

KIINTEISTÖN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ENERGIAKATSELMUKSEN TOTEUTUSOHJE

Ei julkaista painotuotteena

Kiinteistön jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutusohje

Motiva Oy

Copyright Motiva Oy, Helsinki, joulukuu 2015

Esipuhe

Työssä on laadittu kiinteistöjen jäähdytysjärjestelmien katselmointiohje suunnattuna kiinteistöjen energiakatselmoijille. Ohje sisältää jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutusohjeen sekä energiakatselmuksen toteutusta ja raportointia kuvaavan laajennetun mallisisällysluettelon.

Toteutusohjeessa selvennetään jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen liityntää katselmuksitoimintaan ja sen yleisiin periaatteisiin. Toteutusohjeessa esitetään myös jäähdytysjärjestelmän katselmuksen tavoitteet sekä kuvataan erilaisten jäähdytysjärjestelmien katselmuskohteita sekä katselmuksen yhteydessä tehtäviä mittauksia ja tarkistuksia.

Laajennetussa mallisisällysluettelossa kuvataan jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutusta ja raportointia jäähdytysjärjestelmän energiakatselmusraportin otsikoinnin mukaisesti.

Katselmuksiohjeen ovat laatineet Markku Ahonen, Veijo Happonen ja Timo Svahn Ramboll Finland Oy:stä. Laadintatyötä ovat ohjanneet Harri Heinaro ja Lauri Suomalainen Motiva Oy:stä.

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisällysluettelo	4
Osa 1 Toteutusohje	5
Soveltamisala ja liitynnät katselmustoimintaan	6
Jäähdytysjärjestelmän katselmuksen tavoitteet	6
Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen kohteet	7
Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen tehtävät	14
Mittaukset jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa	16
Osa 2 Laajennettu mallisisällysluettelo	18
Lähteet	35

Osa 1 Toteutusohje

Soveltamisala ja liitynnät katselmustoimintaan

Kiinteistön jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen ohje on suunnattu erityisesti kiinteistöjen energiakatselmoijille. Ohje on laadittu liike-, toimisto- ja hoitoalan rakennuksien jäähdytysjärjestelmien energiakatselmusta silmälläpitäen, mutta jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen voi toteuttaa muissakin kohteissa ohjetta soveltaen. Ohje on tehty jäähdytysjärjestelmien energiakatselmointia ja niiden energiatehokkuuden selvittämistä varten. Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen ohjetta voidaan soveltaa joko jäähdytysjärjestelmän erillisen energiakatselmuksen toteutuksessa tai laajemman energiakatselmuksen kuten kiinteistön energiakatselmuksen yhteydessä. Ohjeen mukainen jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen on suositeltavaa toteuttaa erityisesti kohteissa, joissa jäähdytystarve on merkittävää ja jäähdytysjärjestelmä tai -järjestelmät palvelevat suurta osaa kohteen tiloista, tai joissa jäähdytyksen energiankulutuksen arvioidaan olevan merkittävä osa kohteen kokonaisenergiankulutuksesta.

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutetaan energiakatselmuksen yleisohjeita noudattaen [1] kuten työ- ja elinkeinoministeriön tukemat energiakatselmuksen yleensäkin. Energiakatselmuksen yleisohjeissa energiakatselmustoiminta on määritelty kolmitasoiseksi. Ylimmällä tasolla on energiakatselmuksen yleisohjeet, jossa määritellään katselmustoiminnan yleiset ja hallinnolliset menettelytavat. Yleisohjeita on noudatettava kaikissa katselmushankkeissa. Toisella tasolla ovat katselmukselle Motivan toimesta laaditut toteutus- ja raportointiohjeet kuten tämä kiinteistön jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutusohje. Myös mallikohtaisia ohjeita on noudatettava kohteen ominaispiirteet huomioon ottaen. Kolmannella tasolla on Energiakatselmoijan käsikirja [2], jossa kuvataan hyvää energiakatselmuksen ohjeistusta varsinaisen katselmointityön suorittamiseksi.

Jäähdytysjärjestelmän katselmuksen tavoitteet

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen tuottaa kokonaisvaltaisen tarkastelun siitä, mistä jäähdytystarve syntyy, mitkä seikat vaikuttavat jäähdytystarpeeseen, miten jäähdytys on toteutettu tarpeeseen nähden ja miten halutut olosuhteet jäähdytetyissä tiloissa ovat toteutuneet, sekä esityksen katselmuksen aikana havaituista säästömahdollisuuksista, niiden toteuttamisesta ja kannattavuudesta. Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa on selvitettävä jäähdytysjärjestelmän palvelemaan kohteen koko energiatase siinä määrin, että jäähdytyksen lauhdelämmön hyödyntäminen ja vapaajäähdytyksen lisäämismahdollisuudet ovat selvitettävissä ja esitettävissä.

