

Ari Räsänen

# LVI-tekniisen peruskorjausprosessin kehittäminen Hyvinkään kaupungin rakennuskannassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Ylempi Ammattikorkeakoulututkinto  
Rakentamisen Koulutusohjelma, talo-  
tekniikka,  
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Ari Räsänen LVI-tekniisen peruskorjausprosessin kehittäminen Hyvinkään kaupungin rakennuskannassa  48 sivua + 2 liitettä 29.04.2015
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka, LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
Ohjaaja(t)	yliopettaja Jukka Yrjölä tilapalvelupäällikkö Mikko Silvast LVI-asiantuntija Juhani Lakanen
<p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena ensisijaisesti LVI-tekniisten peruskorjausinvestointien projektin ohjauksen kehittäminen sekä suunnitelmallisen toimintamallin -ja työkalun luominen LVI-saneerauksia varten. Tätä toimintamallia hyödyntämällä on pyrkimyksenä kohdistaa kaupungin vuosittain käytettävissä oleva investointiraha LVI-tekniikkaan siten, että se palvelisi parhaiten kaupungin palvelutuotantoa ja olisi samalla myös energia- ja kustannustehokasta.</p> <p>Tutkimuksessa tehtiin kirjallisuuskatsaus, jossa käytettiin tieteellistä, tutkimusongelmaan soveltuvaa aineistoa. Aineistona käytettiin pääosin kotimaista kirjallisuutta. Päämääränä oli jäsentää ja syventää tietoutta LVI-tekniikan uusimisesta sekä talotekniikkainvestointien kannattavuudesta.</p> <p>Tutkimuksessa tehtiin valittujen rakennusten osalta kuntoarviot, joiden mukaan laadittiin Excel-pohjainen PTS-työkalu ilmanvaihto-, lämmitys ja rakennusautomaatiotekniikasta. Työkalu perustuu RT-kortin 18-10922 mukaisiin teknisiin käyttöikä ennusteisiin. PTS-työkalua voidaan hyödyntää näiden järjestelmiin liittyvässä pitkän tähtäimen investointisuunnittelussa.</p> <p>Kaupungin LVI-asiantuntijaa haastateltiin nykyisen peruskorjausprosessin selvittämiseksi. Haastattelua ja kirjallisuustutkimusta hyödynnettiin ja tuoteistettiin uusi toimintamalli LVI-peruskorjausprosessia varten. Luotua mallia tullaan hyödyntämään Hyvinkään kaupungin LVI-tekniisissä investointi- ja korjaushankkeissa.</p> <p>Työssä tutkittiin myös eri lämpöpumppuratkaisujen soveltuvuutta kaupungin rakennusten lämmönlähteeksi ja koottiin tilaajanäkökulmaa lämpöpumpun valintaan. Kytäjän koulun lämmitysjärjestelmän saneerauksen hanke- ja tarvesuunnitteluvaiheen osalta sovellettiin uutta toimintamallia.</p>	
Avainsanat	talotekniikkainvestointi, toimintamalli, energiansäästö

Author Title	Ari Räsänen Improving HVAC renovating process in the City of Hyvinkää
Number of Pages Date	48 pages + 2 appendices 29 April 2015
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructors	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Mikko Silvast, Property Manager Juhani Lakanen, HVAC specialist
<p>The objective of this Master's thesis was primarily to develop the control of an HVAC renovation project as well as to create a systematic approach and tools to control HVAC renovations. The thesis aimed at the most economic use of the available funds and at the deepening of the understanding of renovations of HVAC technology. The thesis also looked into the suitability of various heat pump solutions as a heat source in buildings owned by the City of Hyvinkää, and gathered subscriber perspective of the heat pump selection.</p> <p>The study was carried out as a review of related Finnish scientific literature. The profitability of building services investments was also considered. Selected buildings were studied by making condition assessments with an Excel-based long term planning tool for ventilation, heating and building automation technology. The tool is based on the technical lifetime forecasts on the RT card 18-10922.</p> <p>The HVAC expert of the City of Hyvinkää was interviewed to determine the currently used renovation process. The interview and the literature research were used to commercialise a new approach to the HVAC renovation process. The model will be utilized in the HVAC investment and renovation projects in the City of Hyvinkää.</p>	
Keywords	investment in HVAC, operational model, energy savings

## Sisällys

### KÄSITTEET

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuusselvitys	5
2.1	Rakennusvarallisuus	5
2.2	LVI-tekniikan käyttöikä	6
2.3	LVI-tekniikan peruskorjaus	7
2.4	PTS-suunnittelu	9
2.5	Talotekniikan laatutaso	10
2.6	Kiinteistön elinkaaritalous	10
2.7	Kannattavuuslaskentamenetelmät	11
3	Energiansäästö	14
3.1	Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa	14
3.2	LVI-tekniikkaan liittyvät toimenpiteet	15
3.3	Ilmanvaihtoon liittyvät tekijät	16
3.3.1	Ilmanvaihdon primäärienergiatarkastelu	16
3.3.2	Energiatehokkaat puhallinratkaisut	17
3.3.3	Tarpeenmukainen ilmanvaihto	18
3.4	Lämmitys	19
3.4.1	Lämmöntuotanto lämpöpumpuilla	19
3.4.2	Tilaajanäkökulma lämpöpumpun valitsemisessa	20
3.4.3	Lämpöpumppusovelluksen valinta	25
4	Rakennusten sisäilmaolosuhteet	26
5	LVIA-tekniisten järjestelmien kuntoarviointi	27
5.1	Käytössä olleet lähtötiedot	27
5.2	Kuntoarvioinnin kuvaus	28
6	LVIA-tekniikan peruskorjausprosessimallin laatiminen	30
6.1	Nykykäytännön kuvaus	30
6.2	Excel-malli	33
6.3	PTS-ohjelma	33
6.4	LVIA-tekniikan peruskorjausprosessin mallintaminen	34
6.4.1	Hanke- ja tarvesuunnittelu	35
6.4.2	Toteutussuunnittelu	36

6.4.3	Rakentamis- ja vastaanottovaihe	37
6.4.4	Takuuaika	37
6.5	Tekniikan osalta huomioitavat asiat	37
6.6	Case Kytäjän koulu	40
6.7	Pohdinta ja yhteys teoreettiseen viitekehykseen	45
7	Yhteenveto	47
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymykset vastauksineen	
	Liite 2. LVI-tekniinen PTS 1–10 vuotta	

## KÄSITTEET

Kiinteistösalkutus	Kiinteistösalkutus on työkalu, jonka avulla kiinteistönomistajan kohdemassa salkutetaan esim. sijainnin, kiinteistön teknisen kunnon, tuottavuuden ja energiatehokkuuden mukaan.
Kiinteistöjohtaminen	Kiinteistöjohtaminen on suunnitelmallinen ja kustannustehokas toiminta, jonka avulla maksimoidaan kiinteistöomaisuuden tuotto, säilytetään arvo sekä saavutetaan korkea käyttäjätyytyväisyys.
Korjausvelka	Rahamäärä, joka tulisi investoida, jotta omaisuus saataisiin nykytarpeita vastaavaan hyvään kuntoon.
Peruskorjaus	Peruskorjauksessa voidaan uusida rakennusta, rakennuksen osia tai taloteknisiä järjestelmiä. Tavoitteena on saattaa rakennus samantasoiseksi kuin se oli uutena.
Perusparannus	Perusparannushankkeessa voidaan parantaa esimerkiksi rakennuksen energiataloutta aikaisempaan tasoon nähden.
Investoiva korjausrakentaminen	Investointeja ja siten aktivoitavia eriä syntyy lisärakentamisesta sekä kaikista korjauksista, joilla nostetaan korjatun kohteen laatua alkuperäiseen nähden
LVI-järjestelmä	LVI-järjestelmillä säädellään tilojen lämpötilaa ja sisäilman laatua, sekä huolehditaan käyttöveden jakelusta ja viemäroinnistä
LVI-tekniikan kuntoarvio	Kartoitus tehdään kokemukseräisesti aistinvaraisiin havaintoihin perustuen ja samalla voidaan tarkastella myös

sisäilmaolosuhteita. Kuntoarviosta tehdään raportti, jossa esitetään LVI-tekniikan kunto ja mahdollinen korjaustarve ennusteajanjaksolla sekä takarajat korjauksille. Kuntoarviossa voidaan lisäksi arvioida esim. mahdollista energiansäästöpotentiaalia tekniikan uusimiseen liittyen. Kuntoarvio toimii PTS-ohjelman lähtötietona.

PTS-suunnitelma	PTS-suunnitelmalla tarkoitetaan pitkän tähtäimen korjaussuunnitelmaa, joka laaditaan tehtyjen kuntoarvioiden perusteella.
LCC (Life Cycle Cost)	Elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan rakennuksen, järjestelmän tai laitteen elinkaaren hankinta-, käyttö-, kunnossapito- ja uusimiskustannusten nykyarvon summaa.
LCP (Life Cycle Profit)	Elinjaksotuottolaskennan avulla voidaan tutkia investoinnin kannattavuutta. Laskennassa otetaan huomioon elinjakson aikaiset kustannukset sekä investoinnin tuotot.
Talotekniikka	Talotekniikalla, lyhennettynä TATE, tarkoitetaan järjestelmiä, joiden avulla hallitaan rakennuksen tilojen olosuhteita ja toimintaa.
Tekninen käyttöikä	Käyttöönoton jälkeinen aika, jona järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät.
Primäärienergia	Primäärienergia on energia, jota on luonnossa hyödyntämättömänä. Yhden myytävän kWh:n tuottamiseen kuluu primäärienergia kertoimen verran primäärienergiaa kustakin primäärienergian lähteestä, kuten esim. ydinvoima ja tuulivoima.

## 1 Johdanto

Hyvinkää on suomen 23:ksi suurin kaupunki. Hyvinkään kaupungin asukasmäärä vuoden 2014 lopussa oli 46 386. Kaupungin palveluksessa työskentelee noin 2800 työntekijää. Hyvinkään kaupungin tilapalvelu toimii tämän työn tilaajana. Tilapalvelu vastaa kaupungin tilojen rakennuttamisesta ja ylläpidosta. Tilapalvelun hallinnoiman tilakannan laajuus on noin 200 000 m<sup>2</sup>. Tilat ovat pääasiassa erityyppisiä toimitiloja ja liikuntakiinteistöjä. Tilapalvelussa työskentelee tällä hetkellä 12 henkilöä, pääosin asiantuntijuutta vaativissa työtehtävissä.

Talotekniikka vanhenee nopeammin kuin itse rakennus, joten usein normaalin peruskorjauksen yhteydessä tehtävä talotekniikan uusiminen ei pelkästään riitä. Pienillä talotekniikan korjauksilla ja uusimisilla voidaan pienentää rakennusten energiankulutusta ja samassa yhteydessä parantaa tilojen käyttäjien olosuhteita. Ennen kaikkea tämä lisää rakennusten käytettävyyttä ja sitä kautta kiinteistönomistaja hyötyy talotekniikkaan tehtävistä parannuksista.

Tämän kehityshankeen syntyyn on vaikuttanut erityisesti kiinnostus rakennuskannan ylläpitoon. Hankkeeseen kannattaa ryhtyä, koska kyseistä prosessia ei ole tutkittu eikä mallinnettu ja se on ollut pitkälti LVI-vastuuhenkilöihin henkilöityvä. LVI-tekniikan uusimisinvestointeja on hoidettu erilaisin käytännöin tai jätetty kokonaan hoitamatta. Lisäksi talotekniikan uusimiseen käytettävissä oleva investointiraha on pienentynyt viime vuosina kovien säästötavoitteiden johdosta.

Hyvinkään kaupunki on sitoutunut energiansäästötavoitteisiin työ- ja elinkeinoministeriön kanssa tehdyllä energiatehokkuussopimuksella. Sopimuksen piiriin kuuluu koko kaupungin energiankulutus ja tähän hankkeeseen liittyvät julkiset rakennukset ja liikuntakiinteistöt. Tavoite on vähentää energiankulutusta 9 % vuoteen 2016. Vertailuvuotena käytetään vuotta 2008. LVI-tekniikan avulla voidaan suoraan vaikuttaa rakennusten energiankulutukseen.

Opinnäytetyössä keskeisintä on Hyvinkään kaupungin rakennusomaisuuden arvon säilyttäminen ja käytettävissä olevan vuosittaisen investointi- ja korjausrahan käytön ohjaus. Kaupungin rakennusomaisuudesta on teetetty korjausvelka-analyysi vuonna 2013. Kaupungin rakennusomaisuus on lisäksi luokiteltu kolmeen eri salkkuun A:sta



C:hen, niiden teknisen kunnan sekä käyttötarpeen perusteella. Rakennusten tarpeellisuus riippuu kaupungin toimialojen palveluverkon kehittymisestä ja näin palvelujen tarvitsemien tilojen määrästä ja niiden sijoittumisesta.

Opinnäytetyön rakenne on seuraava:

Luvun 2 kirjallisuusselvityksessä tutustutaan aihepiiriin liittyvään kirjallisuuteen ja pyritään kiteyttämään tietoutta, jota voidaan edelleen hyödyntää työhön liittyen. Rakennuskannan arvon säilyttämistä tutkitaan tässä opinnäytetyössä LVI-järjestelmien elinkaaritarkastelun ja uusimistarpeen suunnittelun kautta. Aineistoa hankitaan hyödyntämällä olemassa olevia aineistoja mm. sähköistä huoltokirjaa sekä Hyvinkään kaupungilla käytössä olevia kiinteistötietojärjestelmiä.

Luvussa 3 selvitetään energiansäästönäkökulmaa mm. energiatehokkuusopimukseen liittyen sekä LVI-tekniikan avulla saavutettavissa olevaa energian säästöpotentiaalia. Uusiutuvien energianlähteiden osalta on käsitelty erilaisia lämpöpumppuratkaisuja ja koostettu tilaajanäkökulmasta tärkeitä asioita lämpöpumppujen hankintaa suunniteltaessa. Luvussa 4 on käyty läpi sisäilmaolosuhteisiin liittyviä asioita. Luvussa 5 on käsitelty tarkasteluun valittujen LVI-järjestelmien kuntoarvioita sekä kuvattu käytetyt lähtötiedot sekä menetelmät.

Luvussa 6 on selvitetty LVI-tekniikan peruskorjausprosessin nykykäytäntöä haastatteleamalla kaupungin LVI-asiantuntijaa. Luvussa 6 on myös mallinnettu LVIA-tekniikan peruskorjausprosessia sekä laadittu kuntoarvioihin perustuva Excel-pohjainen työkalu talotekniikan teknisen käyttöiän ja PTS-suunnittelun tueksi. Luvussa 7 on yhteenveto tähän opinnäytetyöhön liittyvän tutkimuksen perusteella tehdyistä havainnoista ja johdopäätöksistä.

Opinnäytetyön kehitystehtävänä ja päätavoitteena on nykyisen prosessin parantaminen. Mitä ylipäätään kannattaa peruskorjata ja miksi? Valittujen kohteiden LVIA-tekniikalle laaditaan pitkän tähtäimen suunnitelma 1–10-vuodeksi. Hankkeessa perehdytään sisäilmaolosuhteiden ja energian kulutuksen hallintaan erityisesti LVI-järjestelmien uusimisen kautta. Mitä IV-koneita ja lämmitysjärjestelmiä kannattaa lähteä uusimaan, millä periaatteilla ja kannattaako samalla nostaa esimerkiksi sisäilmaolosuhteiden laatutasoa tai vaikkapa vaihtaa lämmitysmuoto uusiutuvia energianlähteitä hyödyntävään ratkaisuun?

Tällä hetkellä LVI-järjestelmistä ei ole olemassa PTS-suunnitelmia. Korjauksia- ja laite uusintoja tehdään kiireellisyyden mukaan. Rakennuksissa olevaa LVI-tekniikkaa on uusittu lähinnä sisäilmaongelmien vuoksi sekä laitekannan rikkoutumisen johdosta. Eli nykyinen prosessi on takapainoitteinen. Tästä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia. Parannustarpeena on hoitaa LVI-saneerukset suunnitelmallisesti ja minimoida syntyvät suorat ja välilliset kustannukset.

Hyvinkään kaupungin rakennuksissa olevan korjausvelan hallitseminen vaatii uusinta- ja korjausinvestointeja. Kiinteistönomistajan täytyy osata tehdä ne oikeilla perusteilla. Lisäksi tilojen turvallisuus- ja terveysvaatimukset ovat mm. terveysvalvonnan kautta jatkuvasti esillä. Tämä asettaa kovat vaatimukset LVI-tekniikan toimivuudelle. LVI-tekniikan elinkaaren hallitseminen ja saneerausten ajoittaminen on erityisen tärkeä kohteissa, jotka halutaan pitää olosuhteiltaan ja energiankulutukseltaan hyvätasoisina.

