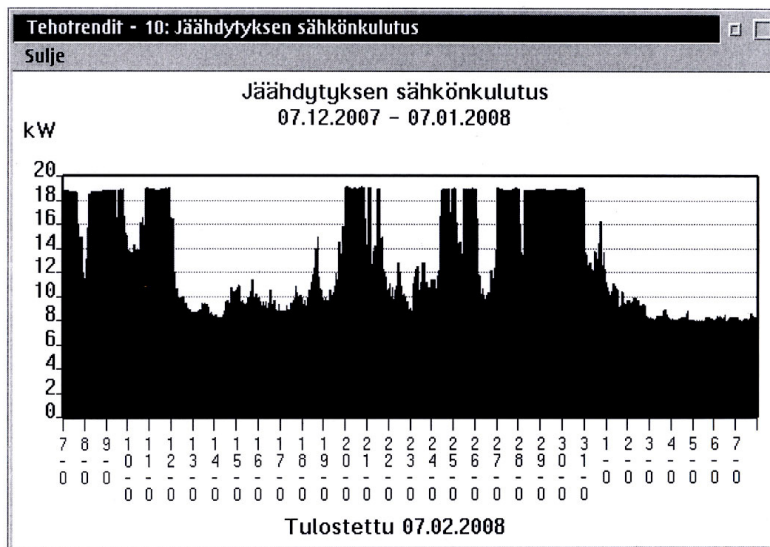
Pumppujen 431 P 01 ja 431 P 02 käydessä talvikautena ympäri vuorokauden kuluu sähköenergiaa arvion mukaan 4300 kWh kuukautta kohti. Olettaen, että pumput pyörivät serveritilan jäähdyttämisen takia talvikautena puoli vuotta ottaen keskimäärin 70 % nimellistehostaan kuluu siihen sähköenergiaa 26 000 kWh. Se on 6 % koko kiinteistön jäähdyttämiseen käytettävästä sähköenergiasta.

Suutin- ja puhallinverkoston kiertovesipumput 436 P 01 ja 436 P 02 pyörivät, nämäkin huoltomiehen käsityksen mukaan kolmannen kerroksen käytöstä poistetun serveritilan jäähdyttämisen takia. Näiden moottorien yhteisteho on 7 kW ja ympärivuorokautiseen pyörittämiseen tarvitaan arviolta 3500 kWh kuukautta kohti.

Tämän tarkastelun perusteella serveritilan jäähdyttämiseen käytetään kuuden talvikuukauden aikana sähköä yhteensä 47 000 kWh mikä vastaa 17,7 % osuutta koko kiinteistön jäähdytykseen käytettävästä vuotuisesta sähköenergian määrästä ja aiheuttaa vuoden 2007 hintatasolla 3 570 euron kustannuksen. Kuvissa 27 ja 28 on esitetty jäähdytysjärjestelmän talviaikaisia tehotrendejä. Kuvien tehoissa on mukana pumppujen ja lauhduttimien sähkönkulutus. Kuvasta 27 nähdään, että pumppu- ja lauhdutustehoa on ollut päällä joulukuun 2006 ajan 18-21 kilowatin pohjakuormana. Kuvan 27 mukainen pohjakuorman aiheuttama yhden kuukauden energian kulutus on noin 14 700 kWh.



Kuva 27. Jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien talviaikainen tehotrendi.



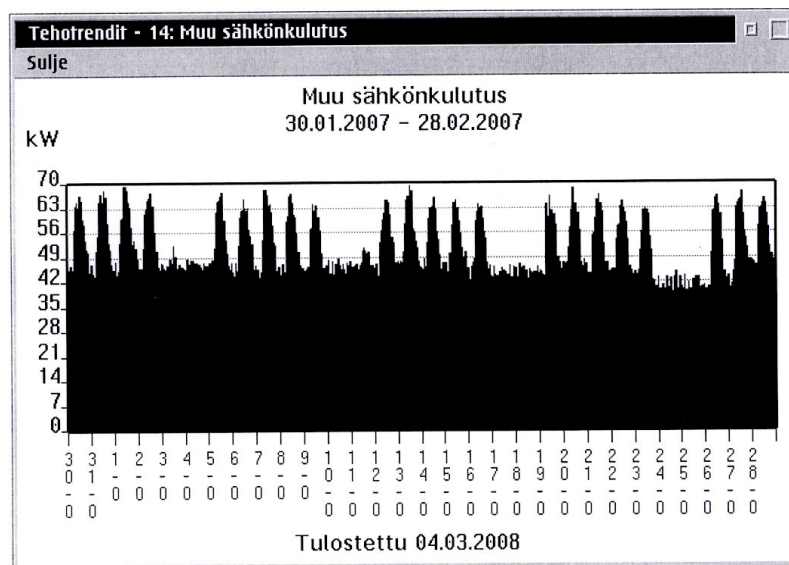
Kuva 28. Jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien talviaikainen tehotrendi.

Kolmannen kerroksen serveritilan jäähdytyslaite pysäytettiin työn aikana tarpeettomana. Vedenjäähdytyskone VJK-2 palvelee kesäaikaista jäähdytystä. Tässä jäähdytysyksikössä koneita ei ollut päällä.

Kohdekäynnillä 22.2.2008 selvitettiin avoimeksi jääneitä kysymyksiä jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutuksesta. Tehtiin havainto, että energiamittausjärjestelmästä on jäänyt rakennuksen kiireisen valmistumisaikataulun johdosta puuttumaan vedenjäähdytyskoneiden VJK-1 ja VJK-2 sähköenergian mittarit. Jäähdytyskoneiden yhteen laskettu liittymisteho on 180 kilowattia. Vedenjäähdytyskoneiden osuus kesäaikaisesta sähkönkulutuksesta on merkittävä ja energiatiedon puuttuminen heikentää tältä osin energiamittausjärjestelmän antamaa informaatiota.

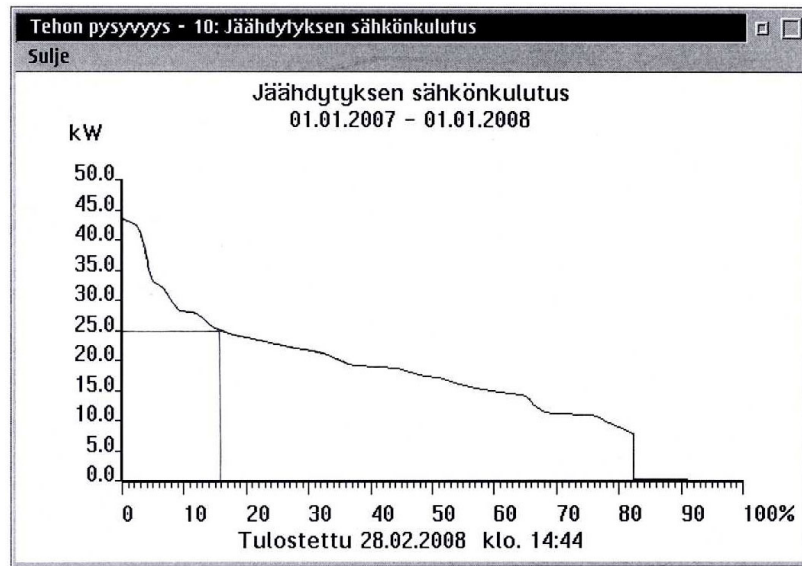
Mittausjärjestelmän tuottama kulutustieto Taloinfoon poikkeaa jäähdytysjärjestelmän sähkön kulutuksen osalta huomattavasti todellisesta kulutuksesta. Taloinfossa näkyy vain muun jäähdytyksen eli lauhduttimien ja lauhdutinpiirin pumppujen sähkönkulutus. Liitteessä 4 on kuva taloinfosta saadusta 12 kuukauden kulutuslajikohtaisesta sähkönkulutuksen profiilista. Tässä työssä arvioidaan vedenjäähdytyskoneiden käyntiaikoja ja energiankulutusta kuvan 30 mukaisen jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien sähkötehon pysyvyysskäyrän avulla sekä tarkastelemalla muun sähkönkulutuksen kesäaikaisia tehotrendejä.

Suunnitelman mukaan energiamittausjärjestelmän tehotrendiin numero 10 - jäähdytyksen sähkönkulutus, sisältyvät vedenjäähdytyskoneiden, pumppujen ja lauhduttimien sähkönkulutus. Vedenjäähdytyskoneiden kuluttama sähköenergia summautuu virheellisesti kohtaan - muu sähkönkulutus. Kuvassa 29 on esitetty muun sähkönkulutuksen tehotrendi helmikuun 2007 ajalta. Muun sähkönkulutuksen osuus pohjakuormasta on helmikuussa 2007 ollut välillä 42- 46 kW. Tämä vastaa energiana 32 400 kWh ja kustannuksena 2 460 €.



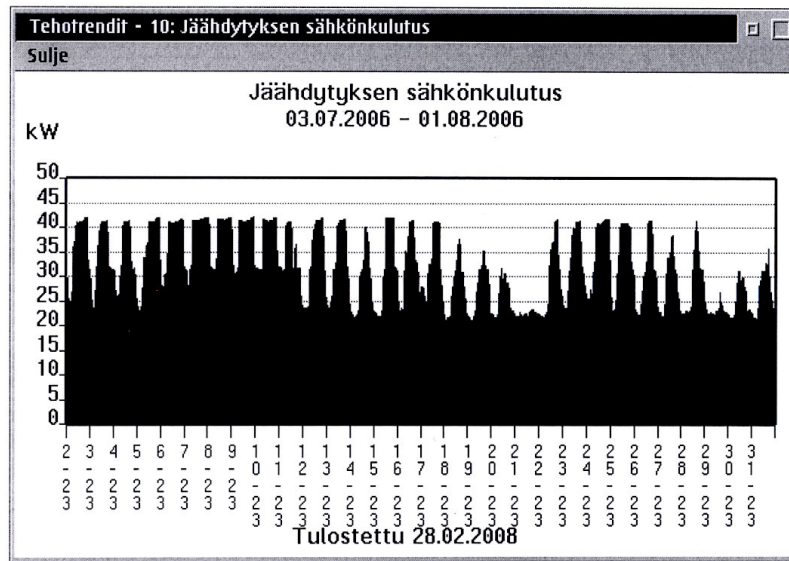
Kuva 29. Muun sähkönkulutuksen tehotrendi helmikuun ajalta vuonna 2007.

Liittymisteholtaan 180 kilowatin vedenjäähdytyskoneiden sähköenergiankulutusta arvioitiin jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien sähkötehon pysyvyyskäyrän avulla. Kuvan 30 jäähdytyksen tehon pysyvyyskäyrä esittää vedenjäähdytyskoneiden mittareiden puutumisen johdosta vain pumppujen ja lauhduttimien vuotuisen tehon pysyvyyden. Pysyvyyskäyrällä on pystyakselilla teho ja vaaka-akselilta on luettavissa kuinka monta prosenttia vuoden tunneista kyseisen suuruinen teho on ollut päällä.



Kuva 30. Jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien sähkötehon pysyvyyskäyrä.

Kuvasta 31 nähdään jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien kesäaikainen teho-trendi. Pohjakuorman osuus on 22 kilowattia huipputehon ollessa 43 kilowattia. Vedenjäähdytyskoneiden arvioitiin käyvän samanaikaisesti kun pumppujen ja lauhduttimien ottama teho ylittää pohjakuorman eli kesäaikaisten kulutuspiikkien ajan. Vedenjäähdytyskoneiden arvioitiin käyvän kun pumput ja lauhduttimet ottavat sähkötehoa verkosta enemmän kuin 25 kilowattia. Vedenjäähdytyskoneiden arvioitu vuotuinen käyntiaikaprosentti 15 on luettavissa kuvan 30 pysyvyyskäyrältä 25 kilowatin kohdalta vastaten 1300 tunnin vuotuista käyntiaikaa.



Kuva 31. Jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja lauhduttimien kesäaikainen tehotrendi.

Kompressoreiden liittymisteho on yhteensä 180 kilowattia. Arvioidaan, että tarvittavan kylmäenergian tuottamisen riittää kun kompressorit käyvät keskimäärin 50 prosentin teholla. Näin saadaan laskettua arvioitu vedenjäähdytyskoneiden kuluttama vuotuinen sähköenergia:

$$E_{VJK} = P_{VJK} * t = 90 \text{ kW} * 1300 \text{ h} = 117\,000 \text{ kWh}$$

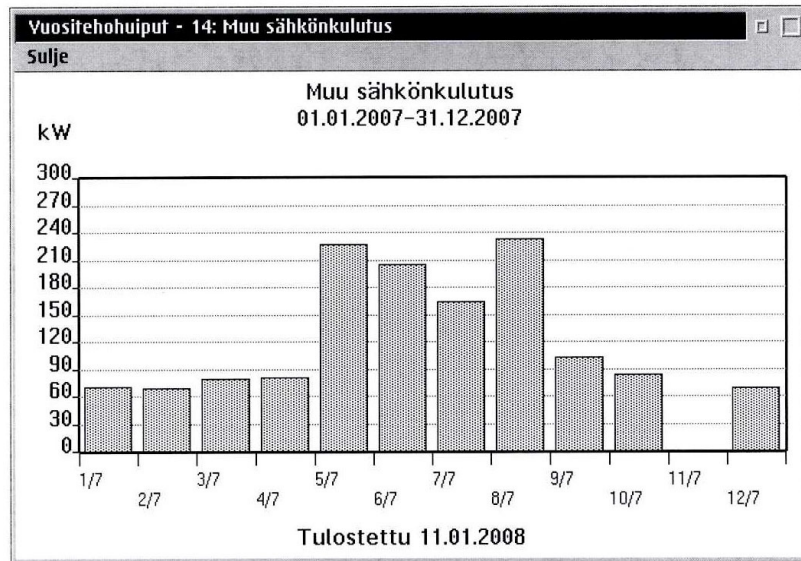
missä

E_{VJK} on vedenjäähdytyskoneiden kuluttama vuotuinen sähköenergia [kWh]

P_{VJK} on vedenjäähdytyskoneiden liittymisteho [kW]

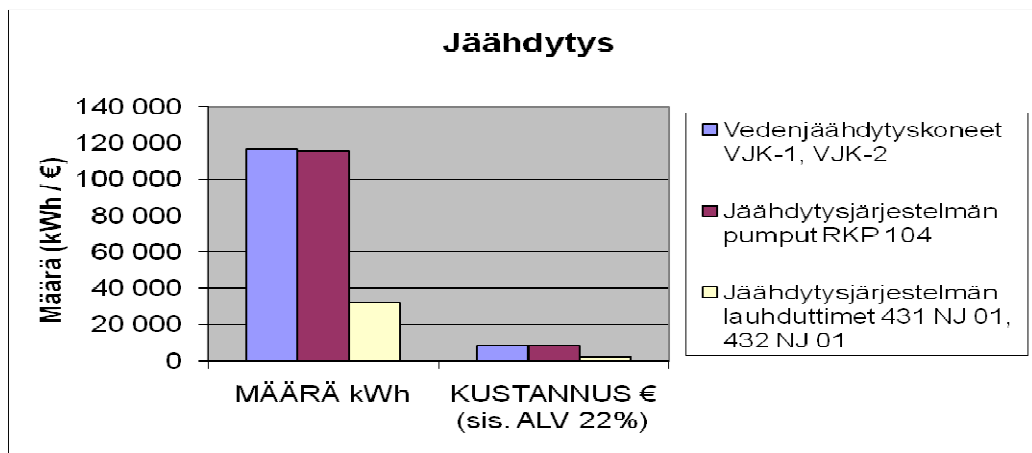
t on aika tunteina [h]

Kuva 32 esittää muun kulutuksen vuoden 2007 aikana esiintyneitä huipputehoja. Vedenjäähdytyskoneiden mittareiden puuttumisen takia niiden sähkökulutus summautuu laskennalliseen muun sähkökulutuksen mittariin. Kuvasta 32 havaitaan, että neljän kesäkuukauden aikana huipputehot ovat olleet noin 110 kilowattia huhtikuun ja syyskuun huipputehoja korkeammat, mikä tukee aiemmin pumppujen ja lauhduttimien ottaman sähkötehon avulla tehtyä arviota vedenjäähdytyskoneiden vuotuisesta sähköenergian kulutuksesta.



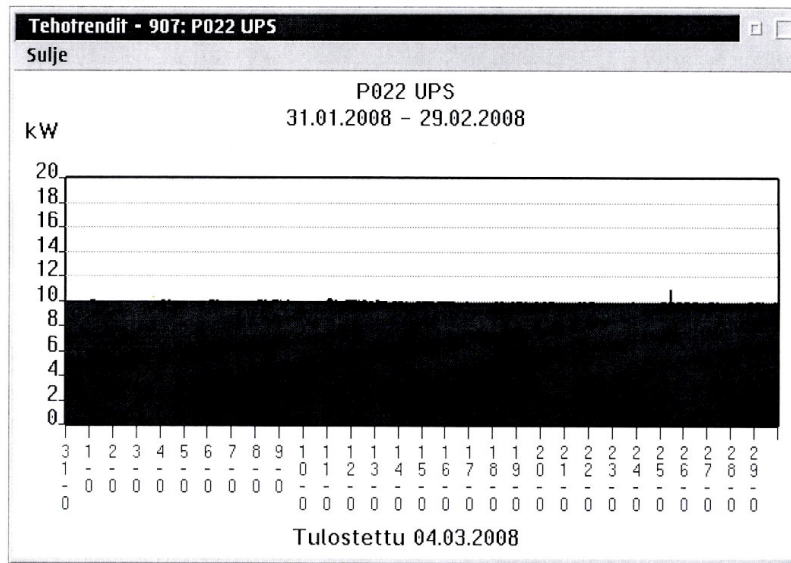
Kuva 32. Muun kulutuksen vuoden 2007 aikana esiintyneet kuukausittaiset huipputehot.

Kuvassa 33 on esitetty jäähdytysjärjestelmän kulutuksen ja kustannusten jakautuminen vedenjäähdytyskoneiden, pumppujen ja lauhduttimien kesken.

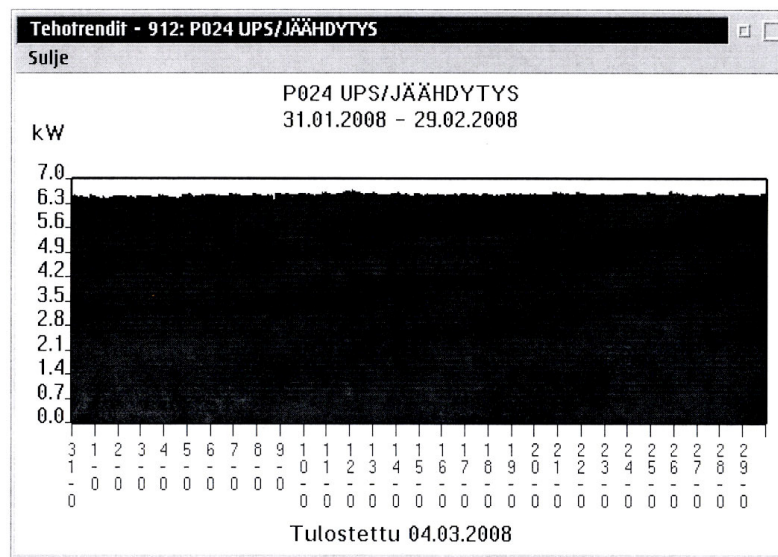


Kuva 33. Jäähdytysjärjestelmän kulutuksen ja kustannusten jakautuminen.

Kohdekäynnillä havaittiin, että Stakesin käytössä olevan toisen kerroksen serverihuoneen keskuksen RKP-022 mittari oli määrittelemättä. Energiatiedot olivat kuitenkin tallentuneet seurantajärjestelmään ja ne saatiin selville mittarin määrittelyn jälkeen. Stakesin serveritilojen keskuksen RKP-022 ja RKP-024 verkosta ottama yhteisteho on 16,5 kilowattia. Keskus RKP-024 syöttää ATK-pistorasioiden lisäksi serveritilan vakioilmastointikonetta. Kuvista 34 ja 35 havaitaan, että UPS:t ottavat yhteensä noin 16,5 kW tehon tasaisesti ympäri vuorokauden.



Kuva 34. Toisen kerroksen Stakesin serveritilan sähkönkulutus helmikuussa 2008.



Kuva 35. Toisen kerroksen Stakesin serveritilan sähkönkulutus helmikuussa 2008.

Toisen kerroksen serveritilan energiankulutus on vuonna 2007 ollut noin 145 700 kilowattituntia ja se vastaa verollisena sähkökustannuksena 11 070 euroa. Kustannusta ei ole kohdistettu sen aiheuttajalle eli Stakesille. Serveritilan sähkönkulutus on 9,8 % koko peruskorjatun rakennuksen vuotuisesta sähköenergiankulutuksesta. Serveritilan kulutuksen vaikutus sähköenergian ominaiskulutukseen on 4,1 (kWh/r-m³,a).

6.3 TKK TUAS-talo

TKK TUAS- talo on Espoon Otaniemen kampusalueella osoitteessa Otaniementie 17 sijaitseva vuonna 2003 valmistunut uudisrakennus. Rakennus on Teknillisen korkeakoulun käytössä ja siihen on sijoitettu tuotantotalouden laitos ja automaatiotekniikan laitos. Rakennuksessa on sekä opetus-, että toimistotiloja ja niiden lisäksi opiskelijaravintola.

6.3.1 Sähkönjakelu

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee 20/0,4 kilovoltin muuntamo, joka käsittää keskijännitekojeiston, kuivamuuntajat T1 ja T2 sekä sähköenergian mittausjärjestelyt. Rakennus on liitetty Fortum Espoo Distribution Oyj:n rengassyöttöverkkoon. Käytettävä sähkönsiirtotariffi on kaksiaikainen keskijännitetehonsiirtotariffi. Rakennuksen sähkön tehohuippua rajoitetaan vedenjäähdytyskoneiden automatiikkaan liitettyllä huipunleikkausohjauksella.

Keskijännitekojeisto on yksittäiskenoista kokoonpantu ja siten laajennettava SF₆- eristeinen kojeisto. Sähkön ostomittauksen mittamuuntajat sijaitsevat keskijännitekojeistossa. Sähkönsyöttö keskijännitekojeistolta muuntajille on toteutettu kaapeleilla. 20/0,4 kilovoltin muuntajia on kaksi kappaletta kumpikin teholtaan 800 kVA.

Rakennuksen pienjännitteinen sähkönjakelu muuntajilta nousu- ja ryhmäkeskuksiin tapahtuu pääkeskusten PK1 ja PK2 kautta. Pääkeskuksia syötetään muuntajilta asennuslattian alla olevilla 4-kiskoisilla kiskosilloilla (4 x 1600 A). Pääkeskukset on varustettu Carlo Gavazzin valmistamilla WM3- 96 digitaalisilla mittareilla. Mittalaitteista on luettavissa vaihekohtaiset virrat, teho, hetkellisteho ja jännitteet. Rakennuksen sähkönjakelu pää- ja nousukeskuksista kulutusasteille on hoidettu jakokeskusten kautta. Ilmastointikonehuoneissa on tuloilmakojeikohtaiset keskuskeskukset, jotka saavat syöttönsä ilmastointikonehuoneiden nousukeskuksilta NK YH 401 ja NK YH 402. Rakennuksen sähkönjakelu on esitetty liitteessä 7 olevassa nousujohdokaaviossa SÄ H4402.

Rakennuksessa on sähköenergian jälkimittaukset keittiölle ja tukiasemalle. Pääkeskustilan mittarikoteloista ei kuitenkaan löydy sähkötyöselityksessä SÄH 0001 mainittua kiinteistö-sähkön energian jälkimittausta. Sen sijaan on mitattu nousukeskus NK YH 101 joka syöttää yleisiä tiloja kuten aulat, auditoriot, portaat, vahtimestarin tila, ruokalan valot, ruokasalin viereiset ryhmätyötilat ja kokoushuoneet. Niin sähkösuunnittelija kuin valvojakin olivat sitä mieltä, että kiinteistösähkölle olisi asennettu jälkimittaus. Kiinteistösähkön pääkeskuksessa PK2 on kuitenkin vain huipputehon, vaihekohtaiset jännitteet ja virrat osoittava mittari.

6.3.2 Valaistus

Toimistokäytävien, vahtimestarintilan ja ravintolan valaistusta ohjataan erillisistä ohjauskeskuksista. Normaalien työtilojen valaistusta ohjataan kaksiportaisesti siten, että epäsuoraa valaistusosuutta ohjataan painikkeilla aluekohtaisesti käytäville poistumisreittien yhteyteen sijoitetuista ohjauskeskuksista ja suoraa valaistusosuutta paikallisesti läsnäoloilmallisimien avulla. Tämän lisäksi työtilojen epäsuora valaistusosuus sammutetaan iltaisin kiinteistön automaatiojärjestelmän sammutuspulssin avulla ja sekä suoraa että epäsuoraa osaa työtilojen valaistuksesta voidaan ohjata valaisinkohtaisilla vetonarukytkimillä.

Käytävätilojen valaistusta ohjataan kello-ohjauksella kiinteistövalvonnasta ja iltaisin painikeohjauksena kulkuvalopainikkeista. Aulavalaistusta ohjataan lasikattoalueen osalta päivänvalo-ohjattuna ryhmäohjauksena ja käytäväalueiden osalta aikaohjattuna alueohjauksena kiinteistövalvonnasta. Ulkovalaistusta ohjaa kiinteistöautomaatiojärjestelmän aikaohjelma ja valoisuusanturi.

6.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmastointijärjestelmän puhaltimia ja pumppuja säädetään ABB:n valmistamilla ACS- 400 taajuusmuuttajilla. Ilmastointikoneiden tehotiedot laskettiin taajuusmuuttajista luettujen virtojen avulla ja ne on esitetty taulukossa 12. Taulukkoon on koottu myös konekohtaiset ilmavirrat, jotka luettiin kiinteistövalvomon näyttöpäätteeltä.

Kiinteistön ilmanvaihdon energiatehokkuutta tarkasteltiin selvittämällä SFP- luku ilmavirran ja puhallintehojen avulla. Tulo- ja poistoilmamäärät luettiin taloautomaation graafiselta näytöltä. Tuloilmamäärä oli yhteensä 25,32 m³/s ja poistoilmamäärä 17,16 m³/s. Poistoilmakoneen PK 301 ilmamäärää ei saatu luettua. Joka tapauksessa poistoilmamäärä on tuloilmamäärää pienempi. SFP- luvun laskennassa käytetään ilmamääristä suurempaa, eli tässä tapauksessa tuloilmamäärää 25,32 m³/s. Tulo- ja poistoilmapuhaltimien verkosta ottama teho oli yhteensä 98,6 kW.

$$\text{SFP} = 98,6 \text{ kW} / 25,32 \text{ (m}^3/\text{s)} = 3,9 \text{ kW/ (m}^3/\text{s)}$$

Havaitaan, että ilmanvaihdon ominaissähköteho ylittää merkittävästi rakentamismääräyskokoelmassa määritellyn maksimirajan 2,5 kW/(m³/s). Ominaissähkötehon ylitys on 56 % verrattuna ohjearvoon. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että ilmanvaihto ei tässä kohteessa toimi energiatehokkaasti. Tässä yhteydessä on todettava, että taloautomaation näytöltä ilmamääriä luettaessa on olemassa virhemahdollisuus. Ilmamäärä 25 m³/s vaikuttaa pieneltä rakennuksen laajuus huomioon ottaen. Ilmastointikoneisiin asennetut mittauselimet eivät välttämättä ole tarkkoja.

Taulukko 12. TKK TUAS- talon ilmastointikoneiden sähköverkosta ottamat tehot ja ilmavirrat.

TKK TUAS TALO: Ilmastointikoneiden tehotiedot						
Kone		Moottorin nimellisteho [kW]	Virta [A]	Taajuusmuuttajan tehohäviöt [kW]	Verkosta otettu teho [kW]	Ilmavirta [m ³ /s]
TK	301	7,5	9,1	0,24	6,5	3,9
TK	302	4				
TK	303	5,5	6,1	0,18	4,4	2,6
TK	304	11	9,4	0,34	6,8	2,3
TK	305	7,5	10,7	0,24	7,6	2,9
TK	306	7,5	15	0,24	10,6	3,7
TK	307	7,5	5,3	0,24	3,9	2,6
TK	308	15	14,9	0,46	10,7	4,8
TK	309	11	10,7	0,34	7,7	2,7
TK Yhteensä		76,5	81,2	2,28	58,3	25,3
PK	301	5,5	6,5	0,18	4,7	
PK	302	3		0,1		
PK	303	2,2	1,6	0,1	1,2	1,8
PF	304	7,5	7,6	0,24	5,5	2,3
PK	305	5,5	6,8	0,18	4,9	2,5
PK	306	5,5	7,5	0,18	5,4	2,7
PK	307	5,5	5	0,18	3,6	1,7
PK	308	11	14,2	0,34	10,1	4,0
PK	309	5,5	6,9	0,18	4,9	2,3
PK	310					
PK Yhteensä		51,2	56,1	1,7	40,3	17,2

6.3.4 Jäähdytysjärjestelmä

Rakennus on varustettu koneellisella jäähdytysjärjestelmällä. Jäähdytysjärjestelmän laitteet on lueteltu taulukossa 13. EKP- COOL Oy:n valmistamia vedenjäähdytyskoneita on kaksi kappaletta ja niiden sähköliittymisteho on yhteensä 400 kilowattia ja jäähdytysteho yhteensä 1 106 kilowattia. Kylmäaineena on R 134 a ja sitä on verkostossa 100 kilogrammaa. Kompressorit ottavat kumpikin käydessään 294 ampeerin virran. Jäähdytysjärjestelmän pumppuja on 9 kappaletta ja niiden liittymisteho on yhteensä 76 kilowattia. Pumppuja säädetään ABB:n valmistamalla ACS- 400 taajuusmuuttajilla.

Kesällä puhalletaan jäähdytettyä tuloilmaa kaikkiin tiloihin ja sen lisäksi on huonekohtainen palkkijäähdytys. Yksittäisten huoneiden palkkijäähdytys hoidetaan talvella käyttäen vapaakiertoa. Pumput pyörivät myös vapaajäähdytyksen käytön aikana. Talviaikana ei jäähdytetä tuloilmaa vaan se puhalletaan sisään normaalilämpöisenä.

Taulukko 13. TKK TUAS- talon jäähdytysjärjestelmän laitteiden tehotiedot.

Jäähdytysjärjestelmän laitteet		
Laitteet	Määrä [kpl]	Liittymisteho [kW]
Vedenjäähdytyskoneet	2	400
Kiertopumput	9	76
Lauhdutuspuhaltimet	16	16
Kierrätysilmakoneet	25	8,9
YHTEENSÄ	52	500,9

6.3.5 Energiankulutustavoitteet

Rakennuksen luonnossuunnitteluvaiheessa on tehty varsin seikkaperäiset laskelmat eri kulu-
tuskohteiden energiakulutustavoitteista. Laskelmien laadinnassa on käytetty Insinööritoimisto
Olof Granlund Oy:n kehittämää Riuska-energiasimulointiohjelmaa. Ohjelmassa ei kyseistä
rakennusta suunniteltaessa ollut vielä sovellusta sähköenergiankulutuksen simuloimiseksi.
Sähkönkulutusta on laskettu Excel- sovelluksella. Sähkön ominaiskulutusta on määritelty
laskemalla tilatyypikohtainen tehotehiys ja kunkin tilan tai taloteknisen järjestelmän prosen-
tuaalinen osuus kokonaiskulutuksesta.

