

Tomi Kimari

Energiansäästötoimien vaikutusten kartoittaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikka
Insinöörityö
09.03.2011

Tekijä Otsikko	Tomi Kimari Energiansäästötoimien vaikutuksien kartoittaminen
Sivumäärä Aika	40 sivua + 3 liitettä 09.03.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI
Ohjaaja(t)	rakenneinsinööri Vesa Pyy, Vantaan kaupunki yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Tässä työssä tutkittiin vuosien 1995–2007 aikana toteutettujen rakennus- ja peruskorjaushankkeiden tuottamia energiansäästövaikutuksia Vantaan kaupungin omistamissa tai hallinnoimissa kiinteistöissä. Tarkastelu tehtiin energiantehokkuusjärjestelmään liittyneitä tahtoja varten laaditun ohjeistuksen mallien mukaisesti.</p> <p>Työssä laadittiin lisäksi tarvittavat laskentamallit yksittäisten kohteiden säästövaikutusten laskentaa varten sekä raporttipohjat yksittäisten kohteiden ja kaikkien kohteiden yhdistettyä raportointia varten. Työssä toteutettiin ohjeistuksen esimerkkien pohjalta vastaavat sähköiset kaavat Excel-ohjelmalla. Työn tuloksena luotuna malleja ja raporttipohjia käytettiin osana laajempaa projektia, jossa kaikki mainitun ajankohdan kohteet analysoitiin.</p> <p>Työssä tutkittiin kohteiden laskennan aikana, millaisia tulkinnanvaraisuuksia ohjeistuksessa oli, selvitettiin miten näitä epäkohtia voisi laskennassa käsitellä sekä mitä parannustarpeita ohjeistuksen esimerkeissä ja ohjeissa oli. Kaikkiaan tehtävään sisältyi 15 kohteen säästövaikutusten analysointi. Seitsemän kohteen lopputulokset valittiin liitettäväksi tähän insinööriyöraporttiin.</p>	
Avainsanat	energia, tehokkuus, säästö, säästövaikutus, katselmus

Author Title	Tomi Kimari The Verification of Energy Efficiency Improvement Measures
Number of Pages Date	40 pages + 3 appendices 9 March 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Vesa Pyy, Building Construction Engineer, City of Vantaa
<p>The purpose of this final year project was to examine the effects of energy efficiency improvement measures executed in 15 building renovation projects during 1995–2007 by the city of Vantaa. The verification was performed according to the instructions and calculation methods provided for companies and communities that have joined the Energy Efficiency Agreement programme at national level in Finland. The agreements have an important role in implementing the EU Energy Services Directive (2006/32/EC).</p> <p>Further goals of the project were also to create the necessary reporting templates as well as calculation formulae and electronic tools for the verification work. The thesis focused on finding solutions for obscurities within the calculation instructions and, in addition, to investigating any improvement needs within the instruction documentation and examples used. The energy efficiency improvement measures implemented in the target buildings were studied in detail. The final results of 7 renovation projects were included into this bachelor's thesis.</p> <p>The calculation tools and templates created during this final year project were utilized in a larger project with the goal to estimate the energy savings gained from all the improvement measures during the above mentioned time. The city of Vantaa uses the calculation results for reporting both the energy use of renovated buildings and the measures implemented for improving energy efficiency.</p>	
Keywords	energy efficiency, improvement measures

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Energiatehokkuussopimukset	2
2.1	Sopimusjärjestelmän tavoitteet	2
2.2	Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutusten laskenta	3
2.3	Säästövaikutusten arvioiminen	3
3	Tehtävän kuvaus	4
4	Lähtötiedot ja aineisto	5
5	Työn kulku	8
5.1	Laskentakaavat	8
5.2	Työkalujen ja raporttimallien luominen	13
5.3	Ensimmäisen kohteen tarkastelu	14
5.4	Lähdemateriaalin hankinta	15
5.5	Säästövaikutusten laskenta ja raportointi	16
6	Kohteissa suoritettut toimenpiteet	17
6.1	Ruusuvuoren koulu	17
6.2	Vierumäen koulu	18
6.3	Jönsaksen päiväkoti	19
6.4	Rekolan koulu	19
6.5	Simonkylän koulu	20
6.6	Myyrmäen urheilutalo	20
6.7	Hämeenkylässä koulu	21
7	Tulokset ja tulosten tarkastelu	22
7.1	Laskentaohjeiden tulkinnanvaraisuudet ja niiden käsittely	22
7.1.1	Peruskorjaus vs. energiansäästö	22
7.1.2	Kulutustiedot	24
7.1.3	Käyttöajat	24
7.1.4	Lähtöarvot	25
7.2	Laskennan linjaukset	27

7.3	Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutukset	32
7.4	Tulosten luotettavuus ja käyttökelpoisuus	33
7.5	Työn tavoitteiden saavuttamisen arviointi	35
8	Pohdiskelu	36
9	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1: Laskentakaavat	
	Liite 2: Yhdistelmäraportti	
	Liite 3: Ruusuvuoren koulun laskentaraaportti	

Lyhenteet, määritelmät ja symbolit

Energiansäästöllä tarkoitetaan aktiivisin toimenpitein aikaan saatua energiankulutuksen vähentämistä lähtö- eli vertailutasosta tai tulevan kulutuksen vähentämistä verrattuna siihen energiankulutukseen, joka toteutuisi ilman näitä aktiivisia toimenpiteitä. Energiansäästön määrä on periaatteessa mitattavissa ja mittaustulosten avulla lasketavissa säästötoimea edeltävän energiankulutuksen (lähtötaso) ja säästötoimen jälkeisen energiankulutuksen (uusi alempi taso) erotuksena. Käytännössä mittausongelmista johtuen toimenpiteen säästövaikutus usein määritetään ennen toimenpidettä olleen laskennallisen energiankulutuksen (lähtötason) ja toimenpiteen jälkeisen laskennallisen energiankulutuksen erotuksena.

Energiansäästötoimi on energiansäästöä aikaansaava konkreettinen toimenpide, joka toteutetaan nimenomaan energiansäästön aikaansaamiseksi. Energiansäästötoimi voi olla luonteeltaan tekninen, toiminnallinen tai vaikuttamista asenteisiin ja käyttäytymiseen.

Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ovat kaikki energiansäästötoimet, joista seuraa todennettavissa, mitattavissa tai arvioitavissa olevaa energiansäästöä.

Varhaistoimi, varhennettu tai varhaistettu toimenpide ovat nimityksiä vuosina 1995–2007, eli ennen energiatehokkuussopimuksen kauden alkua, toteutetulle energiansäästötoimelle.

1 Johdanto

Tässä työssä tutkittiin vuosien 1995–2007 aikana toteutettujen rakennus- ja peruskorjaushankkeiden tuottamia energiansäästövaikutuksia Vantaan kaupungin omistamissa tai hallinnoimissa kiinteistöissä. Työn tilaajana oli Vantaan kaupungin Tilakeskus.

Vantaan kaupunki on liittynyt mukaan kansalliseen energiatehokkuussopimusjärjestelmään, jossa seurataan energiansäästötoimin saavutettua vuotuista energiansäästön määrää. Sopimustoiminnan osapuolia ovat ministeriöt, toimialaliitot sekä yritykset ja yhteisöt, esimerkiksi suuret kaupungit, kunnat ja kuntayhtymät. Vastuuministeriönä toimii työ- ja elinkeinoministeriö. Sopimus koskee kaikkia Vantaan kaupungin hallinnassa olevia rakennuksia sekä kaupungin kiinteistöjä omistavia yhtiöitä. Vastaavaa laskentaa ja raportointia suoritetaan kaikissa sopimusjärjestelmään liittyneissä yrityksissä ja yhteisöissä. Vuoden 2010 loppuun mennessä sopimukseen liittyneitä yrityksiä oli yli 200 sekä kaupunkeja, kuntia ja kuntayhtymiä n. 60.

Vantaan kaupungilla tarkastelun alaisia kohteita oli yhteensä 73. Kyseisiin kiinteistöihin oli tehty vuosien 1995–2007 välisenä aikana peruskorjaustoimenpiteitä tai muita merkittäviä parannuksia. Pääjoukko rakennuksista oli kouluja ja päiväkoteja, mutta mukaan mahtui myös muutama hoitolaitos, urheilutalo, uimahalli ja asuintalo.

Kohteiden säästövaikutusten laskenta- ja raportointityö tehtiin Metropolian Ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutusohjelmassa projektina seuraavissa osissa:

- Opinnäytetyö Tomi Kimari: laskennan työkalujen ja raporttimallien kehittäminen, tulkinnanvaraisuuksien ratkaisu, laskentatavan parannustarpeet. 15 kohteen laskenta ja raportointi (7 osana opinnäytetyötä).
- Opinnäytetyö Kenneth Ek: suoritettujen säästötoimenpiteiden ja niiden tulokset, ongelmakohdat, aikaa vievät osat ja tehostamistarpeet, palvelun tuotteistaminen. 15 kohteen laskenta ja raportointi.
- Ryhmätö opiskelijaryhmissä: 43 kohteen laskenta ja raportointi.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kehittämään tarvittavat sähköiset työkalut ja raporttimallit säästölaskentaa varten. Tavoitteena oli lisäksi tutkia, mitä tulkinnanvaraisuuksia

ohjeistukseen sisältyy ja miten ne voitaisiin ratkaista sekä mitkä ovat ohjeen mukaisen laskentatavan parannustarpeet. Työhön tulosten raportointiin sisällytettiin lisäksi seitsemän kohteen laskenta ja tulokset.

Vantaan kaupunki käyttää koko projektin tuloksia raportoidessaan rakennuksissa suoritettujen toimenpiteiden säästövaikutuksia energiatehokkuussopimusjärjestelmän mukaisesti.

2 Energiatehokkuussopimukset

2.1 Sopimusjärjestelmän tavoitteet

EU:ssa hyväksyttiin vuonna 2008 ilmasto- ja energiapaketti, jossa tavoitteena oli vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä 20 %:lla vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoden 1990 lukemiin, lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä 20 %:lla loppukulutuksesta sekä lisätä energiatehokkuutta 20 %:lla peruskehitykseen verrattuna. [1]

Energiansäästösopimusjärjestelmä on keskeisessä asemassa osana EU:n energiapalveludirektiiviä (Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista, 2006/32/EY [2]) ja sillä on olennainen rooli osana kansallista ilmasto- ja energiastrategiaa. Energiatehokkuussopimuksilla edistetään energiatehokkuuden toteutumista eri toiminta-alueilla. Sopimusten kautta halutaan kiinnittää huomiota rakennusten kulutukseen, jakaa tietoa erilaisista säästömahdollisuuksista ja ohjata järjestelmällisesti kohti parempaa energiatehokkuutta. Järjestelmään liittynyt yritys tai yhteisö asettaa liittyessään oman energiasäästön tavoitteensa, jonka se pyrkii saavuttamaan vuoden 2016 loppuun mennessä toteutetuilla energiansäästötoimilla.

Sopimukseen liittyneet yritykset ja yhteisöt

- asettavat omat energiankäytön tehostamistavoitteensa.
- toteuttavat niiden saavuttamiseksi tarvittavia toimenpiteitä.
- raportoivat vuosittain energiatehokkuustoimenpiteiden toteutumisesta ja muusta sen parantamiseen tähtäävästä toiminnasta.

Lähtökohtina sopimuksessa ovat ohjeellinen 9 % energiansäästö tavoite sekä esimerkkinen rooli julkisella sektorilla. Vapaaehtoisuuteen perustuvassa sopimuksessa pyritään sekä energiatalouden parantamiseen että uusiutuvien energioiden käytön lisäämiseen ja jatkuvaan energiatehokkuuden nostamiseen. Tavoite lasketaan energiamääränä (MWh) vuoden 2005 toteutuneesta energiankulutuksesta (sähkö, lämpö, polttoaineiden kulutus).

2.2 Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutusten laskenta

Energiansäästötoimenpiteiden laskennassa käytettäviä yleisiä ohjeita ja pelisääntöjä on määritetty Motivan, työ- ja elinkeinoministeriön ja Insinööritoimisto Olof Granlundin laatimassa ohjeistuksessa, jolla pyritään yhdenmukaistamaan säästölaskennan suorittamista sopimusjärjestelmään liittyneiden tahojen välillä. Ohjeistuksen tavoitteena on antaa säästövaikutusten arvioimiseen käytännönläheiset mutta silti mahdollisimman totuudenmukaiset mallit [3].

Ohjeistuksessa määritetään esimerkiksi, miten erilaisten toimenpiteiden vaikutukset arvioidaan, millaisia seikkoja arvioinnissa on huomioitava sekä kuinka pitkään erilaisten toimenpiteiden säästövaikutukset kestävät (elinikä). Tavoitteena on, että energiansäästösopimukseen liittyvien toimenpiteiden vaikutusten arvioimisessa käytettäisiin mahdollisimman samankaltaisia käytäntöjä.

2.3 Säästövaikutusten arvioiminen

Säästövaikutuksia arvioitaessa vertailukohtana on tilanne ennen toimenpiteitä. Energiansäästötoimien vaikutusten arviointia voidaan tyypillisesti suorittaa vaihtoehtoisilla menetelmillä, esimerkiksi mittaamalla, kokemusperäisesti arvioimalla tai laskemalla.

Laskentaa voidaan suorittaa karkealla tasolla varsin yksinkertaisin menetelmin useille tyyppillisille toimenpiteille. Pk-teollisuuden ja palvelusektorin säästötoimien arviointiin riittää useimmiten karkean tarkkuustason yksinkertaistettu laskenta. Säästövaikutukset arvioidaan tyyppillisille toimenpiteille erikseen lämmön, polttoaineiden ja sähkön osalta.

Raportoitavista energiansäästötoimista tulee olla säästövaikutuslaskelma. Laskelmat kootaan ja dokumentoidaan siten, että jälkepäin on tarvittaessa mahdollista esittää laskennan lähtökohdat ja perusteet sekä säästövaikutuksen arvioinnin suorittaja.

Samaan järjestelmään kohdistuvien useiden säästövaikutusten vaikutukset on huomioitava kokonaisuutena, ei yksittäisten toimenpiteiden summana. Laskennassa tulee olla mahdollisimman realistinen ja arvioidun säästön suuruusluokka on aina tarkastettava vertaamalla säästön suuruusluokkaa säästötoimen kohteena olevan järjestelmän tai rakennuksen kokonaiskulutukseen.

3 Tehtävän kuvaus

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin arvioimaan Vantaan kaupungin vuosien 1995–2007 aikana toteutettujen, nk. ”varhennettujen” rakennus- ja peruskorjaushankkeiden tuottamia energiansäästövaikutuksia. Kyseiset toimenpiteet on toteutettu ennen varsinaisen sopimuskauden alkua. Niitä käsitellään kuitenkin laskennassa yhdenmukaisesti varsinaisten säästötoimien kanssa.

Työssä laadittiin lisäksi tarvittavat laskentamallit yksittäisten kohteiden säästövaikutusten laskentaa varten sekä raporttipohjat yksittäisten kohteiden ja kaikkien kohteiden yhdistettyä raportointia varten.

Tarkoituksena oli kohteiden laskennan aikana tutkia, millaisia tulkinnanvaraisuuksia ohjeistuksessa oli, selvittää miten näitä epäkohtia voisi laskennassa käsitellä sekä arvioida, mitä parannustarpeita ohjeistuksen esimerkeissä ja ohjeissa on.

Kaikkiaan tehtävään sisältyi 15 kohteen säästövaikutusten analysointi. Seitsemän kohteen lopputulokset valittiin liitettäväksi tähän insinööriyöraporttiin.

Kokonaisuudessaan projektiin sisältyy tämän opinnäytetyön lisäksi Kenneth Ekin opinnäytetyö sekä opiskelijaryhmien kurssin muodossa suorittama laskenta.

4 Lähtötiedot ja aineisto

Aineistona tässä työssä käytettiin edellä mainitun ohjeistuksen lisäksi Vantaan kaupungin toimittamia kohteiden energiakatselmusraportteja, hankedokumentteja, suunnitelmia, kulutusraportteja, LVI-kortistoa sekä alan kirjallisuutta.

Vantaan kaupungin Tilakeskus määritteli projektiin sisältyvät kiinteistöt. Kohteiksi valittiin ensisijaisesti ne rakennukset, joihin tehdyillä toimenpiteillä arvioitiin olevan olennaista merkitystä energiansäästöissä. Tilakeskuksessa oli annettu jokaiselle käsiteltävälle säästötoimenpiteelle tunniste, nk. "littera". Litteran käsitettä käytettiin edelleen laskenta-aineistossa työn suorituksen aikana.

Tilakeskuksen arkistosta saatiin kohtuullisen kattavasti kohteiden hankeselvityksiä ja katselmusraportteja sekä arkkitehti-, rakenne-, LVI- ja sähkösuunnitelmia. Tätä materiaalia käytettiin laskennassa apuna kohteissa tehtyjen muutosten arvioimisessa sekä säästövaikutusten laskennassa. Arkistossa ylläpidetään viimeisintä tilannetietoa materiaalin osalta. Vain uusimmat suunnitelmat on arkistoitu, vaikka rakennukseen olisi tehty muutos- tai korjaustöitä useampaan otteeseen. Joidenkin kohteiden osalta tavoitteeksi annettiin selvittää samaan kiinteistöön kohdistuvien eri aikoina toteutettujen toimenpiteiden vaikutuksia, mutta pelkästään viimeisimmän muutoksen materiaali oli käytettävissä.