Hyvinkään kaupungilla on käytössä tilahankkeiden toteutusohje. Tilahankkeiden toteutusohje kuvaa tilahankintaprojektin muodostumista ja sen läpivientiä. Ohje koskee nykyisten tilojen laajentamista ja peruskorjausta sekä uusien tilojen rakentamista. Ohjeessa rakennus- ja korjausinvestointiesityksien osalta arvioidaan, voidaanko osa investointirahasta ohjata ikääntyvien rakennusten tekniseen ylläpitoon sekä onko hankkeen kustannusarvio järkevä saavutettavissa olevaan toiminnalliseen ja tekniseen hyötyyn nähden. Tilahankkeiden toteutusohje on pääosin tarkoitettu käytettäväksi suurissa ja strategisesti tärkeissä hankkeissa.

Opinnäytetyö rajataan koskemaan IV- ja lämmitysjärjestelmiä sekä rakennusautomaatiojärjestelmän alakeskuksia kaupungin omistamissa rakennuksissa. Rajauksen perusteena on se, että em. järjestelmissä on suurin energiansäästöpotentialiaali ja toisaalta IV-järjestelmien avulla voidaan luoda käyttäjille hyvät sisäilmaolosuhteet tiloihin. Rajausta tarkennetaan koskemaan tehdyn kiinteistösalkutuksen kiinteistösalkkuja A ja B, jotka ovat prioriteetiltaan kaupungin palvelutoiminnalle tärkeimmät. Tarkasteluun valittuja rakennuksia on 57 kpl.

Tämä työ täydentää osin jo olemassa olevaa tilahankkeiden toteutusohjetta sillä erotuksella, että LVI-tekniistä peruskorjausprosessia on käsitelty tässä työssä itsenäisenä kokonaisuutena ja yleensä puhtaasti LVI-tekniikan uusimiseen tähtäävät hankkeet ovat mittakaavaltaan suhteellisen pieniä. Työstä saatavia tutkimustuloksia tullaan hyödyn-

tämään kiinteistönomistajan apuna suunniteltaessa tulevaisuuden LVI-tekniikan peruskorjauksia.

Haluan kiittää työnohjauksesta Jukka Yrjölää, joka on antanut rakentavaa kritiikkiä työn sisältöön liittyen, ja Juhani Lakasta, jolta olen saanut käytännön kokemukseen perustuvaa näkökulmaa LVI-tekniikan saneerauksista. Kiitän Mikko Silvastia, joka on mahdollistanut tämän työn toteuttamisen. Erityiskiitos kuuluu kuitenkin perheelleni joka on mahdollistanut iltaopiskeluni ja suonut aikaa tämän opinnäytetyön tekemiselle.

## 2 Kirjallisuusselvitys

Opinnäytetyössä sovelletaan tutkimusmenetelmänä konstruktivistista tutkimusmenetelmää, jonka tarkoituksena on relevantin käytännön ongelman ratkaisu luomalla uusi konstruktio. Uuden konstruktion avulla pyritään sekä käytännölliseen että teoreettiseen selkeään perimmäiseen tavoitteeseen. [4.]

Konstrukttiivinen tutkimus on luonteeltaan soveltavaa tutkimusta, jossa haluttu päämäärä on ennalta tiedossa, mutta sen saavuttaminen ei. Konstruktiviselle tutkimukselle ominaista on uuden todellisuuden rakentaminen olemassa olevan tietämyksen pohjalta. Menetelmään kuuluu myös päätös siitä, millaista uutta todellisuutta halutaan rakentaa ja miten se tehdään. Konstruktivistista tutkimusta voidaankin luonnehtia suunnittelu-tieteeksi, joka koostuu rakentamisesta ja arvioinnista. [4.]

Empiirinen tutkimus on suurelta osin ongelmanratkaisua. Ongelmanratkaisussa oleellista on ensinnäkin ongelman tarkka määrittely, jotta sille voidaan sitten etsiä ratkaisu. Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen tehtävänä on ohjata tutkimusongelman muotoa ja rajausta niin, että löydetään sellainen tutkimusasetelma, jonka avulla saadaan vastaukset asetettuihin kysymyksiin. [18.]

Kun tutkimus lähtee liikkeelle jostain asiaongelmasta, niin täytyy löytää tähän asiaongelmaan soveltuva teoreettinen viitekehys, jonka pohjalta tutkimusta ryhdytään suunnittelemaan. Viitekehyksen avulla tutkimusongelma esitetään mahdollisimman täsmällisesti käsitteellisessä muodossa. Käsitteellistä kehikkoa tarvitaan, jotta voidaan rajata ja täsmentää niitä asioita, joita tutkitaan. Teorian tarkoitus on auttaa tutkijaa ja tutkimusta näkemään tutkimusongelman kannalta keskeiset asiat. Samalla sen avulla rajataan näkökulmaa siten, ettei katsota epäoleellisia asioita. [18.]

### 2.1 Rakennusvarallisuus

Kiinteä omaisuus muodostaa vallitsevan käsityksen mukaan oman erityisen omaisuusryhmänsä. Kiinteistövarallisuus on tärkeää tai vähemmän tärkeää aina sen mukaan minkä asteista perustoimintaa se palvelee. Rakennusvarallisuuden tärkeä ominaisuus on myös pitkäikäisyys ja pitkävaikutteisuus. Rakennusten pitkäikäisyydestä johtuen rakennusomaisuuden ylläpito vaatii myös tulevaisuuden suunnittelua. [10, s. 13.]

Kiinteistövarallisuus vaatii jatkuvia toimenpiteitä pysyäkseen käyttökelpoisena. Kiinteistönomistajien tilanne vaatii käsissä olevan rakennusvarallisuuden saamista käyttökelpoiseksi ja tuottavaksi. Talotekniikalla voidaan vaikuttaa suoraan tilojen käytettävyyteen ja energian kulutukseen. [10, s. 13.]

Kiinteistönomistajat ovat pääroolissa siinä, kun vanhoja kiinteistöjä peruskorjataan ja pyritään löytämään peruskorjattaville rakennuksille hyödyllisiä ja tuottavia ratkaisuja. Ongelmallista voi olla se, miten kiinteistönomistajat ja kiinteistöjen ylläpidosta vastaavat managerit saadaan motivoitua peruskorjaamaan rakennukset energiatehokkaammaksi ja näin tuottavammaksi. Tämä asia riippuu paljon vastuhenkilöiden koulutuksesta, hallinnassa olevan kiinteistökannan tyypistä sekä voimassaolevasta lainsäädännöstä. [16, s. 355.]

Rakennus palvelee aina asiakkaita ja siksi tehtävien korjausratkaisujen tulee palvella asiakkaiden nykyisiä ja tulevia tarpeita [10, s. 13]. Kiinteistövarallisuuden tekniset ominaisuudet, kunto jne. pyritään pitkäjänteisesti optimoimaan, tällä on suorat vaikutukset kiinteistöjen arvon säilymiseen. [10, s. 15.]

## 2.2 LVI-tekniikan käyttöikä

LVI-tekniisten järjestelmien käyttöikä on huomattavasti lyhyempi, kuin itse rakennustekniikan käyttöikä. LVI-tekniikan käyttöikä on tyypillisesti 10–25 vuotta. Taulukossa 1 on annettu teräsputkilämmönsiirtimille tekniseksi käyttöikäksi normaaliolosuhteissa 20–30 vuotta. LVI-tekniikan käyttöikä voi päättyä myös ennen aikojaan, mikäli rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu ennen LVI-tekniikan teknisen käyttöiän päättymistä [11, s. 20]. Teknisten laitteiden hyötysuhde ja suorituskky huononee usein laitteiden vanhetessa. Nämä vaikutukset ovat merkittäviä. [1.]

Tunnus	Nimikkeen otsikko, määrittelmä	Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet		Huomautuksia
			vuotta (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä)			Tarkastusväli	Huoltoväli / kunnossapitojakso	
			1 vaikea	2 normaali	3 kevyt	vuotta	vuotta	
2	<b>TALOTEKNIikka</b>							
21	LVI-järjestelmät							
	LVI-osuus TalotekniikkaRYL 2002 -nimikkeistöä soveltaen							
G1	Lämmitysjärjestelmät							
G11	Lämmöntuotanto							
G110	Kauko- ja aluelämpö							
G111	Lämmönjakokeskukset					12 kk, kun ikä <10 a 4 kk, kun ikä 10...20 a 1 kk, kun ikä >20 a		Lämmönjakokeskuksen käyttöikä tarkastellaan kokonaisuutena.
G112	Lämmönsiirtimet							Tarkastusväli riippuu siirtimen iästä.
	HST-levylämmönsiirtimet, kovajuotoksin			20				
	Kupariputkilämmönsiirtimet	...2000		20				
	Kumiivisteellinen levylämmönsiirtimet	...1990		10			Pulttien kiristys, tiivisteiden vaihto	
	Teräsputkilämmönsiirtimet	...1990		20...30				

Taulukko 1. Lämmönsiirtimien tekniset käyttöiät. [13.]

### 2.3 LVI-tekniikan peruskorjaus

Korjausrakentamista voidaan toteuttaa harvoin tehtävillä laajemmilla peruskorjauksilla tai vaihtoehtoisesti tiheämmin toistuvilla pienillä korjauksilla [11, s. 65]. LVI-tekniikan muita rakennusosia lyhyemmän teknisen käyttöiän vuoksi on perusteltua tehdä säilytettäviin rakennuksiin säännöllisesti vanhentuneen tekniikan uusimista. LVI-tekniikan uusiminen tai perusparantaminen on hyvä ajoittaa järjestelmien teknisen- tai taloudellisen elinkaaren päättymisvaiheeseen. [11, s. 27.]

Hyvällä korjausrakentamisen ohjauksella vaikutetaan rakennuksen käyttöikään ja elinkaaritouteen. Korjausten laajuuden ja laadun määrittely on vaikea ja monimutkainen prosessi. [11, s. 27.] Hyvinkään kaupungin rakennuskanta on luokiteltu A-, B- ja C-salkkuihin ja tämän perusteella voidaan valita rakennukset, joihin kannattaa panostaa korjausrahaa. C-salkussa on kohteet, jotka pyritään myymään tai mahdollisesti purkamaan. Jos kaupungilla on C-salkun rakennukselle käyttöä esimerkiksi viideksi vuodeksi, niin siihen voi olla tarpeen tehdä taloteknisiä uudistuksia, jotta rakennus pysyisi käyttökelpoisena. Uudistus voi olla esimerkiksi energiansäästötoimi, jolla paljon energiaa kuluttava rakennus saadaan energiatehokkaammaksi.

Energiatehokkuuden lisäämiseen tähtäävä peruskorjaus on jo itsessään hyvä pyrkimys kiinteistönomistajalta. Peruskorjauksen jälkeen on myös tärkeä kiinnittää erityistä huomiota rakennuksen ylläpidosta ja kiinteistönhoidosta vastaavien työntekijöiden sekä rakennuksen käyttäjien toimintaan, jotta saavutetaan haluttu lopputulos rakennuksen energiatehokkuuden suhteen. [16, s. 357.]

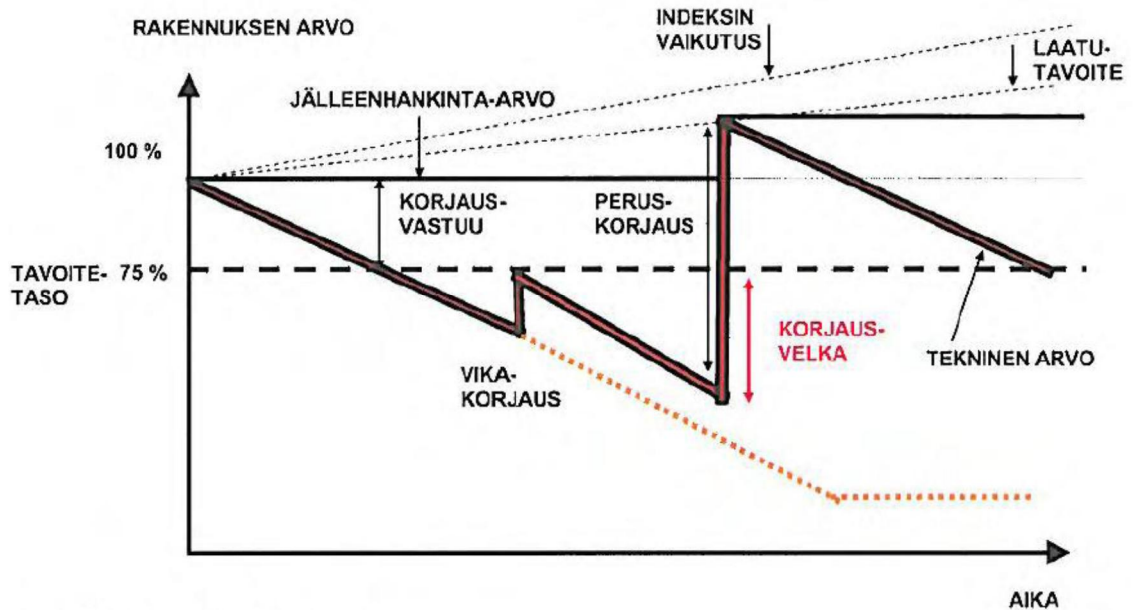
Talotekniikan osuus keskimäärästä uudisrakentamisen kustannuksista on muuttunut viime vuosikymmenien aikana 20 prosentista 30 prosenttiin. Tämä muutos jatkuu edelleen kiihtyen. Korjausrakentamisessa osuus on jonkun verran suurempi. [10.]

Rakennusosan tai rakennuksessa olevan taloteknisen järjestelmän purkamisen tai uusimisen perusteena voidaan tapauskohtaisesti käyttää esimerkiksi kuntoarviota tai kuntotutkimusta. RT-kortin 18-10922 mukaiset tekniset käyttöiät perustuvat aikaisempiin RT-kortteihin, tutkimuksiin, selvityksiin ja käytännössä saatuihin kokemuksiin. RT-korttia 18-10922 voidaan käyttää kuntoarvioissa, kuntotarkastuksissa, energiakatselmuksissa, kuntotutkimuksissa ja kunnossapidon suunnitteluun sekä hankesuunnitteluun ja elinkaaren määrittelyyn. [13.]

Korjausrakentamisessa on järkevä keskittyä LVI-tekniisiin korjauksiin ja lisäyksiin. Rakennusten energiatehokkuutta ja sisäilman laatua voidaan parantaa huomattavasti lähtötilanteeseen verrattuna LVI-tekniikan uusimisen avulla.

LVI-tekniikan avulla voidaan vaikuttaa rakennusten elinkaarikustannuksiin ja varmistaa, että rakennukset kuluttavat mahdollisimman vähän energiaa. Toimivalla korjausrakentamisen ohjauksella voidaan vaikuttaa suoraan rakennuksen käyttöikäen ja elinkaarikustannuksiin. [11, s. 31.]

Rakennuksen vanhetessa rakennuksen tekninen arvo laskee alle 75 %:n tavoitetason ja muodostuu korjausvelkaa. Korjausvelkaa voidaan vähentää korjaamalla rakennusta tekemällä pieniä vikakorjauksia tai sitten peruskorjaamalla rakennus alkuperäistä parempaan kuntoon. Tällöin myös rakennuksen tekninen arvo nousee alkuperäistä tasoa korkeammaksi. Kuvassa 1 on kuvattu rakennuksen korjausvelan muodostuminen.



Kuva 1. Korjausvelan muodostuminen. [17, s. 7.]

## 2.4 PTS-suunnittelu

Kiinteistölle laadittava PTS-ohjelma on korjausrakentamisen tarve- ja hankesuunniteluasiakirja, jolla voidaan määritellä korjaustarpeet pitkälle tulevaisuuteen [11, s. 55]. PTS-ohjelman avulla pyritään ennakoivaan kunnossapitotoimintaan ja hallittuun tekniikan uusimiseen. Kiinteistönomistaja on vastuussa PTS:n laadinnasta. [12, s. 70.]

Hyvä kuntoarvio ja luotettavat perustiedot antavat hyvän pohjan, koko kiinteistön pitkäjänteiselle suunnittelulle ja myöhemmin toteutukselle [11, s. 5]. Taloteknisten järjestelmien PTS-suunnittelussa on tärkeä huomata se, että taloudellinen käyttöikä voi olla pidempi kuin tekninen käyttöikä [11, s. 59].

Hallitun PTS-ohjelman lisäksi kiinteistönomistajalla on oltava laaja näkemys rakennuksen kohtalosta, käytöstä ja taloudellisista resursseista, jotka ovat kulloinkin käytössä. [12, s. 80.]

10 vuoden PTS-suunnitelmaan sisältyvät tarvittavat kunnossapitokorjaukset sekä rakennusosien elinkaaren päättymisestä johtuvan rakennusosien uusimiset sekä taloteknisten järjestelmien korjaukset [11, s. 56]. PTS-ohjelma perustuu pitkälti kuntoarviossa laadittuihin toteamuksiin ja kirjauksiin.