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen konkreettisina tavoitteina ovat:

- Saada mahdollisimman hyvä käsitys jäähdytysjärjestelmän toiminnasta ja mahdollisista epäkohdista toiminnassa
- Arvioida onko järjestelmän käyttö tarkoituksenmukaista ja energiatehokasta, ja vastaako järjestelmän toteutus jäähdytystarvetta
- Selvittää jäähdytyksen huipputeho ja sen pienentämismahdollisuudet
- Selvittää jäähdytettävien tilojen toteutuneet olosuhteet
- Raportoida mahdolliset epäkohdat järjestelmän toiminnassa ja käytössä

- Löytää parannuskeinoja energiatehokkuuteen ja olosuhteiden hallintaan sekä esittää toimenpiteet näiden toteuttamiseksi kannattavuuksineen.

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen kohteet

Rakennuksen jäähdytysjärjestelmä katselmoidaan kokonaisvaltaisesti. Katselmuksen kohteina ovat:

- Toteutuneet olosuhteet jäähdytetyissä tiloissa
- Järjestelmätoteutus:
 - keskitetty tai tilakohtainen jäähdytys
- Jäähdytyksen tuotantotapa:
 - vedenjäähdytyskoneisto, suoraohyrytyskoneisto ja kaukojäähdytyskeskus
- Jäähdytysenergian tuotannosta syntyvän lämpöenergian lauhdutus:
 - kylmäainetäytteiset lauhdutinpuhallinpatterit, liuoslauhduttimet, vesilauhduttimet, lauhdutustornit
- Vapaa jäähdytysjärjestelmät
- Jäähdytysenergian jakeluverkot:
 - jäähdytysvesi- ja liuosverkot, kylmäainetäytteinen jakeluverkosto
- Jäähdytysenergian luovutus:
 - huonelaitteet kuten jäähdytyspalkit ja puhallinkonvektorit, tuloilman ja kiertoilman jäähdytyspatterit, jäähdytysputkistot ja putkistoelementit.

Taulukoissa 1-5 esitetään jäähdytysjärjestelmän osat, joidenka tulee sisältyä katselmointiin järjestelmän toteutustavasta ja tuotantomuodosta riippuen. Keskitetyssä välillisessä jäähdytysjärjestelmässä jäähdytys tuotetaan tyypillisesti joko vedenjäähdytyskoneistolla, suoraohyrytyskoneistolla, kaukojäähdytyskeskuksella tai hyödyntämällä maaviilennystä maalämpöpumpun kanssa.

Tuotettaessa jäähdytystä kaukojäähdytyskeskuksessa, vedenjäähdytyskoneistolla tai maalämpöjärjestelmän porakaivoilla ovat katselmoitavan jäähdytysjärjestelmän oleellisena osana jäähdytysvesiverkosto pumppuineen, säätölaitteineen, tasaussäilöineen ja putkistoelementteineen. Vedenjäähdytyskoneiston jäähdytysjärjestelmään on usein liitetty myös vapaa jäähdytysjärjestelmä, jossa tyypillisesti jäähdytykseen hyödynnetään ulkoilman viileyttä jäähdytyskauden ulkopuolella lauhdutinpuhaltimien avulla. Vapaa jäähdytystä on myös maalämpöjärjestelmän porakaivoista otettava jäähdytysenergia.

