

Kenneth Ek

# Energiasäästötoimien vaikutusten kartoittaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinööriytyö  
20.4.2012

Tekijä(t) Otsikko	Kenneth Ek Energiansäästötoimien vaikutusten kartoittaminen
Sivumäärä Aika	26 sivua
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaaja(t)	rakenningsinööri 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 energiatehokkuussopimukseen liittyneitä tahoja varten laaditun ohjeistuksen mallien mukaisesti.</p> <p>Tehtävään sisältyi laskea ja raportoida 15 kohteen säästötoimenpiteiden vaikutukset. Työkaluina käytettiin kehitettyjä Excel-laskentataulukoita sekä raporttimalleja. Tehtävä on osa laajempaa hanketta, jossa kartoitettiin kaikkiaan 73 kohteen säästötoimenpiteiden vaikutukset ja tähän työhön kuului analysoida kaikkien kohteiden suoritetut säästötoimenpiteet ja niiden tulokset.</p> <p>Työhön kuului lisäksi raportoida tehtävän aikana esiin tulleista ongelmakohtista, aikaan vievistä osista sekä esittää näkemyksiä tehostamistarpeista ja mahdollisuuksista.</p>	
Avainsanat	energia, tehokkuus, säästövaikutus, katselmus

Author(s) Title	Kenneth Ek The verification of energy efficiency improvement measures
Number of Pages Date	26 pages 20 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Vesa Pyy, Building Construction Engineer
<p>The purpose of this final year project was to examine the effects of energy efficiency improvement measures executed in 15 buildings renovation projects during 1995-2007. The study 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>Moreover, the project was, to report any problems and time consuming issues encountered during the process, and to present any needs and possibilities to increase efficiency. The calculation tools and templates created during this final year project were also used in a larger project with the goal to estimate the energy savings gained from all the improvement measures during the above mentioned time. The, calculation results are to be used for reporting both the energy use of renovated buildings and the measures implemented for improving energy efficiency.</p>	
Keywords	energy efficiency, improvement measures

## Sisällys

Käsitteet

Käsitteet	6
1 Johdanto	1
2 Energiatehokkuussopimukset	2
2.1 Sopimusjärjestelmän tavoitteet	2
2.2 Energiasäästötoimenpiteiden säästövaikutusten laskenta	3
2.3 Säästövaikutusten arvioiminen	3
3 Tehtävän kuvaus	4
4 Lähtötiedot ja aineisto	4
5 Työn kulku	5
5.1 Laskentakaavat	5
5.2 Työkalujen ja raporttimallien luominen	7
5.3 Lähdemateriaalin hankinta	8
5.4 Säästövaikutusten laskenta ja raportointi	8
6 Kohteissa suoritettavat toimenpiteet	10
6.1 Hepopuiston päiväkotia	10
6.2 Myyrinkoti	10
6.3 Tarhapuiston päiväkotia	11
6.4 Keskuspuiston koulu	11
6.5 Keskuspuiston koulun asunnot	11
6.6 Kaivokselan koulun LVI-perusparannus	11
6.7 Rajatorpan koulu, lämmityksen perussäätö	12
6.8 Kanniston päiväkotia ja neuvola	12
6.9 Peltovuoren päiväkotia	12
6.10 Kuuselan perhekuntoutuskeskus	12
6.11 Ilvespuiston päiväkotia ja neuvola	12
6.12 Rekolanmäen koulu, päiväkotia ja neuvola, 1-vaihe	13

6.13	Tikkurilan uusi lukio	13
7	Tulokset ja tulosten tarkastelu	13
7.1	Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutukset	13
8	Projektin ongelmakohdat	15
8.1	Lähtötietojen kerääminen	15
8.2	Lähtötietojen oikeellisuuden arviointi	17
8.3	Laskelmien oikeellisuuden arviointi	18
9	Projektin aikaa vievät osat	19
10	Tehostamistarpeet	19
10.1	Tuloksien vertaileminen	24
11	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

## Käsitteet

*Energiansäästö* 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 laskettavissa 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 [4]

*Energiansäästötoimi* energiansäästöä aikaansaava konkreettinen toimenpide, joka toteutetaan nimenomaan energiansäästön aikaansaamiseksi. Energiansäästötoimi voi olla luonteeltaan tekninen, toiminnallinen tai vaikuttamista asenteisiin ja käyttäytymiseen [4]

*Energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet* kaikki energiansäästötoimet, joista seuraa todennettavissa, mitattavissa tai arvioitavissa olevaa energiansäästöä [4]

*Varhaistoimi, varhennettu tai varhaistettu toimenpide* nimityksiä vuosina 1995–2007, eli ennen energiatehokkuussopimuksen kauden alkua, toteutetulle energiansäästötoimelle[4]

## 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 kaupungilla tarkastelun alaisia kohteita oli yhteensä 73. Näihin kiinteistöihin oli tehty vuosien 1995–2007 välisenä aikana peruskorjaustoimenpiteitä tai muita merkittäviä parannuksia. Pääjoukko rakennuksista oli kouluja ja päiväkotia, mutta mukana oli myös muutama hoitolaitos, urheilutalo, uimahalli ja asuintalo. Kohteiden säästövaikutusten laskenta- ja raportointityö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutusohjelmassa projektina seuraavissa osissa:

- Opinnäytetyö Tomi Kimari: laskennan työkalujen ja raporttimallien kehittäminen, tulkinnanvaraisuuksien ratkaisu, laskentatavan parannustarpeet. 15 kohteen laskenta ja raportointi.
- Opinnäytetyö Kenneth Ek: Säästötoimenpiteet ja niillä saavutetut tulokset. Mitkä olivat ongelmia ja aikaa vieviä osia. Palvelun tuotteistaminen. 15 kohteen laskenta ja raportointi.
- Ryhmätyö opiskelijaryhmissä opinnäytetyöntekijöiden ohjaamana: 43 kohteen laskenta ja raportointi.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin analysoimaan suoritettujen säästötoimenpiteiden vaikutukset. Tavoitteena oli myös raportoida ongelmakohtat laskennan aikana ja esittää tehtävän aikana todetut aikaa vievät osat. Lisäksi tavoitteena oli esittää ajatuksia laskelmien tehostamistarpeista. Työn tulosten raportointiin sisällytettiin lisäksi 15 kohteen laskenta ja tulokset.

## 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;2].

Energiansäästösopimusjärjestelmä on keskeisessä asemassa osana EU:n energiapalveludirektiiviä (Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista, 2006/32/EY [3]), ja sillä on olennainen rooli osana kansallista ilmasto- ja energiastategiaa. 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. [1; 2.]

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 %:n energiansäästötavoite sekä esimerkillinen 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, polttoainneiden kulutus). [1; 2.]

