



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

SANNA SAARELA
TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT KIINTEISTÖN
HALTUUNOTOSSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Hannu Ahlstedt
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekuntaneuvoston kokouksessa
5. joulukuuta 2012

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

SAARELA, SANNA: Talotekniset järjestelmät kiinteistön haltuunotossa

Diplomityö, 64 sivua, 10 liitesivua

Huhtikuu 2013

Pääaine: Talotekniikka

Tarkastaja: professori Hannu Ahlstedt

Avainsanat: kiinteistön haltuunotto, kuntoarvio, energiakatselmus, PTS-suunnitelma

Taloudellista ja järjestelmällistä kunnossapitoa varten tarvitaan tietoa kiinteistön nykykunnosta, ennuste tulevista korjauksista sekä ylläpitotoimenpiteistä ja edellä mainittujen ajankohdista ja kustannuksista. Kiinteistön elinkaaren aikana tapahtuu usein muutoksia eli esimerkiksi huoltoliike tai kiinteistön omistaja tai kiinteistön käyttötarkoitus muuttuu. Tällöin taloudellisen ja järjestelmällisen kunnossapidon onnistumista auttaa tehokas haltuunotto. Tässä diplomityössä tavoitteena oli selvittää, kuinka taloteknisten järjestelmien haltuunotto voidaan toteuttaa mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti, ja kehittää tätä tarkoitusta varten työkalu. Haltuunottotyökalu toteutettiin Microsoft Excelillä.

Diplomityö jakautuu kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa esitellään nykyiset menetelmät, joiden avulla voidaan toteuttaa kiinteistön haltuunotto, määrittää nykykunto, muodostaa kiinteistölle PTS-suunnitelma ja kartoittaa kiinteistön energiansäästöpotentiaali. Nämä nykyiset menetelmät ovat energiakatselmus, energiatodistus, kuntoarvio, kuntotutkimus ja huoltokirja. Toisessa osassa esitellään Haltuunottotyökalu, joka koostuu haltuunottotaulukosta, hintalaskurista, energialaskurista, energiansäästöpotentiaalinvälittämistä, toimenpidetaulukosta sekä kiinteistön PTS-suunnitelmasta. Viimeisessä eli kolmannessa osassa havainnollistetaan Haltuunottotyökalun toimintaa tapaustutkimuksen avulla, joka kohdistuu erääseen toimistorakennukseen.

Diplomityössä kehitetyn Haltuunottotyökalun avulla voidaan määrittää kiinteistön nykykunto sekä laitekanta ja muodostaa PTS-suunnitelma. Haltuunottotaulukossa kiinteistön rakenteille ja laitteille määritellään nykykunto perustuen edellä mainittujen tekniseen käyttöikänsä. Lisäksi haltuunottotaulukossa määritellään toimenpiteet, joita kiinteistössä halutaan toteuttaa ja seurataan näiden toimenpiteiden toteuttamisen edistymistä. Hintalaskurin avulla voidaan haltuunottotaulukossa esitellyille toimenpiteille määrittää karkeat hinta-arviot, jotka perustuvat Haahtelan ja Kiiraan Talonrakennuksen kustannustietoon. Energialaskurin avulla käyttäjä voi mallintaa kiinteistön energiansäästöpotentiaalia vertaamalla kiinteistön energiankulutusta vastaavien kiinteistöjen energiankulutuksen mediaaniin. Lisäksi käyttäjä voi tutkia kuinka erilaiset energiansäästötoimenpiteet vaikuttaisivat kiinteistön energiankulutukseen ja mikä näiden toimenpiteiden takaisinmaksuaika olisi. Viimeisenä kiinteistölle muodostetaan PTS-suunnitelma haltuunottotaulukon toimenpiteiden ja hintalaskurin hinta-arvioiden perusteella.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

SAARELA, SANNA: HVAC systems in property take over

Master of Science Thesis, 64 pages, 10 Appendix pages

April 2013

Major: Building Services

Examiner: Professor Hannu Ahlstedt

Keywords: takeover of the building, condition assessment, energy audit, long term renovation plan

Information about a buildings present condition, forecast of future repairs and maintenance operations with estimated time and price are needed for the economic and systematic maintenance of the building. Many changes can occur during the life cycle of the building. For example the maintenance company, owner of the building or even the intended use of the building can change over time. An efficient takeover can help the economic and systematic maintenance to succeed during the changes above. The objective of this thesis is to clarify how the takeover of the HVAC systems can be implemented in the fastest and most cost-efficient way and to develop a tool for that purpose. That tool was implemented with Microsoft Excel.

The thesis consists of three parts. The first part introduces the current methods, which can be used to take over the building, to determine the current condition of the building, to form a long term renovation plan and to identify the buildings energy saving potential. These current methods are energy audit, energy certificate, condition assessment and maintenance manual. The second part introduces a tool for the takeover, which consists of a table for the takeover, a price calculator, an energy calculator, determination of the energy saving potential, table for the actions and the long term renovation plan. The third part of the thesis consists of a case study.

The current condition of the building, building's equipment list and long term renovation plan can be determined with the takeover tool that was developed in this thesis. The current condition of the devices and structures is based on their technical service life and is determined in the table for the takeover. In addition in the table for the takeover the actions regarding the building's maintenance are determined and their progress of the implementation can be monitored. The rough price estimates can be determined with the price calculator for the actions that were introduced in the table for the takeover. With the help of the energy calculator the energy saving potential of the building can be modeled by comparing the energy consumption of the building to the median energy consumption of the equivalent buildings. In addition the user can examine how various energy saving actions would affect the energy consumption of the building and what would be the repayment time of these actions. A long term renovation plan can be formed for the building with help of the actions from the table for the takeover and price-estimates from the price calculator.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty ISS Proko Oy:n ja ISS Palvelut Oy:n toimeksiannon perusteella. Työn tarkastajana toimii professori Hannu Ahlstedt ja työn ohjaajina toimivat ISS Proko Oy:n toimitusjohtaja Harri Väänänen sekä talotekniikkapäällikkö Raimo Sannikka.

ISS Proko Oy:tä ja ISS Palvelut Oy:tä haluan kiittää mielenkiintoisen aiheen tarjoamisesta ja diplomityön tekemisen mahdollistamisesta. Erityisesti haluan kiittää ohjaajiani Harri Väänästä ja Raimo Sannikkaa, professori Hannu Ahlstedtia sekä ISS Palveluiden Kim Lindholmia heidän tuestaan työn eri vaiheissa. Lisäksi suurkiitos kaikille työtovereilleni, jotka väsymättä jaksoivat vastaila kysymyksiini, antaa palautetta diplomityöstä sekä kannustaa minua läpi diplomityöprosessin. Suuret kiitokset myös kotijoukoille kannustuksesta.

Helsingissä 8.4.2013

Sanna Saarela

SISÄLLYS

Tiivistelmä	ii
Abstract	iii
Alkusanat	iv
Termit ja niiden määritelmät	vii
Lyhenteet ja merkinnät	ix
1 Johdanto	1
2 Elinkaariajattelu	3
2.1 Kiinteistön elinkaari	3
2.2 Tekninen käyttöikä	4
3 Nykyiset menetelmät nykykunnonkartoituksen ja PTS-suunnitelman tekemiseksi ..	6
3.1 Energiakatselmus	6
3.2 Energiatodistus	9
3.3 Kuntoarvio	10
3.3.1 Kuntoarvion sisältö	11
3.3.2 Laajennettu energiatalouden selvitys	13
3.3.3 Normitus	14
3.4 Kuntotutkimus	16
3.5 Pitkän aikavälin kunnossapidon suunnittelu	17
3.6 Huoltokirja	17
4 Energialaskenta	19
4.1 Johtumisesta aiheutuva energiantarve	20
4.2 Vuotoilmasta aiheutuva energiantarve	21
4.3 Ilmanvaihdosta aiheutuva energiantarve	22
4.4 Käyttöveden lämmitystarve	24
4.5 Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt	25
4.6 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt	26
4.7 Laitesähkö	28
4.8 Lämpökuormat	29
4.8.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia	29
4.8.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuorma	30
4.8.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuorma	30
4.8.4 Rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia	31
4.8.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia	33
4.9 Jäähdytysenergiantarpeen laskenta	35
4.10 Rakennuksen lämmitysenergiantarve	36
4.11 Rakennuksen ostoenergiantarve	37
5 Energiansäästötoimenpiteitä	39
5.1 Lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen	40
5.2 Ikkunoiden uusiminen	41
6 Prosessikuvaus kiinteistön haltuunotosta	42

6.1	Laitetietojen kerääminen ja tiedonkeruulomake	43
6.2	Ylläpito-organisaation toteuttama kohdekierros	45
6.3	Nykykunnonkartoitus ja PTS:n laadinta	45
7	Excel-pohjainen Haltuunottotyökalu	47
7.1	Haltuunottotaulukko.....	47
7.2	Hintalaskuri	49
7.3	Energialaskuri ja Energiansäästöt	50
7.4	Toimenpidetaulukko ja PTS.....	53
8	Tapaustutkimus	55
8.1	Haltuunottotaulukko ja toimenpidetaulukko.....	55
8.2	Energialaskenta	56
8.3	Energiansäästötoimenpiteet ja PTS-suunnitelma.....	59
9	Johtopäätökset	63
9.1	Haltuunottotyökalun edut.....	63
9.2	Haltuunottotyökalun arviointia ja kehitysideoita	64
	Lähteet.....	65
	Liite 1	68
	Liite 2	69

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Elinkaariajattelu	Elinkaariajattelussa kiinteistölle halutaan mahdollisimman pitkä käyttöikä mahdollisimman edullisin kustannuksin.
Energiakatselmus	Energiakatselmus on tilaajan ja asiantuntijoiden yhdessä toteuttama perusteellinen selvitys kiinteistön ja tuotantoprosessin nykyisestä energiankulutuksesta sekä veden kulutuksesta, ja mahdollisista taloudellisesti kannattavista energiansäästötoimenpiteistä.
Energiatodistus	Energiatodistus mahdollistaa kiinteistöjen energiatehokkuuden vertailun keskenään energiatehokkuusluokkien avulla.
Huoltokirja	Kiinteistön käyttö- ja huolto-ohje sisältää kiinteistön kunnossapidon, hoidon sekä huollon tavoitteet, lähtötiedot ja ohjeet, jotka on tarkoitettu kiinteistön ylläpitäjille ja käyttäjille.
Kiinteistön elinkaari	Kiinteistön elinkaari alkaa raaka-aineen käyttöönotosta ja päättyy uudelleenkäyttöön, kierrätykseen tai loppusijoitukseen. Elinkaari sisältää eri pituisia kunnossapitajaksoja.
Kiinteistön haltuunotto	Kiinteistön haltuunotolla tarkoitetaan tilannetta, kun kiinteistön käyttötarkoitus muuttuu, kiinteistön omistaja vaihtuu tai huoltoliike vaihtuu.
Kiinteistön ylläpito	Kiinteistön ylläpidon tarkoituksena on säilyttää kiinteistön arvo, ominaisuudet ja kunto.

Kuntoarvio	Kuntoarvio antaa puolueettoman kokonaiskuvan kiinteistön nykykunnosta, mahdollisista korjaustoimenpiteistä ja tarvittavista lisätutkimuksista.
Kuntotutkimus	Kuntotutkimus keskittyy yksittäisen laitteen, järjestelmän tai rakennusosan tarkempaan tutkimiseen mittalaitteiden, analysaattorien sekä soveltuvien erikoistyökalujen avulla.
PTS-suunnitelma	Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma eli PTS-suunnitelma antaa tietoa kiinteistön nykyisistä tai tulevista korjaustarpeista sekä niiden ajankohdista ja kustannuksista.
Tekninen käyttöikä	Tekninen käyttöikä on aika, joka alkaa käyttöönotosta ja päättyy, kun rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite ei enää täytä toimivuusvaatimuksia ja se täytyy korvata uudella.

LYHENTEET JA MERKINNÄT

A	rakennusosan pinta-ala [m^2]
A_{br}	rakennuksen bruttoala [m^2]
A_{ikk}	ikkunoiden pinta-ala [m^2]
C_{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti [Wh/K]
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]
$E_{rakennus}$	rakennuksen energiankulutus [kWh]
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
g	valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
$g_{kohtisuora}$	valoaukon auringonsäteilyn kohtisuora kokonaisläpäisykerroin
$G_{säteily,pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia [kWh/m^2]
H	rakennuksen tai tilan ominaislämpöhäviö [W/K]
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö [W/K]
H_{joht}	rakennusosien ominaislämpöhäviö [W/K]
K	toimenpiteen aiheuttamat välittömät kustannukset [€]
k_2	lämmitysenergian kulutuksen paikkakunta-kohtainen kor- jauskerroin Jyväskylään
n	henkilöiden lukumäärä
$n_{vuotoilma}$	rakennuksen vuotoilmakerroin [$1/h$]
Q_{aur}	rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia [kWh]
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia [kWh]
$Q_{henk,omin}$	henkilöiden luovuttama ominaislämpöenergia [kWh/brm^2]
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia [kWh]
$Q_{iv,ei LTO}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman lämmön talteenottoa [kWh]
Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia [kWh]
$Q_{jäähdytys,tilat}$	rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus [kWh]
$Q_{jäähdytys,tilat,netto}$	rakennuksen tilojen jäähdytyksen nettoenergiantarve [kWh]
Q_{kok}	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus [kWh]
Q_{lkv}	käyttöveden lämmityksen energiankulutus [kWh]
$Q_{lkv,netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia [kWh]
$Q_{lkv,häviöt}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö [kWh]

$Q_{lkv,kehityshäviöt}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lkv,kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema energia [kWh]
$Q_{lkv,kiertohäviöt,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämmityksen tarvitsema ominaislämpöenergia [kWh/brm ²]
$Q_{lkv,kuorma}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma [kWh]
$Q_{LTO,LP}$	poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia [kWh]
$Q_{lkv,netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia eli nettoenergiantarve [kWh]
$Q_{lkv,varaajahäviöt}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviö [kWh]
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä lämpöenergia [kWh]
$Q_{lämmin käyttövesi}$	lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia [kWh]
$Q_{lämmitys,kuorma}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma [kWh]
$Q_{lämmitys}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus [kWh]
$Q_{lämmitys,osto}$	rakennukseen ostettavan lämmitysenergiankulutus [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,netto}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,häviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden sekä lämmönsiirtimien lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien (pattereiden ja lattialämmityksen) lämpöhäviöt [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämminvesivaraajan lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämmitys,tuloilmapatteri}$	tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus [kWh]
$Q_{lämpöhäviö}$	rakennuksen lämpöhäviö [kWh]
$Q_{lämpökuorma}$	lämpökuorma [kWh]
Q_{norm}	normitettu lämmitysenergiankulutus [kWh]

$Q_{\text{säh}}$	sähkölaitteista ja valaistuksesta sisälle rakennukseen vapautuva lämpökuorma [kWh]
$Q_{\text{säh,omin}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennukseen sisälle tuleva ominaislämpöenergia [kWh/brm ²]
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	rakennuksen lämmityksessä hyödynnettävä lämpökuorma [kWh]
$Q_{\text{toteutunut}}$	rakennuksen tilojen lämmitykseen kuluva energia [kWh]
$q_{\text{v,lkv,kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta [m ³ /s]
$q_{\text{v,poisto}}$	poistoilmavirta [m ³ /s]
$q_{\text{v,tulo}}$	tuloilmavirta [m ³ /s]
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmitykseen tarvittava energia [kWh]
R	ilmavirtasuhde, lämmöntalteenoton kautta kulkevan tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
S	toimenpiteen aiheuttamat välittömät säästöt [€/a]
S_{Nvpkunta}	normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla [°C vrk]
$S_{\text{toteutunut pkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla [°C vrk]
T	takaisinmaksuaika [a]
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte [h/24h]
$T_{\text{jäte}}$	jäteilman lämpötila [°C]
$T_{\text{maa,vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila [°C]
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila [°C]
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila [°C]
$T_{\text{lkv,kierto,paluu}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluuveden lämpötila [°C]
T_s	sisäilman lämpötila [°C]
$T_{\text{s,lask,keskim}}$	laskennallinen kuukauden keskimääräinen sisäilman lämpötila [°C]
T_{tulo}	tuloilman lämpötilan asetusarvo [°C]
T_u	ulkoilman lämpötila [°C]
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte [vrk/7vrk]
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin [W/m ² K]
V	rakennuksen ilmatilavuus [m ³]
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus [m ³]
$V_{\text{lkv,omin}}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus [dm ³ /brm ²]

$V_{\text{lkv,omin,henk}}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus [$\text{dm}^3/\text{henkilö vuorokaudessa}$]
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus [kWh]
$W_{\text{laitesähkö}}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus [kWh]
$W_{\text{muut laitteet}}$	laitteiden sähköenergiankulutus [kWh]
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus [kWh]
γ	lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin
Δt	ajanjakson pituus [h]
$\Delta T_{\text{maa,vuosi}}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero [$^{\circ}\text{C}$]
ϵ_{LP}	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin
η_{a}	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde
$\eta_{\text{jäähditys,tilat}}$	tilojen jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde
$\eta_{\text{lämmitys}}$	lämmöntuotantolaitteen vuosihyötysuhde
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
$\eta_{\text{t,a}}$	lämmöntalteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde
τ	rakennuksen aikavakio [h]
ρ_{i}	ilman tiheys [kg/m^3]
ρ_{v}	veden tiheys [kg/m^3]

1 JOHDANTO

Kiinteistölle toivotaan mahdollisimman pitkää käyttöikää mahdollisimman edullisin kustannuksin. Tämä edellyttää, että kiinteistön rakennusosat ovat kestäviä, laitteiden ja järjestelmien tekninen käyttöikä on mahdollisimman pitkä, kiinteistön ylläpito taloudellista ja energiankulutus mahdollisimman pientä. Edellä mainitut asiat mahdollistaa taloudellinen ja järjestelmällinen kunnossapito, jota varten tarvitaan tietoa kiinteistön nykyisestä kunnosta, sekä ennuste tulevista korjauksista ja ylläpitotoimista kustannuksiin ja ajankohtineen. Nämä tarpeet voidaan täyttää tehokkaalla haltuunotolla.

Tässä diplomityössä tarkastellaan taloteknisten järjestelmien haltuunottoa uudessa asiakkuudessa teknisestä näkökulmasta. Diplomityön tutkimusongelmaksi muotoutui kysymys siitä, kuinka suorittaa uuden asiakkuuden haltuunotto mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti. Kiinteistön haltuunotolla tarkoitetaan tilannetta, kun kiinteistön käyttötarkoitus muuttuu, kiinteistön omistaja vaihtuu tai huoltoliike vaihtuu. Haltuunoton yhteydessä määritellään kiinteistön nykykunto ja kiinteistön ylläpitotoimenpiteet, hinnoitellaan ylläpitotoimenpiteet sekä kartoitetaan mahdolliset energiansäästötoimenpiteet. Tutkimuksen toteuttaminen on perusteltua ja tutkimuksen tilaajalla on tarvetta luodulle työkalulle, sillä tilaajayrityksen liiketoiminnan kasvun perustana toimivat uudet ideat ja kannattavuuden lisääminen tapahtuu kustannustehokkailla ratkaisuilla. Tutkimusongelman ratkaisemiseksi selvitetään vastaus kahteen tutkimuskysymykseen, jotka ovat:

1. Millaisia ominaisuuksia kiinteistöltä toivotaan haltuunoton jälkeen?
2. Millä menetelmillä uuden asiakkuuden haltuunotto voidaan toteuttaa nykyään?

Tutkimus koostuu kolmesta osasta. Ensimmäinen osa on kirjallisuusselvitys, jossa vastataan tutkimuskysymyksiin esittelemällä elinkaariajattelua sekä nykyiset menetelmät haltuunoton toteuttamiseksi ja energiansäästöpotentiaalin kartoittamiseksi. Nämä menetelmät ovat energiakatselmus, energiatodistus, kuntoarvio, kuntotutkimus ja huoltokirja. Toisessa eli toiminnallisessa osassa tilaajan toivoma Haltuunottotyökalu toteutetaan Microsoft Excel 2010 -työkalulla, jossa lomakkeiden ohjelmointi toteutetaan VBA:n eli Visual Basic of Applicationsin avulla. Työkalu sisältää haltuunottotaulukon, energialaskurin, hintalaskurin sekä näistä koostetun pitkän aikavälin kunnossapidon suunnitelman eli PTS-suunnitelman. Haltuunottotaulukon avulla käyttäjä voi selvittää kiinteistön nykykunnan, määrittää tarvittavat toimenpiteet ja seurata niiden toteutumista. Hintalaskurin avulla käyttäjän on mahdollista selvittää toimenpiteille karkeat hinta-arviot, jotka perustuvat Haahtelan ja Kiiraan Talonrakennuksen kustannustieto 2011 -

teokseen. Energialaskurin avulla käyttäjä voi karkeasti mallintaa kiinteistön energiankulutusta, tutkia miten erilaiset energiansäästötoimenpiteet vaikuttaisivat energiankulutukseen ja laskea energiansäästötoimenpiteille suora takaisinmaksuaika. Haltuunottotaulukko ja energialaskuri käsittelevät kaikkia kiinteistön laitteita, järjestelmiä ja rakenteita, mutta hintalaskuri on rajattu käsittelemään vain talotekniikkaa. Kolmannessa osassa toteutetaan tapaustutkimus, jossa sovelletaan työssä kehitettyä Haltuunottotyökalua käytäntöön. Tapaustutkimus kohdistuu erääseen toimistorakennukseen.

2 ELINKAARIAJATTELU

Elinkaariajattelu perustuu siihen, että kiinteistölle halutaan mahdollisimman pitkä käyttöikä mahdollisimman edullisin kustannuksin. Tällöin kiinteistön rakennusosien täytyy olla kestäviä, järjestelmien sekä laitteiden teknisten käyttöikien tulee olla mahdollisimman pitkiä, energiakulutuksen pientä ja ylläpidon taloudellista. Lisäksi kiinteistön tulee olla helposti muunneltavissa vastaamaan erilaisia käyttötarkoituksia. Edellä listatut asiat ovat ominaisuuksia, joihin pyritään tässä diplomityössä kuvatun haltuunotto-prosessin perusteella muodostettujen toimenpide-ehtotusten avulla. (Myyryläinen 2008)

Elinkaariajatteluun kannustavat myös määräykset, sillä Suomi on mukana EU:n vuonna 2008 hyväksymässä ilmasto- ja energiavelvoitteessa, jonka mukaan kaikkien EU:n jäsenmaiden tulee vähentää vuoteen 2020 mennessä 20 % kasvihuonekaasujen päästöjä vuoden 1990 päästöjen tasosta. Lisäksi energiatehokkuutta tulee lisätä 20 % vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. (Valtion ympäristöhallinto 2012)

2.1 Kiinteistön elinkaari

Kuvassa 2.1 esitellään rakennuksen elinkaari, joka alkaa raaka-aineen käyttöönotosta ja päättyy kierrätykseen, uudelleen käyttöön tai loppusijoitukseen. Lisäksi esitellään myös rakennuksen elinkaareen sisältyviä erilaisia jaksoja.



Kuva 2.1. Rakennuksen elinkaari (Myyryläinen 2008).