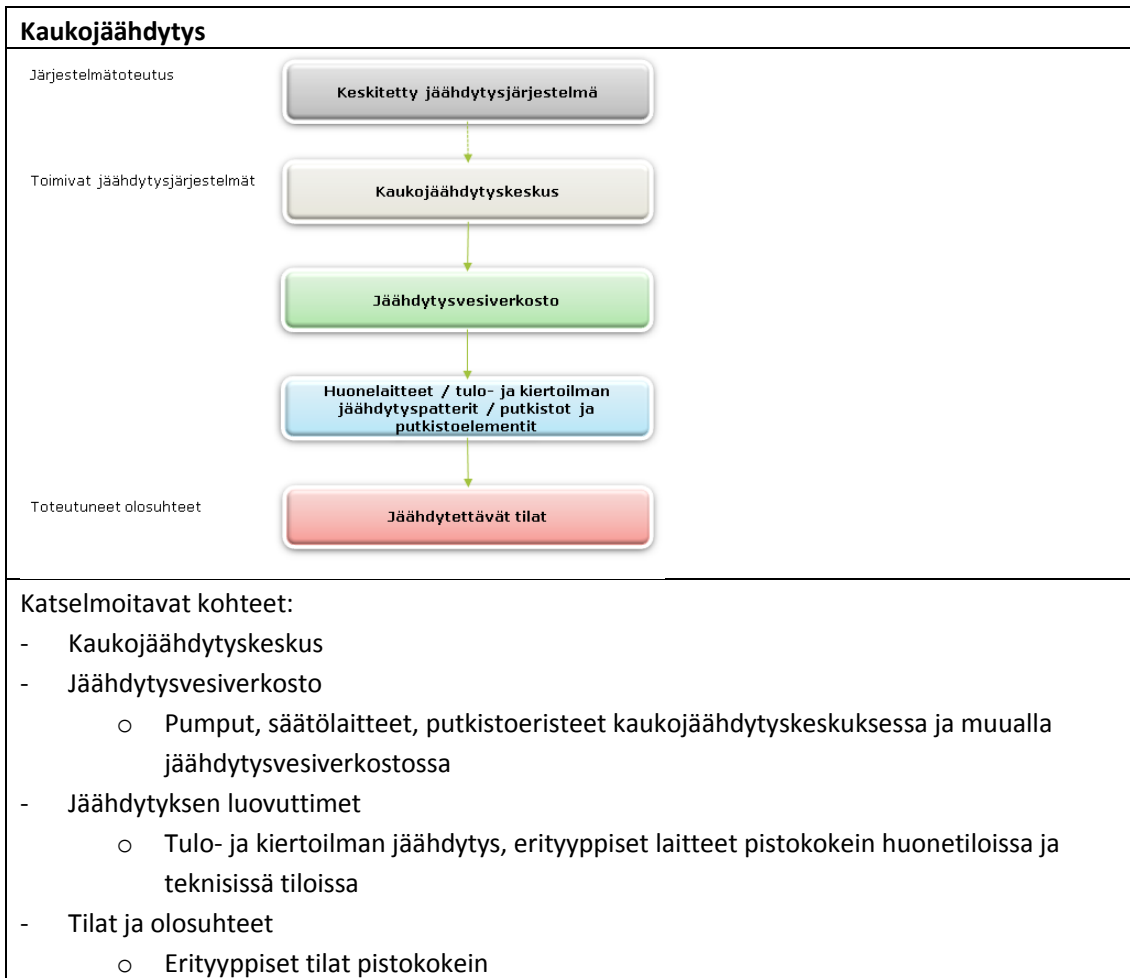
Keskitetyssä jäähdytysjärjestelmässä, jossa jäähdytys tuotetaan suoraohyrytysjäähdytyskoneistolla, ei ole jäähdytysvesiverkostoa vaan jäähdytys jaetaan tuotantoyksiköstä huonelaitteille tai tuloilman tai kiertoilman jäähdytyspattereille kylmäainetäytteen jäähdytysverkon kautta. Kylmäaineputkistossa kiertää suoraohyrytysjäähdytyskoneiston kylmäaine. Kylmäaineputkisto eristysineen ja varusteineen sisältyy katselmoitaviin kohteisiin vastaavasti kuin jäähdytysvesiverkostokin.

Tilakohtaisessa jäähdytysjärjestelmässä jäähdytys tuotetaan tyypillisesti suoraohyrytyskoneistolla tai pienellä vedenjäähdytyskoneistolla. Suoraohyrytyskoneiston tuottama jäähdytys jaetaan huonelaitteille tai tuloilman tai kiertoilman jäähdytyspattereille kylmäaineputkiston kautta, mutta laajaa kylmäaineputkistoverkostoa ei ole vaan suoraohyrytyskoneisto palvelee