Suurena haasteena oli selvittää saadun materiaalin perusteella, mitä muutostöitä rakennuksissa oli itse asiassa toteutettu. Suunnitelmissa määriteltiin useimmiten vain suunniteltu tilanne töiden jälkeen. Tilanteesta ennen töiden aloittamista ei juurikaan kerrottu. Näin ollen hankesuunnitelmat nousivat suureen arvoon, koska niissä tyypillisesti kuvattiin nimenomaan tilannetta ennen muutosta sekä lyhyesti suuntaviivoja muutosten toteuttamiseen. Hankesuunnitelmassa oli linjattu esimerkiksi että kohteen lämmitysjärjestelmät uusittiin kokonaan. Tämän tiedon perusteella muutosten säästövaikutukset voitiin selvittää LVI-kuvien pohjalta.

Arkkitehtisuunnitelmista saatiin tietoa kohteiden muutoksista ja laajennuksista. Arkkitehtikuvissa määritettiin esimerkiksi, että kaikki kohteen ikkunat uusitaan. Materiaalista löytyi useimmiten myös ikkunakaavio, jonka perusteella koko rakennuksen ikkunoiden pinta-alat sai selville. Laajennusosien ulkovaipan rakenteiden U-arvot oli mainittu muutamien kohteiden osalta tapauksissa joissa käytettiin rakennusajankohdan vaatimuksia parempia arvoja. Näin ollen voitiin määrittää energiansäästö rakenteiden läpi johtuvan energian osalta. Mikäli laskennassa tarvittavia U-arvoja ei materiaalista löytynyt, käytettiin lähtötietona kyseisen ajankohdan rakentamismääräyskokoelman minimivaatimuksia. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta saatiin vaadittuja U-arvoja vuodesta 1985 lähtien. Vanhempien osalta käytettiin Vantaan Kaupungin toimittamia tietoja, jotka oli koostettu Rakennustietosäätiön Rakentajain kalentereiden perusteella [4, 1967–1977].


LVI-suunnitelmista saatiin täsmällistä tietoa rakennuksen talotekniikkaan suunnitelluista muutoksista. Laiteluetteloista saatiin tietoa kohteen ilmanvaihtokoneiden määrästä, vaikutusalueista ja teknisistä tiedoista. LVI-työselityksestä, lämmityksen kytkentäkaaviosta tai lämmitysjärjestelmien tasokuvista selvitettiin termostaattisten patteriventtiilien lisäämistä sekä lämmitysverkoston muutoksia, kuten lämmönsiirtimien tehoja ja lukumäärää sekä linjasäätöventtiilien teknisiä tietoja.

LVI-dokumenttien perusteella voitiin selvittää esimerkiksi lämmön talteenoton lisäämisen vaikutukset laskemalla ilmanvaihtokoneiden tietojen perusteella säästyneen lämpöenergian määrä (säästö) sekä koneiden käyttämän sähköenergian määrä (lisäkulutus).

Uudempien kohteiden osalta laskenta voitiin suorittaa pelkästään sähköisen materiaalin perusteella. Vanhempien, 1990-luvun peruskorjausten osalta sähköistä materiaalia ei välttämättä ollut saatavilla, vaan oli turvauduttava paperisiin piirustuksiin. Tässä tapauksessa arkistosta toimitettiin ensin mahdolliset piirustusluettelot, joiden avulla valittiin kopioitavaksi tarvittavat suunnitelmat.

Laskennassa huomioitiin käytettävissä olleet kohteiden kulutus- sekä käyttöaikatiedot. Kulutustietoja kaukolämmön ja sähkön osalta saatiin Vantaan Energian internetpohjaisen järjestelmän raporteista. Vantaan Energia tarjoaa yritysasiakkailleen palvelun, jonka kautta voi seurata rakennusten kulutusarvoja. Palvelun tuottamasta arkistosta löytyy

historiatietoa n. 10 vuoden ajalta. Sähkön kulutus saatiin vuosittain eri kuukausille jaoteltuna. Jakson eri vuosien tiedot oli kerättävä erikseen. Kaukolämmön osalta tiedot saatiin yhdistettynä koko tarkastelujaksolta. Kuva 1 sisältää Ruusuvuoren koulun kaukolämmön kulutusraportin Vantaan Energian palvelusta.



Kirjautu ulos | Omat tiedot | **Käyttöraportit** | Ennusteet | Tulosta | Ohje
Kisatie 21 ▾

Käyttöraportti, valitse vuosi: **Katso kuukausi**

Asiakkaan nimi: Vantaan kaupunki, Tilakeskus

Käyttöpaikan osoite: Kisatie 21

Käyttöpaikan numero: 302445

Valmistumisvuosi: 1970

Rakennustilavuus(m³) 23050

Kerrosala(m²): 5325

Tilausteho (kW): 660

Tyypikäyttäjä: Peruskoulu ym.

Laskun vastaanottaja: Vantaan kaupunki, Tilakeskus
Kielotie 13
01300 VANTAA

Kaukolämmön käyttöraportti

Vuosi	Laskutettu käyttö MWh	Sääkorjattu käyttö MWh	Sääkorjattu ominaiskulutus kWh/m ³	Sääkorjattu tyypikäyttäjän ominaiskulutus kWh/m ³
2010	1,367.7	1,383.9	60.04	42.8
2009	1,104.4	1,281.5	55.60	43.5
2008	1,394.7	1,499.4	65.05	40.4
2007	1,735.9	1,846.8	80.13	52.3
2006	1,363.5	1,464.7	63.55	53.6
2005	990.7	1,013.4	43.97	52.5
2004	1,382.7	1,448.7	62.85	56.2
2003	1,278.0	1,352.9	58.70	52.4

Vuosi	Keskilämpötila °C	Normaalivuoden keskilämpötila °C	Lämmitystarveluku	Normaalivuoden lämmitystarveluku
2010	5.5	4.9	3952	4229
2009	7.0	4.9	3440	4229
2008	6.5	4.9	3724	4229
2007	6.1	4.9	3886	4229
2006	5.9	4.5	3873	4366
2005	5.4	4.5	4039	4366
2004	5.3	4.5	4147	4366
2003	5.8	4.5	4100	4366

Kuva 1. Ruusuvuoren koulun kaukolämmön kulutusraportti. Kaukolämmön kulutustiedot kerätään Vantaan Energian LämpöNetti palvelusta. [5]

Ohjelmiston kautta saatiin kulutustietoa vuosilta 2002–2010. Vanhempaa aineistoa ei ollut käytettävissä. Näin ollen esimerkiksi vuonna 1995 toteutetun lämmitysjärjestelmän perussäädön säästövaikutusta ei voitu laskea, koska laskennan lähtötiedoksi olisi tarvittu kulutustietoja ennen peruskorjausta.

Vantaan kaupunki käyttää kiinteistöjen hallintaan Vahanen-yhtiöiden tarjoamaa internetpohjaista palvelua "TehoWeb". TehoWebiin on mahdollista syöttää tietoa rakennusten toiminta- ja tavoitearvoista, esimerkiksi kulutustavoitteita, sisälämpötilojen ohjearvoja, lämmityksen säätökäyriä tai ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja. Järjestelmää voidaan käyttää kulutustietojen seurantaan, mutta myös esimerkiksi huoltotöiden suunnitteluun ja tehtävien kirjaukseen.

Tässä työssä TehoWebin tarjoamista tiedoista kerättiin kohteiden käyttöveden kulutustietoja. Veden kulutusta muista lähteistä ei ollut käytettävissä. TehoWeb sisälsi kohteiden kulutusraportteja myös kaukolämmön ja sähkön osalta. Huomattavaa on, että Vantaan Energian kulutustiedot olivat osittain erilaisia kuin TehoWebin sisältämät tiedot. Laskennassa käytettiin Vantaan Energian tarjoamia kulutustietoja. Eroavaisuudet raportoitiin Vantaan kaupungille mahdollisia jatkotoimenpiteitä varten.

Mikäli rakennusten käyttöaikoja ei ollut suunnitelmassa määritetty, käytettiin yleistä keskimääräistä arvoa 10 h/vrk viitenä päivänä viikossa. Osassa kohteita tilojen todelliset käyttöajat saattavat olla huomattavasti pidempiä esimerkiksi koulujen liikuntasalien osalta. Toisaalta joidenkin tilojen käyttö saattaa olla keskimääräistä arvoa pienempi.

Laskennan lähtötietojen määrittämisessä sekä osittain itse laskennassa käytettiin myös laitevalmistajien tarjoamia suunnittelu- ja mitoitusohjelmia, alan käsikirjoja sekä LVI-kortiston ohjekortteja tarpeen mukaan.

5 Työn kulku

5.1 Laskentakaavat

Työssä oli tarkoitus käyttää Motivan, työ- ja elinkeinoministeriön ja Insinööritoimisto Olof Granlundin laatiman ohjeistuksen mukaista laskentamallia projektin kohteiden energiansäästötoimien vaikutuksien arvioimiseen [3]. Ohjeistuksessa esitettiin yhdeksän tyyppillistä laskentatapaa, ja se tarjosi periaatteita, ohjeita ja esimerkkejä laskennan suorittamiseen. Työn suorittamisen aikana kävi selväksi, ettei malleja ollut valmiina saatavilla sähköisessä muodossa, vaan ne oli laadittava itse.

Työn alkuvaiheessa laadittiin laskentakaavat ohjeistuksen mallien ja esimerkkien pohjalta. Kaavat olivat sinänsä melko yksinkertaisia ja suoraviivaisia toteuttaa sähköisinä. Taulukko 1 listaa ohjeistuksen perusteella toteutetut kaavat.

Taulukko 1. Säästövaikutusten laskentakaavat. Tässä opinnäytetyössä toteutettujen säästövaikutusten määrittämiseen käytettyjen laskentakaavojen periaatteet esitettiin ohjeistuksessa.

Kaava	Kaavan perustyyppi	Kaavan soveltuvuusalueita
1.	Prosenttimuutos	<ul style="list-style-type: none"> – Kattilahyötysuhteen parantaminen – Höyrykattilan korvaaminen sähköisellä höyrykehittimellä – Sähkömoottorin uusiminen tehokkaammaksi
2.	Teho x aika	<ul style="list-style-type: none"> – Valaistuksen käyttöajan muutos – Valaistustehon muutos
3.	IV-laskenta	<ul style="list-style-type: none"> – Ilmanvaihdon lämpötila-asetusten muutos – Ilmanvaihdon käyntiaikamuutos – Ilmanvaihdon palvelualuemuutos – Lämmön talteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään
4.	Lämpöhäviölaskenta	<ul style="list-style-type: none"> – Verkostohäviöiden pienentäminen / putkiston lisäeristys
5.	Johtumishäviölaskenta	<ul style="list-style-type: none"> – Seinien lisälämmöneristäminen – Ylä- tai alapohjan lisälämmöneristäminen – Ikkunoiden uusiminen – Ovien uusiminen
6.	Ilmavuotolaskenta	<ul style="list-style-type: none"> – Seinien tiivistäminen – Ylä- tai alapohjan tiivistäminen – Ikkunoiden tiivistäminen
7.	Pysyvyyskäyrä	<ul style="list-style-type: none"> – Sulatuslämmitysten asetusarvomuuos
8.	Kulutusjakaumaosuuden muutos	<ul style="list-style-type: none"> – Termostaattisten patteriventtiilien li säys – Lämmitysverkoston tehonsäätö – Vesikalusteiden uusiminen
9.	Yleiseen nyrkkisääntöön perustuva tarkastelu	<ul style="list-style-type: none"> – Paineilmaverkoston verkostopaineen alentaminen – Taajuusmuuttajakäytön lisääminen moottorikäyttöön

Kaavojen virhetarkastelu suoritettiin syöttämällä ohjeistuksen antamat lähtötiedot ja vertaamalla saatuja tuloksia ohjeistuksen antamiin arvoihin. Kuva 2 esittää ohjeistuksen laskentakaavan kattilahyötysuhteen parantamiselle säätötoimin.

Kattilahyötysuhteen parantaminen säätötoimin

Toimenpiteen kuvaus:
 Polttimen säädöllä ja kattiloiden lämpötila-asetusten muuttamisella pienennetään savukaasu- ja eristyshäviöitä ja vuosihyötysuhde paranee. Hyötysuhde ennen toimenpiteitä on määritetty laskennallisesti, hyötysuhteen parannus arvioidaan.

Laskentaperiaatteen kuvaus:
 Bruttokulutus (polttoaineen kulutus) ennen toimenpidettä tiedetään. Kohteen varsinainen nettokulutus ei muutu, se lasketaan bruttokulutuksesta aiemman hyötysuhteen avulla. Paremmen hyötysuhteen avulla lasketaan nettokulutuksesta uusi bruttokulutus. Säästö on bruttokulutuksien erotus.

Säästön laskentakaava:
 Säästö (MWh/a) =
 bruttokulutus ennen - (nettokulutus / (uusi hyötysuhde/100))

mitattu kulutus	1000 MWh/a
hyötysuhde	85 %
nettoenergia	850,0 MWh/a
uusi hyötysuhde	92 %
uusi brutto	923,9 MWh/a
säästö	76,1 MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	<input type="text" value="76,1"/> MWh/a	<input type="text" value="76,1"/> MWh/a	<input type="text" value="0"/> MWh/a
Investointi:	<input type="text"/> euroa	<input type="text"/> MI	<input type="text"/> YM
Toimenpidetyyppi:	<input type="text" value="ES"/> ES	<input type="text"/> MI	<input type="text"/> YM

Kuva 2. Ohjeistuksen esittämä hyötysuhteen muutoksen laskentatapa perustuen prosenttimuutoskaavaan. Ohjeistus esitti tarvittavat lähtötiedot sekä laskentakaavan tyypillisille laskentatavoille.

Taulukko 2 esittää vastaavan opinnäytetyössä toteutetun laskentakaavan vastaavilla lähtöarvoilla. Laadituilla kaavoilla päästiin ohjeistuksen esimerkkien mukaisilla lähtöarvoilla samoihin tuloksiin.

Taulukko 2. Prosenttimuutoskaava (kattilahiötysuhteen parantaminen) opinnäytetyössä toteutettuna Excel-muodossa. Ohjeistuksen lähtöarvoja käytettiin kaavojen virhetarkasteluun. Kaavan toteutuksessa pyrittiin ohjeistuksen kaltaiseen ulkoasuun.

Laskentakaava 1.1 Kattilahiötysuhteen parantaminen säätötoimin

Mitattu kulutus	1000	MWh/a
Hyötysuhde	85	%
Nettoenergia	850,0	MWh/a
Uusi hyötysuhde	92	%
Uusi brutto	923,9	MWh/a
Säästö	76,1	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0	76	0
	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Investointi:			
	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

$$\text{Säästö (MWh/a)} = \text{bruttokulutus ennen} - (\text{nettokulutus} / (\text{uusi hyötysuhde} / 100))$$

Kaikki ohjeistuksen laskentakaavat toteutettiin vastaavalla tavalla. Ohjeistuksen mukaiset kaavat on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä 1. Laskenta on suoritettu kokonaisuudessaan näiden kaavojen pohjalta. Tässä opinnäytetyössä tarvittiin kuitenkin vain osaa em. kaavoista kohteiden säästövaikutusten arvioinnissa.

Esimerkissä 1 kuvataan tarvittava laskenta (littera 1A.4), joka perustuu ohjeistuksen prosenttimuutoskaavaan.

Esimerkki 1. Ruusuvuoren koulun lämmitysverkoston perussäädön säästövaikutusten arviointi.

Taulukko 3. Lämmitysverkoston perussäädön laskentakaava. Ruusuvuoren koulun lämmitysverkoston perussäädön säästövaikutukset laskettiin esimerkin laskentakaavalla.

LÄMMITYSVERKOSTON PERUSSÄÄTÖ		1A.4						
Lämmityksen kulutusjakaumaosuus	45 %		/1/					
Kaukolämpöenergian kulutus ennen peruskorjausta	1217		/2/					
arvioitu tilälämmityksen osuus kulutuksesta	548,14	MWh/a						
kulutus vähenee säästökertoimella	7%		/3/					
säästö	38,4	MWh/a						
Raportoitava säästö:	Lämpö		Polttoaineet	Sähkö				
	38	MWh/a	0	MWh/a	0	MWh/a		
Investointi:		euroa						
Toimenpidetyyppi:		ES	MI	YM				
Säästön laskentakaava: Säästö (MWh/a) = kulutusjakaumaosuus x kulutuksen arvioitu vähenemä (%)								
Energiakatselmusraportti 15.12.1995	/1/							
Vantaan Energia, kaukolämmönkulutusraportti	/2/							
Motivan ohje, s. 34	/3/							
Lämmitys	504	MWh/a	/1/					
Ilmanvaihto	447	MWh/a	/1/					
Lämmin käyttövesi	168	MWh/a	/1/					
yhteensä	1119	MWh/a						

Tämä laskentakaava käyttää lähtötietona lämmitysverkoston kulutusjakaumaosuutta, kaukolämpöenergian kulutusta ennen peruskorjausta sekä säästökerrointa.

Lämmityksen kulutusjakaumaosuus saatiin tässä esimerkissä kohteen energiakatselmusraportista, jossa oli määritetty katselmusajankohdan lämmityksen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden energiantarpeet. Näiden perusteella laskettiin lämmityksen osuus kaavalla 1:

$$\text{lämmityksen kulutusjakaumaosuus} = \frac{\text{lämmityksen energiankulutus}}{\text{kaukolämpöenergiankulutus yhteensä}} \quad (1)$$

Taulukko 4 kuvaa Ruusuvuoren koulun kaukolämmön kulutuksen Vantaan Energian palvelun raportin mukaan.

Taulukko 4. Ruusuvuoren kaukolämpöraportti. Ruusuvuoren koulun kaukolämpöenergian kulutustiedot Vantaan Energian raportin pohjalta vuosilta 2002–2010.