Energiankulutustavoitteet on laskettu tilatyypikohtaisesti käyttäjän antamien käyttöaikojen
perusteella. Laskenta on tehty samalla tavalla myös laitesähkölle ja lämmitykselle. Asian
yhteenvedo ilmenee liitteessä 8 olevassa taulukossa. Laskelmissa on arvioitu myös huippu-
tehoa.

Tällä hetkellä Riuska- ohjelmassa on sovellus myös sähköenergian kulutuksen laskemiseen.
Rakennus mallinnetaan kolmiulotteisesti (3 D) ja Riuska- ohjelma laskee energiankulutuksen
koko vuoden jokaiselle käyttötunnille. Jos rakennuksessa on jäähdytys, sähkönkulutus
lasketaan keskimääräisen kulutuksen aiheuttaman lämpökuorman mukaisesti. Esimerkiksi
auringon säteilyn tuottama lämpökuorma tulee laskennassa huomioitua siten, että se huomioi
auringon kierron vaikutuksen tilakohtaisesti.

Valaistuksen sähköenergiankulutuksesta on tehty arvio viikon jokaiselle päivälle. Lähtötietona
on ollut, että osassa rakennusta on käyttöä myös viikonloppuisin. Iltaisin käyttöaikojen on
arvioitu olevan kello 21- 22 saakka, jonka perusteella on tehty laskelma epäsuoran valaistuksen
käytön vaikutuksesta energiankulutukseen.

Suoraa ja epäsuoraa valaistusta on oletettu käytettävän suhteessa 50/50 %. Suoraa valaistusta
ohjataan läsnäolon perusteella ja sen osalta kulutus noudattaa huoneiden käyttöastetta. Valot
kytkettyvät pois päältä työntekijöiden poistuessa huoneestaan. Epäsuoraa valaistusta on
oletettu olevan päällä tilojen käyttöaikojen mukaisesti ja kulutusarvio perustuu viikon tunti-
kohtaisen käytön arvioon.

6.3.6 Ominaiskulutus ja kulutuksen jakautuminen

Sähköenergian arvioitu ominaiskulutus on suunnitteluvaiheessa ollut 29 (kWh/r-m³,a). Kiinteistösähkön arvioitu ominaiskulutus on ollut 10,7 (kWh/r-m³,a) ja käyttäjäsähkön ominaiskulutus 18,4 (kWh/r-m³,a). Käyttäjäsähkön kulutus riippuu käyttäjän toiminnasta ja käyttöajoista. Suunnittelussa pystytään helpommin arvioimaan kiinteistösähkön kulutusosuutta. Tilakohtaisessa ominaiskulutuslaskelmassa on arvioitu erikseen käyttäjäsähkön ja kiinteistösähkön kulutusta. Tilakohtaiset ominaiskäyttötehot ilmenevät liitteen 8 taulukosta. Taulukon viimeisessä sarakkeessa on kulutusjakautuma kiinteistösähkö (KIS) ja käyttäjäsähkö (KÄS). Energian kulutustavoitteeseen on päädytty käyttäjältä saatujen pitkien käyttöaikojen perusteella. Mikäli käyttöajat ovat lyhyemmät, niin sillä on luonnollisesti merkittävä vaikutus sähkönkulutukseen.

Liitteessä 9 on yhteenveto energiankulutuksen laskennasta. Yhteenvedossa esiintyvä visuaalinen mittari on Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:n kehittämä. Se on kehitetty palvelemaan tarvetta esittää energiatehokkuutta käyttäjälle havainnollisesti, luvut eivät sellaisenaan asiaan vihkiytymättömälle paljoa kerro. Mittarin asteikon alueet ovat matala- keskimääräinen- korkea. TKK TUAS- talo on sijoittunut mittausasteikossa alueelle keskimääräinen, joskin täpärästi.

Suunnittelija oli sitä mieltä, että kiinteistösähkön osuus on arvioitu todellista alhaisemmalle tasolle ja sen sijaan käyttäjäsähkön osalta käyttäjien ilmoittama pitkä käyttöaika nostaa tavoitekulutuksen korkealle tasolle. Käyttöaikojen arvioiminen on suunnitteluvaiheessa vaikeaa.

Vuoden 2007 toteutunut sähköenergiankulutus on ollut 23,34 (kWh/r-m³,a) ja se on 20 % alhaisempi kuin suunnitteluvaiheessa laskettu tavoitekulutus. Kulutus riippuu olennaisesti käyttöajoista ja on tehtävissä johtopäätös, että käyttöajat ovat olleet suunnitteluvaiheessa annettuja lyhyemmät. Lyhempi käyttöaika vaikuttaa valaistuksen ja tietokoneiden sähkönkulutukseen.

Huipputehon laskelma on tehty yhden tunnin keskiteholla. Vuoden 2007 toteutunut huipputeho on ollut 606 kW kun se on suunnitelmassa ollut 630 kW. Huipputehon suuruutta on laskettu helmikuussa ja heinäkuussa. Laskelman mukaan huipputeho on samansuuruinen molempina kuukausina.

6.3.7 Toteutuneet kulutukset ja kustannukset

Liitteessä 3.2 on esitetty TKK TUAS- talon sähkön kulutusvertailu. Siinä on verrattu vuoden 2007 toteutunutta kulutusta tavoitekulutukseen sekä edellisen vuoden kulutukseen. Kulutusvertailussa tavoitekulutus on asetettu edellisen vuoden kulutuksen perusteella. Liitteessä 3.2 olevassa vuosiraportissa näkyy kulutuksen jakautuminen päivä- ja yöaikaisen kulutuksen kesken. Liitteessä 3.2 on lisäksi elokuun 2007 kuukausiraportti.

Vuonna 2007 TKK TUAS- talon sähkönkulutus oli 2 081 487 kilowattituntia ja verolliset sähkökustannukset olivat 142 659 euroa. EnerKey- energianseurantajärjestelmän sähkökustannusraportista puuttui sähkön siirron kustannukset, koska käytössä oleva siirtotariffi ei ollut Energiakolmio Oy:n tiedossa. Tietoa ei saatu selvitettyä Senaatti- kiinteistöistä. Tieto käytössä olevasta siirtotariffista saatiin kysymällä se verkkoyhtiöstä ja EnerKey päivitettiin kuntoon tältä osin.

Taulukossa 14 on esitetty rakennuksen toteutunut sähkönkulutus vuosien 2005- 2007 ajalta ja verrattu sitä tavoitekulutukseen. Vuoden 2007 kulutus on jäänyt 513 942 kilowattituntia suunnittelun aikaista tavoitekulutusta alhaisemmaksi. Vuoden 2007 kulutus on ollut prosentteina 19,8 % tavoitekulutusta alhaisempi. Taulukosta havaitaan, että vuonna 2006 kulutus on ollut 548 668 kilowattituntia tavoitekulutusta alhaisempi. Vuoden 2007 toteutunut kulutus vastaa 35 128 € alhaisempaa kustannusta verrattuna tavoitekulutukseen.

Taulukko 14 . TKK TUAS- talon sähkönkulutus vuosina 2005, 2006 ja 2007

TKK TUAS-talo, kulutukset 2005-2007				
Tilavuus: 89190 [r-m³]		2005	2006	2007
Kulutus [kWh]	Tavoite	2595429	2595429	2595429
	Toteutunut	2051541	2046761	2081487
	Erotus	-543888	-548668	-513942
Ominaiskulutus [kWh/r-m³,a]	Tavoite	29,1	29,1	29,1
	Toteutunut	23	22,95	23,34
	Erotus	-6,1	-6,15	-5,76
Kustannus [€]	Tavoite	159619	182 978	177 787
	Toteutunut	126170	144 341	142 659
	Erotus	-33449	-38637	-35128

6.3.8 Kenttätutkimus

Kiinteistössä suoritettiin hetkellisten virtojen mittauksia sen selvittämiseksi mihin kulutuskohteisiin sähkö jakautuu. Mittaukset suoritti sähkötöiden johtaja Kalevi Korkeakoski kiinteistöhuoltoliike ISS Palvelut Oy:stä. Mittalaitteena käytettiin Fluke 23 Multimeter- mittaria varustettuna Fluke 80i- 400 AC pihtivirtauslaitteella. Suoritettujen mittausten tulosten perusteella ei ole mahdollista tehdä tarkkaa arviota sähkönkulutuksen jakautumisesta kulu-

tuskohteittain. Tavoitteena oli selvittää kohtuullisin kustannuksin kulutusjakaumaa kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön välillä. Kiinteistösähkön osalta selvitettiin jakauma jäähdytysjärjestelmän ja ilmastointijärjestelmän osalta. Suoritettujen mittausten perusteella on mahdollista arvioida kiinteistösähkön kulutusta työaikojen ulkopuolella. Käyttäjäsähkön osuus on kokonaiskulutuksen ja kiinteistösähkön kulutuksen erotus.

Mittaukset suoritettiin pääkeskuksesta PK 2 lähtevistä kiinteistösähköä syöttävien keskusten RYH 402, NKYH 401, NKYH 402, VJK1 ja VJK2 nousukaapeleista. Lisäksi mitattiin pääkeskuksesta PK 1 lähtevän nousukeskuksen NKYH 101 nousukaapelin virrat. Yleisiä tiloja, kuten auloja, auditorioita, portaita, vahtimestarin tilaa, ruokalan valoja sekä ruokalan viereisiä ryhmätyötiloja ja kokoushuoneita syöttävän nousukeskuksen NKYH 101 lähtö on varustettu jälkimittauksella. Nousukeskuksen NKYH 101 jälkimittauksen lukema 27.1. oli 16740 kWh ja kerroin on 80 eli kulutusta on rakennuksen valmistumisesta lähtien ollut 1 339 200 kWh.

Tehot on laskettu mitatuista vaihevirroista seuraavaa kaavaa käyttäen:

$$P = \sqrt{3} \times U_p \times I_v \times \cos \phi$$

missä

P on päätöteho [kW]

U_p on pääjännite [V]

I_v on vaihevirta [A]

cos phi on tehokerroin

Kiinteistöt ovat pienjännitepuolella tähteen kytkettyjä epäsymmetrisiä kuormia, jossa on nollajohdin. Pienjännitepuolen pääjännite on 400 voltia. Kuormituksen epäsymmetriasta johtuen vaihevirrat ovat eri suuria ja virtamittaus on suoritettava kustakin vaiheesta erikseen. Jokaisella vaiheella on epäsymmetrisestä kuormasta johtuen myös eri suuri tehokerroin. Kuormituksen verkosta ottama teho on vaihetehojen summa. Loistehon kompensoinnilla varustettujen liittymien tehokerroina voidaan käyttää arvoa 0,98.

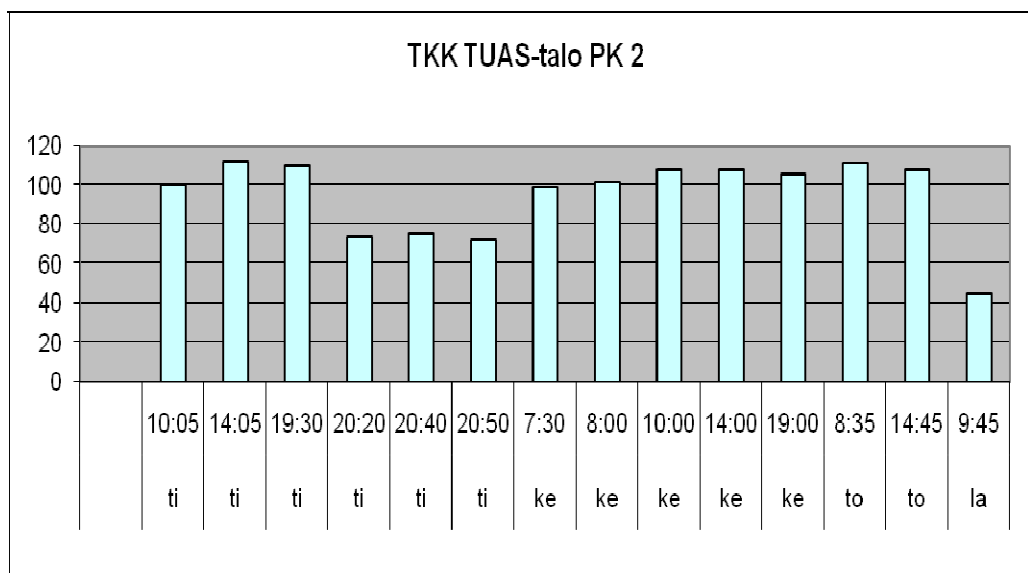
6.3.9 Kulutuksen jakautuminen

Kuvassa 36 on esitetty kohteessa suoritettujen mittausten tulosten perusteella piirrettyä kiinteistösähkön pääkeskuksen PK 2 sähkötehon trendi. Taulukko 15 on mittauspöytäkirja, josta ilmenee vaihekohtaisten virtojen mittausten suoritusajat. Taulukon oikean puoleisen sarakkeen tehojen arvot on saatu laskemalla vaihevirtojen avulla. Kuvasta 36 voidaan havaita, että kiinteistösähkön tehon vaihtelu noudattaa vuorokausirytmää.

Taulukko 15. Kiinteistösähkön pääkeskuksen PK 2 mittauspöytäkirja.

TKK TUAS-talo PK 2						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho P_{kok} , $P=(U_V \cdot I \cdot \cos \phi)/1000$ [kW]
			L1	L2	L3	
29.1.	tiistai	10:05				100,0
29.1.	tiistai	14:05				112,0
29.1.	tiistai	19:30				109,8
29.1.	tiistai	20:20				73,6
29.1.	tiistai	20:40				75,0
29.1.	tiistai	20:50				72,4
30.1.	keskiviikko	7:30				98,7
30.1.	keskiviikko	8:00				101,4
30.1.	keskiviikko	10:00				107,5
30.1.	keskiviikko	14:00				107,8
30.1.	keskiviikko	19:00	150	158	162	106,0
31.1.	torstai	8:35	157	166	168	111,0
31.1.	torstai	14:45	152	161	165	108,0
2.2.	lauantai	9:45	64	70	67	45,0

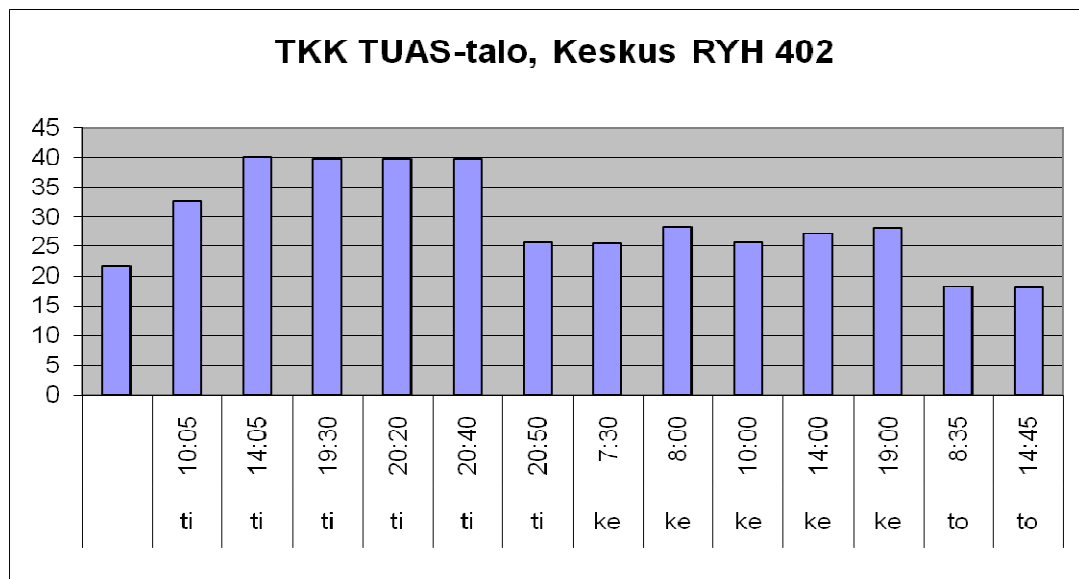
Tarkastellaan nyt keskiviikkona 30.1.2008 suoritettuja mittauksia. Kiinteistösähkön verkosta ottama teho noudattaa työaika, aamulla kello 7:30 tehoa tarvitaan 99 kilowattia. Tehon tarve nousee työpäivän aikana jonkin verran. Suurin teho 108 kilowattia tarvitaan kello 14:00. Illalla kello 19:00 aikana on tehoa edelleen päällä 106 kilowattia. Kuvasta havaitaan, että rakennukseen jää arkinen työajan päätyttyä päälle kiinteistösähkön kulutuksen osalta 72- 75 kilowatin pohjakuorma. Lauantaina aamulla kello 9.45 kiinteistösähkön teho oli päällä 45 kW.



Kuva 36. TKK TUAS- talon kiinteistösähkön pääkeskuksen PK 2 tehotrendi trendi ajalta 29.1.2008-2.2.2008.

Kuvassa 37 on esitetty kohteessa suoritettujen mittausten tulosten perusteella piirrettynä jäähdytysjärjestelmän liuosjäähdyttimien keskuksen RYH 402 tehotrendi. Liitteessä 10 on mittauspöytäkirja ja siitä ilmenee mittausajat ja vaihekohtaisten virtojen arvot. Oikean puoleisissa sarakkeissa näkyy tehot, jotka on laskettu vaihevirtojen perusteella.

Kuvasta 37 havaitaan miten rakennuksen jäähdytysjärjestelmässä on päällä lauhdutustehoa. Tarkastellaan tiistain 29.1.2008 tuloksia. Tiistaina lauhdutustehoa on tarvittu kello 10:05 aikaan 22 kilowattia ja kello 14:05 aikaan 33 kilowattia. Kuvasta 37 havaitaan, että lauhdutustehoa on päällä eniten työajan päätyttyä, ollen tiistaina vielä kello 20:50 aikaan 40 kilowattia. Lauantaina aamulla lauhdutustehoa oli päällä 18 kilowattia.

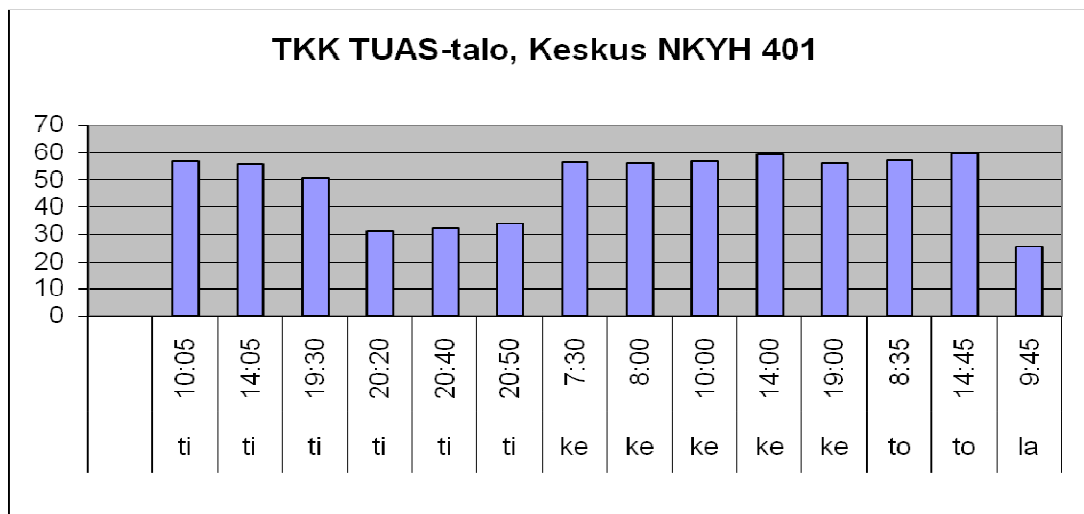


Kuva 37. Jäähdytysjärjestelmän liuosjäähdyttimien tehotrendi ajalta 29.1.2008- 2.2.2008.

Kun on kyseessä talviaika, niin voidaan esittää kysymys mistä näin suuri lauhdutustarve johtuu. Kohdekäynnillä todettiin, että jäähdytysjärjestelmän pumput 401 P 01, 401 P 02, 401 P 03, 401 P 04 pyörivät. Kiinteistön huoltomiehen kertoman mukaan ATK- palvelimien tilojen jäähdytystä ja ATK- luokkien jäähdytyksen kattopalkkeja on samassa koko rakennuksen kattavassa jäähdytysverkostossa. Lisäksi työntekijöillä on mahdollisuus säätää tilansa lämpötilaa. Sen sijaan mittauksissa havaittiin, että molemmat vedenjäähdytyskoneet ottivat verkosta koko mittausjakson ajan tasaisesti vain 0,5 kilowatin tehon.

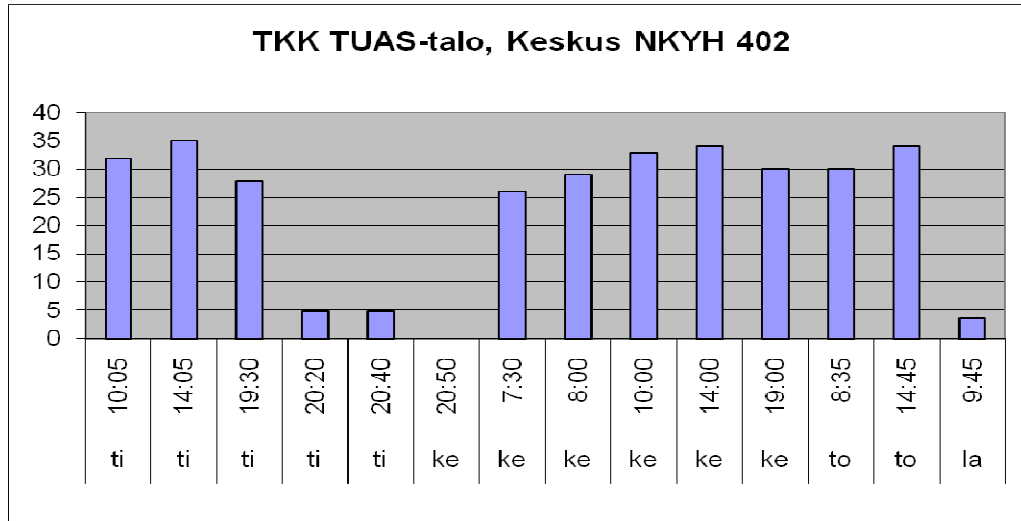
Ilmastointijärjestelmän puhaltimia syötetään keskuksista NKYH 401 ja NKYH 402. Keskusten virtojen mittauspöytäkirjat ovat liitteessä 10. Kuva 38 on piirretty keskuksista NKYH 401 suoritettujen virtamittausten tulosten perusteella keskuksen syöttämien ilmastointikoneistojen TK 301 – TK 306 tehotrendistä. Kuvasta 38 nähdään, että nämä 6 kappaletta tuloilmakoneistoa ottavat sähköverkosta työpäivänä kello 7:30 – 19.30 välisenä aikana tehoa tasaisesti noin 56- 60 kilowattia. Tehontarve laskee 31 kilowattiin kello 20:20.

Lauantaina aamulla ilmastointi ottaa verkosta 25 kilowatin tehon. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että ilmanvaihtopuhaltimet käyvät työajan ulkopuolella puolella teholla. On kuitenkin todettava, että ilmanvaihtokoneet käyvät lähellä nimellistehoaan (72 kW) iltaisin varsin myöhään. Käyntiaikoja tulisi tarkastaa todellisen tarpeen mukaiseksi. Mikäli suuremman tehon käyntiaikaa voidaan lyhentää työpäivinä vuorokausittain tunnilla, saavutetaan vuoden aikana 31 500 kilowattitunnin energiansäästö, joka vastaa kustannuksena 2 400€. Lisäksi tulisi tarkastaa onko näillä koneilla todellinen tarve käydä yöaikana ja viikonloppuisin noin 30 kilowatin teholla.



Kuva 38. Tuloilmakoneiden TK 301, TK 302, TK 303, TK 304, TK 305 ja TK 306 tehotrendi ajalta 29.1.2008- 2.2.2008.

Kuvassa 39 on piirretty keskuksista NKYH 402 suoritetun virtamittausten tulosten perusteella keskuksen syöttämien ilmastointikoneistojen TK 307 – TK 310 tehotrendi. Kuvasta 39 ja liitteessä 10 olevasta taulukosta havaitaan, että näiden neljän tuloilmakoneen verkosta ottama teho noudattaa työpäivän aikana vaihteluväliä 16- 23 kilowattia. Sen sijaan huomataan suuri ero kun verrataan aiemmin esitettyjen tuloilmakoneiden TK 301- TK 306 työajan ulkopuoliseen käyttöön. Tuloilmakoneet TK 307- TK 310 ottavat tiistaina kello 20:20 aikaan tehoa vain alle 3 kilowattia ja lauantaina aamulla 1,7 kilowattia.



Kuva 39. Tuloilmakoneiden TK 307, TK 308, TK 309 ja TK 310 tehotrendi ajalta 29.1.2008-2.2.2008.

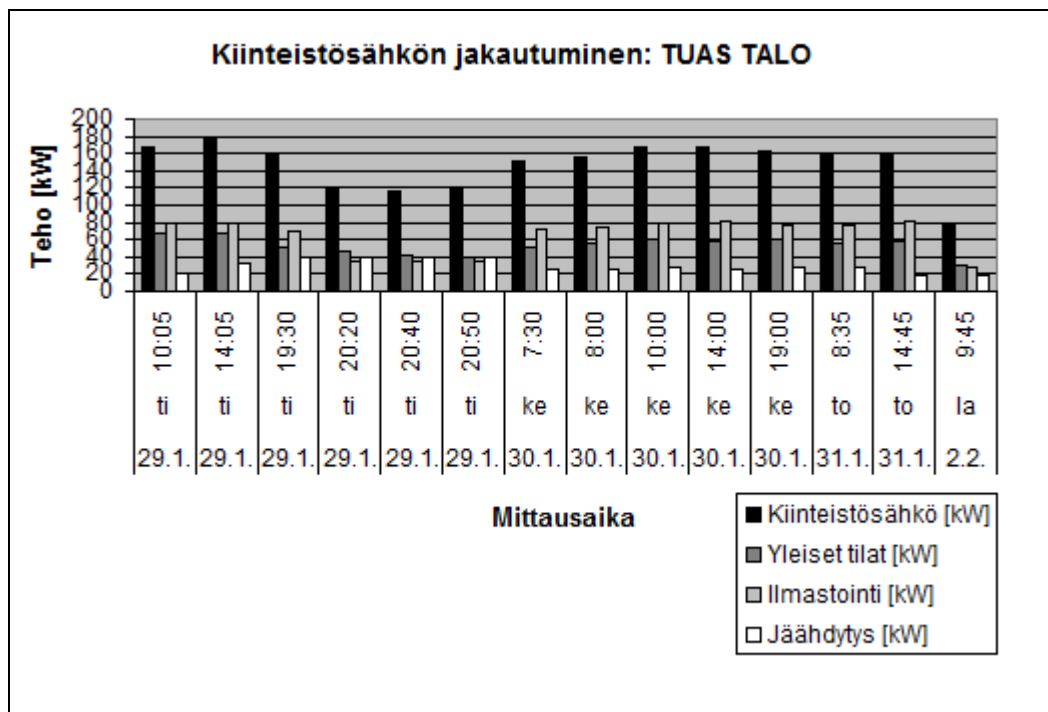
Tässä vaiheessa työtä otetaan TKK TUAS- talon kiinteistösähkön tarkasteluun mukaan yleisten tilojen sähkönkulutus. Yleisiä tiloja syötetään käyttäjäsähkön pääkeskuksesta PK 1. Taulukossa 16 on esitetty käyttäjäsähköä syöttävän nousukeskuksen NKYH 101 virtojen mittauspöytäkirja. Keskus syöttää yleisiä tiloja, kuten auloja, auditorioita, portaita, vahtimestarin tilaa, ruokalan valoja sekä ruokalan valoja sekä ruokalan viereisiä ryhmätyötiloja kokoushuoneita. Taulukosta havaitaan, että työpäivien aikana tehon vaihteluväli on 52- 68 kilowatin välillä ja putoaa kello 20:40 tasolle 41 kilowattia, joka teho näyttäisi jäävän päälle yöksi arkipäivinä. Lauantaina aamulla suoritetussa mittauksessa tulos oli 31 kilowattia. Tuloksista voidaan tehdä johtopäätös, että yleisiin tiloihin jää työajan päättyessä palamaan valoja.

Taulukko 16. TKK TUAS- talon yleisten tilojen keskuksen virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus NKYH 101						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho P_{kok} , [kW]
			L1	L2	L3	$P=(U_V \cdot I \cdot \cos \phi)/1000$
29.1.	tiistai	10:05	116	91	80	64,7
29.1.	tiistai	14:05	117	95	88	67,6
29.1.	tiistai	19:30	87	70	70	51,2
29.1.	tiistai	20:20	86	61	59	46,4
29.1.	tiistai	20:40	71	58	55	41,5
29.1.	tiistai	20:50	67	57	55	40,4
30.1.	keskiviikko	7:30	97	69	64	51,8
30.1.	keskiviikko	8:00	106	73	69	55,9
30.1.	keskiviikko	10:00	113	80	72	59,7
30.1.	keskiviikko	14:00	116	70	76	59,0
30.1.	keskiviikko	19:00	113	80	75	60,4
31.1.	torstai	8:35	107	76	67	56,4
31.1.	torstai	14:45	115	73	73	58,8
2.2.	lauantai	9:45	57	37	43	30,9

Kuva 40 esittää kiinteistösähkön jakautumisen ilmastoinnin, jäähdytyksen ja yleisten tilojen sähkönkulutuksen kesken. Kuvasta havaitaan, että kiinteistösähkön kulutuksen työpäivien aikaisen kulutuksen määräävänä tekijänä on ilmastoinnin ja yleisten tilojen sähkönkulutus. Ilmastoinnin verkosta ottama teho on aamulla kello 7.30 aikaan noin 75 kW ja nousee kello 10.00 mennessä 80 kW:iin pysyen sillä tasolla iltaan kello 19.00 saakka. Yöaikana ilmastointikuormaa on päällä noin 35 kW ja viikonloppuisin 25 kW.

Yleisten tilojen sähkönkäyttö on työpäivä aikana 60 kW ja yöaikaan 40 kW. Yleisten tilojen yöaikaista kulutusta voidaan pitää merkittävänä. Jäähdytyksen ottama sähköteho noudattaa vaihteluväliä 20- 40 kW. Kiinteistösähkön mittausjakson aikana esiintynyt suurin teho oli tiistaina 29.1.2008 kello 10.45 ollen 180 kW. Alhaisin mitattu kiinteistösähkön teho oli lauantaina 2.2.2008 kello 9.45 ollen 80 kW.