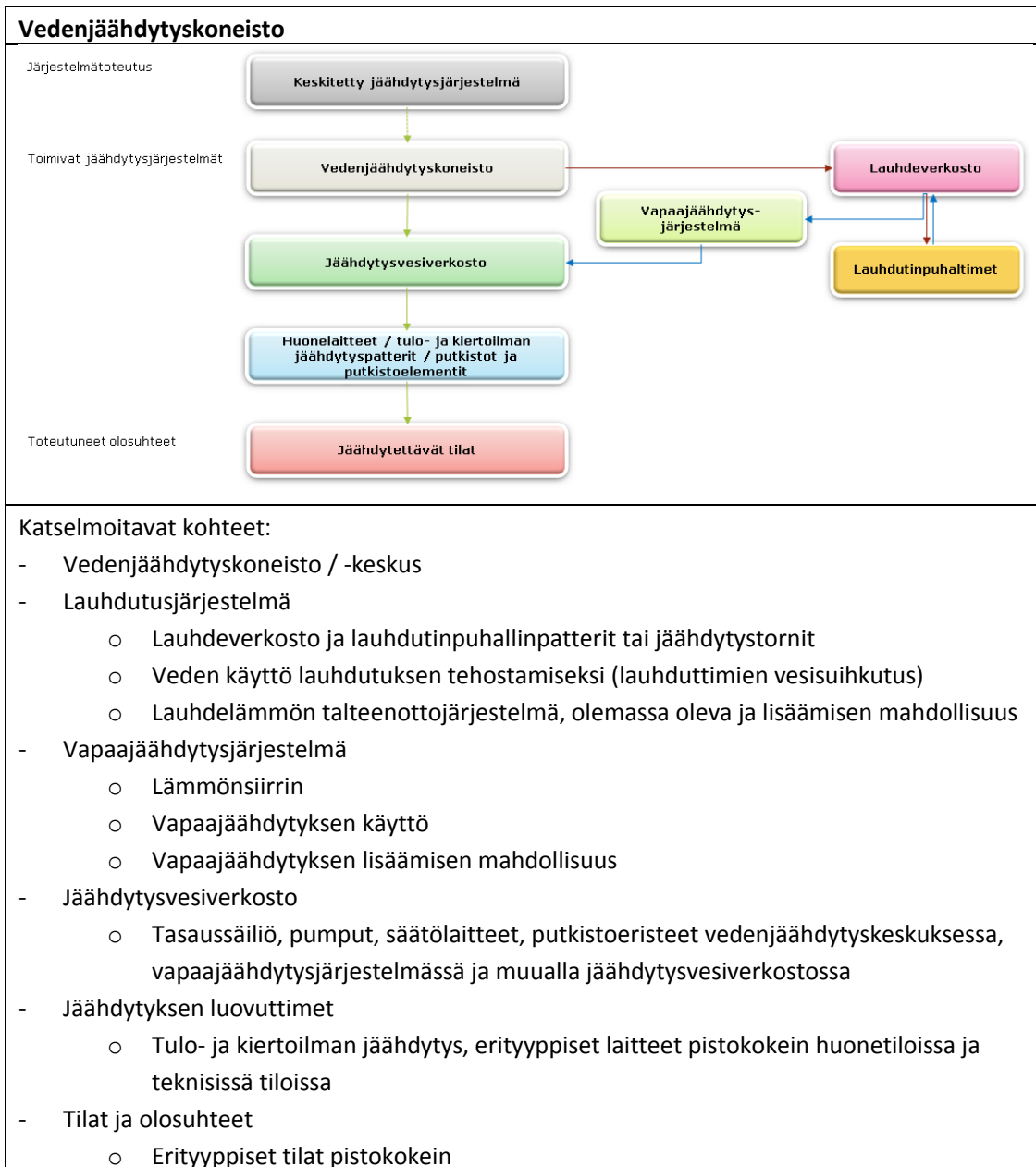
yhtä tai muutamaa huonelaitetta tai jäähdytyspatteria. Jäähdytyskoneistona voi olla myös lämpöpumppu, jota käytetään lämmityskaudella tilan lämmitykseen. Vedenjäähdytyskoneiston tapauksessa jäähdytys jaetaan tilakohtaisen jäähdytysvesiverkoston kautta vastaaville laitteille. Yksittäisiä tilakohtaisia jäähdytyslaitteita varten rakennusta on harvoin liitetty kaukojäähdytykseen, ellei kyseessä ole suuri tila, tai ellei suunnitelmissa ole laajentaa jäähdytysjärjestelmää rakennuksen muihin tiloihin. Mikäli kaukojäähdytyskeskus on kuitenkin yksittäisen tilan tai tilojen jäähdytystä varten, katselmoidaan järjestelmä vastaavasti kuin laajempi keskitetty järjestelmä.