Energiatehokkuuteen tähtäävät korjaukset sijoitetaan PTS-ohjelmaan niiden kannattavuuskriteereiden mukaan. Takaisinmaksuaika on yksi hyvä kriteeri mietittäessä eri vaihtoehtoja ja niiden toteutusta. [12, s. 99.]

Omakohlaiseen tietämykseen perustuen useat yksityisen ja julkisen sektorin kiinteistönomistajat ovat hankkineet PTS-suunnittelun ja seurannan tueksi ohjelmistoja, joilla he voivat hallita kiinteistöjensä pitkän tähtäimen korjauksia. Ohjelmistojen avulla kiinteistön omistajat voivat suunnitella tehtävien korjaustöiden laajuuden, aikataulun sekä budjetoida korjaustöiden kustannukset. PTS-ohjelmistoja voidaan käyttää yleensä Web-selaimella, ja ne ovat muutenkin suhteellisen helppokäyttöisiä.

## 2.5 Talotekniikan laatutaso

Talotekniikkajärjestelmän laadun muodostumiseen sen elinkaaren aikana vaikuttavat rakennuttamisen, suunnittelun, rakentamisen ja valmistuksen sekä käytön ja ylläpidon laatu. [6.]

Talotekniikan laatutason valinnan yhteydessä asetetaan puitteet talotekniikkajärjestelmän elinkaarikustannuksille, joita ovat investointi-, ylläpito- ja energiakustannukset. Täten talotekniikkajärjestelmien laatutaso vaikuttaa merkittävästi talotekniikan elinkaarikustannusten muodostumiseen. [6.] Tämän vuoksi talotekniikan suunnittelua, rakentamista sekä käyttöä ja ylläpitoa tulee ohjata asetettujen elinkaarikustannustavoitteiden mukaisesti.

Talotekniikan rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia ollaan parhaillaan päivittämässä Rakennustieto Oy:n vetämässä projektissa. Hankkeessa haetaan yhtenäistä laatuohjeistusta, joka ottaisi huomioon uudet määräykset ja lisääntyneen korjausrakentamisen tarpeen. Talotekniikan RYL:n on tarkoitus valmistua vuoden 2015 loppuun mennessä.

## 2.6 Kiinteistön elinkaaritalous

Rakennuksen elinkaari alkaa tarvesuunnittelusta ja päättyy rakennuksen käyttövaiheen jälkeiseen purkuun. Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa luodaan perusta rakennuksen toimivuudelle, muunneltavuudelle, sisäilmastolle ja energiataloudelle. Energia muodostaa noin 80 % rakennuksen elinkaarikustannuksista. [11, s. 21.] Hankesuunnitelma

sisältää elinkaariarvioinnin sekä elinkaarikustannusten (LCC) laskemisen eri vaihtoehtoista. Näistä valitaan edullisin.

Kaikki rakennusvarallisuuteen liittyvät kustannukset voidaan yhdistää elinkaarikustannuksiksi LCC, kun mukaan otetaan tuotto ja hyötyosuus, LCP. [10, s. 14.] LCC-laskelmien avulla voidaan tarkastella laitteen tai järjestelmän koko elinkaarta valmistuksesta käytöstä poistamiseen sekä tehdä useamman vaihtoehdon vertailuja tavoitteena löytää edullisin vaihtoehto. [2, s. 57.]

Elinkaarilaskelmien avulla voidaan ennakoida valitun talotekniikkajärjestelmän elinkaarina aikana muodostuvia kustannuksia ja vertailla eri vaihtoehtoja investointipäätöstä mietittäessä. Laskelmissa otetaan huomioon tulevat kustannukset, kuten huolto-, uusimis- ja käyttökustannukset, rahoituskustannukset ja energiakustannukset.

Takaisinmaksuaika on yksi päämotivaattori kiinteistönomistajille ja heidän käyttämillensä teknisille managereille tehtäessä energiatehokkuuteen tähtääviä peruskorjauksia ja muutostöitä. Kohonneet energiakustannukset antavat mahdollisuuden tehdä tuottavia ja turvallisia sijoituksia. [16, s. 358.]

## 2.7 Kannattavuuslaskentamenetelmät

Alla on esitetty yleisimmät kannattavuuslaskentamenetelmät, joiden avulla voidaan tutkia talotekniikkainvestointien kannattavuutta.

*Yksinkertaisen takaisinmaksuajan* laskennassa verrataan investoinnin hankintakustannusta ja investoinnin nettotuottojen suhdetta. Takaisinmaksuaika on aika, jonka kuluessa kertyy alkuperäisen investoinnin verran nettotuottoja. Menetelmä ei ota huomioon korkokantaa, inflaatiota eikä takaisinmaksuajan jälkeisiä tuottoja.

*Nykyarvomenetelmässä* kaikki tuotot ja kustannukset sekä mahdollinen investoinnin jäännösarvo diskontataan nykyhetkeen eli kyseisen hankinnan syntyhetkeen laskentakoron ja pitoajan perusteella. Tämän jälkeen ne lasketaan yhteen investointikustannusten kanssa, jolloin saadaan kustannusten nykyarvo. Vertailtaessa vaihtoehtoja kannattavin ja edullisin on se, jonka nykyarvo on suurin. [10, s. 54.] Laskelmassa voidaan ottaa huomioon myös energian hinnannousu sekä inflaation vaikutus.

Nykyarvoyhtälö on esitetty kaavassa 1.

$$N = \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} T_t + \frac{1}{(1+i)^n} J - \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} M_t - \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} U_t - H \quad (1)$$

, jossa

$N$  on nykyarvo

$T_t$  on tuotto

$M_t$  on meno

$J$  on jäännösarvo

$U_t$  on uusintainvestointi

$H$  on hankintahinta

$p$  on korkokanta prosenttia

$i$  on  $p/100$

*Annuiteettimenetelmän* avulla kaikki kustannukset tasataan talotekniikkajärjestelmän koko pitoajalle yhtä suuriksi vuotuissuorituksiksi käytetyn laskentakoron perusteella. Talotekniikkajärjestelmän investointikustannukset saadaan tasattua koko järjestelmän pitoajalle vuosikustannuksiksi kertomalla investointikustannukset niin sanotulla annuiteettitekijällä, joka on esitetty kaavassa 2. [10, s. 54.]

$$p = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Investointi on kannattava jos investoinnin vuotuiset nettotuotot ovat suuremmat kuin investoinnin aiheuttamat vuosikustannukset. (Kaava 3)

$$St = (T_t - K_t) - pH \quad (3)$$

, jossa

$St$  on investoinnin nettotuotto vuonna  $t$

$T_t$  on investoinnin vuosituotto

$K_t$  on investoinnin vuosikustannus

$p$  on annuiteettitekijä

$H$  on perusinvestointi

### 3 Energiansäästö

#### 3.1 Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa

Energiatehokkuussopimusjärjestelmän sisältämät peruslinjaukset ja säännöt energiansäästötoimenpiteiden laskennan suhteen perustuvat suurelta osin fysiikan lakeihin ja vakiintuneisiin laskentakaavoihin- ja menetelmiin. Energiapalveludirektiivi velvoittaa lisäksi huomioimaan säästötoimen eliniän. Säästötoimen elinikä vaihtelee ja energiansäästötoimen vaikutus loppuu tietyn ajan kuluessa [8, s. 3.] Elinikä määritellään erityyppisille toimenpiteille, joko Euroopan komission ohjeiden tai kansallisesti annettujen ohjeiden perusteella. [8, s. 8.]

Energiatehokkuussopimuksia koskevassa ohjeessa on keskitytty ensisijaisesti pitkän eliniän säästötoimenpiteisiin, joiden on oltava voimassa vuonna 2016. [8, s. 5.] Energiansäästötoimi on todennettavissa oleva toimenpide, joka tehdään energiansäästön aikaansaamiseksi ja tässä tarkastellaan nimenomaan ei-uusiutuvan energianlähteen loppukulutusta. Näitä ovat mm. toimet, joilla on tietyn palvelun tuottamiseksi tarvittavan energiapanoksen suhteeseen pienentävä ja pysyvä vaikutus. [8, s. 6.]

LVI-järjestelmä- ja laiteinvestoinneilla saavutettavalle säästölle voi olettaa säästöajaksi 10–30 vuotta [8, s. 11]. Kiinteistön peruskorjaus ei ole aina energiansäästöinvestointi. Kuitenkin, jos peruskorjaus kohdistuu esim. LVI-järjestelmään, jonka seurauksena saavutetaan energiankulutuksessa säästöä, tämä voidaan laskea energiansäästökseen energiatehokkuussopimuksen mukaan. [8, s. 13.] Laitekantaa uusittaessa on huomioitava se, että tekniikan perustaso nousee ajan myötä ja näin laitekantaa uusittaessa saavutettava säästö ei realisoidu moneen kertaan [8, s. 15].

Sähkömoottorin uusiminen tehokkaammaksi aiheuttaa tietyn sähköenergiansäästön. Energiatehokkuussopimuksen mukaan tämänkaltaisen säästö lasketaan kaavalla 4:

$$\text{Säästö(MWh /a)} = (\text{ottoteho( kW)} - (\text{ottoteho( kW)} * \text{vanhahyöty suhde}) / \text{uus ihyötysuhd e}) * \text{käyntiaika (h/a)} / 1000$$

(4)

Kun moottorin ottama teho ennen toimenpidettä tiedetään, niin voidaan laskea moottorista otettu akseliteho. Uuden moottorin ottoteho voidaan laskea paremman hyötysuhteen perusteella. Säästö on ottotehojen mukaisten kulutusten erotus. [8, s. 24.]

Lämmitysverkoston perussäädön vaikutus voidaan laskea siten, että perussäädön vaikutus huonelämpötiloihin on keskimäärin 1,5 astetta (kaava 5). Tällöin patteriverkoston lämmön kulutus pienenee noin 7 %.

$$\text{Säästö}(MWh / a) = \text{kulutusjakaumaosuus}(MWh / a) * \text{kulutuksenarvioituvähenemä}(\%) \quad (5)$$

Energiatehokkuussopimukseen liittyvästä säästölaskentaohjeesta löytyy lisäksi laskentakaavat mm. LTO:n lisäämiselle IV-koneeseen, verkostohäviöiden pienentämiselle sekä taajuusmuuttajakäytön lisäämiselle moottorikäyttöön

### 3.2 LVI-tekniikkaan liittyvät toimenpiteet

Kiinteistöjen kokonaistalouden kannalta usein kannattavimpia energiansäästötoimenpiteitä ovat talotekniikan hienosäädöt, kuten ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmien optimointi. Ilmanvaihtokoneet kuluttavat yli 50 % toimistorakennuksen käyttämästä energiasta.

Ilmanvaihdolla on tärkeä rooli energiankulutuksen kehityksessä. Energiankulutuksen kannalta olisi edullisinta pyrkiä tarpeenmukaiseen ilmanvaihdon säätöön. Nykyään suurin osa rakennusten ilmanvaihdosta ei perustu käyttäjien läsnäoloon, vaan ilmanvaihtokoneita ajetaan esimerkiksi aikaohjelmien mukaisesti.

LVI-tekniikan energiansäästöpotentiaalit liittyvät päivittäiseen käyttötoimintaan, tekniikan ylläpitoon, ilmanvaihdon lämmöntalteenottoratkaisujen lisäämiseen sekä lämmitysjärjestelmien kunnostamiseen ja uusimiseen. Oikein tehdyllä lämmitysverkoston perussäädöllä voidaan myös vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen. [11.]

LVI-muutokset ovat avainroolissa pyrittäessä rakennuksien energiatehokkuuteen. Ek on esittänyt opinnäytetyössään eri toimenpiteiden vaikutukset julkisten rakennusten energiansäästöön [1.]:

### Lämmitysjärjestelmä

- järjestelmän säädön parantaminen (1,621 kWh/a/m<sup>2</sup>)
- termostaattisten patteriventtiilien lisäys (2,685 kWh/a/m<sup>2</sup>)
- lämmitysverkoston perussäätö (5,654 kWh/a/m<sup>2</sup>)
- verkostohäviöiden pienentäminen tai lisäeristäminen

### Ilmanvaihtojärjestelmä

- taajuusmuuttajan käyttö sekä ohjauksen lisääminen
- EC- moottorien hyödyntäminen
- lämmöntalteenoton lisääminen (30,055 kWh/a/m<sup>2</sup>)

Eki:n esittämällä yksikkösäästöillä 1000 m<sup>2</sup>:n laajuiselle peruskorjattavalle rakennukselle laskettuna lämmitysenergian säästö olisi luokkaa 40 MWh vuodessa.

## 3.3 Ilmanvaihtoon liittyvät tekijät

### 3.3.1 Ilmanvaihdon primäärienergiatarkastelu

Saarinen on insinööriyössään simuloinut ilmanvaihtokoneen primäärienergiankulutusta Motiwattiohjelmiston avulla. Vertailukohtana on ollut ilmanvaihtokone ilman lämmöntalteenottoa ja erilaisilla lämmöntalteenotoilla lisättynä. Konetyypin SFP-luku on ollut noin 2.5 kWh/m<sup>3</sup>/s. [15, s. 11.]

Tutkitut LTO-vaihtoehdot olivat vesi-glykoli, jonka hyötysuhde 40 %. Saarisen mukaan LTO-pattereiden lisääminen tulo- ja poistopuolelle johtaa ilmanvaihtokoneiden puhaltimien tehontarpeen kasvamiseen. Myös uuden liuospiirin pumpun lisääminen lisää sähköenergian kulutusta. Toisaalta lämmityspatterin lämmitystehontarve laskee. [15.] Peruskoneen sähkötehon tarve kasvoi vesiglykoli-lämmöntalteenoton lisäämisen jälkeen noin 36 % lähtötilanteeseen verrattuna.

Kuutio-LTO:n hyötysuhteena käytettiin 60 % ja pyörivän kiekon hyötysuhteena 70 %. Mielenkiintoinen huomio Saarisen työssä oli, että vesiglykoli järjestelmän hyötysuhteen laskiessa 30 %:iin primäärienergian kulutus kasvoi verrattuna peruskoneeseen ilman lämmöntalteenottoa. Tämän vuoksi pienemmissä ilmanvaihtojärjestelmissä vesi-glykoli

lämmöntalteenotolla ei saavuteta säästöä, kun ilmanvaihtokoneen käyntiaika on lyhyt ja LTO:n hyötysuhde jää jostain syystä huonoksi. [15.]

Tehokkaat LTO-järjestelmät ovat tehokas keino rakennusten energiankulutuksen pienentämisessä erityisesti peruskorjattavissa kohteissa. Energiansäästötarkastelussa tulisi ottaa huomioon myös sähköenergian kulutus ja primäärienergian kulutusta tarkastelemalla saadaan energiansäästöön ilmastonmuutokseen vaikuttava näkökulma mukaan. [15.]

### 3.3.2 Energiatehokkaat puhallinratkaisut

Ruusunen on selvittänyt tekemässään insinööriyössä ilmanvaihtokoneiden puhaltimien uusimisen energiansäästöpotentiaalia. Yleisesti vanhemmissa ilmanvaihtokoneissa käytössä olevat kaksikierronnopeuskoneet ilman taajuusmuuttajia eivät ole energiatehokkaita enää nykymittapuun mukaan. Määrittämällä puhallin, sähkömoottori sekä näiden ohjaus optimaaliseksi voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä. [14, s. 1.]

Ilmanvaihtokoneissa käytetään yleensä aksiaali-, radiaali- tai kammiopuhaltimia. Käytetyin tyyppi näistä on kammiopuhallin [14, s. 3]. Puhallinmoottoritekniikoita ovat AC- ja EC- moottori. AC-moottoreissa pyörimisnopeuden säätö on toteutettu taajuusmuuttajalla ja EC-moottoreissa se on toteutettu 0–10 voltin jännitesäädöllä eli EC- moottori ei tarvitse taajuusmuuttajaa. EC- moottorin etu AC- moottoriin nähden on sen alhainen energiankulutus. [14, s. 5.] Ilmiö korostuu erityisesti ajettaessa puhallinta pienillä kierroksilla tällöin EC- moottorin antoteho on selvästi AC- moottoria parempi.

EC- moottori sijaitsee fyysisesti osin puhallinpyörän sisällä ja AC-moottoriin verrattuna tämä aiheuttaa ilman pyörteilyä, joka laskee täten puhaltimen hyötysuhdetta. Puhaltimen energian kulutus koostuu sen sähkönottotehosta. Jos tarkastellaan puhtaasti puhaltimen sähkönottotehoa ilman häviöitä, niin EC- moottorilla on parempi hyötysuhde. [14, s. 6.] Erityisesti optimoidulla pyörimisnopeuden säädöllä säästetään suoraan sähköenergiaa.