	Vuosi	Laskutettu käyttö MWh	Sääkorjattu käyttö MWh	Keskiarvo ennen peruskorjausta MWh/a
Ruusuvuori				
	2009	1367,7	1383,9	
	2008	1104,4	1281,5	
	2007	1394,7	1499,4	
	2006	1735,9	1846,8	
Peruskorjaus	2005	1363,5	1464,7	
	2004	990,7	1013,4	1217
	2003	1382,7	1448,7	
	2002	1278	1352,9	

Laskennassa käytettiin sääkorjattua, nk. "normeerattua" kulutusta.

Taulukko 4 sisältää kulutustietoja kolmelta vuodelta ennen peruskorjausta (2002–2004). Laskennassa käytetty kulutuslukema 1217 MWh/a on saatu näiden vuosien kulutuksien keskiarvona.

Laskennassa käytetty säästökerroin kuvaa kulutuksen vähenemää toimenpiteen ansiosta. Säästökertoimen lukuarvo 7 % saatiin laskennan linjauksista yhteistyössä työn tilaajan kanssa. Laskennan linjaukset on kuvattu luvussa 7.2.

5.2 Työkalujen ja raporttimallien luominen

Vantaan kaupungin Tilakeskuksessa oli tehty hankkeelle etukäteisvalmistelua laatimalla kaupungin normien mukainen Excel-taulukko, jossa oli esikarsittu joitakin säästötoimenpiteitä tarkastelun ulkopuolelle. Esimerkiksi kaikki toimenpiteet, joiden elinikä oli 2 vuotta, oli rajattu pois. Myös jäähdytysjärjestelmiin kohdistuvat toimenpiteet jätettiin työn sisällöstä pois todennäköisesti, kyseisiä laitteistoja ei juuri ole asennettu kaupungin kohteisiin. Ohjeistuksessa esitettiin kaikkiaan 92 erilaista toimenpidettä, joista Vantaan kaupunki sisällytti omaan ohjeeseensa 45.

Varsinainen laskenta- ja raporttimalli laadittiin Vantaan kaupungin taulukon pohjalta muokkaamalla ja laajentamalla sekä yhdistämällä luvussa 5.1 mainitut laskentakaavat

samaan tiedostoon. Mallia käytiin läpi Vantaan kaupungin kanssa seurantapalaverissa, ja sen lopullinen ulkoasu muotoutui rinnan kohteiden säästövaikutusten arvioimisen kanssa. Malliin päädyttiin lisäämään sarakkeet erikseen lämmön, polttoaineiden ja sähkön säästölle yhteensä toimenpiteen elinaikana sekä sarakkeet laskennan suorittamisen seurantaan varten (toteutettu kohteessa, lasketaan, selitys/viite). Työssä laadittu malli toimi samalla myös yksittäisen kohteen raporttipohjana. Liite 3 sisältää Ruusuvuoren koulun raportin kokonaisuudessaan. Ruusuvuoren raporttia käytettiin muiden projektin kohteiden laskennassa pohjana.

Kaikkien kohteiden tulokset sisältävä yhdistelmäraportti laadittiin, kun useamman kohteen tulokset oli laskettu. Raportissa haluttiin yhdistää projektin tilanneseuranta, kohteiden säästövaikutukset yhteensä, eri kohteissa lasketut yksittäiset säästövaikutukset sekä kaukolämmön, sähkön ja veden kulutustiedot. Raporttiin laskettiin esimerkiksi kaukolämmön kulutustiedot ennen peruskorjausta, mutta siitä löytyy myös kaikki sähköisistä työkaluista löydetyt tiedot yksittäisten vuosien osalta jokaiselle kohteelle. Projektin aikana oli tärkeää seurata työn tilannetta eri kohteiden osalta: Onko lähdemateriaali kerätty ja toimitettu, kuka on kohteen laskennan suorittaja ja onko laskenta valmis?

Liite 2 sisältää yhdistelmäraportin tässä työssä laskettujen 7 kohteen osalta. Laskennan valmistuttua siihen lisättiin kaikkien kohteiden tiedot. Tämä tiedosto koostaa koko projektin osalta tulokset yhteen ja toimii Vantaan kaupungille tietovarastona, jonka pohjalta vuosittaiset energiansäästöt voidaan jatkossa raportoida.

5.3 Ensimmäisen kohteen tarkastelu

Työn ensimmäiseksi tarkasteltavaksi kohteeksi Vantaan kaupungin Tilakeskus valitsi Ruusuvuoren koulun, jossa toteutettiin vuosien 2003–2005 aikana uudistus- ja muutokset sekä laajennustöitä. Koulun rakentamivuosi on 1970, eikä oleellisia perusparannuksia vuoteen 2003 mennessä ollut suoritettu.

Materiaalia urakasta ja suunnitelmista oli hyvin saatavilla. Rakennuksesta oli tehty energiakatselmusraportti vuonna 1995, johon varsinainen hankesuunnittelu pohjautui. Hankesuunnitelmassa ja sen liitteissä kuvattiin toteutetut muutokset ja perusparannuk-

set kohtuullisen hyvin. Arkkitehdin työpiirustuksia oli saatavilla kattavasti, ja LVI-suunnitelmat olivat kaikki sähköisinä. Lähdemateriaalina oli käytettävissä myös kohteen purkutyöselitys.

Ruusuvuoren koulun osalta haasteeksi muodostui selvittää, mitkä osat kiinteistöstä rakennettiin peruskorjauksen yhteydessä. Suunnitelmista ja lähdemateriaalista ei ollut asiaan apua. Lopulta laajennusosien sijainnit ja pinta-alat selvitettiin Tilakeskuksen rakennuttaja-arkkitehdiltä, joka oli hankkeessa mukana. Peruskorjauksen yhteydessä koulun keittiötä ja ruokalaa varten rakennettiin oma siipensä. Laajennuksen osalta suunnittelussa käytettiin rakentamismääräysten vaatimuksia tiukempia U-arvoja, joiden seurauksena vähenemä energiankulutuksessa voitiin raportoida energiasäästönä.

Sähköjärjestelmät päädyttiin rajaamaan laskennan ulkopuolelle kokonaan, kun selvisi, ettei Vantaan kaupunki ole toteuttanut ohjeistuksen mukaisia, säästöä tuottavia muutoksia ennen vuotta 2007. Koulun kaukolämmön kulutustietoja oli saatavilla sekä ennen peruskorjausta että sen jälkeen. Lämmityksen kulutusjakaumaosuus oli mainittu energiakatselmusraportissa. Veden kulutustietojen osalta ei luotettavaa tietoa ollut saatavilla vaan eri vuosien välillä oli suurta vaihtelua (esimerkiksi vuosi 2010: 2204 m³, vuosi 2007: 15040 m³). Näin ollen vesikalusteiden uusimisesta aiheutuvaa energiansäästöä ei voitu laskea. Ruusuvuoren koulun säästötoimenpiteiden vaikutukset on kuvattu kokonaisuudessaan luvussa 7 Tulokset ja tulosten tarkastelu.

5.4 Lähdemateriaalin hankinta

Kohteiden lähdemateriaali saatiin kokonaisuudessaan joko Vantaan kaupungin Tilakeskuksen arkistosta tai sähköisenä eri lähteistä. Suuri työ projektissa oli löytää käyttökelpoisia asiakirjoja joiden perusteella laskenta voitiin suorittaa. Tilakeskuksen arkistossa materiaali on hajautettuna eri vastuualueiden (arkkitehti, rakenne, sähkö, LVI) mukaan. Asiakirjojen arkistoinnista huolehtii vastaavasti eri organisaatiot.

Periaatteessa arkistoon pitäisi tallentua kaikki kohteiden materiaalit sähköisenä tai paperilla, mutta todellisuudessa näin ei kaikkien kohteiden ja eri aikoina toteutettujen hankkeiden osalta ollut. Joissakin tapauksissa materiaalia saattoi olla monesta eri hankkeesta saman kohteen osalta. Useammassa kohteessa oli myös tehty toimenpitei-

tä monta kertaa tarkastelujakson aikana. Näissä tapauksissa oli hankalaa eritellä, mitkä dokumentit kuuluivat millekin hankkeelle. Laskenta suoritettiin kerätyn materiaalin pohjalta. Jos jotain tietoa ei ollut saatavilla, siihen liityvää tarkastelua ei suoritettu. Joissakin tapauksissa oli selvää että tietty toimenpide oli kohteessa tehty, mutta laskentaan tarvittavia lähtötietoja ei ollut materiaalista saatavilla.

Suuresta osasta rakennuksia saatiin lähdemateriaali sähköisenä. Näiden kohteiden osalta laskenta oli suoraviivaista. Osassa hankkeita sähköisiä dokumentteja ei ollut saatavilla. Näissä tapauksissa tutkittiin ensin saatavilla olleita piirustusluetteloita joista poimittiin ne suunnitelmat joissa oletettavasti olisi laskennan kannalta tarvittavaa tietoa. Nämä dokumentit toimitettiin paperikopioina laskentaa varten.

Koska materiaalin keräys tehtiin arkistossa oman työn ohella, siihen kului kokonaisuudessaan muutamia viikkoja kalenteriaikaa. Käytännössä materiaalia saatiin kuitenkin laskentaa varten riittävällä tahdilla.

5.5 Säästövaikutusten laskenta ja raportointi

Rakennuksissa tehtyjen muutosten suunnittelussa oli ollut mukana useita eri arkkitehti- ja insinööritoimistoja joilla kaikilla oli omat asiakirjamallinsa ja tapansa dokumentoida. Työ antoi erinomaisen näkymän hyvin erilaisiin toteutustapoihin talotekniikan suunnittelussa.

Alussa laskentaan tarvittavien lähtötietojen löytäminen materiaalin massasta oli hankalaa. Sattumaa tai ei, ensimmäisten tarkasteltavien kohteiden materiaalia oli saatavilla todella runsaasti. Työn suorittamisen aikana myöhempien kohteiden laskeminen helpottui. Tarvittavat raporttipohjat, laskukaavat ja työkalut laskentaa varten oli luotu. Lähdemateriaalin analysointia varten alkoi kehittyä näkemys siitä, mistä asiakirjoista tarvittavat lähtötiedot yleensä löytyivät.

Laskennassa käytettyjä tietoja saatiin

- energiakatselmuksista kohteen kulutusjakaumaosuuksista, tietoa järjestelmistä ennen peruskorjausta sekä käyttöajoista ja sisälämpötiloista.

- hankesuunnitelmista suuntaviivoista peruskorjauksen suunnittelua ja toteutusta varten sekä linjauksista kohteessa tehtävistä muutoksista.
- yhdistelmäraportista, johon kerättiin saatavilla olleet kaukolämmön, sähkön ja veden kulutustiedot.
- arkkitehtisuunnitelmista muutoksien laajuudesta, määritelmiä rakenteiden U-arvoista ja pinta-aloista (esim. julkisivut, ikkunakaaviot).
- LVI-suunnitelmista laiteluetteloista, automaatiokaavioista, laiteajoista ja tasokuvista.

Ensimmäisissä kohteissa työtä kului työkalujen ja raporttien tekemiseen sekä lähdemateriaalin analysointiin. Myöhempien rakennusten tarkastelu oli enemmän asiakirjojen ja suunnitelmien läpikäymistä ja tulkintaa sekä tarvittavien lähdeviitteiden etsintää.

6 Kohteissa suoritettavat toimenpiteet

Projektissa tarkastelluista kohteista valittiin seitsemän kohdetta, joissa suoritettavat toimenpiteet ja niiden analysointi sekä lasketut säästövaikutukset liitettiin tähän insinööri-työraporttiin. Kohteet olivat ensimmäiset jotka projektissa käsiteltiin. Kaikkien kiinteistöjen laskennan tulokset on esitetty luvussa 7.3 Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutukset.

6.1 Ruusuvuoren koulu

Koulurakennus valmistui vuonna 1970. Kiinteistössä oli tehty pieniä kunnostustöitä, mutta koko kiinteistöä kattavaa peruskorjausta ei ollut suoritettu. Rakennuksen LVI-tekniikka oli pääosin alkuperäistä.

Peruskorjauksen osana rakennettiin laajennusosa, jonka rakenteissa käytettiin lämmönläpäisykertoimina

- yläpohjassa 0,21 W/m²K (vaatimus 0,22 W/m²K)
- alapohjassa keskialueella 0,27 W/m²K (vaatimus 0,36 W/m²K)
- alapohjassa reuna-alueella 0,31 W/m²K (vaatimus 0,36 W/m²K)
- 2. kerroksen astianpesutilan seinissä 0,19 W/m²K (vaatimus 0,22 W/m²K).

Peruskorjauksessa uusittiin myös kaikki rakennuksen ikkunat.

LVI-tekniikan osalta peruskorjattiin lämmönjakokeskus, lämpöjohtoverkostot, verkoston säätöventtiilit ja termostaattiset patteriventtiilit. Vanhat radiaattorit jäivät pääosin käyttöön. Vesijohtoverkostot varusteineen uusittiin kokonaan.

Vanha koneellinen poistoilmanvaihto korvattiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Kojeet varustettiin lämmön talteenottolaittein.

6.2 Vierumäen koulu

Vierumäen koulu alkuperäinen koulurakennus valmistui 1957. Rakennus oli saneerattu vuonna 1982. Pääkoulussa oli kesällä 2001 tehty useissa tiloissa kosteusvaurioihin liittyviä korjauksia. Kosteus- ja homevaurioiden takia osa toiminnoista oli siirretty vieressä sijaitsevaan opettajien asuntolaan.

Koulurakennuksessa suoritettiin laajamittainen perusparannus, jossa uusittiin rakennustekniset järjestelmät, rakennuksen pinnat ja kiintokalusteet, sekä tehtiin parannuksia ja vauriokorjauksia kantaviin rakenteisiin. Ensimmäisen kerroksen lattian ja rakennuksen yläpohjan koksikuonaeristeet vaihdettiin nykyaikaisiin eristeisiin. Laskennassa käytettiin oletuksena vanhan koksikuonaeristeen lämmönjohtavuudesta arvoa 0,25 W/mK. Eristys korvattiin

- yläpohjassa mineraalivillalla, jonka lämmönjohtavuus on 0,055 W/mK
- alapohjassa polystyreenillä, jonka lämmönjohtavuus on 0,03 W/mK.

Rakennuksen ikkunat uusittiin.

LVI-järjestelmät uusittiin ajanmukaisiksi. Kaukolämpöä ei perusparantamisen yhteydessä ollut mahdollista toteuttaa. Rakennuksen lämmitysverkosto sekä käyttövesiverkosto uusittiin kokonaisuudessaan. Kiinteistö varustettiin koneellisilla tulo- ja poistoilmajärjestelmillä.

6.3 Jönsaksen päiväkoti

Rakennuksen vesikatto ja märkätilojen alapohjat uusittiin ja ikkunat tiivistettiin. Lämmitysverkoston säätöventtiilit uusittiin. Rakennus varustettiin koneellisilla tulo- ja poistoilmalaitteilla.

6.4 Rekolan koulu

Rekolan koulu koostuu kolmesta erillisestä rakennuksesta:

- 1931 valmistunut museokoulu
- 1951 valmistunut päärakennus
- 1997 valmistunut lisärakennus.

Päärakennus valmistui vuonna 1951. Se koostuu kolmesta toisissaan kiinni olevasta osasta: varsinaiset opetustilat, liikuntasali ja asunto-osa, jossa on neljä opettajien asuntoa.

Kiinteistö oli ennen peruskorjausta välttävässä kunnossa. Ilmanvaihto oli riittämätön ja lämmitys-, käyttövesi- ja viemäriverkostot olivat pääosin alkuperäiskunnossa. Rakennuksen ikkunat kunnostettiin ja tiivistettiin.

LVI-tekniikka oli suurelta osin alkuperäinen. Rakennus oli liitetty kaukolämpöön vuonna 1991, mutta patteriverkosto oli alkuperäinen. Lämpöjohtoverkosto ja patterit venttiileineen uusittiin kokonaan. Pääosin alkuperäiset vesijohdot varusteineen ja valurautaiset viemärit olivat alkuperäiset, ja ne vaihdettiin. Ilmanvaihto oli painovoimainen. Hankkeessa ilmanvaihto toteutettiin kokonaisuudessaan koneellisella tulo- ja poistoilmavaihdolla. Uudet ilmanvaihtokojeet varustettiin lämmön talteenottolaitteilla.

6.5 Simonkylän koulu

Koulukiinteistö valmistui vuonna 1969. Siinä on yksi osittainen kellarikerros ja kaksi maanpäällistä kerrosta. Rakennus on rakennettu rinteeseen.

Urakan kohteena oli peruskorjattava koulurakennus ja sen yhteyteen rakennettava laajennus. Lämmönjakuhuone rakennettiin kaksikerroksisen tilan alaosaan. Vesikatolle rakennettiin rakennusosakohtaiset IV-konehuoneet. Rakennuksen ikkunat uusittiin.

Laajennusosa, jonka rakenteissa käytettiin lämmönläpäisykertoimina teknisen työn tilojen alapohjassa $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ (vaatimus $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$) ja kuvaamataidon luokassa $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (vaatimus $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Lämmitysputkistot ja patterit uusittiin. Vesiputkistot varusteineen uusittiin. Rakennuksen ilmanvaihto uusittiin lukuun ottamatta vanhaa 01TK/PK-järjestelmää. Ilmanvaihtokojeet varustettiin lämmön talteenotolla.

6.6 Myyrmäen urheilutalo

Myyrmäen urheilutalo valmistui vuonna 1974. Se on monipuolinen koko Länsi-Vantaata palveleva toimintakeskus. Talossa on mm. seuraavaa toimintaa:

- liikuntahalli
- painisali
- kunto- ja voimistelusal
- kokoustilat
- uimahalli.