Usein rakennuksen tilakohtaisissa jäähdytysjärjestelmissä on suora höyrystyskoneistot, kun taas keskitetyt suuremmat järjestelmät ovat välillisiä eli niissä on jäähdytysvesiverkosto. Keskitettynä jäähdytysjärjestelmänä voidaan pitää myös suora höyrystyskoneistolla keskitetysti jäähdytettyä tuloilmaa, jolloin jäähdytysenergia jaetaan tiloihin tuloilman välityksellä. Rakennuksessa voi olla kuitenkin erilaisia jäähdytysjärjestelmiä, joista esimerkiksi yksi on keskitetty järjestelmä (pääjärjestelmä) ja sen lisäksi on useita tilakohtaisia järjestelmiä. Tällöin jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa painotetaan pääjärjestelmän katselmointia, mutta katselmuksen yhteydessä kartoitetaan myös pienet, energiankäytön kannalta vähemmän merkitykselliset jäähdytysjärjestelmät.

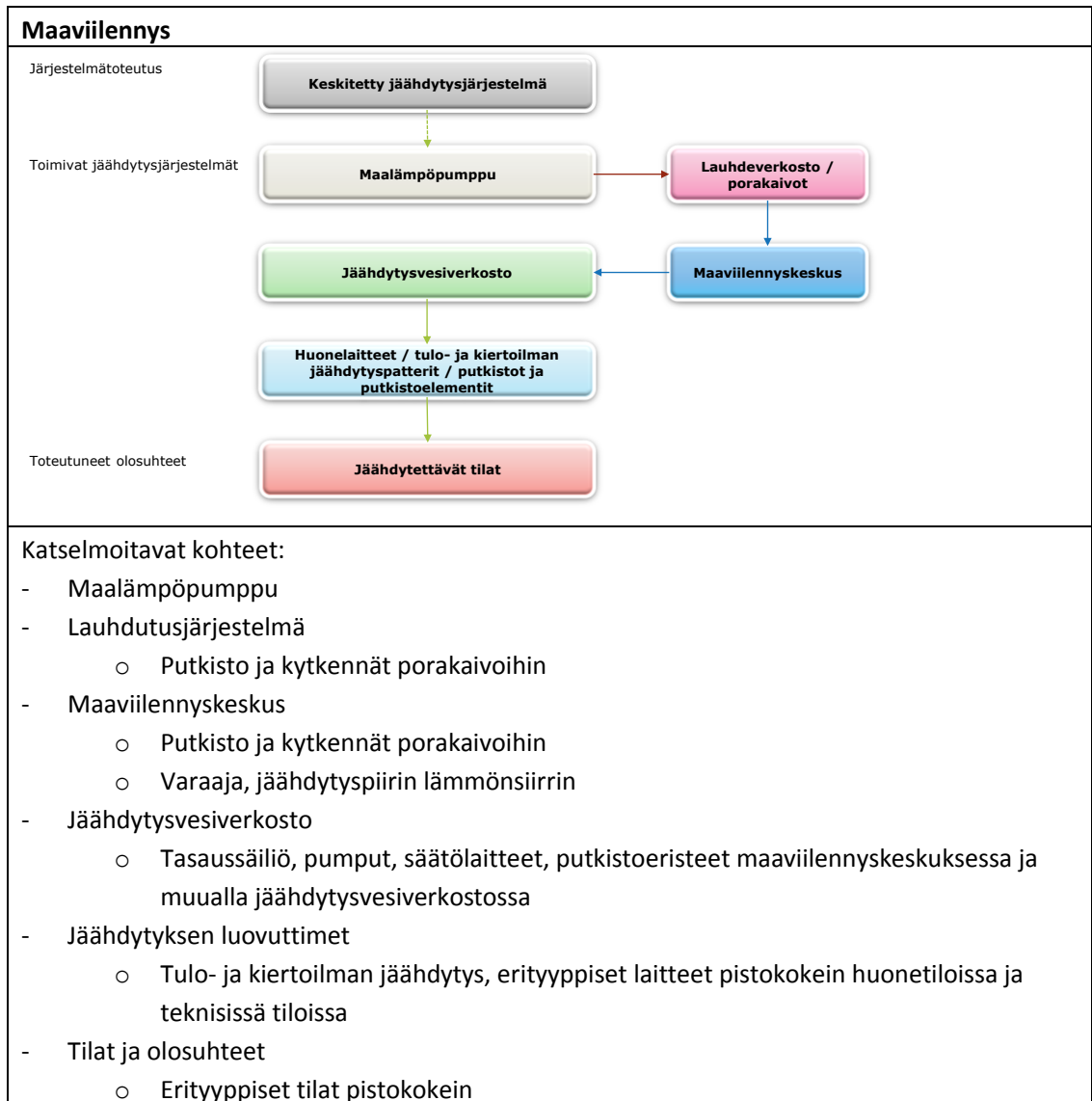
Taulukko 1 Kaukojäähdytyksellä toteutetun jäähdytysjärjestelmän katselmuskohteet.