Rakennuksen hyötykäytön kannalta elinkaaren tärkein osa on käyttöikä, joka alkaa rakennuksen käyttöönotosta ja jonka aikana rakenteet ja rakennusosat toimivat moitteettomasti. Rakennuksen käyttöikä voidaan saavuttaa vain oikea-aikaisella kunnossapidolla ja huollolla, sekä huoltamalla eri rakennusosia oikein. Käyttöikä voi myös päättyä en-

nenaikaisesti, jos rakennuksessa joudutaan toteuttamaan muutosrakentamista tai rakennusta ei ylläpidetä oikein. Käyttöiän päättyessä kunnossapito ei enää ole taloudellisesti kannattavaa ja alkaa rakennuksen turmeltuminen, jonka aikana rakennuksen toimivuus ei täytä asetettuja vaatimuksia. Lopulta rakennus on kunnossapidon puutteen vuoksi niin huonossa kunnossa, että se täytyy purkaa, jolloin rakennuksen kestoikä päättyy. Toinen vaihtoehto on turmeltumisen alkaessa käyttää rakennusta uudelleen erilaisella käyttötarkoituksella tai kierrättää osia rakennuksesta tai sen laitteista ja järjestelmistä. (Tiula 2000; Myyryläinen 2008)

Rakennuksen elinkaari sisältää eri pituisia kunnossapitopaketteja eli keskimääräisiä aikavälejä, joiden jälkeen tietty kunnossapitotoimenpide tehdään uudelleen. Kunnossapidossa järjestelmä, laite, rakennusosa tai rakenne korjataan joko osittain uusimalla, kunnostamalla, täydentämällä tai pinnoittamalla. Kiinteistön kunnossapitopakettit löytyvät KH-90-00403 -kortilta. (KH 90-00403 2008)

2.2 Tekninen käyttöikä

Kiinteistö sisältää erilaisia rakennusosia, laitteita ja järjestelmiä, joille voidaan ennustaa kokemukseen tai tutkimuksiin perustuvat todennäköiset käyttöiät. Tekninen käyttöikä on aika, joka alkaa käyttöönotosta ja päättyy, kun rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite ei enää täytä toimivuusvaatimuksia ja se täytyy korvata uudella. On tärkeää ottaa huomioon, että varsinkin taloteknisten laitteiden taloudellinen käyttöikä saattaa olla huomattavasti lyhyempi kuin tekninen käyttöikä. Vanhempi laite saattaa esimerkiksi kuluttaa enemmän sähköä kuin uudempi ja teknisesti kehittyneempi laite, tai vanhemman laitteen ylläpito- ja huoltokustannukset saattavat nousta niin korkeiksi, että laite kannattaa uusia ennen sen teknisen käyttöiän päättymistä. (KH 90-00403 2008)

Rakennuksen ja sen järjestelmien sekä laitteiden tekniset käyttöiät on määritelty KH-kortissa Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitopakettit. Kuvassa 2.2 esitellään esimerkkinä yksi sivu kyseisestä kortista. Todelliset tekniset käyttöiät saattavat vaihdella paljon esimerkiksi laitteiston iän ja erilaisten käyttö-, ympäristö- ja rasitusolosuhteiden takia. (KH 90-00403 2008)

Tunnus	Nimikkeen otsikko, määritelmä	Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet		Huomautuksia
			vuotta (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä)			Tarkastusväli vuotta	Huoltoväli / kunnossapitajakso vuotta	
			Rasitusluokka	1 vaikea	2 normaali	3 kevyt		
2	TALOTEKNIikka							
21	LVI-järjestelmät							
	LVI-osuus TalotekniikkaRYL 2002 -nimikkeistöä soveltaen							
G1	Lämmitysjärjestelmät							
G11	Lämmöntuotanto							
G1110	Kauko- ja aluelämpö							
G1111	Lämmönjakokeskukset						12 kk, kun ikä <10 a 4 kk, kun ikä 10...20 a 1 kk, kun ikä >20 a	Lämmönjakokeskuksen käyttöikä tarkastellaan kokonaisuutena.
G1112	Lämmönsiirtimet							Tarkastusväli riippuu siirtimen iästä.
	HST-levylämmönsiirtimet, kovajuotoksin			20				
	Kupariputkilämmönsiirtimet	...2000		20				
	Kumitiivisteellinen levylämmönsiirtimet	...1990		10			Pulttien kiristys, tiivisteiden vaihto	
	Teräsputkilämmönsiirtimet	...1990		20...30				
G1120	Öljylämmitys							
G1121	Öljysäiliöt						12 kk, kun ikä <10 a 4 kk, kun ikä 10...20 a 1 kk, kun ikä >20 a	Kondenssiveden poisto Säännös KTMp 344/1983 Öljysäiliön tarkastus tulee tilata viranomaisen hyväksymältä tarkastusliikkeeltä. Öljysäiliöiden ja suoja-aitaiden kuntoa on tarkkailtava säännöllisesti.
	Öljysäiliöt, muovia, sisätiloissa	1980...		50				
	Öljysäiliöt, muovia, maassa	1980...		40				
	Öljysäiliöt, terästä, sisätiloissa	...1990		40			alle 15 a, puhdistus	Kondenssivesivaara. Sisäpuoliseen syöpymiseen vaikuttavat vesi ja epäpuhtaudet säiliön pohjassa.
	Öljysäiliöt, terästä, maassa	...1990		20			alle 15 a, puhdistus	
	Öljysäiliöt, terästä, maassa betonibunkkerissa	...1990		30			alle 15 a, puhdistus	
	Öljysäiliöt, terästä, ulkona	...1980		40			alle 15 a, puhdistus	

Kuva 2.2. Tekniset käyttöiät (KH 90-00403, 2008).

3 NYKYISET MENETELMÄT NYKYKUNNON-KARTOITUKSEN JA PTS-SUUNNITELMAN TEKEMISEKSI

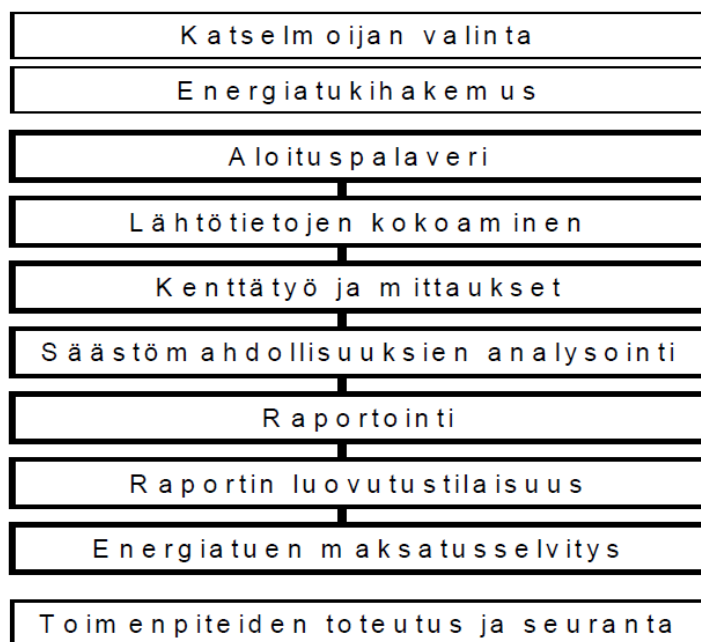
Tämän diplomityön tilaajana toimii yritys, jonka palveluliiketoiminta on asiakaslähtöistä. Tilaajan liiketoiminnan kasvun ja kannattavuuden perustana toimivat uudet ideat sekä osaaminen, ja kannattavuuden parantamiseen taas vaaditaan kustannustehokasta palvelukehitystä. Tässä diplomityössä tarkoituksena on luoda asiakkaille markkinoitava uudenlainen prosessi, jonka avulla kiinteistön haltuunotto ja PTS-suunnitelman koostaminen voidaan toteuttaa mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti elinkaarijattelua toteuttaen. On tärkeää muistaa, että asiakas ei aina itse ole tietoinen siitä, mitä hän tarvitsee, tai ei tunne uusimpia teknisiä ratkaisuja, ja tällöin asiakaslähtöisyys tarkoittaa sitä, että palveluyritys kykenee tarjoamaan ratkaisut näihin asiakkaan ongelmiin. (Arantola et al. 2009)

Tässä luvussa esitellään erilaisia menetelmiä, joiden avulla haltuunotto voidaan nykyään toteuttaa tai joiden avulla haltuunottoa voidaan tehostaa. Näistä menetelmistä on koostettu tilaajan toivoma PTS-malli. Nykyiset menetelmät ovat energiakatselmus, energiatodistus, kuntoarvio, kuntotutkimus ja huoltokirja.

3.1 Energiakatselmus

Energiakatselmus on tilaajan ja asiantuntijoiden yhdessä toteuttama perusteellinen selvitys kiinteistön ja tuotantoprosessin nykyisestä energiankulutuksesta ja veden kulutuksesta sekä mahdollisista taloudellisesti kannattavista energiansäästötoimenpiteistä. Energiakatselmukseen sisältyy kohteena olevan kiinteistön sähkön, lämmön ja veden säästömahdollisuuksien kartoittaminen. Energiakatselmuksessa pyritään siihen, että energiankulutus ja energiakustannukset sekä samalla energiankäytöstä aiheutuvat CO₂-päästöt vähenevät. (Motiva 2010) Motivan (2004) Kiinteistön energiakatselmuksen toteutus- ja raportointiohjeen mukaan sellaisissa kohteissa, joissa joko lämpöä tai sähköä tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla tai kohteessa on sähkölämmitys, tarkastellaan aina myös mahdollisuutta uusiutuvien energialähteiden käyttöön.

Energiakatselmushanke on kymmenvaiheinen prosessi, joka esitellään Motivan (2010) Energiakatselmustoiminnan yleisohjeessa ja jonka pääpiirteet ovat listattuna Kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Energiakatselmushankkeen vaiheet (Motiva 2010).

Hanke alkaa katselmoijien valinnasta, jolloin energiakatselmuksen tilaaja valitsee katselmoijat esimerkiksi katselmoijan asiantuntemuksen ja tarjotun hinnan perusteella. Tässä vaiheessa valitaan myös katselmusmalli kohteen rakennustilavuuden, rakennustyyppin, energiatyyppin ja katselmuksen tavoitteiden mukaan keskittyen joko palvelu-, teollisuus- tai energia-alaan. (Motiva 2010; KH 90-00336 2003) Tämän jälkeen katselmuksen tilaajan tehtävä on toimittaa energiaturihakemus ELY-keskukseen eli Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukseen ennen hankkeen käynnistämistä. Vasta tukihakemuksen toimittamisen jälkeen voidaan tehdä sitova tilaus tai sopimus energiakatselmoijien kanssa. (Motiva 2010)

Energiakatselmus alkaa aina aloituspalaverilla, jossa sovitaan aikatauluista, painotuksista ja muista yksityiskohdista. Tämän jälkeen katselmoijat perehtyvät kohteena olevan kiinteistön lähtötietoihin saadakseen yleiskuvan kiinteistöstä ja sen energiataloudesta. Näitä lähtötietoja ovat esimerkiksi 3-5 vuotta vanhat energian- ja vedenkulutus-tiedot, päivitetty LVISA-piirustukset sekä kohteesta toteutetut tutkimukset ja selvitykset. Lähtötietoihin tutustumisen jälkeen katselmoijat toteuttavat kohdekierroksen, jossa haastatellaan tilan käyttäjiä ja huoltohenkilökuntaa sekä käydään kenttätyönä läpi kohteen sähköä, vettä, lämpöä ja polttoainetta käyttävät järjestelmät ja laitteet. Kohdekierroksella selvitetään myös mittausten ja havaintojen avulla energiankulutuksen säästömahdollisuudet ja painopisteet. Kohdekierroksen jälkeen energiakatselmoijat määrittävät ja analysoivat mahdolliset energian säästötoimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on korkeintaan 10 vuotta. (Motiva 2010; Myyryläinen 2008)

Energiakatselmoijat esittelevät saamansa tulokset katselmusraportissa, joka kootaan Motivan ohjeiden mukaan tiiviiksi ja selkeäksi. Raportissa esitetään toimenpideehdotukset ja säästömahdollisuudet taulukkomuodossa ja kulutusjakaumat sekä toimenpiteiden havainnollistamiset kuvina ja kaavioina. Katselmusraportista tulee välittyä

energiansäästötoimenpiteiden kustannusarvio, vaikutukset energian ja veden kulutukseen ja niiden säästöön, CO₂-päästöjen suuruus sekä toimenpiteiden takaisinmaksuaika. Kun raportti on valmis, esitellään sen tulokset ja toimenpide-ehdotukset tilaajalle katselmusraportin luovutustilaisuudessa, ja tällöin myös kirjataan ylös sovitut jatkotoimenpiteet. Luovutustilaisuuden jälkeen energiakatselmoijat käyvät kohteen käyttäjien ja huoltohenkilökunnan kanssa läpi kaikki kiinteistön energiatalouteen liittyvät toimenpiteet eli esimerkiksi asetusarvot ja aikaohjaukset sekä toimintatavat, joita muuttamalla saadaan aikaan energiansäästöä. (Motiva 2010)

Energiakatselmushankkeen valmistuttua tilaaja toimittaa energiatuen myöntäjälle energiatuen maksatusselvityksen, josta käy ilmi hankkeen lopullinen rahoitus ja toteutuneet kustannukset. Tämän jälkeen energiakatselmoijien velvollisuutena on seurata, että katselmusraportissa esitetyt energiansäästötoimenpiteet toteutetaan. (Motiva 2010)

Energiakatselmuksessa kiinteistön lämmön ja sähkön ominaiskulutuksia voidaan verrata Motivan keräämiin palvelusektorin eri rakennustyyppien ominaiskulutuksen mediaaneihin. Nämä mediaanit perustuvat lähes 4500:sta energiakatselmuskohteesta kerättyihin energiankulutustietoihin. Vertailussa tulee kuitenkin muistaa se, että ominaiskulutuksen mediaanin avulla voidaan vain karkeasti arvioida kiinteistön energiatehokkuutta tai säästöpotentiaalia, sillä vertailukohteita ei ole jaoteltu kiinteistön iän tai koon mukaan eikä kohteiden erilaisia teknisiä ratkaisuja ole otettu huomioon. Taulukossa 3.1 esitellään palvelusektorin erilaisten rakennustyyppien lämmön ominaiskulutuksen mediaaneja. Sähkön ominaiskulutuksen mediaanit löytyvät liitteestä 1. (Motiva 2012c)

Taulukko 3.1. Palvelusektorin lämmön ominaiskulutuksen mediaanit rakennustyypeittäin (Motiva 2012c).

Rakennustyyppi	Lämmön ominaiskulutus [kWh/m ³]
Myyväläarakennukset (poislukien liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	28,6
Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	26,2
Majoitusliikerakennukset	63,6
Asuntolarakennukset	39,8
Ravintolat yms.	46,1
Toimistorakennukset (kaikki)	34,8
Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	40,0
Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	33,8
Liikenteen rakennukset	31,7
Terveystieteiden rakennukset (poislukien Terveyskeskukset ja -asemat)	58,1
Terveystieteidenkeskukset ja -asemat	57,9
Huoltolaitosrakennukset (poislukien vanhainkodit)	76,5
Vanhainkodit	61,4
Muut sosiaalitoimen rakennukset (poislukien päiväkodit)	55,1
Päiväkodit	56,0
Teatteri- ja konserttirakennukset	35,1
Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	34,2
Seura- ja kerhorakennukset	44,7
Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset	45,2
Urheilu- ja kuntoilurakennukset (poislukien jää- ja uimahallit)	34,4
Jäähallit	15,7
Uimahallit	93,9
Muut kokoontumisrakennukset	38,6
Yleisivistävien oppilaitosten rakennukset	41,8
Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	40,6
Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	38,1
Muut opetusrakennukset	43,0
Varastorakennukset	22,5
Palo- ja pelastustoimen rakennukset	26,6
Muut maatalousrakennukset	78,0
Muut rakennukset	34,6

3.2 Energiatodistus

Energiatodistusten käytön taustalla on EU:n energiatehokkuutta koskeva direktiivi, jonka tavoitteena on parantaa vuoteen 2020 mennessä rakennusten energiatehokkuutta ja vähentää hiilidioksidipäästöjä viidenneksellä vuoden 1990 tasosta. Tässä apuna toimii energiatodistus, joka mahdollistaa kiinteistöjen energiatehokkuuden vertailun keskenään. (Myyryläinen 2008) Motivan ylläpitämän Energiatodistus-sivuston (2012a) mukaan energiatodistus vaaditaan kaikilta uudisrakennuksilta rakennuslupaa haettaessa, myös pientaloilta. Poikkeuksena edellä mainitusta ovat vapaa-ajan asunnot ja teollisuusrakennukset, joille energiatodistusta ei tarvitse tehdä. Vuodesta 2009 asti energiatodistus on vaadittu myös olemassa olevilta kiinteistöiltä silloin, kun kiinteistö tai sen tiloja myydään tai vuokrataan. Tämä ei kuitenkaan koske olemassa olevia pientaloja eikä alle kuuden asunnon kiinteistöjä, joille energiatodistus on vapaaehtoinen. Rakennuslupame-

nettelyn yhteydessä myönnetty energiatodistus on alle kuuden asunnon kiinteistöille voimassa kymmenen vuotta ja yli kuuden asunnon kiinteistöille neljä vuotta. Energia-katselmuksen yhteydessä annettu energiatodistus ja erillinen energiatodistus ovat voimassa kymmenen vuotta ja isännöitsijätodistuksen yhteydessä annettava energiatodistus on voimassa vuoden, jolloin se päivitetään edellisen vuoden energiakulutuksen mukaan. (Myyryläinen 2008)

Energiatodistuksesta käy ilmi kiinteistön tarvitsema lämmitysenergia, kiinteistö- ja laitesähkö sekä jäähdytysenergia. Näiden avulla lasketaan kiinteistön bruttoalaan suhteutettu energiatehokkuusluku, jonka avulla määritellään rakennuksen energialuokka. Paras energialuokka on A ja eniten energiaa kuluttaa energialuokassa G oleva rakennus. Taulukossa 3.2 esitellään erilaisten rakennustyyppien energialuokat. Esimerkiksi vuoden 2008 tason rakentamismääräysten mukaan rakennettu kiinteistö sijoittuu normaalisti energialuokkaan D. Hyvään energialuokkaan päästäkseen kiinteistössä täytyy olla hyvä ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämmöneristys, kiinteistön täytyy olla tiivis ja lämmöntalteenoton tehokas. (Energiatodistus 2012a)

Taulukko 3.2. *Energiatehokkuusluokat rakennustyypeittäin. (Ympäristöministeriö 2007a).*

Rakennustyyppi	Energiatehokkuusluokka [kWh/(m ² a)]						
	A	B	C	D	E	F	G
Pienet asuinrakennukset	-150	151-170	171-190	191-230	231-270	271-320	321-
Suuret asuinrakennukset	-100	101-120	121-140	141-180	181-230	231-280	281-
Toimistorakennukset	-90	91-110	111-130	131-170	171-230	231-320	321-
Liikerakennukset	-140	141-180	181-220	221-280	281-360	361-440	441-
Opetusrakennukset	-120	121-150	151-190	191-230	231-300	301-400	401-
Päiväkodit	-140	141-180	181-230	231-300	301-390	391-500	501-
Terveystoimintarakennukset	-160	161-200	201-260	261-340	341-450	451-600	601-
Kokoontumisrakennukset (pl. uimahallit)	-110	111-140	141-180	181-240	241-330	331-450	451-
Uimahallit	-300	301-410	411-530	531-670	671-860	861-1200	1201-
Muut rakennukset	-110	111-150	151-200	201-280	281-420	421-660	661-

3.3 Kuntoarvio

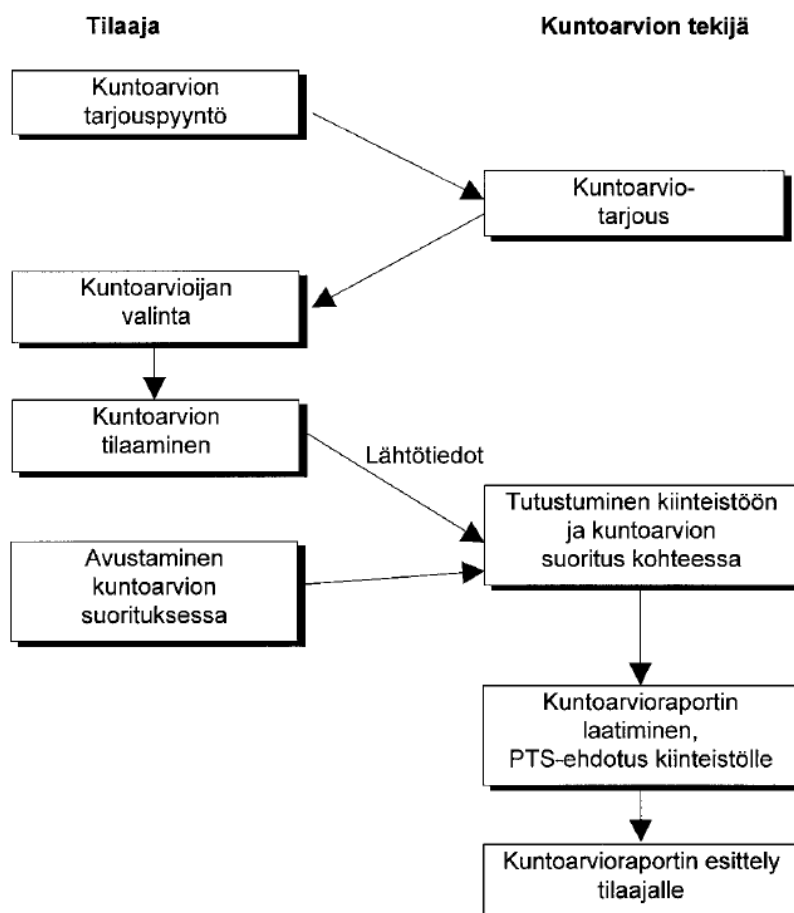
Kiinteistön kunnossapitoa tulisi toteuttaa järjestelmällisesti, teknisesti hallitusti sekä mahdollisimman taloudellisesti. Tämä onnistuu parhaiten, jos tiedossa on kiinteistön nykykunto ja mahdollisimman luotettava ennuste tulevasta korjaustoimista sekä niiden kustannuksista ja aikataulusta. Tässä apuna toimii kuntoarvio, joka antaa puolueettoman kokonaiskuvan kiinteistön nykykunnosta, mahdollisista korjaustoimenpiteistä ja tarvittavista lisätutkimuksista. Kuntoarvion tarkoituksena on kerätä lähtötiedot kunnossapito-suunnittelua varten, ja se päivitetään tai uusitaan säännöllisesti noin viiden vuoden välein. Kuntoarvioraportissa esitellään kuntoarvioijien omat käsitykset kiinteistön rakenteiden ja järjestelmien kunnosta, ja lisäksi esitellään kunnossapito- ja korjaustoimenpiteistä muodostuva PTS-suunnitelmaehdotus. Tämän jälkeen raportti esitellään tilaajalle, ja tämän perusteella tilaaja päättää tarvitaanko lisätutkimuksia sekä laatii tai hyväksyy käytettävissä olevien resurssien pohjalta kiinteistön kunnossapitosuunnitelman, jossa

esitetään kunnossapitotoimenpiteiden aikataulut ja karkeat hinta-arviot. Kuntoarviossa kerättyjä tietoja voidaan käyttää kunnossapitosuunnitelman laatimisen lisäksi myös kiinteistön huoltokirjan päivittämiseen tai luomiseen, mutta kuntoarvion yhteydessä huoltokirjaa ei täytetä. (KH 90-00245 1998)

Kuntoarvion yhteydessä on tärkeää muistaa, että toisin kuin kuntotutkimus, kuntoarvio perustuu ainetta rikkomattomiin menetelmiin eli kiinteistöä arvioidaan aistinvaraisesti ja kokemusperäisesti. Tarvittaessa voidaan tehdä myös ainetta rikkomattomia mittauksia. (Myyryläinen 2008; KH 90-00490 2012) Kuntoarvion toteuttavat rakennustekniikan, LVI-tekniikan ja sähkötekniikan asiantuntijat, joilla on riittävästi kokemusta ja vaadittava koulutus joko rakennustekniikan tai talotekniikan alalta. Lisäksi kuntoarvioijalla tulee olla kokemusta suunnittelu-, urakointi- tai valvontatehtävistä. Kuntoarvioijalla tulee olla myös perustiedot energiankulutuksen arvioinnista ja erilaisista energiansäästämahdollisuuksista sekä perustiedot muista tekniikan osa-alueista, joita kuntoarvion aikana tutkitaan. (KH 90-00490 2012)

3.3.1 Kuntoarvion sisältö

Kuvassa 3.2 esitellään kuntoarvion eteneminen vaiheittain.



Kuva 3.2. Kuntoarvion prosessikaavio (KH 90-00245 1998).

Ensimmäinen vaihe on tilaajan tuottama kuntoarvion tarjouspyyntö. Kuntoarvion voi tehdä joko ulkopuolinen konsultti tai tilaajan oma huolto-organisaatio. Ulkopuolisen konsultin käytön etuna on se, että konsultti tarkastelee kiinteistöä objektiivisesti ja mahdollisesti huomaa helpommin myös huoltotoimintaa koskevia kehitysehdotuksia. Jos kuntoarvio päätetään antaa tilaajan organisaation ulkopuolisen konsultin tehtäväksi, alkaa kuntoarvioprosessi kuntoarvion tarjouspyynnöllä. Tarjouspyynnössä ilmoitetaan kuntoarvion haluttu laajuus, sisältö ja raportointitapa. (KH 90-00245 1998)

Tarjouspyyntöihin vastaavat kuntoarviotarjouksella yleensä kolmen henkilön kuntoarvioryhmät, joihin kuuluu lvi-tekniikan, rakennustekniikan sekä sähkötekniikan asiantuntijat. Kuntoarvioryhmän on tärkeää toimia tiiviisti yhdessä ja vaihtaa tietoja koko kuntoarvion suorittamisen ajan alkaen suunnittelusta ja päättyen kuntoarvioraportin laadintaan. Kuntoarviotarjouksien perusteella tilaaja valitsee kuntoarvioijaryhmän ammattitaidon, kokemuksen, luotettavuuden, tehokkuuden ja kustannusten perusteella painottaen kokonaistaloudellista edullisuutta. Valitun kuntoarvioryhmän kanssa tehdään kuntoarviosopimus. (KH 90-00245 1998)

Kuntoarvioijien valinnan jälkeen tilaajan tulee toimittaa kuntoarvioryhmälle kiinteistön lähtötiedot, joihin sisältyvät esimerkiksi kiinteistön rakennusvuosi ja pinta-ala, kiinteistön piirustukset sekä vanhat kuntoarvio- ja kuntotutkimusraportit. Lähtötietojen avulla kuntoarvioryhmä tutustuu etukäteen kiinteistöön ja suunnittelee tarkastuskierroksen etenemisjärjestyksen ja painotettavat asiat. Lähtötietoihin voi kuulua myös kiinteistössä toteutettu käyttäjäkysely, jonka avulla saadaan selville käyttäjien näkemys kiinteistön tilojen, rakennusosien ja laitteiden kunnosta. (KH 90-00245 1998)

Lähtötietoihin tutustumisen jälkeen seuraa kiinteistötarkastus, jonka aikana tutkitaan kiinteistön nykytila, kirjataan ja arvioidaan nykyiset ja mahdollisesti lähitulevaisuudessa syntyvät vauriot sekä kirjataan muita havaintoja. Kiinteistötarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraaviin kiinteistön osa-alueisiin ja järjestelmiin:

- maanrakennus ja piha-alueet
- rakennusosat ja rakenteet
- LVIA-järjestelmät
- sähkö-, tieto- ja teletekniikka
- energiatalous
- sisäilma ja -olosuhteet

Kiinteistötarkastuksen jälkeen kuntoarvioryhmä laatii kohteesta kuntoarvioraportin. Raportti sisältää tekstiosan, jossa kuvaillaan kohteen nykykunto, listataan toimenpideehdotukset kiinteistön kunnan säilyttämiseksi tai parantamiseksi sekä esitellään mahdolliset tarvittavat lisätutkimukset. Lisäksi kuntoarvioraportti sisältää kiinteistön kunnossapidon pitkän tähtäimen suunnitelman eli PTS-suunnitelman. Toimenpideehdotukset PTS-suunnitelmassa sisältävät karkean kustannusarvion, arvion toteuttamisajankohdasta ja tarvittaessa vaihtoehtoisia korjaustapoja. (KH 90-00245 1998)

3.3.2 Laajennettu energiatalouden selvitys

Asuinkiinteistöissä rakennuksen lämmitysenergian, sähköenergian ja käyttöveden kulutukset selvitetään kuntoarvion yhteydessä yleensä kolmen viimeisen vuoden ajalta. Lämmitysenergian kulutuksen määrä normitetaan vastaamaan lämmitystarvelukua, jotta kiinteistön lämmitysenergiankulutusta voidaan vertailla esimerkiksi eri kunnissa sijaitsevien kiinteistöjen lämmitysenergian ominaiskulutuksiin tai kiinteistön lämmitysenergiankulutusta voidaan vertailla keskenään eri vuosina. Saatua normitettua kulutusta verrataan taulukossa 3.3 esitettyihin lämmitysenergian kulutuksen vertailuarvoihin. Jos normitettu lämmitysenergian kulutus eroaa vertailuarvosta yli 20 %, suositellaan tehtäväksi laajennettu energiatalouden selvitys. Normitus voidaan toteuttaa tässä diplomityössä kehitetty energiaskurin avulla (KH 90-00490 2012)

Taulukko 3.3. Lämmitysenergian kulutuksen vertailuarvot paikkakunnittain (KH 90-00490 2012).