## 2.2 Energiasäästötoimenpiteiden 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. [1; 4.]

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. [1]

## 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 tyypillisille toimenpiteille. Pk-teollisuuden ja palvelusektorin säästötoimien arviointiin riittää useimmiten karkean tarkkuustason yksinkertaistettu laskenta. Säästövaikutukset arvioidaan tyypillisille toimenpiteille erikseen lämmön, polttoaineiden ja sähkön osalta. [1]

Raportoitavista energiansäästötoimista tulee olla säästövaikutuslaskelma. Laskelmat kootaan ja dokumentoidaan siten, että jälkepäin on tarvittaessa mahdollista esittää laskennan lähtökohdat ja perusteet sekä säästövaikutuksen arvioinnin suorittaja. Samaa 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. [1]

### **3 Tehtävän kuvaus**

Tähän opinnäytetyöhön kuului arvioida 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. [1]

Kaikkiaan tehtävään sisältyi 15 kohteen säästövaikutusten analysointi. Kokonaisuudessaan projektiin sisältyi tämän opinnäytetyön lisäksi Tomi Kimarin opinnäytetyö sekä opiskelijaryhmien opiskelijaprojektina suorittama laskenta.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin analysoimaan suoritettujen säästötoimenpiteet ja niiden vaikutukset. Tavoitteena oli myös raportoida ongelmakohdat laskennan aikana ja esittää tehtävän aikana todetut aikaa vievät osat. Lisäksi kuului esittää ajatuksia laskelmien tehostamistarpeista.

### **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.

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.

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.

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 esim. termostaattisten patteriventtiilien lisäämistä sekä lämmitysverkoston muutoksia.

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.

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 [4]. 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 olivat 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.

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

Kaavojen virhetarkastelu suoritettiin syöttämällä ohjeistuksen antamat lähtötiedot ja vertaamalla saatuja tuloksia ohjeistuksen antamiin arvoihin. Ohjeistuksen mukaiset kaavat on kuvattu yksityiskohtaisesti Kimarin opinnäytetyössä.

## 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 jäädytysjärjestelmiin kohdistuvat toimenpiteet jätettiin työn sisällöstä pois todennäköisesti, näitä 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.

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 saadaan myös kaikki sähköisistä työkaluista kirjatut 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?

Taulukko 2 sisältää yhdistelmäraportin tässä työssä laskettujen 15 kohteen osalta.

### 5.3 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 vastualueiden (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 toimenpiteitä 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, kyseistä 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.

### 5.4 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. Tarvittava raporttipohjat, laskukaavat ja työkalut laskentaa varten oli luotu. Lähdemateriaalin analysointia varten alkoi kehittyä näkemys siitä, mistä asiakirjoista tarvittavat lähtötiedot yleensä saadaan.

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.

Ensimmäisten kohteiden osalta 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 suoritettut toimenpiteet

Tehtävään sisältyi tarkistaa 15 kpl kohdetta, joita käsitellään seuraavassa tarkemmin. Kaikkien kiinteistöjen laskennan tulokset on esitetty taulukossa 2.

### 6.1 Hepopuiston päiväkot

Päiväkot rakennettiin vuonna 1979. Peruskorjaus tehtiin vuonna 2007.

Peruskorjauksen osana rakennettiin laajennusosa, jonka kerrosala oli 11 m<sup>2</sup>.

Peruskorjauksessa kunnostettiin kaikki ikkunat ja ovet.

LVI-tekniikan osalta uusittiin lämmönjakokeskus, verkoston säätöventtiilit ja termostaattiset patteriventtiilit. Vanhat radiaattorit jäivät käyttöön. Vesijohtoverkostot varustettiin uusittin kokonaan. Vanha koneellinen poistoilmanvaihto korvattiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Kohteessa on kaksi tuloilmakonetta. Päiväkodin ilmanvaihtokone varustettiin poistoilman lämmön talteenottolaittein. Kohteeseen asennettiin kiinteistöautomaatiojärjestelmä.

### 6.2 Myyrinkoti

Viisikerroksinen hoitokotina toimiva rakennus valmistui 1982. Kerrosalaa rakennuksessa on n. 6 800 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa suoritettiin vuonna 2007 laajamittainen peruseränus, jossa uusittiin rakennustekniset järjestelmät, rakennuksen pinnat sekä tehtiin parannuksia ja vauriokorjauksia kantaviin rakenteisiin. Rakennuksen ikkunat kunnostettiin.

LVIA-järjestelmät uusittiin ajanmukaisiksi. Kaukolämpökeskusta saneerattiin, verkostoa säädettiin. Käyttövesiverkoston kytkentäjohdot sekä kalusteet uusittiin. Kiinteistön nykyiset ilmanvaihtokoneet säilytettiin. Tulo- ja poistoilmavirrat nostettiin vastaamaan uusia määräyksiä. TK 03, 04 ja 05 ovat uusia tulo- ja poistoilmakoneita. Kiinteistöön rakennettiin kiinteistöautomaatiojärjestelmä.

### 6.3 Tarhapuiston päiväkot

Päiväkot rakennettiin vuonna 1979. Peruskorjaus tehtiin vuonna 2005. 1990-luvulla oli mm. uusittu termostaattiset venttiilit pattereihin, vesikalusteet uusittu 1-oteseikoittajiksi, kaukolämmön lämmönjakokeskus uusittu sekä tuloilmakoneen automaattikka uusittu. Peruskorjauksessa kunnostettiin kaikki ikkunat ja ovet.

LVI-tekniikan osalta uusittiin lämmitysverkoston linjasäätöventtiilit sekä verkosto perussäädettiin. Vesijohtoverkosto varusteineen uusittiin kokonaan. Vanha koneellinen poistoilmanvaihto korvattiin koneellisella tulo- ja poistoilman vaihdolla. Kohteeseen asennettiin uusi kiinteistöautomaatiojärjestelmä.

### 6.4 Keskuspuiston koulu

Koulu rakennettiin vuonna 1964. Peruskorjaus tehtiin vuonna 1999 ja vuonna 2007 tiloja muutettiin aikuisopiston käyttöön.

Peruskorjauksessa uusittiin kaikki ikkunat ja kunnostettiin ovet. Peruskorjauksen yhteydessä uusittiin LVI-tekniikka kokonaan. Katolle rakennettiin uusi konehuone. Kiinteistöön asennettiin kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Muutoksessa vuonna 2007 tehtiin ainoastaan tilamuutoksen aiheuttamat toimenpiteet esim ilmansäätöä.

### 6.5 Keskuspuiston koulun asunnot

Kiinteistö valmistui vuonna 1964. Tarkasteluajanjaksona 1995–2007 ei ollut todettavissa korjaustoimenpiteitä. Vuonna 2009 muutettu kellarin kylmävarastot sekä jäähdytyskonehuoneet varastoiksi.