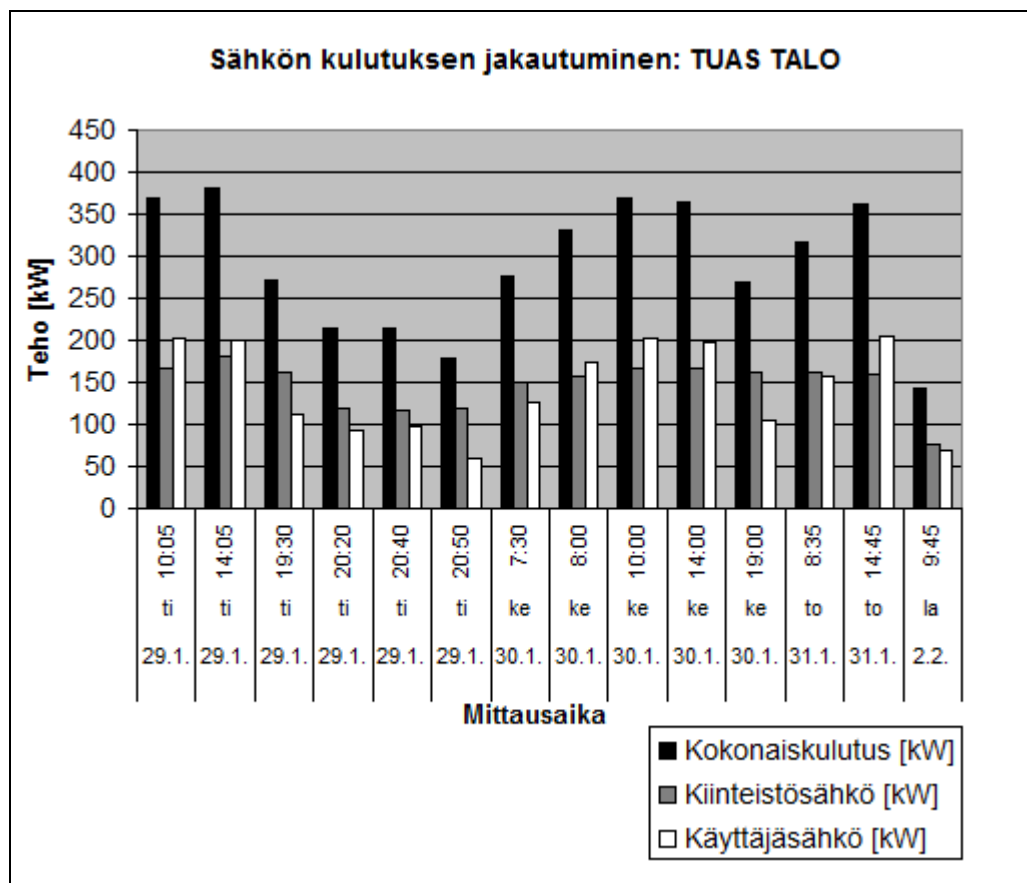
Kuva 40. Kiinteistösähkön jakautuminen ilmastoinnin, jäähdytyksen ja yleisten tilojen kulutuksen kesken.

Koko kiinteistön sähköverkosta ottamat tuntitehot sisältäen niin kiinteistösähkön kuin käyttäjäsähkön luettiin EnerKey- energianseurantajärjestelmästä kenttämittausten suoritusajoja vastaavien tuntien kohdalta. Näin energiamittausjärjestelmästä luettujen tuntitehojen ja kenttämittausten avulla saatujen kiinteistösähkön tehotietojen perusteella pystyttiin määrittelemään kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön tehojen jakautuminen mittausjakson aikana ja se on esitetty kuvissa 41 ja 42. Sama asia on esitetty myös taulukossa 17.

Taulukosta 17 sekä kuvista 41 ja 42 havaitaan, että rakennus kuluttaa kiinteistösähköä ja käyttäjäsähköä kunakin mittaushetkenä keskenään varsin samansuuruisen määrän. Kiinteistö-
sähkön kuormitus on tasaisempaa kuin käyttäjäsähkön kuormitus. Keskimääräisesti suurem-
man tehon ottaa kiinteistösähkö. Käyttäjäsähkön ottama teho on työpäivän aikana noin 200
kW kun kiinteistösähkön teho samaan aikaan on noin 170- 180 kW. Illalla kiinteistösähkön teho
on noin 120 kW kun käyttäjäsähkön teho on 90- 100 kW. Lauantaina aamulla kulutusosuudet
ovat lähestulkoon samat.

Kiinteistösähkön iltaisin päälle jäävän pohjakuorman muodostaa lähes yhtä suurilla osuuksilla
ilmastoinnin, jäähdytyksen ja yleisten tilojen osuus. Kiinteistösähkön pohjakuormaa jää päälle
iltaisin noin 120 kW.

Käyttäjäsähkön iltaisin päälle jäävä kuormitus viestii siitä, että tietokoneita ja valoja jää päälle
tilojen ollessa miehittämättömänä. Käyttäjälle tehtiin kirjallinen kysely toimitilan sähkönkäy-
töstä.

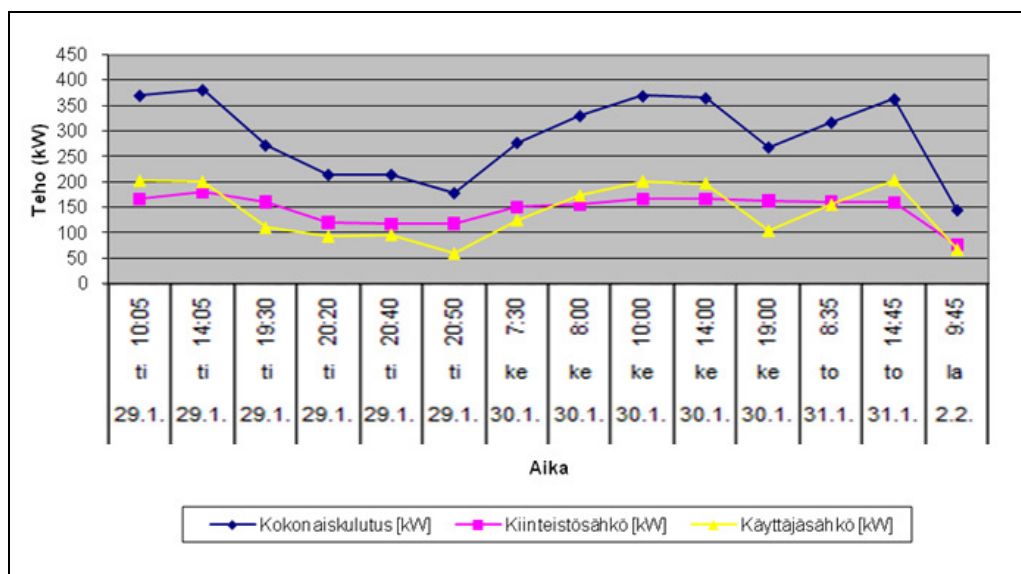


Kuva 41. Sähkön kokonaiskulutus ja sen jakautuminen kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön kesken.

Taulukko 17. Sähkön kokonaiskulutus ja sen jakautuminen kiinteistösähkön ja käyttäjäsiähkön kesken.

Pvm	Viikonpäivä	Kello	Kokonaiskulutus [kW]	Kiinteistösähkö [kW]	Käyttäjäsähkö [kW]
29.1.	ti	10:05	370	167	203
29.1.	ti	14:05	381	180	201
29.1.	ti	19:30	272	161	111
29.1.	ti	20:20	214	120	94
29.1.	ti	20:40	214	117	97
29.1.	ti	20:50	178	118	60
30.1.	ke	7:30	277	151	126
30.1.	ke	8:00	330	156	174
30.1.	ke	10:00	369	167	202
30.1.	ke	14:00	365	167	198
30.1.	ke	19:00	268	163	105
31.1.	to	8:35	317	161	156
31.1.	to	14:45	363	159	204
2.2.	la	9:45	144	76	68

Käyttäjälle tehtiin kirjallinen kysely sähkökäytöstä. Kyselyyn saadun vastauksen mukaan rakennuksessa on noin 400 kappaletta tietokonetta, 40 kappaletta monitoimilaitetta, 8 kappaletta kopiokonetta ja 8 kappaletta telefaksia. Vastauksen perusteella työajan ulkopuolella on valoja päällä työajan ulkopuolella 60 % 28 tuntia viikossa. Toimistolaitteista 70 % on päällä aukioloaikojen ulkopuolella. Energiansäästöasetusten ilmoitettiin olevan käytössä. Mittausten avulla saadut tulokset ja käyttäjältä saadut tiedot tukevat toisiaan. Rakennuksessa jää päälle käyttäjäsähkön pohjakuormaa iltaisin vajaat 100 kW.



Kuva 42. Sähkönkulutuksen tehotrendi.

6.4 TKK Tietotekniikan talo

TKK Tietotekniikan talo on Espoon Otaniemessä osoitteessa Konemiehentie 2 vuonna 1998 valmistunut uudisrakennus. Rakennus on Teknillisen korkeakoulun käytössä ja siinä toimii informaation ja luonnontieteiden tiedekunta. Rakennuksessa on sekä opetus- että toimistotiloja. Pääosa pinta-alasta on tiiviisti rakennettua toimistotilaa. Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa on huomattavan avara lasikatteella varustettu avoin tila, jossa sijaitsee opiskelijaravintola. Tilan korkeus on arviolta 12 metriä. Rakennuksessa työskentelee noin 250 ihmistä.

6.4.1 Sähkönjakelu

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee 20/0,4 kilovoltin muuntamo. Öljyeristeisiä hermeettisiä muuntajia on kaksi kappaletta. Muuntaja M1 on teholtaan 500 kilovolttiampeeria ja se syöttää käyttäjäsähkön pääkeskusta PK 1. Muuntaja M2 on teholtaan 800 kVA ja se syöttää kiinteistösähkön pääkeskusta PK 2. Molemmat muuntajat on liitetty Fortum Espoo Distribution Oyj:n rengassyöttöverkkoon. Molemmat käyttöpaikat on varustettu laskutusmittauksella. Käyttäjäsähkön käyttöpaikan numero on kp 127860. Kiinteistösähkön käyttöpaikka on kp 127861. Käyttäjäsähkön siirrossa on käytössä aikasiirtotariffi. Kiinteistösähkön siirtotariffi on keskijännitetehtonsiirtotariffi.

6.4.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennus on varustettu sisäilmastointiluokituksen S2 täyttävällä ilmastointijärjestelmällä. Luokituksen S2 mukaiset lämpötilat saavutetaan huonekohtaisella jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmällä. Rakennuksen tilat on jaettu 7 ryhmään käyttötarkoituksen mukaisesti ja kullekin niistä on oma tuloilmakoneisto. Lisäksi on pienehköjä erillisiä huippuimureita. Ilmanvaihtojärjestelmän laitteet on lueteltu sähköliittymistehoineen taulukossa 18.

Taulukko 18. TKK Tietotalon ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden tehotiedot.

Ilmanvaihtojärjestelmän laitteet		
Laitteet	Määrä [kpl]	Liittymisteho [kW]
Tuloilmakoneet	7	92
Poistoilmakoneet	31	81
Kierrätysilmapuhaltimet	9	2,6
Kiertopumput	12	10,3
YHTEENSÄ	59	185,9

Rakennuksen ilmanvaihdon energiatehokkuutta tarkastellaan selvittämällä SFP- luku ilmavirtojen ja puhallintehtojen avulla. Ilmavirtojen arvot on merkitty koneistojen kylkeen. Puhaltimien verkosta ottamat tehot luettiin taajuusmuuttajista. Tuloilmamäärä oli yhteensä 32,94 m³/s ja poistoilmamäärä 27,85 m³/s. Tuloilmapuhaltimien sähköverkosta ottama teho oli 61,3 kW ja poistopuhaltimien 47 kW. SFP- luvun laskennassa käytetään joko tulo- tai poistoilmamäärää, suurempaa niistä. Tässä tapauksessa käytetään suuremman ilmamäärän omaavaa tuloilmaa 32,94 m³/s. Kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama teho oli 108,3 kW.

$$\text{SFP} = 108 \text{ kW} / 32,94 \text{ (m}^3/\text{s)} = 3,29 \text{ kW} / \text{(m}^3/\text{s)}$$

Ilmanvaihdon ominaissähköteho ylittää rakentamismääräyskokoelmassa määritellyn maksimirajan 2,5 kW/ (m³/s). Ominaissähkötehon ylitys on 31,6 % verrattuna ohjearvoon. Tästä voidaan päätellä, että rakennuksen ilmanvaihto ei toimi energiatehokkaasti.

6.4.3 Jäähdytysjärjestelmä

Rakennus on varustettu koneellisella jäähdytysjärjestelmällä. Vedenjäähdytyskoneita on kaksi kappaletta ja ne ovat Carrier Oy:n valmistamia. Koneiden arvokilvistä ei ole luettavissa sähkötehoa. Kun tiedossa on koneiden kylmäteho 1 200 kW, siitä saadaan sähköteho jakamalla kylmäkertoimen arvolla 3. Sähkötehoksi saadaan 400 kW. Kompressorin sähköverkosta ottama teho on noin kolmannes sen tuottamasta jäähdytystehosta. Kompressorin sähkönkulutus on siis parhaimmillaankin suuri suhteessa tuotettuun kylmäenergiaan.

Jäähdytys tapahtuu liuoslauhdutteisella vapaajäähdytyksellä varustetulla koneellisella järjestelmällä, jonka pääosat ovat:

- 2 kappaletta liuoslauhdutteista ruuvikompressoria jäähdytysteholtaan yhteensä 1 200 kW
- jäähdytysvesipumput 4 kappaletta yhteiseltä sähköteholtaan 31,5 kW
- lauhdutusliuospumput 2 kpl yhteisteholtaan 18,5 kW
- liuosjäähdyttimiä 3 kappaletta lauhdutusteholtaan 425 kW

Jäähdytysvesipumppuja ohjataan Danfoss Oy:n valmistamilla taajuusmuuttajilla. Suunnitelman mukaan vedenjäähdytysjärjestelmä toimii täysin vapaajäähdytteisenä, kun ulkolämpötila on alle +5 astetta. Täyden vapaajäähdytyksen aikana käynnistysvuorossa olevan vedenjäähdytyskoneen lauhdutusliuospumppu (11 kW) käy jatkuvasti. Järjestelmä siirtyy osittaiseen koneelliseen jäähdytykseen, kun täydellä vapaajäähdytyksellä ei enää pystytä tuottamaan alle +11 asteista jäähdytysvettä. Tällöin käyntivuorossa oleva vedenjäähdytyskone (200 kW) saa käyntiluvan, jolloin sen jäähdytysvesipumppu (7,5 kW) käynnistyy ja vedenjäähdytyskone käynnistyy viiveen jälkeen. Vapaajäähdytys lakkaa kokonaan, kun vapaajäähdytyksen lämmönsiirtimelle

tulevan liuoksen lämpötila on enää +0,5...1,5 astetta. Takaisin vapaajäähdytykseen järjestelmä siirtyy neljässä vaiheessa ulkolämpötilan mukaisesti.

Kohdekäynneillä havaittiin jäähdytysjärjestelmässä olleen glycolivuotoja. Kohdekäynnillä 9.4.2008 havaittiin, että vedenjäähdytyskone VJK 1 kävi ajoittain 10- 20 minuuttia. Ulkolämpötila oli +3 astetta. Vedenjäähdytyskoneen VJK 1 lauhdutusliuospumppu P 1.2 (7,5 kW) kävi jatkuvasti samoin kuin jäähdytysvesipumppu P 1.1 (7,5 kW). Vedenjäähdytyskoneen VJK 2 lauhdutusliuospumppu P 2.2 (11 kW) kävi jatkuvasti. Samoin kävi puhallinpatteriverkoston jäähdytysvesipumppu P 4 (5,5 kW) sekä jäähdytyspalkkiverkoston jäähdytysvesipumppu P 5 (5,5 kW). Käynnissä olleiden pumppujen yhteinen nimellisteho on 37 kW. Pumppujen verkosta ottamaa tehoa ei luettu. Mikäli oletetaan kyseisten pumppujen käyvän 70 % teholla nimellisteholtaan ympäri vuoden, kuluu niiden pyörittämiseen sähköä 224 000 kWh, joka vastaa vuoden 2007 sähkön keskihinnalla laskettuna 17 000 € suuruista kustannuserää. Kuva 43 on otettu vedenjäähdytyskoneista ilmastointikonehuoneessa. Kuvasta nähdään, että vedenjäähdytyskone vaatii ilmastointikonehuoneessa suuren tilan.



Kuva 43. TTK Tietotekniikan talon vedenjäähdytyskoneet 2 kappaletta yhteiseltä sähköteholtaan 400 kW.

6.4.4 Toteutuneet kulutukset ja kustannukset

Rakennuksesta ei löytynyt suunnitteluvaiheessa tehtyjä sähköenergian kulutustavoitteita. Niitä kysyttiin suunnittelutoimistoista ja etsittiin tuloksetta Senaatti-kiinteistöjen arkistosta. Rakennus on valmistunut 10 vuotta sitten ja sähkösuunnittelija ei ole enää suunnitelmat laatineen yrityksen palveluksessa.

Liitteessä 3.3 on esitetty TKK Tietotekniikan talon sähkön kulutusvertailu. Siinä on verrattu vuoden 2007 toteutunutta kulutusta tavoitekulutukseen sekä edellisen vuoden kulutukseen. Kulutusvertailussa tavoitekulutus on asetettu edellisen vuoden kulutuksen perusteella. Liitteessä 3.3 olevassa vuosiraportissa näkyy kulutuksen jakautuminen päivä- ja yöaikaisen kulutuksen kesken sekä sähköverkosta otetut maksimi- ja minimitehot. Liitteessä 3.3 on lisäksi elokuun 2007 kuukausiraportti.

TKK Tietotekniikan talossa on kaksi käyttöpaikkaa ja molemmissa on oma laskutusmittaus. EnerKey:stä ei ilmene, missä järjestyksessä mittareita seurataan eli onko kyseessä kiinteistösähkön vai käyttäjäsähkön raportti. Asia selvitettiin kohteessa päättelemällä se tehojen perusteella. Käyttöpaikan kp 127860, eli käyttäjäsähkön kulutus on vuonna 2007 ollut 1 141 004 kWh. Käyttäjäsähkön verollinen kokonaishinta on vuonna 2007 ollut 87 813 €. Käyttäjäsähkön verollinen keskihinta on ollut 7,70 snt/kWh. Käyttöpaikan kp 127861, eli kiinteistösähkön kulutus on vuonna 2007 ollut 1 154 930 kWh. Kiinteistösähkön verollinen kokonaishinta on vuonna 2007 ollut 79 101 €. Kiinteistösähkön verollinen keskihinta oli vuonna 2007 6,85 snt/kWh. Tietotalon sähköenergian kokonaiskulutus laskettuna molemmat käyttöpaikat yhteensä on vuonna 2007 ollut 2 295 934 kWh ja verolliset kustannukset yhteensä 166 914 €. Syytä, miksi käyttäjäsähkö siirretään aikatariffilla, ei selvitetty. On ilmeistä, että tariffi kannattaisi vaihtaa keskijännitetehotariffiksi. Keskijännitetariffilla siirtokustannus on vuonna 2007 ollut verollisena 2,30 snt/kWh. Aikasiirtotariffilla se on ollut 3,14 snt/kWh. Kustannusero merkitsee käyttäjäsähkön osalta vuoden 2007 kulutusmäärällä ja hinnalla laskettuna 9 584 € kustannuserää.

6.4.5 Kulutuksen jakautuminen

TKK Tietotekniikan talon kulutuksen jakautuminen kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön kesken saatiin luettua suoraan laskutusmittareista. Kiinteistösähkön kulutusosuus kokonaiskulutuksesta vuonna 2007 oli 50,3 %. Käyttäjäsähkön kulutusosuus kokonaiskulutuksesta oli 49,7 %. Rakennuksen kiinteistösähkön kulutuksen jakautumista selvitettiin mittaamalla kiinteistösähkön pääkeskuksesta PK 2 lähtevien keskuksille NK 2, JK- IV 4.1, JK- IV 4.2, ja JK 1.3 menevien nousukaapelien virtoja. Mittaukset suoritti sähkötoiden johtaja Kalevi Korkeakoski kiinteistöhuolto- ja palveluyhtiön ISS Palvelut Oy:stä. Mittalaitteena oli Fluke 23 Multiméter varustettuna pihtivirtauslaitteella. Mittaukset tehtiin pistokoeluonteisesti, eikä tuloksista voida tehdä täsmällistä arviota kiinteistösähkön kulutuksen jakautumisesta kulutuskohteittain.

Keskus NK 2 syöttää suuren luentosalin ilmanvaihtoa, lämmönjakohuonetta ja hissiä. Mitattu vaihekohtainen virta vaihteli mittausjakson aikana 20 ja 21 ampeerin välillä eli tehoa oli päällä jatkuvasti 13,5- 14,2 kW. Keskuksen NK 2 virtojen mittauspöytäkirja on liitteessä 11 oleva taulukko 24.

Keskus JK- IV 4.1 syöttää ilmastointia ja jäähdytystä. Vedenjäähdytyskone VJK 1 saa syöttönsä keskukselta JK- IV 4.1. Keskuksen mittauspöytäkirja on taulukossa 18. Taulukosta havaitaan, että tehoa oli päällä 16,2 kW torstaina kello 7.25. Kuormitus kasvaa työpäivän aikana ja kello 10.25 aikaan tehoa oli päällä 22,3 kW. Laitteiden ottama teho putosi 11,5 kW:iin illalla kello 20

aikaan. Lauantaina aamulla tehoa oli päällä 10,4 kW. Tämän keskuksen takana olevat laitteet ottavat yöaikaan 10- 11 kW tehon.

Taulukko 18. TKK Tietotekniikan talon keskuksen JK-IV 4.1 virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus JK - IV 4.1 (Ilmastointi ja jäähdytys)						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
30.1.	keskiviikko	13:05	39	32	33	23,4
30.1.	keskiviikko	19:40	29	19	26	16,7
30.1.	keskiviikko	20:05	24	14	14	11,7
30.1.	keskiviikko	20:20	24	13	14	11,5
30.1.	keskiviikko	20:40	24	13	14	11,5
31.1.	torstai	7:25	31	20	21	16,2
31.1.	torstai	7:55	30	20	21	16
31.1.	torstai	8:15	31	20	21	16,2
31.1.	torstai	10:25	39	30	30	22,3
31.1.	torstai	14:10	31	22	22	16,9
2.2.	lauantai	9:15	22	12	12	10,4

Myös keskus JK- IV 4.2 syöttää ilmastointia ja jäähdytystä. Vedenjäähdytyskone VJK 2 saa syöttönsä tästä keskukselta. Keskuksen mittauspöytäkirja on taulukossa 19. Taulukosta havaitaan, että mittausajankohtana ilmastointi- ja jäähdytyslaitteet ottivat tehoa työpäivän aikana 103- 114 kW. Teho putosi 64 kW:iin illalla kello 20. Lauantaina aamulla tehoa oli päällä 33 kW.

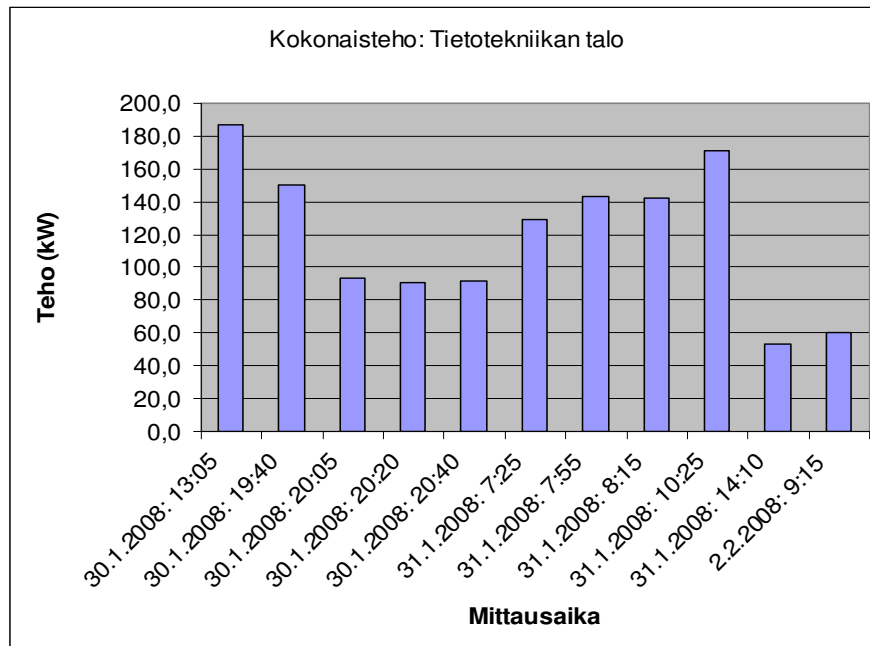
Taulukko 19. TKK Tietotekniikan talon keskuksen JK-IV 4.2 virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus JK - IV 4.2 (Ilmastointi ja jäähdytys)						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
30.1.	keskiviikko	13:05	171	165	168	113,6
30.1.	keskiviikko	19:40	171	171	174	116,3
30.1.	keskiviikko	20:05	99	90	93	63,6
30.1.	keskiviikko	20:20	96	87	90	61,5
30.1.	keskiviikko	20:40	96	90	90	62,2
31.1.	torstai	7:25	139	138	138	93,5
31.1.	torstai	7:55	150	147	153	101,4
31.1.	torstai	8:15	147	150	153	101,4
31.1.	torstai	10:25	153	150	156	103,5
31.1.	torstai	14:10	0	0	0	0
2.2.	lauantai	9:15	48	51	49	33,4

Kun tarkastellaan ilmastoinnin ja jäähdytyksen ottamaa tehoa summaamalla molempien keskusten tehot kunakin tarkasteluhetkenä, huomataan, että ilmastointi ja jäähdytys ottavat

tehoa työpäivän aikana 110- 137 kW. Illalla kello 20 aikaan teho laski 75 kW:iin. Viikonloppuna tehoa oli päällä 44 kW.

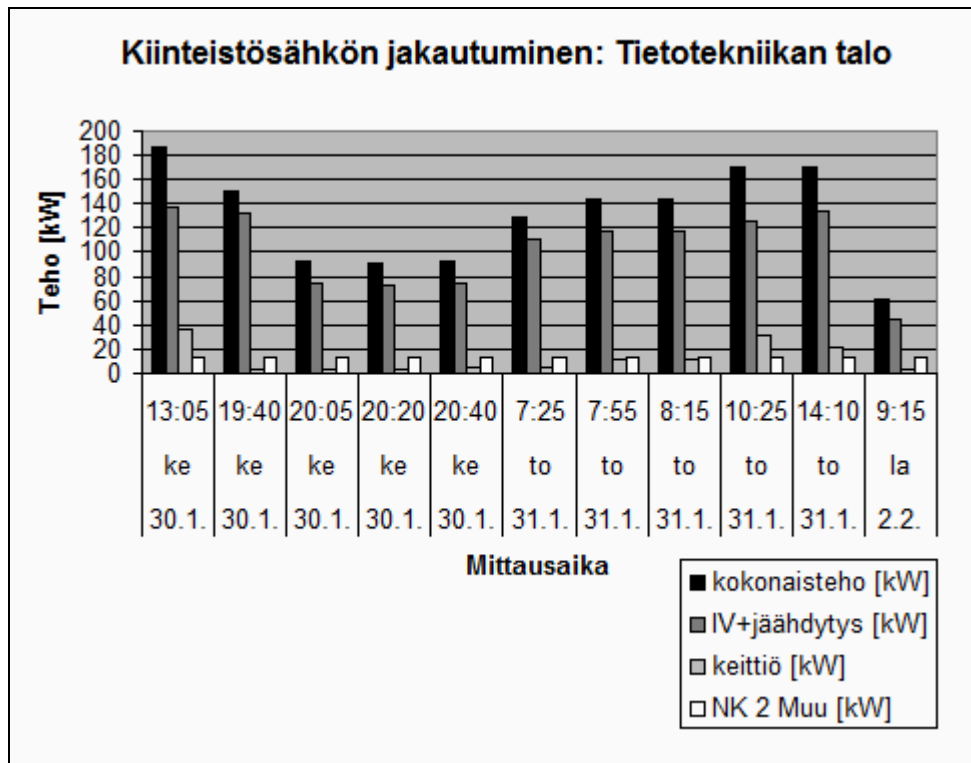
Keittiön keskuksen JK 1.3 mittauspöytäkirja on liitteessä 10. Kaikkien edellä mainittujen neljän keskuksen tehot on summattu yhteen ja tulos on esitetty kuvassa 44. Kuvassa on esitetty kiinteistösähkön tehotrendi mittausjakson 30.1.2008- 2.2.2008 ajalta.



Kuva 44. Tietotekniikan talon käyttöpaikan KP 127861 kiinteistösähkön tehotrendi.

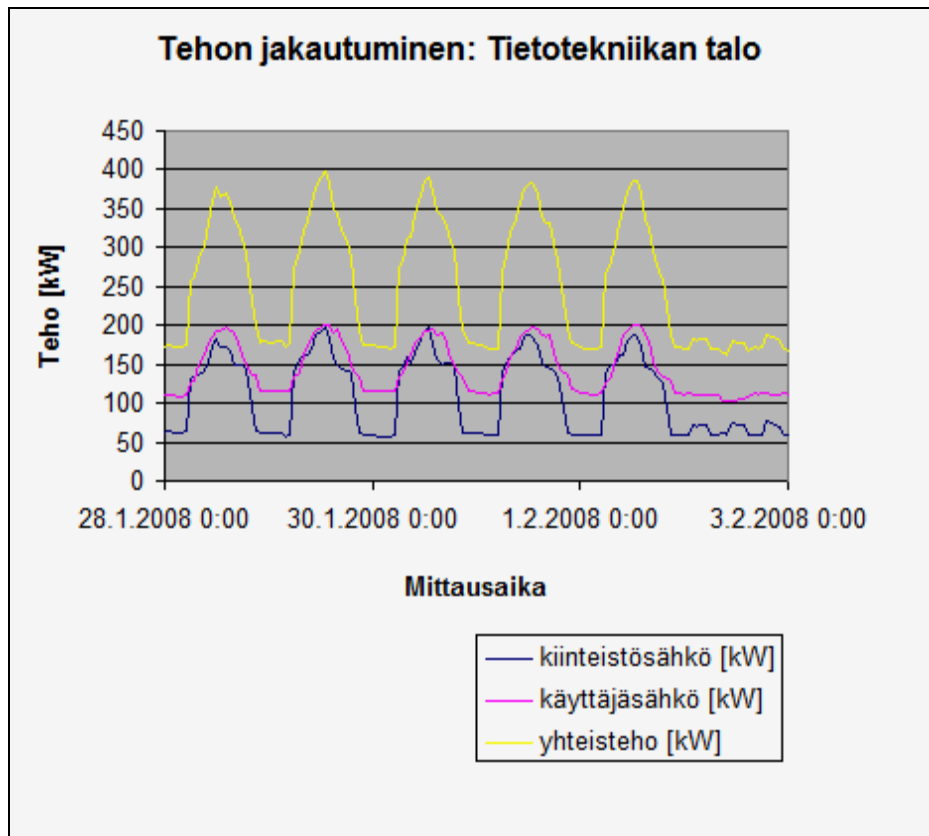
Kuvasta 44 havaitaan, että kiinteistösähkön kulutus noudattaa vuorokausirytmiiä. Torstaina aamulla kello 7.25 aikaan tehoa oli päällä 130 kW. Torstaina kello 7.55 aikaan tehoa oli päällä 144 kW. Mittausajanjakson korkein tehuippu esiintyi keskiviikkona kello 13.05 aikaan ollen noin 187 kW.