Lämmitysenergian kulutuksen vertailuarvot	E-Suomi	K-Suomi	P-Suomi	E-Suomi	K-Suomi	P-Suomi
Asuinkerrostalot	kWh/rm ³	kWh/rm ³	kWh/rm ³	kWh/asm ²	kWh/asm ²	kWh/asm ²
- rakennettu ennen vuotta 1965	50	55	60	250	275	300
- rakennettu ennen vuotta 1975	45	50	55	190	210	245
- rakennettu ennen vuotta 1985	40	45	50	170	190	220
- rakennettu ennen vuotta 2005	35	40	45	150	170	190
- rakennettu vuoden 2005 jälkeen	30	35	40	135	150	165
Rivitalot	kWh/rm ³	kWh/rm ³	kWh/rm ³	kWh/asm ²	kWh/asm ²	kWh/asm ²
- rakennettu ennen vuotta 1965	80	90	100	320	360	400
- rakennettu ennen vuotta 1975	75	85	95	290	320	350
- rakennettu ennen vuotta 1985	50	55	60	200	220	240
- rakennettu ennen vuotta 2005	35	40	45	130	150	170
- rakennettu vuoden 2005 jälkeen	30	35	40	120	140	160
Kiinteistösähkön kulutuksen vertailuarvot	kWh/rm ³	kWh/rm ³	kWh/rm ³	HUOM: Kohteessa mitatut lämmitysenergian menekit muutetaan normaalivuoden kulutukseksi lämmitystarveluvun avulla.		
Asuinkerrostalo, ei hissiä, ei kylmäsäilytystiloja	2	3	4			
Asuinkerrostalo, hissi, kylmäkellari	3	4	5			
Rivitalo, ei kylmäsäilytystiloja, yhteissauna	3	5	8			
Käyttöveden kulutuksen vertailuarvot (l/as/vrk)	alhainen	normaali	korkea			
Asuinkerrostalo tai rivitalo, ei asuntokohtaista mittausta	100	150	200			
Asuinkerrostalo tai rivitalo, asuntokohtainen kulutusmittaus	80	120	160			

Laajennetussa energiatalouden selvityksessä esitellään energian, veden ja sähkön kulutuksessa havaitut poikkeamat vertailuarvoista, ongelmat sekä suunnitellut korjaustoimenpiteet arvioituine kustannuksineen ja säästövaikutuksineen. Laajennettu energiatalouden selvitys sisältää seuraavat kuusi vaihetta:

- asiakirjojen läpikäynti
- kyselyt ja haastattelut
- kiinteistötarkastus ja mittaukset
- vertailu- ja tavoitekulutukset
- vertailutavoitekulutuksiin
- toimenpideehdotukset

Asiakirjojen läpikäynnin yhteydessä selviävät esimerkiksi kiinteistön laajuustiedot, rakennuksen lämmitysmuoto, rakenteiden U-arvot, ilmanvaihtojärjestelmä, kylmätekniiset järjestelmät sekä lämmönjakotapa. Lisäksi kuntoarvioryhmä haastattelee kohteen isännöitsijää ja huoltohenkilökuntaa, jolloin saadaan selville tiedossa olevat ongelmat ja viat, tehdyt korjaukset ja kiinteistön toteutuneet kulutuslukemat. (KH 90-00314 2002)

Kuntoarvion yhteydessä tehdään yleensä ilman suhteellisen kosteuden ja sisälämpötilojen mittauksia. Näiden mittausten perusteella on mahdollista arvioida esimerkiksi lämmönsäätöjärjestelmän toimivuutta. Lisäksi tutkitaan lämmitysjärjestelmän lämmönsiirtimien ensiö- ja toisiopuolen lämpötilat ja verkostopaineet, lämpimän käyttöveden meno- ja paluulämpötilat sekä ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ja tehot, jonka jälkeen saatuja arvoja ja mittauksia verrataan tavoitearvoihin. Näiden tutkimusten yhteydessä tulee ottaa huomioon, että kaksi huonoa olosuhdetta voivat kumota toistensa vaikutuksen eli esimerkiksi ikkunat huonolla U-arvolla lisäävät energiankulutusta, mutta huono ilmanvaihto taas vähentää energiankulutusta. Tällöin kiinteistön vertailuarvosta tulee todellista parempi. (KH 90-00314 2002)

Laajennetun energiatalouden selvityksen energiatehokkuutta parantavat toimenpideehdotukset voidaan jakaa kahteen osaan riippuen siitä, tarvitaanko toimenpiteen toteuttamiseksi investointi vai voidaanko se toteuttaa ilman investointia. Esimerkiksi teknisten järjestelmien ja rakenteiden peruserantaminen ja korjaaminen vaatii investoinnin, kun taas valaistuksen tai ilmanvaihdon säätö voidaan toteuttaa ilman investointeja. (KH 90-00314 2002)

Selvityksessä löydetty toimenpideehdotukset on yleensä parasta toteuttaa silloin, kun rakenne tai järjestelmä on teknisen käyttöikänsä päässä. Kuntoarviossa määritetyn järjestelmän nykykunnan perusteella toimenpideehdotukset voidaan ajoittaa oikeille vuosille. Joissakin tapauksissa esimerkiksi rakennusalan erilaisten suhdannetilanteiden takia saattaa kuitenkin olla parempi uusien laite tai järjestelmä kesken elinkaarensa tai vasta joitakin vuosia teknisen käyttöikänsä päättymisen jälkeen. (KH 90-00314 2002)

Toimenpideehdotusten kannattavuutta voidaan arvioida takaisinmaksuajan avulla. Takaisinmaksuaika kuvaa vuosina aikaa, jonka jälkeen tehty investointi on maksanut itsensä takaisin. Jos laskennassa ei oteta huomioon korkoja, voidaan investoinnille laskea suora takaisinmaksuaika T kaavalla (3.1), jossa toimenpiteen aiheuttamat välittömät kustannukset K [€] jaetaan toimenpiteen aiheuttamilla välittömällä säästöillä S [€/a]. (KH 90-00314 2002)

$$T = \frac{K}{S} \quad (3.1)$$

3.3.3 Normitus

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus täytyy normeerata eli korjata lämmitystarvulla, jotta eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten lämmitysenergiankulutuksia voidaan vertailla keskenään tai rakennuksen eri vuosien tai kuukausien lämmitysenergian-

kulutusta voidaan vertailla keskenään. Normitus koskee vain lämmitysenergiankulutusta, joka riippuu ulkolämpötilasta. Tämän takia kokonaislämmitysenergiasta täytyy ennen normitusta vähentää käyttöveden lämmitykseen kuuluva energia. (KH 90-00314 2002)

Rakennuksen eri vuosien tai kuukausien lämmitysenergiankulutusta voidaan vertailla keskenään normitetun lämmitysenergiankulutuksen Q_{norm} avulla, joka saadaan kaavalla (3.2). Normaali vuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla $S_{Nvpkunta}$ valitaan taulukosta 3.4 ja rakennuksen tilojen lämmitykseen kuuluva energia Q_{tot} saadaan vähentämällä rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutuksesta Q_{kok} käyttöveden lämmittämisen tarvitsema energia $Q_{l\ddot{a}m\ min\ k\ddot{a}ytt\ddot{o}vesi}$ käyttämällä kaavaa (3.3). Toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla $S_{toteutunutvpkunta}$ saadaan Ilmatieteenlaitokselta. Taulukossa 3.4 esitellään vuoden 2012 toteutuneet lämmitystarveluvut. (KH 90-00314 2002)

$$Q_{norm} = \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunutvpkunta}} Q_{toteutunut} + Q_{l\ddot{a}m\ min\ k\ddot{a}ytt\ddot{o}vesi} \quad (3.2)$$

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{l\ddot{a}m\ min\ k\ddot{a}ytt\ddot{o}vesi} \quad (3.3)$$

Taulukko 3.4. Vertailupaikkakunnan normaalivuoden lämmitystarveluvut ja vuoden 2012 toteutuneet lämmitystarveluvut (Motiva 2012b; Ilmatieteenlaitos 2013).

Vertailupaikkakunta Tarkasteltava kunta	Vertailupaikkakunnan normaalivuoden lämmitystarveluku	Toteutunut lämmitystarveluku vuonna 2012
Helsinki, Kaisaniemi	3989	3797
Helsinki-Vantaa	4229	4059
Ivalo	6381	6120
Joensuu	5117	5041
Jyväskylä	4945	4936
Kajaani	5420	5411
Kuopio	4943	4909
Lahti	4512	4427
Lappeenranta	4612	4588
Maarianhamina	3896	3803
Oulu	5170	5209
Pori	4255	4153
Sodankylä	6337	6186
Tampere-Pirkkala	4502	4506
Turku	4115	4019
Vaasa	4588	4442

Jos halutaan vertailla keskenään kahdella eri paikkakunnalla olevan rakennuksen lämmitysenergiankulutusta, täytyy kulutus normeerata valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan eli Jyväskylään kaavalla (3.4). Kaavassa (3.4) esiintyvä paikkakunta-kohtainen korjauskertoimen Jyväskylään k_2 saadaan taulukosta 3.5. Kokonaisuudessaan kyseinen taulukko löytyy Haltuunottoyökalusta ja taulukko 3.5 edustaa vain pientä esimerkkiä koko taulukosta. (Motiva 2012b)

$$Q_{norm} = k_2 \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunutvpkunta}} Q_{toteutunut} + Q_{läm\ min\ käyttövesi} \quad (3.4)$$

Taulukko 3.5. Kunta-kohtaiset korjauskertoimet vertailupaikkakuntaan ja Jyväskylään sekä kunnan normaalivuoden lämmitystarveluku (Motiva 2012b).

Vertailupaikkakunta Tarkasteltava kunta	Kunta-kohtainen korjauskertoimen Jyväskylään	Vertailupaikka- kunnan normaalivuoden lämmitystarveluku
Helsinki, Kaisaniemi	k_2	3989
Espoo	1,18	
Hanko	1,24	
Helsinki	1,24	
Inkoo	1,21	
Kauniainen	1,18	
Kirkkonummi	1,2	
Tammisaari	1,23	

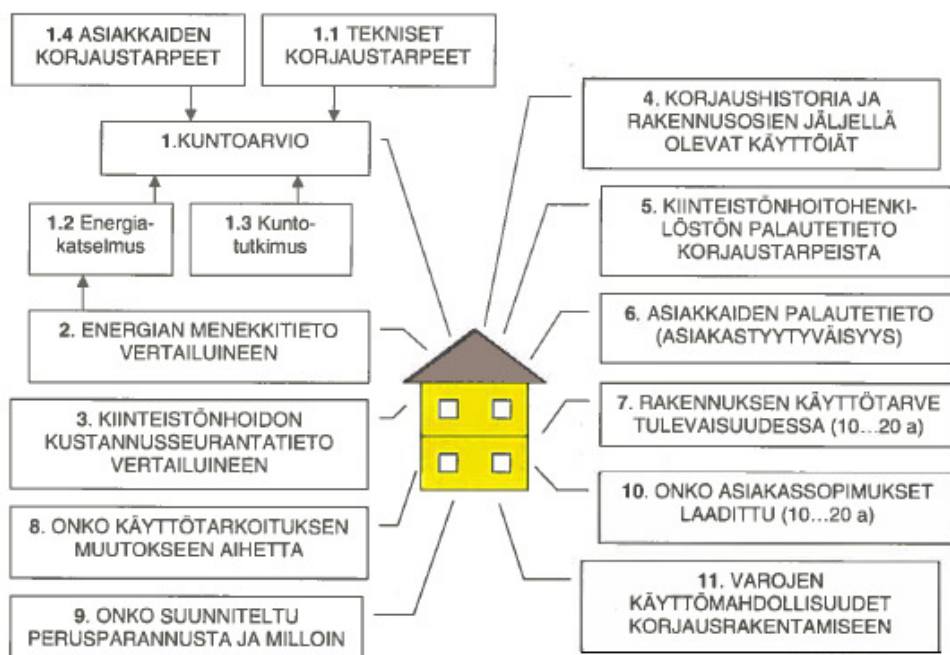
3.4 Kuntotutkimus

Joskus kuntoarvion yhteydessä tulee esiin ongelmia tai vaurioita, joiden tutkimiseen eivät aistinvaraiset tai ainetta rikkomattomat menetelmät riitä. Tällöin kiinteistössä täytyy suorittaa kuntotutkimus, joka keskittyy yksittäisen laitteen, järjestelmän tai rakennusosan tarkempaan tutkimiseen mittalaitteiden, analysaattorien sekä soveltuvien erikoistyökalujen avulla. Joissakin kuntotutkimuksissa otetaan lisäksi näytteitä, jotka analysoidaan laboratoriossa. (KH 90-40053 2007)

Kuntotutkimuksen ajankohta on yleensä kiinteistön korjaussuunnittelun alussa, koska tällöin saadaan selville todellisen korjaustarpeen laajuus ajoissa. (Myyryläinen 2003) Asumisen rahoitus- ja kehityskeskus Ara myöntää kuntotutkimuksen kustannuksiin avustusta, jos kyseessä on sisäilmaston, kosteusvaurioituneen rakennuksen, betonijulkisivun, rapatun julkisivun, vesi- tai viemäriverkoston tai sähköjärjestelmän kuntotutkimus. (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus 2013)

3.5 Pitkän aikavälin kunnossapidon suunnittelu

Pitkän aikavälin kunnossapidon suunnittelu on tärkeää, sillä sen avulla voidaan ajoittaa kiinteistön ylläpito- ja korjaustoimet oikein ja rakennusosien elinkaarien pituudet, eli tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot on helpompi hahmottaa. PTS-ohjelma mahdollistaa siis koko kiinteistön elinkaaren aikaisen suunnitelmallisen ja taloudellisen korjaustoiminnan. Pelkkien teknisten korjaustarpeiden selvittäminen ei kuitenkaan riitä, vaan PTS-ohjelma sisältää tietoa myös omistajan tahdosta, asiakkaiden tarpeista sekä kiinteistön ylläpidosta ja energian menekkitiedoista. (Myyryläinen 2008) Kuvassa 3.3 esitetään erilaisia näkökulmia, jotka kuntoarvion ja energiakatselmuksen lisäksi vaikuttavat PTS-ohjelman laadintaan.



Kuva 3.3. PTS-ohjelman laadinnassa huomioon otettavat asiat (Myyryläinen 2003).

PTS-ohjelman perustana toimivat kuntoarviossa esitetyt toteamukset ja kirjaukset sekä energiakatselmuksessa todettu rakennuksen energiankulutus, ja mahdollisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus. PTS-ohjelmaa laadittaessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että korjaussuunnitelmasta ei tule liian etupainotteinen, koska tällöin suunniteltuja korjauksia on mahdotonta rahoittaa. PTS-suunnitelman heikkoutena on se, että suunnitelmaa ei päivitetä jatkuvasti, sillä se päivitetään yleensä vain kuntoarvion yhteydessä eli kerran viidessä vuodessa. (Myyryläinen 2003)

3.6 Huoltokirja

Ympäristöministeriön laatima Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa A4 edellyttää, että uudisrakennuksiin ja korjausrakennuskohteisiin tulee laatia rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, jos rakennuksessa joko asutaan tai työskennellään pysyvästi. Tämä ase-

tus ei päde tietyissä erikoisolosuhteissa eli esimerkiksi silloin, jos rakennus on tilapäinen tai rakennusta käytetään vain loma- ja virkistyskäyttöön. Käyttö- ja huolto-ohjeita ei myöskään vaadita sellaisiin varasto- ja tuotantorakennuksiin, joissa ei työskennellä pysyvästi. (Ympäristöministeriö 2000)

Kiinteistön käyttö- ja huolto-ohje sisältää kiinteistön kunnossapidon, hoidon sekä huollon tavoitteet, lähtötiedot ja ohjeet, jotka on tarkoitettu kiinteistön ylläpitäjille ja käyttäjille. Huoltokirja sisältää myös laitteiden tekniseen käyttöikään perustuvat kunnossapitotavat sekä edellisissä huolloissa ja tarkastuksissa havaitut ongelmat. Kiinteistön huoltokirja on siis kiinteistön elinkaaren hallinnan väline ja hyvin laadittu huoltokirja auttaa saavuttamaan mahdollisimman hyvän energiatehokkuuden, hyvän sisäilmaston sekä hyvät ja tehokkaasti toteutetut määräaikaishuollot. (Myyryläinen 2008)

Käyttö- ja huolto-ohje laaditaan siten, että lopputarkastuksen yhteydessä ohje on sellaisessa laajuudessa, että sen avulla voidaan aloittaa kiinteistönhoito, kunnossapito sekä huolto. Tämän jälkeen on aikaa enintään 15 kuukautta tehdä muutoksia lopullista käyttö- ja huolto-ohjetta varten ja tämän jälkeen viimeistään vuositarkastuksessa käyttö- ja huolto-ohje tulee päivittää. Käyttö- ja huolto-ohjeen laatijoiden tulee perehdyttää kiinteistön ylläpito-organisaatio ja edustajat ylläpitämään ja käyttämään ohjetta riittävässä laajuudessa. (Ympäristöministeriö 2000)

Hyvin ylläpidetty huoltokirja on tärkeä väline kiinteistön hoidossa ja se varmistaa tietojen säilymisen niissä tilanteissa, kun kiinteistönhoitopalvelut ulkoistetaan ja uusi palveluntarjoaja tuo mukanaan uusia toimintatapoja, jos kiinteistön vastuuhenkilöt vaihtuvat. (KH 90-40041 2005) Huoltokirja voi olla joko kansio tai sähköinen sovellus. Sähköinen huoltokirja kannattaa valita esimerkiksi silloin, jos kiinteistö on tekniikaltaan vaativa tai jos kiinteistön omistaja hallinnoi useita eri kiinteistöjä. (KH 90-00275 1999)

Huoltokirjan päivittäminen ja kehittäminen on erittäin tärkeää, sillä huoltokirja on käyttökelpoinen vain niin kauan, kun kiinteistössä ei tapahdu mitään muutoksia. Varsinkin toimitila- ja liikerakennuksissa muutoksia tapahtuu kuitenkin usein, kun tilojen käyttäjät tai käyttötarkoitukset muuttuvat, jolloin kiinteistöön on voinut tulla uutta tekniikkaa, kiinteistöä on voitu laajentaa ja järjestelmien palvelualueet ovat voineet muuttua. Huoltokirjan päivittämisestä ja kehittämisestä vastuu on tilaajalla, mutta tilaaja voi myös asettaa vastuorganisaation tähän tehtävään. Vastuuorganisaatio on usein yritys, joka tekee huoltokirjan päivittämisen ja kehittämisen lisäksi huoltosopimukset huolto liikkeen kanssa ja hallinnoi kiinteistöä. Usein vastuu huoltokirjan päivittämisestä on siirretty suoraan huoltoliikkeelle, jolloin tulee huomioida se, että huoltokirjan päivittäminen on monia osapuolia koskeva tehtävä eli esimerkiksi kun kiinteistössä tehdään muutostöitä ja laajennuksia, tulee tilaajan vahvasti osallistua huoltokirjan päivittämiseen. (Myyryläinen 2006)

4 ENERGIALASKENTA

Yksi tämän työn tavoitteista on tehdä energialaskuri, jonka avulla käyttäjä voi karkeasti arvioida kuinka paljon erilaiset energiansäästötoimenpiteet vaikuttavat rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Tämä energialaskuri perustuu Ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelman asetukseen D5, joka on ohje rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon laskentaan. Energialaskurissa laskenta perustuu energiatasemenetelmään, jossa rakennuksesta vuosittain poistuva energiamäärä on sama kuin rakennukseen sisään menevä energiamäärä. Energialaskenta suoritetaan seuraavien vaiheiden mukaisesti: (Ympäristöministeriö 2007b)

- lämpöhäviö (vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto)
- käyttöveden lämmitystarve
- lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö
- laitesähköenergiankulutus
- lämpökuormat
- lämmitysenergiankulutus
- rakennuksen energiankulutus
- ostoenergiankulutus

Energiakustannuksiin on tärkeää kiinnittää huomiota, sillä ne ovat noin 40 % kiinteistön ylläpitokustannuksista. Energiatehokkaammilla ratkaisuilla voidaan kiinteistö-kustannusten vähenemisen lisäksi vaikuttaa myös ympäristöön, sillä 80 % ympäristökuormituksesta arvellaan syntyvän energian käytöstä. Energian käyttöä voidaan tehostaa erilaisilla suunnitteluratkaisuilla sekä energiatehokkaamman rakentamisen ja käytönvalvonnan avulla. Esimerkki energiatehokkaammasta rakentamisesta löytyy taulukosta 4.1, josta voidaan nähdä kuinka paljon rakennuksen energiatehokkaampi rakenne vaikuttaa lämmitysenergian kulutukseen. Esimerkin mukaan muuttamalla suunnitteluvaiheessa vuoden 2003 rakentamismääräykset juuri ja juuri täyttävä asuinrakennus passiivitaloksi, voidaan lämmitysenergiankulutusta vähentää jopa 85 kWh/m² vuodessa ja vastaavassa muutoksessa toimistorakennuksessa on mahdollista säästää 66 kWh/m² vuodessa. (Myyryläinen 2008)

Taulukko 4.1. Energiantehokkaamman rakentamisen vaikutus lämmitysenergian kulu-
tukseen. (RIL 216-2001 2001).