### 6.6 Kaivokselan koulun LVI-perusparannus

Kiinteistö rakennettiin vuonna 1965. Kohdetta on saneerattu monessa vaiheessa, mm. vuosina 1980, 1988 sekä 1992. Kohteen bruttoala on n. 5 500 m<sup>2</sup>. Vuonna 2004 tehtiin LVIA-tekniikan perusparannus. Vanhat ikkunat vaihdettiin kolminkertaisiksi.

LVI-tekniikan osalta perussäädettiin lämmitysverkosto. Putkistot ja venttiilit oli uusittu 90-luvun saneerauksessa. Uusille IV-koneille asennettiin uusi lämpöjohtolinja. Vesijohdoverkosto varusteineen oli uusittu 90-luvun saneerauksessa. Kohteeseen asennettiin uusi kiinteistöautomaatiojärjestelmä.

#### 6.7 Rajatorpan koulu, lämmityksen perussäätö

Vuonna 2003 kohteeseen tehtiin koko kiinteistö kattava lämmitysjärjestelmän perussäätö. Projektin yhteydessä uusittiin rakennusautomaatiojärjestelmä.

#### 6.8 Kanniston päiväkotia ja neuvola

Kiinteistö valmistui vuonna 2003. Kiinteistön koko on n. 1 500 brm<sup>2</sup>. Asennukset on tehty määräysten mukaisesti, eikä kohteessa ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

#### 6.9 Peltovuoren päiväkotia

Kiinteistö valmistui vuonna 2002. Kiinteistön koko on 1 080 brm<sup>2</sup>. Asennukset on tehty määräysten mukaisesti, eikä kohteessa ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

#### 6.10 Kuuselan perhekuntoutuskeskus

Kiinteistö valmistui vuonna 2004 sekä laajennus vuonna 2007. Asennukset on tehty määräysten mukaisesti, eikä kohteessa ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

#### 6.11 Ilvespuiston päiväkotia ja neuvola

Kiinteistö valmistui vuonna 2004. Kiinteistön koko on 1 070 brm<sup>2</sup>. Asennukset ovat tehty määräysten mukaisesti eikä ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

## 6.12 Rekolanmäen koulu, päiväkoti ja neuvola, 1-vaihe

Kiinteistö valmistui vuonna 2003. Kiinteistön koko on 6 084 brm<sup>2</sup>. Asennukset ovat tehty määräysten mukaisesti eikä ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

## 6.13 Tikkurilan uusi lukio

Kiinteistö valmistui vuonna 2002. Kiinteistön koko on 11 600 brm<sup>2</sup>. Asennukset ovat tehty määräysten mukaisesti eikä ollut todettavissa raportoitavia energiasäästöjä.

## 7 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kimari on omassa opinnäytetyössään [1] käsitellyt tarkemmin laskelmien tulokinnanvaraisuuksia, rajauksia, kulutustietoja, lähtöarvoja, linjauksia sekä kaavoja, joten niitä ei siitä syystä tässä opinnäytetöissä käsitellä.

### 7.1 Energiansäästötoimenpiteiden säästövaikutukset

Taulukko 2 esittää rakennusten peruskorjauksessa toteutettujen muutosten säästövaikutukset koostetusti kaikkien toimenpiteiden osalta.

Taulukko 2. Opinnäytetyössä käsitelyjen kohteiden säästötoimenpiteiden tulokset. Työssä laskettiin viidentoistan rakennuksen peruskorjausten säästövaikutukset ohjeistuksen mukaisesti laadituilla laskukaavoilla.

Nro	Rak. Käyttö tarkoitus	Peruskorjauksen valmistumisvuosi	Kohde	Raportoitava säästö			Kulutus ed. vuosilta ennen			Rak. tilavuus m3	Kerrosala m2
				Lämpö MWh/a	Polttoaine MWh/a	Sähkö MWh/a	Lämpö MWh/a	Polttoaine MWh/a	Sähkö MWh/a		
4	Koulu	1996	Kaivokselan koulu	0		0	0		0		
4	Koulu	2004	Kaivokselan koulu mm. iv	289			1707		351	25750	6640
5	Pvk	2007	Hepopuiston päiväkoti	44			128			2240	643
17	Hoitokoti	2007	Myyrinkoti	3,4	0	0	1152		229	28100	6926
25	Pvk	2005	Tarhapuiston päiväkoti	24	0	-2	127		46	2140	635
37	Koulu	1999	Keskuspuiston koulu	310	0	0				15800	4785
39	Asuin	1999	Keskuspuiston koulun asunnot	0	0	0				7850	2350
46	Koulu	2003	Rajatorpan koulu, lämm.perussäästö	30	0	0			123		
52	Pvk	1995	Kaivokselan päiväkoti	310	0	0				2480	826
UUDISRAKENNUKSIA											
63	Koulu	2002	Tikkurilan uusi lukio	0	0	0	2128		419	56224	11055
65	Pvk	2003	Kanniston päiväkoti ja neuvola	0	0	0			63		
66	Pvk	2003	Peltovuoren päiväkoti	0	0	0			61		
67	Hoitokoti	2003	Kuuselan perhekuntoutuskeskus	0	0	0				5840	1602
68	Pvk	2004	Ilvespuiston päiväkoti ja neuvola	0	0	0					
69	Koulu	2004	Rekolanmäen koulu	0	0	0				23050	5815

Taulukko 2 sisältää myös kohteiden käyttötarkoituksen, rakennustilavuuden ja kerrosalan, jotta erityyppisissä rakennuksissa tehtyjen toimenpiteiden vertailu olisi mahdollista. Rakennustilavuus ja kerrosalatieidot on kerätty Vantaan Energian LämpöNetti-sovelluksen tiedoista. Kaukolämmön kulutustiedot on laskettu keskiarvona vuosittaisista lukemista ennen peruskorjausta.

**Taulukko 3** esittää lisäksi, mitä yksittäisiä toimenpiteitä kohteissa suoritettiin. Jokaisen säästötoimen vaikutus esitetään vuositasolla sekä elinaikana yhteensä.

Taulukko 3. Tarkasteltujen kohteiden säästötoimenpiteet. Tässä taulukossa listataan kaikki tarkasteltujen kohteiden (missä laskettavaa) yksittäiset säästötoimenpiteet ja niiden tuomat säästövaikutukset.