Kuvassa 45 on esitetty kiinteistösähkön jakautuminen ilmastoinnin ja jäähdytyksen, keittiön sekä muun keskuksen NK 2 takana olevan muun kulutuksen kesken. Kuvasta havaitaan, että kiinteistösähkön kulutus muodostuu pääasiassa ilmastoinnin ja jäähdytyksen yhteisestä kulutusosuudesta. Keittiön verkosta ottama teho on lounasaikana 31- 36 kW. Keittiön jää työpäivän päättyessä tehoa päälle 4 kW.



Kuva 45. Kiinteistösähkön kulutuksen jakautuminen.

Kuvassa 46 on esitetty sähkön kokonaistehon jakautuminen kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön kesken viikon ajalta 28.1.2008- 3.2.2008. Profiilin piirtämisen mahdollisti tässä kohteessa se, että kiinteistösähkölle on oma laskutusmittaus. Laskutusmittauksesta menee tieto EnerKey-seurantajärjestelmään. EnerKey:stä saa tuntitehot excel- taulukkona. Maanantaina 28.1. – perjantaina 1.2. tehoprofiili noudattaa vuorokausirytmää ja on päiväkohtaisesti varsin yhteneväinen. Kuvan ylimmäinen käyrä kuvaa kokonaistehoa, joka on alempana näkyvien kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön tehokäyrien summa. Kuvasta nähdään rakennuksen otta- neen tehoa korkeimmillaan tiistaina, 400 kW.



Kuva 46. Tehon jakautuminen kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön kesken viikon aikana 28.1.2008-3.2.2008.

Kuvasta 46 nähdään, että rakennukseen on jäänyt tarkasteluajankohtana työajan ulkopuolella päälle tehoa noin 175 kW, josta käyttäjäsähkön osuus on noin 120 kW ja kiinteistösähkön osuus 55 kW. Pohjakuorman osalta huomio kiinnittyy käyttäjäsähkön osuuteen. Käyttäjäsähkön kuormaa jää päälle viikonloppuisinkin noin 110 kW, joka on 100 % suurempi kuin kiinteistösähkön päälle jäävä kuorma.

Käyttäjäsähkön iltaisin päälle jäävä kuorma viestii siitä, että tietokoneita ja valoja jää päälle tilojen ollessa miehittämättömänä. Käyttäjälle tehtiin kirjallinen kysely toimitilan sähkönkäytöstä. Rakennuksessa työskentelee noin 300 henkilöä. Tietokoneita on yhteensä noin 430 kappaletta ja lisäksi muuta toimistolaitteita. Toimistolaitteissa on käyttäjän kertoman mukaan energiansäästöasetukset pääosin käytössä, sikäli kuin laitteissa sellaiset on. Toimistolaitteet ovat päällä tilojen ollessa miehittämättömänä. Vastauksen perusteella toimitiloista on valaistu työaika ulkopuolella 10-30 % 168 tuntia viikossa.

6.5 Tutkimuskohteiden tulosten vertailu

Kahdessa rakennuksista oli saatavissa sähköenergian kulutuksen tavoitekulutukset. Lintulahdenkadun kiinteistön tavoitekulutus on 26,1 (kWh/r-m³,a). Tavoitekulutus ylittyi 60,31 prosentilla. TKK TUAS- talon tavoitekulutus on 29,1 (kWh/r-m³,a). Tavoitekulutus alittui 19,8 prosentilla. TKK Tietotalon tavoitekulutusta ei löytynyt. Toteutunut ominaiskulutus oli 41,74 (kWh/r-m³,a), jota on pidettävä korkeana.

Rakennuksissa selvitettiin sähkönkulutuksen jakautumista kulutuskohteiden kesken. Lintulahdenkadun kiinteistössä on kiinteä rakennusvaiheessa asennettu mittausjärjestelmä, joka mahdollisti sähkönkulutuksen tietojen yksityiskohtaisen tarkastelun. Teknillisen korkeakoulun kohteissa sähkön kulutusta selvitettiin mittaamalla kiinteistösähkön kulutusta ja sen jakautumista pistokoeluoontoisesti. Mittauksia tehtiin 14 kertaa kunkin tutkittavan keskuksen syöttökaapelin vaihejohtimesta.

Lintulahdenkadun mittausjärjestelmää ei ole täysimääräisesti hyödynnetty johtuen siihen rakennusvaiheessa jääneistä puutteista. Mittausjärjestelmään rakennusaikana jääneet puutteet tulee korjata ja antaa kiinteistöhuoltoliikkeelle perusteellinen opastus mittausjärjestelmän käyttöön sekä asettaa velvoite selvittää, millä käyttötoimenpiteillä rakennuksen korkeata sähkönkulutusta voidaan leikata.

Mittausjärjestelmän korjaustyötä suurempi haaste on saada sen antama monipuolinen informaatio hyötykäyttöön. Mittausjärjestelmän käyttöön tulisi asettaa selkeästi vastuullinen taho, joka seuraisi verkosta otettavan sähkötehon käyttäytymistä, ja mikä vielä tärkeämpää puuttuisi havaittuihin epäkohtiin. Esimerkiksi valojen palamisen aiheuttama turha sähkönkulutus olisi ollut helposti todennettavissa tehotreendeistä.

Mittausjärjestelmän päätelaite on sijoitettu suunnitelmista poiketen vahtimestareiden työtilaan. Mittausjärjestelmän käytettävyys paransi, kun päätelaite kaapeloitaisiin rakennuksen kiinteistövalvomoon. Rakennuksessa on perusteltua suorittaa energiakatselmus. Korkea sähköenergiankulutus kertoo siitä, että rakennusautomaatiojärjestelmän säädöt eivät ole kunnossa. On syytä selvittää myös suutinkonvektorijärjestelmän toiminta. Suutinkonvektorijärjestelmän käytössä on mahdollista tilanne, jossa on samanaikaisesti päällä jäähdytystä ja lämmitystä. Valaistusohjausjärjestelmä on saatettava toimintakuntoon. Stakesin serveritilan sähkönkulutus tulee laskuttaa aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Mittausjärjestelmään tulee tietoa myös Stakesin käytössä olevasta uudisrakennusosasta. Uudisrakennuksen kahdessa vedenjäähdytyskoneessa oli helmikuussa 2007 päällä tehoa yhteensä 10 kW. Vedenjäähdytyskoneiden kunto tulee selvittää molemmissa Lintulahdenkadun rakennuksissa.

Kohteista selvitettiin kiinteistösähkön ja käyttäjäsähkön kulutusosuus. Lintulahdenkadun kohteessa kiinteistösähkön vuosikulutus oli 799 100 kWh ollen kokonaiskulutuksesta 53,7 %. TKK TUAS- talossa kiinteistösähkön mittausjaksolla kuluttama keskimääräinen teho oli 50,8 % rakennuksen kokonaistehosta. TKK TUAS- talon vuotuista kiinteistösähkön kulutusosuutta ei tiedetä. TKK Tietotalossa kiinteistösähkön kulutusosuus tiedetään tarkasti. Se oli laskutusmit-

tauksesta luettuna 1 154 930 kWh eli 50,3 % kokonaiskulutuksesta. Kiinteistösähkön kulutusosuus oli tutkituissa rakennuksissa yli 50 % rakennusten sähkön kokonaiskulutuksesta.

Tutkitut rakennukset on varustettu koneellisella jäähdytyksellä. Lintulahdenkadun kiinteistössä jäähdytyksen osuus kokonaiskulutuksesta oli selvityksen mukaan 265 650 kWh eli 17,9 % koko rakennuksen sähkönkulutuksesta. TKK TUAS- talossa jäähdytysjärjestelmän pumppujen sähköverkosta ottama teho oli mittausjakson aikana keskimäärin 29,4 kW, kun kokonaisteho vastaavana aikana oli keskimäärin 290 kW. Vertaamalla tehoja saadaan jäähdytysjärjestelmän mittausajankohdan mukaiseksi kulutusosuudeksi 10 %. TUAS- talosta mitattiin erikseen vedenjäähdytyskoneiden ottama teho. Tehoa oli päällä molemmissa koneissa yhteensä vain 1 kW.

TKK Tietotalossa havaittiin kohdekäynnin 9.4.2008 yhteydessä, että jäähdytysjärjestelmän pumpputehoa oli päällä noin 30 kW, jonka lisäksi toinen 200 kW vedenjäähdytyskoneista kävi ajoittain 10- 20 minuutin jaksoissa ulkolämpötilan ollessa +3 astetta. Tietotalon jäähdytyksen kulutusosuutta kokonaiskulutuksesta ei ole suoritettujen mittausten perusteella mahdollista arvioida. Kohdekäynnin yhteydessä 9.4. jäähdytysjärjestelmän pumpputehon osuus (noin 30 kW) oli 8 % koko rakennuksen ottamasta tehosta. Voidaan tehdä oletus, että 200 kW kompressori kävi tunnin aikana 10 minuuttia 50 % teholla nimellistehostaan. Tällöin sen kuluttama energia oli 16,7 kWh kyseisen tunnin aikana. Lisätään tähän pumppujen kuluttama 30 kWh energia. Koko rakennus otti EnerKey:n mukaan 9.4.2008 kello 15 verkosta 374 kW tehon, joka tekee tunnin aikaisena energiana 374 kWh. Tarkasteltaessa tehdyllä oletuksella yhden tunnin aikaista kulutusta huomataan jäähdytysjärjestelmän kulutusosuuden (46,7 kWh) olevan 12,5 % koko rakennuksen kulutuksesta. Tässä kohteessa olisi syytä tutkia, toimiiko jäähdytysjärjestelmä suunnitellusti.

Ilmanvaihdon ominaissähköteho oli Lintulahdenkadun kiinteistössä 2,35 kW/(m³/s). TKK TUAS- talossa se oli 3,9 kW/(m³/s) ja TKK Tietotekniikan talossa 3,29 kW/(m³/s). Rakentamismääräysten mukainen suositus maksimiarvoksi on 2,5 kW/(m³/s). Tutkituista kohteista Lintulahdenkatu 5 kiinteistö oli ilmanvaihdon ominaissähköteholtaan tämän suositusrajan alapuolella. SFP- luvun ylittyminen viestii siitä, että joko puhaltimet ja moottorit ovat ylimitotettuja tai ilmastointia käytetään väärin.

Tutkituista rakennuksista selvästi energiatehokkain on TKK TUAS- talo. TKK TUAS- talon ominaiskulutus oli vuonna 2007 5,78 (kWh/r-m³,a) tavoitekulutusta alhaisempi. Lintulahdenkadun kiinteistön ja TKK Tietotekniikan talon sähkön ominaiskulutus on huomattavasti TKK TUAS- talon kulutusta korkeampi. Lintulahdenkadun kiinteistöstä laadittiin energiatodistus. Rakennuksen energiatehokkuusluku on 261 ja se sijoittuu F- luokkaan, mikä tarkoittaa paljon energiaa kuluttavaa rakennusta. Lintulahdenkatu 5 kiinteistön sähkön vuoden 2007 ominaiskulutus ylittää tavoitekulutuksen 15,74 (kWh/r-m³,a). Tavoitekulutus ei ole siirtynyt rakennuksen käytön aikaiseksi kulutukseksi.

Kenttätöön osalta tuloksiin liittyy epävarmuustekijöitä. Tutkittujen rakennusten otanta oli verraten pieni ja mittaukset tehtiin pistokoeluoontoisesti. Tuloksia ei siten voi yleistää suurta rakennuskantaa kattavaksi. Tulokset antavat selvästi suuntaa mitkä ovat rakennuksen merkittävimmät sähköenergiaa kuluttavat talotekniset järjestelmät ja laitteet. Kenttätöön tulosten perusteella rakennusten sähkönkäyttöä on mahdollista tapauskohtaisesti tehostaa huomattavastikin. Säästökohteiden löytäminen vaatii rakennuskohtaisen tarkastelun.

7 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN HUOLTO- JA KUNNOSSAPIDOLLISIN TOIMIN

Suuren rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen vaatii osaamista sekä pitkäjänteistä ja määrätietoista työtä. Energiatehokkuuden parantamisen tulee olla suunniteltu prosessi, johon kaikki osapuolet sitoutuvat.

Nykyaikaisissa rakennuksissa talotekniikka on siinä määrin vaativaa, että harvoin rakennus on valmistuessaan optimaalisesti säädetty. Sääntöjärjestelmät ovat kehittyneitä, mutta kiinteistöhuolloilta vaaditaan paljon rakennuksen energiatehokkuuden toteuttamisessa. Taloteknisten prosessien ymmärtämisen lisäksi tarvitaan tietoteknistä osaamista. Päteville osaajille on tilausta. Talotekniikan säätö voi olla tarkoituksenmukaista teettää määrävälein erikseen siihen erikoistuneella organisaatiolla. Talotekniikan säätöä on mahdollista teettää etätöinä siihen erikoistuneella yrityksellä. Kiinteistövalvonnan päätteeseen voidaan ottaa etäyhteys ja käydä huoltomiehen kanssa läpi tarvittavat säätötoimenpiteet.

Sopimusmenettelyjen kehittyminen kiinteistöpalvelualalla on edistysaskel energiatehokkuuden parantamisessa. Kiinteistöhoitosopimukseen kytkävä palkitsemisjärjestelmä on osa tavoitteellista energiankäytön hallintaa. Rakennuksen toteutuneesta sähköenergiankulutuksesta tulisi pystyä erottelamaan se osa, mihin kiinteistönhoidolla pystytään vaikuttamaan. Tähän on selkein ratkaisu kiinteistösähkön erillismittaus.

Huolto- ja kunnossapitotyöllä voidaan vaikuttaa ensisijaisesti kiinteistösähkön kulutukseen. Ilmastoinnin käyntiajat on säädettävä käyttötarkoitusta vastaavaksi. Ilmastointijärjestelmän moottorit ovat suuritehoisia. Yhdenkin tunnin ylimääräinen vuorokautinen käyntiaika merkitsee vuositasolla suurta energiamäärää. Energiakatselmuksissa esille tulleista säästökohteista merkittävimmäksi on osoittautunut käyntiaikojen tarkastaminen. [Lehtonen et al. 2005] Käyntiaikojen tarkastaminen on esimerkki työstä, joka ei vaadi suurta työpanosta.

Käyttäjäsähkön kulutuksen osalta tulee huolehtia siitä, että valaistuksen ohjausjärjestelmä toimii. Käyttäjälle annettavalla informaatiolla on merkitystä heidän sähkökäyttöön. Toimistolaitteiden yöaikaisen käytön ja turhaan palavan valaistuksen aiheuttamaa pohjakuormaa tulisi pystyä leikkaamaan tiedotuksen avulla. Tiedottamisessa kiinteistönomistaja voisi käyttää apuna huolto-organisaatiota.

Koneellisen jäähdytysjärjestelmän osuus rakennuksen sähkökulutuksesta on siinä määrin merkittävä, että sen käyttöön on syytä kiinnittää huomiota. On huolehdittava siitä, että vapaajäähdytykset toimivat suunnitellusti. Jäähdytykselle tulee laatia säästöstrategia ja toimia sen mukaisesti. Huonelämpötilalla on oleellinen merkitys jäähdytysjärjestelmän sähkökulutukseen. Jos huonelämpötilan annetaan liukua helteellä esimerkiksi +24 tai +25 asteeseen, merkitsee se huomattavaa säästöä energian kulutuksessa. Jäähdytysjärjestelmät tulee tarkastaa ja huoltaa määrävälein. Sähköenergian kulutusmittarin asentamista jäähdytysjärjestelmälle kannattaa tapauskohtaisesti tutkia. Rakennushankkeen yhteydessä energiamittarin tulisi sisältyä laitehankintaan. Erityistä huomiota tulee kiinnittää jäähdytysjärjestelmän pumppujen lämmityskauden aikaiseen käyttöön.

Vanhemmassa rakennuskannassa on paljon moottorikäyttöjä, joita ei ole varustettu taajuusmuuttajilla. Suuresta kiinteistökanasta tulisi ensin löytää potentiaaliset säästökohteet ja sen jälkeen tutkia kiinteistökohtaisesti taajuusmuuttajien jälkiasennuksen kannattavuutta investointilaskelmalla. Moottorikäyttöjen dokumentoinnin puutteellisuus voi tässä muodostua pullonkaulaksi. Huolto-organisaation tulisi pystyä tunnistamaan kohteidensa moottorikäyttöjen ohjaustarpeet.

SFP- luvun laskeminen on käyttökelpoinen työkalu ilmastoinnin energiatehokkuuden tarkastamiseen. SFP- luvun laskenta on esimerkki työstä, joka ei vaadi suurta työpanosta. Työn aikana tuli esille, että ilmanvaihdon ominaissähkötehoa ei tarkasteta rakennuksen käytön aikana.

Rakennuksissa suoritettavat energiakatselmuksien ovat työkalu, kun halutaan selvittää suuren ominaiskulutuksen omaavan rakennuksen energiansäästön potentiaali. Tutkimuksen mukaan suuri osapalvelurakennuksissa raportoiduista toimenpide-ehdotuksista on takaisinmaksuajaltaan alle yhden vuoden. [Lehtonen et. al.] Tyypillisin toimenpide on ilmastoinnin puhaltimien käyttöaikojen säätö tarvetta vastaavaksi.

Lämpö- ja sähköenergian yhtäaikainen käyttö on asia, johon tulee kiinnittää huomiota. Rakennukseen syötettävästä sähköenergiasta suurin osa muuttuu lämmöksi ja säätöjärjestelmän tulee pystyä säätämään lämmitys todellisen tarpeen mukaiseksi. Lämmönsäätöjärjestelmän toimivuudelle asettaa erityisen vaatimuksen koneellisella jäähdytyksellä varustettu rakennus. Epäsuotuisimmassa tapauksessa sähkönkäytön tuottamaa lämpökuormaa jäähdytetään sähköllä koneellisesti. Säätöjärjestelmän toiminnan tärkeyttä ei voine liikaa korostaa.

Energiankäytön seuranta on välttämätöntä rakennusten energiatehokkuutta tarkasteltaessa. Energianseurantajärjestelmät mahdollistavat kulutuspoikkeamien tunnistamisen. Kulutusseurantajärjestelmiin on mahdollista asettaa hälytys tilanteessa, jossa kulutus ylittää ennalta asetellun arvon. Hälytys mahdollistaa nopean reagoinnin kulutuspoikkeamaan.

Markkinoille on tulossa uusia energiatehokkuuden parantamiseksi uusia innovaatioita. Senaatti- kiinteistöillä ja ISS Palvelut Oy:llä on ollut vuodesta 2003 alkaen käynnissä e@e (excellence energy) nimellä kulkeva kehitysprojekti. e@e on energiansäästöön tähtääviä analysointiprosesseja automatisoiva järjestelmä, joka mahdollistaa rakennusautomaation toiminnan varmistamisen. Projektin valmistuminen antaa yhden työkalun ylläpitovaiheen energiatehokkuuden toteuttamiseen. Vastaavia energianhallintaan liittyvää palvelua tarjoaa esimerkiksi Pöyry Oy.

Huoltokirjat tulee pitää laitteiden tehotietojen osalta ajan tasalla. Työn aikana tuli esille, että kaikkia tehotietoja ei huoltokirjoista löydy. Huoltokirjan tulisi jatkossa mahdollistaa rakennuksen laiteluettelon tulostamisen tehotietoineen. Tällöin olisi mahdollista arvioida energia-tehokkuutta laiteryhmäkohtaisesti keskimääräisillä käyttöajoilla.

8 TAVOITTEIDEN ASETTAMINEN KIINTEISTÖPÄÄLLIKÖILLE JA –HUOLTOLIIKKEILLE

Kiinteistön ylläpidosta vastaaville kiinteistöpäälliköille tulee varata riittävät resurssit energiatehokkuuden toteutumisen valvomiseksi. Yleisesti käytetylle energiakatselmuksimenettelylle on

ominaista esille tulevien korjaustoimenpiteiden käytännön toteuttamiseksi vaadittava hallinnollinen työ. Tarjousten pyytämiseen, tilausten tekemiseen ja töiden valvomiseen ei välttämättä löydy tarpeeksi aikaa ja lyhyenkin takaisinmaksuajan töitä voi jäädä tekemättä. Markkinoilla olisi kysyntää energiakatselmus palvelulle, jota tekevä yritys hoitaisi itse säästöjä mahdollistavien töiden toteuttamisen sovittavassa kustannusraamissa.

Kiinteistöpäälliköiden ja huoltoliikkeiden tulee määrätietoisesti seurata vastuullaan olevien rakennusten energiatehokkuutta käyttäen apuna olemassa olevia EnerKey- ja Ryhti-energianseurantajärjestelmiä. Rakennuksen energiatehokkuuden toteaminen yksinomaan seurantajärjestelmästä voi kuitenkin johtaa virheellisiin johtopäätöksiin. Energiankulutustavoite on yleisesti asetettu edellisten vuosien toteutuneiden kulutusmäärien perusteella. Historiatietoon pohjautuvan tavoitekulutuksen heikko kohta on se, että mikäli talotekniset järjestelmät on joko mitoitettu tai säädetty alun alkaen väärin, vertailuarvot ovat virheellisiä. Talotekniset järjestelmät tulisi ensin saattaa toimimaan suunnitellusti ja energiatehokkaasti ja asettaa tavoitekulutukset sen perusteella.

Tavoitekulutuksen asettamisessa päästään parhaaseen tulokseen, kun se tehdään kiinteistökohtaisesti. Vertailun tekeminen toisiin kiinteistöihin ei välttämättä johda oikeisiin johtopäätöksiin. Kun energiankulutusta suhteutetaan rakennuksen laajuuteen, olisi tiedettävä laitekannan lisäksi, millaisia tilatyyppejä rakennuksessa on ja kuinka paljon. Vertailun tekeminen jopa saman käyttötarkoituksen omaaviin rakennuksiin voi olla vaikeaa tilojen erilaisten käyttöaikojen ja –asteiden takia. Suuressa rakennuskannassa kiinteistökohtaisten tavoitteiden asettaminen voisi olla lähivuosien tavoitteena.

Kiinteistöpäälliköiden ja talotekniikan asiantuntijoiden tulee tehdä tavoitteellista yhteistyötä ja heille asetettavissa tulostavoitteissa tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Sähköenergian ominaiskulutuksen kasvu tulisi pysäyttää ja kääntää laskuun vastuualueensa kiinteistöissä.
- Tavoitekulutuksen asettamisessa tulisi tutkia mahdollisuutta kytkeä se rakennuksen edellisten vuosien kulutustietojen lisäksi suunnitteluajankautisiin energiakulutuksen tavoitteisiin ja energiatehokkuuslukuun.
- Energiakulutusraportteja tulisi tarkastella huoltohenkilöstön kanssa kiinteistökäyntien yhteydessä jalkautumalla kiinteistövalvomoon ja ilmastointikonehuoneisiin.
- Sähkö- ja lämpöenergian kulutusta tulisi tarkastella kokonaisuutena esimerkiksi energiatehokkuusluvun ET perusteella.
- Vuokralaisia tulisi informoida, motivoida ja opastaa käyttämään EnerKey- energianseurantajärjestelmää. Vuokralaiset tulisi saada tunnistamaan kulutuskäyttäytymisensä vaikutus pohjakuormaan.
- Seurannan avulla todettuihin äkillisiin kulutuksen muutoksiin tulee puuttua. Apuna voidaan käyttää esimerkiksi energianseurantajärjestelmiin asetettavia hälytysrajoja.
- Energiatehokkuuden toteutuminen on valvottava rakennushankkeen yhteydessä.

9 KEHITTÄMISTARPEITA

Rakennuksen elinkaaren aikaisen energiatehokkuuden toteutumisen kannalta merkittävimmät päätökset tehdään hankesuunnitteluvaiheessa. Rakennusvaiheessa taloteknisissä prosesseissa tehtyjen virheellisten ratkaisujen muuttaminen käyttövaiheessa suoritettavilla säätötoimiteilla on vaikeaa tai joskus jopa mahdotonta. Energiatehokkuuden toteutumisen valvomista rakennushankkeessa ei voida liikaa korostaa. Voimaan astuneille energiamääräyksille oli olemassa tilaus. Suunnittelutöiden toimeksiannoissa tulee vaatia energiankulutuksen laskentaa ja simulointia. Kaikilta suunnittelutoimistoilta ei välttämättä löydy riittävää energia-asioiden osaamista, jolloin tulee selvitettäväksi, tarvitaanko rakennushankkeen suunnittelun yhteydessä hankkia energia-alan asiantuntemusta erilliseltä palveluntarjoajalta. Hankesuunnitteluvaiheessa tehtävillä elinkaarikustannuslaskelmilla on merkittävä rooli investointipäätöstä tehtäessä.

Markkinoille tulisi kehittää yksiselitteiset toimintaohjeet ja -mallit energiatehokkuuden toteutumisen valvomiseksi vaiheittain hankkeen elinkaaren aikana. Kysymykseen voisi tulla esitötettävä toteutuspöytäkirja, jonka avulla todennettaisiin, onko pysytty hankesuunnitteluvaiheen energiankulutustavoitteissa. Hankkeen vastaanoton edellytyksenä tulisi olla energiankulutustavoitteiden toteutuminen. Toteutuspöytäkirjaa täytettäisiin koko hankkeen ajan asianomaisen valvojan toimesta ja viimeisten maksuerien maksukelpoisuuden ehtona olisi tilaajan hyväksymä toteutuspöytäkirja. Menettelyn tarkoituksena olisi varmistaa, ettei hankkeen aikana tehtäisi energiatalouden kannalta huonoja ratkaisuja ja päätöksiä.

Rakennushankkeen sähkö- ja LVI-valvojen tulisi valvoa ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon toteutumista koko hankkeen ajan ja informoida siitä tilaajaa ja suunnittelijoita työmaakokouksissa. Valvojen tulisi kirjata SFP- luvut pöytäkirjaan. Havaintojen mukaan SFP-luvun toteutumista ei rakennushankkeissa riittävässä määrin valvota, mikä voi johtaa sähköenergian tuhlaukseen.

Vastaanotto- ja takuuvaiheessa on tärkeää antaa palautetta hankkeen elinkaaren alkupäätä hoitaneille tahoille ja henkilöille kuten suunnittelijoille ja rakennuttajakonsulteille. Tämä takaisinkytkentä on tärkeä, ei yksinomaan kyseisen järjestelmätoteutuksen energiatehokkuuden varmistamiseksi vaan myös tulevien hankkeiden onnistumista ajatellen.

Yhtenä käytännön epäkohtana mainittakoon urakoitsijoiden heti rakentamisvaiheen alkaessa esittämät suunnitelmista poikkeavat laitevalinnat. Esimerkiksi valaisimien korvaaminen suunnitelman mukaisista useimmiten investointikustannuksiltaan halvempiin, mutta elinkaarikustannuksiltaan kalliimpiin vaihtoehtoihin tulisi estää. Laitevalinnoilla on ratkaiseva merkitys etenkin ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmissä. Hankkeen luonnos-, suunnittelu-, rakentamis-, valmistumis- ja käyttöönottovaiheessa on paljon osapuolia ja rajapintoja. Kokonaisuus on niin monen osatekijän tulos, että energiatehokkuuden valvomiseen tarvitaan uusia innovaatioita, asennetta ja resursseja.

Valolähteet ovat tehokkaita, sillä pääosin valaistus on toteutettu loistelampuilla. Valaistushjausjärjestelmät tuovat mahdollisuuden säästää valaistuksen kuluttamassa sähköener-

giassa. Ehtona on kuitenkin se, että ne toimivat käytännön olosuhteissa ja että niitä osataan käyttää. Huoltohenkilökunnan tulee saada koulutusta järjestelmien käyttöön. Esimerkiksi avokonttoritiloissa tehtävien tilajärjestelyjen yhteydessä tarvittavat valaistuksen ohjauksen muutokset tulisi voida toteuttaa ylläpitohenkilökunnan toimesta. Ohjauksjärjestelmien teknisen laadun lisäksi tulee tarkastella investoinnin kannattavuutta.

Huolimatta pohjoisesta sijainnistamme toimitilojen vuokrattavuudelle on enenevässä määrin vaatimuksena tilojen varustaminen koneellisella jäähdytyksellä. Vaatimukset sisäolosuhteille ovat kasvaneet. Rakennusvaiheessa tehty investointikustannus on määräävä tekijä tuleville vuokratilakustannuksille. Jäähdytyksen, kuten kaiken muunkin rakennukseen tehtävän investoinnin kustannukselle peritään tuottoa. Vuokraneuvotteluilla on tässä ratkaiseva merkitys sille, minkä tasoisella talotekniikalla rakennus varustetaan. On tehty arvioita, että sähkön hinta tulee Suomessa nousemaan kolmanneksella nykyisestä tasosta johtuen päästökaupan vaikutuksesta ja sähkömarkkinoiden yhdentymisestä Euroopassa. Sähköenergiakustannusten nousussa tulee pyrkiä arvioimaan kustannusten nousun mukanaan tuoma riski. Laskelmilla tulee selkeästi osoittaa teknisesti vaihtoehtoisten ratkaisujen vaikutus energiakustannuksiin. Sähköenergiaa tuhaavien ratkaisujen kustannusvaikutukset tulevat tulevaisuudessa korostumaan.

Kiinteistön omistajan velvollisuus on tuoda vuokralaisille julki jäähdytyksen aiheuttama kustannusvaikutus heiltä perittäviin energiakustannuksiin. Jäähdytysjärjestelmän varustaminen energiamittauksella mahdollistaisi vuokrasopimusten kehittämisen palvelemaan energiankäytön tehostamista. Vuokrasopimuksessa voisi olla suora kytkentä käyttäjän pyytämään jäähdytyksen tarpeeseen. Kun mittaus mahdollistaisi jäähdytyksen sähkökulutuksen todentamisen, voitaisiin energiakustannukset periä todellisen käytön mukaisesti. Tieto oman sähkönkäytön vaikutuksesta olisi motivoiva tekijä rakennuksen käyttäjälle. Vuokrasopimuksissa on varmasti kehittämistä energiakustannusten kohdistamisen osalta.

Jäähdytysjärjestelmissä voisi olettaa olevan potentiaalia energiatehokkuuden parantamiseen. Järjestelmiä valmistavan teollisuuden, talotekniikan suunnittelijoiden ja kylmäurakoitsijoiden tulisi koota voimansa energiatehokkaiden ratkaisujen ja toteutusmallien kehittämiseksi.

Rakennetuissa kiinteistöissä on huomattava määrä pumppuja niin jäähdytys- kuin muissa LVI-järjestelmissä. Varsinkaan vanhemmissa rakennuksissa pumppuja ei ole varustettu taajuusmuuttajilla. Työn aikana suoritetuissa asiantuntijoiden haastatteluissa tuotiin esille taajuusmuuttajan jälkiasennuksen kannattavuutta. Jälkiasennuksena suoritettulla taajuusmuuttajien asennuksella jäähdytysjärjestelmän pumpuille on parhaimmillaan päästy siihen, että koko työn takaisinmaksuaika on yksi vuosi. Jäähdytystehon kulloinkin tarvitsema nestevirtauksen tarve vaihtelee ja taajuusmuuttajakäyttö mahdollistaa pumpun sähkömoottorin verkosta ottaman tehon optimoinnin, nestettä ei tarvitse puskea väkisin verkostoon.