Ruusunen on mitannut tilannetta jossa vanha kaksinopeuskäyttöinen puhallin (sähkönottoteho 7,018 kW) on vaihdettu uuteen EC-puhaltimeen (sähkönottoteho 5,18 kW) tai vaihtoehtoisesti lisätty taajuusmuuttaja vanhan puhaltimen yhteyteen. Mittauksien



perusteella on määritetty takaisinmaksuaikaa tehtäville toimenpiteille ja todettu, että pelkkä AC-moottoreiden vaihtaminen EC-moottoreihin ei ole takaisinmaksuajallisesti kannattava toimenpide. Jos EC- moottorin käynti perustuu tarpeenmukaiseen ilmamääränsäätöön, niin takaisinmaksu on järkevissä rajoissa. [14, s. 29.] Saneerauskohteissa kannattaa kuitenkin muistaa se, että vanhat tilat vaativat tietyn perusilmanvaihdon, ja jos tästä tingitään, niin se heikentää sisäilmaolosuhteita.

### 3.3.3 Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Periaatteena on säästää energiaa ilmanvaihdossa tinkimättä ilmanvaihdon vaikutusalueen tilojen ilmanlaadusta. Ilmanvaihdossa käytetyn ulkoilman määrä sopeutetaan rakennuksessa kunakin hetkenä vallitsevaan tarpeeseen. Ulkoilmavirran pienentämisellä pystytään säästämään lämmitysenergiaa toisaalta ilmanvaihdon sähköenergian kulutusta pystytään samalla pienentämään. [5.]

Tarpeenmukainen ilmanvaihto sopii tiloihin joissa käytetään suuria ilmavirtoja, kuten esimerkiksi liikunta- ja juhlasaleihin. Järjestelmä voi olla muuttuvailmamääräsäätöinen tai vakioilmamääräsäätöinen. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi tiloihin sijoitettavalla epäpuhtausantureilla, kuten hiilidioksidianturilla. Muita menetelmiä ovat käyttöajat, lämpötila sekä läsnäolotunnistukseen perustuvat ohjaustavat. [5.]

Tarpeenmukainen ilmanvaihto soveltuu hyvin myös koulurakennuksien luokkatiloihin, koska sen avulla voidaan ilmanvaihtoa säätää käyttäjämäärän ja käyttöajan mukaan. Erityisesti, jos halutaan saavuttaa hyvä sisäilman laatu, ilmanvaihtoa voidaan ohjata hiilidioksidiantureilla. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon investointikustannukset ovat suuremmat kuin tavallisen järjestelmän, mutta käyttökustannukset vastaavasti pienemmät. Toimivan ilmanvaihtolaitoksen muuttaminen paremmin säätävään ilmanvaihtojärjestelmään ei ole taloudellisesti kannattavaa, elleivät käyttötarkoitus ja käyttäjämäärät käyttöaikoineen oleellisesti muutu. [5.]

## 3.4 Lämmitys

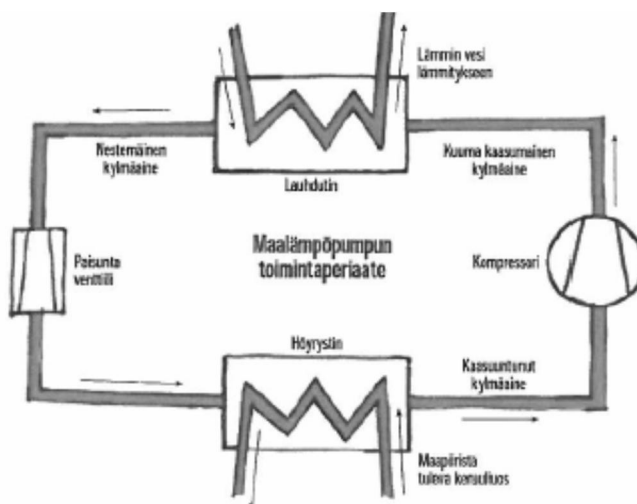
### 3.4.1 Lämmöntuotanto lämpöpumpuilla

Lämpöpumppujen avulla voidaan ottaa talteen maahan, kallioon, veteen tai ilmaan auringosta varastoituvaa lämpöenergiaa. Talteenotettu lämpöenergia voidaan siirtää edelleen rakennuksen lämmitykseen sekä käyttöveden lämmitykseen. Lämpöpumpun lämpökerroin ilmaisee, mikä on lämmöntuotanto verrattuna tarvittavaan sähkötehoon.

Maalämpöjärjestelmä muodostuu lämmönjakojärjestelmästä, joka voi olla esimerkiksi vesikiertoinen lattialämmitys, maalämpöpumpusta sekä lämmönkeruuputkistosta. Maalämpöjärjestelmässä paras hyötysuhde saadaan, kun lämmönjakojärjestelmän lämpötila on mahdollisimman matala. Maasta saatava lämmitysteho vaihtelee sijainnin ja maaperän laadun mukaan.

Maalämpöputkistolla varustettu maalämpöpumpun lämmönkeruu perustuu maaperän jäätymislämmön hyödyntämiseen. Maaperän ominaislämpökapasiteetti on väliltä 0,2-1,2 kWh/m<sup>3</sup> C riippuen eri maalajeista ja niiden kosteuspitoisuudesta. Kalliolämpöputkistolla varustetun maalämpöjärjestelmän lämmöntuotanto riippuu siitä, kuinka paljon vesi siirtää lämpöenergiaa peruskalliosta.

Lämpöpumpun pääosat ovat kompressori, paisuntaventtiili, höyrystin ja lauhdutin. Höyrystimen avulla siirretään lämpöä lämmönkeruupiiristä lämpöpumpun kylmäaineeseen. Lauhduttimesta lämpö siirtyy edelleen kylmäaineesta lämmönjakojärjestelmään. Tulis-  
tinmaalämpöpumpussa kompressorin ja lauhduttimen välissä erillinen lämmönsiirrin, jonka avulla kaikkein kuumimmasta kylmäainehöyrystä siirretään lämpö käyttövedeen. [9, s. 3.] Kuvassa 2 on kuvattu maalämpöpumpun toimintaperiaate.



Kuva 2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. [9, s. 3.]

Suorahöyrystyslämpöpumpussa höyrystinosa on suoraan maahan tai energiakaivoon asennettu kupariputkisilmukka, joka on osa kylmäainepiiriä. Tästä lämpö luovutetaan suoraan lauhdutinyksikön tai puhallinkonvektorin avulla sisäilmaan, vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään tai käyttöveden lämmittämiseen. [7, s. 4.]

Ilmalämpöpumpputoteutuksia ovat ilmasta-ilmaan-lämpöpumppu sekä ilmasta-veteen-lämpöpumppu. Ilma-vesi-lämpöpumpun avulla voidaan lämmittää rakennusta lämmönjakojärjestelmän avulla sekä käyttövettä. Ilmasta-ilmaan-lämpöpumpulla voidaan lämmittää vain rakennuksen sisäilmaa. Ulkoilmaa lämmönlähteenä hyödyntävä lämpöpumppu koostuu ulkoyksiköstä sekä sisäyksiköstä. [3, s. 167.] Kovimpia pakkasia varten ilmalämpöpumppu vaatii täystehoisen rinnakkaislämmönlähteen.

Poistoilmalämpöpumpun avulla voidaan lämmittää rakennusta sekä käyttövettä. Tämän lisäksi järjestelmä hoitaa lämmöntalteenottoa sekä poistoilmanvaihdon. Poistoilmajärjestelmässä on oltava erillinen sähkövastus, jonka avulla voidaan tuottaa loput tarvittavasta lämmöntarpeesta. [3, s. 166.]

### 3.4.2 Tilaajanäkökulma lämpöpumpun valitsemisessa

Vanhaa lämmitysjärjestelmää saneerattaessa tulee eteen tilanne, jossa mietitään onko nykyinen lämmitystapa enää järkevä. Tässä yhteydessä on hyvä miettiä, voitaisiinko

esimerkiksi öljykattila tai kaukolämpö korvata lämpöpumpulla. Seuraavassa on kuvattu ne asiat, jotka tilaajan olisi hyvä ottaa huomioon lämpöpumpusovellusta valitessaan ennen varsinaisen suunnittelun käynnistämistä.

*Lainsäädäntö ja viranomaismääräykset* asettavat vaatimuksia, jotka huomioitava hanketta suunniteltaessa:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999, 126 §) määrää mm., tarvitaanko rakennustoimenpiteelle rakennuslupaa.
- Kiinteistönmuodostuslaki (554/1995) kertoo, muodostuuko naapuritontille rasite lämpökaivosta.
- Ympäristönsuojelulaki (86/2000) velvoittaa olemaan pilaamatta pohjavettä.
- Vesilaki (264/1961) määrää pohjaveden muuttamiskiellosta.
- Kemikaalilaki (774/1989) määrittää lämmönsiirtoaineiden ympäristölle vaarallisuuteen liittyvät asiat.
- Terveystoimintalaki (763/1994) määrää käyttöveden lämpötilan.
- Kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä voi olla suositukset maalämpöjärjestelmän sijoittamisesta.

Valitun rakennuksen osalta kerätään seuraavaksi *lähtötiedot*, joita tullaan hyödyntämään myöhemmin toteutussuunnittelussa. Selvitetään seuraavat asiat:

- toteutunut energiankulutus ja sitä vastaavat lämmöntarveluvut
- nykyisen lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian lähde
- nykyisen keskuslämmitysjärjestelmän teho
- nykyisen lämmönjakojärjestelmän tyyppi
- nykyisen lämmitysjärjestelmän lämpötilaohjelman lämpötilat
- lämmönjakojärjestelmän lämpötilatyyppi (matalalämpö vai korkealämpö)

- teknisen tilan koko ja laajennusvara
- sähkökeskuksen sulakekoko ja kasvatusvara
- IV-koneiden käyttöajat
- käyttöveden tarve ja käytön ajoittuminen
- tarvitaanko lämmintä vettä esimerkiksi jääkenttien jäädyttämiseen talvella
- rakennuksen käyttötarve-ennuste ja investointihalukkuus sen perusteella
- onko mahdollista liittyä kaukolämpöön

Tärkeää on myös tiedostaa tuottaako paikallinen kaukolämpöyhtiö myös sähköä valtakunnan verkkoon (CHP), jos tuottaa niin primäärienergiakertoimeltaan arvokkaampaa sähköä kuluttava lämpöpumppusovellus ei välttämättä ole ympäristöystävällinen ratkaisu. Jos paikallinen kaukolämpöyhtiö tuottaa vain lämpöä, niin lämpöpumppusovelluksen vertailu kaukolämpöön voidaan perustaa suoraan elinkaarikustannuslaskentaan ja valinta tehdään kustannusten perusteella. Valinnassa on huomioitava myös lämmön- tuotannon ympäristöystävällisyys.

*Maalämpösovellusta* mietittäessä on huomioitava ja selvítettävä seuraavat asiat:

- Kerätäänkö lämpö pintamaasta, kalliosta vai vesistöistä.
- Minkälainen tontti on ja pääseekö sinne porauskalustolla.
- Onko tontilla porauskieltoja.
- Voidaanko vaakaputkisto tai porakaivot sijoittaa tontille.
- Lämpökaivojen etäisyys toisistaan on oltava suurempi kuin 15 m.
- Eri suositusetäisyydet maalämpökaivoon nähden on huomioitava.
- Selvitetään lämpökentän laajuus ja siitä aiheutuvat lämmönsiirtohäviöt.
- Selvitetään kallion vedentuotto-kyky ja pohjaveden korkeus.
- On huomioitava, että lämpökaivon tarkkaa syvyyttä ei pystytä määrittämään suunnitteluvaiheessa, koska kallion vedentuotto vaihtelee.
- Koeporauksien tuloksien perusteella saadaan arvio porareihin/porareikien syvyydestä ja määrästä sekä porauksien kustannusarvio.
- Selvitetään kaivojen syvyyden lisäämisen vaikutukset.
- Selvitetään järjestelmän vuosilämpökerroin.
- Selvitetään alkuinvestointikustannus.
- Tutustutaan energialaskelman tietoihin.

- Tutustutaan säästölaskelman tietoihin.
- Määritetään kokonaisenergian tarve.
- Määritetään käyttöveden lämmitysenergian tarve.
- Selvitetään maalämpöpumpun tyyppi ja sen vaikutus käyttöveden lämmitykseen.
- Kartoitetaan maalämpölaitteiden sijoitus rakennuksen sisälle tekniseen tilaan tai vaihtoehtoisesti maanalle tehtävään asennuskaivoon.
- Selvitetään LV- ja puskurivaraajan tarve(molemmat yleensä tarvitaan).
- Selvitetään maalämpöpumpun tuottaman lämmityksen menoveden lämpötila.
- Selvitetään lämpöpumpun mitoittaminen osateholle, jolloin sähkövastus on rinnalla huipputehontarvetta varten.
- Selvitetään lämpöpumpun mitoittaminen täystepholle, jolloin sähkövastus toimii varajärjestelmänä.
- Lattilämmitysjärjestelmä mahdollistaa pienen lämpötilaeron lauhduttimen ja höyrystimen väliillä ja tämä parantaa lämpöpumpun lämpökerointia.
- Maalämpölaitteet tarvitsevat myös huoltoa ja korjausta. Tämä on huomioitava järjestelmän elinkaarikustannuksissa.

*Suunnittelun ohjauksessa on otettava huomioon seuraavat asiat:*

- Kunnan rakennusjärjestys ohjeistaa pölyä, melua ja tärinää aiheuttavien töiden ympäristöhaitan ehkäisystä.
- Rakentamismääräyskokoelmassa on kerrottu käyttöveden lämmitystehon mitoitus, lämmitysjärjestelmän hyötysuhde sekä lämmitysjärjestelmän lämmitystehon riittävyys eri ulkoilman olosuhteissa.
- Lähtötiedot kirjattava tarkasti.
- Selvitetään nykyisen kattilan teho suhteessa laskennalliseen tehontarpeeseen.
- Tutustutaan laitetoimittajan tekemään mitoitukseen, joka voi olla myös pielessä.
- Tarkempi mitoitus pitäisi tehdä rakennuksen toteutuneen lämmitysenergian kulutuksen tai rakennuksen ominaiskulutukseen perustuen.

- Automatiikan toteutus tulisi hoitaa siten, että lämpöpumpun ohjaus hoidetaan lämpöpumpun omalla automatiikalla ja toisiopuolen lämmitysverkoston menoveden asetusarvo hoidetaan kiinteistöautomaatiolla. Kiinteistöautomaatiolla on erittäin haasteellista ohjata erikoislaitteen toimintaa.
- Selvitetään ilmanvaihdon lämmitystehontarve.
- Selvitetään lämmitysverkoston vesitilavuus.
- Selvitetään lämmitysverkoston mitoituslämpötilat, putkikoot, venttiilit ja automatiikat.
- Lämmitysjärjestelmän tehon mitoituksessa huomioitava tulevaisuuden lisätehontarve.
- Selvitetään järjestelmän virtaamat.
- Kartoitetaan nykyisten säätöventtiilien kunto.
- Selvitetään lämmitysverkoston todelliset lämpötilat mittaamalla.
- Selvitetään lämmitysjärjestelmän kiertopumppujen toiminta.
- Selvitetään rakennuksen käyttövesitarve sekä varaajan koko sekä valmistusmateriaali.
- Kartoitetaan läpivientien sijainti.
- Selvitetään haalausreitit tekniseen tilaan.
- Selvitetään putkikytkennät ja putkistojen reitit.
- Kartoitetaan julkisivuun vaikuttavat asennukset.
- Selvitetään rakennuksen kattorakenteet ja materiaalit.
- Selvitetään lämpöpumpun tuottama maksimi menoveden lämpötila.
- Kartoitetaan lämmitysverkoston puhdistuslaitteiden tarve vanhassa putkistossa.
- Päätetään verkoston tasapainotuksesta.
- Lämmönkeruupiiri pitäisi mitoittaa yläkanttiin. Hyödynnetään tässä TRE-mittausta ja pitkän aikavälin simulaatiolaskelmia.
- Hyödynnetään lämpöpumpun osatehomitoitusta sekä määritellään lisälämmitysteho.
- Verrataan lämpöpumpun käyntijaksoja invertteriteknologian ja ON/OFF-tekniikan välillä. Valitaan parempi vaihtoehto suunniteltuun ratkaisuun.
- Huomioidaan kompressorin kestävyys ON/OFF –ja invertteriteknologioiden välillä.
- Virtauksen muuttuessa putkistomitoitus tarkistettava ja putkisto tasapainotettava.

- Virtaus kasvaa lämpötilaohjelman pienentyessä ja aiheuttaa putkiston kitkapainehäviön nousun. Lasketaan tämän vaikutus.
- Tarkastetaan nykyisten radiaattoreiden tehon riittävyys. Selvitetään onko tarpeen suurentaa patterikokoja, jotta saadaan haluttu lämmitysteho tiloihin.
- LKV:n kierron tehohäviö on huomioitava laskelmissa.

### 3.4.3 Lämpöpumppusovelluksen valinta

Seuraavassa on pohdittu, mitä erityispiirteitä löytyy rakennuksesta jonka, perusteella sen energialähteeksi voitaisiin mieltää uusituvaa energiaa hyödyntävää lämpöpumppuratkaisua. Hyvinkään kaupunki on tällä hetkellä paikallisen kaukolämpöyhtiön suurin asiakas. Tämän johdosta lämpöpumppusovelluksen valitseminen rakennuksen lämmönlähteeksi on oltava teknis-taloudellisesti perusteltua.