Rakennus- tyyppi	Lämmitysenergian kulutus					
	Normi- talo 2000/ 1985	Normi- talo 2003	Matala- energiatalo	Minimi- energiatalo	Passiivi- talo	Nollaener- giatalo
	kWh/ m ² /a	kWh/ m ² /a	kWh/m ² /a	kWh/m ² /a	kWh/ m ² /a	kWh/m ² /a
Asuinra- kennukset	150	100	75	25	15	15
Toimistora- kennukset	90	75	45	15	9	9

4.1 Johtumisesta aiheutuva energiantarve

Kiinteässä aineessa ainoa lämmönsiirtymismuoto on johtuminen. Johtumisessa aineen molekyylien liike-energia siirtyy korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Yleensä mitä kevyempi aine on, sitä huonommin se johtaa lämpöä. (Seppänen et al. 1997)

Q_{joht} on rakenteiden läpi johtuva energiamäärä, joka lasketaan kaavoilla (4.1) ja (4.2). Energialaskurissa oletetaan, että U-arvot ovat valmiiksi laskettuja. Ulkoilman keskilämpötila T_u määräytyy taulukosta 4.2 säävyöhykkeen ja rakennuksen sijainnin mukaan. Kaava (4.1) jaetaan tuhannella, jotta Q_{joht} yksiköksi saataisiin kWh. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{joht} = \Sigma H_{joht} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

$$\Sigma H_{joht} = \Sigma (U_{ulkoseinä} A_{ulkoseinä}) + \Sigma (U_{yläpohja} A_{yläpohja}) + \Sigma (U_{alapohja} A_{alapohja}) + \Sigma (U_{ikkuna} A_{ikkuna}) + \Sigma (U_{ovi} A_{ovi}) \quad (4.2)$$

Taulukko 4.2. Säävyöhykkeet (Ympäristöministeriö 2007b)

Ulkoilman keskimääräinen lämpötila [°C]		Säävyöhyke
4,29	Helsinki-Vantaa	I
3,72	Jokioinen	II
2,76	Jyväskylä-Luonetjärvi	II
-0,81	Sodankylä	IV

Sisälämpötilana T_s käytetään yleensä oleskelutiloissa arvoa 21 °C , sillä tässä lämpötilassa suurin osa ihmisistä on tutkimusten mukaan tyytyväisiä ja lisäksi tämä lämpötila on energiataloudellinen. Jokainen yhden asteen nosto sisälämpötilassa tarkoittaa noin 5 % lisäystä lämmityskustannuksissa. (Motiva 2011)

Alapohjan läpi johtuva energiamäärä riippuu siitä, onko alapohja suoraan ulkoilmaa vasten, maanvarainen vai tuuletettu. Alapohjan ollessa suoraan ulkoilmaa vasten laskeaan sisälämpötilan ja ulkolämpötilan erotus $T_s - T_u$ kaavassa (4.1) esitetyllä tavalla. Jos alapohjassa on tuuletettu ryömintätila, käytetään alapohjan osalta kaavassa (4.1) arvoa $0,8(T_s - T_u)$. Maanvastaisen alapohjan tapauksessa kaavan (4.1) erotus $T_s - T_u$ korvataan erotuksella $T_s - T_{maa,vuosi}$. Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila $T_{maa,vuosi}$ saadaan kaavasta (4.3) ja alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero $\Delta T_{maa,vuosi}$ valitaan taulukosta 4.3 maalajin perusteella. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$T_{maa,vuosi} = T_u + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (4.3)$$

Taulukko 4.3. Alapohjan alapuolisen maan ja ulkolämpötilan keskimääräinen ero (Ympäristöministeriö 2007b)

Alapohjan U-arvo <0,2, $\Delta T_{maa,vuosi}$ [°C]	Maalaji
5	Savi, salaojitettu hiekka ja sora
3	Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora
2	Kallio
Alapohjan U-arvo 0,2-0,3, $\Delta T_{maa,vuosi}$ [°C]	
7	Savi, salaojitettu hiekka ja sora
5	Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora
3	Kallio
Alapohjan U-arvo > 0,3, $\Delta T_{maa,vuosi}$ [°C]	
8	Savi, salaojitettu hiekka ja sora
6	Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora
4	Kallio

4.2 Vuotoilmasta aiheutuva energiantarve

Lämpötilan vaihtelut ja tuuli synnyttävät paine-eron, joka aiheuttaa rakennuksessa ilmapuodon sisään ja ulos. Vuodon määrään vaikuttavat rakennuksen sijainti ja korkeus, ilmanvaihtojärjestelmä sekä rakennuksen vaipan tiiveys. Ilmapuodot voivat aiheuttaa esimerkiksi normaalia suurempaa energiankulutusta, epäviihtyisyyttä sekä kosteuden kertymistä rakenteisiin haitallisten paine-erojen takia. Lämmitysenergian laskennassa

tulee ottaa huomioon energiamäärä $Q_{\text{vuotoilma}}$, joka kuluu edellä mainitun ilmavirran lämmittämiseen ja joka saadaan kaavasta (4.4). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} \left(\frac{n_{\text{vuotoilma}} V}{3600} \right) (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.4)$$

Ilmanvuotoluku kuvaa kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa, kun sisä- ja ulkoilman paine-ero on 50 Pa. Rakennuksen ilmatiiveyttä voidaan mitata painekokeella, jossa ulkoilman ja rakennuksen välille asetetaan 50 Pascalin paine-ero ja tämän jälkeen mitataan paine-eron ylläpitämiseksi vaadittava ilmavirta eli ilmanvuotoluku. Tutkimusten mukaan yhden yksikön lisäys vuotoilmaluvussa vastaa 6 %:n lisäystä lämmitysenergian kulutuksessa. (Jaakkola et al. 2010)

Jos vuotoilmakerrointa $n_{\text{vuotoilma}}$ ei tunneta, käytetään arvoa 0,16 1/h, joka vastaa ilmanvuotoluvun suunnitteluarvoa $n_{50} = 4$ 1/h. Tätä pienempien ilmanvuotolukujen käyttö laskennassa edellyttää ilmanvuotoluvun mittaamista tai osoittamista muilla tavoilla. (Lappalainen 2010; Ympäristöministeriö 2007b)

4.3 Ilmanvaihdosta aiheutuva energiantarve

Ilmanvaihdon lämmittämiseen tarvittava energia Q_{iv} voidaan laskea käyttäen kaavoja (4.5) ja (4.6). Kaavan (4.6) avulla lasketaan jokaiselle ilmanvaihtokoneelle ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} poistoilmavirran $q_{v,poisto}$, keskimääräisen vuorokautisen käyntiaikasuhteen t_d , viikoittaisen käyntiaikasuhteen t_v , muuntokerroimen r ja ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosittaisen hyötysuhteen η_a avulla. Muuntokerroin r valitaan taulukosta 4.4 ja sen avulla saadaan todellinen ulkoilmanlämpötila vuorokautisesta ulkoilman keskilämpötilasta. Päiväaikaisessa käytössä ulkolämpötila on keskimääräistä ulkolämpötilaa suurempi ja vastaavasti yöaikaisessa käytössä pienempi. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosittaisena hyötysuhteena käytetään yleensä koneen valmistajan ilmoittamaa varmennettua hyötysuhdetta, joka löytyy usein ilmanvaihtokoneen valmistajan kotisivuilta. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{iv} = \Sigma(H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t / 1000) \quad (4.5)$$

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) \quad (4.6)$$

Taulukko 4.4. Ilmanvaihtokoneen käyntiajan muuntokerroin (Ympäristöministeriö 2007b).

Muuntokerroin r	
0,93	Päiväaikainen käyttö
1,00	Ympärivuorokautinen käyttö
1,07	Yöaikainen käyttö

Lämmöntalteenottolaitteista tehokkain on regeneratiivinen eli pyörivä lämmönsiirrin, jonka vuosihyötysuhde vaihtelee yleensä välillä 70 %:sta 80 %:iin. Toimisto- ja liikerakennuksissa regeneratiivinen lämmönsiirrin on laajasti käytetty. Asuinrakennuksissa pyörivä lämmönsiirrin soveltuu palvelemaan vain yksittäistä huoneistoa, joten keskitetyissä ilmanvaihtojärjestelmissä toimii paremmin levylämmönsiirtimellä toteutettu lämmöntalteenotto. Levylämmönsiirtimistä tehokkain on ristivirtasiirrin, jonka vuosihyötysuhde on noin 50-70 %:a. Uudisrakennuksissa perusvaatimuksena on, että ilmanvaihdon hyötysuhteen tulee olla suurempi kuin 45 %. Jos poistoilmassa on epäpuhauksia eli esimerkiksi rasvaa tai bakteereita eivätkä tulo- ja poistoilma saa missään tapauksessa sekoittua, tulee lämmöntalteenottolaitteena käyttää vesi-glykoli-lämmönsiirrintä. Tämä talteenottotapa sopii parhaiten myös mataliin tiloihin. (Lappalainen 2010)

Kohteissa, joissa poistoilman lämmöntalteenotto tapahtuu poistoilmalämpöpumpulla vesivaraajaan, käytetään talteenoton lämpöenergian $Q_{LTO,LP}$ (höyrystinen energia) laskemiseen kaavaa (4.7) ja poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämään lämpöenergian Q_{LP} (lauhdutinenergia) laskemiseen kaavaa (4.8). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{LTO,LP} = \frac{\Sigma[(T_s - T_{jäte})\Delta t]}{\Sigma((T_s - T_u)\Delta t)} Q_{iv,eiLTO} \quad (4.7)$$

$$Q_{LP} = \frac{\epsilon_{LP}}{(\epsilon_{LP} - 1)} Q_{LTO,LP} \quad (4.8)$$

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman lämmöntalteenottoa $Q_{iv,eiLTO}$ saadaan kaavoilla (4.5) ja (4.6), kun vuosihyötysuhteenä η_a käytetään arvoa 0. Jäteilman lämpötila $T_{jäte}$ saadaan poistoilmalämpöpumpun mitoituksen ja toiminnan mukaan. Poistoilmalämpöpumpun vuosittaisena lämpökertoimena ϵ_{LP} käytetään yleensä valmistajan julkaisemaa varmennettua lämpökerrointa. (Ympäristöministeriö 2007b)

Poistoilmalämpöpumpun toimiessa lämmöntalteenottona ei se suoraan vähennä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa energiaa. Poistoilmalämpöpumpun lämmöntalteenotto otetaan kuitenkin huomioon tilojen lämmitysenergiankulutuksen laskelmissa kaavan (4.34) mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2007b)

Ilmanvaihtojärjestelmissä on usein myös tuloilman jälkilämmityspatteri, jonka tehtävä on kylmää tuloilmaa lämmittämällä poistaa vedon tunnetta. (Lappalainen 2010) Tuloilman jälkilämmityspatterin lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys,tuloilmapatteri}}$ saadaan kaavasta (4.9) ja lämmöntalteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde $\eta_{t,a}$ saadaan kaavasta (4.10) jakamalla lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde η_a tuloilmavirran suhteella poistoilmavirtaan R. Jos tulo- ja poistoilmavirran suhdetta ei tunneta, voidaan käyttää arvoa 0,9. Tuloilman lämpötilan asetusarvo T_{tulo} jälkilämmityspatterin jälkeen vaihtelee yleensä välillä 15-18 °C . (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{lämmitys,tuloilmapatteri}} = \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} t_d r t_v (T_{tulo} - T_u - \eta_{t,a} (T_s - T_u)) \Delta t / 1000 \quad (4.9)$$

$$\eta_{t,a} = \frac{\eta_a}{R} \quad (4.10)$$

4.4 Käyttöveden lämmitystarve

Käyttöveden lämmitykseen tarvittava lämpöenergia $Q_{lkv,netto}$ saadaan laskettua kaavalla (4.11). $Q_{lkv,netto}$ sisältää ainoastaan energiamäärän, joka kuluu, kun kylmä käyttövesi lämmitetään sopivaan lämpötilaan lämpimäksi käyttövedeksi. $Q_{lkv,netto}$ ei ota huomioon lämmityslaitteen, putkiston eikä varaajan lämpöhäviöitä. Lämpimän ja kylmän käyttöveden erotuksena $T_{lkv} - T_{kv}$ käytetään yleensä arvoa 50 °C . (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) \quad (4.11)$$

Lämpimän käyttöveden kulutus V_{lkv} voidaan laskea kahdella tavalla, joko kaavalla (4.12) käyttäen ominaiskulutusta henkilöä kohti eli henkilöperusteisesti, tai kaavalla (4.13) käyttäen ominaiskulutusta pinta-alaa kohti eli pinta-alaperusteisesti. Asuinrakennuksissa käytetään usein henkilöperusteista laskentaa ja muissa rakennuksissa pinta-alaperusteista. Henkilöperusteiset ja pinta-alaperusteiset ominaiskulutukset saadaan taulukosta 4.5. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$V_{lkv} = V_{lkv,o \text{ min,henk}} n \Delta t / 1000 \quad (4.12)$$

$$V_{lkv} = V_{lkv,o \text{ min}} A_{br} \Delta t / 365 / 1000 \quad (4.13)$$

Taulukko 4.5. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia (Ympäristöministeriö 2007b).

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti vuorokaudessa [dm³/henk vuorokaudessa]
Asuinrakennus (huoneistokohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (muut)	60
Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti vuodessa [dm³/brm² vuodessa]
Asuinrakennus	600
Toimistorakennus	100
Terveydenhoito	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetus	180
Myymä	65

4.5 Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt

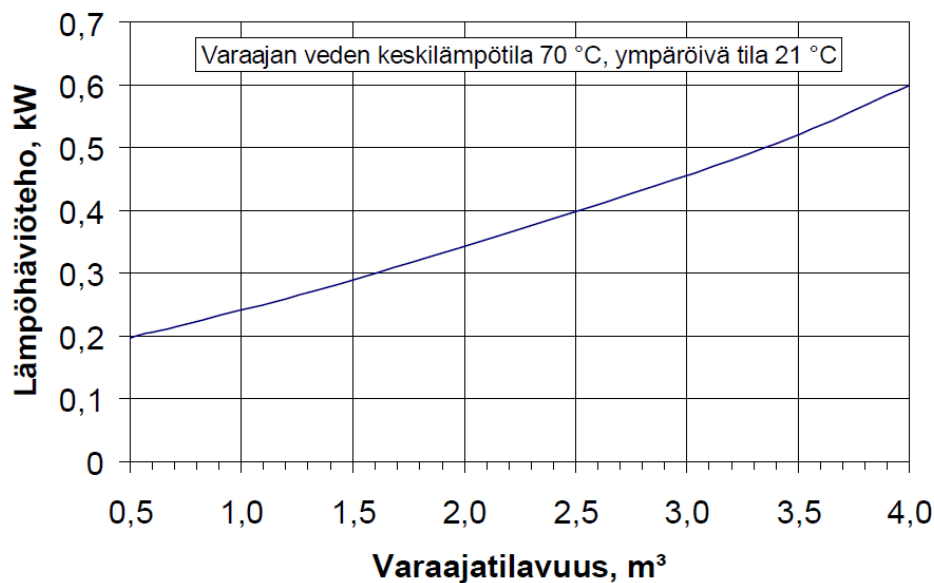
Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmä käsittää sekä huonetilojen lämmityksen että ilmanvaihdon lämmityksen ja näissä lämpöhäviöitä aiheutuu lämmön kehityksestä, varastoinnista, siirrosta ja luovutuksesta. Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviö}}$ saadaan kaavasta (4.14). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviö}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}} \quad (4.14)$$

Ominaiskehitys-, ominaisjakelu-, ominaisluovutus ja ominaissäätöhäviöt saadaan taulukosta 4.6. Nämä luvut täytyy kertoa järjestelmän bruttoalalla, jotta saadaan todelliset lämpöhäviöt. Varaajahäviöt saadaan joko valmistajan ilmoittamasta lämpöhäviötehosta, tai tämän tiedon puuttuessa voidaan varaajahäviöt katsoa kuvasta 4.1. Saatu lämpöhäviöteho kerrotaan tarkasteltavan ajanjakson pituudella. (Ympäristöministeriö 2007b)

Taulukko 4.6. Lämmitysjärjestelmän ominaislämpöhäviöt (Ympäristöministeriö 2007b).

Kehityshäviöt [kWh/brm ²]	Jakeluhäviöt [kWh/brm ²]	Luovutushäviöt [kWh/brm ²]	Säätöhäviöt [kWh/brm ²]	Lämmitysjärjestelmä
2	10	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 90/ paluuvesi 70, jakojohdot lämmöneristetty
2	40	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 90/ paluuvesi 70, jakojohdot eristämättä
2	5	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 70/ paluuvesi 40, jakojohdot lämmöneristetty
2	20	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 70/ paluuvesi 40, jakojohdot eristämättä
2	3	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 45/ paluuvesi 35, jakojohdot lämmöneristetty
2	10	4	2	Vesiradiaattori, menovesi 45/ paluuvesi 35, jakojohdot eristämättä
2	5	10	4	Vesikiertoinen lattialämmitys, alapohjan lämmöneristys 200 mm
2	5	20	4	Vesikiertoinen lattialämmitys, alapohjan lämmöneristys 100 mm
2	5	15	4	Vesikiertoinen lattialämmitys, välipohjan lämmöneristys 50 mm
2	5	30	4	Vesikiertoinen lattialämmitys, välipohja eristämättä
2	5	1	4	Vesikiertoinen ilmanvaihtolämmitys, keskitetty lämmitys
0	0	4	1	Sähkölämmityspatterit
0	0	10	4	Sähköinen lattialämmitys, alapohjan lämmöneristys 200 mm
0	0	20	4	Sähköinen lattialämmitys, alapohjan lämmöneristys 100 mm
0	0	15	4	Sähköinen lattialämmitys, välipohjan lämmöneristys 50 mm
0	0	30	4	Sähköinen lattialämmitys, välipohja eristämättä
0	5	1	4	Sähköinen ilmanvaihtolämmitys, keskitetty tuloilman lämmitys
0	0	1	1	Sähköinen ilmanvaihtolämmitys, huonekohtainen tuloilman lämmitys



Kuva 4.1. Lämmitysvaraajan lämpöhäviötehot (Ympäristöministeriö 2007b).

4.6 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt

Käyttöveden lämmitysjärjestelmässä lämpöhäviöitä aiheutuu lämmönkehityslaitteissa, varaajissa ja kiertojohdossa. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt $Q_{lkv,häviöt}$ lasketaan kaavalla (4.15). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lkv,häviöt} = Q_{lkv,kehityshäviöt} + Q_{lkv,kiertohäviöt} + Q_{lkv,varaajahäviöt} \quad (4.15)$$

Lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöt $Q_{lkv,kehityshäviöt}$ sisältyvät yleensä tilojen lämmityksen kehityshäviöihin. Jos lämpimällä käyttövedellä kuitenkin on oma lämmönkehityslaitte, lasketaan lämpöhäviö valmistajan ilmoittamasta tai muuten mitatusta lämpöhäviötehosta. Jos lämpöhäviötehoa ei tunneta, voidaan käyttää arvoa 1 kWh/brm² vuodessa, kunhan arvo on suurempi kuin 1 000 kWh. (Ympäristöministeriö 2007b)

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia $Q_{lkv,kiertohäviöt}$ voidaan laskea joko rakennuksen bruttoalan A_{brutto} ja lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämmityksen tarvitseman ominaislämpöenergian $Q_{lkv,kiertohäviöt,o\ min}$ tulona kaavalla (4.16) tai kiertoovesivirran $q_{v,lkv,kierto}$ avulla kaavalla (4.17). $Q_{lkv,kiertohäviöt,o\ min}$ saadaan taulukosta 4.7. Jos erotusta $T_{lkv} - T_{lkv,kierto,paluu}$ ei tunneta, voidaan käyttää arvoa 5 °C. (Ympäristöministeriö 2007b)

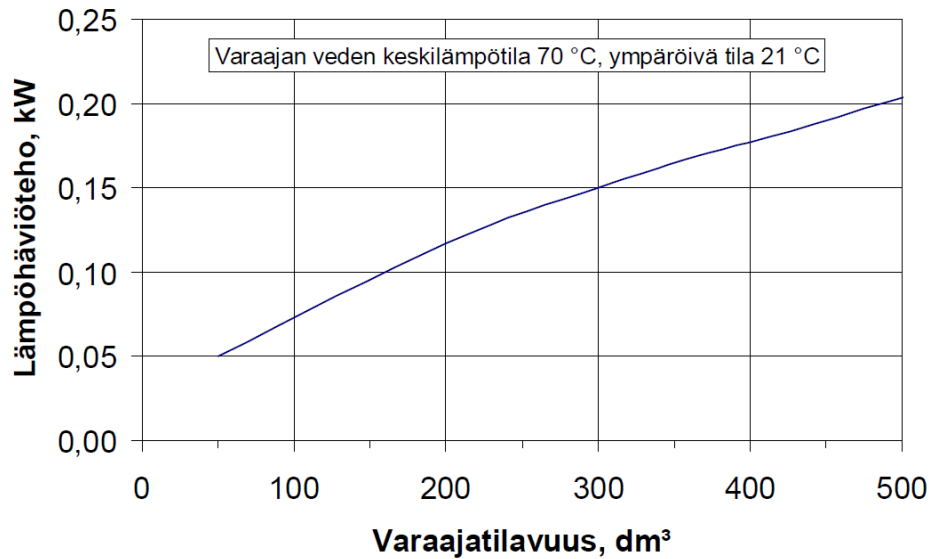
$$Q_{lkv,kiertohäviöt} = Q_{lkv,kiertohäviöt,o\ min} A_{brutto} \quad (4.16)$$

$$Q_{lkv,kiertohäviöt} = \rho_v c_{pv} q_{v,lkv,kierto} (T_{lkv} - T_{lkv,kierto,paluu}) \Delta t \quad (4.17)$$

Taulukko 4.7. Lämpimän käyttöveden kiertopiirin lämpöhäviöt (Ympäristöministeriö 2007b).

Lämpimän käyttöveden kiertopiirin ominaislämpöhäviö [kWh/brm ²]	Rakennustyyppi
	Asuinrakennukset (myös päiväkotit, terveydenhoito- ja majoitusrakennukset)
15	Kiertopiiriin ei ole kytketty märkätilojen lämmityslaitteita
30	Kiertopiiriin on kytketty märkätilojen lämmityslaitteita
	Muut rakennukset
7	Kiertopiiriin ei ole kytketty märkätilojen lämmityslaitteita
15	Kiertopiiriin on kytketty märkätilojen lämmityslaitteita

Erillisen käyttövesivaraajan vaipan lämpöhäviö saadaan joko valmistajan ilmoittamasta lämpöhäviötehosta tai tämän tiedon puuttuessa voidaan varaajahäviöt katsoa kuvasta 4.2. Saatu lämpöhäviöteho kerrotaan tarkasteltavan ajanjakson pituudella. (Ympäristöministeriö 2007b)



Kuva 4.2. Käyttövesivaraajan lämpöhäviötehot (Ympäristöministeriö 2007b).

4.7 Laitesähkö

Laitteiden sähköenergiankulutus $W_{\text{laitesähkö}}$ muodostuu valaistuksen sähköenergiankulutuksesta $W_{\text{valaistus}}$, ilmanvaihdon sähköenergiankulutuksesta $W_{\text{ilmanvaihto}}$ sekä muiden laitteiden kuluttamasta sähköenergiasta $W_{\text{muutlaitteet}}$ ja se saadaan kaavasta (4.18).

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}} \quad (4.18)$$

Laitesähköenergiankulutusta laskettaessa ei oteta huomioon tilojen lämmityksen eikä tilojen jäädytyksen kuluttamaa sähköenergiaa. Tästä diplomityöstä on laitesähkönkulutuksen yksityiskohtainen laskenta rajattu pois, joten laitesähköenergiankulutuksena voidaan joko käyttää todellista arvoa, jos se tiedetään, tai se saadaan taulukon 4.8 avulla, jolloin taulukosta saatu ominaissähköenergiankulutus kerrotaan rakennuksen bruttoalalla. Rakennuksen sähkölaitteista ja valaistuksesta syntyy lämpökuormaa, joka vähentää rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Aiheeseen perehdytään tarkemmin luvussa 4.8.3. (Ympäristöministeriö 2007b)

Taulukko 4.8. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutukset jaoteltuina rakennustyyppin mukaan. (Ympäristöministeriö 2007b).

Rakennustyyppi	$W_{\text{laitesähkö}}$ [kWh]	$W_{\text{valaistus}}$ [kWh]	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ [kWh]	$W_{\text{muutlaitteet}}$ [kWh]
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Liikuntarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

4.8 Lämpökuormat

Lämpökuormat tarkoittavat energiaa, joka vähentää rakennuksen lämmöntarvetta. Lämpökuormaa synnyttävät rakennuksessa olevat henkilöt, tilojen ja käyttöveden lämmityksen lämpöhäviöt, valaistus, sähkölaitteet sekä ikkunoista tuleva auringon säteilyenergia. (Ympäristöministeriö 2007b)

4.8.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia Q_{henk} saadaan kaavasta (4.19) kertomalla taulukosta 4.9 saatu henkilöiden luovuttama ominaislämpöenergia $Q_{\text{henk},\text{o min}}$ rakennuksen bruttoalalla. Tästä diplomityöstä on rajattu pois henkilöiden luovuttaman lämpöenergian tarkempi tarkastelu oleskeluaikojen sekä henkilöiden luovuttaman lämpötehon avulla, mutta se voidaan tarvittaessa lisätä ohjelmaan myöhemmin. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{henk}} = Q_{\text{henk},\text{o min}} A_{\text{brutto}} \quad (4.19)$$

Taulukko 4.9. Henkilöiden luovuttama ominaislämpöenergia vuodessa rakennustyy-
peittäin (Ympäristöministeriö 2007b).

Rakennustyyppi	Henkilöiden luovuttama vuotuinen ominaislämpöenergia [kWh/brm ²]
Asuinkerrostalo	17
Rivitalo	11
Pientalo	8
Toimistorakennus	10
Opetusrakennus	58
Liikerakennus	13
Hotelli	18
Ravintola	38
Liikuntarakennus	16
Sairaala	70
Muut rakennukset	13

4.8.2 Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuorma

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöistä $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ osa siirtyy vuotoilman tai vaippaan asennettujen lämmityslaitteiden mukana ulos, jolloin vain arvioltaan 70% säilyy rakennuksessa sisällä lämpökuormana. Tämä lämpökuorma $Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ saadaan laskettua kaavalla (4.20) ja $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ kaavasta (4.14). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{lämmitys,kuorma}} = 0,7Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}} \quad (4.20)$$

Lämpimästä käyttövedestä siirtyy lämpöä huoneilmaan ja rakenteisiin ennen kuin se johdetaan ulos. Täten noin 50 % käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöistä $Q_{\text{lkv,häviöt}}$ ja noin 30 % käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta $Q_{\text{lkv,netto}}$ muuttuu rakennuksen lämpökuormaksi $Q_{\text{lkv,kuorma}}$. $Q_{\text{lkv,kuorma}}$ saadaan kaavasta (4.21), $Q_{\text{lkv,häviöt}}$ kaavasta (4.15) ja $Q_{\text{lkv,netto}}$ kaavasta (4.11). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{lkv,kuorma}} = 0,5Q_{\text{lkv,häviöt}} + 0,3Q_{\text{lkv,netto}} \quad (4.21)$$

4.8.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuorma

Valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennukseen sisälle vapautuvat lämpökuorma $Q_{\text{säh}}$ saadaan kaavasta (4.22). Taulukosta 4.10 voidaan valita valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista laitteista lämpökuormaksi tuleva vuotuinen ominaislämpöenergia $Q_{\text{säh,o min}}$. (Ympäristöministeriö 2007)

$$Q_{säh} = Q_{säh,omin} A_{brutto} \quad (4.22)$$

Taulukko 4.10. Valaistuksesta, ilmanvaihtojärjestelmästä ja muista laitteista lämpökuormaksi tuleva vuotuinen ominaislämpöenergia rakennustyypeittäin (Ympäristöministeriö 2007b).