Kohde	Littera	Toimenpide	Säästö MWh/a			Toimenpiteen elinaika a	Säästö toimenpiteen elinaikana yhteensä MWh
			Lämpö	Polttoaineet	Sähkö		
Kaivokselan koulu	1A.3	Lämmityksen säädön parantaminen	-6	0	0	5	-30
Kaivokselan koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	14	0	0	10	140
Kaivokselan koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	294	0	-34	20	5205
Kaivokselan koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	11	0	0	5	55
Hepopuiston päiväkot	1A.3	Lämmityksen säädön parantaminen	-3	0	0	5	-15
Hepopuiston päiväkot	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	4	0	0	10	40
Hepopuiston päiväkot	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	35	0	-5	20	588
Hepopuiston päiväkot	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	8	0	0	5	40
Myyrinkoti	6.2.	Yläpohjan lisälämmöneristäminen	0,3	0	0	25	7,5
Myyrinkoti	6.3.	Alapohjan lisälämmöneristäminen	3,1	0	0	25	77,5
Tarhapiiston päiväkot	1A.3	Lämmityksen säädön parantaminen	4	0	0	5	20
Tarhapiiston päiväkot	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	1	0	0	10	10
Tarhapiiston päiväkot	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	4	0	0	10	40
Tarhapiiston päiväkot	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	8	0	-2	20	120
Tarhapiiston päiväkot	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	0,3	0	0	15	4,5
Tarhapiiston päiväkot	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	7	0	0	5	35
Keskuspuiston koulu	1A.3	Lämmityksen säädön parantaminen	24	0	0	5	120
Keskuspuiston koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	7	0	0	10	70
Keskuspuiston koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	24	0	0	10	240
Keskuspuiston koulu	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	129	0	0	20	2580
Keskuspuiston koulu	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	2	0	0	15	30
Keskuspuiston koulu	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	58	0	0	5	290
Keskuspuiston koulu	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	66	0	0	30	1980
Rajatorpan koulu	1A.3.	Lämmityksen säädön parantaminen	13	0	0	5	65
Rajatorpan koulu	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	4	0	0	10	40
Rajatorpan koulu	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	13	0	0	10	130
Kaivokselan päiväkot	1A.3.	Lämmityksen säädön parantaminen	24	0	0	5	120
Kaivokselan päiväkot	1A.4	Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	7	0	0	10	70
Kaivokselan päiväkot	1B.1	Lämmitysverkoston perussäätö	24	0	0	10	240
Kaivokselan päiväkot	2B.2.	Lämmön talteenoton lisääminen	129	0	0	20	2580
Kaivokselan päiväkot	3B.1	Vesikalusteiden uusiminen	2	0	0	15	30
Kaivokselan päiväkot	6.7.	Ikkunoiden tiivistäminen	58	0	0	5	290
Kaivokselan päiväkot	6.8.	Ikkunoiden uusiminen	66	0	0	30	1980

## 8 Projektin ongelmakohtat

### 8.1 Lähtötietojen kerääminen

Lähtötietojen kerääminen tapahtui pääsääntöisesti kaupungin arkistosta. Täältä löytyivät kohteiden viimeisimmät arkkitehti- rakenne, LVIA- ja sähkösuunnitelmat sekä mm. hankeselvityksiä ja katselmusraportteja.

Hankesuunnitelmat ja katselmusraportit olivat hyviä ”perusselvityksiä” tilanteesta ennen korjaustoimenpiteitä sekä kannanottoja mitä jatkossa kuuluisi korjata. Asiakirjat loivat mahdollisuuden ymmärtää, mistä varsinaisista suunnitelmista oli järkevää aloittaa tarvittavien tietojen kerääminen.

Arkkitehtisuunnitelmia löytyi kiitettävästi ja laskelmia varten kerättiin tietoa, mm. laajuustiedot. Laajuustiedot tarvittiin monessa laskelmissa. Muita asioita olivat tiedot lisäeristämistä ja tiivistämisestä. Erillisenä tarkistuskohtana olivat ikkunoiden ja ovien uusimiset.

Rakennesuunnitelmista ulkovaipan rakenteiden U-arvot olivat tarkistuskohteena Mikäli laskennassa tarvittavia U-arvoja ei materiaalista löytynyt, käytettiin lähtötietona kyseisen ajankohdan rakentamismääräyskokoelman minimivaatimuksia. Suomen rakentamismääräyskokoelmasta saatiin vaadittuja U-arvoja vuodesta 1985 lähtien. Vanhempien rakennusten osalta käytettiin Vantaan kaupungin toimittamia tietoja, jotka oli koostettu Rakennustietosäätiön Rakentajain kalentereiden perusteella [5].

LVIA-suunnitelmista oli löydettävä eniten lähtötietoja laskentakaavoja varten. LVIA-muutokset ovat avainroolissa säästöihin pyrkiessä. LVIA-selostus lienee lähteenä tärkein asiakirja kaavioiden lisäksi. Oheisena on listattu tärkeimmät tarkistetut kohdat

#### Lämmitys

- lämmityksen säädön parantaminen
- termostaattisten patteriventtiilien lisäys
- lämmitysverkoston perussäätö
- verkostohäviöiden pienentäminen tai lisäeristäminen.

#### Ilmanvaihto

- taajuusmuuttajan käyttö sekä ohjauksen lisääminen
- lämmön talteenoton lisääminen.

#### Vesi

- verkoston painetason alentaminen
- kalustevirtaamien rajoitus
- vesikalusteiden uusiminen.

Sähkösuunnitelmista oli tarkoitus tarkistaa valaistukseen liittyviä säästötoimenpiteitä, kuten ohjaukset (liikeilmaisin, päivänvalo). Suunnitelmista ei voitu näitä löytää, ja asian tarkistettuani kaupungin sähkö-osastolta totesimme tämän olevan turhaa työtä, kun kerrottiin, ettei toimenpiteitä ollut tehty ja lopetimme tarkistamisen [6].

Laskennassa huomioitiin käytettävissä olleet kohteiden kulutus- sekä käyttöaikatiedot. Kulutustietoja kaukolämmön ja sähkön osalta saatiin Vantaan Energian internet-pohjaisen järjestelmän raporteista. Vantaan Energia tarjoaa yritysasiakkailleen palvelun, jonka kautta voi seurata rakennusten kulutusarvoja. Palvelun tuottamassa arkistossa on historiatietoa n. 10 vuoden ajalta. Sähkön kulutus saatiin vuosittain eri kausille jaoteltuna. Jakson eri vuosien tiedot oli kerättävä erikseen. Kaukolämmön osalta tiedot saatiin yhdistettynä koko tarkastelujaksolta. [1]

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

Vantaan kaupunki käyttää kiinteistöjen hallintaan Vahanen-yhtiöiden tarjoamaa internet-pohjaista palvelua "TehoWeb". TehoWebiin on mahdollista syöttää tietoa rakennusten toiminta- ja tavoitearvoista, kuten kulutustavoitteita esimerkiksi, sisälämpötilojen ohjearvoja, lämmityksen säätökäyriä tai ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja. Järjestelmää

voidaan käyttää kulutustietojen seurantaan, mutta myös esimerkiksi huoltotöiden suunnitteluun ja tehtävien kirjaukseen. [7]

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 raporttoitiin Vantaan kaupungille mahdollisia jatkotoimenpiteitä varten.