Eri lämpöpumput soveltuvat erityyppisiin kohteisiin. Seuraavassa on mietitty eri lämpöpumpputyypin soveltuvuutta eri tapauksissa.

*Maalämpö* soveltuu suuriin rakennuksiin. Sekä rakennuksiin, joihin ei sijainnin tai muun seikan johdosta saa kaukolämpöä. Maalämpö soveltuu erityisen hyvin rakennuksiin, joissa käyttöveden kulutus on suuri, esimerkiksi päiväkodit ja liikuntahallit. Maalämpöjärjestelmä suosii myös rakennuksia, joiden tontille on mahdollista sijoittaa porakaivot ja suorittaa kairaukset siten, että mm. kunnallistekniikka ja muut maanalaiset järjestelmät eivät tätä estä.

*Ilmasta-ilmaan lämpöpumppu* soveltuu suurten yhtenäisten tilojen lämmitykseen esimerkiksi teollisuushallin lämmittämiseen. Ilmasta-ilmaan lämpöpumpun alkuinvestointikulu on pieni, joten tämä mahdollistaa lämpöpumpun hankkimisen pienemmälläkin rahoituksella.

*Ilma-vesi lämpöpumppua* voidaan hyvin soveltaa rakennuksissa, joissa on öljylämmitysjärjestelmä, sillä öljykattila voidaan jättää varalämmönlähteeksi. Rakennustyyppejä voisivat olla esimerkiksi pienet syrjässä sijaitsevat koulut. Ilmasta-veteen lämpöpumppua voidaan soveltaa myös kaukolämpökohteissa.



#### 4 Rakennusten sisäilmaolosuhteet

LVI-laitteiden avulla luodaan rakennuksen sisäilmasto. Sisäilmaston laatua kuvaavia mitattavia tekijöitä ovat lämpöolot, ilmavirtaukset, kosteus sekä sisäilmassa olevat epäpuhtaudet. Sisäilmastoluokitus SL95:n mukaan sisäilma voidaan jakaa laatuluokittain S1, S2 ja S3. Luokka S3 vastaa viranomaisvaatimusten mukaista vähimmäistasoa. [10.]

Ilmastoinnin tavoitteena on luoda rakennukseen hyväksyttävä sisäilmasto kaikissa kuormitusolosuhteissa. Tämä pitäisi tehdä alhaisilla kokonaiskustannuksilla. Tässä on huomioitava erityisesti sisäilmasto, hankintakustannukset ja käyttökustannukset. Poikkeamat ihanteellisesta sisäilmastosta aiheuttavat tyytymättömyyttä ja sairauksia, mikä lisää kustannuksia. Ilmanvaihdon käyttökustannuksista suurimman osan muodostavat lämmityskustannukset, mutta myös sähkökustannuksilla on merkittävä osuus. [10.]

Rakennusten sisäilma pysyy käyttäjille terveellisenä, kun käytössä on älykkäästi toimiva ilmastointi. Hyvinkään kaupungilla ilmastoinnin ohjaus on pääasiassa toteutettu kiinteistöautomaatiojärjestelmän avulla, ja tämän vuoksi ilmanvaihdon ohjaukseen on suhteellisen helppo vaikuttaa.

Hyvinkään kaupungin rakennuksissa on saavutettu hyviä tuloksia poistamalla vanhoista ilmanvaihtokoneista villaäänieristeet, tiivistämällä koneiden suodatinkehyskiä sekä nostamalla ilmansuodattimien tasoa luokasta F5 luokkaan F7. Villaäänieristeiden poistolla on estetty villakuitujen kulkeutuminen ilmanvaihtokanavien kautta tiloihin. Suodatinkehyskiä tiivistämisellä on estetty suodatinkehysten läpi tapahtuva ohivirtaus. Suodatinluokan nostolla on estetty tehokkaammin ulkoilman epäpuhtauksien kulkeutuminen tiloihin.

Kaupungilla on käytössä keskitetty energianseurantajärjestelmä, jolla voidaan tehdä energiankulutusvertailuja samantyyppisten rakennusten välillä. Markkinoilla on jo ratkaisuja, joilla voidaan seurata sisäilmaolosuhteita pitkällä aikavälillä vastaavalla tavalla esimerkiksi tilojen hiilidioksiditason perusteella. Tämän kaltaiset järjestelmät ovat tervetulleita, sillä niiden avulla voidaan sekä optimoida rakennusten energiankulutusta, että myös jatkuvasti seurata sisäilmaolosuhteiden tasoa. Tällä hetkellä talotekniikan toiminta pyritään optimoimaan, mutta valitettavan usein tilojen käyttäjät ovat ne viimeiset anturit mitattaessa tilojen sisäilman laatua.

## 5 LVIA-tekniisten järjestelmien kuntoarviointi

Konstruktiiivinen tutkimustyyppi voidaan jakaa kahteen osaan: keinoja painottavaan konstruointiin ja tavoitteita painottavaan konstruointiin. Konstruktiiivisen tutkimuksen tuloksina pidetään sekä toteutettuja systeemejä että niiden suunnitelmia. [4.]

Energiansäästöjä haettaessa on selvitettävä aluksi talotekniikan nykytilanne ja kunto. Tämän jälkeen voidaan lähteä systemaattisesti suunnittelemaan talotekniikan uusimis- ja korjausinvestointeja.

LVI-laitteiden kuntoarvio on osa järjestelmien korjauksen suunnittelua. Tavoitetasoon vaikuttavat haluttu sisäilmasto ja energiataloudelliset tavoitteet. [10.] Työ suoritetaan lähinnä aistinvaraisin menetelmin. Kuntoarvion pohjalta selvitetään korjaustarpeet tai tehdään pitkän aikavälin korjausohjelma eli PTS-ohjelma.

### 5.1 Käytössä olleet lähtötiedot

Lähtötietoina käytettiin Alfa-huoltokirjajärjestelmän Talo90-nimikkeistön mukaisia rekisteri- ja konekorttitietoja, jotka sisälsivät tekniset yksityiskohdat valittujen rakennusten lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteista. Lähtötietoina hyödynnettiin myös Pyramid-valvomo-ohjelmiston grafiikkakuvia eri LVI-prosesseista. Osassa kohteita perehdyttiin myös lämmönjakohuoneissa olleisiin LVI-piirustuksiin sekä rakennusautomaatiojärjestelmän luovutuskansioihin. Kuvassa 3 on ilmanvaihtokoneen konekortti, joka on tulostettu Alfa-järjestelmästä.

---

**Kortti: TF01, Tuloilmapuhallin**


---

Valmistaja	Tyyppi	Määrä [kpl]
BAHCO	ABK-60-2300	1
Lisätiedot:		
<div style="border: 1px solid black; height: 15px; width: 100%;"></div>		
Sijainti :	IV-KOJEHUONE 1	
Urapyörät, puhallin :	SPZ 95-2	
Kiilahiinat :	SPZ 1010	
Ilmavirtaus [m <sup>3</sup> /s]:	1.17/0.58	
Moottorin tyyppi:	HXUR 208 C 2/4	
Moottorin valmistaja :	STRÖMBERG	
Urapyörät, moottori :	SPZ 100-2	
Keskus:	RK302	
Moottorin teho [kW] :	1.5/0.25	
Kiilahiina määrä (kpl)	2	
Puhaltimen kierrosluku [1/min]:	1590/795	
Puhaltimen laakerit :		
Puhaltimen tehontarve [kW]:		
Puhaltimen kokonaispaine [Pa]:	720/180	
Moottorin valm./sarjanumero:		
Moottorin kierrosluku [1/min]:	1420/715	
Moottorin laakerit :	6306-Z/C3 6206-Z	
Lähtö/Sulake:		
Virta[A] /Jännite[V]	3.6/1.3/380	

Kuva 3. Alfa-järjestelmän konekortti.

## 5.2 Kuntoarvioinnin kuvaus

LVIA-tekniikan kuntoarviointiin liittyvillä kartoituskierroksilla tutustuttiin valittujen rakennusten ilmanvaihtokonehuoneisiin sekä lämmönjakohuoneisiin. Kartoituskierroksille osallistuivat kaupungin LVI-asiantuntija, opinnäytetyön tekijä, eri kohteiden kiinteistöhoitajia sekä kouluisäntiä. LVI-asiantuntijalla on 30 vuoden kokemus LVI-tekniikasta. Opinnäytetyön tekijällä on 10 vuoden kokemus taloteknisistä järjestelmistä. Kiinteistöhoitajilta ja kouluisänniltä saatiin lisäksi arvokasta tietoa LVIA-tekniikan toimintaan sekä tilojen sisäilmaolosuhteisiin liittyen.

Havainnot olivat lähinnä aistinvaraisia ja kokemusperäisiä eikä taloteknisiä komponentteja ja laitteita purettu lukuun ottamatta IV-äänenvaimentimien pistokoemaista tarkistamista ja puhallinmoottorien ja suodatinkoteloiden tarkistamista. Tulokset perustuvat kierrokselle osallistuneiden henkilöiden näkemyksiin ja kokemukseen kartoitetusta tekniikasta.

IV-konehuoneiden tekniikkaa arvioitaessa tarkistettiin silmämääräisesti koneiden kunto sekä äänenvaimentimien eristysmateriaali. VTT:n laatimaa ohjetta Ilmanvaihtokoneen kuntotutkimuksesta hyödynnettiin soveltuvin osin. Ilmanvaihtokoneiden osalta kiinnitettiin erityistä huomiota suodatinkehysiin, suodatinluokkaan sekä koneen äänenvaimennuksen toteutukseen. Myös lämmöntalteenottotapa selvitettiin sekä mietittiin lämmöntalteenoton lisäystä niihin koneisiin, joissa sitä ei ollut. Lisäksi mietittiin taa-juusmuuttajien ja suoravetopakettien lisäämistä ilmanvaihtokoneisiin, joista puuttui lämmöntalteenottolaitteistot. Nämä koneet olivat ilmamäärältään suurempia kuin 2 m<sup>3</sup>/s.

Lämmönjakolaitteiden osalta kirjattiin ylös lämmönjakopakettien ikä sekä havainnoitiin mahdolliset vuodot laitteissa. Kiinteistöautomaation kautta käytiin pistokoemaisesti läpi lämmitysjärjestelmien säädön toimivuus. Rakennusautomaation alakeskusten osalta kirjattiin ylös niiden ikä sekä selvitetiin kyseisen kohteen automatiikan etävalvonnan toimivuus.

Kuntoarviokierrosten perusteella kirjattiin ylös perustiedot ilmanvaihtokoneista, lämmönjakolaitteista sekä rakennusautomaation alakeskuksista. Laitekohtaiset parannusehdotukset kirjattiin konekohtaisesti ylös. Tiedot siirrettiin edelleen Excelillä laadittuun massatietotaulukkoon.

Kuntoarviokierrosten perusteella saatiin kokonaiskäsitys rakennuksissa olevasta LVIA-tekniikasta. Samalla pystyttiin suunnittelemaan laite- ja konekohtaisesti mahdollisia energiansäästöön tähtäviä parannuksia sekä vanhan tekniikan uusimiseen tähtäviä toimenpiteitä. Kuntoarvioiden perusteella ei vielä päätetty tehtävistä toimenpiteistä, vaan tietoja hyödynnettiin edelleen tässä opinnäytetyössä laadittavassa PTS-suunnitelmapohjassa.

## 6 LVIA-tekniikan peruskorjausprosessimallin laatiminen

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimusperinteessä voidaan käyttää haastattelua tiedonkeruumuotona. Tällöin on kyse kuitenkin enemmän tai vähemmän avointen kysymysten tai keskusteluteemojen esittämisestä valituille yksilöille tai ryhmille. Laadullisessa tutkimuksessa haastatellaan valittuja yksilöitä. Haastattelun perusmuoto on avoin kysymys tai teema. Haastattelu ei sisällä kriittisiä pisteitä eli haastattelukysymyksiin on mahdollista palata itse haastattelun jälkeen. Tulkinta jakautuu koko tutkimusprosessin ajalle eikä aineiston totuudellisuudella ole merkitystä. [4.]

Laadullisessa tutkimuksessa objektiivisuus lähtee siitä, että tutkija ei sekoita omia uskomuksiaan, asenteitaan ja arvostuksiaan tutkimuskohteeseen. Sen sijaan tutkija nimenomaan yrittää ymmärtää haastateltavan henkilön näkökulmia ja ilmaisuja. Tutkija pyrkii vuorovaikutukseen kohteensa kanssa. Tulkintavaiheessa saatua aineistoa pyritään järjestämään ja ymmärtämään. Teoria on silloin aineiston lukemisen, tulkinnan ja ajattelun lähtökohtana.[4.]

Itse asiassa haastattelututkimuksessa ei tutkita todellisuutta, vaan ainoastaan vastaajien kokemusta todellisuudesta. Tällöin on huomioitava se, että ihminen on erehtyväinen. Tieto on aina enemmän tai vähemmän epätäydellistä ja epävarmaa. Koska haastattelututkimusta kuitenkin tehdään, niin tällöin tutkija uskoo, että edistyminen kohti totuutta on mahdollista. Tiedon epätäydelliseen luonteeseen kuitenkin kuuluu, että se muuttuu ajan mukana.[4.]

LVI-tekniisten peruskorjausten nykykäytännön selvittämistä varten laadittiin kysymyspatteri, jonka avulla pyrittiin ymmärtämään paremmin nykytilannetta. Liitteessä 1 on kuvattu kysymykset ja niihin saadut vastaukset. Tutkimuksen ongelma oli lähtötilanteen ja tason selvittäminen.

### 6.1 Nykykäytännön kuvaus

Nykytilanteessa LVI-tekniikan ylläpito- ja uusintainvestoinnit ovat suurelta osin kaupungin LVI-asiantuntijan vastuulla. LVI-asiantuntija toimii kiinteistönomistajan edustajana kaupungin tilahankkeissa sekä olemassa olevan rakennuskannan ylläpitotehtävissä.

Lisäksi hänen tehtäviinsä kuuluu LVI-tekniikan ylläpidon koordinointi yhdessä kiinteistöpäällikön kanssa.

LVI-tekniikan ennakkohuollot, mm. IV-koneiden huollot, hoidetaan osin kaupungin omana työnä sekä isompien kohteiden kuten koulujen osalta ulkopuolisen talotekniikka-urakoitsijan toimesta. Lämmönjakolaitteiden huollosta on voimassaolevat huoltosopimukset paikallisen kaukolämpöyhtiön kanssa. Kiinteistöautomaatiolaitteiden huoltoa tehdään kaupungin omana työnä sekä järjestelmän toimittajan toimesta vuosihuoltoperusteisesti.

LVI-asiantuntija arvioi ja priorisoi käyttäjiltä tulevat tarpeet ja ohjelmoi ne edelleen vuosikunnossapito- ja investointiohjelmaan. Lisäksi talotekniikkahuoltofirmoilta tulee parannusehdotuksia, jotka yleensä toteutetaan suhteellisen nopealla aikataululla.

Erillistä LVI-tekniikan PTS-suunnitelmaa ei ole tällä hetkellä olemassa. LVI-asiantuntijalla on kentältä parhain tietämys lähinnä sisäilmaongelmakohteiden osalta. Lisäksi laiterikkoutumisten johdosta LVI-tekniikan uusimishankkeita käynnistetään.

LVI-tekniikan investointeja suunniteltaessa LVI-asiantuntija on ottanut vahvasti energiatehokkuuteen tähtäävät parannukset huomioon. Tästä on näyttönä mm. kaupungin rakennuskannan pienentynyt lämmitysenergian kulutus. LVI-tekniikan sähkönkulutukseen ei ole aikaisemmin kiinnitetty erityistä huomiota ja LVI-tekniikan uusimishankkeissa on noudatettu lähinnä voimassaolevia määräyksiä.

LVI-asiantuntija selvittää tarveselvitysvaiheessa eri toteutusvaihtoehtoja. Tähän on käytetty apuna laitetoimittajia ja myös vähemmässä määrin suunnittelijoita. Monesti on tarve parantaa muun muassa sisäilmaolosuhteita ja energiatehokkuutta.

Tarveselvitysvaiheessa ei laadita elinkaarikustannuslaskelmia ja arviot mm. energiansäästöstä perustuvat lähinnä kokemuseräiseen tietoon ("näppituntumaan") tai laite-toimittajien laatimiin säästölaskelmiin. LVI-tekniikan uusimisinvestoinnille asetetaan alustava kustannusarvio suunniteltaessa kaupungin pieniä peruskorjaustöitä. Kustannusarvion laatii LVI-asiantuntija ja kustannusarvion lähtökohtana on aikaisemmin toteutetut hankkeet tai urakoitsijoilta saadut budjettitarjoukset. Kustannusarviot ovat pitäneet hyvin LVI-tekniikan osalta. Usein näissä hankkeissa joudutaan tekemään rakennus- ja

sähkötekniikkaan muutoksia ja parannuksia. Näiden osalta kustannusarviot ovat ylittyneet muutaman kerran.