Rakennuksessa perusparannuksen tarve oli selvä johtuen mm. normaalista käytön aiheuttamasta kulumisesta, laitteiden käyttöiän loppumisesta, rakenteiden kunnan heikkenemisestä ja vesivuodoista. Osa rakennuksen vanhasta katosta korotettiin ja uusittiin. Myös osa ikkunoista vaihdettiin. Peruskorjauksessa rakennettiin uusi IV-konehuone. Rakenteissa käytettiin lämmönläpäisykertoimina

- yläpohjassa $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ (vanhan rakenteen U-arvo oli $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- ikkunoissa peruskorjauksen ajankohdan mukaisesti 1,4 W/m²K (vanhojen ikkunoiden U-arvon arvioitiin olleen 3,0 W/m²K)
- IV-konehuoneen seinissä 0,26 W/m²K (vaatimus 0,28 W/m²K).

Vanhat patterit jäivät käyttöön. Ne huuhdeltiin ja varustettiin termostaattisilla patteriventtiileillä. IV-kojeiden lämpöjohdot varustettiin uusilla putkivarusteilla (säätöventtiilit, pumput, sulku- ja linjasäätöventtiilit yms.). Ilmanvaihtojärjestelmään lisättiin uusi IV-kone.

6.7 Hämeenkylässä koulu

Kiinteistö valmistui vuonna 1970. Siinä on kaksi osittaista kellaria ja yksi tai kaksi maanpäällistä kerrosta. Kiinteistön lukiosiipeen oli rakennettu toiseen kerrokseen laajennus vuonna 1983.

Peruskorjauksen yhteydessä rakennettiin laajennus, joka sijoitettiin vanhaan rakennukseen kiinni voimistelusalin ja entisen ruokalan jatkeeksi. Lisäksi rakennettiin kaksi uutta IV-konehuonetta vesikatolle. Rakenteissa käytettiin lämmönläpäisykertoimina

- yläpohjassa 0,17 W/m²K (vaatimus 0,22 W/m²K)
- alapohjassa keskialueilla 0,27 W/m²K (vaatimus 0,36 W/m²K)
- alapohjassa reuna-alueilla 0,31 W/m²K (vaatimus 0,36 W/m²K)
- IV-konehuoneen yläpohjassa 0,21 W/m²K (vaatimus 0,22 W/m²K).

Kaikki laajennusosan seinät suunniteltiin rakentamismääräysten mukaisilla arvoilla. Vanhat ikkunat vaihdettiin kolminkertaisiksi.

Rakennuksen LVI-tekniikka oli suurelta osin alkuperäistä. Lämpöjohtoverkosto sijaitsi matalissa putkikanaaleissa, lattiarakenteissa ja kellarin katossa ja oli huonokuntoinen. Verkosto patterineen uusittiin kokonaisuudessaan. Vesiputkistot olivat pääosin asennettu lattiakanaviin ja lattioihin. Verkosto ja kaikki vesikalusteet olivat uusimisen tarpeessa. Opetustiloissa oli pääosin koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Ilmanvaihto oli näissä tiloissa puutteellinen eikä täyttänyt määräyksiä. Vuonna 1984 rakennettu osa oli varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Kotitalousluokkien ja teknisen työn tilojen ilmanvaihto oli uusittu niiden saneerauksien yhteydessä. Rakennuksen ilmanvaihto uusittiin pääosin. Tilat varustettiin koneellisella tulo- ja pois-

toilmanvaihhdolla. Uudet tulo- ja poistoilmanvaihtokojeet varustettiin LTO-laitteilla. Kotitalousluokissa ja teknisen työn tiloissa vanhat ilmavaihtojärjestelmät kuitenkin säilytettiin.

7 Tulokset ja tulosten tarkastelu

7.1 Laskentaohjeiden tulkinnanvaraisuudet ja niiden käsittely

Yhtenä tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli tutkia, minkälaisia tulkinnanvaraisuuksia säästölaskennan ohjeistukseen sisältyi ja miten ne voitaisiin tämän projektin kohteiden osalta käsitellä. Tässä kappaleessa käsitellään projektin aikana esiin tulleita epäselviä kohtia sekä laskennan ohjeistuksen ja suuntaviivojen, että itse laskentakaavojen suhteen. Sen lisäksi kerrotaan, miten nämä kohdat käsiteltiin tai tulkittiin projektityön aikana.

7.1.1 Peruskorjaus vs. energiansäästö

Suurimpana kysymyksenä projektin alkuvaiheessa oli, mitä toimenpiteitä voitaisiin raportoida energiansäästönä ja mitkä tulisi rajata ulkopuolelle. Rakennuksen peruskorjauksen syy on yleensä toiminnallinen tai tekninen. Tällaisessa tapauksessa hankkeeseen lähdetään esimerkiksi rakennuksen tai taloteknisten järjestelmien ikääntymisestä tai tilojen käyttötarkoituksen muuttumisen vuoksi. Energiatehokkuuden paraneminen tulee oheishyötynä. Laskennan ohjeistuksen mukaisesti peruskorjaus ei aina ole sellaisenaan suoraan luettavissa säästötoimenpiteeksi. Kuitenkin, jos peruskorjaus kohdistuu keskeisesti lämmöntarpeeseen vaikuttavaan tekniseen järjestelmään (esim. ilmanvaihto) tai lämmitysverkostoon, voidaan vaikutus laskea energiansäästökseksi, mikäli toimenpiteen seurauksena energiantarve laskee.

Ei ole yksiselitteistä, millä perusteella toimenpide voidaan luokitella energiansäästökseksi tai toimeksi, jolla on energiansäästövaikutus. Toteutus päätöksen yhtenä vaikuttavana tekijänä voi olla esimerkiksi saavutettava energiansäästö. Jotta toimenpide luokiteltaisiin energiansäästötoimeksi, pitäisi päätöstä tehdessä ratkaisevana perusteena olla

nimenomaan energiansäästö. Ilman säästövaikutusta toimenpide jäisi toteuttamatta. Jokaista käyttöikänsä saavuttaneen laitteen uusimista ei voi lukea automaattisesti energiansäästötoimeksi eikä edes energiatehokkuustoimeksi erityisesti, jos uusiminen on pakollista laitteen kunnan takia. Useimmissa tapauksissa korvaava laite edustaa hankintahetken energiatehokkuuden tavanomaista tasoa.

Kaupunkien ja kuntien tapauksessa rajanveto on vaikeaa. Hankeen toteutumiseen ja sisältöön vaikuttavia osapuolia on monia. Tyypillisesti tarve syntyy käyttäjäorganisaation tai tiloja hallinnoivan tahon toimesta. Päätökset rahan käytöstä tehdään hallintoelimissä. Yksittäisten, pelkästään energiansäästön takia tehtävien toimenpiteiden toteutuminen tässä toimintaympäristössä vaikuttaa melko epätodennäköiseltä. Käyttäjätaho ei mahdollisesti näe rakennuksen kulutustietoja ollenkaan, eikä näin ollen välttämättä ole niistä edes kiinnostunut. Tiloja hallinnoivan tahon intresseissä olisi saavuttaa kustannussäästöä, mutta tarvittavat investoinnit vaativat hyväksyntää. Rahoituspäätös taas tehdään hallintoelimissä, joissa ei ehkä osata nähdä toimenpiteiden tuomaa säästöä pitkällä aikavälillä. Rahoituksen saaminen pienemmille, energiansäästön takia toteutettaville hankkeille voi olla hankalaa, jos samanaikaisesti osa rakennuksista kaipaa perusteellista kunnostusta, jotta niiden käyttöä voisi jatkaa edelleen. Peruskorjaushankkeissa muutokset tehtäisiin todennäköisesti joka tapauksessa energiansäästöä riippumatta. Rakentamismääräykset koskevat uudisrakennuksia, eli periaatteessa peruskorjauksissa olisi mahdollista tehdä muutokset rakentamisajankohdan normien mukaisesti. Toki uusien määräysten noudattaminen mahdollisimman pitkälti on järkevää. Määräyksillä pyritään ohjaamaan rakentamista energiataloudellisempaan ja laadullisesti parempaan suuntaan.

Vantaan kaupungin tapauksessa peruskorjauksissa noudatetaan mahdollisimman pitkälti hankkeen ajankohdan rakentamismääräyksiä, tai jopa määräyksissä asetettuja vähimmäisvaatimuksia parempia arvoja. Esimerkiksi rakenteiden osalta suunnittelussa käytetään määräyksiä tiukempia lämmönläpäisykertoimia. Tässä työssä toimenpiteiden vaikutukset laskettiin säästökseen, jos niiden toteuttamisessa noudatettiin hankeajankohdan rakentamismääräyksiä vähimmäisvaatimuksia tai niitä parempia arvoja. Säästövaikutus laskettiin vanhojen, rakentamisajankohdan mukaisten vaatimuksien ja hankkeen toteutusajankohdan vaatimuksien erotuksena, koska peruskorjaus olisi mahdollista toteuttaa vanhojen vaatimusten mukaisesti. Esimerkiksi ikkunoiden uusiminen las-

kettiin säästökäsi, jos rakennuksen vanhat ikkunat korvattiin nykyaikaisilla. Vastaavasti säästöä muodostui myös, jos rakennuksen painovoimainen ilmanvaihto tai koneellinen poistoilmajärjestelmä korvattiin lämmön talteenotolla varustetulla koneellisella tulo- ja poistoilmavaihdolla.

Ohjeistuksessa mainitaan kulutusjakaumaosuuden muutoksen laskennan yhteydessä, että energiakatselmuksissa määritettyjä kulutusjakaumia voidaan hyödyntää myöhemmissä tarkasteluissa, mikäli katselmuksen jälkeen ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia kohteen laajuudessa tai käytössä. Laskennan alkuvaiheessa tätä sääntöä tulkittiin liiankin tiukasti ja laskennan ulkopuolelle rajattiin esimerkiksi lämmitysjärjestelmän perussäätö kokonaan, mikäli rakennusta oli hankkeessa myös laajennettu. Projektin aikana sääntöä tutkittiin tarkemmin ja laskentaa muutettiin kattamaan myös tällaiset toimenpiteet, vaikka rakennusta olisi laajennettu.

7.1.2 Kulutustiedot

Ohjeistuksen mukaan säästön määrän laskennassa pitäisi käyttää kulutustietona vuoden 2005 kulutustietoja, jossa lämmitykseen käytetylle energialle ei ole tehty normitusta lämmitystarveluvuilla.

Säännön soveltaminen olisi hankalaa tässä työssä käsiteltyjen varhaistettujen säästötoimenpiteiden laskennassa. Kulutustietoja oli saatavilla lähinnä vuosilta 2002–2010. Peruskorjaukset taas ajoittuivat vuosille 1997–2007. Jos vuoden 2005 ohjetta olisi noudatettu, lämmitysjärjestelmien säästövaikutusten laskeminen kulutustietojen pohjalta ei olisi ollut kaikkien kohteiden osalta mahdollista.

Tässä työssä laskennassa on käytetty kohteiden kulutustietojen normeerattuja keskiarvoja ennen peruskorjausta ja sen jälkeen.

7.1.3 Käyttöajat

Tässä projektissa useat kohteet olivat kouluja, joiden tiloja käytetään monesti iltaisin ja viikonloppuisin normaalin koulutyön ulkopuolisiin tarkoituksiin. Kouluilla esimerkiksi osa luokista, teknisen työn tilat ja liikuntasali saattavat olla hyvinkin tiiviissä käytössä, kun taas loput rakennuksen osat ovat samaan aikaan tyhjiä.

Laskennan ohjeistuksesta useassa esimerkissä käytettiin rakennuksen käyttöaikana 10 tuntia vuorokaudessa viitenä päivänä viikossa.

Rakennusten todellisista käyttöajoista ei ollut mahdollista saada tietoa työn materiaalin pohjalta. Esimerkiksi ilmanvaihdon käyttöajat saattavat vaihtua useastikin tarpeiden mukaan. Käyttöaikojen muutokset tehdään esimerkiksi valvontajärjestelmästä tarpeen mukaan, jolloin vain aktiivinen arvo on tiedossa eikä historiaa välttämättä ole saatavilla. Suunnitelmia tai muita vastaavia asiakirjoja muutoksista ei todennäköisesti tehdä. Periaatteessa olisi ollut mahdollista etsiä tarkempaa tietoa, esimerkiksi käymällä kohteissa paikan päällä tai haastattelemalla huoltohenkilöstöä.

Tässä projektissa haluttiin nimenomaan keskittyä tekemään selvitykset lähdemateriaalin perusteella. Koska tarkempaa tietoa ei ollut käytettävissä, työssä käytettiin lähtöarvona kaikille rakennuksille ohjeistuksen esimerkkien mukaista käyttöaika.

7.1.4 Lähtöarvot

Laskennan esimerkeissä oli muutamia kohtia, joissa annettuihin lähtöarvoihin kiinnitettiin työn aikana tarkempaa huomiota.

Lämmitysjärjestelmät

Lämmityskauden pituutena ohjeistuksen kaavoissa käytettiin usein lähtötietoa 210 vrk/a (7 kk/a, 30 vrk/kk), jota käytettiin myös projektin kohteiden laskennassa. Eri lähteiden mukaan lämmityskauden todellinen pituus voisi olla paljon pidempikin.

- Energiateollisuus ilmoitti lämmityskauden pituudeksi vuonna 2004–2005 yhdeksän kuukautta [6].
- Ilmatieteen laitoksen (S17) normaalivuoden 1971–2000 lämmitystarveluvun mukaan lämmityskauden pituudeksi voidaan ajatella jopa 10 kuukautta vuodessa [7].

Lämmityksen kulutusjakaumaosuudelle ei esimerkeissä annettu ohjearvoa. Rakennusten tyypillisissä kulutusjakaumaosuuksien määrittelyssä esiintyy kohtuullista vaihtelua eri lähteissä:

- Lämmitys 55 %, ilmanvaihto 41 %, lämmin käyttövesi 4 % [8]

- Lämmitys 50 %, ilmanvaihto 30 %, lämmin käyttövesi 20 % [9]
- Lämmitys 40 %, ilmanvaihto 40 %, lämmin käyttövesi 20 % [10].

Lopullisissa linjauksissa päädyttiin käyttämään energiakatselmuksien määrittelemiä kulutusjakaumaosuuksia, mikäli ne oli asiakirjoissa mainittu. Jos osuuksia ei ollut määritetty, käytettiin lähtötietoa ilmanvaihto 50 %, lämmitys 40 % ja lämmin käyttövesi 10 %.

Ilmanvaihtojärjestelmät

Laskennan ohjeistuksessa ilmapuotolaskennan laskukaavassa käytettiin lähtötietona rakennuksen ilmapuotoa ennen muutosta ja sen jälkeen. Ohjeistuksen esimerkeissä käytettiin arvoja 0,4 1/h ja 0,2 1/h.

Laskennassa käytettiin rakennuksen ilmanvuotokertoimina

- ennen peruskorjausta: alhainen tiiviys (asuin- ja toimistorakennus), $n_{50} = 5$. Vastaava ilmapuodon arvo on 0,2 1/h.
- peruskorjauksen jälkeen: keskimääräinen tiiviys (asuin- ja toimistorakennus), $n_{50} = 2,5$. Vastaava ilmapuodon arvo on 0,1 1/h.

[10, taulukko 5.3]. Vantaan kaupungin suorittamien mittausten mukaan nämä lukemat vastaavat hyvin todellisuutta peruskorjattujen kohteiden osalta.

Lämmön talteenoton lisäämisen laskentakaavassa käytettiin lähtöarvoina puhaltimien paineenkorotuksia ja hyötysuhteita. Kanavistojen painehäviöinä käytettiin suunnitelmien tietoja, jos ne olivat saatavilla. Jos suunnitelmissa arvoja ei mainittu, käytettiin esimerkkien arvoja. Tyypillisesti suunnitelmat olivat ohjeistuksen esimerkkiä vastaavia.

- Tuloilmakoneen paineenkorotus 600 Pa (ei jäähdytystä, ei lämmön talteenottoa) – 800 Pa (jäähdytys ja lämmön talteenotto).
- Poistoilmakoneen paineenkorotus 300 Pa (ei lämmön talteenottoa) – 500 Pa (lämmön talteenotto).

Puhallinkäytön kokonaishyötysuhteena ja lämmön talteenoton aiheuttamana puhaltimien tehonlisäyksenä käytettiin esimerkin lukuja 0,3 – 0,4 ja 25 %.

Lämmön talteenoton vuosihyötysuhteeksi ohjeistus esitti oletettua 50 %:a. Tarkastelussa tutkittiin, mikä olisi todellista tilannetta paremmin vastaava arvo. Jos lähdemateriaalissa oli mainittu vuosihyötysuhteet puhaltimille, niitä käytettiin laskennan lähtötietona. Jos vuosihyötysuhdetta ei materiaalista löytynyt, tarkastettiin esim. laiteluettelosta tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen.