## 8.2 Lähtötietojen oikeellisuuden arviointi

Arkistossa pyritään ylläpitämään viimeistä tilannetta vastaavia piirustuksia. Käytännössä tämä tarkoittaisi kohteiden luovutusaineistoa. Tutkimuksien kohteissa näin harvemmin oli tilanne. Useammin materiaali oli suunnitteluajalta, jolloin kysymykseksi jää asiakirjojen oikeellisuus.

Suunnitelmista ei ollut todettavissa tilannetta ennen muutostyötä. Hankesuunnitelmat olivat ainoat asiakirjat, joissa käsiteltiin asiaa. Hankesuunnitelmat oli osassa kohteissa tehty 3–5 vuotta ennen kuin varsinaiset suunnitelmat tehtiin. Tämä tarkoittaa, että hankesuunnitelmissa esitettyjä parannuksia on mahdollisesti toteutettu ennen varsinaisia suunnitelmia, ja näin ollen ne jäävät huomioimatta säästölaskelmissa.

Kaupungin rakennuksissa tehdään jatkuvasti korjaus- ja parannustoimenpiteitä. Toimenpiteistä ei aina tehdä suunnitelmia, jolloin piirustuksien oikeellisuus huononee.

Selvitykset ja laskennat tehtiin asiakirjoista saatujen tietojen perusteella. Kohteissa ei käyty esim toteamassa rakennusautomaatiojärjestelmästä todellisia käyntiaikoja, kulutustietoja jne. Kohdekäynnit olisivat tarkentaneet laskelmien oikeellisuutta.

### 8.3 Laskelmien oikeellisuuden arviointi

Rakennuksien pinta-alat ja tilavuudet ovat ratkaisevia laskelmissa. Näiden lukuarvot ovat helposti laskettavissa, ja ne on usein ilmoitettu arkkitehtisuunnitelmissa. Luvut ovat hyvin lähellä todellisia tilanteita.

Laskelmissa on kuitenkin monia muita tärkeitä asioita, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Näitä asioita ovat mm.

- käyttöajat
- linjaukset
- alenemat.

Linjauksella tarkoitetaan esim termostaattisten patteriventtiilien lisäyslaskelmissa 2 %:n kulutusjakaumaosuudesta ennen peruskorjausta, mikäli patteriventtiilit oli toteutusvaiheessa uusittu ja lisätty. Alenemilla tarkoitetaan teknisten laitteiden hyötysuhteiden aleneminen ikääntymisen tai huollon puutteen takia.

Suurin osa kohteista oli kouluja. Koulut ovat monesti normaalin opetuskäytön lisäksi myös iltakäytössä. Kotitalousluokat, teknisen työn tilat ja liikuntasalit ovat monesti käytössä iltamyöhään. Laskelmissa käytetyt ajat eivät huomioi näitä asioita, koska käytävissä olleista dokumenteista asioita ei ole löydettävissä. Tarkemmat tiedot olisi todettavissa kohteiden rakennusautomaatiojärjestelmistä kohteissa tai keskusvalvomoista. Tämän todettiin kuitenkin muuttuvan projektin luonnetta merkittävästi, ja samalla se olisi ajallisesti tehnyt projektin mahdottomaksi.

Laskelmissa käytetyt linjaukset on tarkasti kirjattu Kimarin loppuraporttiin lukuihin 7.1.4 Lähtöarvot sekä 7.2 Laskennan linjaukset. Kuten on kerrottu, laskelmissa on tehty paljon linjauksia. Linjauksien lopullista merkitystä ei ollut mahdollista tutkia tässä projektityössä, mutta tämä voisi olla jatkoprojektin kohde.

Kohteissa on varmasti tehty korjaus- ja parannustoimenpiteitä, mutta niitä ei ole viety piirustuksiin ja eikä niitä näin ollen ole osattu huomioida eikä laskea säästötoimenpiteinä. Teknisten laitteiden hyötysuhteet, tehot, häviöt jne huononevat ajan mittaan. Näitä

alenemia ei huomioida laskelmissa. Vaikutukset lienevät kumminkin kymmenissä prosenteissa 10 vuoden aikajaksolla.

## **9 Projektin aikaa vievät osat**

Ensimmäisten kohteiden tarkastelu vei paljon aikaa. Työkaluja kehitettiin työn aikana ja arvioimisen perusteita muokattiin edelleen yhdessä tilaajan kanssa.

Asiakirjojen kerääminen arkistosta, eri osa alueiden (arkkitehti, rakenne, sähkö, LVI) kohdilta, oli työläistä. Tässä suurena apuna oli kaupungin arkistohoitajia. Ilman heidän työpanostaan asiakirjojen löytämisessä ajankäyttö olisi moninkertaistunut.

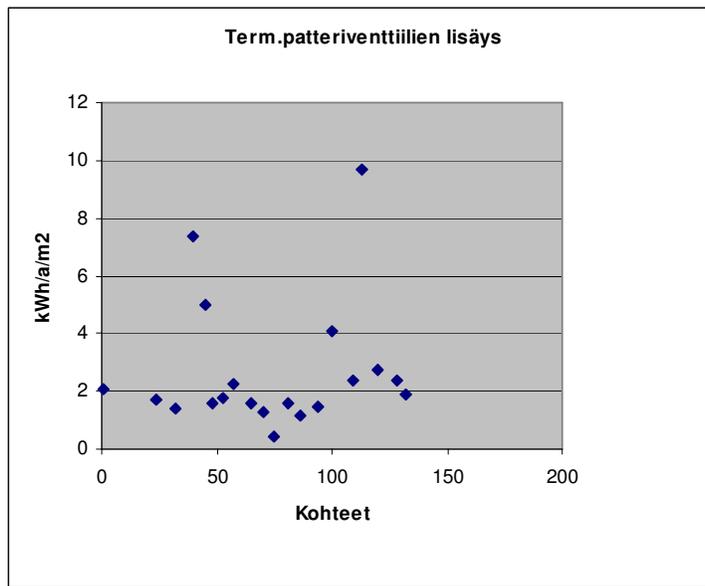
Arkistosta pitäisi löytyä kaikkien kohteiden asiakirjat joko sähköisenä tai paperimuodossa. Todellisuudessa näin ei kaikkien kohteiden osalta ollut. Muutamassa kohteessa oli tehty myös muutoksia useampaan kertaan tarkastelujakson aikana, jolloin asiakirjojen selvittäminen oli entistä hankalampaa. Jos tietoja ei ollut saatavilla, kyseistä tarkastelua ei voitu suorittaa.

Tehtyjen tarkastettujen kohteiden ja työhön harjaantumisen myötä työmäärä väheni. Lähdemateriaalin analysointia varten alkoi kehittyä kuva siitä, mistä asiakirjoista tarvittavat tiedot löytyivät.