Kaupungin investointiohjelma vahvistetaan vuoden alussa ja tämän jälkeen teetetään suunnitelmat toteutukseen valittujen ja nimettyjen LVI-tekniikan uusimis- ja peruskorjausinvestointien osalta. Kaupungilla on käytössä puitesopimussuunnittelijat, joilla suunnittelutyö teetetään. Pienemmät suunnittelutyöt teetetään tuntitöinä ja isommista suunnittelutöistä pyydetään tarjoukset ja laaditaan suunnittelusopimukset.

Suunnittelijoiden kanssa yhteistyössä tarkistetaan vanhat LVI-piirustukset sekä käydään paikan päällä kartoittamassa olemassa oleva tekniikka. Tämän jälkeen suunnittelija laatii toteutussuunnitelman, jonka tarkistaminen on suurelta osin suunnittelijan vastuulla. LVI-asiantuntija katsoo lähinnä läpi, ettei suunnitelmissa ei ole havaittavissa tään isompaa virheellisyyttä. Vaihtoehtoisia suunnitelmia LVI-tekniikan osalta ei laadita, vaan ratkaisu perustuu pitkälti tarve- ja hankeselvitysvaiheen tilaajan näkemykseen toteutustavasta.

Rakentamispäätös perustuu kaupungin investointiohjelmaan ja siihen esitettyihin hankkeisiin. Hankkeissa ei ole ollut käytössä erillistä valvontasuunnitelmaa. Laitetyypit hyväksytetään työmaakokouksessa tilaajalla. LVI-asiantuntija suorittaa asennusvalvontaa työmaalla. Suunnittelijoiden valvonta keskittyy lähinnä työmaakokouksiin. Urakoitsijoiden itselleluovutuksen jälkeen järjestetään koekäytöt järjestelmittäin sekä tämän jälkeen on pidetty järjestelmien yhteiskoekäyttö.

Toteutuksen suunnitelman mukaisuus todennetaan LVI-suunnittelijan toimesta. Vastaanottotarkastuksessa tarkistetaan toimintakokeiden tulokset ja sekä käydään läpi puutelistat. Urakoitsijat toimittavat luovutusmateriaalit tilaajalle. Käyttäjille ja kiinteistönhoidolle annetaan käytönopastus yleensä vastaanottotarkastuksen jälkeen. Urakoitsija suorittaa takuuajana takuuajan huollot ja mahdollisten vikojen korjaukset.

Tulevaisuuden ”nollaenergiataloissa” LVIA-tekniiset järjestelmät tulevat entistä monimutkaisemmiksi. Tämä asettaa haasteen järjestelmien vastaanottovaiheelle. Vastaanottotarkastukseen liittyvät mittaukset on ajoitettava kesä- ja talviaikaan. Mittauksien luotettava toteutus vaatii riittävästi aikaa. Uudet vaatimukset koskevat myös peruskorjattavia rakennuksia.

## 6.2 Excel-malli

Kuntoarviokierrosten jälkeen laadittiin Excel-taulukko, johon koostettiin pohjatieto kuntoarviokierroksien perusteella. Massatiedosta käy ilmi eri rakennusten sisältämä IV-, lämmitys- ja rakennusautomaatiojärjestelmien alakeskusten tekniikan ikä sekä ehdotus toimenpiteeksi ks. järjestelmän osalta.

Taulukossa käytettiin teoreettisena mallina RT-kortin 1810922 mukaisia teknisiniä elinikäennusteita. Taulukkoon on helppo tehdä päivitykset tekniikan uusimisen yhteydessä vuosittain ja näin varmistaa kentällä olevan lämmitys, ilmanvaihto- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmien tekniikan toiminta.

Taulukkoon rakennettiin lisäominaisuus, jonka avulla voidaan eri järjestelmien teknistä elinikää simuloida esimerkiksi lämmitysjärjestelmien osalta nostamalla tekninen elinikäennuste 25 vuodesta 30 vuoteen ja katsomalla, mitä se vaikuttaa rakennusten peruskorjaustarpeeseen valittujen rakennusten osalta.

## 6.3 PTS-ohjelma

Kuntoarvioinnin yhteydessä kerätyn massatiedon avulla laadittiin Excelillä 10 vuoden PTS-suunnitelmapohja. Valittiin vuodelle 2015 investointikohteet ja laskettiin niille kustannusarvio.

Excel-pohjaisessa työkalussa on käytetty RT-kortin 1810922 mukaisia arvoja eri LVI-tekniisten järjestelmien tekniselle käyttöiälle. IV-koneiden osalta sovellettiin tiedossa olleita käyttöaikoja. Taulukossa on useampi välilehti. Päivitykset tehdään vuosittain dokumentin välilehdille Lämmitysjärjestelmät\_PTS, IV-koneet\_PTS ja VAK\_PTS. Muut dokumentin välilehdet liittyvät tehtyyn alkukartoitukseen sekä valittujen järjestelmien tekniseen elinikään. Näihin tietoihin ei ole tarpeen tehdä jatkokäytössä muutoksia.

PTS-ohjelman kustannukset päivitetään vuosittain kaupungin A- ja B-kiinteistösalkun prioriteetin sekä tehtyjen LVIA-tekniisten investointien mukaan. Esimerkiksi, jos vuodelle 2016 suunniteltu investointi ei toteudukaan, se on siirrettävä tai poistettava listasta sen mukaan, toteutuuko se vai eikö. PTS-ohjelma tulee päivittää joka vuosi, muuten



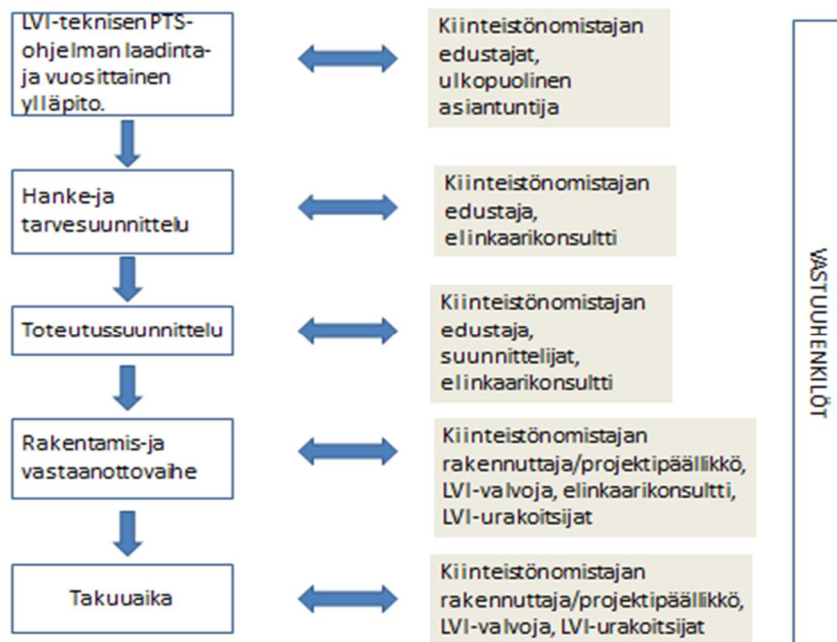
riskinä on sen muuttuminen epätarkaksi ja näin tarpeettomaksi. PTS-ohjelma tulee tehdä siten, että se ei ole liian etupainotteinen.

#### 6.4 LVIA-tekniikan peruskorjausprosessin mallintaminen

Tehdyn haastattelututkimuksen, kirjallisuusselvityksen ja kuntoarviokierrosten perusteella laaditun PTS-ohjelman mukaisesti luotiin malli, jonka mukaisesti LVIA-peruskorjaukset tulisi jatkossa hoitaa. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin sen sisältö. Mallin tavoitteena oli selkiyttää ja tehostaa nykykäytäntöä ja erityisesti ottaa huomioon LVIA-tekniisiä korjauksia suunnitellessa niiden koko elinkaari.

Prosessi on neliosainen ja se pitää sisällään PTS-ohjelman laadinnan ja ylläpidon, vuosikorjausohjelmaan liittyvän hanke- ja tarvesuunnittelun, toteutussuunnittelun sekä rakentamis- ja vastaanottovaiheen. PTS-ohjelmapohja on jo laadittu, joten jatkossa tehtäväksi jää sen päivittäminen ja korjaustarpeiden arviointi.

Kuvassa 4 on esitetty mallinnettu prosessi LVI-peruskorjauksia varten. Tämän prosessin mukaisesti kiinteistönomistajan tulisi ohjata toimintaansa. Hanke- ja tarvesuunnittelun, toteutussuunnittelun ja rakentamis- ja vastaanottovaiheen tehtävien osalta on sovellettu osittain puolustushallinnon rakennuslaitokselle tehtyä opinnäytetyön LVI-tehtäväluettelon tehtäväkuvauksia. [19.] Tämän lisäksi on pohdittu eri vaiheita Hyvin-kään kaupungilla jo käytössä olevien projektinjohtomenetelmien ja käytänteiden mukaan.



Kuva 4. LVIA-tekniikan peruskorjausprosessimalli

#### 6.4.1 Hanke- ja tarvesuunnittelu

Laaditun PTS-ohjelman mukaisesti valittujen kohteiden osalta on selvitettävä:

- kaupungin sisäilmatyöryhmän ongelmakohteiden nykytilanne ja priorisointi tämän mukaan
- rakennuksen kiinteistösalkun luokka, muuttuneet tiedot esimerkiksi toimialojen palveluverkon osalta tai valtionhallinnosta johtuvat muutokset
- valitun rakennuksen käyttötarve tulevaisuudessa ja korjausten sovittaminen tämän mukaan
- onko rakennus tarkoitus peruskorjata tai perusparantaa laajemmin lähitulevaisuudessa
- pidetäänkö nykyinen LVI-tekniikka toiminnassa vain pikkukorjauksilla, ajetaanko loppuun vai parannetaanko sen tuottamaa laatutasoa
- taloteknisten järjestelmien muuntojoustavuus
- tavoiteltu sisäilmaluokka
- elinkaarikustannukset laskelmalla
- TATE95-tavoitteet
- kustannusarvion lähtötiedot
- nykyisten järjestelmien ikä ja tehdyt korjaukset

- teknisen käyttöiän vertaaminen taloudelliseen käyttöikään
- säästömahdollisuudet

#### 6.4.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa huomioidaan seuraavat asiat:

- lähtötietojen kartoitus(LVI-piirustukset)
- kohdekäynti LVI-suunnittelijan kanssa, suunnittelutarpeen määrittäminen
- järjestelmien oikea mitoitus
- TATE95-tavoitteet ja tehtävät
- Suomen RakMK D2-määräysten mukaisuus.
- Suomen RakMK D3 energiatehokkuusmääräyksien huomiointi, niin uudisrakentamisessa kuin korjausrakentamisessa.
- laitteiden huollettavuus
- järjestelmien nykykäyttö ja toimivuus
- jäähdytys- ja lämmitysverkostojen kapasiteetti
- talotekniikan sijoittaminen, tarvittavat tilavaraukset (rakennesuunnittelu)
- taloteknisten laatu- ja toteutustasojen vertailu
- IV-koneiden palvelualueiden määrittäminen
- ilmavirran nostotarpeet
- ilmanjaon päivitystarve
- mahdollinen jäähdytystarve ja sen vaikutus kanavistoon
- suunnittelun valvonta, halutut tavoitteet täytyy saavuttaa
- LVIA-tekniisten muutosten laajuus- ja määrittely
- LVIA-töiden tekninen selostus talo 90-nimikkeistön mukaisesti
- LVIA-kustannusarvion laatiminen
- energiatehokkuuden arviointi ja suunnittelu
- Tate-suunnitelmien tarkistus ennen urakkalaskentaa
- suunnittelijoiden omatarkastus
- viranomaishyväksyttämiset.

Listattujen asioiden tavoitteena on laadukas sisäilmasto, hyvä energiatehokkuus, laitteistojen hyvä huollettavuus ja käytettävyys sekä järjestelmien ja laitteiden kestävyys ja tarkoituksenmukaisuus.

### 6.4.3 Rakentamis- ja vastaanottovaihe

Rakentamisvaihe pitää sisällään:

- rakentamisen valmistelun
- urakkatarjoukset
- projektinjohtamisen
- aikataulun
- urakkasopimukset maksuerätaulukoineen
- laitteiden hyväksyttämisen
- urakoitsijoiden työsuorituksen, jota verrataan sopimusasiakirjoihin
- urakoitsijan laadunvalvonta
- LVIA- valvontasuunnitelma (LVI-valvonnan tehtäväluettelo VI 03-10323)
- rakentamisen aikaisen LVIA-valvonnan
- viranomaistarkastukset
- ilmanvaihtokanavien puhtauden tarkistaminen ennen käyttöönottoa
- valmistuvien Tate-järjestelmien laadun todentamisen(mittaukset, toimintakokeet ja koekäytöt)
- vastaanottotarkastuksen ja tarkistusasiakirjat (tarkistusasiakirjaan merkitään viranomaisten ja vastuuhenkilöiden kuittaukset)
- talotekniikkatöiden vastaanottomenettelyn.

### 6.4.4 Takuu aika

Takuu aika sisältää:

- takuuajan huollot
- takuuajalle sovitut tarkistukset ja mittaukset
- takuuajan korjaukset
- puutelistojen toimituksen takuutarkastukseen.

### 6.5 Tekniikan osalta huomioitavat asiat

Kokemusperäiseen tietoon perustuen koostettiin ilmanvaihto-, lämmitys- ja automaatiojärjestelmien osalta huomioitavia asioita, joilla on suora vaikutus energiatehokkuuteen, sisäilmaolosuhteisiin ja tekniikan toimintavarmuuteen.

### *Ilmanvaihtokoneet*

Nykyisten IV-koneiden kunnostus toteutetaan käyttämällä uusia komponentteja. Hyödynnetään LTO-ratkaisuja sekä kunnostetaan olemassa olevia LTO-laitteistoja, jotta niiden hyötysuhde olisi mahdollisimman korkea. LTO-ratkaisujen osalta on selvitettävä niiden energiatehokkuus ja investoinnin takaisinmaksuaika. Päätelaitteiden modernisointi on selvitettävä ilmanjaon parantamiseksi tiloihin.

Uusimistarpeen määrittäminen pelkästään ikään perustuen ei ole oikea menetelmä. On huomioitava mahdollisesti koneisiin tehdyt tekniikan uusimiset. Laajemmassa perusrannuksessa vanhojen IV-koneosien käyttö voi olla kalliimpaa kuin koneen uusiminen.

Suunnittelussa on huomioitava ilmanvaihtojärjestelmien toiminnallisuuteen liittyvät korjaukset, esimerkiksi ilmanjaon korjaukset. Ilmanvaihdon säätötapana on suositeltava käyttää tarpeenmukaiseen säätöön perustuvia menetelmiä, kuten hiilidioksidianturit ja tai läsnäoloanturit.

Olemassa olevan IV-koneen puhaltimien uusimisen yhteydessä on tiedettävä nykyinen puhallintyyppi sekä puhaltimen paineenkorotus ja ilmamäärä. Tämä mitataan ennen ja jälkeen puhaltimen ja lisäksi mitataan vanhan kammion mitat. Näiden tietojen mukaan voidaan mitoittaa uusi puhallin valitulla mitoitusohjelmalla.

Jos puhaltimissa on eteenpäin kaartuvat siivet, niin ilmavirtaus on todennäköisesti kuristettu jo runkolinjasta. Tilanteessa, jossa tällainen puhallin korvataan taaksepäin kaartuvilla siivillä varustetulla puhaltimella, turhat kuristukset on otettava pois kanavista painehäviöiden välttämiseksi.

Suunnittelussa suositetaan matalan SFP-luvun ilmanvaihtokoneita. SFP:n tulisi olla pienempi kuin  $2,5 \text{ kWh/m}^3/\text{s}$ . Lämmöntalteenottojärjestelmiä lisätään ilmanvaihtoon aina kun mahdollista. Kiertoilman käytöstä luovutaan parempien sisäilmasto-olosuhteiden vuoksi ja haetaan vaihtoehtoisia tapoja energian säästämiseksi (esim. nestekiertoinen LTO).

Pyritään rakentamaan matalapainejärjestelmiä eli mitoittamaan kanavisto väljäksi. Huomioidaan myöhempi täydennysvara. Ilmanvaihtokoneissa suositaan suoraveto-moottoreita ja taajuusmuuttaja sekä EC-käyttöjä.

#### *Lämmityslaitteistot*

Lämpöjohtoverkoston sulku- ja linjasäätöventtiilit uusitaan koko kiinteistössä ja uudet ja ilmastointikoneet liitetään vanhoihin lämpöjohtoihin. Patteriventtiilit vaihdetaan termostaattisiksi ja verkosto perussäädetään koko kiinteistön osalta. Lämmityksen tilausvesivirran pienentäminen selvitetään. Lisäksi hyödynnetään taajuusmuuttajapumppuja.