Rakennustyyppi	$Q_{säh,omin}$ [kWh/brm ² vuodessa]
Asuinkerrostalo	32
Rivitalo	32
Pientalo	32
Toimistorakennus	53
Opetusrakennus	44
Liikerakennus	66
Hotelli	88
Ravintola	79
Liikuntarakennus	128
Sairaala	81
Muut rakennukset	71

4.8.4 Rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Riippuen rakennuksen maantieteellisestä sijainnista, jopa 10-20 % rakennuksen lämmitysenergiasta on mahdollista saada auringon säteilyenergiasta. Parhaiten auringon säteilyenergia saadaan hyödyksi esimerkiksi sijoittamalla mahdollisimman paljon ikkunoita rakennuksen eteläseinälle ja säätämällä lämmitysjärjestelmä niin, että rakennuksen lämmittäminen lopetetaan heti kun sisälämpötila kohoaa yli asetetun arvon. (Lappalainen 2010) Auringon säteilyenergia Q_{aur} saadaan kaavasta (4.23), ja se sisältää sekä ikkunan läpi rakennukseen suoraan tulevan säteilyenergian, että ikkunaan absorboituneena rakennukseen tulevan lämpöenergian. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{aur} = \Sigma G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (4.23)$$

Pystypinnalle tuleva auringon säteilyenergia $G_{säteily,pystypinta}$ eri säävyöhykkeillä saadaan ilmansuunnittain taulukosta 4.11. Ikkunan valoaukon kokonaissäteilyn läpäisykerroin g saadaan kaavasta (4.24) ja ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin $g_{kohtisuora}$ saadaan taulukosta 4.12. Jos ikkunassa ei ole pysyviä varjostuksia eikä verhoja, voidaan säteilyn läpäisykokonaiskerroin $F_{läpäisy}$ käyttää arvoa 0,75. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$g = 0,9 g_{kohtisuora} \quad (4.24)$$

Taulukko 4.11. Auringon säteilyenergia pystypinnoille säävyöhykkeittäin ja ilmansuunnittain. (Ympäristöministeriö 2007b).

Helsinki-Vantaa/Ilmansuunta	Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille [kWh/m² vuodessa]
Pohjoinen	357,5
Koillinen	421,3
Itä	589,6
Kaakko	747,0
Etelä	810,9
Lounas	783,1
Länsi	647,9
Luode	467,6
Jokioinen/Ilmansuunta	Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille [kWh/m² vuodessa]
Pohjoinen	378,0
Koillinen	459,3
Itä	617,2
Kaakko	731,3
Etelä	749,5
Lounas	711,2
Länsi	601,9
Luode	457,8
Jyväskylä/Ilmansuunta	Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille [kWh/m² vuodessa]
Pohjoinen	362,8
Koillinen	446,7
Itä	594,6
Kaakko	700,8
Etelä	723,9
Lounas	689,2
Länsi	576,4
Luode	432,7
Sodankylä/Ilmansuunta	Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille [kWh/m² vuodessa]
Pohjoinen	357,1
Koillinen	418,6
Itä	542,4
Kaakko	636,4
Etelä	666,0
Lounas	642,3
Länsi	549,9
Luode	423,2

Taulukko 4.12. Erilaisten ikkunalasityyppien auringon kokonaissäteilyn läpäisykertoimia (Ympäristöministeriö 2007b).

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,7
Eristyslasi+erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiiviteettipinnoite+erillislasi (1,0-1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiiviteettipinnoite (1,0-1,4)	0,5
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiiviteettipinnoite (0,7-0,9)	0,4
Tehokas auringonsuojalasi	0,2

4.8.5 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Rakennuksen lämpökuormia voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Tätä lämpökuormaa voidaan kutsua myös ilmaisenergiaksi ja se syntyy rakennuksen laitteista, kun ne ovat käynnissä, rakennuksessa olevien henkilöiden luovuttamasta lämpöenergiasta sekä ikkunoiden läpi tulevasta auringon säteilyenergiasta. Ilmaisenergiasta saadaan eniten hyötyä, jos rakennuksessa on toimiva lämmityksen säätöjärjestelmä, joka vähentää lämmitysenergiankulutusta, kun ilmaisenergiää on tarjolla. Oikein säädetyllä lämmityksellä voidaan ilmaisenergian kanssa vähentää jopa 30 % lämmitysenergiankulutusta verrattuna pelkkään ulkolämpötilaohjaukseen. (Seppänen et al. 1997)

Rakennuksen lämpökuorma $Q_{\text{lämpökuorma}}$ saadaan kaavalla (4.25), jossa henkilöiden luovuttama lämpöenergia Q_{henk} saadaan kaavasta (4.19), tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuorma $Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ saadaan kaavasta (4.20), käyttöveden lämmityksestä rakennukseen sisälle vapautuva lämpökuorma $Q_{\text{lkv,kuorma}}$ saadaan kaavasta (4.21), sähkölaitteista ja valaistuksesta rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuorma $Q_{\text{säh}}$ saadaan kaavasta (4.22) ja ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia Q_{aur} saadaan kaavasta (4.23). Lämmityksessä hyödynnettävä lämpökuormien lämpöenergia eli ilmaisenergian määrä $Q_{\text{sis.lämpö}}$ saadaan kaavasta (4.26), jossa lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistä saadaan kaavasta (4.27). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys,kuorma}} + Q_{\text{lkv,kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad (4.25)$$

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (4.26)$$

Kiinteistön rakenteisiin varastoituu lämpöä, joka vaikuttaa rakennuksen lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutukseen sekä sisälämpötiloihin. Varastoituvan lämmön määrä riippuu rakennuksen sisäpuolisesta lämpökapasiteetista. Lämpökapasiteettia kuvaava suure on rakennuksen aikavakio τ , joka on suhteellinen ja rakennuksen koosta riippumaton suure. Rakennuksen aikavakion suuruus vaihtelee yhdestä vuorokaudesta seitsemään vuorokauteen. (Ympäristöministeriö 2007b)

Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ saadaan kaavasta (4.27) lämpökuorman ja lämpöhäviön suhteen γ ja aikavakiosta τ riippuvan numeerisen parametrin a avulla. Parametri a saadaan kaavasta (4.30) ja aikavakio τ saadaan kaavasta (4.31). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (4.27)$$

γ saadaan kaavasta (4.28) jakamalla lämpökuorma $Q_{\text{lämpökuorma}}$ lämpöhäviöllä $Q_{\text{lämpöhäviö}} \cdot Q_{\text{lämpökuorma}}$ saadaan kaavasta (4.25) ja $Q_{\text{lämpöhäviö}}$ kaavasta (4.29). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}} \quad (4.28)$$

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{lämmitys,tuloilmapatteri}} \quad (4.29)$$

Aikavakiosta riippuva numeerinen parametri a saadaan kaavasta (4.30) ja τ kaavasta (4.31) jakamalla rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak} rakennuksen ominaislämpöhäviöllä H . C_{rak} valitaan taulukosta 4.13 rakennetyypin mukaan ja H lasketaan kaavalla (4.32). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$a = 1 + \frac{\tau}{15} \quad (4.30)$$

$$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H} \quad (4.31)$$

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{(T_s - T_u)\Delta t} 1000 \quad (4.32)$$

Taulukko 4.13. Tehollinen lämpökapasiteetti eri rakennustyypeissä. (Ympäristöministeriö 2007b).

RAKENNETYYPPI	
Pientalot	$C_{\text{rak,omin}} \text{ Wh}/(\text{brm}^2\text{K})$
Kevytrakenteinen (US, VP, YP, AP kevyitä rankarakenteita)	40
Keskiraskas I (US, VP, YP kevyitä rankarakenteita, AP betonia)	70
Keskiraskas II (US massiivihirsi tai harkko, VS ja YP kevyitä rankarakenteita, AP betonia)	110
Raskarakenteinen (US betoni tai tiili, VS harkko tai tiili, YP ja AP betonia)	200
Asuinkerrostalot	
Kevytrakenteinen (US, VP, YP kevyitä rankarakenteita, AP betonia)	40
Keskiraskas (US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betonia, YP betonia)	160
Raskarakenteinen (US betonia, VS harkko tai betoni, VP betoni, YP betoni)	220
Toimistorakennukset	
Kevytrakenteinen (US, VS, VP kevyitä rankarakenteita, AP betoni)	70
Keskiraska (US kevyitä rankarakenteita, VS kevyitä rankarakenteita tai betoni, VP betoni, AP betoni)	110
Raskarakenteinen (US betoni, VS harkko tai betoni, VP betoni, AP betoni)	160

4.9 Jäähdytysenergian tarpeen laskenta

Jäähdytysenergian tarve $Q_{\text{jäähdytys,tilat,netto}}$ kuvaa lämmityksessä hyödyntämättömän lämpökuorman määrää, joka rakennuksesta täytyy poistaa, jotta saavutetaan haluttu keskimääräinen sisälämpötila $T_{s,lask,keskim}$. $Q_{\text{jäähdytys,tilat,netto}}$ saadaan kaavasta (4.33), lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ kaavasta (4.27), lämpökuorma $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kaavasta (4.25) ja rakennuksen lämpöhäviö $Q_{\text{lämpöhäviö}}$ kaavasta (4.29). Jos

erotus $T_{s,lask,keskim} - T_s$ on negatiivinen, käytetään eksponenttina lukua 1. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{jäähdytys,tilat,netto} = (1 - \eta_{lämpö})Q_{lämpökuorma} - \frac{(T_{s,lask,keskim} - T_s)^{1,1}}{(T_s - T_u)}Q_{lämpöhäviö} \quad (4.33)$$

4.10 Rakennuksen lämmitysenergiankulutus

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus $Q_{lämmitys}$ lasketaan kaavalla (4.34) ja se koostuu tilojen lämmitysenergiankulutuksesta $Q_{lämmitys,tilat}$ ja lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta Q_{lkv} . Jos rakennuksessa on poistoilmalämpöpumppu, vaikuttaa lämmitysenergiankulutukseen myös poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä energia Q_{LP} , joka jaetaan poistoilmalämpöpumpun vuotuisella lämpökertoimella ϵ_{LP} . Q_{LP} saadaan kaavasta (4.7). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lämmitys} = Q_{lämmitys,tilat} + Q_{lkv} + \frac{Q_{LP}}{\epsilon_{LP}} \quad (4.34)$$

$Q_{lämmitys,tilat}$ saadaan kaavasta (4.35) laskemalla yhteen rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{lämmitys,tilat,häviöt}$, joka saadaan kaavasta (4.14), ja rakennuksen tilojen nettoenergiantarve $Q_{lämmitys,tilat,netto}$, joka saadaan kaavasta (4.36) laskemalla yhteen johtumisesta, vuotoilmasta sekä ilmanvaihdosta aiheutuvat lämmitystarpeet ja vähentämällä näistä lämmityksessä hyödynnettävän lämpökuormien lämpöenergian $Q_{sis.lämpö}$. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lämmitys,tilat} = Q_{lämmitys,tilat,netto} + Q_{lämmitys,tilat,häviöt} - Q_{LP,tilat} \quad (4.35)$$

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv} - Q_{sis.lämpö} \quad (4.36)$$

Jos rakennuksessa on poistoilmalämpöpumppulämpöpumppu, vähennetään rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutuksesta poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja rakennuksen lämmityksessä hyödynnetty energia $Q_{LP,tilat}$, joka saadaan kaavasta (4.8).

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus Q_{lkv} saadaan kaavasta (4.37) laskemalla yhteen käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia $Q_{lkv,netto}$, joka saadaan kaa-

vasta (4.11), ja käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviö $Q_{lkv,häviöt}$, joka saadaan kaavasta (4.15). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lkv} = Q_{lkv,netto} + Q_{lkv,häviöt} \quad (4.37)$$

Jos rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä, lasketaan tilojen jäähdytysenergiankulutus $Q_{jäähdytys,tilat}$ jakamalla kaavalla (4.38) saatava rakennuksen tilojen jäähdytyksen nettoenergiantarve $Q_{jäähdytys,tilat,netto}$ tilojen jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteella $\eta_{jäähdytys,tilat}$. Jos tiedossa ei ole tarkempaa hyötysuhdetta, voidaan käyttää arvoa 0,7. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{jäähdytys,tilat} = \frac{Q_{jäähdytys,tilat,netto}}{\eta_{jäähdytys,tilat}} \quad (4.38)$$

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus $E_{rakennus}$ saadaan kaavasta (4.39) laskemalla yhteen lämmitysenergiankulutus $Q_{lämmitys}$, laitteiden sähköenergiankulutus $W_{laitesähkö}$ sekä tilojen jäähdytysenergiankulutus $Q_{jäähdytys,tilat} \cdot Q_{lämmitys}$ saadaan kaavasta (4.34), $W_{laitesähkö}$ saadaan kaavasta (4.18) ja $Q_{jäähdytys,tilat}$ saadaan kaavasta (4.38). (Ympäristöministeriö 2007b)

$$E_{rakennus} = Q_{lämmitys} + W_{laitesähkö} + Q_{jäähdytys,tilat} \quad (4.39)$$

4.11 Rakennuksen ostoenergiankulutus

Rakennukseen ostettava lämmitysenergiankulutus $Q_{lämmitys,osto}$ saadaan kaavasta (4.40) jakamalla rakennuksen lämmitysenergiankulutus $Q_{lämmitys}$ lämmöntuotantolaitteen vuosihyötysuhteella $\eta_{lämmitys}$. Hyötysuhteena käytetään yleensä valmistajan ilmoittamaa varmennettua hyötysuhdetta tai taulukosta 4.14 saatavia eri lämmöntuotantotapojen arvioituja hyötysuhteita. (Ympäristöministeriö 2007b)

$$Q_{lämmitys,osto} = \frac{Q_{lämmitys}}{\eta_{lämmitys}} \quad (4.40)$$

Taulukko 4.14. Eri lämmöntuotantotapojen arvioituja vuosihyötysuhteita. (Ympäristöministeriö 2007b).

Lämmöntuotantotapa	Vuosihyötysuhde
Kaukolämpö	1
Sähkölämmitys	1
Öljy- ja kaasukattilat, enintään 35 kW	
Tavanomainen kattila	0,87
Matalalämpökattila	0,9
Kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,93
Öljy- ja kaasukattilat, yli 35 kW	
Tavanomainen kattila	0,89
Matalalämpökattila	0,91
Kaasukäyttöinen kondenssikattila	0,94
Kaksoispesäkattilat	
Öljylämmitys	0,8
Puulämmitys	0,7
Puupolttoainetta käyttävät lämmityslaitteet	
Pellettikattilat	0,8
Hakekattilat	0,8
Pilkekattilat	0,7
Tulisijat	0,7
Lämpöpumput	
Maalämpöpumppu	2,5
Ulkoilmalämpöpumppu (lämpö vesivaraajaan)	2

5 ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEITÄ

Pienilläkin investoinneilla on mahdollista saavuttaa suuria säästöjä lämmitys-, vesi- sekä ilmanvaihtojärjestelmissä. Tämä edellyttää järjestelmien ja laitteiden järjestelmällistä ja suunnitelmallista hoitoa ja käyttöä sekä lämmitysenergian, sähköenergian ja käyttöveden lämmitykseen kuluvan energian säännöllistä seuraamista. (KH 90-00314 2002) Taulukossa 5.1 on listattu erilaisia energiansäästötoimenpiteitä ja niiden arvioituja energiansäästöpotentiaaleja. Taulukon kuuden ensimmäisen toimenpiteen karkea kiinteistön energiansäästö vuodessa ja investoinnin takaisinmaksuaika voidaan laskea esimerkiksi tässä diplomityössä kehitetyllä energialaskurilla.

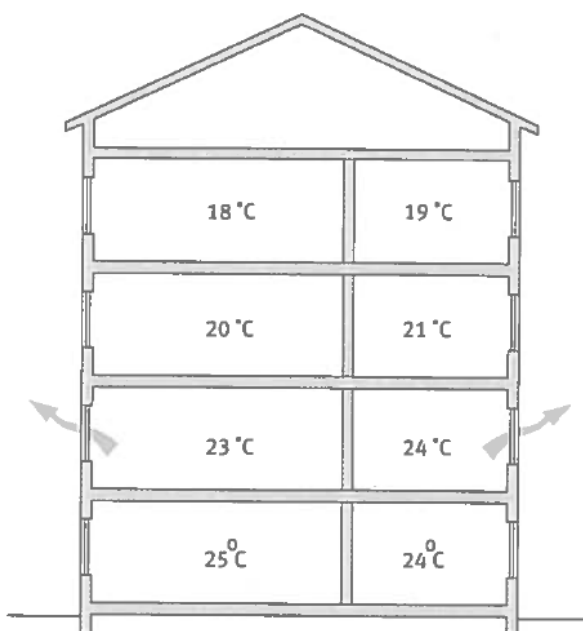
Taulukko 5.1. Korjaustoimenpiteiden arvioituja energiansäästöjä asuinkerrostalossa (Suomen Kiinteistölehti 2009).

Toimenpide	Arvioitu energiansäästö
Ikkunoiden vaihtaminen tai lisälasin asentaminen	10-15 %
Lämmöntalteenoton lisääminen	15 %
Lämmönjakokeskuksen, öljylämpökattilan tai vastaavan lämmöntuotantolaitteen uusiminen	10-20 %
Lämmöntuotantotavan muuttaminen eli esimerkiksi sähkölämmityksen korvaaminen maalämmöllä	50-65 %
Ilmalämpöpumpun lisääminen täydentämään sähkölämmitystä	25 %
Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säätö	10-20 %
Veden kulutuksen vähentäminen eli esimerkiksi vettä säästävien suihkujen ja hanojen käyttäminen, vesivuotojen korjaukset sekä huonekohtaisten vesimittareiden asentaminen	10 %

5.1 Lämmitysjärjestelmän ja ilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen

Lämmitysjärjestelmän yhteydessä energiansäästöjä syntyy esimerkiksi venttiilien uusimisella ja patteriverkoston perussäädöllä. Lämmitysjärjestelmän patteri-, linjasäätö- ja sulkuventtiilien tekninen käyttöikä on 20-25 vuotta, jonka jälkeen vanhat venttiilit eivät toimi kunnolla, mikä taas johtaa energiahäviöihin. Esimerkiksi peruskorjauksen yhteydessä venttiilit voidaan uusida termostaattisiksi patteriventtiileiksi, jotka pystyvät hyödyntämään auringon säteilystä aiheutuvaa ilmaista lämpökuormaa säätämällä lämmityspatterin vesimäärää huonelämpötilan mukaan. (Jaakkola et al. 2010)

Patteriverkoston perussäädössä varmistetaan, että jokaisen verkoston patterin kautta kiertää oikea määrä vettä. Kuvassa 5.1 nähdään, miten ilman patteriverkoston perussäätöä eri tilojen välille syntyy lämpötilaero, kun lämmönjakokeskusta lähinnä olevissa pattereissa kiertää liikaa vettä ja kauimmaisissa kiertää hyvin vähän vettä.



Kuva 5.1. Rakennuksen lämpötilajakauma, kun lämmitysverkostoa ei ole perussäädetty (Lappalainen 2010).

Mitä suurempi lämpötilaero eri tilojen välillä on, sitä suurempi energiansäästö perussäädöllä on mahdollista saavuttaa. Perussäädössä tasataan tilojen keskilämpötilat muuttamalla virtaamaa tai menoveden lämpötilaa. Lisäksi perussäädössä asetetaan menoveden säätökäyrä oikein, jolloin sisälämpötila pysyy oikeana ulkolämpötilan muutoksesta huolimatta. Perussäätö täytyy ehdottomasti toteuttaa rakennuksen lämmöntarpeen muuttuessa eli esimerkiksi julkisivujen lisälämmöneristämisen yhteydessä tai jos rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu. (Jaakkola et al. 2010)

Vanhoissa asuinrakennuksissa kiinteistön ilmanvaihdon perusparantaminen on yleensä tehokkain energiatehokkuutta parantava toimenpide, sillä esimerkiksi 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuissa asuinkerrostaloissa lämpöhäviöistä 36 % muodostuu ilman-

vaihdosta. Tähän on ratkaisuna esimerkiksi muiden ilmanvaihtojärjestelmän korjaus- toimien ohessa ilmanvaihtojärjestelmään asennettava lämmöntalteenotto, jonka jälkeen poistoilman lämmöstä saadaan parhaimmillaan talteen jopa 60-85 %. Vaihtoehtoisesti lämpö voidaan ottaa talteen jollakin muulla tavalla eli esimerkiksi poistoilmalämpöpumpulla, jolloin talteen otettu lämpö kierrätetään joko takaisin lämmitysjärjestelmään tai käyttöveteen. Jos painekokeessa 50 Pascalin paine-erolla saatu ilmanvuotoluku on suurempi kuin 2-3 l/h, täytyy lämmöntalteenoton asennuksen yhteydessä yleensä uusita myös ikkunat ja ulko-ovet, sekä tiivistää paikalliset vuotokohdat, sillä lämmöntalteenoton lisääminen tällaiseen rakennukseen saattaa aiheuttaa ylipainetta, jolloin sisäilman kosteus tunkeutuu rakenteisiin. Tiivistämisen jälkeen lämmöntalteenotto toimii mahdollisimman hyvin ja on kustannuksiltaan kannattava hankinta. (Jaakkola et al. 2010; Suomen Kiinteistölehti 2009)

Kuten lämmitysjärjestelmä, myös ilmanvaihtojärjestelmä voidaan perussäätää. Perussäätö tulisi toteuttaa aina, kun ilmanvaihtoon vaikuttavat olosuhteet muuttuvat eli esimerkiksi kun rakennuksen ilmatiiveydessä tapahtuu muutoksia. Ilmanvaihdon perussäätö täytyy tehdä ennen lämmitysjärjestelmän perussäätöä. Perussäädön yhteydessä huonokuntoisia poistoilmapuhaltimia huolletaan tai vaihdetaan elinkaarensa päässä energiatehokkaampiin malleihin. Huollon yhteydessä poistopuhaltimen energiankulutusta voidaan vähentää pienentämällä kanaviston vastusta, ohjaamalla ilmavirtoja käytön mukaisesti sekä parantamalla puhaltimen kokonaishyötysuhdetta esimerkiksi laitteiston puhdistuksella tai kiristämällä kiilahihnaa. (Jaakkola et al. 2010)

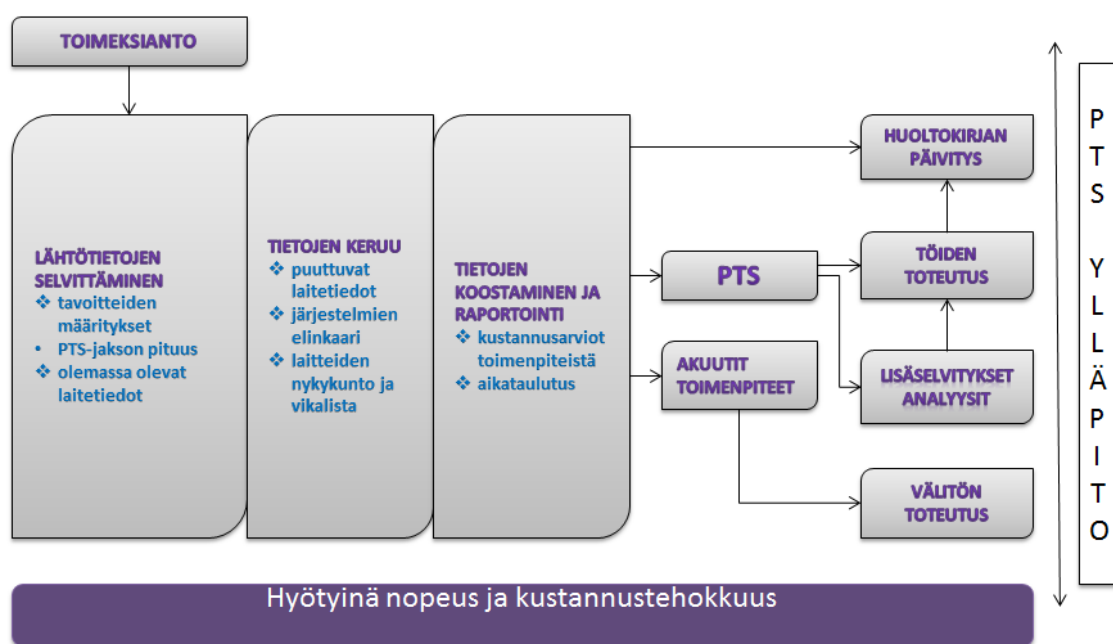
5.2 Ikkunoiden uusiminen

Vanhoissa 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa ilmanvaihtojärjestelmän lämpöhäviön lisäksi suurimmat lämpöhäviöt syntyvät ikkunoista ja ulkovaipasta. Rakennuksen lämpöhäviöistä 15 % ja ilmapuodoista 90 % aiheutuu ikkunoiden huonosta tiiveydestä ja tämä aiheuttaa kustannuksia kahdestatoista jopa viiteentoista euroon ikkunaneliötä kohti vuodessa. (Lappalainen 2010) Ikkunoiden uusiminen nykyaikaisemmiksi vähentää rakennuksen lämpöhäviöitä enintään viidestä kuuteen prosenttiin, mutta investointi on kallis. Tämän takia tämä toimenpide kannattaa toteuttaa vain, jos ikkunoita on muutenkin tarkoitus korjata, jolloin kustannukset saadaan mahdollisimman taloudellisiksi. (Suomen Kiinteistölehti 2009)

6 PROSESSIKUVAUS KIINTEISTÖN HALTUUNOTOSTA

Jotta kiinteistössä voidaan toteuttaa taloudellista ja järjestelmällistä kunnossapitoa, täytyy käytössä olla tieto kiinteistön nykytilasta ja nykykunnosta sekä luotettava ennuste mahdollisista tulevista korjauksista ajoituksineen ja kustannuksineen. Nämä tarpeet täytetään tehokkaalla haltuunotolla. Tämän diplomityön toiminnallisen osan tavoitteena oli luoda tehokas työkalu ylläpito-organisaatiolle, jonka avulla kohteen haltuunotto on nopea ja kustannustehokas sekä PTS-suunnitelman laatiminen mahdollisimman vaivatonta. Kiinteistön haltuunotolla tarkoitetaan tässä työssä tilannetta, jossa kiinteistön omistaja tai huoltoliike muuttuu. Haltuunotto voidaan toteuttaa myös tilanteessa, jossa kiinteistön käyttötarkoitus muuttuu.