Ehdotus tuotteistetusta energianhallinnan palvelusta – konsultin kierros

Markkinoille tulisi kehittää uusi tuotteistettu energianhallinnan palvelu, jota voidaan kutsua vaikka nimellä konsultin kierros. Tuotteistetun palvelun ajatus on, että energianhallinnan palveluihin erikoistuneet asiantuntijat suorittavat kiinteistössä tarkastuksen, joka keskittyy erityisesti kiinteistötekniikan testaukseen. Kiinteistöautomaatio ja sen toiminta ja käyttö tarkastetaan systemaattisesti ja järjestelmän toiminta testataan kokeellisesti. Tarkastuksen yhteydessä käy ilmi myös se, onko järjestelmää huollettu huoltosuunnitelman mukaisesti. Suuren ominaiskulutuksen omaavissa rakennuksissa voi olla perusteltua rakentaa sähköenergian jälkimittausjärjestelmä suurimman kulutuksen omaaviin kulutuskohteisiin. Mittausjärjestelmä mahdollistaisi rakennuksen energian käytön analysoinnin kohtuullisin kustannuksin. Tieto on tarpeellista erityisesti kiinteistön omistajille ja palveluiden tilaajille. Keskeistä

palvelussa on, että sen tuloksena saadaan kiinteistökohtainen ja kokonaisvaltainen energia-analyysi. Jotta tähän tavoitteeseen päästään, palvelun toteuttajilla tulee käytännössä olla suunnittelijataso osaaminen ja ymmärrys talotekniikasta. Palvelun tuotteistaminen mahdollistaa sen, että tilaajat todellisuudessa tietävät palvelun sisällön ja toisaalta palveluntuottajien vertaileminen on mahdollista.

Energianhallintapalvelut

Energianhallinta ei ole kiinteistötoimialan ydinliiketoimintaa. Energia-asioiden ohi ajaa vuokraustoiminta, rakentaminen ja korjaustyöt. Markkinoille on syntyneessä energianhallintapalveluja tarjoavia yrityksiä. Nykyinen panostus energiatehokkuuden edistämiseen ei välttämättä ole riittävää. Kulutustietoja tulee pystyä hyödyntämään tehokkaasti, pelkällä passiivisella seurannalla ei ole suurtakaan merkitystä.

Kulutusseurannan työkalujen lisäksi on tarjolla asiantuntijapalveluita kulutustietojen hyödyntämisen varmistamiseksi ja energiatehokkuuden edistämiseksi. Näitä ulkoistettuja energianhallintapalveluita voi tapauskohtaisesti olla kannattavaa käyttää, mikäli energia-asiat jäävät resurssitilanteen takia muutoin liian pienelle huomiolle. Prosessia ei tule kuitenkaan tehdä liian moniportaiseksi, että sen tuomat edut eivät huku hallinnollisiin kustannuksiin. On varmistettava, ettei tule päällekkäisiä toimintoja esimerkiksi kiinteistönhoidon kanssa.

Energiahallintapalvelun tarkoituksena tulee olla kiinteistöjen käytön seuraaminen nimenomaan energiankäytön näkökulmasta ja koota muille osapuolille tietoa kulutusten kehittymisestä ja mahdollisista ongelmatilanteista. Palvelu voidaan räätälöidä tarvetta vastaavaksi. Yleensä palveluun sisällytetään mittaus-tiedon jatkuva seuranta ja nopea reagointi poikkeaviin kulutuksiin. Poikkeavat tilanteet dokumentoidaan ja selvitetään kiinteistön teknisen huollon kanssa poikkeamien syyt ja valvotaan korjaustoimenpiteet.

Määräajoin voidaan tehdä myös laskentaa siirtotariffien, sulakekokojen ja kaukolämmön tilaustehojen optimoimiseksi. Palvelusta vastaava asiantuntija huolehtii siitä, että toimen-

piteitä ja huomiota vaativat asiat otetaan esille ja niiden selvittäminen ja ongelmien poistaminen tulee tehdyksi.

Energiayksikön perustaminen

Senaatti-kiinteistöissä energia-asioita hoidetaan useiden eri toimijoiden toimesta. Rakennushankkeiden yhteydessä tehdään kauaskantoiset päätökset, laite- ja järjestelmävalinnat, joilla on ratkaiseva merkitys energiakustannusten määräytymiselle. Hankkeissa energiatehokkuuden toteutumista valvovat kyseiseen hankkeeseen nimetyt talotekniikan asiantuntijat muiden töidensä ohella. Käytännössä hankkeen taloteknisen rakennuttamisen operatiivinen valvonta kuuluu hankkeeseen nimetyille ulkopuoliselle sähkö- ja LVI-rakennuttajakonsultille. Hankkeen valmistuttua kohteen ylläpitovastuu siirtyy kiinteistöpäällikölle. Kiinteistöpäällikön käytävissä energiatehokkuuden valvonnassa on kattavat seurantajärjestelmät ja kiinteistöalueittain nimetyt talotekniikan asiantuntijat. Kiinteistöhoito on ulkoistettu ja energiatehokkuuden operatiivinen valvonta kuuluu kiinteistöhuoltoyhtiölle. Kiinteistöhoito kilpailutetaan määräväleihin, jolloin yleensä vaihtuu huoltomies ja sen myötä katoaa kokemusperäistä tietoa.

Sähkönhankinta hoidetaan salkunhallintaperiaatteella keskitetysti koko Senaatti-kiinteistöjen hallinnassa olevaan kiinteistökantaan. Ostosalkun operatiivinen hoito kuuluu erikseen valitulle ulkopuoliselle asiantuntijaorganisaatiolle. Energiakustannuksista lasku tulee ulkopuoliselta sähköhoitajalta kiinteistökohtaisesti. Sähkökustannukset laskutetaan edelleen omakustannushintaan vuokralaisilta. Yhden käyttäjän taloissa energialasku menee sähköhoitajalta suoraan vuokralaiselle. Monen käyttäjän talossa sähkökustannukset jyvitetään pintaalojen suhteessa.

Energia-asioiden hoito on kiinteistökannan suuruudesta johtuva volyyymi huomioon ottaen varsin monisäikeistä, päätöksiä ja niiden toimeenpanoa tehdään monilla eri tahoilla. On olemassa vaara, että kokonaisuuden hahmottaminen jää hämärän peittoon. Keskittämällä niin sähkönhankinta kuin sen edelleenvälitys yhteen vastuulliseen yksikköön voisi olla mahdollista tehostaa niin energiankäyttöä kuin sen taloudellista hankintaa.

Seurantajärjestelmät

Kulutusseurannassa ja raporteissa tulisi olla esitettynä sähköenergiakustannukset lisättyinä siirto- ja verokustannuksilla. Kustannusten esittäminen konkretisoi ja motivoi kiinnittämään energian käyttöön paremmin huomiota kuin pelkkien kilowattituntien ja prosenttien esittäminen.

Energiaseurantajärjestelmiä tulisi kehittää käyttäjäystävällisempään suuntaan. Seurantajärjestelmien hakutoimintoja tulisi huomattavasti monipuolistaa. Kiinteistöjä pitäisi pystyä listaamaan ominaiskulutuksen mukaan esimerkiksi hauilla toimistot, yliopistot, erityiskiinteistöt ja arvorakennukset. Kiinteistöjen laajuustietoja ja vastaavia tietoja joutuu nykyisin

hakemaan eri tietojärjestelmistä ja se osaltaan nostaa käyttäjän kynnystä järjestelmien tehokkaaseen hyödyntämiseen. Helsingin kaupungin rakennusvirasto on kehittänyt omaan käyttöönsä seurantajärjestelmän, josta pystyy hakemaan esimerkiksi ominaiskulutuksittain alenevassa järjestyksessä. Tämä toiminto helpottaa suurten energiaa tuhlavien talojen tunnistamisessa ja osaltaan edesauttaa resurssien oikeaa kohdentamista.

Suunnitteluajaiset energiankulutustavoitteet laskelmineen ja määräytymisperusteineen tulisi dokumentoida ja arkistoida. Työn aikana tuli esille, että rakennuskohtaisten energiankulutustavoitteiden etsiminen on työlästä ja aina niitä ei löydy lainkaan.

Mittarointi

Suurimmassa osassa vanhempaa rakennuskantaa on käytössä vain pääkeskuksessa oleva päämittaus. Rakennuksen energiankulutusta tulisi pystyä tarkastelemaan yksityiskohtaisemmin. Kiinteistösähkön osuutena kustannusten jaossa on käytetty kokemusperäisesti määriteltä 45%:a, joka lienee suuruusluokaltaan oikea. Uudemmissa ja hiljattain peruskorjatuissa rakennuksissa on kiinteistösähkölle oma mittaus. Kun rakennuksia varustetaan, tarpeellista tai ei, enenevässä määrin koneellisella jäähdytyksellä tulisi jäähdytykselle lisätä oma kulutusmittari pääkeskuksia rakennettaessa. Tällöin saataisiin jäähdytykseen käytetty sähköenergian määrä luotettavasti todennettua. Määriteltäessä rakennuksen energiatehokkuuslukua tulee pystyä esittämään jäähdytys­sähkön kulutus kiinteistösähkön kulutuksen lisäksi. Edellä mainitun kolmen mittarin kustannukset ovat sähköurakassa marginaaliset. Sen sijaan, jos suuressa monen käyttäjän kiinteistössä lähdetään varustamaan kaikki ryhmäkeskukset omilla mittareillaan, kustannukset luonnollisesti nousevat. Toisaalta se motivoi kutakin käyttäjää kiinnittämään kulutukseensa paremmin huomiota, kun kustannukset pystytään kohdistamaan todellisen kulutuksen perusteella.

Energiakatselmukset

Etelä-Suomen alueella suuri osa energiakatselmuksista on käytännössä vanhentuneita, niitä tehtiin laajemmin ennen vuosisadan vaihtumista. Vuoden 2008 voimaan astuneet energiamääräykset edellyttävät energiatodistusten laadintaa. Energiakatselmukset tulee budjetoida ja organisoida niiden tekeminen. Energiakatselmuksissa esille tulevat taloudellisesti kannattavat energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet tulee suorittaa suunnitelmallisesti. Energiakatselmuksissa tulee esille turhaa kulutusta, jonka poistaminen ei vaadi investointia ja etenkin nämä tulee tehdä heti energiakatselmuksen jälkeen tai mahdollisesti samassa yhteydessä. Tyypillinen kannattava toimenpide on ilmanvaihdon käyntiaikojen säätö vastamaan todellista tarvetta. Energiakatselmusten yhteydessä saadaan laadittua energiatodistukset.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Merkittävimmät kiinteistön energiatehokkuuteen vaikuttavat ratkaisut tehdään uudisrakentamis- ja peruskorjaushankkeen hankesuunnittelu-, suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa.

Tällöin tehtävillä valinnoilla on ratkaiseva merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisen energiankulutuksen määräytymiselle. Mikäli rakennusvaiheessa tehdään vääriä ratkaisuja ja hankintoja, niiden aiheuttamaa turhaa energiankulutusta ei sen jälkeen voida millään säätötoimenpiteillä korjata. Havaintojen perusteella voidaan todeta, että järjestelmien suunnittelussa, toteutuksessa, virityksessä, käyttöönotossa ei kiinnitetä riittävästi huomiota sähköenergian tehokkaaseen käyttöön. Järjestelmien valintaperusteissa tulisi entistä merkittävämmiin painottaa energia- ja käyttökustannuksia.

Sähkösuunnitelma-asiakirjoissa on kirjavuutta energiankulutustavoitteiden asettamisessa. Usein tavoitteen asettaminen on kuitattu yhdellä lauseella sen enempää sitä perustelematta. Energiankulutustavoitteet tulee asettaa hankesuunnitteluvaiheessa ja valvoa niiden toteutumista suunnitteluprosessin aikana.

Työn aikana tuli osoitetuksi, kuinka huonosti vähänkään teknisempi kiinteistö otetaan rakennushankkeen valmistuessa talotekniikan osalta käyttöön. Alalle tulisi pyrkiä luomaan käytäntö, jolla varmistettaisiin rakennuksen energiankulutustavoitteiden toteutuminen takuuajana. Suunnittelijat ja rakennuttajakonsultit tulisi nykyistä paremmin sitouttaa siihen, että tekniset järjestelmät toimivat suunnitellusti ja energiatehokkaasti. Suunnittelusopimukseen tulisi luoda kannustinpalkkiomalli, jonka avulla pyrittäisiin edesauttamaan energiatehokkuuden toteutumista suunnittelu- ja konsulttityön osalta. Suunnittelijan asettaminen vastuuseen määrittelemänsä energiankulutustavoitteen käytännön toteutumisesta loisi osaltaan edellytyksiä hankkeen onnistumiselle. Kun suunnittelupalkkiosta osa olisi sidottu kahden vuoden takuuajana toteutuvaan energiankulutukseen, olisi se omiaan motivoimaan suunnittelutyön kehittämiseen.

Talotekniikkajärjestelmät ja prosessit ovat teknisesti niin vaativia, että määrävälein vaihtuvalla kiinteistönhoitajalla ei aina riitä asiantuntemus energiankäytön tehokkuuden parantamiseen tai ylläpitämiseen. Epäsuotuisimmassa tapauksessa viimeisimmällä ohjaus- ja säätötekniikalla varustettu rakennus energian käytön tehostamisen sijaan tuhlaa energiaa, mikäli tekniikan käyttö on huoltohenkilökunnalle vaikeaa. Kiinteistönomistajan etu on käyttää erillisiä asiantuntijapalveluita, mikäli havaitsee puutteita huoltoliikkeen energiatehokkuuteen liittyvässä osaamisessa. Tässä voi syntyä intressiristiriitoja, huoltoliike voi kokea pelkoa, että heidän reviirinsä on uhattuna. Rakennusten yhtäaikaishalla lämmittämällä ja jäähdyttämällä asetetaan säätöjärjestelmät erityisen haasteen eteen. Nykyisillä sähkönkulutusmäärillä, valaistuksesta, ihmisistä ja laitteista vapautuvalla lämpökuormalla voitaisiin usein hoitaa samalla rakennuksen lämmitys.

Suuren kiinteistön omistajan kyseessä ollen yksi merkittävä sähköenergian käytön tehokkuuteen vaikuttava tekijä on se, että kustannukset voidaan vyöryttää suoraan vuokriin. Energian käytön tehostamisen täytyy lähteä vuokralaisten havahtumisen kautta. Vuokralaisten tulisi saada enemmän informaatioita energiankäytöstään. Työn aikana tuli kiinteistönomistajan

taholta esille katsantokantoja, että kiinteistösähkön erillismittaus ei kannata, koska käyttäjä joka tapauksessa maksaa laskun sen mukaisesti, mitkä sisäolosuhteet taloonsa haluaa. Käyttäjäkyselyissä tuotiin esille tarvetta saada tietoa rakennuksen sähkökäytöstä.

Sähköenergian käytön tehostamiseen on saatavissa paras momentti, kun tavoitteet viedään organisaatioiden normaaleihin johtamis- ja palkitsemisjärjestelmiin. Voimaan astuneet energiamääräykset yhdessä sähkön hinnan nousun kanssa tulevat motivoimaan kiinteistön omistajaa kiinnittämään huomiota kiinteistökantansa energiatehokkuuteen. Energiatodistus tulee olemaan työkalu energiankäytön tehostamisessa. Energiatehokkuusluku on selkeä mittari osoittamaan rakennuksen tulevaa energiatehokkuutta ja energiakustannuksia. Energiatehokkuusluvun kytkemistä organisaation palkitsemisjärjestelmiin on aiheellista tutkia.

Rakennuksen energiatehokkuuden kertova ET- luku voi jäädä rakennukseen investoitavan koneellisen jäähtymisen takia luokkaa alemmaksi kuin se jäisi ilman koneellista jäähtymistä. Rakennuksen varustaminen koneellisella jäähtymisellä voi johtaa siihen, että ET- luku jää luokkaan D tai E. Tämä on motivaatiotekijä rakennushankkeiden yhteydessä tehtäviä investointipäätöksiä ja vuokrasopimuksia tehtäessä. Rakennuksen energiatehokkuus kytkeytyy yritysten strategiaan ja yhteiskuntavastuullisuus voi käyttökustannusten lisäksi näytellä osaa päätöksenteossa.

Rakennusta peruskorjattaessa energian tehokkaan käytön mahdollistavat investoinnit tulevat merkityksellisiksi. Esimerkiksi kulutusmittareiden asentaminen keskuksia uusittaessa on suhteellisen edullista ja mahdollistaa nykykäytäntöä huomattavasti paremman seurannan. Luotettava seuranta mahdollistaa kulutuspoikkeamiin puuttumisen järjestelmä- ja tarvittaessa käyttäjäkohtaisesti. Sähköenergia on kuitenkin toistaiseksi siinä määrin edullista, että se ei yksin ole riittävä kannustin investoida kattaviin rakennuskohtaisen käyttäjäsähkön kulutuksen jakautumisen osoittaviin mittaus- ja seurantajärjestelmiin. On mahdollista, että mittaus- ja seurantajärjestelmien hyötykäyttö jää alkunostuksen jälkeen riittämättömäksi kattaakseen investointikustannukset säästyneinä energiakustannuksina.

Kiinteistöpalvelualalla otetaan tulevaisuudessa enenevässä määrin käyttöön energia- tehokkuuden parantamiseen kannustavaa palkkio- sanktio- mallia, jolla energiatehokkuuden parantamisen avulla saavutettava kustannusten säästö jaetaan kiinteistön omistajan ja huolto- organisaation kesken. Mallin käyttöönottoa sähköenergiatehokkuuden parantamiseksi rajoittaa se, että rakennuksen sähköenergia mitataan vain sähköverkon liittymispisteessä, jolloin ei voida tietää käyttäjäsähkön ja kiinteistösähkön osuuksia rakennuksen sähkönkulutuksesta. Kiinteistönhuolto- organisaation toiminnalla voidaan vaikuttaa vain kiinteistösähkön kulu- tukseen. Tilanteen korjaamiseksi tulisi jatkossa rakentaa rakennuksen sähköverkko siten, että kiinteistösähkön kulutuskohteet, kuten ilmastointi, jäähtytys, hissit ja yleisten tilojen valaistus olisi mitattu sähköenergian jälkimittarilla. Rakennuksen varustaminen kiinteistösähkön jälkimittarilla on rakennusvaiheessa järkevää ja edullista. Tällöin pystytään luotettavasti todentamaan kiinteistösähkön osuus rakennuksen sähkönkulutuksesta ja tarvittaessa kohdistamaan sähköenergiakustannukset aiheuttamisperiaatteen mukaisesti. Jälkimittarin seurannan järjestämistä voi harkita tapauskohtaisesti. Jälkimittari on joka tapauksessa työkalu kiinteistön huoltomiehelle mahdollistaen kulutuspoikkeamien todentamisen jälkikäteen.

Käyttäjien jatkuvasti lisääntyvä toimistolaitekanta lisää paitsi käyttäjäsähkön kulutusta, myös sisäilman jäähdyttämiseen tarvittavaa kiinteistösähkön kulutusta. Toimistolaitteiden energiansäästötilojen järjestelmällisellä käytöllä voitaisiin parantaa energiatehokkuutta merkittävässä määrin. Erityistä osaa sähkönkulutuksessa näyttelee pohjakuorma ja työajan ulkopuolella päällä olevat toimistolaitteet ovat yksi pohjakuorman aiheuttaja.

Rakennuksen sähkönkäytön tehostamisessa näyttelee keskeistä roolia se, miten voidaan selvittää pohjakuorman koostuminen eri kulutuskohteista. Pohjakuorman selvittäminen on haasteellista johtuen siitä, että rakennuksessa on yleensä vain päämittaus. Työn aikana tuli osoitetuksi se, että sähkönkulutuksesta valtaosan muodostaa jatkuvasti päällä oleva sähköteho. Kun ilmastoinnille ja jäähdytykselle olisi oma energian jälkimittaus, antaisi se jo huomattavasti paremman työkalun kohdistaa voimavarat suurimpien kulutuskohteiden selvittämiseen ja energiatehokkuuden analysointiin. Energiansäästöpotentiaalia voi löytyä merkittävästikin työajan ulkopuolista sähkönkäyttöä tehostamalla.

Rakennusten sähköenergiankäytön tehokkuudesta on tarvetta tehdä tutkimustyötä. Kokeellisia tutkimuksia sähköenergian käytön tehokkuudesta talotekniikassa on tehty verraten vähän. Sisäilmaluokitusten vaikutus sähköenergiakustannuksiin olisi yksi tutkimuksen arvoinen asia. On mahdollista, että talotekniikan mitoituksessa ja sen käytössä tehdään ylilyöntejä pyrittäessä parantamaan työn tuottavuutta. Oma osaansa ilmanvaihdon käytössä näyttelee rakennusvirheistä aiheutuvien ilman epäpuhtauksien poistaminen.

LÄHDELUETTELO

Asetus rakennuksen energiatodistuksesta (765/2007). Ympäristöministeriö.

Saatavissa: <http://www.finlex.fi>

DiLouie, Craig (Lighting Controls Association). Emerging trends in building lighting control systems. EC and M: Electrical Construction and Maintenance, v 105, n 5 May, 2006, p 22-26

EU (2006) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY. Energian loppukäytön tehokkuus ja energiapalvelut.

Helsingin Energia Oy. (2008) Kaukojäähdytys esite.

Saatavissa: <http://www.helsinginenergia.fi/kaukojaahdytys/index.html>

Holopainen Riikka, Hekkanen Martti, Hemmilä Kari, Norvasuo Markku. (2007) Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. VTT tiedote 2377.

Saatavissa: www.vtt.fi

Kallasjoki Tapio. (2006) Energiatehokkuus – yksi hyvän valaistuksen osatekijöistä. Sähköala 3/2006.

Korhonen Anne, Pihala Hannu, Ranne Aulis, Ahponen Veikko, Sillanpää Liisa. (2002) Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehoseuran julkaisu 384.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) Ympäristöministeriö.

Saatavissa: <http://www.finlex.fi>

Laki rakennuksen ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden energiätehokkuuden tarkastamisesta. (2008) Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi>

Lehtonen Matti, Heine Pirjo, Kallonen Milla, Lähdetie Artturi, Tapper Jan, Vitie Matias, Teknillinen korkeakoulu. Koski Pertti, Elväs Saara, Rautiainen Kimmo, Husu Timo, Motiva. Silvast Antti. Helsingin yliopisto. (2007) IT- sovellukset ja energiätehokkuuden kehittäminen, Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikan julkaisu, TKK-SVSJ-5

LVI- talotekniikkateollisuus. (2005) Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen.

LVIS-2000. (1994) LVI 73-40031 tiedonjyväkortti.

Motiva Oy. (2006) Selvitys tietotekniikkaympäristön sähkönsäästämahdollisuuksista. Saatavissa: <http://www.motiva.fi>

Nousiainen Mikko, Junnonen Juha-Matti, Junnila Seppo. (2006). Energiahallintapalveluiden kehittäminen kiinteistöalalla. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion selvi-tyksiä 63. TKK-RTA-S63.

Neilimo Kari, Uusi-Rauva Erkki. (2001) Johdon laskentatoimi.

RakMk D2. (2003) Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet.

RakMk D3. (2007) Suomen Rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet.

RakMk D5. (2007) Suomen Rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet.

Riikkula Jukka. (2005). Valaistus ja sen ohjaus toimiston saneerauksessa. Sähköala 9/2005

Seppänen Olli. (1994) Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. ISBN 951-96098-0-6.

Seppänen Olli, Seppänen Matti. (1996) Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys.

Simpson Robert S. (2003) Lighting Control – Technology and Applications.

Suomen ympäristökeskus. Tiedote (2005) Toimistolaitteiden energiansäästötilat vähentävät niiden sähkönkulutusta merkittävästi. Saatavissa: www.ymparisto.fi

Tammenmaa Katja. (2005) Perinteisen jäähdytyksen ja kaukojäähdytyksen taloudellinen vertailu toimistorakennuksessa. Insinööriyö.

Tetri Eino, Halonen Liisa, Härkönen Heikki. (1996) Loistelamppujen sammutuksen kannattavuus, Motiva Oy, Teknillisen korkeakoulun Sähkölaitos ja valaistustekniikan laboratorion laskentaohjelma Tauko.

Tilastokeskus. (2005) Sähkönkulutus sektoreittain vuonna 2004.

Todesco, Guiliano (Jacques Whitford). Chillers + Lighting + TES: Why CFC chiller replacement can be energy-savings windfall. ASHREE Journal, v 47, n 10, October, 2005, p 18-27

LIITE 1

Läsnäolo-ohjauksen kannattavuus 350 m² toimistohuoneistossa.

Lähtötiedot ja reunaehdot

Toimistohuoneita on 15 kpl kukin 18 m² eli yhteensä 270 m²

Neuvotteluhuoneita on 2 kpl kumpikin 40 m² eli yhteensä 80 m²

Toimistohuoneiden valaistuksen käyttöaika perinteisellä kytkinohjauksella 1 650 h/a

Toimistohuoneiden valaistuksen käyttöaika lyhenee läsnäolo-ohjauksella 45 % eli 743 h/a

Neuvotteluhuoneiden valaistuksen käyttöaika perinteisellä kytkinohjauksella 2 150 h/a

Neuvotteluhuoneiden valaistuksen käyttöaika lyhenee läsnäolo-ohjauksella 50 % eli 1 075 h/a

Valaistuksen tehotiheys on 10,5 W/m²

Sähköenergian verollinen hinta on 0,008 €/kWh

Asennustyön hinta on sama molemmissa ratkaisuisissa

Energian hinta nousee 3 % vuodessa

Korkokanta on 5%

Tarkastelu rajataan siten, että investointikustannusten perusteena on perinteisen kytkinohjauksen korvaaminen huonekohtaisilla läsnäoloilmaisimilla. Investointikustannukset muodostuvat siten läsnäoloilmaisimien hinnasta vähennettynä perinteisen kytkinohjauksen pois jäävien tarvikkeiden hinnalla.

Investointikustannukset

Hinnat ovat (ALV 22 %)

17 kpl läsnäolotunnistin kappalehinnaltaan 150 € eli yhteensä 2 550 €

1 kpl läsnäolotunnistimista uusitaan tarkastelujakson aikana, hinta on 150 €

Korvatut perinteisen kytkinohjauksen tarvikkeet ovat:

17 kpl kruunukytkimiä yhteishinnaltaan 133 €

17 kpl peitelevy ja kojerasia yhteishinnaltaan 53 €

100 m putkijohtoa yhteishinnaltaan 145 €

Investointikustannukset yhteensä (2550 + 150 – 331) € = 2 369 €

Säästyvät vuotuiset energiakustannukset

Toimistoissa säästyvä energia 743 h x 270 m² x 0,0105 kW/m² = 2 106 kWh

Neuvotteluhuoneissa säästyvä energia 1 075 h x 80 m² x 0,0105 kW/m² = 903 kWh

Säästyvät vuotuiset energiakustannukset yhteensä 3 009 kWh x 0,08 €/kWh = 241 €

Kannattavuus nykyarvomenetelmällä laskettuna

Vuosi	Investointi [€]	Nettotulo [€]	Diskonttaustekijä	Nettotulojen nyky- arvo [€]	Yhteensä [€]
0	2 370				- 2 370
1		241	0,9524	229,5	
2		248,2	0,9070	225,1	
3		255,7	0,8638	220,9	
4		263,3	0,8227	216,6	
5		271,2	0,7833	212,4	
6		279,4	0,7462	208,5	
7		287,8	0,7107	204,5	
8		296,4	0,6768	200,6	
9		305,3	0,6446	196,8	
10		314,5	0,6139	193,1	
11		323,9	0,5847	189,4	+ 2 290
12		333,6	0,5568	187,4	+ 2 480

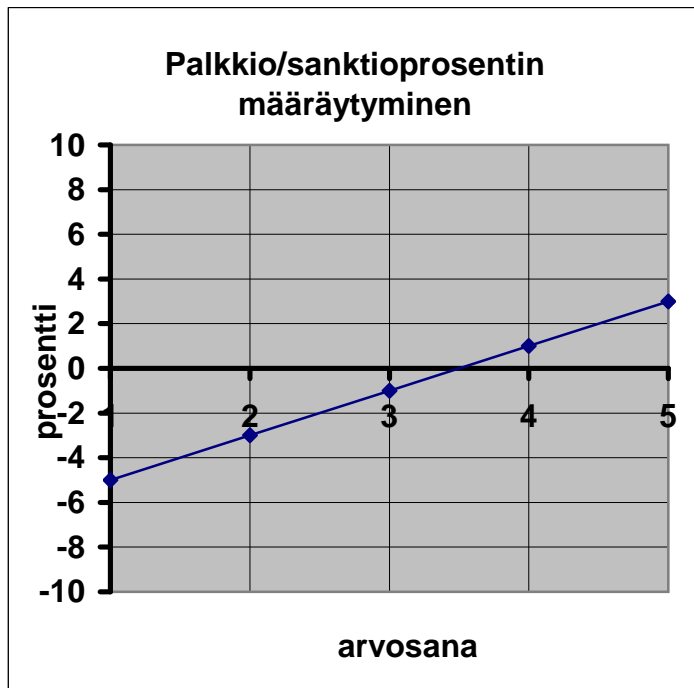


KIINTEISTÖNHOIDON KOHDEKOHTAINEN MITTARISTO			
Alue:	Alue 13	Arviointi 1 Pvm:	1.10.2007
		Arviointi 2 Pvm:	11.2.2008
Kohde:		Arvioija:	n.n.
		Läsnä:	n.n.
ASI AKAS		Aikajakso 1	
Asiakastyytyväisyys	Tilayhteys henkilöiden näkemys kiinteistönhoidon	3,50	Sis.painoarvo 0,60
Käyttäjätyytyväisyys	Käyttäjien näkemys kiinteistönhoidon laadusta	3,09	Sis.painoarvo 0,40
		Yhteensä	3,34 Kok.painoarvo 30 %
KUSTANNUKSET			
Lämpö			Sis.painoarvo 0,65
Vesi			Sis.painoarvo 0,10
Sähkö			Sis.painoarvo 0,25
		Yhteensä	#ARVO! Kok.painoarvo 40 %
LAATU			
Kiinteistönhoidon ja -huollon toiminta sekä raportointi		4,00	Sis.painoarvo 0,20
Ulkoalueiden hoito		3,80	Sis.painoarvo 0,20
Rakennustekniikka		3,80	Sis.painoarvo 0,20
Talotekniikka		3,86	Sis.painoarvo 0,20
Sähkötekniikka		3,93	Sis.painoarvo 0,20
		Yhteensä	3,88 Kok.painoarvo 30 %