## **10 Tehostamistarpeet**

Energian säästötoimien vaikutuksien kartoittaminen ja laskeminen edellyttää monta vaihetta. Lähtötietojen (käsitelty luvussa 8.2) sekä laskelmien (käsitelty luvussa 8.3) oikeellisuutta on käsitelty ylempänä.

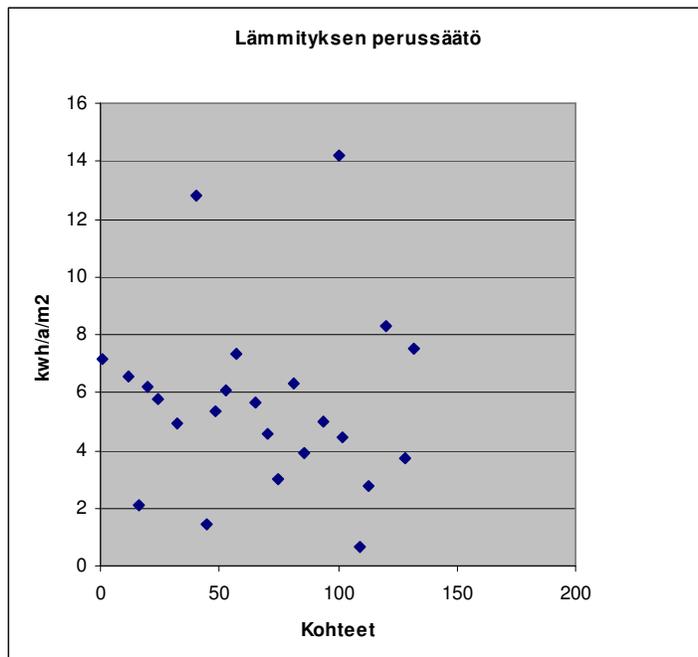
Seuraavissa taulukoissa on esitetty laskelmien tulokset pistekaavioina. Kuva 1 esittää tulokset termostaattisten patteriventtiilien lisäämisestä. Yksittäisiä poikkeavia tuloksia on todettavissa.



Kuva 1. Termostaattisten patteriventtiilien lisäys. Keskiarvo on 2,685 kWh/a/m<sup>2</sup>.

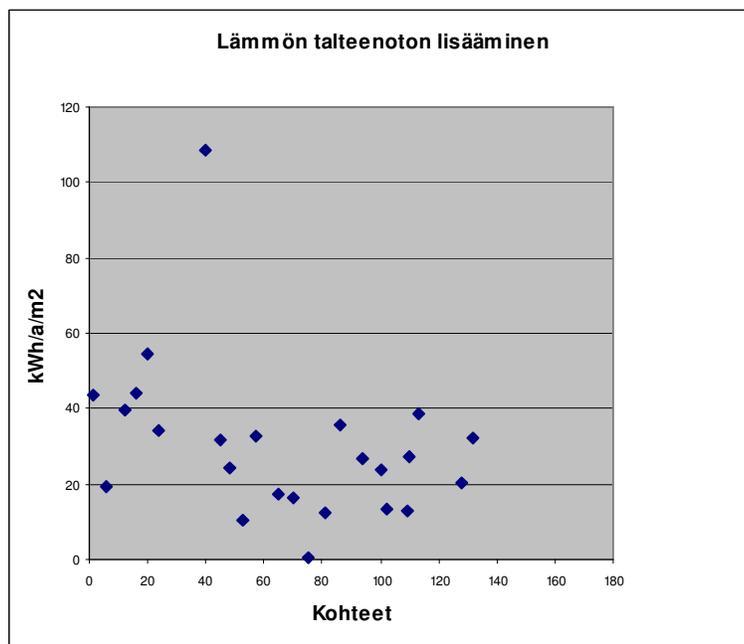
Kohteiden määrä oli yhteensä 73. Jokaisessa kohteessa oli tehty 0–8 toimenpidettä. Jokaisella kohdalla ja toimenpiteellä on oma järjestysnumero, siksi lukuarvo on noin suuri.

Kuva 2 esittää tulokset lämmityksen perussäädöstä. Hajonta on suurempi, ja yksittäisiä poikkeavia tuloksia.



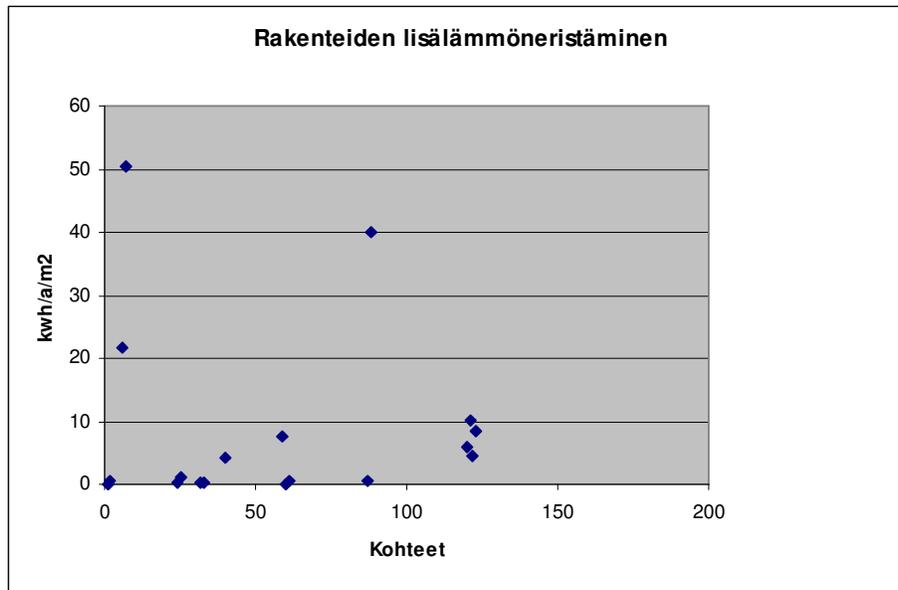
Kuva 2. Lämmityksen perussääto. Keskiarvo on 5,654 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 3 esittää tulokset lämmöntalteenoton lisäämisestä. Kuvasta on nähtävissä yksi poikkeava tulos.