Vuosihyötysuhde voidaan laskea lämpötilahyötysuhteen avulla kaavojen 1 ja 2 avulla. Lasketaan tuloilman lämpötilahyötysuhde [12, kaava 1]:

$$\eta_t = \frac{(t_{LTO} - t_u)}{(t_s - t_u)} \quad (1)$$

η_t on tuloilman lämpötilahyötysuhde
 t_{LTO} on tuloilman lämpötila LTO jälkeen
 t_u on ulkoilman lämpötila
 t_s on sisäilman lämpötila

Lasketaan vuosihyötysuhde [12, kaava 9]:

$$\eta_a = 0,6\eta_t \quad (2)$$

η_a on vuosihyötysuhde
 η_t on tuloilman lämpötilahyötysuhde

Sähköjärjestelmät

Sähkön energiankulutusta parantaviksi toimenpiteiksi ohjeistus esitti esimerkiksi valaistuksen ohjausta liiketunnistimen tai päivänvalo-ohjauksen perusteella, lampputyypin vaihtamista vähemmän kuluttavaksi tai aurinkosähkön hyväksikäyttöä. Kohteiden suunnitelmia tutkiessa havaittiin, että ehdotetuista toimenpiteistä osa ei ole ollut taloudellisesti kannattavaa toteuttaa, eikä niitä käytetty tarkastellulla ajanjaksolla.

7.2 Laskennan linjaukset

Opinnäytetyön suorittamisen aikana varsinkin ensimmäisiä kohteita käytiin useampaa kertaan läpi tilaajan ja opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Näiden palaverien tarkoituksena oli käydä yhdessä läpi siihen asti tehtyjen laskemien tuloksia ja laskennassa käytettyjä linjauksia, ohjearvoja ja päätelmiä. Tavoitteena oli löytää yhteinen näkemys siitä, mitä

oletusarvoja laskennassa käytettiin, mikäli parempaa tietoa ei ollut saatavilla, mitä toimenpiteitä laskennassa huomioitiin ja mitä rajattiin ulkopuolelle.

Sähköjärjestelmien osalta ohjeistuksessa ehdotetut toimenpiteet olivat käytännössä kaikki sellaisia, ettei niitä ollut tarkasteluajankohtana toteutettu Vantaan kaupungin kohteissa. Selvityksen jälkeen kaikki sähköjärjestelmiin kohdistuneet muutokset rajattiin laskennan ulkopuolelle.

Tilaaajan kanssa sovitut linjaukset on esitetty alla yksityiskohtaisesti.

Littera 1A.3 Lämmityksen säädön parantaminen

Tämä littera laskettiin 7 %:n parannuksella lämmityksen kulutusjakaumaosuudesta ennen peruskorjausta, mikäli joku seuraavista ohjaustavoista oli kohteessa toteutettu:

- menoveden lämpötilan säätö
- rakennuksen sisälämpötilan pudotus käyttöaikojen ulkopuolella
- vyöhykesäätö: rakennuksen eri siipiin syötetään erilämpöistä menovettä.

Littera 1A.4 Termostaattisten patteriventtiilien lisäys

Tämä littera laskettiin 2 %:n parannuksella lämmityksen kulutusjakaumaosuudesta ennen peruskorjausta, mikäli patteriventtiilit oli toteutusvaiheessa uusittu tai lisätty.

Littera 1B.1 Lämmitysverkoston perussäätö

Tämä littera laskettiin 7 %:n parannuksella lämmityksen kulutusjakaumaosuudesta ennen peruskorjausta, mikäli rakennuksen lämmitysjärjestelmässä oli

- lämmönsiirtimet uusittu
- linjasäätöventtiilit uusittu
- putkisto uusittu.

Lämmityksen kulutusjakaumaosuuden arvona käytettiin energiakatselmuksen tai vastaavan lähdemateriaalin tietoa. Mikäli muuta tietoa ei ollut käytettävissä, laskennassa käytettiin lämmitysverkoston kulutusjakaumaosuutena 40 % kokonaiskulutuksesta (ilmanvaihto 50 %, lämmitys 40 %, lämmin käyttövesi 10 %).

Kaukolämpökohteiden tarkastelussa käytettiin kaukolämmön normeerattua kulutusta, joka laskettiin keskiarvona peruskorjausta edeltävien vuosien kulutustiedoista saatavilla

olleiden tietojen mukaan. Mikäli kaukolämmön kulutustietoa ennen remonttia ei ollut saatavilla, litteroita 1A ja 1B ei laskettu.

Littera 1B.2 Verkostohäviöiden pienentäminen / lisäeristys

Tätä litteraa ei laskettu. Arviointia varten olisi tarvittu tietoa putkien pintalämpötiloista ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen. Tämän toimenpiteen laskentamalli erosi muista ohjeistuksessa annetuista tarkkuustasonsa ja lähtötietojensa osalta. Annetun mallin perusteella olisi saatu laskettua säästövaikutus hyvin tarkalla tasolla, kun taas muissa malleissa niitä tutkittiin lähinnä yleisellä tasolla.

Littera 2A.1 Taajuusmuuttajakäytön ja ohjauksen lisääminen

Tätä litteraa ei laskettu. Ohjeistuksessa annettiin laskentaperiaatteeksi laitetoimittajan laskentaohjelma. Työn suorittamisen aikana löydettiin esimerkiksi taajuusmuuttajia valmistavan Vacon Oy:n kehittämä energiansäästön laskentaohjelma, jolla Vaconin mukaan olisi mahdollista arvioida taajuusmuuttajien tuoman energian- ja kustannussäästöä perinteisiin ohjausmenetelmiin verrattuna. Puhallinkäytölle tarjottavia laskimia oli kolme erilaista: kuristussäätö, johtosiipisäätö sekä lapakulmasäätö. Mikään tarjotuisista laskimista ei suoraan vastannut nykyisin käytössä olevia puhallinsäätömenetelmiä joten niiden käyttö olisi saattanut tuottaa huomattavia säästövaikutuksia väärin perustein laskettuna [4]. Nykyisin ilmanvaihtokoneiden käyntiä säädetään esimerkiksi lämpötilan tai sisäilman hiilidioksidipitoisuuden perusteella tai läsnäoloanturin mukaan.

Littera 2B.1 Ilmanvaihdon palvelualuemuutos

Littera 2B.2 Lämmön talteenoton lisääminen

Jos lähdemateriaalissa oli mainittu vuosihyötysuhteet lämmöntalteenottolaitteille, niitä käytettiin laskennan lähtötietona. Jos vuosihyötysuhdetta ei materiaalista löytynyt, se laskettiin lämmöntalteenottolaitteen jälkeisen tuloilman lämpötilan avulla. Jos muuta tietoa ei ollut käytettävissä, laskenta suoritettiin vuosihyötysuhteella [13, taulukko 4.4]:

- Nestekiertoinen lämmönsiirrin 27 %
- Ristivirtalevylämmönsiirrin 33 %
- Vastavirtalevylämmönsiirrin 42 %
- Regeneratiivinen lämmönsiirrin 45 %.

Littera 3A.2 Kalustevirtaamien rajoitus

Tätä litteraa ei laskettu. Tämä toimenpide rajoittuu yleensä muutaman yksittäiseen vesikalusteeseen jolloin toimenpiteestä ei tehdä suunnitelmia. Jos käsitellyissä kohteissa tehtiin vesikalusteiden uusimista, korvattiin tyypillisesti kaikki vesikalusteet kerralla. Tällöin toimenpiteen vaikutukset laskettiin litteralla 3B.1.

Littera 3B.1 Vesikalusteiden uusiminen

Tämä littera laskettiin veden kulutustietojen perusteella, mikäli niitä oli saatavilla. TehoWebistä saadut kulutustiedot eivät käyttöveden osalta olleet suurelta osin luotettavia. Tiedoissa saattoi olla 10-kertaisia vaihteluita eri vuosille, täsmälleen yhtä suuria lukuja usealle vuodelle tai tietoja puuttui kokonaan.

Jos lähdemateriaalissa on mainittu lämpimän veden kulutusosuuden arvo, sitä käytettiin laskennassa lähtötietona. Jos lämpimän veden kulutusosuutta ei ollut mainittu, sen oletettiin olevan 30 % veden kokonaiskulutuksesta [13].

Litterat 4A. Sähkö: säätölaitteiden uusimiseen / lisäämiseen liittyviä toimenpiteitä**Litterat 4B. Sähkö: energiaa säästävää tekniikkaa lisääviä / investointia vaativia toimia****Litterat 4C. Sähkö: käyttötekniisiä toimenpiteitä**

Näitä litteroita ei laskettu. Vantaan Kaupungin teknisen toimialan talonsuunnitteluyksikön sähköinsinöörin mukaan näitä toimenpiteitä ei ole juuri tehty ennen vuotta 2007. Näin ollen nämä toimenpiteet voitiin rajata laskennan ulkopuolelle.

Litterat 5A. Paineilma: säätölaitteiden uusimiseen / lisäämiseen liittyviä toimenpiteitä**Litterat 5B. Paineilma: energiaa säästävää tekniikkaa lisääviä / investointia vaativia toimia**

Näitä litteroita ei laskettu. Monissa projektin kohteissa paineilmaa ei ollut käytössä tai järjestelmät olivat niin pieniä, että toimenpiteillä mahdollisesti saavutettava energiansäästö olisi ollut marginaalista.

Littera 6.7 Ikkunoiden tiivistäminen

Seuraavat rakennuksen tiiviyteen liittyvät toimenpiteet laskettiin keskitetysti tällä litteralla:

- Littera 2B.4 Alipainepellit poistokanaviin
- Littera 6.4 Seinien tiivistäminen
- Littera 6.5 Yläpohjan tiivistäminen
- Littera 6.6 Alapohjan tiivistäminen
- Littera 6.7 Ikkunoiden tiivistäminen
- Littera 6.11 Läpivientien tiivistäminen.

Laskennassa käytettiin rakennuksen ilmanvuotokertoimina seuraavia arvoja [10, taulukko 5.3]:

- Ennen peruskorjausta: Alhainen tiiviys (asuin- ja toimistorakennus), $n_{50} = 5$.
- Peruskorjauksen jälkeen: Keskimääräinen tiiviys (asuin- ja toimistorakennus), $n_{50} = 2,5$.

Jos kohteen ikkunat uusittiin hankkeessa, laskettiin sekä ikkunoiden uusiminen (litterat 6.8, 6.9) että ikkunoiden tiivistäminen (littera 6.7).

Litterat 6. Rakenteet: energiaa säästävää tekniikkaa lisääviä / investointia vaativia toimia

Säästövaikutukset laskettiin rakenteiden osalta, mikäli rakenteiden U-arvot ennen toimenpidettä ja toimenpiteen jälkeen olivat tiedossa. Ikkunoiden ja ovien osalta laskenta suoritettiin U-arvoilla joko materiaalin perusteella tai rakentamis- ja peruskorjausaikojen normien mukaan.

7.3 Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutukset

Taulukko 5 esittää rakennusten peruskorjauksessa toteutettujen muutosten säästövaikutukset koostetusti kaikkien toimenpiteiden osalta koko niiden elinaikana yhteensä.

Taulukko 5. Opinnäytetyössä käsiteltyjen kohteiden säästötoimenpiteiden tulokset. Työssä laskettiin seitsemän rakennuksen peruskorjauksen säästövaikutukset ohjeistuksen mukaisesti laadituilla laskukaavoilla.

				Raportoitava säästö			Kulutus ed. vuosilta ennen peruskorjausta jos tiedossa (ka)			Rak. tilavuus	Kerros ala
				Lämpö	Poltto aineet	Sähkö	Lämpö	Poltto aineet	Sähkö		
Nro	Rak. Käyttö tarkoitus	Perus korjauksen valmistumis vuosi	Kohde	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a		
1	Koulu	2005	Ruusuvuoren koulu	498	0	-9	1217		331	23050	5325
2	Koulu	2004	Vierumäen koulu	529	0	-33			242	15560	4390
3	Pvk	2006	Jönsaksen päiväkot	43	0	-2	196			2460	760
7	Koulu	2007	Rekolan koulu	242	0	1	828		211	17765	4892
9	Koulu	2005	Simonkylän koulu	563	0	-41	1469		513	25415	7084
15	Muu	2002	Myyrämäen urheilutalo	798	0	-71	3760			34350	5711
18	Koulu	2005	Hämeenkyliän koulu	367	0	0	1252		482	30288	7944

Taulukko 5 sisältää myös kohteiden käyttötarkoituksen, rakennustilavuuden ja kerrosalan, jotta erityyppisissä rakennuksissa tehtyjen toimenpiteiden vertailu olisi mahdollista. Rakennustilavuus ja kerrosalatiedot on kerätty Vantaan Energian LämpöNettiosovelluksen tiedoista. Kaukolämmön kulutustiedot on laskettu keskiarvona vuosittaisista lukemista ennen peruskorjausta.

Taulukko 6 esittää lisäksi, mitä yksittäisiä toimenpiteitä kohteissa suoritettiin. Jokaisen säästötoimen vaikutus esitetään vuositasolla sekä elinaikana yhteensä.

Taulukko 6. Tarkasteltujen kohteiden säästötoimenpiteet. Tässä taulukossa listataan kaikki tarkasteltujen kohteiden yksittäiset säästötoimenpiteet ja niiden tuomat säästövaikutukset.

Kohde	Littera	Toimenpide	Säästö MWh/a			Toimenpiteen elinaika a	Säästö toimenpiteen elinaikana yhteensä MWh
			Lämpö	Polttoaineet	Sähkö		
Ruusuvuoren koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	10	110
Ruusuvuoren koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	38	0	0	10	384
Ruusuvuoren koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	233	0	-28	20	4091
Ruusuvuoren koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	0,3	0	0	25	8
Ruusuvuoren koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	3	0	0	25	75
Ruusuvuoren koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	70	0	0	5	351
Ruusuvuoren koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	142	0	0	30	4251
Vierumäen koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	85	0	-42	20	856
Vierumäen koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	95	0	0	25	2371
Vierumäen koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	221	0	0	25	5532
Vierumäen koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	52	0	0	5	261
Vierumäen koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	76	0	0	30	2278
Jönsäksen päiväkot	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	5	0	0	15	82
Jönsäksen päiväkot	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	30	0	-4	20	507
Jönsäksen päiväkot	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	8	0	0	5	41
Rekolan koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	52	0	0	10	525
Rekolan koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	111	0	-15	20	1926
Rekolan koulu	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	19	0	0	15	284
Rekolan koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	60	0	0	5	298
Simonkylän koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	12	0	0	10	118
Simonkylän koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	41	0	0	10	411
Simonkylän koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	241	0	-41	20	4015
Simonkylän koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	1,7	0	0	25	43
Simonkylän koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	7,8	0	0	25	196
Simonkylän koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	85	0	0	5	427
Simonkylän koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	30	5058
Simonkylän koulu	6.10.	Ovien uusiminen	5	0	0	30	145
Hämeenkylässä koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	10	113
Hämeenkylässä koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	39	0	0	10	395
Hämeenkylässä koulu	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	40	0	0	15	598
Hämeenkylässä koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	1,4	0	0	25	36
Hämeenkylässä koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	1,8	0	0	25	46
Hämeenkylässä koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	102	0	0	5	509
Hämeenkylässä koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	30	5059
Hämeenkylässä koulu	6.9.	Kattoikkunoiden uusiminen	3	0	0	30	90
Myyrmäen urheilutalo	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	42	0	0	10	418
Myyrmäen urheilutalo	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	73	0	0	10	731
Myyrmäen urheilutalo	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	620	0	-71	20	10978
Myyrmäen urheilutalo	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	24	0	0	25	593
Myyrmäen urheilutalo	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	39	0	0	30	1181

7.4 Tulosten luotettavuus ja käyttökelpoisuus

Jos koko projektin tulosten luotettavuutta arvioitaisiin pelkästään tässä opinnäytetyössä raportoitujen seitsemän kohteen perusteella, olisi syytä tutkia tarkemmin lähtötietojen vastaavuutta todellisiin käyttötilanteisiin.

Ohjeistuksen mukaisesti tarkempi säästövaikutuslaskelma on esitettävä, mikäli jonkin yksittäisen toimenpiteen saavuttama säästö edustaa yli 10 %:a koko kyseisen kohteen säästötavoitteesta. Taulukko 7 esittää niiden toimenpiteiden laskelmat, jotka olivat lähtötietojen perusteella arvioitavissa. Osasta kohteita puuttuivat esimerkiksi sähkön tai kaukolämmön kulutustiedot, jolloin virhetarkastelua ei voinut tehdä.

Taulukossa on merkattu taustavärillä ne toimenpiteet, jotka ylittävät tarkastuskriteerin. Laskelmassa on oletettu kohteiden säästötavoitteiksi energiatehokkuussopimuksen minimiarvo 9 %.

Taulukko 7: Tarkastuslaskelma yksittäisten toimenpiteiden säästövaikutuksista. Taulukossa on arvioitu jokaisen toimenpiteen edustama säästövaikutus verrattuna kohteen säästötavoitteeseen.