5	Erittäin hyvä
4	Sopimuksen mukainen
3	Pieniä poikkeamia
2	Huomattavasti poikkerr
1	Erittäin paljon poikkeamia

PISTETULOS KAUELTA
 VUOSI SOPIMUSHINTA
 PALKKIO/SANKTIO
 KAUNDEITA

#ARVO!	€
#ARVO!	€
#ARVO!	%



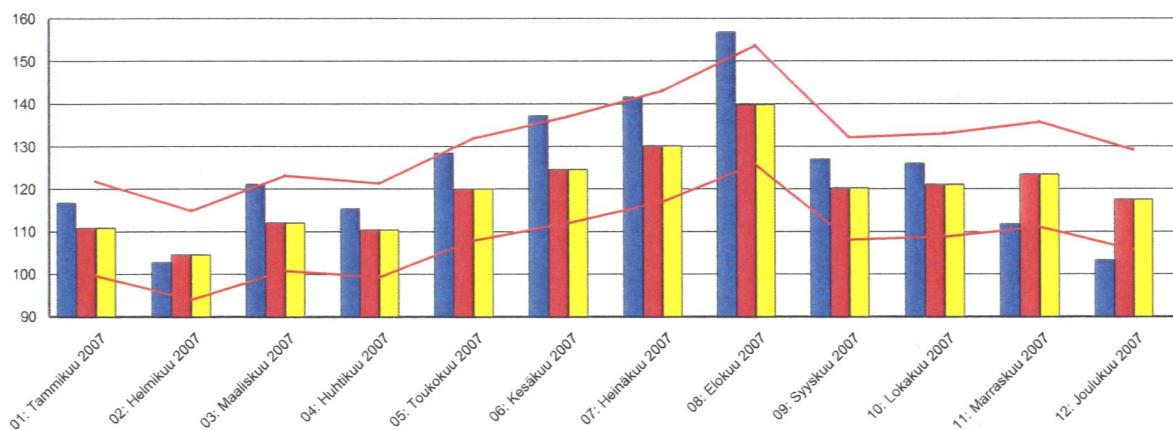
arvosana	prosentti
5	3
4	1
3	-1
2	-3
1	-5

KULUTUSVERTAILU
 (ALV ei sisälly hintoihin)

Senaatti-kiinteistöt

102845 Hki Lintulahdenkatu 5 virastot

Sähkö, Pätö [MWh]



[1]: Mitattu kulutus

[2]: Tavoitekulutus

Edellinen vuosi



102845 Hki Lintulahdenkatu 5 virastot

Sähkö, Pätö [MWh]

Kokonaistilavuus, m³: 35570

Isännöitsijä: Kempainen Mika

Bruttoala, brm²: 11690,2

Käyttötarkoitusnimi: 15 Toimistorakennukset

Lämmin tilavuus, m³: 35570

Isännöitsijä tunnus: 22

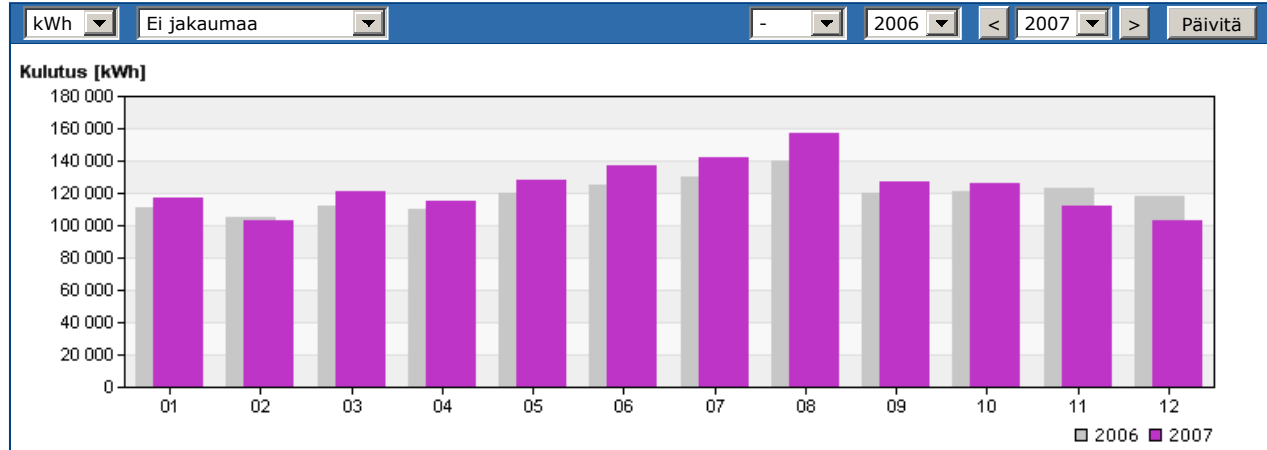
	[1]: Mitattu kulutus	[2]: Tavoitekulutus	Edellinen vuosi	Vertailu: ([1] - [2]) / [2] %
01: Tammikuu 2007	117	111	111	5,4
02: Helmikuu 2007	103	105	105	-1,7
03: Maaliskuu 2007	121	112	112	8,1
04: Huhtikuu 2007	115	110	110	4,5
05: Toukokuu 2007	128	120	120	7,1
06: Kesäkuu 2007	137	125	125	10,1
07: Heinäkuu 2007	142	130	130	8,8
08: Elokuu 2007	157	140	140	12,2
09: Syyskuu 2007	127	120	120	5,6
10: Lokakuu 2007	126	121	121	4,1
11: Marraskuu 2007	112	124	124	-9,5
12: Joulukuu 2007	103	118	118	-12,1
Yhteensä:	1 488	1 435	1 435	3,7

Vuosiraportti, Sähkö (2007)

28171

11.8.2008

Kohde UU-102845 Senaatti-Kiinteistöt, Keskushallinto		Katuosoite Lintulahdenkuja 5 kiint, - HELSINKI	
Yritys Senaatti-kiinteistöt Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Toimistot	Valmistumisvuosi -	



Yhteensä [kWh]						
Kuukausi	2006	2007	Muutos	Maksimi [kW]	Loishuippu [kvar]	
Tammikuu	110 832	116 820	5,4 %	280	36	
Helmikuu	104 560	102 764	-1,7 %	276	28	
Maaliskuu	112 056	121 124	8,1 %	300	44	
Huhtikuu	110 404	115 368	4,5 %	288	40	
Toukokuu	119 984	128 452	7,1 %	408	68	
Kesäkuu	124 624	137 200	10,1 %	420	68	
Heinäkuu	130 168	141 604	8,8 %	360	64	
Elokuu	139 820	156 824	12,2 %	448	80	
Syyskuu	120 236	126 964	5,6 %	300	44	
Lokakuu	121 036	126 032	4,1 %	284	36	
Marraskuu	123 500	111 804	-9,5 %	280	32	
Joulukuu	117 520	103 308	-12,1 %	276	24	
Yhteensä	1 434 740	1 488 264	3,7 %	448	80	

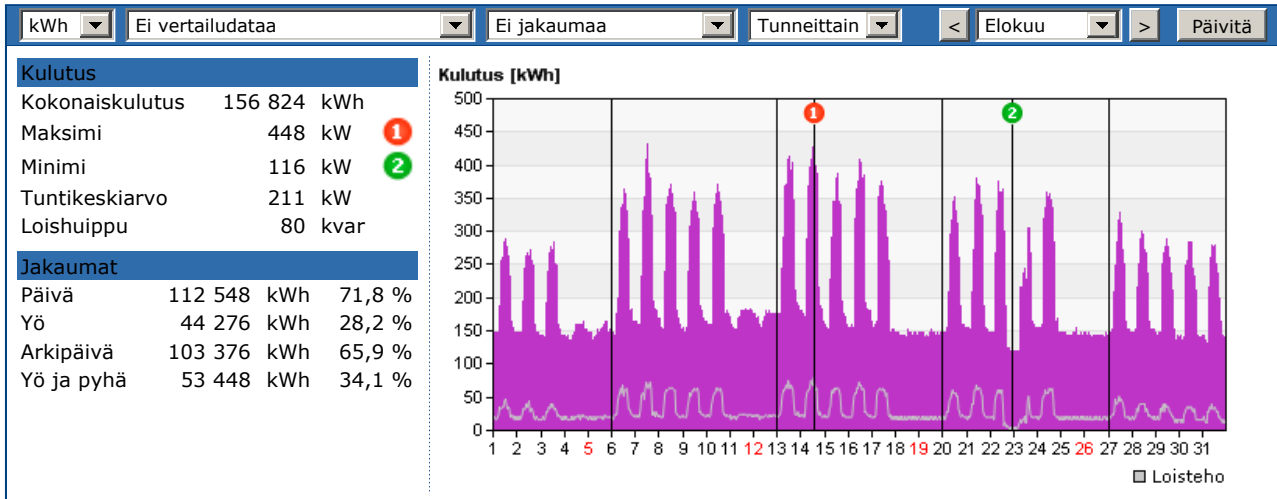
Jakauma		Kulutus	
Päivä (07-22)	1 059 024 kWh	Maksimi	448 kW
Yö (22-07)	429 240 kWh	Kulutuksen keskiarvo	170 kW
Arkipäivä	940 148 kWh	Minimi	60 kW
Yö/pyhä	548 116 kWh		

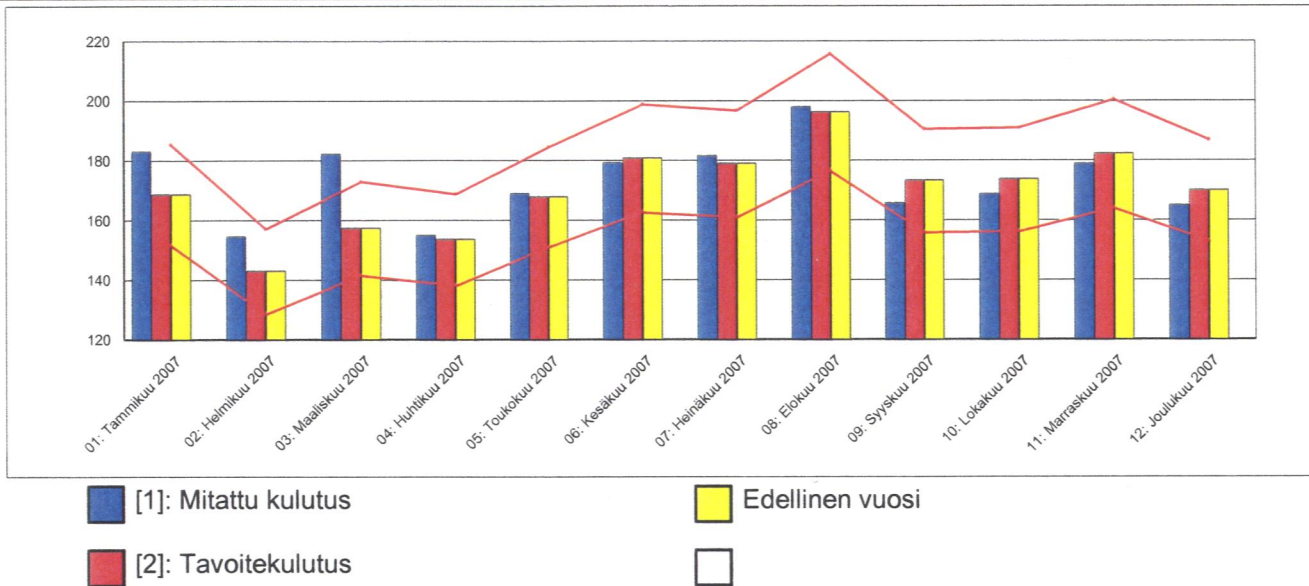
Kuukausiraportti, Sähkö (Elokuu 2007)

28171

11.8.2008

Kohde UU-102845 Senaatti-Kiinteistöt, Keskushallinto		Katuosoite Lintulahdenkuja 5 kiint, - HELSINKI	
Yritys Senaatti-kiinteistöt Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Toimistot	Valmistumisvuosi -	



KULUTUSVERTAILU
(ALV ei sisälly hintoihin)**Senaatti-kiinteistöt****100043 306968 TTK TUAS, Otaniementie 17****Sähkö, Pätö [MWh]****100043 306968 TTK TUAS, Otaniementie 17****Sähkö, Pätö [MWh]**Bruttoala, brm²: 18106,6Lämmin tilavuus, m³: 89190.0Kokonaistilavuus, m³: 89190.0

Katuosoite: Otaniementie 17

Isännöitsijä tunnus: 16

Isännöitsijä: Koponen Risse

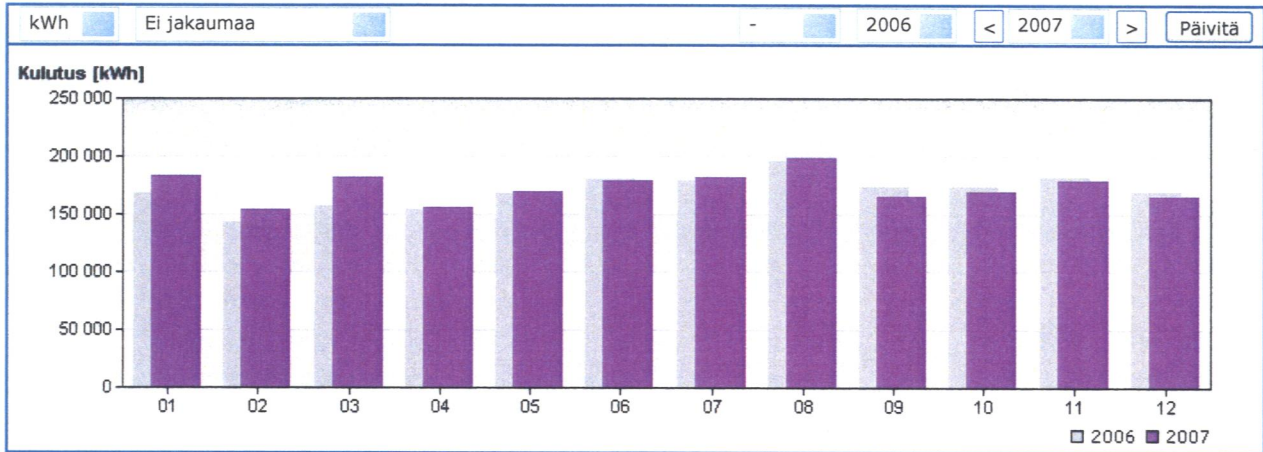
	[1]: Mitattu kulutus	[2]: Tavoitekulutus	Edellinen vuosi	Vertailu: ([1] - [2]) / [2] %
01: Tammikuu 2007	183	169	169	8,5
02: Helmikuu 2007	155	143	143	8,1
03: Maaliskuu 2007	182	157	157	15,8
04: Huhtikuu 2007	155	154	154	0,9
05: Toukokuu 2007	169	168	168	0,6
06: Kesäkuu 2007	179	181	181	-0,9
07: Heinäkuu 2007	182	179	179	1,4
08: Elokuu 2007	198	196	196	0,8
09: Syyskuu 2007	166	173	173	-4,4
10: Lokakuu 2007	169	174	174	-2,9
11: Marraskuu 2007	179	182	182	-1,9
12: Joulukuu 2007	165	170	170	-3,0
Yhteensä:	2 081	2 047	2 047	1,7

Vuosiraportti, Sähkö (2007)

30602

4.4.2008

Kohde UU-306968 TKK, Tuotantotalouden os. uudisrak.		Katuosoite Otaniementie 17, 02150 ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	



Yhteensä [kWh]						
Kuukausi	2006	2007	Muutos	Maksimi [kW]	Loishuippu [kvar]	
Tammikuu	168 749	183 168	8,5 %	435	37	
Helmikuu	143 037	154 662	8,1 %	422	38	
Maaliskuu	157 403	182 283	15,8 %	426	38	
Huhtikuu	153 643	154 980	0,9 %	423	37	
Toukokuu	167 962	168 976	0,6 %	577	70	
Kesäkuu	180 909	179 311	-0,9 %	541	66	
Heinäkuu	179 070	181 602	1,4 %	520	70	
Elokuu	196 351	197 997	0,8 %	606	95	
Syyskuu	173 392	165 757	-4,4 %	444	50	
Lokakuu	173 767	168 781	-2,9 %	435	41	
Marraskuu	182 402	178 951	-1,9 %	425	34	
Joulukuu	170 076	165 019	-3,0 %	426	35	
Yhteensä	2 046 761	2 081 487	1,7 %	606	95	

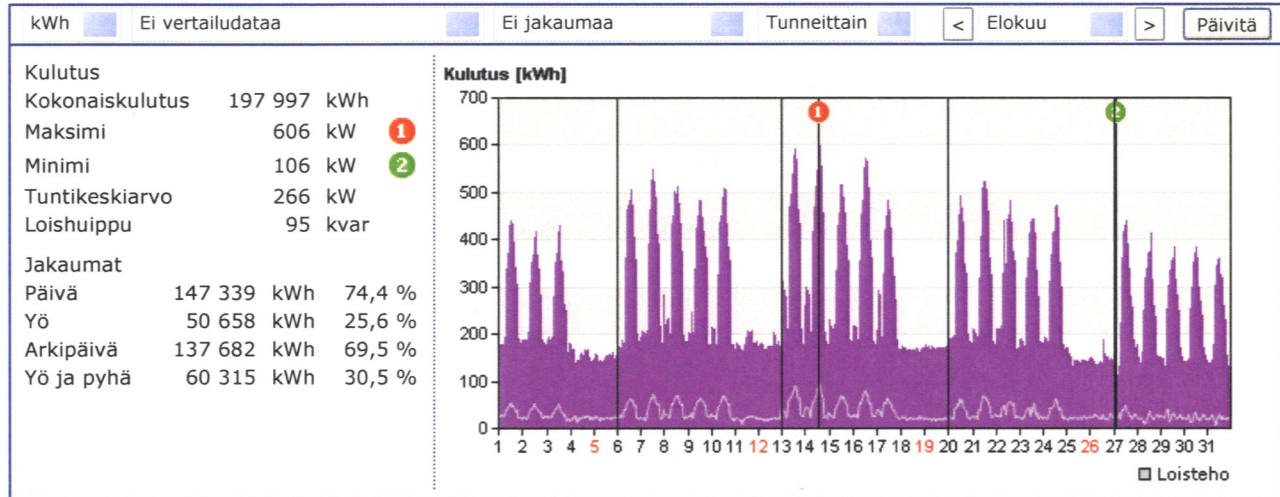
Jakauma			Kulutus	
Päivä (07-22)	1 526 471 kWh	73,3 %	Maksimi	606 kW
Yö (22-07)	555 016 kWh	26,7 %	Kulutuksen keskiarvo	238 kW
Arkipäivä	1 366 328 kWh	65,6 %	Minimi	105 kW
Yö/pyhä	715 159 kWh	34,4 %		

Kuukausiraportti, Sähkö (Elokuu 2007)

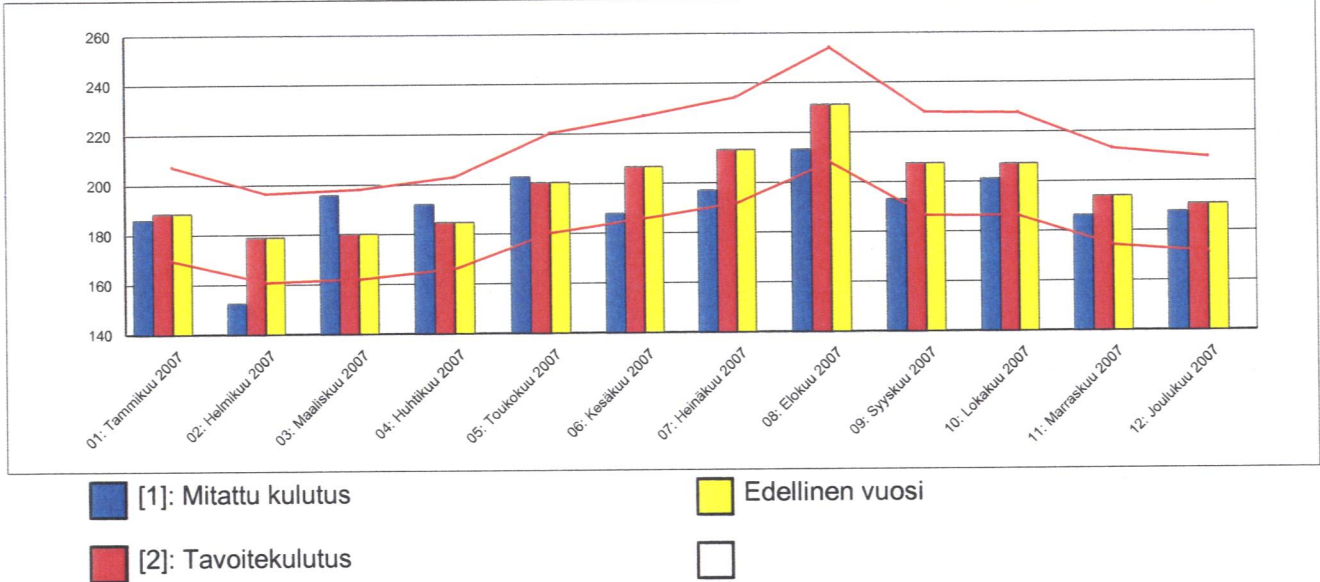
30602

24.4.2008

Kohde UU-306968 TTK, Tuotantotalouden os. uudisrak.		Katuosoite Otaniementie 17, 02150 ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	



	KULUTUSVERTAILU (ALV ei sisälly hintoihin)
Senaatti-kiinteistöt	100043 306458 TTK Tietotekniikan talo, Konemiehentie 2 Sähkö, Pätö [MWh]

**100043 306458 TTK Tietotekniikan talo, Konemiehentie 2****Sähkö, Pätö [MWh]**Bruttoala, brm²: 12953,3Lämmin tilavuus, m³: 55000.0Kokonaistilavuus, m³: 55000.0

Katuosoite: Konemiehentie 2

Isännöitsijä tunnus: 16

Isännöitsijä: Koponen Risse

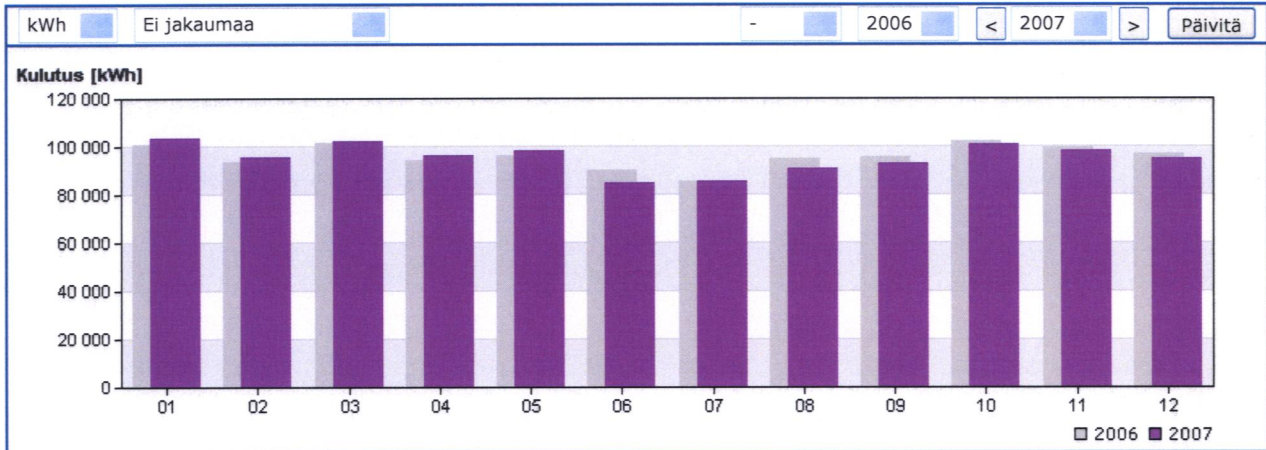
	[1]: Mitattu kulutus	[2]: Tavoitekulutus	Edellinen vuosi	Vertailu: ([1] - [2]) / [2] %
01: Tammikuu 2007	186	189	189	-1,4
02: Helmikuu 2007	153	179	179	-14,8
03: Maaliskuu 2007	196	180	180	8,6
04: Huhtikuu 2007	192	185	185	4,0
05: Toukokuu 2007	203	201	201	1,1
06: Kesäkuu 2007	188	207	207	-9,1
07: Heinäkuu 2007	197	213	213	-7,6
08: Elokuu 2007	213	231	231	-7,8
09: Syyskuu 2007	193	208	208	-6,9
10: Lokakuu 2007	201	207	207	-2,9
11: Marraskuu 2007	186	194	194	-4,0
12: Joulukuu 2007	188	191	191	-1,7
Yhteensä:	2 296	2 384	2 384	-3,7

Vuosiraportti, Sähkö (2007)

5357

4.4.2008

Kohde UU-306458 Tietotekniikan talo		Katuosoite Konemiehentie 2, - ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	



Yhteensä [kWh]							
Kuukausi	2006	2007	Muutos	Maksimi [kW]	Loishuippu [kvar]		
Tammikuu	100 342	103 471	3,1 %	213	1		
Helmikuu	93 345	95 149	1,9 %	208	1		
Maaliskuu	101 301	101 690	0,4 %	200	1		
Huhtikuu	94 108	96 248	2,3 %	199	1		
Toukokuu	95 832	97 864	2,1 %	199	1		
Kesäkuu	89 745	84 840	-5,5 %	176	1		
Heinäkuu	85 490	85 430	-0,1 %	153	0		
Elokuu	94 473	90 521	-4,2 %	180	0		
Syyskuu	95 099	92 844	-2,4 %	210	0		
Lokakuu	102 200	100 458	-1,7 %	208	0		
Marraskuu	99 477	98 071	-1,4 %	216	0		
Joulukuu	96 726	94 418	-2,4 %	195	0		
Yhteensä	1 148 138	1 141 004	-0,6 %	216	1		

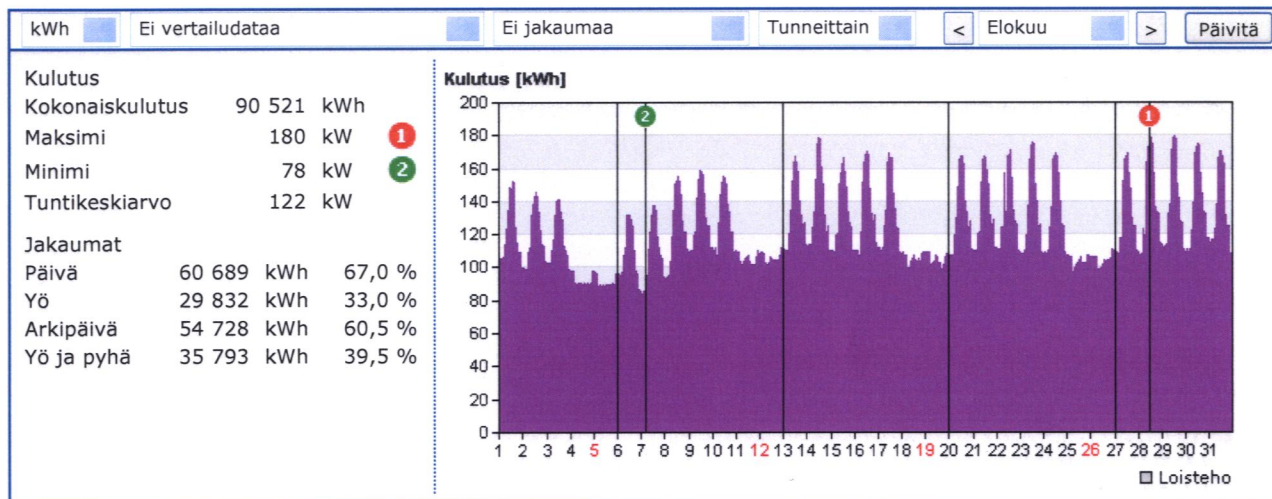
Jakauma		Kulutus	
Päivä (07-22)	772 957 kWh	67,7 %	Maksimi 216 kW
Yö (22-07)	368 047 kWh	32,3 %	Kulutuksen keskiarvo 130 kW
Arkipäivä	671 420 kWh	58,8 %	Minimi 0 kW
Yö/pyhä	469 584 kWh	41,2 %	

Kuukausiraportti, Sähkö (Elokuu 2007)

5357

4.4.2008

Kohde UU-306458 Tietotekniikan talo		Katuosoite Konemiehentie 2, - ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	

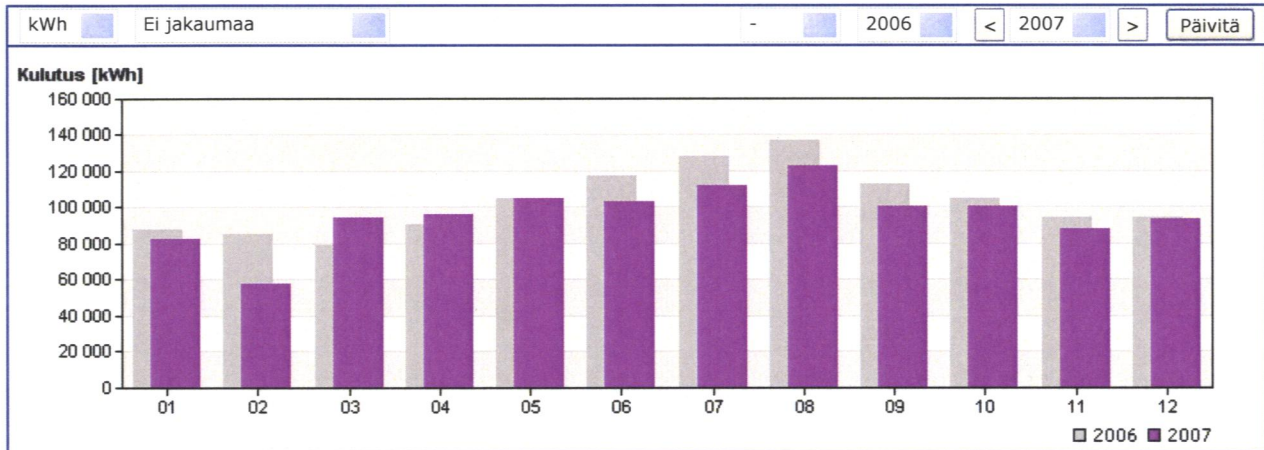


Vuosiraportti, Sähkö (2007)

5358

24.4.2008

Kohde UU-306458 Tietotekniikan talo (kp 127861)		Katuosoite Konemiehentie 2, - ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	



Yhteensä [kWh]	2006	2007	Muutos	Maksimi [kW]	Loishuippu [kvar]
Tammikuu	88 347	82 565	-6,5 %	223	17
Helmikuu	85 596	57 358	-33,0 %	170	12
Maaliskuu	79 007	94 111	19,1 %	217	19
Huhtikuu	90 639	95 810	5,7 %	229	15
Toukokuu	104 801	104 992	0,2 %	333	14
Kesäkuu	117 077	103 097	-11,9 %	298	15
Heinäkuu	127 783	111 694	-12,6 %	290	16
Elokuu	136 901	122 798	-10,3 %	324	16
Syyskuu	112 449	100 311	-10,8 %	231	15
Lokakuu	105 061	100 761	-4,1 %	235	14
Marraskuu	94 546	88 176	-6,7 %	216	18
Joulukuu	94 118	93 257	-0,9 %	214	15
Yhteensä	1 236 325	1 154 930	-6,6 %	333	19

Jakauma	Kulutus
Päivä (07-22)	Maksimi
Yö (22-07)	Kulutuksen keskiarvo
Arkipäivä	Minimi
Yö/pyhä	