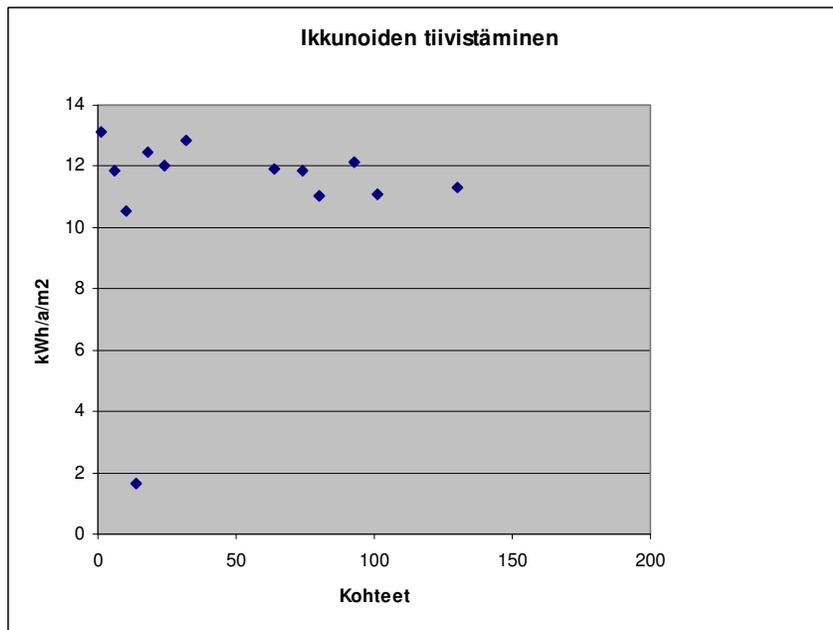
Kuva 3. Lämmön talteenoton lisääminen. Keskiarvo on 30,055 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 4 esittää tulokset rakenteiden lisälämmöneristämisestä. Kuvasta on nähtävissä yksittäisiä poikkeavia tuloksia.



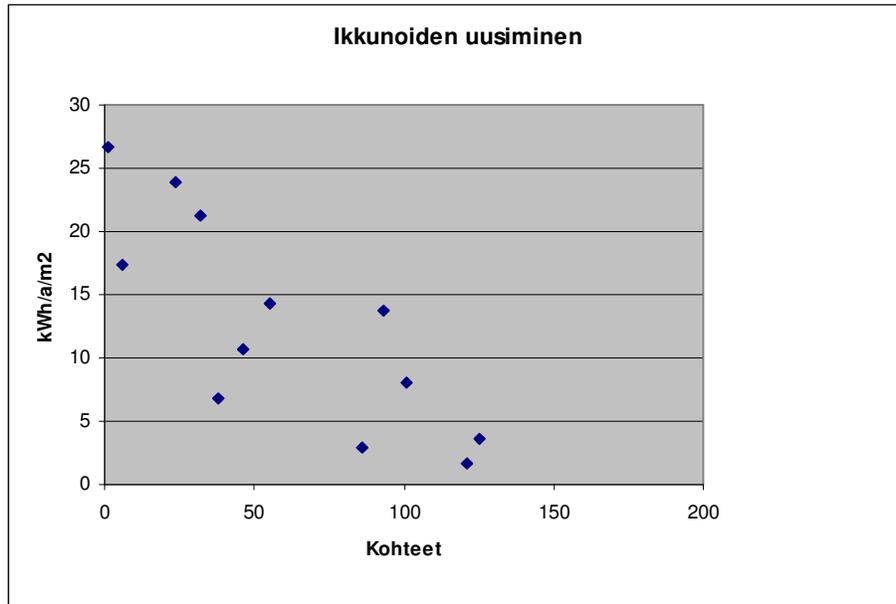
Kuva 4. Rakenteiden lisälämmöneristäminen. Keskiarvo on 8,679 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 5 esittää tulokset ikkunoiden tiivistämisestä. Kuvasta on nähtävissä yksi poikkeava tulos.



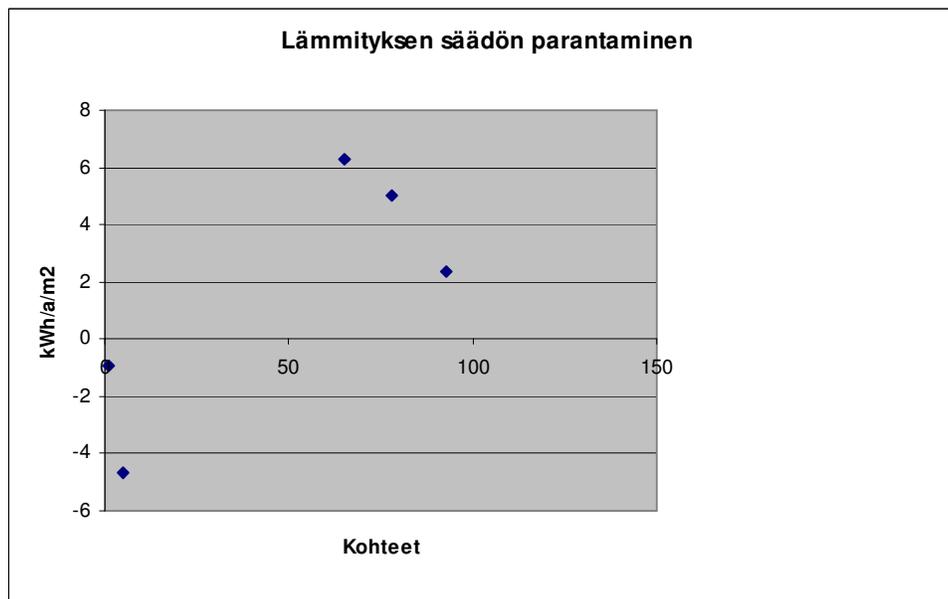
Kuva 5. Ikkunoiden tiivistäminen. Keskiarvo on 11,058 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 6 esittää tulokset ikkunoiden uusimisesta. Kuvasta on nähtävissä suuri hajonta.



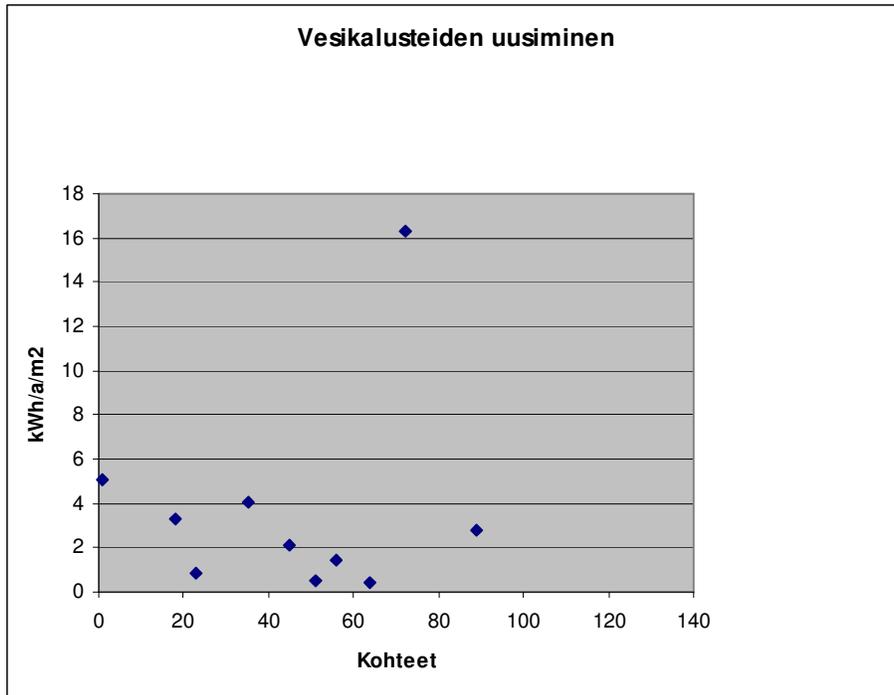
Kuva 6. Ikkunoiden uusiminen. Keskiarvo on 12,572 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 7 esittää tulokset lämmityksen säädön parantamisesta. Kuvasta on nähtävissä suuri hajonta.