Haltuunoton prosessi esitellään kuvassa 6.1 ja se koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat lähtötietojen selvittäminen, tietojen kerääminen kohdekierrokselta sekä tietojen koostaminen ja raportointi.



Kuva 6.1. Haltuunoton prosessikaavio.

Tavoitteena on saada haltuunotosta mahdollisimman nopea ja kustannustehokas, valmiudet energialaskentaan sekä tuntea asiakkaan laitekanta mahdollisimman hyvin. PTS-suunnitelman luomista helpottamaan on tehty hintalaskuri, jonka avulla toimenpiteille saadaan karkeat hinta-arviot ja energialaskuri, jonka avulla voidaan karkeasti verrata

rakennuksen energiankulutusta vastaaviin rakennuksiin. Jos erot ovat suuria, voidaan energialaskurin avulla mallintaa karkeasti, kuinka paljon erilaiset energiataloudelliset toimenpiteet vähentäisivät lämmitysenergian kulutusta, ja mikä olisi näiden toimenpiteiden takaisinmaksuaika.

Haltuunottotyökalua ja PTS-suunnitelmaa päivitetään ja ylläpidetään aina, kun kiinteistössä käydään. Päävastuu suunnitelman päivittämisestä on kiinteistön managerilla ja täten tässä diplomityössä esitelty menetelmä soveltuu ainoastaan sellaisille kiinteistöille, joissa on manageri. Kiinteistömanagerin tehtävänä on haltuunottotyökalun päivittämisen ja ylläpidon lisäksi vastata asiakkaan kiinteistön arvon säilymisestä ja hoidosta, hallinnoida ja johtaa kiinteistön palvelukokonaisuutta, seurata tehdyn työn laatua sekä huolehtia palvelusopimuksen täyttymisestä.

6.1 Laitetietojen kerääminen ja tiedonkeruulomake

Suomen Rakentamismääräyskokoelma A4 edellyttää, että suurella osalla kiinteistöjä tulee olla käyttö- ja huolto-ohje. Laissa ei kuitenkaan ole mainintaa siitä, kuinka ohjetta tulisi päivittää ja ylläpitää, ja käyttö- ja huolto-ohje ei useinkaan ole ajan tasalla. Tästä syystä työssä esitetty kiinteistön haltuunotto täytyy aloittaa laitetietojen keräämisellä. Kierroksella kerätyn tiedon määrä on rajoitettu mahdollisimman pieneksi keskittymällä keräämään vai sellaiset tiedot, joita tarvitaan pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelman ja energialaskennan tekemiseksi.

Tietojen kerääminen tapahtuu kahdella eri kierroksella. Ensimmäisellä kierroksella laitetietojen kerääminen suoritetaan tiedonkeruulomakkeen avulla. Lomakkeen on tarkoitus olla sellainen, että huoltomies voi täyttää sen huoltokierroksensa yhteydessä ja tämän takia lomakkeen tulee olla mahdollisimman tiivis, mutta tarpeeksi kattava. Kierroksen jälkeen pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelman laatijalla tulee olla kattavat laitetiedot kohteesta. Haltuunottotyökaluun laadittiin LVI-tietojen tiedonkeruulomake, johon tiedot voidaan kerätä käsin. Kuva 6.2 jatkuu oikealle mahdollistaen suurempienkin kohteiden kirjauksen.

Kohde:							
Osoite:							
Päivämäärä:							
LÄMMITYS							
(Lämmitysverkosto)							
Vuosi							
Lämmönjakokeskukset							
Lämmönsiirrin							
Vuosi							
Teho							
Pumppu							
Vuosi							
Sähkäteho							
Onko taajuusmuuttajaa?							
Venttiilimoottori							
Vuosi							
Paisunta-astia							
Vuosi							
VESI- JA VIEMÄRI							
Pumppaamo/pumput							
Vuosi							
Sähkäteho							
ILMANVAIHTO							
Ilmanvaihtokoneet ja niiden osat							
Peltimoottori							
Vuosi							
Suodatin							
Vuosi							
LTD							
Vuosi							
Onko taajuusmuuttaja?							
Tyyppi (pyöriväkuutioglykoli...)							
Lämmityspatteri							
Vuosi							
Venttiili							
Vuosi							
Pumppu							
Vuosi							
Sähkäteho							

Kuva 6.2. Esimerkki LVI-tiedonkeruulomakkeesta, joka voidaan täyttää käsin.

Jos kohdekierroksella on käytössä tietokone, voidaan tiedonkeruukortti täyttää suoraan Haltuunottotyökalussa. Kuvassa 6.3 näkyy pieni osa sähköisestä tiedonkeruulomakkeesta ja kokonaisuudessaan sähköinen tiedonkeruulomake löytyy liitteestä 2. Sekä tiedonkeruulomake että haltuunottotaulukko perustuvat Talo2000-nimikkeistöön.

LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönjakokeskus
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönsiirrin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Sähköteho
			Rakennustilavuus [rm3]
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Pumppu
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
			Pieni/suuri [kpl]
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Moottoriventtiili
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Paisunta-astia
LVI-JÄRJESTELMÄT	G2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	Pumput/pumppaamot
LVI-JÄRJESTELMÄT	G2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmanvaihtokone
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Peltimoottori
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Suodatin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	LTO
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Tyyppi (pyörivä, kuutio, glykoli...)
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Lämmityspatteri
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Venttiili

Kuva 6.3. Esimerkki sähköisestä tiedonkeruulomakkeesta.

6.2 Ylläpito-organisaation toteuttama kohdekierros

PTS-suunnitelman laadinnassa käytetään pohjana tiedonkeruulomakkeen tietojen lisäksi kohteessa suoritettavaa ylläpito-organisaation toteuttamaa kohdekierrosta, jolle osallistuvat kiinteistötekniikan eri osa-alueiden asiantuntijat. Kun kierros on suoritettu, tulee asiantuntijoiden olla valmiita antamaan teknisiin käyttöihin perustuva arvio kiinteistön nykykunnosta ja heillä tulee olla määriteltynä kiinteistössä tarvittavat ylläpitotoimenpiteet ja karkeat hinta-arviot näille toimenpiteille. Karkeiden hinta-arvioiden muodostamisen apuna toimii tässä diplomityössä laaditun Haltuunottotyökalun hintalaskurivälilehti, jonka hintatiedot perustuvat Haahtelan ja Kiiraan Talonrakennuksen kustannuslaskenta 2011 -kirjaan. Tarkoituksena on, että toimenpiteet hinnoitellaan vastaavaan tasoon eli esimerkiksi ilmanvaihtokonetta uusittaessa annetaan hinta, jonka ilmanvaihtokone maksaisi, jos se korvattaisiin vastaavalla koneella.

Haltuunotossa korostetaan nopeuden ja kustannustehokkuuden merkitystä, joten ylimääräisiä kuluja ei saa syntyä esimerkiksi siitä, että suunnitellaan parannuksia nykyiseen laitteeseen. Suunnittelua tapahtuu vasta hankesuunnitteluvaiheesta alkaen, jos asiakas on päättänyt uusia laitteensa tai järjestelmänsä. Haltuunottotyökalun energialaskurin avulla käyttäjä voi kuitenkin tehdä nopean tarkastelun kiinteistön energiankulutuksesta sekä mahdollisista energian säästöpotentiaaleista ja ehdottaa toimenpiteitä tilaajalle.

6.3 Nykykunnonkartoitus ja PTS:n laadinta

Nykykunnonkartoitus aloitetaan siitä, että erotellaan toisistaan akuuttia korjausta vaativat toimenpiteet, huollot ja pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmaan merkittävät

toimenpiteet. Tiedonkeruulomakkeeseen täytetään jokaisen laitteen ja järjestelmän asennusvuosi ja lisäksi on etukäteen selvitetty tekniset käyttöiät. Näiden avulla saadaan laskettua laitteiden ja järjestelmien nykykunto, kun vähennetään kuluva vuodesta asennusvuosi ja tämä tulos vähennetään teknisestä käyttöiästä kaavassa 6.1 näkyvällä tavalla.

järjestelmien jäljellä oleva elinikä

$$= \text{tekninen käyttöikä} - (\text{nykyinen vuosi} - \text{asennusvuosi}) \quad (6.1)$$

Tämän vaiheen jälkeen suunnitelman laatijalla tulee olla seuraavat tiedot:

- järjestelmien laskennallinen elinkaari ja käyttöikä
- laitteiden nykykunto
- vikalista ja akuuttia korjausta vaativat toimenpiteet
- karkeat hinta-arviot

Tietojen keräämisen jälkeen laaditaan kustannusarviot uusintaa vaativille laitteille ja järjestelmille ja niiden nykykunnon perusteella määritetään vuodet, joille kustannukset kohdistetaan. Kustannusarviot perustuvat siihen, että järjestelmä uusitaan vastaavaan kuntoon. Lopuksi keskustellaan asiakkaan kanssa lähestyvistä laiteuusinnoista ja esitellään erilaisten laitevaihtoehtojen energiansäästöpotentiaalia. Jos jokin järjestelmä lähestyy teknisen käyttöikänsä loppua, voidaan se asettaa tehotarkkailuun.

7 EXCEL-POHJAINEN HALTUUNOTTOTYÖKALU

Tämän diplomityön toiminnallisessa osassa tarkoituksena oli luoda prosessi, jolla kiinteistön haltuunotto olisi mahdollisimman nopeaa ja kustannustehokasta. Tämän prosessin avuksi luotiin Haltuunottotyökalu. Haltuunottotyökalu on toteutettu käyttäen Microsoft Excel 2010 -ohjelman suomenkielistä versiota ja se on tallennettu käyttäen muotoa .xls, joten ohjelmaa on mahdollista käyttää myös Microsoft Excelin vanhemmilla versioilla. Kaksi Haltuunottotyökalun välilehteä, Hintalaskuri ja Energialaskuri, on toteutettu osittain Visual Basic -ohjelmoinnin avulla.

Excel-sovelluksesta on pyritty tekemään mahdollisimman helppokäyttöinen ja selkeä, joten se on jaettu seitsemälle eri välilehdelle, jotka ovat Koontilista, Tiedonkeruulomake, Hintalaskuri, Energialaskuri, Energiansäästöt, Toimenpidetaulukko sekä PTS. Lisäksi sovelluksessa on useita muita välilehtiä, joiden avulla järjestellään tietoja ja muodostetaan valintaikkunoita käyttäjälle.

7.1 Haltuunottotaulukko

Haltuunottotyökalu jakautuu kolmeen suurempaan kokonaisuuteen. Ensimmäinen ja tärkein osa on haltuunottotaulukko, joka sisältää:

- rakennusosan, järjestelmän tai laitteen asennusvuosi, joka saadaan tiedonkeruulomakkeelta
- rakennusosan, järjestelmän tai laitteen teoreettinen käyttöikä, joka perustuu KH 90-00403 -korttiin
- rakennusosan, järjestelmän tai laitteen laskennallinen jäljellä oleva käyttöikä
- rakennusosaan, järjestelmään tai laitteeseen liittyvät toimenpide-ehdotukset
- lähde ja peruste, minkä takia toimenpide tehdään
- hinnoitteluperuste
- tieto siitä, onko toimenpide energiansäästötoimenpide
- ehdotuksen esittäjä
- toimenpiteen priorisointiaste
- hinta-arvio
- toteutusvuosi ja aloituskuukausi
- mahdollinen saavutettava energiansäästö ja takaisinmaksuaika energiansäästötoimenpiteessä
- vastuhenkilö ISS:ssä

- henkilö, jolle toimenpide on esitelty, esittelypäivämäärä sekä työn status

Kuvassa 7.1 esitellään työkalu nykykunnan helppoa ja nopeaa hahmottamista varten.

				Järjestelmä	Asennus- vuosi	Teoreettinen käyttöikä	Jäljellä olevat vuor.
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönjakokeskus		2002		25 14
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönsiirrin	LS1	2002		20 9
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Pumppu	P1	2002		20 9
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Vesi- ja viemärijärjestelmät	Lattiakaivot		1976		50 13
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmanvaihtokone	TK1	1994		20 1
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Suodatin		1994		20 1
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	LTO	LTO1	1994		20 1
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Lämmityspatteri		1994		20 1
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Venttiili		2003		10 0
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Pumppu	P1	1994		20 1
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Jäähdytyspatteri		1994		20 1

Kuva 7.1. Haltuunottotyökalun osa, jonka avulla havainnollistetaan kiinteistön nykykuntaa kolmella eri värillä.

Rakenteen, järjestelmän tai laitteen laskennallisen jäljellä olevan käyttöiän solu on vihreä, jos laskennallista käyttöikä on jäljellä yli 10 vuotta ja toimenpiteitä ei tarvita. Solun väri on keltainen, jos laskennallinen käyttöikä on kahden ja kymmenen vuoden välissä ja uusimistarve siirretään PTS-suunnitelmaan. Jos käyttöiän solu on punainen, on laskennallinen käyttöikä alle kaksi vuotta ja laitteen tai järjestelmän uusiminen ajankohdasta. Varsinkin käyttöikänsä päässä olevia järjestelmiä tulee seurata tarkkaan ja päättää uusitaanko laite laskennallisen käyttöikänsä päässä vai jatketaanko sen huoltamista mahdollisista kohonneista huoltokustannuksista huolimatta. Jos toimenpide päätetään toteuttaa, määritellään sen alkamisajankohdaksi joko heti, kolmen tai kuuden kuukauden päästä, jos toimenpide on akuutti, tai vaihtoehtoisesti toimenpide voidaan viedä PTS-suunnitelmaan.

Kiinteistöä koskevat toimenpide-ehdotukset listataan Haltuunottotyökaluun. Toimenpide-ehdotusten lähde voi olla Kuopion energiavalmossa todettu ongelma tai poikkeama, kuntoarvion tai kohdekatselmuksen yhteydessä todettu uusimis- tai kunnostustarve tai kiinteistön ylläpito-organisaation raportoima uusimis- tai kunnostustarve. Toimenpiteen peruste voi olla rakenteen, järjestelmän tai laitteen tasoa nostava toimenpide, tilamuutoksesta johtuva toimenpide, elinkaarikorjauksesta johtuva eli rakenne, järjestelmä tai laite on elinkaarensa päässä ja se täytyy uusida, energiasta johtuva eli energiansäästöä kannalta rakenne, järjestelmä tai laite kannattaa uusida, vaikka se ei vielä olekaan elinkaarensa päässä, käytöstä ja ylläpidosta johtuva toimenpide, jonka avulla pidetään yllä kiinteistön käytettävyyttä sekä viranomais määräyksen täyttämistä johtuva toimenpide. Toimenpiteen hinnoitteluperusteena toimii joko tarjous, erillisveloitus tai sopimustyö, jolloin tehty työ sisältyy palvelusopimukseen eikä sitä erikseen laskuteta.

7.2 Hintalaskuri

Hintalaskuri on rajattu käsittelemään vain LVI-tekniikkaa koskevia hintoja ja sen avulla käyttäjä pystyy antamaan karkeat hinta-arviot kiinteistön erilaisille toimenpiteille, joita voidaan hyödyntää PTS-suunnitelman laadinnassa. Laskuriin ohjelmoidut hintatiedot perustuvat Haahtelan ja Kiiraan Talonrakennuksen kustannustieto 2011 - teokseen ja ne on esitetty ilman arvolisänveroa.

Hintalaskurin käyttö aloitetaan etusivulta, joka esitellään kuvassa 7.2.

ILMANVAIHTO					
TULOILMA					
Erilliset tulo- ja poistoilmakojeet					
Peruskoje	13500	1		13500	Ilmanvaihdon peruskoje
Asuntokohtainen tulo- ja poistoilmakone				0	Asuntokohtainen tulo- ja poistoilmakone
Tuloilmakammio				0	Tuloilmakammio

Kuva 7.2. Esimerkki hintalaskurin etusivusta.

Käyttäjä valitsee etusivulta aihealueen ja painikkeen, kuvassa esimerkkinä käytetään asuinrakennuksen käyttövesiverkoston vesi- ja viemäripisteiden painiketta. Kuvassa 7.3 esitellään esimerkki tästä lomakkeesta, joka aukeaa käyttäjälle painikkeen painamisen jälkeen.

Alueellinen hintataso 69	Alueellinen hintataso 75	Alueellinen hintataso 79																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Asuinrakennukset</th> <th>Alueellinen hintataso 75</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu</td> <td>5,0</td> </tr> <tr> <td>Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, normaali ratkaisu</td> <td>6,8</td> </tr> <tr> <td>Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu</td> <td>7,3</td> </tr> <tr> <td>Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu</td> <td>5,7</td> </tr> <tr> <td>Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu</td> <td>7,9</td> </tr> <tr> <td>Pienkerrostalot 0,085 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu</td> <td>9,0</td> </tr> <tr> <td>Erilliset pientalot 0,10 vesi- ja viemäripist./brm2 (kokoluokka 100 asm2)</td> <td>9,0</td> </tr> </tbody> </table>			Asuinrakennukset	Alueellinen hintataso 75	Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu	5,0	Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, normaali ratkaisu	6,8	Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	7,3	Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu	5,7	Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	7,9	Pienkerrostalot 0,085 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	9,0	Erilliset pientalot 0,10 vesi- ja viemäripist./brm2 (kokoluokka 100 asm2)	9,0
Asuinrakennukset	Alueellinen hintataso 75																	
Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu	5,0																	
Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, normaali ratkaisu	6,8																	
Asuin kerrostalot 0,08 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	7,3																	
Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, keskitetty ratkaisu	5,7																	
Asuinrivitalot 0,09 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	7,9																	
Pienkerrostalot 0,085 vesi- ja viemäripist./brm2, hajanainen ratkaisu	9,0																	
Erilliset pientalot 0,10 vesi- ja viemäripist./brm2 (kokoluokka 100 asm2)	9,0																	
Syötä bruttoala [brm2] <input type="text" value="400"/>																		
Mahdollinen lisähinta <input type="text" value="Pajon vesi ja viemäripisteitä 0,11 kpl/brm2 lisähinta 2,0"/>																		
Syötä bruttoala <input type="text" value="400"/>																		

Kuva 7.3. Esimerkki hintalaskurin valintalomakkeesta, aiheena asuinrakennuksen vesi- ja viemäripisteet.

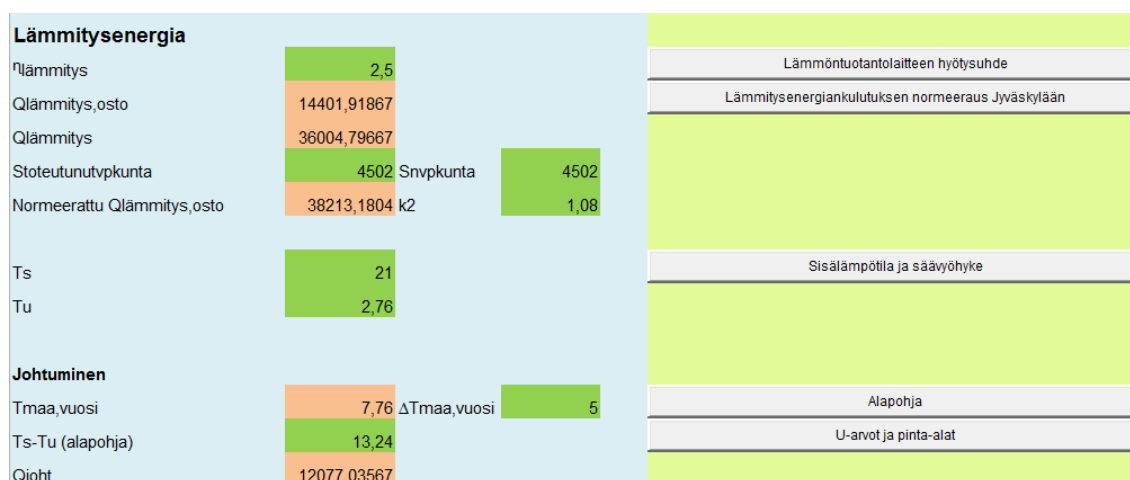
Käyttäjä valitsee ensin alueellisen hintatason sen mukaan missä tarkasteltava kiinteistö sijaitsee. Alueellinen hintataso 79 kattaa pääkaupunkiseudun, alueelliseen hinta-

tasoon 75 kuuluvat kehyskunnat ja alueellinen hintataso 69 kattaa muun Suomen. Tämän jälkeen käyttäjä valitsee tarjotusta valikosta toimenpidettä parhaiten kuvaavan vaihtoehdon ja syöttää laskentaa varten tarvittavat tiedot lisähintoihin. Tämän jälkeen tiedot siirtyvät hintalaskurin etusivulle, jossa tapahtuu toimenpiteen hinnoittelu, joka tässä esimerkissä saadaan kertomalla alueen bruttoala alueellisen hintatason kertoimella ja lisäämällä siihen mahdollisen lisähinnan aiheuttama kustannus. Kun laskenta on suoritettu, voi käyttäjä siirtää hintatiedot Toimenpidetaulukko-välilehdelle. Hintalaskurin antamiin hintoihin sisältyvät työkustannukset, mutta jos halutaan saada hinta myös suunnittelutyölle ja sivukuluille, täytyy hintalaskurista saatu hinta kertoa 15 %:lla.

7.3 Energialaskuri ja Energiansäästöt

Energialaskurissa laskenta perustuu Ympäristöministeriön Rakennusmääräyskokoelman osaan D5, jossa on ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan. Energialaskuri- ja Energiansäästöt-välilehtien avulla käyttäjä voi määrittää karkeasti rakennuksen energiankulutuksen, vertailla keskenään eri säävyöhykkeillä sijaitsevien rakennusten energiankulutusta normituksen avulla, vertailla erilaisten energiansäästötoimenpiteiden vaikutusta vuositasolla ja laskea säästötoimenpiteiden takaisinmaksuajan.

Kuvassa 7.4 esitellään energialaskurin etusivu. Oikealla ovat painikkeet, joiden avulla käyttäjä syöttää tarvittavat tiedot energialaskelmaa varten ja vasemmalla käyttäjä voi seurata välituloksia syöttäessään tietoja. Jos käyttäjä haluaa tyhjentää lomakkeen, tulee hänen poistaa kaikissa vihreissä soluissa olevat tiedot. Punaiset solut sisältävät kaavoja, joten ne ovat lukittuina. Kuvassa 7.5 esitellään esimerkki lomakkeesta, joka aukeaa käyttäjän painaessa U-arvot ja pinta-alat -painiketta etusivun oikeassa laidassa. Energialaskurin lomakkeet koostuvat erilaisista valikoista ja välilehdistä, joista käyttäjä valitsee tarvitsemansa. Lisäksi lomakkeissa on ruutu, johon käyttäjä voi syöttää tietoa.



Kuva 7.4. Näkymä energialaskurin etusivulta.

Ulkoseinät | Yläpohja | Alapohja | Ikkunat | Ovet

Rakenne 1 | Rakenne 2 | Rakenne 3 | Rakenne 4 | Rakenne 5 | Rakenne 6 | Rakenne 7 | Rakenne 8 | Rakenne 9 | Rakenne 10

Syötä rakenteen U-arvo [W/(m²K)]

Syötä rakenteen pinta-ala [m²]

Kuva 7.5. Esimerkki energialaskurin lomakkeesta, jolla kerätään tietoa energialaskenta varten.

Kuvassa 7.6 esitellään Energiansäästöt-välilehden etusivu, jonka avulla käyttäjä voi määrittää paljonko erilaiset energiansäästötoimenpiteet säästäisivät lämmitys- ja sähköenergiaa, ja paljonko olisi energiansäästötoimenpiteiden suora takaisinmaksuaika.