Säästölaskelman tarkastuskriteeri	10 %						
Säästötavoite	9 %						
Kohde: Ruusuvuoren koulu	MWh/a						
Kohteen energiankulutus ennen peruskorjausta	1548				Säästö MWh/a		Yhteensä
Säästölaskelman tarkastuskriteeri	13,9	Littera	Toimenpide	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö	MWh/a
		1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	11,0
		1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	38	0	0	38,0
		2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	233	0	-28	204,5
		6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	0,3	0	0	0,3
		6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	3	0	0	3,0
		6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	70	0	0	70,0
		6.8.	Ikkunoiden uusiminen	142	0	0	142,0
Kohde: Rekolan koulu	MWh/a						
Kohteen energiankulutus ennen peruskorjausta	1039				Säästö MWh/a		Yhteensä
Säästölaskelman tarkastuskriteeri	9,4	Littera	Toimenpide	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö	MWh/a
		1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	52	0	0	52,0
		2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	111	0	-15	96,0
		3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	19	0	0	19,0
		6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	60	0	0	60,0
Kohde: Simonkylän koulu	MWh/a						
Kohteen energiankulutus ennen peruskorjausta	1982				Säästö MWh/a		Yhteensä
Säästölaskelman tarkastuskriteeri	17,8	Littera	Toimenpide	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö	MWh/a
		1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	12	0	0	12,0
		1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	41	0	0	41,0
		2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	241	0	-41	200,0
		6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	1,7	0	0	1,7
		6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	7,8	0	0	7,8
		6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	85	0	0	85,0
		6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	169,0
		6.10.	Ovien uusiminen	5	0	0	5,0
Kohde: Hämeenkyliän koulu	MWh/a						
Kohteen energiankulutus ennen peruskorjausta	1734				Säästö MWh/a		Yhteensä
Säästölaskelman tarkastuskriteeri	15,6	Littera	Toimenpide	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö	MWh/a
		1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	11,0
		1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	39	0	0	39,0
		3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	40	0	0	40,0
		6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	1,4	0	0	1,4
		6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	1,8	0	0	1,8
		6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	102	0	0	102,0
		6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	169,0
		6.9.	Kattoikkunoiden uusiminen	3	0	0	3,0

Tarkastuskriteerin perusteella on syytä tutkia, vastaavatko laskennan lähtötietoina käytetyt kohteiden kulutustiedot todellisia arvoja ja mitkä ovat kohteiden käyttöajat.

Lämmitysverkoston perussäädön tapauksessa laskennassa käytetyn nyrkkisäännön oikeellisuus tulisi arvioida. Toisaalta vertailu laskelmien ja todellisuuden välillä on osittain hankalaa, koska kohteiden peruskorjausten yhteydessä on rakennettu laajenusosia eivätkä esimerkiksi kulutustiedot ennen peruskorjausta ja sen jälkeen ole vertailukelpoisia. Lämmön talteenoton laskelmiin vaikuttavat oleellisesti ilmanvaihdon käyttöajat, jotka tulisi tarkastaa. Ikkunoiden uusimisen laskennassa on käytetty todellisia kohteiden arvoja. Näiden toimenpiteiden osalta virhemarginaali on pieni.

Laskentamenetelmän tarkkuus riippuu mm. käytettävissä olevan lähtötiedon määrästä ja laadusta, käytössä olevista laskentatyökaluista. Tässä projektissa laskennan tarkkuustaso on ollut jo ohjeistuksen laskentakaavoista lähtien karkeaa. Ohjeistuksessa todetaankin: ”Karkean tarkkuustason yksinkertaistettu laskenta useimmiten riittää pk-teollisuuden ja palvelusektorin säästötoimien vaikutusten arviointiin” [3 s. 19]. Tästä näkökulmasta laskennan tulokset ovat käyttökelpoisia ja täyttävät alkuperäisen työlle asetetun tavoitteen.

Koko projektissa tutkittiin säästövaikutusten tuloksia kohtuullisen suuressa määrässä hankkeita. Joukkoon mahtui useita samantyyppisiä rakennuksia, esimerkiksi kouluja ja päiväkoteja. Tutkimuksen kohteena oleva joukko oli sen verran laaja, että sen perusteella voidaan jo tehdä kattavampi virhearviointi ja vertailla yksittäisten kohteiden laskelmia keskiarvoihin.

7.5 Työn tavoitteiden saavuttamisen arviointi

Työssä oli tarkoitus luoda laskentamallit ja raporttipohjat koko rakennusmassan laskentaa varten Vantaan kaupungin kohteille. Tämä tavoite saavutettiin. Työssä laaditut sähköiset laskukaavat, laskentamalli ja raporttipohja otettiin käyttöön koko projektissa. Samalla laadittiin yhdessä työn tilaajan kanssa suuntaviivat koko projektin laskentatyön tarpeisiin.

Varsinaista taloudellista merkitystä tämän työn tuloksilla ei ole. Vantaan kaupungin kohteiden säästövaikutukset raportoidaan energiatehokkuussopimuksen mukaisesti työn tulosten pohjalta. Näin arvioidaan, onko Vantaan kaupunki päässyt omiin säästö-tavoitteisiinsa sopimuksen mukaisesti, vai tarvitaanko jatkossa esimerkiksi tiukempia suunnittelukriteereitä tai lisäpanostuksia energiansäästötoimiin. Työn tulosten kaupallistamisen ja jatkokäyttömahdollisuuksien tutkiminen kuuluu Kenneth Ekin opinnäytetyön sisältöön eikä asiaa tässä yhteydessä analysoida.

8 Pohdiskelu

Ensimmäisten kolmen kohteen tarkastelu vei paljon aikaa ja vaivaa. Työkaluja ja raporttipohjia kehitettiin työn aikana, arvioimisen perusteita muokattiin edelleen yhdessä tilaajan kanssa eikä lähdetietojen käsittelystä ollut kokemusta.

Lyhytaikaisillakin säästöillä on merkitystä. Niitä ei tämän projektin laajuudessa arvioitu lainkaan. Yksittäisten toimien merkitys voi olla pieni, mutta monta vähäisempää säästöä yhdessä saa aikaa merkittäviäkin tuloksia energiankulutuksen kannalta. Toisaalta ei ole taloudellisesti järkevää raportoida jokaisen yksittäisen toimenpiteen vaikutuksia. Seurannan kustannukset eivät olisi suhteessa saavutettuun energiansäästöön.

Ohjeistuksessa on mukana paljon yksittäisiä toimenpiteitä joita varmasti myös toteutetaan esimerkiksi kaupunkien tai kuntien omistamissa rakennuksissa, mutta niistä ei ole jälkepäin löydettävissä suunnitelmia tai muita dokumentteja, joiden perusteella arvio voitaisiin tehdä jälkikäteen. Näiden toimien seuranta vaatisi aktiivisempaa otetta jo hankkeen aikana.

Tulkinnallisissa tapauksissa laskenta suoritettiin aina huonoimman vaihtoehdon mukaan, jolloin säästövaikutus jäi todennäköisesti todellista pienemmäksi. Laskenta tehtiin saadun materiaalin pohjalta työpöytätyönä. Tarkempi analyysi olisi antanut paremman kuvan. Esimerkiksi lisämateriaalia, todellisia käyttöaikoja ja kulutustietoja sekä täsmällisempiä tietoja kohteissa toteutetuista muutoksista olisi varmasti löytynyt kohdekäynnillä. Opinnäytetyön tarkastelu keskittyi käytännössä vain osaan ohjeistuksen toimenpiteistä. Kaikkia eri toimenpiteitä ei ollut toteutettu, ei voitu laskea tai laskentaohjeistus ei ollut käyttökelpoista. Vähemmälle huomiolle jääneiden mallien osalta löytyisi varmasti lisää tulkinnanvaraisuuksia.

Ohjeistuksessa ensimmäisessä versiossa ei oteta säästön vähentymää lainkaan huomioon. Todellisuudessa jokaisen säästötoimenpiteen vaikutus vähenee ajan kuluessa. Esim. teknisillä laitteilla hyötysuhteet pienenevät ikääntymisen tai huollon puutteen takia. Oheistuksessa on huomioitu, että tiettyjen toimien osalta nykyiset laskentamallit johtava ylisuuriin säästöarvioihin. EU tasolla pyritään ajan myötä harmonisoituihin säästöjen laskentaperiaatteisiin, jolloin myös alenemat huomioidaan.

Ohjeistuksen laskentamallit olivat pääosin karkean tason yksinkertaistettuja kaavoja. Esimerkkien joukkoon mahtui myös kummallisuus muiden joukossa: lämpöhäviölaskelma putkiston lisäeristämisestä. Esimerkin oletuksena oli, että putken lämpöhäviö tuuletettiin ulos. Näinhän ei suurimmissa tapauksissa ole, vaan putkisto sijaitsee rakennuksen sisällä joko rakenteissa tai pinta-asennuksina. Näin ollen putkiston lämpöhäviöt jäävät lämmittämään rakennusta.

Laskentakaavaa varten olisi myös lähtötietona tarvittu tietoa putkien pintalämpötiloista ennen muutosta ja sen jälkeen, jotta arvio voitaisiin suorittaa. Näin ollen muutoksen tekeminen ja säästölaskelma pitäisi tehdä käytännössä samanaikaisesti. Muutos voisi tulla kyseeseen esimerkiksi vanhojen asbestieristeiden korvaamisen yhteydessä, mutta kyseistä hanketta tuskin tehdään pelkästään energiansäästön takia.

9 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin varhaistettujen energiansäästötoimien vaikutusta Vantaan kaupungin kohteissa vuosina 1995–2007. Tarkastelu tehtiin energiantehokkuussopimuksiin liittyneitä tahoja varten laaditun ohjeistuksen mallien mukaisesti. Työssä toteutettiin ohjeistuksen esimerkkien pohjalta vastaavat sähköiset kaavat Excel-ohjelmalla. Työn tuloksena luotuna malleja ja raporttipohjia käytettiin osana laajempaa projektia, jossa kaikki mainitun ajankohdan kohteet analysoitiin.

Työssä suurimpina haasteina olivat tarvittavan materiaalin kerääminen ja analysoiminen sekä laskennan lähtötietojen koostaminen. Varsinainen laskentatyö oli sinänsä melko yksinkertaista.

Kohteiden peruskorjausten tarkastelu tehtiin pelkästään Vantaan kaupungin toimittamien asiakirjojen perusteella. Säästövaikutuksia kohteissa oli todennäköisesti paljon enemmän kuin materiaalin perusteella voitiin laskea. Hyvin monen kohteen osalta jäätii kaipaamaan jotain laskennan lähtötietoa, joka olisi saattanut selvittää esimerkiksi kohteessa käymällä.

Vantaan kaupunki raportoi varhennettujen säästötoimenpiteiden vaikutuksia energiatehokkuussopimuksen mukaisesti tämän opinnäytetyön tulosten pohjalta.

Työn tuloksia voitaneen soveltaa myös muiden sopimusjärjestelmään liittyneiden tahojen toimenpiteiden arvioinnissa.

Lähteet

- 1 EU:n ilmasto ja energiapaketti. 2009. Verkkodokumentti. Valtion ympäristöhallinto. <www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi>. Päivitetty 8.5.2009. Luettu 17.2.2011.
- 2 Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista 2006/32/EY. 2006. Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto.
- 3 Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa. Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä. 2009. Työ- ja elinkeinoministeriö, Motiva ja ins. tsto Granlund.
- 4 Rakentajain kalenteri. 1967–1977. Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 Ruusuvuoren koulu kaukolämmön kulutusraportti. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <www.vantaanenergia.fi/fi/Kaukolampo/LämpöNetti -kaukolämmön_kulutustiedot/Sivut/default.aspx>. Luettu 18.10.2010.
- 6 Kaukolämmön lämmityskausi syyskuu 2004-toukokuu 2005. Lehdistötiedote. 2005. Energiateollisuus ry. Verkkodokumentti. <www.energia.fi/fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/2005/kaukolammonlammityskausisyyskuu2004-toukokuu2005.html>. Päivitetty 2.6.2005. Luettu 12.2.2011.
- 7 Vertailupaikkakunnat, korjauskertoimet ja normaalivuoden 1971–2000 lämmitystarveluvut. Motiva Oy. Verkkodokumentti. <www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/vertailupaikkakunnat_korjauskertoimet_ja_lammitystarveluvut>. Päivitetty 12.1.2011. Luettu 12.2.2011.

- 8 Reinikainen, Erja. Koulujen energiankäyttö ja sen tehostamismahdollisuudet. 2009. Olof Granlund Oy.
- 9 Energiankulutus. Kulutusjakauma. Valtion ympäristöhallinto. Verkkodokumentti. <www.korjaustieto.fi/taloyhtiot/energiakorjaukset/energiankulutus-asuinkerrostalossa/kuinka-energiankulutus-jakautuu-asuinkerrostalossa.html>. Luettu 10.2.2011.
- 10 Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. 2001. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.
- 11 Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. 2004. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 12 2003. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa, moniste I22. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 13 Pumppu- ja puhallinkäytön energiansäästöläskin. Verkkodokumentti. Vacon Oyj. <www.vacon.fi/Default.aspx?id=461923>. Luettu 14.1.2011.
- 14 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 15 Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Päivitetty 7.12.2010. Luettu 12.2.2011.

Liite 1. Laskentakaavat [3]

1. Prosenttimuutoskaavat

Laskentakaava 1.1 Kattilahyötysuhteen parantaminen säätötoimin

Mitattu kulutus	1000	MWh/a
Hyötysuhde	85	%
Nettoenergia	850,0	MWh/a
Uusi hyötysuhde	92	%
Uusi brutto	923,9	MWh/a
Säästö	76,1	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0 MWh/a	76 MWh/a	0 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

$$\text{Säästö (MWh/a)} = \text{bruttokulutus ennen} - (\text{nettokulutus} / (\text{uusi hyötysuhde} / 100))$$

Laskentakaava 1.2 Höyrykattila korvataan sähköisellä höyrykehittimellä

Mitattu kulutus	1000	MWh/a
Hyötysuhde	85	%
Nettoenergia	850	MWh/a
Nettoenergian tarve säilyy, häviöt poistuvat		
Säästö	150	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0 MWh/a	150 MWh/a	0 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

$$\text{Säästö (MWh/a)} = (\text{hyötysuhde} / 100 \times \text{mitattu kulutus ennen})$$

Laskentakaava 1.3 Sähkömoottorin uusiminen tehokkaammaksi

Hyötysuhde ennen	0,8
Hyötysuhde uusi	0,9
Moottorin ottama teho	5,5 kW
Käyttötunnit vuodessa	8760 h
Säästö	5,4 MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0 MWh/a	5 MWh/a	0 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

$$\text{Säästö (MWh/a)} = (\text{ottoteho} - (\text{ottoteho} \times \text{vanha hyötysuhde}) / \text{uusi hyötysuhde}) \times \text{käyntiaika} / 1000$$

2. Teho x aika -kaavat

Laskentakaava 2.1 Valaistuksen käyttöajan muutos

Valaistusteho	8	kW
Käyttöaika ennen	15	h/vrk
Uusi käyttöaika	10	h/vrk
Työpäiviä	250	vrk/a
Säästö	10,0	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0 MWh/a	0 MWh/a	10 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

Säästö (MWh/a) = valaistuksen ottama teho x (päivittäinen käyttöaika ennen – käyttöaika jälkeen) x työpäivien lukumäärä

Laskentakaava 2.2 Valaistustehon muutos

Teho ennen	5	kW
Uusi teho	2	kW
Käyttöaika	10	h/vrk
Työpäiviä	250	vrk/a
Säästö	7,5	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0 MWh/a	0 MWh/a	7,5 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

Säästö (MWh/a) = (valaistuksen ottama teho ennen – teho jälkeen) x päivittäinen käyttöaika x työpäivien lukumäärä

3. Ilmanvaihtokaavat

Laskentakaava 3.1 Ilmanvaihdon lämpötila-asetusten muutos

Ilman tiheys	1,2	kg/m ³
Ilman ominaislämpökapasiteetti	1	kJ/kgK

Ilmavirta	3	m ³ /s	
Tuloilman lämpötila	22	C	
Uusi lämpötila	18	C	
Ulkolämpötila	0		lämmityskauden keskiarvo
Lämmityskausi	210	vrk	(7kk, 30 vrk/kk) /1/
Käyntiaika	10	h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7		(5/7 vrk viikossa)
Kulutus ennen	116,4	MWh/a	
Kulutus jälkeen	95,3	MWh/a	
Säästö	21,2	MWh/a	

Raportoitava säästö:

Lämpö

21 MWh/a

Polttoaineet

0 MWh/a

Sähkö

0 MWh/a

Investointi:

ES

Toimenpidetyyppi:

MI

YM

Säästö (MWh/a)

Kulutus ennen (MWh/a) = ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x (sispuh lämpötila – ulkolämpötila) x lämmityskausi x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde / 1000

Kulutus jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla

Säästö = kulutus ennen – kulutus jälkeen

Laskentakaava 3.2 Ilmanvaihdon käyntiaikamuutos

Ilman tiheys	1,2	kg/m ³
Ilman ominaislämpökapasiteetti	1	kJ/kgK

Lämpö			
Ilmavirta	3,0	m ³ /s	
Tuloilman lämpötila	20	°C	
Ulkolämpötila	0	°C	lämmityskauden keskiarvo (7kk, 30 vrk/kk) /1/
Lämmityskausi	210	vrk	
Käyntiaika ennen	18	h/vrk	
Uusi käyntiaika	10	h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7		(5/7 pv viikossa)
Kulutus jälkeen	194,4	MWh/a	
Kulutus ennen	108,0	MWh/a	
Säästö	86,4	MWh/a	

Sähkö			
tuloilman paineenkorotus	800	Pa	
tuloilman hyötysuhde	0,40	oletettu	
tuloilman moottoriteho	6	kW	
poistoilman paineenkorotus	400	Pa	
poistoilman hyötysuhde	0,40	oletettu	
poistoilmakone moottori	3,0	kW	
puhallinteho yhteensä	9,0	kW	
käyntiaikaero	8	h/vrk	
säästö	18,8	MWh/a	kulutus lisääntyy

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	86 MWh/a	0 MWh/a	19 MWh/a
Investointi:			
	euroa		
Toimenpidetyyppi:			
	ES	MI	YM

Säästön laskentakaava:

Lämpö

Lämpöenergian kulutus ennen (MWh/a) = ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x (tuloilman lämpötila - ulkolämpötila) x käyntiaikasuhde x lämmityskausi / 1000

Kulutus jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla.