#### *Kiinteistöautomaatiolaitteet*

Kiinteistöautomaatiojärjestelmä pidetään ajan tasalla ja tarkkaillaan sen toimivuutta. Rakennusautomaatiourakan yhteydessä lisätään uudet energiankulutusmittarit ja keskitetään niiden tiedonsiirto gsm-pohjaiseksi. Energiankulutusmittareita ei liitetä kiinteistöautomaatiojärjestelmään

## 6.6 Case Kytäjän koulu

### Hanke- ja tarvesuunnitelma

Tässä opinnäytetyössä laaditun PTS-ohjelman mukaan Kytäjän koulun lämmitysjärjestelmä on valittu yhdeksi vuoden 2015 investointikohteeksi. Rakennuksen huoneala 664 m<sup>2</sup> ja tilavuus 3440 m<sup>3</sup>. Koululla ei ole tällä hetkellä kesäaikaista käyttöä.

Kytäjän koulu on luokiteltu kaupungin kiinteistösalkun luokkaan B eli sitä voidaan kehittää. Rakennukselle arvioidaan olevan koulukäyttöä ainakin 5-10 vuodeksi. Rakennus on vuodelta 1963 ja korjausvelan pienentämiseksi siihen on tehtävä peruskorjausluonteisia töitä. Laajamittaisempaa peruskorjausta rakennukseen ei todennäköisesti tulla tekemään lähivuosina. Rakennuksen julkisivuverhous on tarkoitus uusia ja samalla lisätä julkisivun ilmanpitävyyttä tuulensuojalevytyksen avulla.

Kytäjän koulun keskuslämmityslaitteisto on rakennettu 1963 ja alun perin lämmitysenergia on tuotettu puukattilalla. Vuonna 1967 on lisätty öljykattila ja poistettu puukattila käytöstä. Öljypoltin on uusittu vuonna 1982 sekä lisätty lasikuituiset öljysäiliöt yhteistilavuudeltaan 1500 litraa pannuhuoneen viereiseen tilaan. Lämmityslaitteiston nykymitoituksesta ei ole käytössä vanhoja suunnitelmia. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskus on vuodelta 2000 ja näin ollen teknisen elinkaarensa päässä. Kuvassa 5 on kuva rakennuksesta.



Kuva 5. Kytäjän koulu. Käynti pannuhuoneeseen.

Nykyisen öljypolttimen teho on 100 kW. Rakennuksen öljynkulutus on viimeisen kolmen vuoden tarkasteluajanjaksolla ollut keskimäärin noin 12 000 l/vuosi. Käyttövettä on kulutettu 100 m<sup>3</sup>/v, josta lämpimän käyttöveden osuuden on arvioitu olevan noin 30 m<sup>3</sup>/v. 30 m<sup>3</sup>:n vesimäärän lämmittäminen vaatii energiaa 30 x 58 kWh eli 1740 kWh ja näin ollen öljyä 80 % hyötysuhteella kuluu 185 litraa. Lämmityksen ja käyttöveden yhteenlaskettu lämmitysenergian tarve 120 000 kWh, josta 80 % hyötysuhteella lämmöksi saadaan 96 000 kWh.

Lämpimän kiertovesijohdon lämpöhäviöksi voidaan laskea 8760 h x 1 kW eli 8760 kWh. Lämpimän veden lämmittäminen ja kiertovesijohdon lämpöhäviö on yhteensä 10 500 kWh Tilojen lämmitykseen kuluu näin ollen 85 500 kWh, joka yksikkökulutuksena vastaa 25 kWh:a/m<sup>3</sup>.

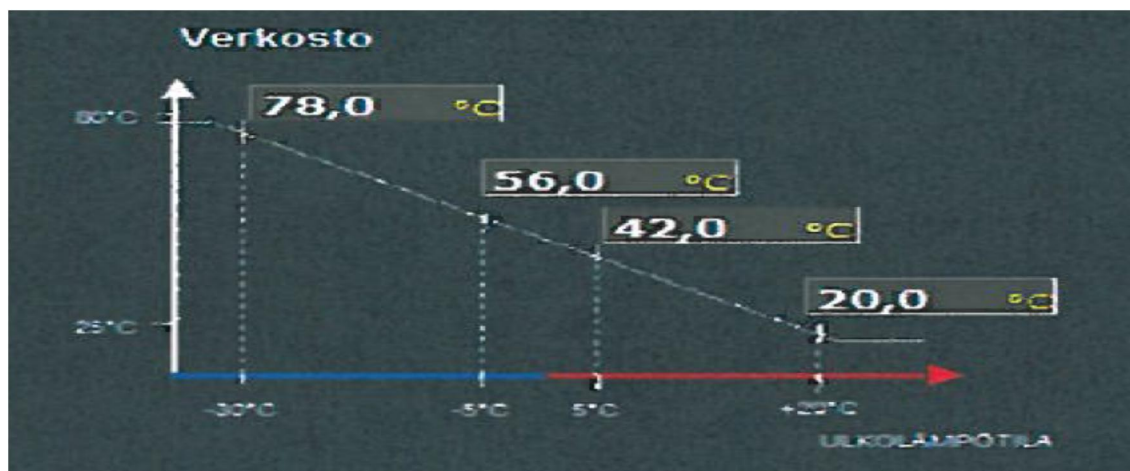


Kuva 6. Vanha öljykattila.

Lämmönjako tiloihin on toteutettu radiaattoripattereilla. Lämpimälle vedelle on varaaja ja kiertojohdoverkko. Kuvassa 6 on käy ilmi nykyisen lämmönjakuhuoneen laitteet. Radiaattoripattereiden termostaattiventtiilit on uusittu, uusimisajankohdasta ei ole tarkkaa tietoa. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, jota avustettu poistopuhaltimilla. Korvausilma otetaan lämmittämättömänä ulkoseinissä olevista venttiileistä. Raken-



nuksen ilmanpitävyys on tällä hetkellä huono. Rakennuksen pääsulakekoko on nyt 3 x 25 A. Lämmityksen säätökäyrä on kuvattu kuvassa 7.



Kuva 7. Nykyisen öljylämmitysjärjestelmän säätökäyrä.

#### Toteutusvaihtoehdot

Maalämpöpumpusta ja ilmasta-veteen-lämpöpumpusta pyydettiin budjettihinnat laite-toimittajilta. Maalämpöpumpun hankintahinta porakaivoineen ja asennustöineen olisi noin 55 000 euroa. Ilmasta-veteen-lämpöpumpun sekä uuden öljykattilan hankintahinta asennustöineen olisi noin 45 000 euroa. Näissä kustannusarvioissa ei ole mukana rakennusteknisiä töitä.

Maalämpöratkaisussa nykyinen öljylämmityslaitteisto purettaisiin kokonaan pois ja maalämmön avulla hoidettaisiin myös käyttövesi. Ilmasta- veteen lämpöpumpulla hoidettaisiin ainoastaan rakennuksen lämmitystä ja rinnalle tarvittaisiin öljykattila käyttöveden tuotantoa ja lämmityksen huipputehontarvetta varten. Laitetoimittajat määrittelivät tarjotun laitteiston tehon toteutuneen öljykulutuksen (12 000 l/vuosi) perusteella.

Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde on 3,5. Käyttövedelle lisätään 500 l varaaja sekä 300 l puskurivaraaja lämmitysjärjestelmään. Maalämpöpumppu on mitoitettu täysehomoitoksella ja sen energianpeittoaste 98,1 %. Puuttuva teho tuotetaan sähköllä. Maalämpöpumpun kuluttama sähköenergia on 32 366 kWh/vuosi sekä sähköllä tuotettu lisälämpö 2152 kWh, mikä sähkökustannuksiksi muutettuna on yhteensä 4141 eu-

roa/vuosi. Säästö verrattuna vanhaan öljylämmitykseen on 7258 €/vuosi. Yksinkertainen takaisinmaksuaika on 7,6 vuotta.

Ilmasta-veteen lämpöpumpun vuosihyötysuhde on 2,5 ja energiapeittoaste 94 %. Puuttuva lämmitysteho tuotetaan öljykattilalla, jonka hyötysuhde on 90%. Lämpöpumpun sähkönkulutus on 41 937 kWh/vuosi. Öljyä kuluu käyttöveden lämmittämiseen 132 litraa ja lisälämmöntuottamiseen 630 litraa eli yhteensä 762 litraa. Erillistä käyttövesivaraaja ei ole. Vuosittaiset kustannukset yhteensä 5756 €/vuosi. Näin ollen säästö 5644 €/vuosi ja yksinkertainen takaisinmaksuaika 8 vuotta.

Kehittyneemmällä elinkaarikustannuslaskentamenetelmällä, jossa on hyödynnetty kaavaa 6, saadaan investoinnin nykyarvoksi ilmasta-veteen lämpöpumpulle ja öljykattilalle 2142 euroa ja maalämpöpumpulle 5622 euroa (taulukko 2). Laskentatapa huomioi inflaation ja energiakustannusten nousun. Näitä ei välttämättä tarvitsisi huomioida riittävästi, jos käyttää korkeampaa reaalikorkoa esimerkiksi 4 prosenttia. Molemmat vaihtoehdot näyttävät kannattavilta.

$$N = kT + dJ - H = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} T + \frac{1}{(1+i)^n} J - H \quad (6)$$

		Ilmasta-veteen lämpöpumppu	Maalämpöpumppu	
H	Hankintameno	45000	55000	€
J	Jäännösarvo	0	0	€
n	Laskentajakson pituus	10	10	v
	Energiansäästön arvo	5644	7258	€
	Käyttökulujen lisäys	0	0	€/v
	Vuotuiset nettotulot (energiansäästöstä)	5644	7258	€/v
	Nimelliskorko	6	6	%
	Inflaatio	2	2	%
	Energian nimellinen hinnannousu	2,5	2,5	%
	i	0,06	0,06	
	f	0,02	0,02	
	e	0,025	0,025	
	r	0,039	0,039	
	re	0,034	0,034	
	Reaalikorkotekijä	1,039	1,039	
	Eskalaatiotekijä	1,034	1,034	
	kr	8,14	8,14	
	kre	8,35	8,35	
	Energiansäästön nykyarvo	47142	60622	€
	Käyttökulujen nykyarvo	0	0	€
kT	Nettotuottojen nykyarvo	47142	60622	€
	d (r:n mukaan)	0,68	0,68	
dJ	Jäännösarvon nykyarvo	0	0	€
N	Investoinnin nykyarvo	2142	5622	€

Taulukko 2. Vaihtoehtojen nykyarvon vertailulaskelma

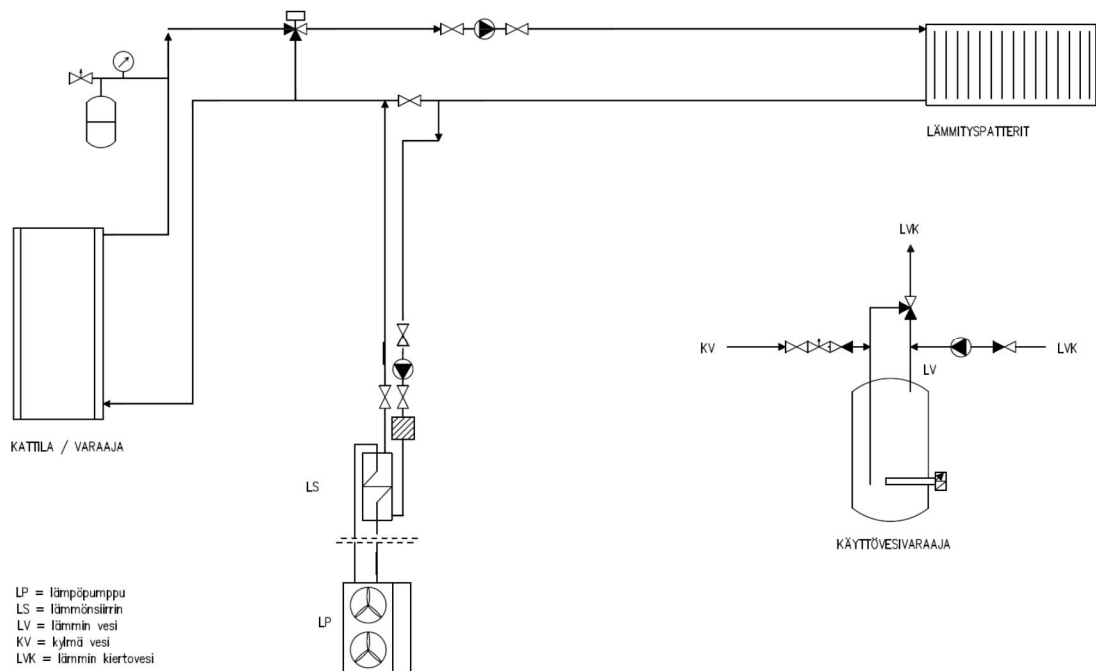
## Toteutussuunnitteluun valittu ratkaisu

Rakennuksen käyttötarve ennuste on 5–10 vuotta. Sisällä olevat öljysäiliöt ovat käyttökelpoiset, lisäksi rakennuksen käyttöveden tarve on vähäinen. Rakennuksen pääsula-kekoko on 3 x 25 A ja nykyiset sähkönsyötöt eivät riitä maalämpölaitteistolle. Nykyarvomenetelmällä tehdyissä laskelmissa ilmasta-veteen lämpöpumpulla ja öljykattilalla ei ole merkittävää eroa maalämpöön verrattuna.

Pelkkä öljykattilan uusiminen olisi investointikuluiltaan edullisin vaihtoehto. Investoinnille haluttiin kuitenkin tuottoja ja tässä tapauksessa ne olivat saatavissa energiansäästöjen kautta. Lisäksi uusiutuvien energianlähteiden hyödyntäminen on energiatehokkuus-sopimuksen mukainen energiatehokkuuteen tähtäävä toimenpide. Edellä mainittujen seikkojen perusteella valitaan vaihtoehto öljykattila ja ilmasta-veteen-lämpöpumppu. Öljykattilan tehomitoituksessa on otettava huomioon tulevaisuuden ilmanvaihdon lämmityksen tarve. Nykyisen pannuhuoneen laitteet ja putkistot puretaan asbestipurkuna ja kunnostetaan teknisten tilojen pinnat.

Ilmasta-veteen-lämpöpumppu lisätään lämmönjakojärjestelmän paluupuolelle, jolla nostetaan lämmönjakojärjestelmän menopuolen lämpötilaa 60 asteeseen ulkolämpötilan ollessa max. -15 astetta. Alle -15 asteen ulkolämpötilassa ajetaan pelkällä öljykattilalla, koska ilmasta-veteen-lämpöpumpun hyötysuhde heikkenee paluuveden lämpötilan noustessa liian korkeaksi. Automatiikka ohjaa kolmitieventtiiliä siten, että lämpöpumpulla pystytään kattamaan pääosa vuoden lämmitystarpeesta.

Öljykattilalla hoidetaan käyttöveden lämmitys ja lisälämmitystehon tarve mitä lämpöpumppu ei pysty tuottamaan. Ilmasta-veteen-lämpöpumpun kesäaikainen kytkentä öljykattilaan käyttöveden valmistamiseksi selvitetty ja todettu sen vaativan erillisen varaajan ja vaihteventtiilin. Tästä ajatuksesta luovuttu, sillä kohteen käyttöveden kulutus on pieni. Kuvassa 8 on viitteellinen kytkentäkaavio ratkaisusta.



Kuva 8. Viitteellinen kytkentäkaavio ratkaisusta.

Lämmönjakojärjestelmän radiaattorien tehot on tarkistettava. Termostaattiventtiilien toiminta on tarkistettava ja venttiilit on vaihdettava tarvittaessa esisäädettäviin malleihin. Linjasäätöventtiilit on uusittava tai lisättävä lämmönjakojärjestelmään. Lämmitysverkoston virtaamat on tasapainotettava. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän alakeskus uusitaan.

Rakennuksen sisäilmaolosuhteita on tarkoitus parantaa lisäämällä korvausilman määrää luokkatiloihin sekä hyödyntämällä rakennuksen hormistoja keskitetyn poistoilmanvaihtojärjestelmän osana.

## 6.7 Pohdinta ja yhteys teoreettiseen viitekehukseen

Opinnäytetyössä edettiin kuntoarvioiden kautta PTS-ohjelman laatimiseen. Todettiin, että PTS-pohja taulukon kustannuksien täyttäminen 10 vuoden tähtämellä ei ole järkevää, sillä käyttötarve rakennusten osalta elää koko ajan. Taulukkoa voidaan paremmin hyödyntää vuosittaisen investointisuunnittelun pohjatietona ja laskea sen avulla budjetivuosittain peruskorjattavien kohteiden LVIA-tekniikan investointikustannuksia. Taulukon avulla tilaajalla säilyy tieto kohteiden LVI-tekniikan iästä ja näin ne saadaan helpommin investointisuunnitteluun.