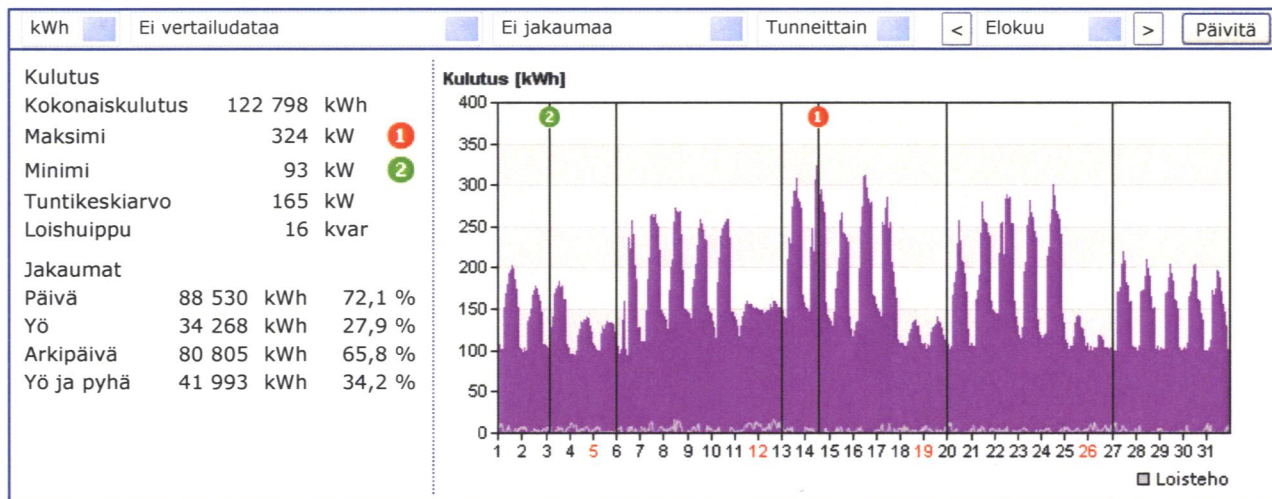
825 292 kWh	71,5 %	333 kW
329 638 kWh	28,5 %	131 kW
723 064 kWh	62,6 %	0 kW
431 866 kWh	37,4 %	

Kuukausiraportti, Sähkö (Elokuu 2007)

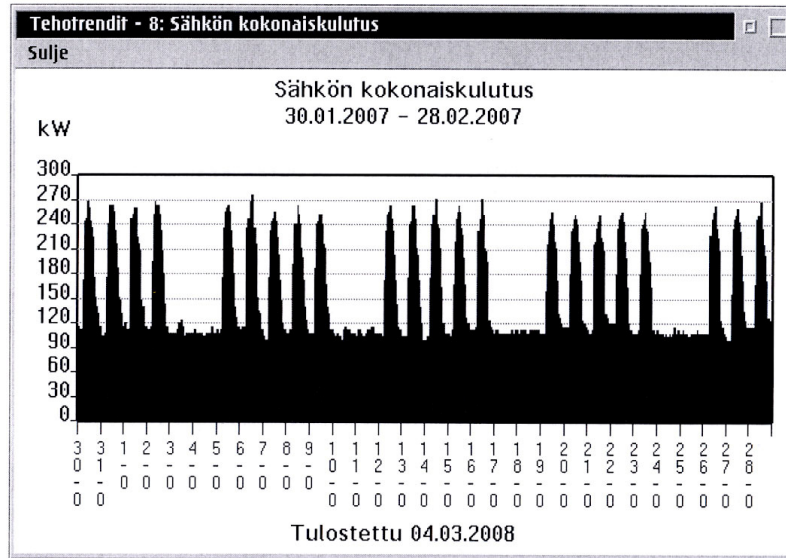
5358

24.4.2008

Kohde UU-306458 Tietotekniikan talo (kp 127861)		Katuosoite Konemiehentie 2, - ESPOO	
Yritys Senaatti-Kiinteistöt Asiakkaat Salkku		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi Yliopistot	Valmistumisvuosi -	

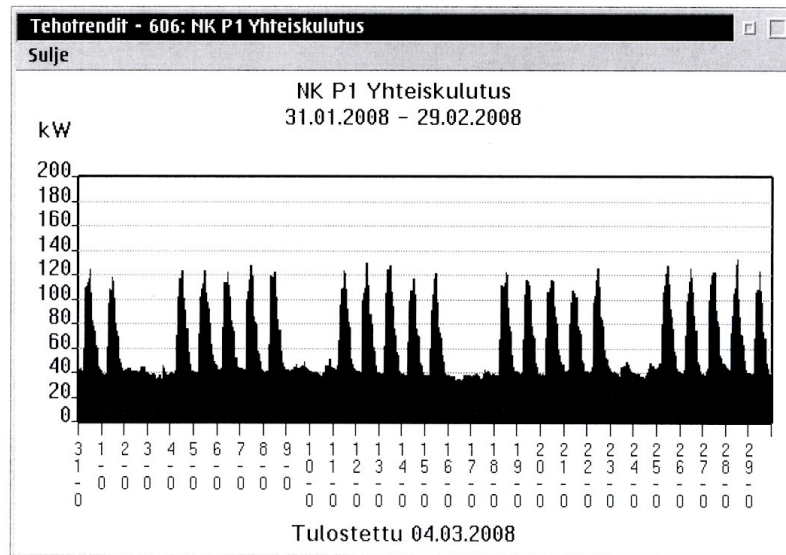


LIITE 4 Lintulahdenkatu 5 tehotrendit



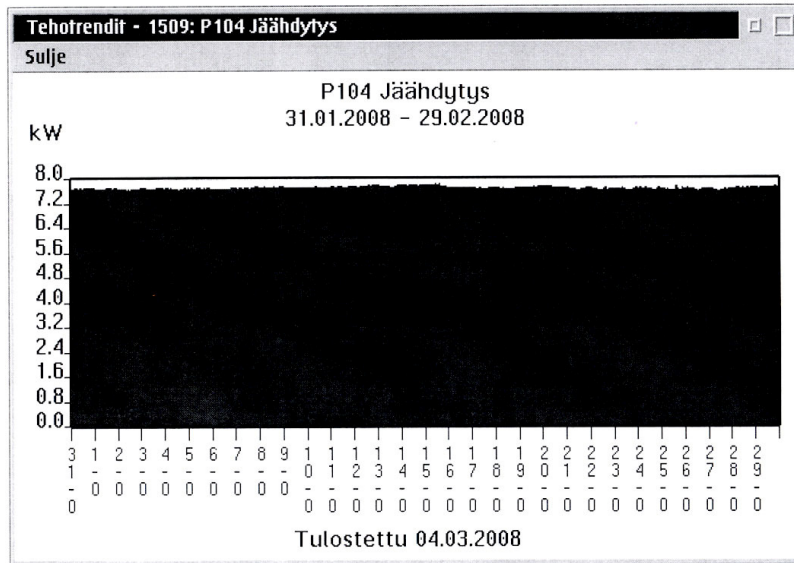
Kuva 50. Lintulahdenkatu 5 Senaatti-kiinteistöjen toimitalon sähkön kokonaiskulutuksen tehotrendi helmikuussa 2007.

Kuvasta 50 havaitaan, että sähkön kokonaiskulutuksen pohjakuorma on ollut helmikuussa 2007 noin 110 kilowattia.

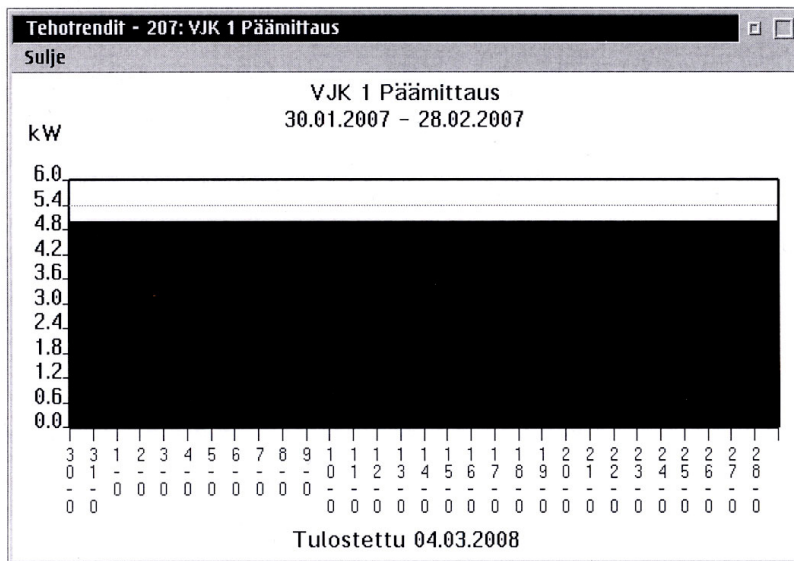


Kuva 51. Lintulahdenkatu 5 Senaatti-kiinteistöjen toimitalon nousukeskuksen NK P1 tehotrendi helmikuussa 2008.

Kuvasta 51 havaitaan, että nousukeskuksen NK P1 pohjakuorma on ollut helmikuussa 2008 noin 40 kilowattia.

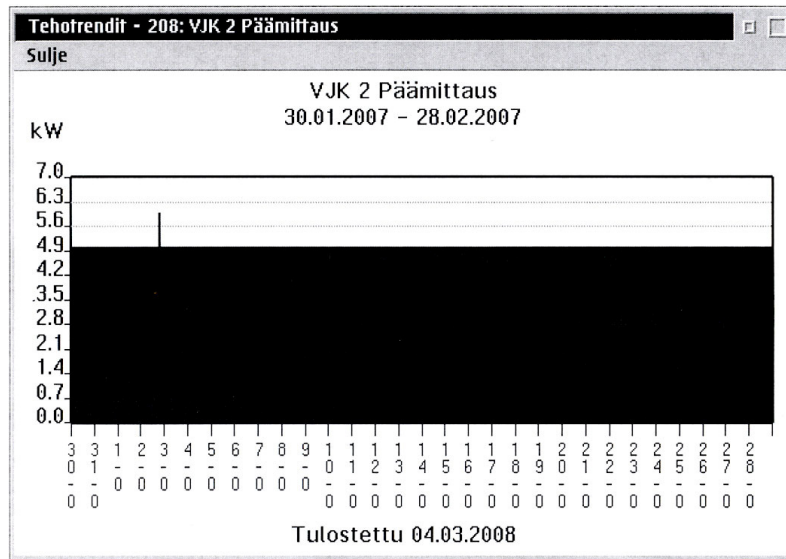


Kuva 52. Lintulahdenkatu 5. Senaatti-kiinteistöjen toimitalon jäähdytysjärjestelmän pumppujen sähkönkulutus helmikuussa 2008.

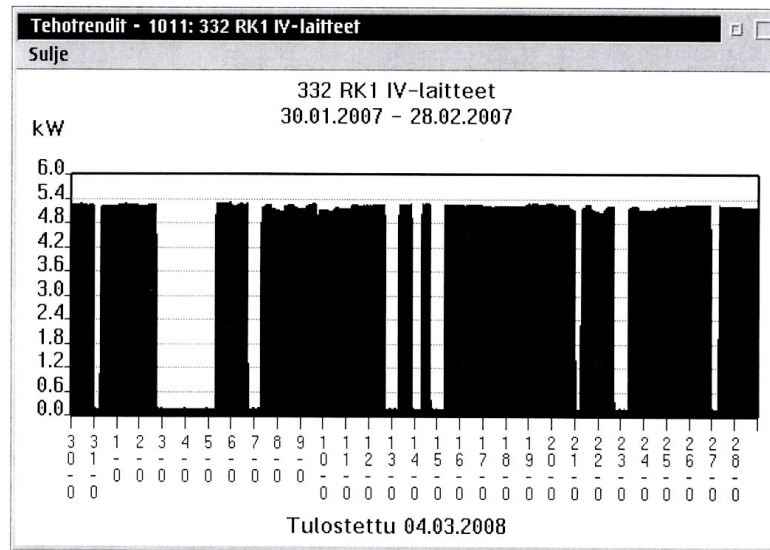


Kuva 52. Lintulahdenkatu 6. Stakesin uudisrakennusosan vedenjäähdytyskoneen VJK 1 sähkönkulutus helmikuussa 2007.

Kuvista 52 ja 53 nähdään Lintulahdenkatu 6 uudisrakennusosan vedenjäähdytyskoneiden sähkönkulutus helmikuun 2007 aikana. Lintulahdenkatu 6 rakennus sijaitsee samalla tontilla työssä tutkitun Lintulahdenkatu 5 rakennuksen kanssa. Uudisrakennusosan vedenjäähdytyskoneiden sähkönkulutus saatiin luettua saneerausosan energianseurantajärjestelmästä. Sähkötehoa on ollut helmikuun ajan päällä jatkuvasti yhteensä 10,15 kW. Yksistään helmikuun aikana sähköä on kulunut 6 821 kWh. Enempää ei talviaikaista kulutusta tarkasteltu, mutta on syytä olettaa tehon olleen päällä koko lämmityskauden ajan.

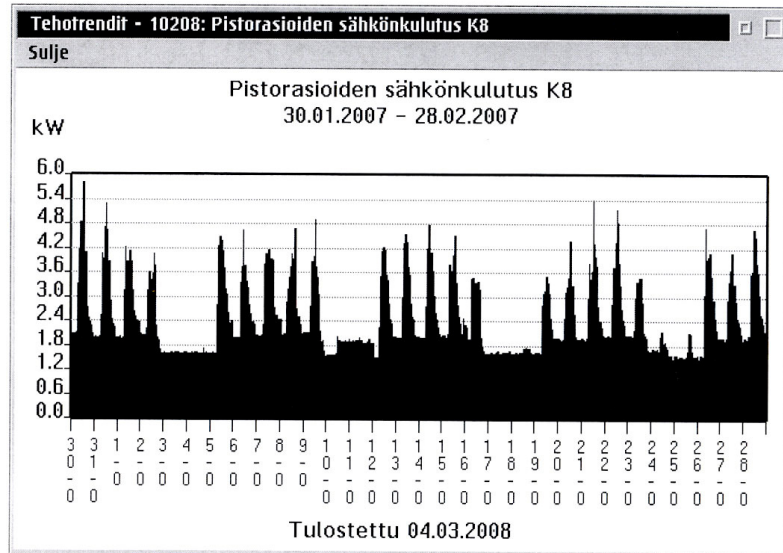


Kuva 53. Lintulahdenkuja 6. Stakesin uudisrakennusosan vedenjäähdytyskoneen VJK 2 sähkönkulutus helmikuussa 2007.



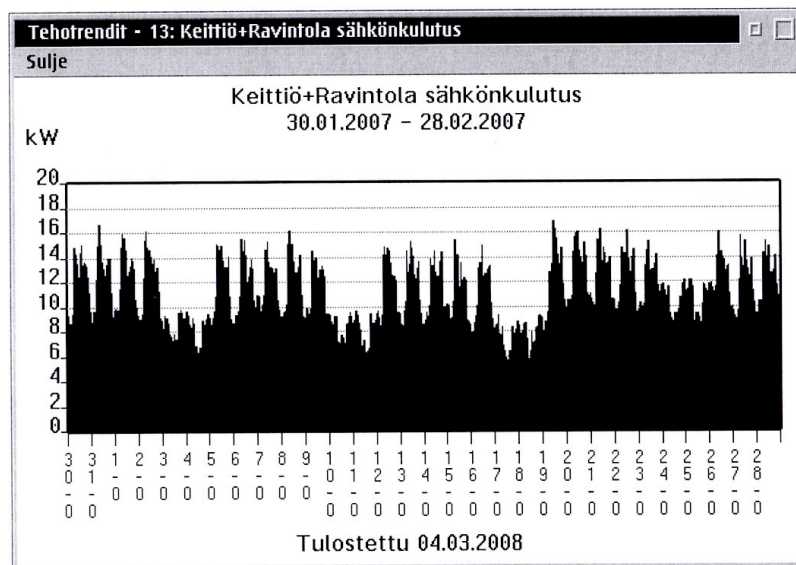
Kuva 54. Lintulahdenkatu 5. Senaatti-kiinteistöjen toimitalon tuloilmakoneen TK 332 sähkönkulutus helmikuussa 2007.

Kuvasta 54 nähdään yhden tuloilmakoneen sähkönkulutuksen tehotrendi helmikuulta 2007. Kuvasta voidaan havaita koneen pyörineen epäjohdonmukaisesti.



Kuva 55. Lintulahdenkatu 5 Senaatti-kiinteistöjen toimitalon 8. kerroksen pistorasioiden sähkönkulutus helmikuussa 2007.

Kuvasta 55 havaitaan pohjakuorman osuuden olevan noin 1,7 kilowattia, mistä voidaan tehdä johtopäätös, että tietokoneita on päällä tässä kerroksessa työajan ulkopuolella.

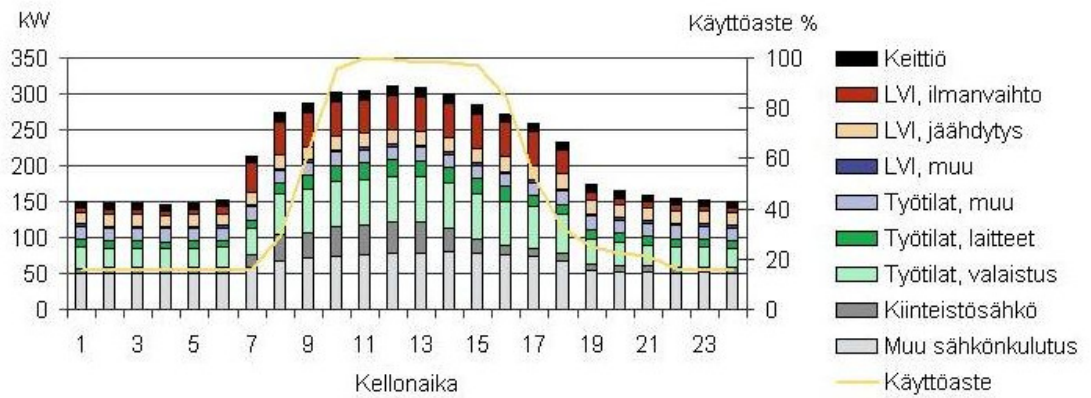


Kuva 56. Lintulahdenkatu 5 Keittiön ja ravintolan sähkönkulutus helmikuussa 2008.

Kuvasta 56 havaitaan, että keittiön ja ravintolan kuormituksen huiput, noin 15 kW ovat työpäivien aikana. Pohjakuormaa on työviikon aikana päällä noin 8 kW ja viikonloppuisin noin 6 kW.

Sähkö, vuorokausikulutus, edelliset 12 kk

Kiinteistö



Kuva 49. Lintulahdenkatu 5. Taloinfon kuvaaja edellisen 12 kuukauden kulutuksesta.

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi No Nimi	Pinta- ala m ²	Kuormituslajit				Laitteet				Sähkölämmitys				Teho kW	Kokonais- kulutus kWh	
		Valaistus		h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh			
0000 Kellari	569				2 521				45 160				0	15	47 681	4,8 % kokonaiskulutuksesta
0001 Iv-asennustila	390	5,3	100	600	1 246				0				0	2,1	1 246	LVI-laitteet erillisen laskelman mukaan
0002 Puhelin	7	15,0	100	600	63	214,3	80	8 760	10 512				0	2	10 575	
0003 Nousukeskus	12	10,0	100	600	72	416,7	100	2 000	10 000				0	5	10 072	
0004 Telelaite	10	10,0	100	600	60	400,0	70	8 760	24 528				0	4	24 588	
0005 Lämmönjako	30	10,0	100	600	180				0				0	0	180	LVI-laitteet erillisen laskelman mukaan
0006 Käytävä ja porras	30	10,0	100	1 500	450	5,0	100	200	30				0	0	480	
0007 Putkitunneli (ei esiinny vielä tasokuvissa)	90	10,0	100	500	450	5,0	100	200	90				0	1	540	
0008					0				0				0	0	0	
0009					0				0				0	0	0	
0100 1. kerros	1 033				20 951				49 253				0	61	70 204	7,1 % kokonaiskulutuksesta
0101 Neuvotteluhuoneet yht.	244	11,2	60	2 600	4 260	27,8	100	1 500	10 167				0	10	14 426	Laitekuormana videoproj.+PC
0102 Neuvotteluosaston käytävä	144	7,1	60	2 600	1 594	8,0	100	1 500	1 726				0	2	3 319	
0103 Taukotila	10	8,1	50	2 600	106	5,0	100	1 500	75				0	0	181	
0104 Aula/näyttely+vahtimestari	342	9,0	80	3 000	7 349	14,6	100	1 500	7 500				0	8	14 849	Laitekuormana AV ja näyttelyvalaistus
0105 Vahtimestari	18	24,7	80	3 500	1 249	93,8	60	2 600	2 646				0	2	3 895	
0106 Hissikuilut, 2 kpl yht.	36	23,8	100	2 340	2 017	829,4	100	624	18 720				0	31	20 737	Laitekuormana hissit
0107 WC	18	10,9	70	3 000	414	55,3	66	2 600	1 716				0	1	2 130	Laitekuormana käsikuivain
0108 Neuvottelutila aulan yhteydessä	50	12,4	70	2 000	865	28,0	100	1 500	2 100				0	2	2 965	Laitekuormana videoproj.+PC
0109 Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0110 Varastot, käytävät, jäte, kk	153	12,0	70	2 000	2 570	15,0	100	2 000	4 590				0	4	7 160	
0111					0				0				0	0	0	
0112					0				0				0	0	0	

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi No Nimi	Pinta- ala m ²	Kuormituslajit				Laitteet				Sähkölämmitys				Teho kW	Kokonais- kulutus kWh	
		Valaistus		h/a		kWh		h/a		kWh		h/a				
		W/m ²	%			W/m ²	%			W/m ²	%					
0200 2. kerros	580				13 585				81 459				4 257	31	99 302	10,1 % kokonaiskulutuksesta
0201 Palvelintila	61	16,3	100	2 000	1 984	147,5	80	8 760	63 072				0	10	65 056	
0202 Tarvike- ja laitevarasto	40	10,1	100	1 500	603	15,0	50	1 500	450				0	1	1 053	
0203 Koneiden kasaus	26	19,1	80	2 600	1 032	65,4	80	2 600	3 536				0	2	4 568	Laitekuormana PC:t
0204 ATK-luokka	64	17,7	80	2 600	2 352	81,3	80	2 000	8 320				0	6	10 672	Laitekuormana PC:t + kirjoitt. + akt.laitteet
0205 Arkistonhoitajat	60	13,3	80	2 600	1 658	33,3	80	2 600	4 160				0	3	5 818	Laitekuormana PC:t + kirjoittimet
0206 Lomakevarasto	92	12,2	100	1 500	1 683	5,4	50	1 500	375				0	2	2 058	Laitekuormana PC:t
0207 Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0208 Sos.tilat	204	10,0	70	2 500	3 575	10,0	50	1 500	1 532				0	4	5 108	Laitekuormana pienkeittiölaitteet
0209 Pesuhuoneet	14	10,0	80	1 500	170				0	100,0	100	3 000	4 257	2	4 427	Lattian sähkölämmitys
0210					0				0				0	0	0	
0211					0				0				0	0	0	
0300 3. kerros	1 168				35 314				37 305				0	40	72 620	7,4 % kokonaiskulutuksesta
0301 Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	1 091	16,0	67	2 912	34 036	16,5	70	2 912	36 691				0	35	70 727	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0302 WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0303 Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0304 Iv-kuilut	22	15,1	100	100	34	36,0	100	100	80				0	1	114	
0305					0				0				0	0	0	
0400 4. kerros	1 168				35 314				37 225				0	0	72 540	7,4 % kokonaiskulutuksesta
0401 Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	1 091	16,0	67	2 912	34 036	16,5	70	2 912	36 691				0	35	70 727	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0402 WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0403 Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0404 Iv-kuilut	22	15,1	100	100	34	0,0	100	100	0				0	0	34	
0405					0				0				0	0	0	

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi		Pinta- ala m ²	Kuormituslajit				Laitteet				Sähkölämmitys				Teho kW	Kokonais- kulutus kWh	
No	Nimi		Valaistus		h/a		kWh		h/a		kWh		h/a				
			W/m ²	%			W/m ²	%			W/m ²	%					
0500 5. kerros		1 168				35 314				37 225				0	0	72 540	7,4 % kokonaiskulutuksesta
0501	Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	1 091	16,0	67	2 912	34 036	16,5	70	2 912	36 691				0	35	70 727	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0502	WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0503	Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0504	Iv-kuilut	22	15,1	100	100	34	0,0	100	100	0				0	0	34	
0505						0				0				0	0	0	
0600 6. kerros		1 168				18 931				37 325				0	0	56 256	5,7 % kokonaiskulutuksesta
0601	Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	500	16,0	67	2 912	15 598	36,0	70	2 912	36 691				0	26	52 290	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0602	WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0603	Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0604	Iv-konehuone ja kuilut	613	8,5	80	500	2 088	1,6	100	100	100				0	6	2 188	LVI-laitteet erillisen laskelman mukaan
0605						0				0				0	0	0	
0700 7. kerros		1 168				35 314				37 225				0	39	72 540	7,4 % kokonaiskulutuksesta
0701	Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	1 091	16,0	67	2 912	34 036	16,5	70	2 912	36 691				0	35	70 727	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0702	WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0703	Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0704	Iv-kuilut	22	15,1	100	100	34	0,0	100	100	0				0	0	34	
0705						0				0				0	0	0	
0800 8. kerros		1 168				35 314				37 225				0	39	72 540	7,4 % kokonaiskulutuksesta
0801	Avotoimistot (poisluk. seinäal.siilot)	1 091	16,0	67	2 912	34 036	16,5	70	2 912	36 691				0	35	70 727	Laitekuorma PC+kopiok.+kirj.+pienkeittiöl.
0802	WC	36	10,9	70	2 600	717	55,3	100	260	520				0	2	1 237	Laitekuormana käsikuivain
0803	Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0804	Iv-kuilut	22	15,1	100	100	34	0,0	100	100	0				0	0	34	
0805						0				0				0	0	0	

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi		Pinta- ala	Kuormituslajit								Teho				Kokonais- kulutus kWh		
No	Nimi		Valaistus				Laitteet				Sähkölämmitys						
		m ²	W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	kW	kWh	
0900 9. kerros		835				13 451				116 191				0	125	130 651	13,3 % kokonaiskulutuksesta
0901	Ravintola	149	12,3	80	1 100	1 605	10,0	60	1 600	1 426				0	3	3 031	
0902	Kahvio	84	9,0	80	1 100	669	10,0	60	1 600	806				0	2	1 475	
0903	Jakelu	135	12,0	80	1 100	1 425	111,2	80	780	9 360				0	17	10 785	
0904	WC	18	10,9	70	2 600	359	55,3	100	260	260				0	1	619	Laitekuormana käsikuivain
0905	Keittiö	134	15,0	100	2 600	5 226	746,3	100	900	90 000				0	102	95 226	
0906	Varastot 2 kpl	29	10,0	67	1 500	287	5,0	100	1 500	214				0	0	502	
0907	Porras (siilo)	18	9,7	100	3 000	528	55,3	100	14	14				0	1	542	
0908	Terassi	135	3,1	67	800	225	5,0	100	500	337	5,0	100	1 500	1 010	2	1 571	Laitekuormana satunnaiset irtolaitteet
0909	Monikäyttötila	120	15,0	67	2 500	3 015	143,3	80	1 000	13 760				0	19	16 775	Laitekuormana AV+PC+kirjoittimet
0910	Porras +hissikuilu edustustiloihin	14	10,0	100	800	112	71,4	100	14	14				0	1	126	Hissi erillisen laskelman mukaan
0911						0				0				0	0	0	
1000 10. kerros		304				2 083				600				0	7	2 682	0,2 % kokonaiskulutuksesta
1001	Iv-konehuone	290	13,9	100	500	2 010	10,0	100	200	580				0	7	2 590	LVI-laitteet erillisen laskelman mukaan
1002	Porras +hissikuilu edustustiloihin	14	10,0	100	520	73	7,0	100	200	20				0	0	92	
1003						0				0				0	0	0	
1100 11. kerros		1 453				1 472				5 506				0	31	6 978	0,7 % kokonaiskulutuksesta
1101	Sauna	14	10,0	100	700	98	1 571,4	60	400	5 280				0	22	5 378	
1102	WC	2	10,0	100	700	14	500,0	100	130	130				0	1	144	
1103	Pukuhuone	20	57,8	100	700	809	15,0	80	400	96				0	1	905	
1104	Porras +hissikuilu edustustiloihin	14	10,0	100	700	98				0				0	0	98	Hissi erillisen laskelman mukaan
1105	Vesikatto	757	3,0	100	200	454				0	5,0			0	6	454	

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISSÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi No Nimi	Pinta- ala m ²	Kuormituslajit				Laitteet				Sähkölämmitys				Teho kW	Kokonais- kulutus kWh		
		Valaistus		h/a		kWh		W/m ² %		h/a		kWh					W/m ² %
1200 12. kerros	323					763				422				2 318	5	3 503	0,3 % kokonaiskulutuksesta
1201 Neuvottelu	33	29,7	100	500	490	10,0	80	500	132				0	1	622		
1202 WC	2	10,0	100	500	10	500,0	100	130	130				0	1	140		
1203 Varasto	2	10,0	100	300	6				0				0	0	6		
1204 Porras +hissikuilu edustustiloihin	14	10,0	100	500	70				0				0	0	70		
1205 Keittokomero	2	15,0	100	500	15	200,0	100	400	160				0	0	175	Keittiölaitekuorma	
1206 Terassi	40	6,3	100	500	126	5,0			0	5,0			0	1	126	Laitekuormana satunnaiset irtolaitteet	
1207 Vesikatto	230	2,0	100	100	46				0	5,0	70	2 880	2 318	2	2 364	Kattokaivolämmitykset	
1208					0				0				0	0	0		
1300 13. kerros	73				73				0				0	0	73	0 % kokonaiskulutuksesta	
1301 Lauhdutintaso	73	5,0	100	200	73				0				0	0	73	LVI-laitteet erillisen laskelman mukaan	
1302					0				0				0	0	0		
1400 Ulkoalueet	1 634				13 843				49				44 100	52	57 992	5,9 % kokonaiskulutuksesta	
1401 Siilojen julkisivuvalaistus	588	1,9	100	2 500	2 835				0				0	1	2 835		
1402 Sisäpihan julkisivuvalaistus	920	2,8	100	2 500	6 400				0				0	3	6 400		
1403 Sisääntuloportti	126	15,2	80	3 000	4 608	15,9	100	24	49	350,0	100	1 000	44 100	48	48 757	Laitekuormana porttikoneisto	
1404					0				0				0	0	0		
1405					0				0				0	0	0		
1500 KAIKKI YHTEENSÄ	13 809	m ²			264 246	kWh/a			522 169	kWh/a			50 675	446	837 091	kWh/a, ei sisällä LVI-laitteita	

LINTULAHDENKUJA 6, SANEERAUSOSA
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

LIITE 5

Tilatyyppi No Nimi	Pinta- ala m ²	Kuormituslajit						Teho kW	Kokonais- kulutus kWh					
		Valaistus			Laitteet					Sähkölämmitys				
		W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	
1600 SUHTEELLISET OSUUDET					27,0				53,3				5,2	100,0
1700 LVI-ENERGIAN KÄYTTÖ LVI-JÄRJESTELMIEN SIMULOINNIN MUKAAN									3,8	kWh/(a*m ²)				
1701 LVI-laitteiden energiankäyttö	13 809				14,6	20,0			142 766	kWh/(a*m ²)			276	979 857
1800 HYÖTYPINTA-ALA	11 349				23,3				46,0	kWh/(a*m ²)			4,5	73,8
1900 RAKENNUSTILAVUUS	37 570				7,0				17,7	kWh/(a*m ³)			1,3	26,1
2000 ENERGIANKULUTUKSEN NORMITTAMINEN VASTAAMAAN UUDISRAKENNUKSEN OLOSUHTEITA														2 500 h/a huipunkäyttöaika
2001 Normaali huonekorkeus	3,50	m								Tasaus			0,75	
2002 Tämän rakennuksen huonekorkeus	3,31	m								Liityntä			722	kW
2003 Epäsuoran valaistuksen teho	15,0	W/m ²								Huippu			542	392
2004 Suoran valaistuksen teho	10,0	W/m ²											48	34,5 W/m ²
2005 Valaistuksen osuus	27,0	%												
2006 Keittiön ja sen laitteet	2,8	kWh/(a*m ³)												
2007 Julkisivuvalaistuksen osuus	0,4	kWh/(a*m ³)												
2008 Portin sähkölämmitys	1,2	kWh/(a*m ³)												
2009 ATK-palvelimet	1,7	kWh/(a*m ³)												
2100 NORMITETTU ENERGIANKULUTUS					12,0									

ENERGIATODISTUS









Rakennus

Rakennustyyppi: Toimistorakennus
Osoite: Lintulahdenkatu 5
00530 Helsinki

Valmistumisvuosi: 2002
Rakennustunnus: 102845

Energiatodistus on annettu

- rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja perustuu laskennalliseen kulutukseen
 energiakatselmuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen
 erillisen tarkastuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
		
		
		
		
		
		
		
	<i>Paljon kuluttava</i>	

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi):

261

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Toimistorakennukset

Todistuksen antaja:

Timo Vehosmaa

Allekirjoitus:

Todistuksen tilaaja:

Todistuksen antamispäivä:

13.3.2008

Viimeinen voimassaolopäivä:

-käytetään diplomityössä

RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

Energiatehokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus *	1 337 000 kWh/vuosi
Kiinteistösähkön kulutus	799 100 kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus *	1 328 250 kWh/vuosi
Yhteensä	3 464 350 kWh/vuosi
Rakennuksen bruttoala	11 690 brm ²
Rakennuksen energiatehokkuusluku	kWh/brm²/vuosi

* Uudisrakennuksen energiankulutus lasketaan käyttäen RakMk D5 Liite 1 säävyöhyke III (Jyväskylä-Luonetjärvi) mukaisia säätietoja.