Erakennus	45051,1171		
Erakennus/bm ²	187,712988		
Qlämmitys,osto	13153,9187		
Qlämmitys	32884,7967		
Qlqv	8400		
Wlaitesähkö	12000		
Wjäähdytys	55,4401531		
Wlämmitys	0		
Wsähkö,osto	12055,4402		

	Nykyiset arvot	Uudet arvot
Erakennus	45812,36064	45051,11713
Erakennus/bm²	190,884836	187,712988
Qlämmitys,osto	13473,48347	13153,91867
Wsähkö,osto	12042,88399	12055,44015

Takaisinmaksuajan laskeminen	
Investointi	10000
Säästö vuodessa	761,2435139
Takaisinmaksuaika	13,13640093

Nykyisten arvojen siirtäminen vertailutaulukkoon
Ikkunoiden uusiminen
Lämmöntalteenoton lisääminen tai parantaminen
Seinien tai katon lisäeristäminen
Lämmöntuotantomuodon muuttaminen
Energiansäästötoimenpiteen investointi

Kuva 7.6. Näkymä Energiansäästöt-välilehden etusivulta.

Keltaisella pohjalla olevaan taulukkoon siirtyvät automaattisesti tiedot energialaskurin laskennasta. Nämä tiedot käyttäjä voi päivittää Nykyisten arvojen siirtäminen vertailutaulukkoon -painikkeella, jolloin tiedot siirtyvät keskimmäiseen taulukkoon nykyisten arvojen sarakkeisiin. Tämän jälkeen käyttäjän on mahdollista valita energiansäästötoimenpiteeksi ikkunoiden uusiminen, lämmön talteenoton lisääminen tai uusiminen, seinien tai katon lisäeristäminen tai lämmöntuotantomuodon muuttaminen ja mallintaa toimenpiteen säästöpotentiaali avautuvien lomakkeiden avulla. Myös useamman kuin yhden energiansäästötoimenpiteen valitseminen on mahdollista. Kuvassa 7.7 esitellään esimerkkinä lomake, joka aukeaa, kun käyttäjä painaa Ikkunoiden uusiminen -painiketta.

Syötä ikkunoiden uudet U-arvot

Rakenne 1 | Rakenne 2 | Rakenne 3 | Rakenne 4 | Rakenne 5 | Rakenne 6 | Rakenne 7 | Rakenne 8 | Rakenne 9 | Rakenne 10

Syötä rakenteen U-arvo [W/(m²K)]

Syötä rakenteen pinta-ala [m²]

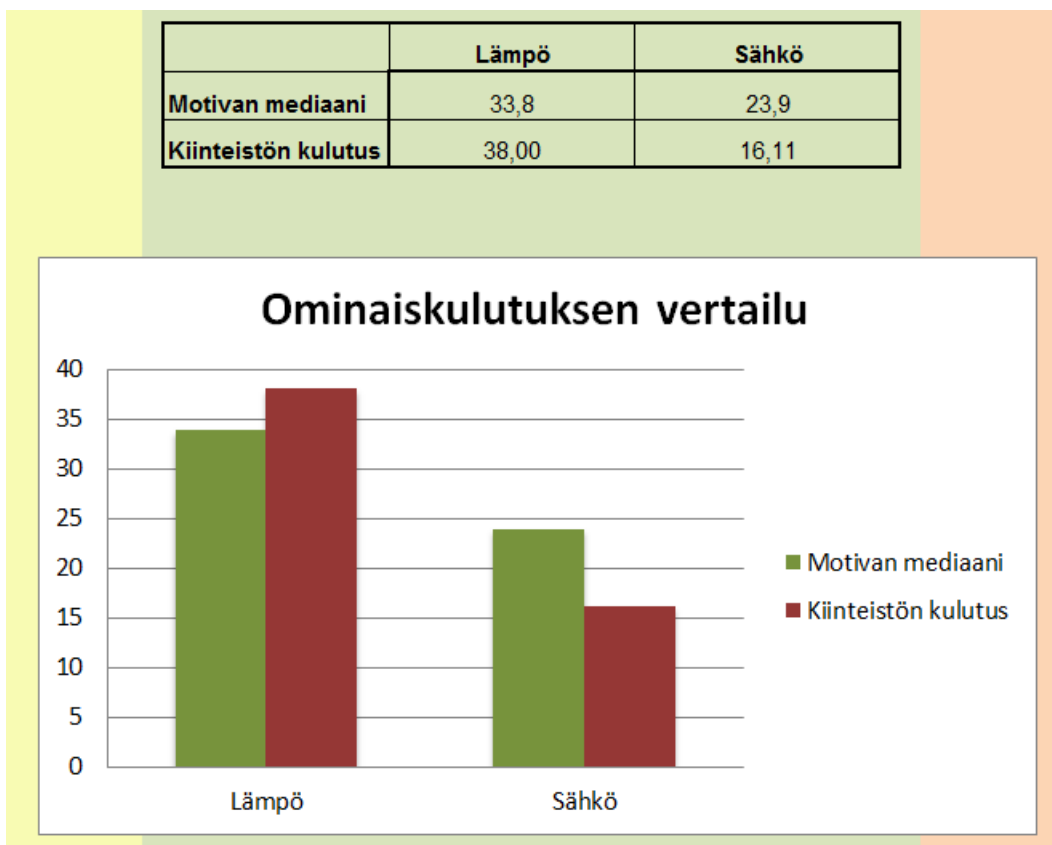
Syötä tarvittaessa uusi ikkunalasituksen tyyppi

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo)	gkohtisuora
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,7
Eristyslasi+erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite+erillislasi (1,0-1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0-1,4)	0,5
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7-0,9)	0,4
Tehokas auringonsuojalasi	0,2

Kuva 7.7. Esimerkki *Energiansäästöjen lomakkeesta, jonka avulla määritetään energiansäästö uusittaessa rakennuksen ikkunat.*

Jos vain osa ikkunoista uusitaan, tulee käyttäjän syöttää ensimmäisen rakenteen kohdalle uusi U-arvo ja pinta-ala sekä mahdollinen uusi ikkunalasituksen tyyppi. Toisen rakenteen välilehteen syötetään vanhojen ikkunoiden U-arvo ja pinta-alat.

Käyttäjän syöttäessä uusia arvoja lomakkeisiin, päivittyvät ne vertailutaulukkoon vihreällä pohjalla kohtaan uudet arvot. Nykyisten ja uusien arvojen välinen erotus siirtyy takaisinmaksuajan taulukkoon ja suora takaisinmaksuaika saadaan, kun käyttäjä on syöttänyt investoinnin painikkeen avulla. Lisäksi *Energiansäästöt*-välilehdellä voidaan vertailla kiinteistön lämmön ja sähkön ominaisenergiankulutuksia Motivan ilmoittamiin palvelurakennusten ominaiskulutusten mediaaneihin kuvan 7.8 mukaisesti.



Kuva 7.8. Kiinteistön lämmön ja sähkön ominaiskulutuksen vertailua Motivan ilmoittamiin palvelurakennusten ominaiskulutusten mediaaneihin.

7.4 Toimenpidetaulukko ja PTS

Kuvassa 7.9 esitellään Toimenpidetaulukko, johon kerätään kiinteistöä koskevat toimenpiteet ja niistä koostetaan PTS-suunnitelma pivot-taulukon avulla PTS-välilehdellä.

Toimenpide	Toteutusvuosi	Hinta
TK2 uusittava kokonaan	2013	13 500
TK1 uusittava kokonaan	2014	13 500
Ikkunoiden uusiminen	2015	622 500
Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen	2016	0
	2017	0
VJK1 uusittava	2018	16 250
	2019	0
Lattiakaivojen puhdistaminen	2020	0
	2021	0
	2022	0

Haluttu pts-suunnitelman aloitusvuosi

Kuva 7.9. Esimerkki Toimenpidetaulukon näkymästä.

Ensimmäisenä käyttäjä valitsee PTS-suunnitelman aloitusvuoden painikkeen avulla. Tämän jälkeen toimenpiteet sijoitetaan taulukkoon oikeille vuosille ja Hintasarakkeeseen syötetään hintalaskurista saatu hintatieto. Viimeisenä käyttäjä päivittää kuvan 7.10 PTS-välilehden pivot-taulukon ja PTS-suunnitelma on valmis hyväksyttämistä varten.

Summa / Hinta	Sarakeotsikot										
Riviotsikot	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2013	Kaikki yhteensä
(tyhjä)				0			0		0	0	0
TK2 uusittava kokonaan										13500	13500
TK1 uusittava kokonaan	13500										13500
Ikkunoiden uusiminen		622500									622500
Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen			0								0
VJK1 uusittava					16250						16250
Lattiakaivojen puhdistaminen								0			0
Kaikki yhteensä	13500	622500	0	0	16250	0	0	0	0	13500	665750

Kuva 7.10. Esimerkki PTS-suunnitelmasta.

8 TAPAUSTUTKIMUS

Tässä diplomityössä tapaustutkimuksen kohteena käytetään erästä Helsingissä sijaitsevaa toimistorakennusta, jonka bruttopinta-ala on 5 500 m², tilavuus 24 200 m³ ja rakennusvuosi 1976. Kohteen rakennetyyppi on keskiraskas eli sen ulkoseinät ovat kevyitä rankarakenteita ja välipohjat sekä yläpohja ovat betonia. Tapaustutkimuksessa keskitytään energialaskuria lukuun ottamatta kohteen LVI-tekniikkaan.

8.1 Haltuunottotaulukko ja toimenpidetaulukko

Kuvassa 8.1 esitellään kohteen nykykunto ja tarvittavat toimenpiteet. Nämä tiedot on saatu asiantuntijoiden toteuttamalta kohdekierrokselta.

Lämmönjakokeskus		2002	25	14	
Lämmönsiirrin	LS1	2002	20	9	
Pumppu	P1	2002	20	9	
Lattiakaivot		1976	50	13	Lattiakaivojen tarkistus ja puhdistus 2020
Ilmanvaihtokone	TK1	1994	20	1	TK1 uusittava kokonaan 2014
Suodatin		1994	20	1	
LTO	LTO1	1994	20	1	
Lämmityspatteri		1994	20	1	
Venttiili		2003	10	0	
Pumppu	P1	1994	20	1	
Jäähdytyspatteri		1994	20	1	
Puhallin		1996	20	3	
Ilmanvaihdon päätelaitteet		J			Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen 2016
Ilmanvaihtokone	TK2	1989	20	-4	TK2 uusittava kokonaan 2013
Suodatin		1989	20	-4	
LTO	LTO2	1989	20	-4	
Lämmityspatteri		1976	20	-17	
Venttiili		2003	10	0	
Pumppu	P2	1989	20	-4	
Jäähdytyspatteri		1976	20	-17	
Puhallin		1989	20	-4	
Vedenjäähdytyskone	VJK1	1998	20	5	Vedenjäähdytyskone uusittava kokonaan 2018
Lauhdutin / jäähdytin		1998	20	5	
Pumppu	P1	1998	20	5	

Kuva 8.1. Kohteen nykykunnonkartoitus ja tarvittavat toimenpiteet.

Ilmanvaihtokone TK2 on vuodelta 1994 ja se tulee uusia mahdollisimman pian, sillä sen tekninen käyttöikä on päättynyt jo neljä vuotta sitten. Myös vedenjäähdytyskone ja ilmanvaihtokone TK1 tulee uusia tämän PTS-jakson aikana. Lisäksi toteutetaan kaksi sopimustyötä, ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen vuonna 2016 ja lattiakaivo-

jen tarkistaminen ja puhdistaminen 2020. Sopimustyö tarkoittaa sitä, että toimenpiteet sisältyvät palvelusopimukseen, joten niitä ei erikseen veloiteta asiakkaalta. On kuitenkin tärkeää merkitä myös sopimustyöt haltuunottotaulukkoon, jotta tiedetään mitä toimenpiteitä kiinteistössä on tehty. Merkintä J ilmanvaihdon päätelaitteiden kohdalla tarkoittaa sitä, että päätelaitteita ei tarvitse uusia mekaanisen kulumisen takia eikä sen teoreettinen käyttöikä riipu ilmanvaihtokoneen iästä. Ilmanvaihdon päätelaitteet uusitaan, kun tilat tai niiden käyttötarkoitukset muuttuvat tai kun ilmanvaihtokoneen toimintaperiaate muuttuu.

Haltuunottotaulukossa esitellyt toimenpiteet siirretään Toimenpidetaulukkaan ja niille määritellään hinnat hintalaskurin avulla. Taulukossa 8.1 esitellään kohteen valmis toimenpidetaulukko. Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen ja lattiakaivojen puhdistaminen ei maksa mitään, sillä ne ovat sopimustyötä eli niiden kustannukset sisältyvät asiakkaan kanssa tehtyyn kiinteistöpalvelusopimukseen.

Taulukko 8.1. Kohteessa toteutettavat toimenpiteet ja niiden karkeat hinta-arviot Toimenpidetaulukossa.

Toimenpide	Toteutusvuosi	Hinta
TK2 uusittava kokonaan	2013	13 500
TK1 uusittava kokonaan	2014	13 500
Ikkunoiden uusiminen	2015	622 500
Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen	2016	0
	2017	0
VJK1 uusittava	2018	16 250
	2019	0
Lattiakaivojen puhdistaminen	2020	0
	2021	0
	2022	0

8.2 Energialaskenta

Taulukossa 8.2 esitellään ylläpito-organisaation toteuttamalla kohdekierroksella kerätyt alkuarvot, joiden perusteella energialaskenta suoritettiin ja taulukossa 8.3 esitellään käyttäjän energialaskurin valikoista poimimat arvot.

Taulukko 8.2. Tapaustutkimuksen alkuarvot.

Bruttoala	5 500
Ilmatilavuus	24 200
Sisälämpötila	21
Ilmanvuotoluku	4
Ulkoseinän U-arvo	0,2
Yläpohjan U-arvo	0,12
Alapohjan U-arvo	0,2
Ikkunoiden U-arvo	1
Ovien U-arvo	1
Ulkoseinän pinta-ala	1760
Yläpohjan pinta-ala	1200
Alapohjan pinta-ala	1100
Ikkunoiden pinta-ala	1500
Ovien pinta-ala	40
1. ilmanvaihtokoneen poistoilmavirta	6,5
1. ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde	0,45833
1. ilmanvaihtokoneen keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde	0,71429
1. ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosittainen hyötysuhde	0,7
2. ilmanvaihtokoneen poistoilmavirta	7,5
2. ilmanvaihtokoneen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde	0,45833
2. ilmanvaihtokoneen keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde	0,71429
2. ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosittainen hyötysuhde	0,65
Tlkv-Tkv	50
Lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta	0,00035
Pohjoiseen osoittavien ikkunoiden pinta-ala	525
Etelään osoittavien ikkunoiden pinta-ala	525
Länteen osoittavien ikkunoiden pinta-ala	225
Itään osoittavien ikkunoiden pinta-ala	225
Jäähdytyksen asetusarvo	22
Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde	0,7
Vuosittainen kylmäkerroin	3

Taulukko 8.3. Käyttäjän valitsemat arvot.

Lämmöntuotantolaitteen hyötysuhde	1
Paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään	1,24
Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla	3989
Toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla	3797
Ulkoilman keskilämpötila	4,29
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman keskilämpötilan ero	5
Lämpimän käyttöveden kulutus	550
Laitteiden sähköenergiankulutus	385000
Henkilöiden luovuttama lämpöenergia	55000
Valaistuksesta ja sähkölaitteista syntyvä lämpökuormaenergia	291500
Ikkunan kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	0,5
Rakennuksen tehollinen lämpökapasiteetti	880000

Kohteen lämmitysmuoto on kaukolämpö. Sisälämpötilana kohteessa käytetään arvoa 21 °C, sillä tässä lämpötilassa suurin osa ihmisistä on tutkimusten mukaan tyytyväisiä ja tämä on energiatalouden kannalta hyvä lämpötila. Ulkolämpötila määräytyy säävyöhykkeen mukaan, joka tässä kohteessa on Helsinki-Vantaa.

Tutkittava kohde on rakennettu 70-luvulla, joten sen rakennusosien U-arvot ovat korkeammat kuin nykyiset suositukset. Alapohja on maanvarainen ja ulkoseinät muodostuvat kahdesta erilaisesta rakennusmateriaalista. Ikkunat ovat yksipuitteisia, kolmilaisisia sekä niissä on matalaemissiviteettipinnoite. Ilmanvuotolukuna käytetään arvoa 4 l/h, sillä kohteessa ei ole suoritettu painekoetta.

Kohteessa käytetään keskimääräisenä vuorokautisena käyntiaikasuhteenä Rakennusmääräyskokoelman D5 suosittelemaa arvoa 11/24 ja viikoittaisena käyntiaikasuhteenä D5 suosittelemaa arvoa 5/7. Ilmanvaihtokone on vain päiväaikaisessa käytössä, joten käyntiaikaa korjataan kertoimella 0,93. Kohteessa ei ole lämmöntalteenottoa poistoilma-lämpöpumpulla eikä tuloilman jälkilämmityspatteria.

Käyttöveden lämmitystarvetta laskettaessa käytetään lämpimän ja kylmän käyttöveden lämpötilojen erotuksena arvoa 50 °C ja lämpimän käyttöveden kulutus lasketaan pinta-alaperusteisesti. Tilojen lämmitysjärjestelmänä toimivat vesiradiaattorit, joiden menovesi on 70 °C ja paluuvesi 40 °C ja jakojohdot on eristetty. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö lasketaan kiertovesivirran avulla ja lämpimän veden ja kiertopiirin paluueden lämpötilaerona käytetään arvoa 5 °C. Lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöt sisältyvät tilojen lämmityksen lämpöhäviöihin ja lämpimällä käyttövedellä ei ole erillistä varaajaa.

Kohteen lämpimän käyttöveden kulutus, laitteiden sähköenergiankulutus, henkilöiden luovuttama lämpöenergia sekä valaistuksesta ja sähkölaitteista syntyvät lämpökuormat perustuvat Rakennusmääräyskokoelman D5 ilmoittamiin ominaisarvoihin toimistorakennuksille.

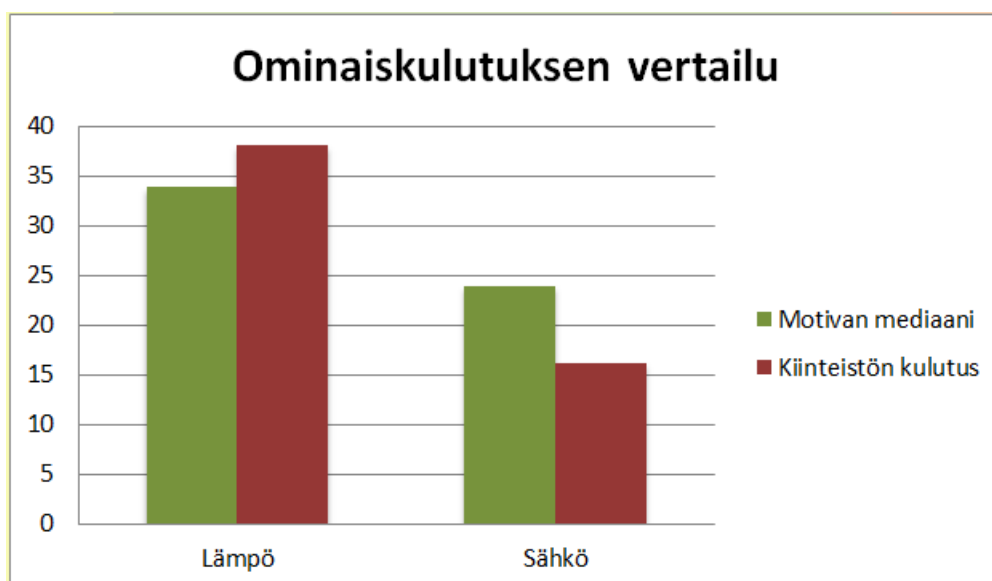
Taulukossa 8.4 esitellään laskennan lopputulokset, joista nähdään, että tällä hetkellä kohteen kokonaisenergiankulutus bruttoneliötä kohden on 240 kWh/m² ja energialuokka on F. Suuri lämmitysenergiantarve selittyy esimerkiksi ikkunoiden suurella yhteispinta-alalla. Jopa kolmannes kohteen seinäpinta-alasta on ikkunoita, joiden lämmönläpäisykerroin on paljon huonompi kuin seinärakenteen.

Taulukko 8.4. Energialaskennan tulokset.

Erakennus	1 321 594
Erakennus/brm2	240
Qlämmitys,osto	922 168
Qlämmitys	922168
Qjohtuminen	320 596
Qvuotoilma	188 927
Qiv	244 675
Qlkv	96 469
Wlaitesähkö	385 000
Wjäähdytys	4 809
Wlämmitys	0
Wsähkö,osto	389 809

8.3 Energiansäästötoimenpiteet ja PTS-suunnitelma

Mahdollisten energiansäästötoimenpiteiden kartoitus aloitetaan tutkimalla, onko kiinteistössä energiansäästöpotentiaalia. Tämä tapahtuu vertaamalla kiinteistön lämmön ja sähkön ominaiskulutuksia Motivan julkaisemiin ominaiskulutusten mediaaneihin kuvan 8.2 mukaisesti. Kuvasta 8.2 havaitaan, että kiinteistössä kuluu enemmän lämmitysenergiaa ja vähemmän sähköenergiaa kuin vastaavissa yksityisen palvelusektorin toimistorakennuksissa.



Kuva 8.2. Kiinteistön lämmön ja sähkön ominaiskulutusten vertaaminen Motivan ominaiskulutusten mediaaneihin.

Energiansäästötoimenpiteistä tutkitaan mahdollisuutta ikkunoiden uusimiseen ja ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton parantamiseen. Kiinteistön kaikki ikkunat uusitaan, jolloin niiden U-arvoksi tulee 0,8. Taulukosta 8.5 nähdään, että ikkunoiden uusinnan myötä rakennus pysyisi energialuokassa F ja sen kokonaisenergiankulutus bruttoneliötä kohden olisi 231 kWh/m². Taulukosta 8.6 nähdään kuitenkin, että investointi ei ole kannattava muuta kuin julkisivuremontin yhteydessä, sillä toimenpiteen investointisumma on niin suuri, että suora takaisinmaksuaika kohoaa 29 vuoteen.

Taulukko 8.5. Ikkunoiden uusimisen vaikutus energiankulutukseen.

	Nykyiset arvot	Uudet arvot
Erakennus	1 321 594	1 271 389
Erakennus/brm²	240	231
Qlämmitys,osto	922 168	878 254
Wsähkö,osto	389 809	387 712

Taulukko 8.6. Ikkunoiden uusimisen takaisinmaksuaika.

Takaisinmaksuajan laskeminen	
Investointi	622 500
Lämmitysenergian säästö vuodessa	19 761
Sähköenergian säästö vuodessa	1 678
Takaisinmaksuaika	29

Toinen tutkittava energiansäästötoimenpide on ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton parantaminen. Tällä hetkellä lämmöntalteenoton vuosittaiset hyötysuhteet ovat 0,65 ja 0,7. Ilmanvaihtokoneet uusitaan teknisen käyttöiän päättyessä, jolloin uusimisen yhteydessä vuosittaiset hyötysuhteet nousisivat arvoon 0,75. Tällöin taulukon 8.7 mukaisesti kokonaisenergiankulutus bruttoneliötä kohden laskisi arvoon 230 kWh/m², jolloin kiinteistö olisi energialuokassa E. Taulukon 8.8 mukaan toimenpide kannattaisi toteuttaa, sillä toimenpiteen suora takaisinmaksuaika on vain vuosi.

Taulukko 8.7. Lämmöntalteenoton parantamisen vaikutus energiankulutukseen.

	Nykyiset arvot	Uudet arvot
Erakennus	1 321 594	1 263 842
Erakennus/brm2	240	230
Qlämmitys,osto	922 168	864 676
Wsähkö,osto	389 809	389 722

Taulukko 8.8. Lämmöntalteenoton parantamisen takaisinmaksuaika.

Takaisinmaksuajan laskeminen	
Investointi	27 000
Lämmitysenergian säästö vuodessa	25 871
Sähköenergian säästö vuodessa	69
Takaisinmaksuaika	1

Viimeisenä kiinteistölle voidaan muodostaa PTS-suunnitelma haltuunottotaulukon toimenpiteiden, mahdollisten energiansäästötoimenpiteiden sekä hintalaskurin avulla. Taulukossa 8.9 esitellään tapaustutkimuksen toimenpidetaulukko ja siitä koostettu PTS-suunnitelma esitellään kuvassa 8.3.

Taulukko 8.9. Kiinteistön toimenpidetaulukko.