Kuva 7: Lämmityksen säädön parantaminen. Keskiarvo on 1,621 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuva 8 esittää tulokset vesikalusteiden uusimisesta. Kuvasta on nähtävissä yksi poikkeava tulos.



Kuva 8. Lämmityksen säädön parantaminen. Keskiarvo on 3,681 kWh/a/m<sup>2</sup>.

Kuvissa nähtäviin poikkeaviin tuloksiin on syynä. Laskelmista on löydettävissä laskentavirheitä. Laskettujen kohteiden määrä on suhteellisen suuri, jolloin virheitä tapahtuu. Kuvassa lämmityksen säädön parantaminen on esitetty negatiivinen luku. Syy tähän on lämmitysenergian nousu, joka taas johtuu kohteessa 3 kiertoilmakojeen lisäämisestä.

### 10.1 Tuloksien vertaileminen

Kun laskettavien kohteiden määrä kasvaa suureksi samalla kuin toteutuneet toimenpiteet arvioidaan samoilla periaatteilla, totesin mielenkiintoiseksi vertailla aikaisemmin esitetyillä kaavioilla laskettuja säästöjä, matemaattisesti keskiarvoilla laskettuihin tuloksiin. Ajatukseni on selvittää vaihtoehto, jossa todettujen toimenpiteiden säästöt lasketaan matemaattisesti seuraavalla kaavalla:

Toimenpiteen säästö/ a = keskiarvolukema x kohteen ala

Taulukko 4 esittää tulokset säästötoimenpiteistä kaavoilla laskettuina sekä MWh/(a,m<sup>2</sup>)-keskiarvoilla laskettuna.

Taulukko 4. Vertailutaulukko säästötoimenpiteistä kaavoilla laskettuna verrattuna MWh/a/m<sup>2</sup>-keskiarvoilla laskettuna.

Toimenpide	Säästö MWh/a	Säästö MWh/a
	Lämpö	Lämpö
		Keskiarvo-arvolla
Termostaattisten patteriventtiilien lisäys	297	339
Lämmitysverkoston perussäätö	723	924
Lämmön talteenoton lisääminen	2959	4206
Rakenteiden lisälämmöneristäminen	476	421
Ikkunoiden tiivistäminen	678	684
Ikkunoiden uusiminen	881	796
Lämmityksen säädön parantaminen	45	38
Vesikalusteiden uusiminen	215	202
Yhteensä	6274	7610

Taulukosta on luettavissa, että suurin ero kohdistuu lämmöntalteenoton lisäämiseen. Lämmöntalteenoton lisäämisen osuus on 47 % kokonaissäästöistä. Keskiarvo-arvoilla laskettuna ero kaavoilla laskettuihin on 42 %. Tutkiessani tuloksia (kuva 2 sekä yhdistelmäraporttia) totesin, että joukossa olleiden liikuntatilojen ilmamääristä johtuen parannukset ovat tiloissa 10 krt suuremmat kuin kouluissa yleensä. Näin ollen keskiarvoilla laskettuna säästötoimenpiteiden tulokset jäävät alhaisemmaksi. Syventymällä kaikkiin laskentatuloksiin ja mahdollisiin virheisiin saavutettaisiin tuloksia, jotka olisivat huomattavasti lähempänä toisiaan.

## 11 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin varhaistettujen energiansäästötoimien vaikutusta Vantaan kaupungin kohteissa vuosina 1995–2007. Hankkeeseen kuului kaksi opinnäytettä ja opiskelijaprojekti. Tutkittavia kohteita oli yhteensä 73. Tarkastelu tehtiin laaditun ohjeistuksen mallien mukaisesti.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin analysoimaan suoritettujen säästötoimenpiteet ja niiden vaikutukset. Tavoitteena oli myös raportoida ongelmakohdat laskennan aikana ja esittää tehtävän aikana todetut aikaa vievät osat. Lisäksi tavoitteena oli esittää ajatuksia laskelmien tehostamistarpeista. Työn tulosten raportointiin sisällytettiin lisäksi 15 kohteen laskenta ja tulokset.

Työn ensimmäinen vaihe oli lähtöaineiston kerääminen. Suunnittelumateriaalia löytyi kiitettävästi kohteista. Kohteissa on rakentamisen aikana urakoitsijoiden toimesta vaihdettu materiaalitoimittajia ja muutettu suunnitelmia. Näiden muutoksien kuuluisi olla luovutuspiirustuksissa esitettyinä. Aineistoa kerätessä osoittautui, että näin ei aina tapahdu. Lisäksi kävi ilmi, että aina ei luovutuspiirustuksia ole luovutettu eikä niitä näin ollen ole myöskään arkistoitu.

Kohteissa on myös tehty erillisiä parannuksia, joita ei ole dokumentoitu piirustuksiin. Tehostamisvaihtoehtona on esitetty ajatus laskea energiasäästöt keskiarvoluvulla. Jatkotutkimustarpeista esittäisin kohteissa käynnit, jotka takaisivat oikeat lähtötiedot laskelmiin sekä lopussa esitetyn laskentamallin jatkotutkimista.

## Lähteet

- 1 Kimari Tomi. Energiasäästötoimien vaikutuksien kartoittaminen. Insinööriyö 2011.
- 2 EU:n ilmasto ja energiapaketti. 2009. Verkkodokumentti. Valtion ympäristöhallinto. <[www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi)>. Päivitetty 8.5.2009. Luettu 17.2.2011.
- 3 Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista 2006/32/EY. 2006. Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto.
- 4 Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa. Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä. 2009. Työ- ja elinkeinoministeriö, Motiva ja insinööritoimisto Olof Granlund Oy.
- 5 Rakentajain kalenteri. 1967–1977. Rakennustietosäitiö RTS.
- 6 Halonen Pekka, sähköinsinööri, Tilakeskus, Vantaan kaupunki, puhelinkeskustelu lokakuussa 2010.
- 7 Tehoweb. 2010. Verkkodokumentti. Vahanen Oy. <<https://tehoweb.com/>> Luettu 10.10.2011