Toteutuneet energian ja veden kulutukset

Kulutuskohde	Kulutus	Yksikkö	Vuosi
Lämmitysenergia	747	MWh/a	2007 sääkorj
Kiinteistösähkö			
Mitattu kiinteistösähkö	799 100	kWh	2007 selvitys
Jäähdytysenergia			
Kaukojäähdytys		kWh	
Jäähdytysenergia	265 650	kWh	2007 selvitys
Vedenkulutus			
Kokonaiskulutus	1 879	m ³	2007 mitattu
Lämpimän veden kulutus		m ³	

Toteutuneiden kulutusten muuntaminen energiatehokkuusluvun laskentaa varten

Vertailupaikkakunta: Helsinki Kaisaniemi
 Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla: 3 986
 Vuoden 2007 lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla: 3 509
 Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään k_2 : 1,24
 Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde: 1

Mitattu lämmitysenergian kulutus (sääkorjattu) korjataan Jyväskylään $747 \times 1,24 = 926$ MWh/a
 Energiamittausjärjestelmän mittaustietojen analysoinnin avulla saatu jäähdytysenergian kulutus on $265\,650 \times 5 = 1\,328\,250$ kWh/a. Kylmäkertoimen arvo on 5, koska kylmäntuottoiläite on varustettu vapaajäähdytysjärjestelmällä.

Kiinteistösähkön kulutus on selvitetty energiamittausjärjestelmän mittaustiedoista.
 Energiamittausjärjestelmästä marraskuun 2007 osalta puuttuvat kulutustiedot on korvattu marraskuun 2006 kulutustiedoilla.

Rakennuksen sisäilmasto sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Painovoimainen ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Ulkoilmaventtiilit	<input type="checkbox"/>
Koneellinen poistoilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuloilman suodatus	<input checked="" type="checkbox"/>
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Lämmöntalteenotto	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa:		Jäähdytys	<input checked="" type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon ilmapirrat on mitattu ja todettu riittäviksi vuonna			<input type="text" value="2002"/>
Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja tasapainotettu vuonna			<input type="text"/>
Ilmastoinnin kylmälaitteiden kunto ja energiatehokkuus on tarkastettu vuonna			<input type="text"/>
Lämmitysjärjestelmä on tasapainotettu vuonna			<input type="text" value="2002"/>

VESIKATTO

4 KRS

3 KRS

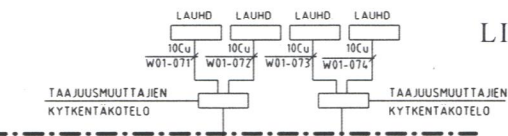
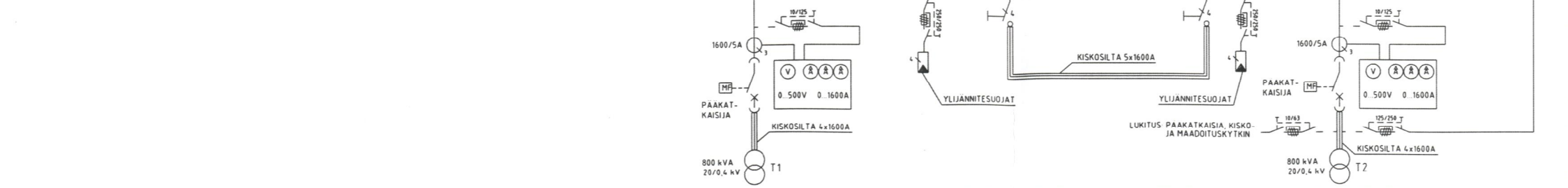
2 KRS

1 KRS

MUUNTAMO
ESPOON SAHKO

PK 1

400/230 V 50 Hz 1600 A 50 kA (1s) (3L,N,PE)



KAAPELITYYPIT

6 Cu	= MMJ 5x6 S
16 Cu	= MMJ 5x16 S
25 Cu	= MMJ 5x25 S
35 AI	= AMCCMK 4x35-16 CuS
70 AI	= AMCCMK 4x70-21 CuS
120 AI	= AMCCMK 4x120-41 CuS
185 AI	= AMCCMK 4x185-57 CuS

<p>OTANIE MI 10018</p> <p>TKK TUAS-RAKENNUS OTANIEHEITE 17 02150 ESPOO</p>		<p>S?HK?</p> <p>0617.901</p>	
<p>ABB Oy Talotekniikka</p> <p>VITKKA & 02630 ESPOO P. 010 222 021</p>		<p>S? H4402</p>	
<p>Kaupunginosa/osa OTANIE MI</p> <p>Rakennuslupa/luva UUDISRAKENNUS</p> <p>Rakennusohjeen nro ja osasto TKK TUAS-RAKENNUS OTANIEHEITE 17 02150 ESPOO</p> <p>Suunnitteluselitys/kuvaus Insinööritoimisto OLOF GRANLUND OY Malminkatu 21, PL 59, 00701 HELSINKI Puh. 09-3510 31, telefax 09-3510 3421</p>	<p>Karttitie/te</p> <p>10018</p> <p>Veronumeron merkintä/</p> <p>Perustustyypit SAHKÖLÖPPIRUSTUS</p> <p>Perustuksen osasto NOUSUJOHTOKAAVIO</p> <p>Kahtiohje/kuvaus/kuvaus Käyttökäsky/kuvaus Maa-alue/kuvaus Hankintamäärä A 1709</p> <p>Rakennus/kuvaus 306968</p> <p>Rakennus/kuvaus TKK TUAS-RAKENNUS</p> <p>Yhteyshenkilö/kuvaus 05617.001</p> <p>Tiedoston nro/kuvaus S_4402</p>	<p>Julkaistu/kuvaus 30.6.03</p> <p>Maailmanlaajuinen/kuvaus 0617.901</p> <p>SENAAATTI- KIVESTEIT</p> <p>Maailmanlaajuinen/kuvaus H4402</p> <p>Maailmanlaajuinen/kuvaus 30.06.2003</p>	<p>Maailmanlaajuinen/kuvaus 0617.901</p> <p>Tiedoston nro/kuvaus S_4402</p> <p>Maailmanlaajuinen/kuvaus H4402</p> <p>Maailmanlaajuinen/kuvaus 30.06.2003</p>

TUAS-PROJEKTI
TILOJEN OMINAISÄHKÖTEHOT

Tilatyyppi No Nimi	Pinta- ala m ²	Kuormituslajit				Laitteet				Sähkölämmitys				Huippu- teho kW	Kokonais- kulutus kWh	Kulutus- jako	
		Valaistus W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh	W/m ²	%	h/a	kWh				
0000 Tilat	17 946				753 092				853 718				0	824	1 606 809		
0001 Työtilat, suora, päivä	5 770	7,0	70	3 575	101 076	18,0	70	3 575	259 910				0	144	360 986	KÄS	
0002 Työtilat, epäsuora, päivä	5 770	7,0	100	3 575	144 394	18,0	70	3 575	259 910				0	144	404 304	KÄS	
0003 Työtilat, suora, yö	5 770	7,0	15	5 185	31 413	18,0	15	5 185	80 777				0	144	112 190	KÄS	
0004 Työtilat, epäsuora, yö	5 770	7,0	50	5 185	104 711	18,0	15	5 185	80 777				0	144	185 488	KÄS	
0005 Opetustilat, suora, päivä	2 200	7,0	60	2 640	24 394	3,5	60	2 640	12 038				0	23	36 432	KÄS	
0006 Opetustilat, epäsuora, päivä	2 200	7,0	100	2 640	40 656	3,5	60	2 640	12 038				0	23	52 694	KÄS	
0007 Mikroluokat	130	7,0	70	3 800	2 421	75,0	70	3 800	25 935				0	11	28 356	KÄS	
0008 Auditoriot ja kokoustilat	1 270	35,0	60	2 640	70 409	5,0	60	2 640	10 058				0	51	80 467	KÄS	
0009 Aulat, käytävät, sosiaalitilat, varastot	7 226	10,0	100	3 000	216 780	5,0	100	3 000	108 390				0	108	325 170	KIS	
0010 EVE	200	35,0	60	2 640	11 088	5,0	60	2 640	1 584				0	8	12 672	KÄS	
0011 IV-konehuoneet	1 150	10,0	100	500	5 750	10,0	100	200	2 300				0	23	8 050	KIS	
0012					0				0				0	0	0		
0013					0				0				0	0	0		
0100 Laitekuormat	sis.ed.				6 000				167 915				3 456	168	139 075		
0101 Hissit	15	0,0	0	0	0	3 000,0	50	624	14 040				0	45	14 040	KIS	Laitekuormana hissit
0102 Keittiö	90	0,0	0	0	0	555,6	60	800	24 000				0	50	24 000	KIS	
0103 Ulkovalaistus	1 000	4,0	100	1 500	6 000	0,0	0	0	0				0	4	6 000	KIS	Arvioitu 40 kpl
0104 Autolämmituspistorasiat	1 000	0,0	0	0	0	20,0	100	200	4 000				0	20	4 000	KIS	Arvioitu 40 kpl
0105 Palvelinhuoneet	60	0,0	0	0	0	350,0	50	8 670	91 035				0	21	91 035	KÄS	
0106 Sauna	10	0,0	0	0	0	1 000,0	100	624	6 240				0	10	6 240	KIS	
0107 Keittokomero	40	0,0	0	0	0	400,0	50	3 575	28 600				0	16	28 600	KÄS	Keittiölaitekuorma
0108 Lämmityslaitteet	120	0,0	0	0	0	0,0	0	0	0	20,0	50	2 880	3 456	2	3 456	KIS	
0109					0				0				0	0	0		
0110					0				0				0	0	0		
1200 KAIKKI YHTEENSÄ	17 946	m ²			759 092	kWh/a			1 021 633	kWh/a			3 456	992	1 784 180		kWh/a, ei sisällä LVI-laitteita
1300 LVI-ENERGIAN KÄYTTÖ LVI-JÄRJESTELMIEN SIMULOINNIN MUKAAN									23,4	kWh/(a*m ²)							
1301 LVI-laitteiden energiankäyttö									23,4	kWh/(a*m ²)							KIS
1400 SÄHKÖENERGIA YHTEENSÄ	17 946	m ²			42,3	kWh/(a*m ²)			80,3	kWh/(a*m ²)			0,2	kWh/(a*m ²)	122,8		kWh/(a*m ²)
1500 SÄHKÖENERGIA YHTEENSÄ	75 870	m ³			10,0	kWh/(a*m ³)			19,0	kWh/(a*m ³)			0,0	kWh/(a*m ³)	29,1		kWh/(a*m ³)
1600 KIINTEISTÖSÄHKÖ	17 946	m ²			12,7	kWh/(a*m ²)			32,3	kWh/(a*m ²)			0,2	kWh/(a*m ²)	45,2		kWh/(a*m ²)
1700 KÄYTTÄJÄSÄHKÖ	17 946	m ²			29,6	kWh/(a*m ²)			48,1	kWh/(a*m ²)			0,0	kWh/(a*m ²)	77,6		kWh/(a*m ²)
1800 KIINTEISTÖSÄHKÖ	75 870	m ³			3,0	kWh/(a*m ³)			7,6	kWh/(a*m ³)			0,0	kWh/(a*m ³)	10,7		kWh/(a*m ³)
1900 KÄYTTÄJÄSÄHKÖ	75 870	m ³			7,0	kWh/(a*m ³)			11,4	kWh/(a*m ³)			0,0	kWh/(a*m ³)	18,4		kWh/(a*m ³)
2000 SÄHKÖENERGIA YHTEENSÄ					759	MWh/a			1 442	MWh/a			3	MWh/a	2 200,7		MWh/a
2100 KIINTEISTÖSÄHKÖ					229	MWh/a			579	MWh/a			3	MWh/a	807,4		MWh/a
2200 KÄYTTÄJÄSÄHKÖ					531	MWh/a			863	MWh/a			0	MWh/a	1 393,2		MWh/a

TKK, TUAS-rakennus**Otaniemi****02150 ESPOO****Laskelman tarkoitus**

Energiankulutuslaskelman avulla määritettiin arvio rakennuksen LVI-energiankulutuksesta ja sähköenergiankulutuksesta. LVI-energiankulutuksen osalta tehtiin kaksi energiankulutusvertailu:

1. ikkunavertailu (kaksinkertainen vs. kolminkertainen ikkunarakenne)
2. ilmanvaihtojärjestelmävertailu (tarpeenmukainen vs. vakioilmanvaihto)

Käytetyt työkaluohjelmistot

Rakennuksen energiankulutuksen simulointiin olemme käyttäneet Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:n kehittämää RIUSKA-energiasimulointiohjelmistoa. Laskentakoneena Riuskassa käytetään USA:ssa kehitettyä DOE 2.1E simulointiohjelmistoa, joka on käytössä maailmanlaajuisesti. Rakennuksen geometrian ja rakenteiden mallinnus on tehty SMOG 3D-mallinnusohjelmalla. SMOG:n ja Riuskan välisessä tiedonsiirrossa on käytetty IFC-tiedostomuotoa. Valaistus-, pistorasia- ja laite-energiankulutuksen laskennassa olemme käyttäneet Microsoft Excel sovelluksella toteutettua laskentatyökalua.

Yhteenveto lähtötiedoista

Energiankulutuslaskelmat perustuvat kohteen arvioituun käyttötarpeeseen ja kuormitukseen. Tilojen ja ilmanvaihdon käyttöaika on pääsääntöisesti ollut laskelmassa arkisin kello 8-20. Osassa rakennusta on huomioitu myös viikonloppukäyttö.

Tilojen ilmavirtojen ja jäähdytystehojen mitoitus on perustunut maksimikuormiin. Energiankulutuslaskelmissa on tiloille kuitenkin käytetty ns. käyttöprofiileja, joissa tilojen käyttöaste on keskimäärin n. 50 % mitoituskuormista. Laskelmassa ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojen hyötysuhteet ovat 60 %. Jäähdytyskoneikon kylmäkerroin on 3,0.

Laskelmassa ulkoseinän k-arvo oli $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunavertailussa eri ikkunarakenteet olivat Coollite SKN 172 + 1xkirkas ja Coollite SKN 172 + 2xkirkas. Ikkunoissa oli sälekaihtimet sisäpuolella. Ulkopuoliset varjostukset (sisäpihojen säleiköt ym.) on huomioitu laskelmassa.

Valaistusenergian laskennassa on oletettu, että työ- ja opetustilojen valaistukseen käytetään suoraa/epäsuoraa valaistusta suhteessa 50 %/50 % ja että suoraa valaistusta ohjataan läsnäolon perusteella, kun taas epäsuoran valaistuksen on oletettu olevan päällä tilojen käyttöajan mukaan.

Yhteenveto tuloksista

LVI-energiankulutus

Kiinteistön vuotuinen LVI-energiankulutus sisältää lämmönkulutuksen (radiaattorit, ilmanvaihto ja lämmin käyttövesi) sekä jäähdytyksen ja puhaltimien sähkönkulutuksen.

Ikkuna Coolite SKN 172 + 1xkirkas, tarpeenmukainen ilmanvaihto:

- lämmitysenergia 1 531 MWh/a (17,2 kWh/m³,a)
- jäähdytyssähkö 167 MWh/a (9,3 kWh/m²,a)
- puhallinsähkö 212 MWh/a (11,8 kWh/m²,a)

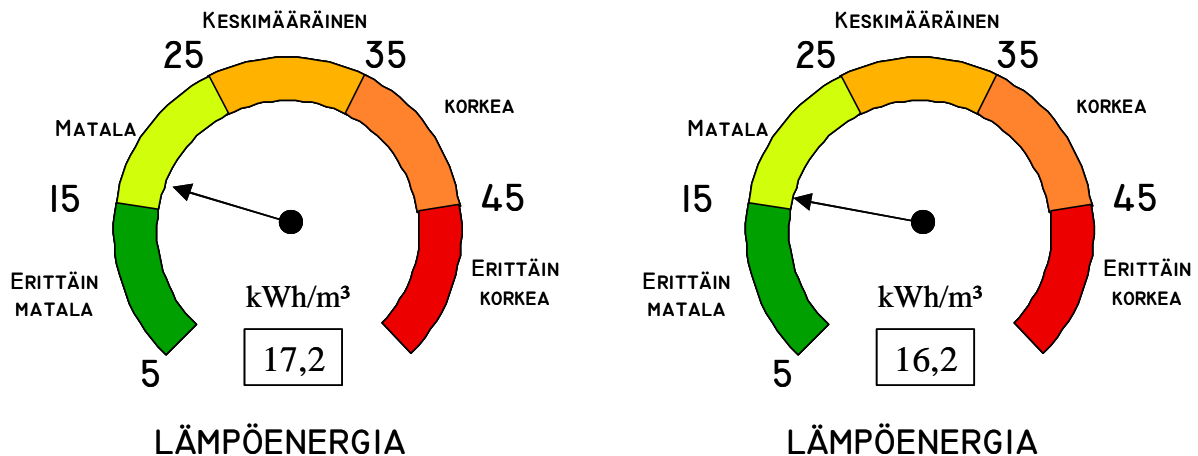
Ikkuna Coolite SKN 172 + 2xkirkas, tarpeenmukainen ilmanvaihto:

- lämmitysenergia 1 440 MWh/a (16,2 kWh/m³,a)
- jäähdytyssähkö 175 MWh/a (9,7 kWh/m²,a)
- puhallinsähkö 211 MWh/a (11,7 kWh/m²,a)

Ikkuna Coolite SKN 172 + 2xkirkas, vakioilmanvaihto:

- lämmitysenergia 1 860 MWh/a (20,9 kWh/m³,a)
- jäähdytyssähkö 196 MWh/a (10,9 kWh/m²,a)
- puhallinsähkö 227 MWh/a (12,6 kWh/m²,a)

Lämpöenergiankulutuksen osalta kiinteistön ominaiskulutus sijoittuu luokkaan matala energiankulutus, kuva 1. Ominaiskulutukset on laskettu käyttäen arkkitehdin ilmoittamaa rakennustilavuutta 88 830 m³ ja -pinta-alaa 18 038 m².



Kuva 1: Toimistorakennuksen lämpöenergiankulutuksen tilastollinen luokittelu.

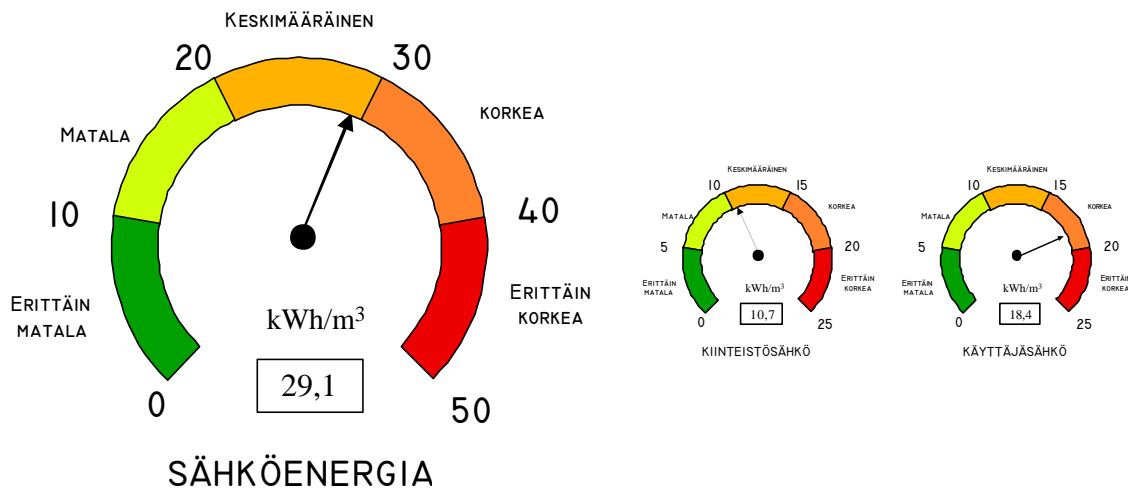
Sähköenergiankulutus

Kiinteistön vuotuinen sähköenergiankulutus sisältää valaistuksen, pistorasioiden ja laitteiden sekä LVI-laitteiden sähkönkulutuksen.

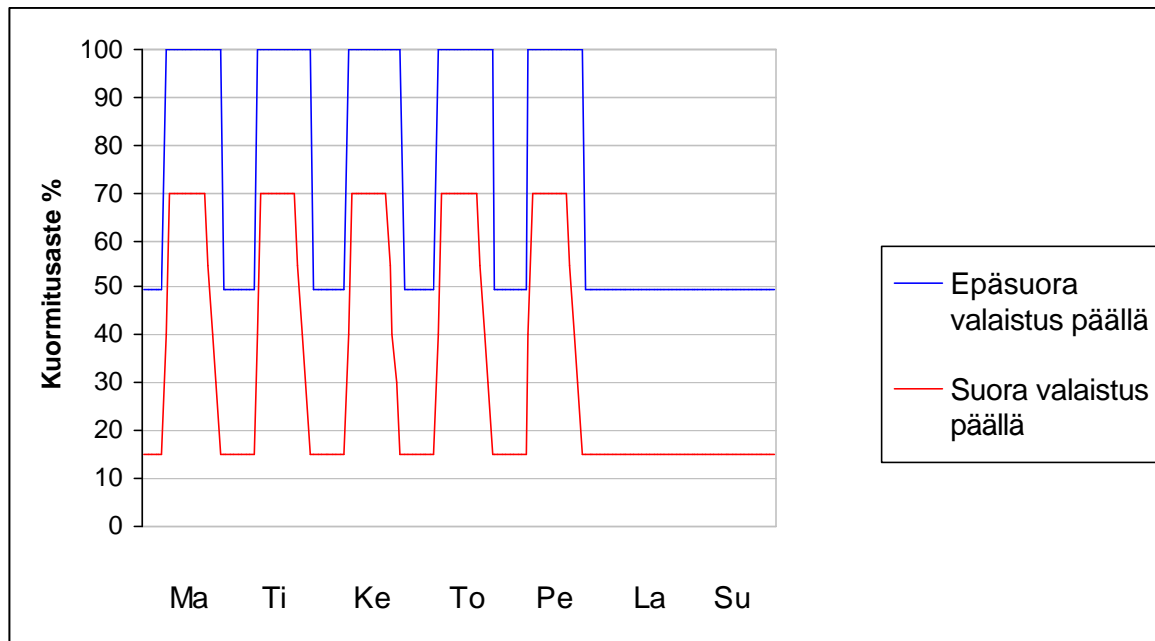
Sähköenergiankulutus on jaettu kiinteistö- (yleis-, liikenne- ja aputilojen, hissien, keittiön, LVI-laitteiden, ulkoalueiden, saunojen ja lämmitysten energiankulutus) ja käyttäjä-

energiankulutukseen (työ-, opetus- ja kokoustilojen, auditorioiden, palvelinhuoneiden ja keittokomeroiden energiankulutus), kuva 2.

Sähköenergiankulutuksen osalta kiinteistön ominaiskulutus ($29,1 \text{ kWh/m}^3$) sijoittuu keskimääräisen ja korkean luokituksen väliin. Kiinteistösähkön ominaiskulutus ($10,7 \text{ kWh/m}^3$) sijoittuu matalan ja keskimääräisen luokituksen väliin mutta käyttäjäsähkön ominaiskulutus ($18,4 \text{ kWh/m}^3$) sijoittuu luokkaan korkea. Tämä johtuu kiinteistön tavanomaista pidemmistä käyttöajoista, kuva 3.



Kuva 2: Toimistorakennuksen sähköenergiankulutuksen tilastollinen luokittelu



Kuva 3: Valaistuksen käyttöaika (toimistotiloissa)

LIITE 10 TKK TUAS-talon mittauspöytäkirjat

Taulukko 21. TKK TUAS- talon jäähdytysjärjestelmän lauhduttimien keskuksen virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus RYH 402						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
29.1.	tiistai	10:05	31	32	33	21,6
29.1.	tiistai	14:05	47	48	50	32,7
29.1.	tiistai	19:30	58	57	63	40,1
29.1.	tiistai	20:20	59	57	61	39,9
29.1.	tiistai	20:40	59	57	61	39,9
29.1.	tiistai	20:50	59	57	61	39,9
30.1.	keskiviikko	7:30	37	38	39	25,7
30.1.	keskiviikko	8:00	36	38	39	25,5
30.1.	keskiviikko	10:00	41	42	43	28,4
30.1.	keskiviikko	14:00	37	38	39	25,7
30.1.	keskiviikko	19:00	39	40	42	27,3
31.1.	torstai	8:35	40	42	43	28,2
31.1.	torstai	14:45	26	27	28	18,26
2.2.	lauantai	9:45	26	27	27	18,03

Taulukko 22. TKK TUAS- talon tuloilmakoneiden keskuksen virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus NKYH 401						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
29.1.	tiistai	10:05	75	89	89	57,0
29.1.	tiistai	14:05	75	87	86	55,9
29.1.	tiistai	19:30	67	80	79	50,9
29.1.	tiistai	20:20	39	51	48	31,1
29.1.	tiistai	20:40	41	53	50	32,5
29.1.	tiistai	20:50	44	55	52	34,0
30.1.	keskiviikko	7:30	76	88	87	56,6
30.1.	keskiviikko	8:00	75	87	87	56,1
30.1.	keskiviikko	10:00	77	88	88	57,0
30.1.	keskiviikko	14:00	81	92	91	59,5
30.1.	keskiviikko	19:00	76	87	86	56,1
31.1.	torstai	8:35	76	89	89	57,3
31.1.	torstai	14:45	80	93	92	59,7
2.2.	lauantai	9:45	30	43	39	25,2

Taulukko 23. TKK TUAS- talon tuloilmakoneiden keskuksen virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus NKYH 402						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \varphi)/1000$
			L1	L2	L3	
29.1.	tiistai	10:05	32	30	33	21,4
29.1.	tiistai	14:05	35	32	36	23,2
29.1.	tiistai	19:30	28	26	29	18,7
29.1.	tiistai	20:20	4,8	3,5	3,2	2,6
29.1.	tiistai	20:40	4,8	3,5	3,5	2,7
30.1.	keskiviikko	20:50	0	0	0	0
30.1.	keskiviikko	7:30	26	23	24	16,5
30.1.	keskiviikko	8:00	29	26	29	18,9
30.1.	keskiviikko	10:00	33	31	34	22,1
30.1.	keskiviikko	14:00	34	31	35	22,5
30.1.	keskiviikko	19:00	30	29	31	20,3
31.1.	torstai	8:35	30	28	31	20,1
31.1.	torstai	14:45	34	30	34	22,1
2.2.	lauantai	9:45	3,7	1,9	2,1	1,7

LIITE 11 TKK Tietotekniikan talon mittauspöytäkirjat

Taulukko 24. Tietotekniikan talon nousukeskuksen NK2 virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus NK2 (Suuren luentosalin ilmanvaihto, lämmönjakuhuone ja hissi)						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
30.1.	keskiviikko	13:05	20	20	20	13,5
30.1.	keskiviikko	19:40	20	20	20	13,5
30.1.	keskiviikko	20:05	20	20	20	13,5
30.1.	keskiviikko	20:20	20	20	20	13,5
30.1.	keskiviikko	20:40	20	20	20	13,5
31.1.	torstai	7:25	21	21	21	14,2
31.1.	torstai	7:55	21	21	21	14,2
31.1.	torstai	8:15	21	21	21	14,2
31.1.	torstai	10:25	21	21	21	14,2
31.1.	torstai	14:10	21	21	21	14,2
2.2.	lauantai	9:15	20	20	20	13,5

Taulukko 25. TKK Tietotekniikan talon keskuksen JK-1.3 virtojen mittauspöytäkirja.

Keskus JK - 1.3 (Keittiö)						
Pvm	Viikonpäivä	Klo	Virta [A]			Kokonaisteho [kW] $P_V=(U_V \cdot I_V \cdot \cos \phi)/1000$
			L1	L2	L3	
30.1.	keskiviikko	13:05	54	58	49	36,3
30.1.	keskiviikko	19:40	10	4	2	3,6
30.1.	keskiviikko	20:05	12	4	3	4,3
30.1.	keskiviikko	20:20	11	4	3	4,1
30.1.	keskiviikko	20:40	12	4	4	4,5
31.1.	torstai	7:25	7	9	7	5,2
31.1.	torstai	7:55	18	27	8	12,0
31.1.	torstai	8:15	13	25	9	10,6
31.1.	torstai	10:25	52	56	30	31,1
31.1.	torstai	14:10	37	35	26	22,1
2.2.	lauantai	9:15	6	5	2	2,9