Tämän jälkeen haastateltiin kaupungin LVI-tekniikasta vastuullista LVIA-asiantuntijaa ja tehtiin haastattelun perusteella analyysi. Asiantuntijan näkemys LVI-tekniisten peruskorjaushankkeiden toteuttamisesta oli suoraviivainen ”vanhan ajan” malli, jossa toteutusratkaisun löydyttyä sitä lähdettiin suunnittelemaan ja toteuttamaan määrärahojen puitteissa. Uuden mallin osalta on painotettava enemmän hanke- ja tarvesuunnitteluvaihetta, jotta investoinneille voitaisiin paremmin määrittää tuotot ja näin realistinen takaisinmaksuaika. LVI-tekniikan valvontasuunnitelma ja talotekniikan uusittava RYL tulisi ottaa kaupungilla käyttöön.

Lopputuloksena luotiin tiivistetty toimintamalli LVIA-peruskorjauksia ja niiden ohjausta varten. Tehty työ vastaa pitkälti tehtyä kirjallisuusselvitystä ja korjausrakentamisen käytäntöjä sillä erotuksella, että toimintamalli pyrittiin pitämään yksinkertaisena toiminnan tehokkuusnäkökohdat huomioiden. Lopuksi testattiin luotua toimintamallia tarve- ja hankeselvitysvaiheen osalta Kytäjän koulun lämmitysjärjestelmän ratkaisuvaihtoehtoja kartoittaessa.

Opinnäytetyössä saavutetut tulokset olivat työn tavoiteasettelun mukaiset. Kuntoarviointien suhteen on muistettava, että ne perustuvat lähinnä aistinvaraisiin havaintoihin ja ne ovat pitkälti riippuvaisia niiden tekijöistä. PTS-suunnitelmaa päivitettäessä on tarpeen mukaan käytävä kohteella tarkistamassa peruskorjaukseen suunniteltu tekniikka sekä tarkistettava käytössä olevat muut lähtötiedot. Tarvittaessa voidaan teettää tarkempi kuntotutkimus uusittavasta tai korjattavasta tekniikasta.

Valittujen peruskorjaus- ja parannuskohteiden osalta on syytä teettää riittävät LVIAS-suunnitelmat, joiden avulla varmistetaan hankesuunnitteluvaiheessa asetetut tavoitteet järjestelmäuusinnalle. Erityisen tärkeä on laskea eri vaihtoehtojen elinkaaren aikaiset kustannukset ja selvittää tilojen tulevaisuuden käyttötarve. Lämpöpumppusovellusten suunnitteluun pitäisi käyttää lämpöpumppu-lämmitysratkaisujen suunnitteluun perehtyneitä suunnittelijoita.

## 7 Yhteenveto

Tarkasteluun valittujen A ja B-salkun rakennusten osalta valmistui LVIA-tekniikan elinkaareen perustuva 10 vuoden PTS-suunnitelma ja LVI-tekniikan peruskorjausta ohjaava prosessimalli. Työn kautta on parannettu tilaajan osaamista ja tietämystä LVIA-tekniikan peruskorjauksen osalta.

PTS-ohjelmaa käytettäessä on muistettava päivittää se vähintään kerran vuodessa ja huomioida erityisesti se, että laitekannan taloudellinen elinikä voi olla lyhyempi kuin sen tekninen elinikä. Tästä johtuen energiansäästöinvestointi voi olla järkevä tehdä ennen kuin valitun kohteen LVI-laitteistot saavuttavat teknisen elinikänsä. Kuntapuolella rakennusten käyttötarkoitus ja tarve elää koko ajan. Tämän vuoksi laadittuja 10 vuoden PTS-ohjelmia voidaan soveltaa tulevaisuudessa valittujen taloteknisten järjestelmien systemaattiseen uusimiseen

Tilaaaja tulee hyödyntämään opinnäytetyön tuloksia suunniteltaessa LVI-korjauksia sekä laitteiden uusimisen yhteydessä. Laaditun mallin avulla päästään systemaattiseen ja ennakoivaan investointisuunnitteluun ja toteutukseen ja näin myös parannetaan rakennusten toimintavarmuutta ja sisäilmaolosuhteita. Tekniikan uusintainvestoinnit ja korjaukset voidaan aikatauluttaa siten, että ne eivät ole liian etu- eivätkä takapainotteisia ja näin toimien saadaan hyödynnettyä uusittavan tekniikan koko elinkaari täysipainoisesti.

Tärkeintä talotekniikkauusintoja ja korjausinvestointeja mietittäessä on kiinnittää huomiota laitteiden koko elinkaaren aiheuttamiin kustannuksiin. Investointivaiheessa laitetut lisäeurot tulevat nopeasti takaisin, kun laitteistojen elinkaaren aikana kertyvä säästö on suurempi.

Energiansäästötoimenpiteitä tehtäessä on muistettava, että säästötoimenpiteen vaikutus vähenee ajan kuluessa, tämä johtuu laitteiden ikääntymisestä, huollon puutteesta sekä puutteellisista käyttö- ja huoltotoimenpiteistä. Tämän vuoksi pelkkä järjestelmien uusinta ei riitä, vaan niitä on osattava käyttää ja huoltaa oikein.

Opinnäytetyöprosessin aikana kehitin omaa osaamistani peruskorjausprosessin hallintaan liittyen ja erityisesti pystyin soveltamaan käyttämäni teoriaa asetettujen tavoitteiden ja ongelmien ratkaisemiseksi. Tilaajanäkökulma ja osaaminen lämpöpumppusovel-

lusten osalta lisääntyi ja tätä tulen hyödyntämään tulevaisuudessa mietittäessä eri lämmitysratkaisuja uudis- ja peruskorjauskohteiden osalta.

Jatkokehittelynä tälle työlle olisi tarkempien LVI-suunnitteluohjeiden luominen ja jatkossa laajemman PTS-ohjelman laatiminen siten, että se koskisi myös käyttövesi-, lämmitys- ja viemäriputkistoja.

Excel-pohjaisesta PTS-suunnitelmasta on helppo siirtää ajantasaiset tiedot hankittavaan PTS-ohjelmistoon, jonka avulla tilaaja voisi hyödyntää myös laaja-alaisemmin investointisuunnitteluun liittyviä ominaisuuksia. Hyvinkään kaupungilla on käynnissä parhaillaan palvelutuotannon tuotteistaminen ja tämän työn tuloksia voidaan hyödyntää tuotteistettaessa tilapalvelujen LVI-peruskorjaushankkeiden toteutusprosessia.

## Lähteet

1. Hara-Lindström, Hyvärinen, Kinnunen, Pesu, Reinikainen, Tähti. 2001. Talotekniikan elinkaaritarkastelut. Forssa. Forssan kirjapaino Oy.
2. Hemgren, P. & Wanfors. 2002. Pientalon käsikirja. Helsinki. Tammi.
3. Kurhinen J. 2010. Kandidaattiseminaari tutkimusmenetelmistä. Verkkodokumentti. <<http://users.jyu.fi/~kurhinen/tiea301/tutkimusmenetelma.html>>. Luettu 19.10.2014.
4. Karlson J-E. 2006. Tarpeenmukainen ilmanvaihto kouluissa. Insinööriyö EV-TEK-ammattikorkeakoulu. Espoo.
5. Kenneth EK. 2012. Energiansäästötoimien vaikutuksien kartoittaminen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo.
6. Lindberg J. 2001. Talotekniikkajärjestelmän elinkaarikustannukset. Espoon-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu. Espoo.
7. LVI kortti 11-10332. Lämpöpumput. 2002. Ohjetiedosto. Helsinki. Rakennustieto Oy
8. Motiva ja ins. tsto Granlund. 2012. Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa – Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä. Työ- ja elinkeinoministeriö.
9. Lämpöä omasta maasta, maalämpöpumput. 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <[http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)>. Luettu 6.2.2015.
10. Murtomaa P. 1996. Kiinteistönpidon tekniikka, talous ja hallinto. Rakennustieto. Tummavuoren kirjapaino Oy. Vantaa.
11. Myyryläinen L. 2003. Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. Gummerus Kirjapaino Oy. Helsinki.
12. Myyryläinen L. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa, Kiinteistöalan kustannus, Gummerus Kirjapaino Oy. Helsinki.
13. RT kortti 18-10922. Kiinteistöjen tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. 2008. Ohjetiedosto. Helsinki. Rakennustieto Oy.
14. Ruusunen M. 2012. Uuden puhallintekniikan energiataloudelliset hyödyt saneerauskohteessa. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Espoo.
15. Saarinen V. 2009. Säästävätkö eri lämmöntalteenottojärjestelmät primäärienergiaa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo.
16. Sustainable renovation of residential buildings and the landlord/tenant dilemma. 2013. Science Direct-tietokanta. Verkkodokumentti.



<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513008501>>. Luettu 1.2.2015.

17. Siikala, J., Oravisjärvi, J. 2008. Kiinteistöjen kunnon ja korjaustarpeen sekä niistä aiheutuvan korjausvelan määrän selvittämistä varten asetetun tilapäisen valiokunnan raportti. Lahden kaupunki. Kv. 14.5.2007 § 100 ja 18.6.2007 § 119. 18 s.14
18. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen ero. 2014. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <<http://tilastokeskus.fi/virsta/tkeruu/01/07/>>. Luettu 2.12.2014.
19. Öhman T.2010. Puolustushallinnon rakennuslaitoksen rakennuttamisen LVIA-toimintaohjeet. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo.

**LVI-ASiantuntijan haastattelukysymykset:****Ketä osapuolia LVI-peruskorjauksiin liittyy?**

*Kiinteistön omistajan edustajat, rakennuttaja/projektipäällikkö, rakennus- ja sähkötekniinen asiantuntija.*

**Hanke- ja tarveselvitysvaihe:****Miten tarve selvitetään?**

*LVI-saneerauksissa tarve tulee yleensä käyttäjiltä. Käyttäjät haluavat usein sisäilmaolosuhteisiin parannuksia. Lisäksi vanhentuvaa tekniikkaa uusitaan, kun todetaan sen toimintavarmuus huonoksi. Lisäksi arvioidaan ks. rakennuksen tulevaisuuden käyttötarvetta ja aikaa. Käyttäjät valittavat kylmää, vetoa ja huonoa ilmanlaatua. Tate-huoltofirmoilta tulee myös tekniikkaan liittyviä parannusehdotuksia. Alustavaa rakennusohjelmaa ei laadita tässä vaiheessa.*

*Aikataulu pyritään sovittamaan sellaiseen ajankohtaan, jossa muutostyöstä on vähiten haittaa käyttäjälle, lisäksi toteutus pyritään saamaan vuosikellon mukaiseen ohjelmaan. Hankkeen kustannus- ja kannattavuusarvio perustuu kokemusperäiseen tuntumaan. Lisäksi laitetoimittajilta voi tulla laskelmia esim. LTO-laitteiston energiansäästöön liittyen.*

**Onko elinkaarikustannuksia määritetty?**

*Ei. Tällä hetkellä säästölaskelmat perustuvat lähinnä energiansäästöön, muita elinkaaren aikaisia kustannustekijöitä ei huomioitu.*

**Kustannusarvion tarkkuus?**

*Toteutuneiden hankkeiden osalta kustannusarviot ovat pitäneet LVI-tekniikan osalta. Hankkeissa tehdään usein myös rakennusteknisiä aputöitä, niiden osalta kustannusarviot ovat ylittyneet.*

### **Yksityiskohtaiset tiedot toteuttamisvaihtoehdoista. Laatu S1, S2 jne?**

Toteutusvaihtoehdoista on olemassa kevyet kuvaukset tai kuvat, joiden perusteella ratkaisuvaihtoehto valitaan. *Vanhan tekniikan olemassa olevaa tehomitoitusta pyritään hyödyntämään. Selvitetään tehotarpeen lisääminen esimerkiksi sisäilmaolosuhdeluokan parantaminen S3-S2.*

### **Halutut lähtökohdat ja tarpeet suunnittelun lähtökohdiksi?**

*Olemassa olevan tekniikan hyödyntäminen. Ilman laadun parantaminen, ääniolosuhteiden parantaminen ja energiansäästöön tähtäävät näkökohdat.*

### **Toteutussuunnitteluvaihe:**

#### **Suunnittelijoiden kilpailutus?**

*Tällä hetkellä voimassa olevat puitesopimukset. Suunnittelutyötä teetetään pääasiassa tuntihintaperusteisesti. Suunnittelijoilta pyydetään tuntimäärä arvio. Isommat suunnittelutyöt kilpailutetaan.*

#### **Lähtötietojen tarkistaminen?**

*Vanhat suunnitelmat käydään läpi. Käydään kentällä tarkistamassa suunnitelmien paikkansapitävyys.*

#### **Rakennuttajan toiveet?**

*Erikoislaitteiden lisäykset. Esimerkiksi lämmitysverkoston puhdistuslaitteet, olosuhdeantureiden lisäykset sekä energiamittaukseen käytettävät laitteistot. LTO-ratkaisuista teetetty rakennuttajan toiveiden mukaisia luonnoksia.*

#### **Luonnossuunnitelma ja lopulliset suunnitelmat urakkakyselyjä varten?**

*Varsinaisia luonnossuunnitelmia ei teetetä. Suunnittelijat tarjoavat usein lopullista "helppoa"-ratkaisua. Tilaaja tarkistaa suunnittelijalta tulevan suunnitelman ja pääosin luottaa sen oikeellisuuteen.*

**Rakennuttajan vaatimukset tuottavat järjestelmät?**

*Yleensä suunnittelijoilta tulee yksi ratkaisu, jota on haarukoitu tarveselvitys-vaiheessa tilaajan, laiteoimittajien ja suunnittelijan kanssa.*

**Suunnittelijan kustannusarvio työlle?**

*Ei ole laadittu.*

**Rakentamisvaihe:**

**Rakentamispäätös?**

*Päätökset tehdään kaupungin hallinto- ja johtosäännön ohjeistuksen mukaisesti sekä tilahankkeiden toteutusohjetta noudattaen. Valitut hankkeet lisätään investointiohjelmaan. Tilapalvelupäällikkö tekee hankekohtaisen rahoituspäätöksen.*

**Urakkasopimus?**

*Urakkasopimus laaditaan valitusajan jälkeen, kun työt käynnistetään.*

**Urakkarajat?**

*Urakkaraja-liite laaditaan tarvittaessa. Yleensä Lvi-urakoitsija on pääurakoitsijana ja IV- ja sähkötyöt aliurakointina.*

**Valvontasuunnitelma?**

*Rakennuttajalla ei käytössä erillistä valvontasuunnitelmaa*

**Laitetyyppien hyväksyttäminen?**

*SPF-luku, sähkömoottorit, äänitasot. Urakoitsija toimittaa laite-ajot työmaakokoukseen.*

**Tyyppihyväksynät, standardit, käyttäjäjärjestelmävalinnat?**

*Määräysten mukaisuus. Talotekniikka liitetään etävalvontaan kaupungin keskitettyyn kiinteistövalvontajärjestelmään.*

**Laite- ja asennustapatarkastukset?**

*Noudatetaan LVI-RYL. LVI-asiantuntija tekee.*

**Rakennuttajan valvonta?**

*Hoidetaan omana työnä. Tarkistetaan työn edetessä piiloon jäävät osat.*

**Suunnittelijoiden valvonta?**

*Työmaakokouksissa. Ei varsinaista asennusvalvontaa.*

**Muutos suunnittelu työmaan aikana?**

*Sovitetaan työmaakokouksissa tarvittaessa.*

**Toimintakokeet, koekäytöt?**

*Järjestelmät testataan erikseen ja yhdessä urakoitsijoiden itselle luovutuksen jälkeen. Tarkistetaan suunnitelmien mukaisuus sekä tarkistusmitataan mm. ilmamäärät ja virtaukset.*

**Suunnitelman mukaisuus?**

*Suunnittelija tarkistaa toimintakokeiden yhteydessä.*

**Käytön opastus?**

*Annetaan vastaanottotarkastuksen jälkeen kiinteistönhoitohenkilökunnalle sekä tarvittaessa tilojen käyttäjille.*

**Vastaanottotarkastus?**

*Käydään läpi tilaajan ja suunnittelijoiden puutelistat, toimintakokeiden tulokset.*

**Jälkitarkastus?**

*2 viikkoa vastaanottotarkastuksesta. Tarkistetaan, että puutteet korjattu.*

**Käyttöönottovaihe, luovutusmateriaalit?**

*Vastaanottoon työkuvat, laiteluettelot, konekortit(alfa-pohjat).*

**Takuuaikainen toiminta?**

*Urakassa yleensä sisällä takuuajanhuollot.*

**Kehitysehdotukset?**

*Pienemmät muutos- ja korjaustyöt voidaan teettää ilman suunnitelmia. Esimerkiksi LTO-laitteiston lisäys. Isommissa hankkeissa vaaditaan rakennuslupa. Suunnittelun ohjausta voisi kehittää.*