Säästö = kulutus ennen - kulutus jälkeen

Sähkö

Puhallinmoottorien teho (kW) = (ilmavirta m³/s x paineenkorotus Pa) / (puhallinhyötysuhde x 1000)

Sähköenergian säästö (MWh/a) = tulo- ja poisto puhallinmoottorien teho kW x käyntiaikalohennemä h/vrk x käyntiaikasuhde x 365 vrk/a

Laskentakaava 3.3 Lämmön talteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään

Ilman tiheys	1,2	kg/m ³
Ilman ominaislämpökapasiteetti	1,0	kJ/kgK

Lämpö

Ilmavirta	3,0	m ³ /s	
Tuloilman lämpötila	22	C	
Ulkolämpötila	0	C	lämmityskauden keskiarvo
Lämmityskausi	210	vrk	(7kk, 30 vrk/kk) /1/
Iv-käyntiaika	10	h/vrk	
Käyntiaikasuhde	0,7		(5/7 pv viikossa)
LTO hyötysuhde	50 %		oletettu vuosihyötysuhde
Säästö	58,212	MWh/a	

Sähkö

Tuloilman paineenkorotus	600	Pa	
Tuloilman hyötysuhde	0,4		
Tuloilman moottoriteho	4,5	kW	
Poistoilman paineenkorotus	400	Pa	
Poistoilman hyötysuhde	0,35		
Poistoilmakone moottori	3,4	kW	
Puhallinteho yhteensä	7,9	kW	
Teholisäyskerroin	1,25		
Puhallinteon jälkeen	9,9	kW	
Säästö	-5,1	MWh/a	kulutus lisääntyy

Raportoitava säästö:

Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
58 MWh/a	0 MWh/a	-5 MWh/a

Investointi:

Toimenpidetyyppi:

ES	MI	YM
----	----	----

Säästön laskentakaava:

Kulutus ennen (MWh/a) = ilmavirta x ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x (sispuh lämpötila - ulkolämpötila) x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde x lämmityskausi x lämmön talteenoton vuosihyötysuhde / 1000

Puhallinmoottorien teho (kW) = (ilmavirta m³/s x paineenkorotus Pa) / (puhallinhyötysuhde x 1000), Teholisäys lämmön talteenotosta 25 %

Sähköenergian kulutuksen lisäys (MWh/a) = tulo- ja poisto puhallinmoottorien teholisäys kW x käyntiaika h/vrk x käyntiaikasuhde x 365 vrk/a

4. Lämpöhäviökaavat

Laskentakaava 4.1 Verkostohäviöiden pienentäminen / putkiston lisäeristys

Putken pintalämpötila			
- ennen	40,0	°C	
- jälkeen	25,0	°C	
Huonelämpötila	20,0	°C	
Lämpötilaero			
- ennen	20,0		
- jälkeen	5,0		
Alfa (lämmönsiirtokerroin)	10,0	W/m ² K	pinnasta ilmaan
Putkihalkaisija	0,150	m	
Putkipituus	200	m	
Putken vaipan pinta-ala	94,2	m ²	
Häviöt ennen	165,1	MWh/a	
Häviöt jälkeen	41,3	MWh/a	
Säästö	123,8	MWh/a	

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	124 MWh/a	0 MWh/a	124 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

Säästön laskentakaava:

Häviöt putkesta ennen (MWh/a) = lämmönsiirtymiskerroin x putken pinta-ala x lämpötilaero pinnasta ilmaan x käyttöaika tunneissa / 1000000

Häviöt jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla

Säästö = häviöt ennen - häviöt jälkeen

5. Johtumishäviökaavat

Laskentakaava 5.1 Ikkunoiden uusiminen

Laskennan lähtötiedot:

U-arvo ennen	2,8	W/m2K	kulutus ennen	155,23	MWh/a
U-arvo uusi	1,2	W/m2K	kulutus jälkeen	66,53	MWh/a
Rakenteen pinta-ala	500	m ²			
Lämmityskauden ka	0	°C			
Lämmityskausi	210	vrk	(7kk, 30 vrk/kk) /1/		
Sisälämpötila	22	°C			
Säästö	88,7	MWh/a			

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	89 MWh/a	0 MWh/a	0 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

Säästön laskentakaava:

Kulutus ennen (MWh/a) = U-arvo ennen x pinta-ala x (sisälämpötila - ulkolämpötila) x lämmityskausi / 1000000

Kulutus jälkeen lasketaan vastaavalla tavalla. Säästö = kulutus ennen - kulutus jälkeen

6. Ilmavuotolaskentakaava

Laskentakaava 6.1 Ikkunoiden tiivistäminen

Ilman tiheys	1,2	kg/m ³			
Ilman ominaislämpökapasiteetti	1	kJ/kgK			
Rakennuksen tilavuus	20000	m ³			
Lämmityskauden ulkolämpötilan keskiarvo	0	°C			
Lämmityskausi	210	vrk	(7kk, 30 vrk/kk) /1/		
Sisälämpötila	22	°C			
Ilmanvuotokerroin ennen muutosta	0,4	1/h	ilmamäärä ennen	2,22	m ³ /s
Ilmanvuotokerroin muutoksen jälkeen	0,2	1/h	ilmamäärä jälkeen	1,11	m ³ /s
Säästö	147,8	MWh/a			

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	148 MWh/a	0 MWh/a	0 MWh/a
Investointi:	euroa		
Toimenpidetyyppi:	ES	MI	YM

Säästön laskentakaava:

Säästö (MWh/a) = rakennustilavuus x ilmavuotokertoimen muutos x lämpötilaero x lämmityskauden pituus * ilman tiheys x ominaislämpökapasiteetti / 1000

7. Pysyvyyskäyräkaava

Laskentakaava 7.1 Sulatuslämmitysten asetusarvomuutos

Sulatuslämmitysteho	6	kW	
Paikkakunta	Helsinki		
Lämpötila-alue ennen	+5...-10	C	
Käyttötunnit ennen	4200	h	(pysyvyyskäyrästä)
Lämpötila-alue uusi	+3...-3	C	
Käyttötunnit jälkeen	2450	h	(pysyvyyskäyrästä)
Säästö	10,5	MWh/a	

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0	0	11
Investointi:	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Toimenpidetyyppi:	euroa	MI	YM
	ES		

Säästön laskentakaava:

$$\text{Säästö (MWh/a)} = \text{sulatuslämmitysteho kW} \times (\text{käyttötunnit ennen} - \text{käyttötunnit jälkeen}) / 1000$$

8. Kulutusjakaumaosuuden muutos -kaava

Laskentakaava 8.1 Lämmitysverkoston perussäästö

Arvioitu tilalämmityksen osuus kulutuksesta	100	MWh/a
Kulutus vähenee säästökertoimella	7%	
Säästö	7,0	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	7	0	0
Investointi:	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Toimenpidetyyppi:	euroa	MI	YM
	ES		

Säästön laskentakaava:

$$\text{Säästö (MWh/a)} = \text{kulutusjakaumaosuus} \times \text{kulutuksen arvioitu vähenemä (\%)}$$

9. Yleiseen nyrkkisääntöön perustuvat tarkastelut

Laskentakaava 9.1 Paineilmaverkoston verkostopaineen alentaminen

Sähköenergian kulutus	120	MWh/a
Kulutuksen alenema	7 %	per 1 bar
Paine ennen	7,0	bar
Paine jälkeen	6,3	bar
Kulutus jälkeen	114,12	MWh/a
Säästö	6	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0	0	6
	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Investointi:			
Toimenpidetyyppi:			
	ES	MI	YM

Kaava :

Kulutus muutoksen jälkeen (MWh/a) = paineilmajärjestelmän sähköenergian kulutus ennen MWh/a x prosenttisäästö x paineen muutos bar

Säästö = kulutus ennen - kulutus jälkeen

Laskentakaava 9.2 Taajuusmuuttajakäytön lisääminen moottorikäyttöön

Pumpun teho	7,5	kW
Ohjaustapasäästö	0,2	
Käyttöaika	8760	h/a
Säästö	13,1	MWh/a

Raportoitava säästö:	Lämpö	Polttoaineet	Sähkö
	0	0	13
	MWh/a	MWh/a	MWh/a
Investointi:			
Toimenpidetyyppi:			
	ES	MI	YM

Kaava :

Säästö (MWh/a) = teho x säästöprosentti x vuotuinen käyttöaika / 1000

Liite 2. Yhdistelmäraportti ja kulutustiedot

Varhennettujen energiansäästötoimenpiteiden laskenta / Vantaan kaupunki						Raportoitava säästö			Kulutus ennen peruskorjausta (ka)			Rak. tilavuus	Kerros ala
						Lämpö	Poltto aineet	Sähkö	Lämpö	Poltto aineet	Sähkö		
Nro	Rak. Käyttö tarkoitus	Perus korjauksen valmistumis vuosi	Kohde	Lisä tieto	Vastuu henkilö	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	m3	m2
1	Koulu	2005	Ruusuvuoren koulu		TK	498	0	-9	1217		331	23050	5325
2	Koulu	2004	Vierumäen koulu		TK	529	0	-33			242	15560	4390
3	Pvk	2006	Jönsaksen päiväkot		TK	43	0	-2	196			2460	760
7	Koulu	2007	Rekolan koulu		TK	242	0	1	828		211	17765	4892
9	Koulu	2005	Simonkylän koulu		TK	563	0	-41	1469		513	25415	7084
15	Muu	2002	Myyrmäen urheilutalo		TK	798	0	-71	3760			34350	5711
18	Koulu	2005	Hämeenkyllän koulu		TK	367	0	0	1252		482	30288	7944

Kohde	Littera	Toimenpide	Säästö MWh/a			Toimenpiteen elinaika a	Säästö toimenpiteen elinaikana yht. MWh
			Lämpö	Polttoaineet	Sähkö		
Ruusuvuoren koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	10	110
Ruusuvuoren koulu	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	38	0	0	10	384
Ruusuvuoren koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	233	0	-28	20	4091
Ruusuvuoren koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmön-eristäminen	0,3	0	0	25	8
Ruusuvuoren koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmön-eristäminen	3	0	0	25	75
Ruusuvuoren koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	70	0	0	5	351
Ruusuvuoren koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	142	0	0	30	4251
Vierumäen koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	85	0	-42	20	856
Vierumäen koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmön-eristäminen	95	0	0	25	2371
Vierumäen koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmön-eristäminen	221	0	0	25	5532
Vierumäen koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	52	0	0	5	261
Vierumäen koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	76	0	0	30	2278
Jönsaksen päiväkoti	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	5	0	0	15	82
Jönsaksen päiväkoti	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	30	0	-4	20	507
Jönsaksen päiväkoti	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	8	0	0	5	41
Rekolan koulu	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	52	0	0	10	525
Rekolan koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	111	0	-15	20	1926
Rekolan koulu	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	19	0	0	15	284
Rekolan koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	60	0	0	5	298

Kohde	Littera	Toimenpide	Säästö MWh/a			Toimenpiteen elinaika a	Säästö toimenpiteen elinaikana yht. MWh
			Lämpö	Polttoaineet	Sähkö		
Simonkylän koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	12	0	0	10	118
Simonkylän koulu	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	41	0	0	10	411
Simonkylän koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	241	0	-41	20	4015
Simonkylän koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmön-eristäminen	1,7	0	0	25	43
Simonkylän koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmön-eristäminen	7,8	0	0	25	196
Simonkylän koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	85	0	0	5	427
Simonkylän koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	30	5058
Simonkylän koulu	6.10.	Ovien uusiminen	5	0	0	30	145
Myyrmäen urheilutalo	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	42	0	0	10	418
Myyrmäen urheilutalo	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	73	0	0	10	731
Myyrmäen urheilutalo	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	620	0	-71	20	10978
Myyrmäen urheilutalo	6.2.	Yläpohjan lisälämmön-eristäminen	24	0	0	25	593
Myyrmäen urheilutalo	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	39	0	0	30	1181
Hämeenkyllän koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	11	0	0	10	113
Hämeenkyllän koulu	1B.1	Lämmitysverkon perussäätö	39	0	0	10	395
Hämeenkyllän koulu	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	40	0	0	15	598
Hämeenkyllän koulu	6.2.	Yläpohjan lisälämmön-eristäminen	1,4	0	0	25	36
Hämeenkyllän koulu	6.3.	Alapohjan lisälämmön-eristäminen	1,8	0	0	25	46
Hämeenkyllän koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	102	0	0	5	509
Hämeenkyllän koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	169	0	0	30	5059
Hämeenkyllän koulu	6.9.	Kattoikkunoiden uusiminen	3	0	0	30	90

Liite 2. Vantaan Energian "LämpöNetti" raporttien mukaiset kulutustiedot: Kaukolämpö

	Vuosi	Laskutettu käyttö MWh	Sääkorjattu käyttö MWh	Sääkorjattu ominaiskulutus kWh/m3	Sääkorjattu tyyppikäyttäjän ominaiskulutus kWh/m3	Kulutus ennen peruskorjausta (ka) MWh/a	Huom.
Ruusuvuori							
	2009	1367,7	1383,9	60,04	42,8		
	2008	1104,4	1281,5	55,6	43,5		
	2007	1394,7	1499,4	65,05	40,4		
	2006	1735,9	1846,8	80,13	52,3		
Peruskorjaus	2005	1363,5	1464,7	63,55	53,6		
	2004	990,7	1013,4	43,97	52,5	1217	
	2003	1382,7	1448,7	62,85	56,2		
	2002	1278	1352,9	58,7	52,4		
Vierumäen koulu	Ei tietoja						
	2009						
	2008						
	2007						
	2006						
	2005						
Peruskorjaus	2004						
	2003						
	2002						

Liite 2. Vantaan Energian "LämpöNetti" raporttien mukaiset kulutustiedot: Kaukolämpö

	Vuosi	Laskutettu käyttö	Sääkorjattu käyttö	Sääkorjattu ominaiskulutus	Sääkorjattu tyyppikäyttäjän ominaiskulutus	Kulutus ennen peruskorjausta (ka)	Huom.
		MWh	MWh	kWh/m3	kWh/m3	MWh/a	
Jönsaksen päiväkot							
	2009	149,3	150,9	61,37	41,5		
	2008	133,4	151,2	61,5	40,4		
	2007	169,6	179,7	73,08	38,9		
Peruskorjaus	2006	92,4	108,7	44,21	49,8		
	2005	171	185,6	75,48	52,2	196	
	2004	213,5	223,6	90,93	51,5		
	2003	223,9	236	95,93	55,6		
	2002	176,2	186,1	75,66	52,5		
Rekolan koulu							
	2009	837,8	831,8	46,83	47,2		
	2008	752,9	861,9	48,52	47,4		
Peruskorjaus	2007	794,7	854,8	48,12	45,7		
	2006	750,3	758,3	42,69	38,9	829	
	2005	795,4	872,6	49,12	48,6		
	2004	872,8	917,2	51,63	60		
	2003	877,7	912,9	51,39	61,4		
	2002	846,3	881,8	49,64	58,6		

Liite 2. Vantaan Energian "LämpöNetti" raporttien mukaiset kulutustiedot: Kaukolämpö

	Vuosi	Laskutettu käyttö MWh	Sääkorjattu käyttö MWh	Sääkorjattu ominaiskulutus kWh/m3	Sääkorjattu tyyppikäyttäjän ominaiskulutus kWh/m3	Kulutus ennen peruskorjausta (ka) MWh/a	Huom.
Simonkylän koulu							
	2009	2175,3	2197,4	86,46	22,5		
	2008	1900,3	2140,7	84,23	22,8		
	2007	1998,7	2138,6	84,15	20,4		
	2006	2239,9	2338,4	92,01	26,7		
Peruskorjaus	2005	2208,9	2362,6	92,96	28,9		
	2004	1636,7	1710,2	67,29	28,1	1469	
	2003	1396,9	1457,8	57,36	36,6		
	2002	1374,4	1430,8	56,3	38,1		

Liite 2. Vantaan Energian "LämpöNetti" raporttien mukaiset kulutustiedot: Kaukolämpö

	Vuosi	Laskutettu käyttö	Sääkorjattu käyttö	Sääkorjattu ominaiskulutus	Sääkorjattu tyyppikäyttäjän ominaiskulutus	Kulutus ennen peruskorjausta (ka)	Huom.
		MWh	MWh	kWh/m3	kWh/m3	MWh/a	
Myyrmäen urheilutalo							
	2009	3403,5	3421	99.59	21,5	3349	
	2008	2892,1	3143,3	91.51	21,5		
	2007	2987,8	3131,2	91.16	20		
	2006	3523,9	3530,8	102.79	24,8		
	2005	3755	3879,5	112.94	25,9		
	2004	3560	3633,1	105.77	26,8		
	2003	3317,2	3469,8	101.01	29,6		
Peruskorjaus	2002	1382,2	1249,3	36.37	26		
	1993	3485	3659			3759,67	Energiakatselmus
	1992	3714	4159				-""-
	1991	4080	4426				-""-
Hämeenkylässä koulu							
	2009	1412,1	1425,1	48,75	41,4		
	2008	1191,2	1331,7	45,56	42,6		
	2007	1257,2	1347,7	46,11	39,2		
	2006	1682,1	1673,5	57,26	49,9		
Peruskorjaus	2005	1931,9	2055,5	70,32	53,1		
	2004	1396,5	1448	49,54	53,2	1252	
	2003	1056,1	1122,8	38,42	54,7		
	2002	1302,8	1344,4	46	52,2		