Toimenpide	Toteutusvuosi	Hinta
TK2 uusittava kokonaan	2013	13 500
TK1 uusittava kokonaan	2014	13 500
Ikkunoiden uusiminen	2015	622 500
Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen	2016	0
	2017	0
VJK1 uusittava	2018	16 250
	2019	0
Lattiakaivojen puhdistaminen	2020	0
	2021	0
	2022	0

Summa / Hinta	Sarakeotsikot											
Riviotsikot	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Kaikki yhteensä	
(tyhjä)						0		0		0	0	
TK2 uusittava kokonaan	13500										13500	
TK1 uusittava kokonaan		13500									13500	
Ikkunoiden uusiminen			622500								622500	
Ilmanvaihdon päätelaitteiden puhdistaminen					0						0	
VJK1 uusittava						16250					16250	
Lattiakaivojen puhdistaminen								0			0	
Kaikki yhteensä	13500	13500	622500	0	0	16250	0	0	0	0	665750	

Kuva 8.3. Kiinteistön PTS-suunnitelma.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tarkoituksena oli luoda työkalu kiinteistön mahdollisimman nopeaa ja kustannustehokasta haltuunottoa varten. Tämä työkalu on koostettu nykyisistä menetelmistä, joiden avulla voidaan toteuttaa kiinteistön haltuunotto ja nykykunnonkartoitus sekä määrittää kiinteistön energiansäästöpotentiaali. Haltuunottotyökalu toteutettiin Microsoft Excel 2010-ohjelmalla ja se sisältää haltuunottotaulukon, hintalaskurin, energialaskurin, toimenpidetaulukon sekä PTS-suunnitelman kiinteistölle. Haltuunottotaulukon avulla selvitetään kiinteistön nykykunto ja seurataan kohteessa tapahtuvaa huoltotoimintaa. Haltuunottotaulukossa esitetyt toimenpiteet siirretään toimenpidetaulukkoon ja niille määritetään karkeat hinta-arviot hintalaskurin avulla. Yhdessä toimenpiteet ja hinta-arviot muodostavat kiinteistön PTS-suunnitelman. Energialaskurilla voidaan kartoittaa karkeasti onko kiinteistössä energiansäästöpotentiaalia ja mallintaa erilaisten energiansäästötoimenpiteiden vaikutusta nykyiseen energiankulutukseen verrattuna. Lisäksi on mahdollista laskea erilaisten energiansäästötoimenpiteiden suora takaisinmaksuaika. Työkalun toimivuutta testattiin tapaustutkimuksena erääseen toimistorakennukseen ja työkalu todettiin toimivaksi. Tapaustutkimus oli rajattu koskemaan vain kiinteistön LVI-tekniikkaa.

9.1 Haltuunottotyökalun edut

Taulukossa 9.1 on esitelty haltuunottotyökalun ja kuntoarvion eroavaisuuksia ja etuja. Haltuunottotyökalun suurimmat edut verrattuna perinteiseen kuntoarvioon ovat nopeus, kustannustehokkuus sekä mahdollisuus nopeaan reagointiin muuttuvissa tilanteissa. Nopeus syntyy esimerkiksi siitä, kun kohdekierroksen jälkeen ei kirjoiteta monikymmensivuista raporttia, vaan täytetään vain haltuunottotaulukkoon laitetiedot ja asennusvuodet ja tämän perusteella saadaan kuva kiinteistön nykykunnosta. Nopeutensa ansiosta haltuunottotyökalu on myös kustannustehokkaampi kuin kuntoarvio, sillä sen avulla toteutettuun haltuunottoon kuluu vähemmän aikaa kuin kuntoarvion tekemiseen. Haltuunottotyökalun tärkeä etu on myös reagointi jatkuvasti muuttuviin tilanteisiin, kun taas kuntoarvio päivitetään kerran viidessä tai kymmenessä vuodessa. Kuntoarvion harvan päivitystahdin takia osa tiedoista saattaa olla vanhentunutta, jos esimerkiksi viiden vuoden aikana uusitaan laitteita tai tehdään muita parannuksia. Nopean reagoinnin ansiosta Haltuunottotyökalun avulla myös kiinteistön huoltokirja on helppoa pitää ajan tasalla.

Taulukko 9.1. Haltuunottotyökalun ja kuntoarvion vertailua.

<i>Haltuunottotyökalu</i>	<i>Kuntoarvio</i>
Nopea	Kattava
Kustannustehokas	Laaja
Sisältää laiteluettelon keräämisen	Ei sisällä täydellisen laiteluettelon keräämistä
Reagoi jatkuvasti muuttuviin tilanteisiin	Päivitetään kerran viidessä tai kymmenessä vuodessa
Toimii kiinteistön huoltokirjan tukena ja pitää sen ajantasaisena	Kuntoarvion yhteydessä ei yleensä päivitetä huoltokirjaa

9.2 Haltuunottotyökalun arviointia ja kehitysideoita

Haltuunottotyökalu päätettiin toteuttaa Microsoft Excelillä, sillä työkalusta haluttiin mahdollisimman kevyt ja helppokäyttöinen, jotta haltuunottotaulukon päivittäminen olisi mahdollisimman vaivatonta. Keveytensä ansiosta työkalua on mahdollista käyttää tehottomammillakin tietokoneilla tai tablettitietokoneilla asiakaskohteissa. Työkalun etuna on lisäksi se, että sitä voidaan käyttää myös ilman internet-yhteyttä.

Energialaskurin tarkoituksena on mallintaa kiinteistön lämpö- ja sähköenergiankulutusta ja verrata niitä muiden samankaltaisten rakennusten mediaaneihin. Jos vertailussa huomataan mediaania suurempaa energiankulutusta, voidaan asiakkaalle tarjota tarkempia tutkimuksia energiansäästöpotentiaaleista. Laskurissa on valmiina joitakin energiansäästötoimenpiteitä, joiden vaikutusta energiankäyttöön voidaan mallintaa, mutta laskuriin voidaan myös lisätä uusia energiansäästötoimenpiteitä tarpeen mukaan. Energialaskurilla laskelmia tehtäessä tulee ottaa huomioon se, että energialaskuri on vain karkea työkalu. Energialaskuri on sitä tarkempi mitä enemmän se perustuu toteutuneisiin kulutuksiin, sillä laskennalliset kulutukset perustuvat eri rakennustyyppien keskimääräisiin kulutuksiin.

Tapaustutkimuksessa todettiin, että energiansäästötoimenpiteet olivat yleensä kannattavia vain rakennusosan, järjestelmän tai laitteen teknisen käyttöiän päättyessä, jolloin se voidaan uusina energiatehokkaammaksi peruskorjauksen yhteydessä. Tällöin on tärkeää mallintaa energialaskurin avulla mahdolliset energiansäästöpotentiaalit.

Tämän diplomityön tarkoituksena oli luoda nykyisistä menetelmistä joustavampi ja ketterämpi menetelmä nykykunnonkartoitukseen, haltuunottoon sekä energiansäästöpotentiaalain kartoittamiseen. Haltuunottotyökalu täyttää nämä vaatimukset ja seuraavana tarkoituksena on esitellä työkalua tilaajayrityksen asiantuntijoille, jotta he osaavat käyttää työkalua, minkä jälkeen työkalua voidaan markkinoida asiakkaille ja hyödyntää asiakaskohteissa.

LÄHTEET

Arantola, Heli, Simonen, Kimmo. 2009. Tekesin katsaus. Palvelemisesta palveluliiketoimintaan - Asiakasymmärrys palveluliiketoiminnan perustana. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:

http://www.tekes.fi/fi/document/43080/palvelemisesta_palveluliiketoimintaa_pdf

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. 2013. Avustukset. Korjaus- ja energiaavustukset, hissiavustukset. Suunnitelmallisen korjaamisen edistäminen. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:

<http://www.ara.fi/default.asp?node=1259&lan>

Haahtela, Yrjänä, Kiiras, Juhani. 2011. Talonrakennuksen kustannustieto 2011. Tammerprint Oy. 390 s.

Ilmatieteenlaitos. 2013. Rakentaminen ja kiinteistönhuolto. Lämmitystarveluvut. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:

<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Jaakkola, Tuomo, Lindstedt, Tuomo, Juha-Matti, Junnonen. 2010. Energiatehokas asuinkerrostalojen talotekniikkakorjaus. 1. painos. Tampere, Tammerprint Oy. 63 s.

Jari Virta. 2009. Suomen kiinteistölehti. Nro 6. Markkinoille saatava energiategokkaita ratkaisuja. s. 36-38. [Viitattu 28.2.2012]. Saatavissa:

<http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-03-09T14-04-1914834.pdf>

KH 90-00245. 1998. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Tilaajan ohje.

KH 90-00246. 1998. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Suoritusohje.

KH 90-00275. 1999. Toimitilakiinteistön huoltokirjan laadinta.

KH 90-00314. 2002. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Laajennettu energiatalouden selvitys.

KH 90-00336. 2003. Energiakatselmus.

KH 90-00490. 2012. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje.

KH 90-00403. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot.

KH 90-40041. 2005. Kansio vai Internet. Huoltokirja - kiinteistönpidon tiedonhallinnan tärkeä työkalu.

KH 90-40053. 2007. Kiinteistön ja asunnon kunnan selvitysmenetelmiä.

Lappalainen, Markku. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakennuttaminen. 1. painos. Tampere, Tammerprint Oy. 148 s.

Martti Tiula. 2000. Rakennustieto. Rakennustaito. Nro 2. Rakennuksen elinkaari. s 48. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:
http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/P_376.html

Motiva. 2004. Kiinteistön energiakatselmuksen toteutus- ja raportointiohjeet. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:
<http://www.motiva.fi/files/745/kat-kiinteiston-ekatselmus.pdf>

Motiva. 2010. Toimialueet. Energiakatselmustoiminta. TEM:n tukemat energiakatselmuksiset. TEM:n ohjeet energiakatselmustoiminnalle. TEM-energiakatselmustoiminnan yleisohjeet. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013] Saatavissa:
http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tem_n_ohjeet_energiakatselmustoiminnalle/tem-energiakatselmustoiminnan_yleisohjeet/

Motiva. 2011. Koti ja asuminen. Näin säästät energiaa. Lämpö. Sisälämpötila. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/lampo/sisalampotila

Motiva. 2012a. Energiatodistus. Mikä on energiatodistus. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa: <http://energiatodistus.motiva.fi/mika-on-energiatodistus/>

Motiva. 2012b. Julkinen sektori. Energiankäytön tehostaminen. Kiinteistöjen energiahallinta. Kulutuksen normitus. Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. [WWW]. [Viitattu 28.2.2012]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus

Motiva. 2012c. Toimialueet. Energiakatselmustoiminta. TEM:n tukemat energiakatselmuksiset. Tilastotietoa katselmuksista. Palvelusektorin ominaiskulutuksia. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013] Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia

Myyryläinen, Leevi. 2003. Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. 1. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. 191 s.

Myyryläinen, Leevi. 2006. Kiinteistöjen teknisen huollon käsikirja. 1. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. 306 s.

Myyryläinen, Leevi. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Toinen, uudistettu painos. Gummerus Kirjapaino Oy. 205 s.

RIL 216-2001. 2001. Rakenteiden elinkaaritekniikka. 1. painos. Tummavuoren Kirjapaino DARK Oy. 301 s.

Seppänen M. & Seppänen O. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 2. painos. Jyväskylän, Gummerus Kirjapaino Oy. 279 s.

Valtion ympäristöhallinto. 2012. Ympäristönsuojelu. Ilmastonmuutoksen hillitseminen. EU:n ilmastopolitiikka. Euroopan komission ilmasto- ja energiapaketti. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2000. Asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. A4. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/6022-A4.pdf>

Ympäristöministeriö. 2007a. Asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. [WWW] [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa:

Ympäristöministeriö. 2007b. Ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta. [WWW]. [Viitattu 28.2.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=69790>

LIITE 1

Rakennustyyppi	Sähkön ominaiskulutus [kWhr-m ³]
Myyväläarakennukset (poislukien liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	30,8
Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	30,0
Majoitusliikerakennukset	31,4
Asuntolarakennukset	16,5
Ravintolat yms.	40,6
Toimistorakennukset (kaikki)	23,4
Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	17,1
Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	23,9
Liikenteen rakennukset	17,9
Terveydenhoitorakennukset (pois lukien Terveyskeskukset ja -asemat)	25,2
Terveydenhoitokeskukset ja -asemat	24,0
Huoltolaitosrakennukset (pois lukien vanhainkodit)	16,9
Vanhainkodit	24,8
Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien päiväkodit)	22,9
Päiväkodit	19,7
Teatteri- ja konserttirakennukset	15,0
Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	19,7
Seura- ja kerhorakennukset	10,8
Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset	10,8
Urheilu- ja kuntoilurakennukset (pois lukien jää- ja uimahallit)	15,4
Jäähallit	33,5
Uimahallit	39,9
Muut kokoontumisrakennukset	22,1
Yleisivistävien oppilaitosten rakennukset	11,8
Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	15,5
Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	18,4
Muut opetusrakennukset	12,3
Varastorakennukset	15,5
Palo- ja pelastustoimen rakennukset	11,1
Muut maatalousrakennukset	11,5
Muut rakennukset	62,3

Palvelusektorin sähkön ominaiskulutuksen mediaanit rakennustyypeittäin (Motiva 2012a)

LIITE 2

RAKENNUSTEKNIikka	111	Maaosat	Salaojajärjestelmä
RAKENNUSTEKNIikka	111	Maaosat	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	112	Tuennat ja vahvistukset	Paalutukset
RAKENNUSTEKNIikka	112	Tuennat ja vahvistukset	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	112	Tuennat ja vahvistukset	Tuennat
RAKENNUSTEKNIikka	112	Tuennat ja vahvistukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Bitumiset päällysteet kuten asfaltti
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Sora- ja kivituhkapäällysteet
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Betoniset pihakiveykset
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Oleskelu- ja leikkialueiden päällysteet
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Alueen pysäköintirakenteet (betoniset pintarakenteet)
RAKENNUSTEKNIikka	113	Päällysteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	114	Alueen varusteet	Lipputangot, pölytys- ja kuivaustelineet
RAKENNUSTEKNIikka	114	Alueen varusteet	Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	114	Alueen varusteet	Leikkivarusteet
RAKENNUSTEKNIikka	114	Alueen varusteet	Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Kiviainesrakenteiset aidat ja muurit
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Teräsrakenteiset aidat
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Puurakenteiset aidat
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Betonirakenteiset portaat
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Betonirakenteiset luiskat
RAKENNUSTEKNIikka	115	Alueen rakenteet	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Anturaperustus, harkko- tai betonisokkeli
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Betonipalkit
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Korkeus [m]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Teräspalkit
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Korkeus [m]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Reunavahvistettu betonilaatta
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Kallioon perustettu betonisokkeli
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Kiviladeldimasokkeli
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]

RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Perusmuurin vedeneristys: kumibitumi-kermi
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Perusmuurin vedeneristys: kuumabitumisively
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Muovinen perusmuurilevy
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Roudaneristys (EPS)
RAKENNUSTEKNIikka	121	Perustukset	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Maanvarainen betonilaatta: lämmöneriste alapuoella, EPS, polyuretaani yms.
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Maanvarainen betonilaatta: lämmöneriste alapuoella, mineraalivilla tai lastuvilla
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Maanvarainen betonilaatta: lämmöneriste yläpuolella, mineraalivilla tai sahanpuru ja koolaus, ei lämmöneristettä laatan alla
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Maanvarainen betonilaatta: lämmöneriste yläpuolella, mineraalivilla ja koolaus, myös laatan alla lämmöneriste
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Kantava betoni- tai kevytbetonilaatta + ryömintätila: lämmöneriste, yläpuolinen mineraalivilla tai sahanpuru
RAKENNUSTEKNIikka	122		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Kantava betoni- tai kevytbetonilaatta + ryömintätila: lämmöneriste, EPS, polyuretaani tms.
RAKENNUSTEKNIikka	122		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	122	Alapohjat	Puurakenteinen rossipohja + ryömintätila
RAKENNUSTEKNIikka	122		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Väenstönsuojat
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	vsm ²
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Kantavat seinät
RAKENNUSTEKNIikka	123		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Pilarit
RAKENNUSTEKNIikka	123		Bruttokuutiot [m ³]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Palkit
RAKENNUSTEKNIikka	123		Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Välipohjat
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Yläpohjat
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Runkoportaat
RAKENNUSTEKNIikka	123	Runko	Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Lautaverhous

RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Hirsipinta julkisivuna
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Tiiliverhous
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Rappaus
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Terastirappaus
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Metallilevyverhous
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Pinnoittamaton betoni
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Pinnoitettu betoni
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Kuitusementtilevy
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Elementtien saumat
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Luonnonkiviverhous
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Puuikkuna
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Puu-alumiini-ikkuna
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Metalli-ikkuna
RAKENNUSTEKNIikka	124		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Puu-ulko-ovet
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Rakenneteräksiset metalliulko-ovet
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	124	Julkisivut	Kevytmetalliset metalliulko-ovet
RAKENNUSTEKNIikka	124		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Betonirakenteiset parvekkeet ilman vedeneristystä
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Betonirakenteiset parvekkeet, joissa vedeneristys pintalaatan alla
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Betonirakenteiset parvekkeet, joissa vedeneristys laatan pinnassa
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Puurakenteiset parvekkeet
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Teräsrakenteiset parvekkeet

RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Ulkotasojen vedeneristys kumibitumikermillä, joka on lämmöneristeen päällä
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Ulkotasojen käännetty rakenne, kermi lämmöneristeen alla
RAKENNUSTEKNIikka	125	Ulkotasot	Puiset pihatasot ja ulkoterassit sateelle alttiina
RAKENNUSTEKNIikka	125		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Vesikattorakenteet (kattoristikot ja itsekantavat yläpohjarakenteet)
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Vesikatteena kumibitumikermikate (1-kerroskate)
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Vesikatteena kumibitumikermikate (2-kerroskate ja tasakatto)
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Vesikatteena kumibitumikermikate (2-kerroskate ja harjakatto)
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Vesikatteena kumibitumikermikate (3-kerroskate)
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Bitumikermikate
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Sinkitty ja maalattu rivipeltikate
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Profiilipeltikate
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Tiilikate; betonitiili
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Kuitusementtikate
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Räystäskourut ja syöksytorvet
RAKENNUSTEKNIikka	126		Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Kulkusillat, lape- ja kattotikkaat, lumiesteet, pollarit, suojakaiteet, varusteet
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Kattoikkunat ja -luukut
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	126	Vesikatot	Kattokuvut
RAKENNUSTEKNIikka	126		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Väliseinät
RAKENNUSTEKNIikka	131		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Lasiväliseinät
RAKENNUSTEKNIikka	131		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Tilakaiteet
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Juoksumetrit [m]
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Puurakenteiset väliovet

RAKENNUSTEKNIikka	131		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Metalliovet
RAKENNUSTEKNIikka	131		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Saunaovet
RAKENNUSTEKNIikka	131		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	131	Tilan jako-osat	Tilaportaat
RAKENNUSTEKNIikka	131		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: muovilaatta / vinyylilaatta
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: muovimatto
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: linoleum
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: tekstiilimatto
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: keraaminen laatta
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: lautaparketti
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: alustaansa liimattu parketti
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: lautalattia
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: lattialaminaatti
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: mosaiikki-betonilattia
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: maali betonialustalla
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: akryylibetoni
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan lattiapäällyste: korkki
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilan lattiapäällyste: muovimatto
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilan lattiapäällyste: laatta ja kosteussulkusively
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilan lattiapäällyste: laatta ja bitumivedeneriste
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilan lattiapäällyste: laatta ja massamainen vedeneriste
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]

RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Sisäkattorakenteet (sisä- ja alakatto- verhouksen alus- ja kiinnitysrakenne, verhous, ääneneristys- tai vaimennus- tarvike)
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivan tilan sisäkattopinnat
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilan sisäkattopinnat
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Seinän pintarakenteet (verhouksen alus- ja kiinnitysrakenne, seinäpinnan verhous)
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Kuivien tilojen seinäpinnat (seinäpinnan pintakäsittely, maalaus käsittelyt, tape- tointi)
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: keraamiset laatat, kosteussulkusively ja levyraken- ne
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: laatoitus, kosteussulkusively ja kiviainesrakenne
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: laatoitus ja massamainen vedeneriste
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: muovitapetti
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: muovipinnoi- tettu pelti
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: pesuhuoneen panelointi
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	132	Tilapinnat	Märkätilojen seinäpinnat: saunan pane- lointi
RAKENNUSTEKNIikka	132		Pinta-ala [m ²]
RAKENNUSTEKNIikka	133	Tilavarusteet	Kuivien tilojen vakiokiintokalusteet
RAKENNUSTEKNIikka	133		Määrä (kpl)
RAKENNUSTEKNIikka	133	Tilavarusteet	Märkätilojen vakiokiintokalusteet
RAKENNUSTEKNIikka	133		Määrä (kpl)
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönjakokeskus
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Lämmönsiirrin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Sähköteho
			Rakennustilavuus [m ³]
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Pumppu
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
			Pieni/suuri [kpl]
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Moottoriventtiili
LVI-JÄRJESTELMÄT	G1	Lämmitysjärjestelmät	Paisunta-astia
LVI-JÄRJESTELMÄT	G2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	Pumput/pumppaamot

LVI-JÄRJESTELMÄT	G2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmanvaihtokone
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Peltimoottori
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Suodatin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	LTO
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Tyyppi (pyörivä, kuutio, glykoli...)
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Lämmityspatteri
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Venttiili
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Pumppu
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Jäähdytyspatteri
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Puhallin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmavirta
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Paineenkorotus
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	1 / 2 ilmavirta
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	1 / 2 sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmamääränsäädin
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Jälkilämmityspatteri
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Jälkijäähdytyspatteri
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Erillispoistot
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Ilmavirta
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Puhaltimen ottoteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Paineenkorotus
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	1 / 2 sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	1 / 2 ottoteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Kiertoilmakoneet
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Puhallinkonvektorit
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G3	Ilmanvaihtojärjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Vakioilmastointikoneet
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Määrä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Vedenjäähdytyskone
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Jäähdytysteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Kylmäaine
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Kylmäainemäärä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Lauhdutin / jäähdytin

LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Pumppu
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Onko taajuusmuuttajaa?
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Venttiili
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Paisunta-astia
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Erillisjäähdytykset
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Jäähdytysteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Kylmäaine
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Kylmäainemäärä
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Paineilmakompressorit
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Verkoston paine
LVI-JÄRJESTELMÄT	G4	Kylmätekniset järjestelmät	Sähköteho
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Pääkeskukset
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Jakokeskukset
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Sähkölaitteiden järjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H12	0,4 jakelujärjestelmä	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H204	Varavoimaimitteet	Varavoimajärjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H204	Varavoimaimitteet	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H205	UPS-järjestelmät	UPS-järjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H205	UPS-järjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H401	Sähkön liitäntäjärjestelmät	Pistorasiat
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H401	Sähkön liitäntäjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H405	Sähkön liitäntäjärjestelmät	Autolämmityspistorasiat
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H405	Sähkön liitäntäjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H501	Valaistusjärjestelmät	Yleisvalaistusjärjestelmä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H501	Valaistusjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H505	Valaistusjärjestelmät	Julkisivuvalaistusjärjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H505	Valaistusjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H506	Valaistusjärjestelmät	Turvavalaistusjärjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H506	Valaistusjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H6011	Sähkölämmitysjärjestelmät	Sähkölämmityslaitteet
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H6011	Sähkölämmitysjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H6011	Sähkölämmitysjärjestelmät	Sähköteho
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H602	Sähkölämmitysjärjestelmät	Sulanapitojärjestelmät
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H602	Sähkölämmitysjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H602	Sähkölämmitysjärjestelmät	Sähköteho
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H603	Sähkölämmitysjärjestelmät	Kiukaat
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H603	Sähkölämmitysjärjestelmät	Määrä
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	H603	Sähkölämmitysjärjestelmät	Sähköteho
TIETOJÄRJESTELMÄT	J1012	Puhelinjärjestelmät	Talopakama
TIETOJÄRJESTELMÄT	J1012	Puhelinjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J1012	Puhelinjärjestelmät	Ovipuhelimet
TIETOJÄRJESTELMÄT	J1012	Puhelinjärjestelmät	Määrä

TIETOJÄRJESTELMÄT	J2011	Viestintäjärjestelmät	Antennijärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J2011	Viestintäjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J202	Viestintäjärjestelmät	Äänentoistojärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J202	Viestintäjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J301	Merkinantojärjestelmät	Ovikellojärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J301	Merkinantojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J302	Merkinantojärjestelmät	Sisäänpyyntöjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J302	Merkinantojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J304	Merkinantojärjestelmät	Varattu-valojärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J304	Merkinantojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J305	Merkinantojärjestelmät	Ajannäyttöjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J305	Merkinantojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J401	Turvallisuusjärjestelmät	Sähkölukitusjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J401	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J403	Turvallisuusjärjestelmät	Rikosilmoitusjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J403	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J404	Turvallisuusjärjestelmät	Päällekkäusjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J404	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J405	Turvallisuusjärjestelmät	Videovalvontajärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J405	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J406	Turvallisuusjärjestelmät	Ovi- ja porttiohausjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J406	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J407	Turvallisuusjärjestelmät	Paloilmoitusjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J407	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J408	Turvallisuusjärjestelmät	Palovarointinjärjestelmät
TIETOJÄRJESTELMÄT	J408	Turvallisuusjärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J5011	Yleiskaapelointijärjestelmät	Talopakama
TIETOJÄRJESTELMÄT	J5011	Yleiskaapelointijärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J701	Tietoverkkojärjestelmät	Rakennusautomaatiovalvomo
TIETOJÄRJESTELMÄT	J701	Tietoverkkojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7013	Tietoverkkojärjestelmät	Alakeskukset
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7013	Tietoverkkojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7013	Tietoverkkojärjestelmät	Säätölaitteet
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7013	Tietoverkkojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7014	Tietoverkkojärjestelmät	Kenttälaitteet
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7014	Tietoverkkojärjestelmät	Määrä
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7014	Muut erityislaitteet	Sprinklerlaitteet
TIETOJÄRJESTELMÄT	J7014	Muut erityislaitteet	Kaasusammutuslaitteet