	Vuosi	MWh/a	MWh/a ennen perus- korjausta (ka)	Käyttö paikka	Käyttö paikka	
Ruusuvuori						
	2010	525,857				
	2009	574,15				
	2008	535,47				
	2007	584,43				
	2006	634,81				
Peruskorjaus	2005	495,6				
	2004	351,21	493,87			
	2003	353,69				
	2002	289,96				
Vierumäen koulu				622510	177869	
	2010	391,79		391,64	0,15	
	2009	383,37		367,09	16,28	
	2008	442,63		423,4	19,23	
	2007	449,41		431,5	17,91	
	2006	449,44		432,54	16,9	
	2005	369,94		351,51	18,43	
Peruskorjaus	2004	98,53			98,53	
	2003	228,17	163,35		228,17	
	2002	256,77			256,77	
Jönsaksen päiväkoti						
	2010	57,149				
	2009					
	2008					
	2007					
	2006					
Peruskorjaus	2005					
	2004					
	2003					
	2002					

	Vuosi	MWh/a	MWh/a ennen perus- korjausta (ka)	Käyttö paikka	Käyttö paikka	
Rekolan koulu						
	2009	293,04				
	2008	291,10				
Peruskorjaus	2007	337,90				
	2006	226,60	287,16			
	2005	201,33				
	2004	213,76				
	2003	209,00				
	2002	206,14				
Simonkylän koulu						
	2010	597,03				
	2009	707,05				
	2008	751,93				
	2007	725,62				
	2006	775,68				
Peruskorjaus	2005	881,50				
	2004	784,08	813,75			
	2003	440,38				
Myyrmäen urheilutalo						
	2010	1609,913				
	2009	1552,751				
	2008	1636,123				
	2007	1528,849				
	2006	1576,018				
	2005	1684,539				
	2004	1555,482				
	2003	1544,201				
Peruskorjaus	2002	388,617				
	2001					

	Vuosi	MWh/a	MWh/a ennen perus- korjausta (ka)	Käyttö paikka	Käyttö paikka	
Hämeenkylässä koulu						
	2010	607,84				
	2009	650,15				
	2008	687,11				
	2007	758,70				
	2006	798,89				
Peruskorjaus	2005	833,78				
	2004	754,07	795,58			
	2003	407,34				
	2002	284,24				
	2001	0,00				

	Vuosi	m3
Ruusuvuori		
	2010	2204
	2009	2355
	2008	12953
	2007	15040
	2006	15040
Peruskorjaus	2005	15040
	2004	3420
	2003	3870
	2002	0
	2001	0
	2000	0
Vierumäen koulu	Ei tietoja	
	2010	0
	2009	0
	2008	0
	2007	0
	2006	0
	2005	0
Peruskorjaus	2004	0
	2003	0
	2002	0
	2001	0
	2000	0
Jönsaksen päiväkoti		
	2010	697
	2009	675
	2008	8426
Peruskorjaus	2007	19117
	2006	19117
	2005	19117
	2004	1322
	2003	1272
	2002	0
	2001	0
	2000	0
Rekolan koulu		
	2010	1044
	2009	1032
	2008	1343
Peruskorjaus	2007	1228
	2006	1421
	2005	4005
	2004	2268
	2003	2458
	2002	0
	2001	0
	2000	0

	Vuosi	m3
Simonkylän koulu		
	2010	0
	2009	0
	2008	0
	2007	498
	2006	2650
Peruskorjaus	2005	70255
	2004	71256
	2003	71256
	2002	0
	2001	0
	2000	0
Myyrmäen urheilutalo		
	2010	23376
	2009	13528
	2008	5180
	2007	5166
	2006	5166
	2005	5166
	2004	8340
	2003	4028
Peruskorjaus	2002	0
	2001	0
	2000	0
Hämeenkylässä koulu		
	2010	2619
	2009	2523
	2008	2661
	2007	2776
	2006	2497
Peruskorjaus	2005	49188
	2004	3627
	2003	4454
	2002	0
	2001	0
	2000	0


**VANTAAN KAUPUNKI
VANDA STAD**
VARHENNETUT ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET 1991 (1995)-2007 - RUUSUVUOREN KOULU

LITTEA NRO	SÄÄSTÖTOIMENPIDE	TOTEUTUS VAIHE	TOIMENPITEEN TOTEUTUS	LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT	LASKENTAPERIAAT	SÄÄSTÖN ELINIKÄ VUOTTA a	RAPORTOITAVA SÄÄSTÖ			SÄÄSTÖ ELINAIKANA YHTEENSÄ			INVESTOINTI		TOTEUTTU KOhteessa	LASKETAAN
							LÄMPÖ MWh/a	POLTTO- AINEET MWh/a	SÄHKÖ MWh/a	LÄMPÖ MWh	POLTTO- AINEET MWh	SÄHKÖ MWh	AIKA EUROA	EUROA		
1A. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ: SAATOLAITTEIDEN UUSIMISEEN / LISÄÄMISEEN LIITTYVIÄ TOIMENPITEITÄ																
1A.1.	Hyötysuhteen muuttaminen uusimalla poltin	1991 - 2007	Polttimen uusiminen	Kulutusarvio, häviöprosentin muutos	Hyötysuhde-muutos	25				0	0	0			EI	EI
1A.2.	Öljyalaadun muutos, säiliölämmitysten lopetus	1991 - 2007	Kevyempään öljyalaatuun siirtyminen	Säiliölämmityksen kulutusosuus, säästö osuudesta	Kulutusjakauma-muutos	25				0	0	0			EI	EI
1A.3.	Lämmityksen säädön parantaminen	1991 - 2007	Säätölaitteiden uusiminen, vikojen korjaaminen	Lämmityksen kulutusosuus, säästö siitä	Kulutusjakauma-muutos	5				0	0	0			EI	EI
1A.4.	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	1991 - 2007	Patteriventtiilien uusiminen, leikkaa yllämpötilat	Tilalämmityksen kulutusosuus, säästö osuudesta	Kulutusjakauma-muutos	10	11	0	0	110	0	0			KYLLÄ	KYLLÄ
1A.5.	Varaajien poistaminen, häviöt pois	1991 - 2007	Käyttövesivaraajasäiliöiden purku	Pintalämpötila, säiliön vaipan ala, huonelämpötila	Lämpöhäviö-laskenta	15				0	0	0			EI	EI
1B. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIikkaa LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																
1B.1.	Lämmitysverkoston perussäätö	1991 - 2007	Sisälämpötilan yhdenmukaistaminen	Lämmityksen kulutusosuus, säästö siitä	Kulutusjakauma-muutos	10	38	0	0	380	0	0			KYLLÄ	KYLLÄ
1B.2.	Verkostohäviöiden pienentäminen / lisäeristys	1991 - 2007	Putkistojen eristystason parantaminen	Putkiston pintalämpötilan arvioitus muutos	Häviölaskelma	20				0	0	0			EI	EI
1B.3.	Kattiloiden eristystason parantaminen, lisäeristys	1991 - 2007	Kattilan eristyksen lisääminen tai uusiminen	Koko kulutus, arvio häviöprosentin muutoksesta	Prosenttimuutos	10				0	0	0			EI	EI
2A. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ: SAATOLAITTEIDEN UUSIMISEEN / LISÄÄMISEEN LIITTYVIÄ TOIMENPITEITÄ																
2A.1.	Taajuusmuuttajakäytön + ohjauksen lisääminen	1991 - 2007	Käytetään ilmanvaihdon osatehoa aika- ja käyntiaika	Järjestelmä, ilmavirta, lämpötila, käyntiaika	Laitetoimittajan laskentaohjelma	10				0	0	0			KYLLÄ	EI
2B. ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIikkaa LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																
2B.1.	Ilmanvaihdon palvelualuemuutos	1991 - 2007	Lisätty uusi iv-kone tai muutetaan kanavajärjestelyä	Järjestelmä, ilmavirta, lämpötila, käyntiaika	IV-laskenta	10				0	0	0			EI	EI
2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	1991 - 2007	Lisätään LTO-laitteisto olemassa olevaan	Järjestelmä, ilmavirta, lämpötila, käyntiaika	IV-laskenta	20	233	0	-28	4660	0	-560			KYLLÄ	KYLLÄ
2B.3.	Poistoilmalämpöpumpun lisääminen	1991 - 2007	Lisätään lämpöpumppu lämmöntalteenotoksi	Järjestelmä, ilmavirta, lämpötila, käyntiaika	Prosenttimuutos	10				0	0	0			EI	EI
2B.4.	Alipainepellit poistokanaviin	1991 - 2007	Estetään hallitsematon ilmanvaihto käyttäjän	Ilmavuotokertoimen muutos, lämpötila, aika	Ilmavuotolaskenta	10				0	0	0			EI	EI
3A. KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ: SAATOLAITTEIDEN UUSIMISEEN / LISÄÄMISEEN LIITTYVIÄ TOIMENPITEITÄ																
3A.1.	Verkoston painetason alentaminen	1991 - 2007	Paineenalennusventtiili kylmävesisyöttöön	Kulutus, paineriippuva osuus, sen muutos	Kulutusjakauma-muutos	5				0	0	0			EI	EI
3A.2.	Kalustevirtaamien rajoitus	1991 - 2007	Kalustekohtainen poresuutin tai vivun rajoitus	Kulutusosuus, säästö	Kulutusjakauma-muutos	5				0	0	0			EI	EI
3B. KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIikkaa LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																
3B.1.	Vesikalusteiden uusiminen	1991 - 2007	Uudet kalusteet eniten kuluttaviin käyttöpisteisiin	Kulutusosuus, säästö	Kulutusjakauma-muutos	15				0	0	0			KYLLÄ	EI
3B.2.	Juomavesiautomaatin hankinta	1991 - 2007	Veden turha juoksumus pitkistä linjasta loppunut	Vesimäärä / automaatin veden + sähkön kulutus	Virtaamalaskenta	5				0	0	0			EI	EI
3B.3.	Käyttöveden lämmitys kesäaikana sähköllä	1991 - 2007	Kattilalaitoksen kesäajan käytön lopetus	Kesäajan kulutusosuus, sen muutos	Kulutusjakauma-muutos	15				0	0	0			EI	EI
3B.4.	Säiliöiden eristys	1991 - 2007	Säiliöeristystä parannetaan	Pintalämpötila, säiliön vaipan ala, huonelämpötila	Häviölaskelma	15				0	0	0			EI	EI
4A. SÄHKÖ: SAATOLAITTEIDEN UUSIMISEEN / LISÄÄMISEEN LIITTYVIÄ TOIMENPITEITÄ																
4A.1.	Valaistuksen ohjausmuutos, ryhmittely	1991 - 2007	Ryhmittely käsiohjausta tai päivänvalo-ohjausta varten	Tehomuutos, käyttöaikamuutos	Teho x aika	10				0	0	0			EI	EI
4A.2.	Valaistus liiketunnistinohjaukselle	1991 - 2007	Liiketunnistimen asennus tilan valaistusta ohjaamaan	Teho, käyttöaikamuutos	Teho x aika	10				0	0	0			EI	EI
4A.3.	Valaistuksen päivänvalo-ohjaus	1991 - 2007	Päivänvalo-ohjaus tilaan tai tilaryhmään	Teho, käyttöaikamuutos	Teho x aika	10				0	0	0			EI	EI
4A.4.	Valolähteen- / lamputyypin muutos	1991 - 2007	Pienloistelamput, suurpaine-natriumlamput yms. muutokset	Tehomuutos, käyttöaika	Teho x aika	5				0	0	0			EI	EI
4A.5.	Taajuusmuuttajakäytön + ohjauksen lisääminen	1991 - 2007	Käytetään moottorin osatehoa aika- tai tarveohjattuna	Moottorin teho, hyötysuhde, käyntiaika	Laitetoimittajan laskentaohjelma	10				0	0	0			EI	EI


VARHENNETUT ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEET 1991 (1995)-2007 - RUUSUVUOREN KOULU

LITTEA NRO	SÄÄSTÖTOIMENPIDE	TOTEUTUS VAIHE	TOIMENPITEEN TOTEUTUS	LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT	LASKENTAPERIAAT	SÄÄSTÖN ELINIKÄ VUOTTA a	RAPORTOITAVA SÄÄSTÖ			SÄÄSTÖ ELINAIKANA YHTEENSÄ			INVESTOINTI		TOTEUTETTU KOHTEESSA	LASKETAAN	
							LÄMPÖ MWh/a	POLTTO- AINEET MWh/a	SÄHKÖ MWh/a	LÄMPÖ MWh	POLTTO- AINEET MWh	SÄHKÖ MWh	AIKA EUROA	€			
4B. SÄHKÖ: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIIKKAA LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																	
4B.1.	Valaisintyyppien muutos	1991 - 2007	Valaisimen uusiminen jotta lampputyypit vaihdettavissa	Tehomuutos, käyttöaika	Nyrkkisääntö	12				0	0	0				EI	EI
4B.2.	Valaistusratkaisu uusien valaisimien ja el. liitäntälaitteiden	1991 - 2007	Kokonaan uusi valaistus jota voidaan säätää ja ohjata	Tehomuutos, käyttöaikamuutos	Teho x aika	12				0	0	0				EI	EI
4B.3.	Energiatohokkaammat moottorit	1991 - 2007	Pumppu-, puhallin-, ym. käyttömoottorien uusiminen	Kulutus, arvio häviöprosentin muutoksesta	Hyötysuhdemuutos	10				0	0	0				EI	EI
4B.4.	Energiatohokkaammat atk-laitteet	1991 - 2007	Atk-laitteiden uusiminen vähemmän	Tehomuutos, käyttöaika	Teho x aika	3				0	0	0				EI	EI
4B.5.	Aurinkosähkön hyväksikäyttö	1991 - 2007	Aurinkosähkölaitteiden tuottamaan energiaa	Monimutkainen	Ei esitetä laskentaperiaatetta	23				0	0	0				EI	EI
4C. SÄHKÖ: KÄYTTÖTEKNISIÄ TOIMENPITEITÄ																	
4C.1.	Valaistustehon muutos	1991 - 2007	Irroitetaan lamppuja, muutetaan lampputehoa	Tehomuutos, käyttöaika	Teho x aika	10				0	0	0				EI	EI
5A. PAINEILMA: SÄÄTOLAITTEIDEN UUSIMISEEN / LISÄÄMISEEN LIITTYVIÄ TOIMENPITEITÄ																	
5A.1.	Kompressorien automatiikan uusiminen	1991 - 2007	Uusitaan koko ohjausautomaattit	Teho- ja käyntiaikamuutos	Kulutusjakaumamuutos	5				0	0	0				EI	EI
5B. PAINEILMA: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIIKKAA LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																	
5B.1.	Kompressorien puristuslämmön talteenotto	1991 - 2007	Syntyvän lämmön hyödyntäminen lämmitykseen	Teho, käyntiaika, missä energia hyödynnettävissä	Teho x aika	15				0	0	0				EI	EI
5B.2.	Kompressorien uusiminen	1991 - 2007	Uusitaan paineilmapressorit	Kulutusosuuden muutos, / teho, käyttöaika	Kulutusjakaumamuutos	15				0	0	0				EI	EI
5B.3.	Taajuusmuuttajakäyttöinen kompressori	1991 - 2007	Uusitaan kompressori taajuusmuuttajin varustetuiksi	Tehomittaus vanhalle kompuralle	Nyrkkisääntö	10				0	0	0				EI	EI
																Toteutettu laajennuksen osalta	
6. RAKENTEET: ENERGIAA SÄÄSTÄVÄÄ TEKNIIKKAA LISÄÄVIÄ / INVESTOINTIA VAATIVIA TOIMIA																	
6.1.	Seiniin lisälämmöneristäminen	1991 - 2007	Eristyksen lisääminen rakenteisiin	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	25				0	0	0				KYLLÄ	EI
6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	1991 - 2007	Eristyksen lisääminen rakenteisiin	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	25	0,3	0	0	8	0	0				KYLLÄ	KYLLÄ
6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	1991 - 2007	Eristyksen lisääminen rakenteisiin	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	25	3	0	0	75	0	0				KYLLÄ	KYLLÄ
6.4.	Seiniin tiivistäminen	1991 - 2007	Hallitsemattoman ilmanvaihdon pienentäminen	Ilmanvuotokertoimen muutos, lämpötilatasot, aika	Ilmanvuotolaskenta	5				0	0	0				EI	EI
6.5.	Yläpohjan tiivistäminen	1991 - 2007	Hallitsemattoman ilmanvaihdon pienentäminen	Ilmanvuotokertoimen muutos, lämpötilatasot, aika	Ilmanvuotolaskenta	5				0	0	0				EI	EI
6.6.	Alapohjan tiivistäminen	1991 - 2007	Hallitsemattoman ilmanvaihdon pienentäminen	Ilmanvuotokertoimen muutos, lämpötilatasot, aika	Ilmanvuotolaskenta	5				0	0	0				EI	EI
6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	1991 - 2007	Ikkunatiivistys	Ilmanvuotokertoimen muutos, lämpötilatasot, aika	Ilmanvuotolaskenta	5	70	0	0	350	0	0				KYLLÄ	KYLLÄ
6.8.	Ikkunoiden uusiminen	1991 - 2007	Uudet ikkunat, parempi U-arvo	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	30	142	0	0	4260	0	0				KYLLÄ	KYLLÄ
6.9.	Kattoikkunoiden uusiminen	1991 - 2007	Uudet kattoikkunat, parempi U-arvo	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	30				0	0	0				EI	EI
6.10.	Ovien uusiminen- yksiläiset, nosto-ovet	1991 - 2007	Uudet ovet, parempi U-arvo	Ala, U-arvon muutos, lämpötilat, lämmityskauden pituus	Johtumishäviölaskenta	30				0	0	0				EI	EI
6.11.	Läpivientien tiivistäminen	1991 - 2007	Hallitsemattoman ilmanvaihdon pienentäminen	Ilmanvuotokertoimen muutos, lämpötilatasot, aika	Ilmanvuotolaskenta	5				0	0	0				EI	EI
							yhteensä				497	0	-28	9843	0	-560	