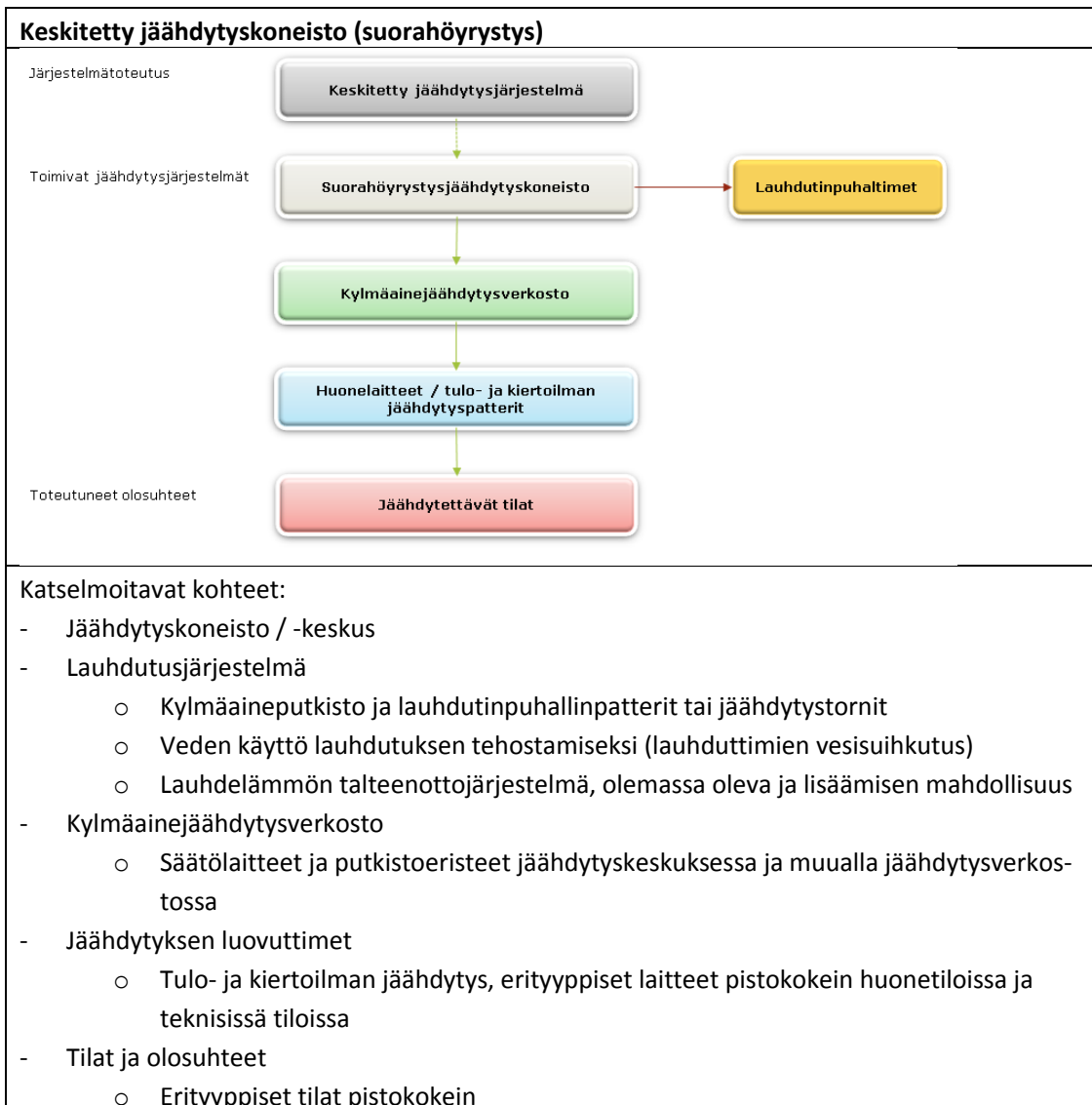
Taulukko 2 Vedenjäähdytyskoneistolla toteutetun jäähdytysjärjestelmän katselmukskohteet.



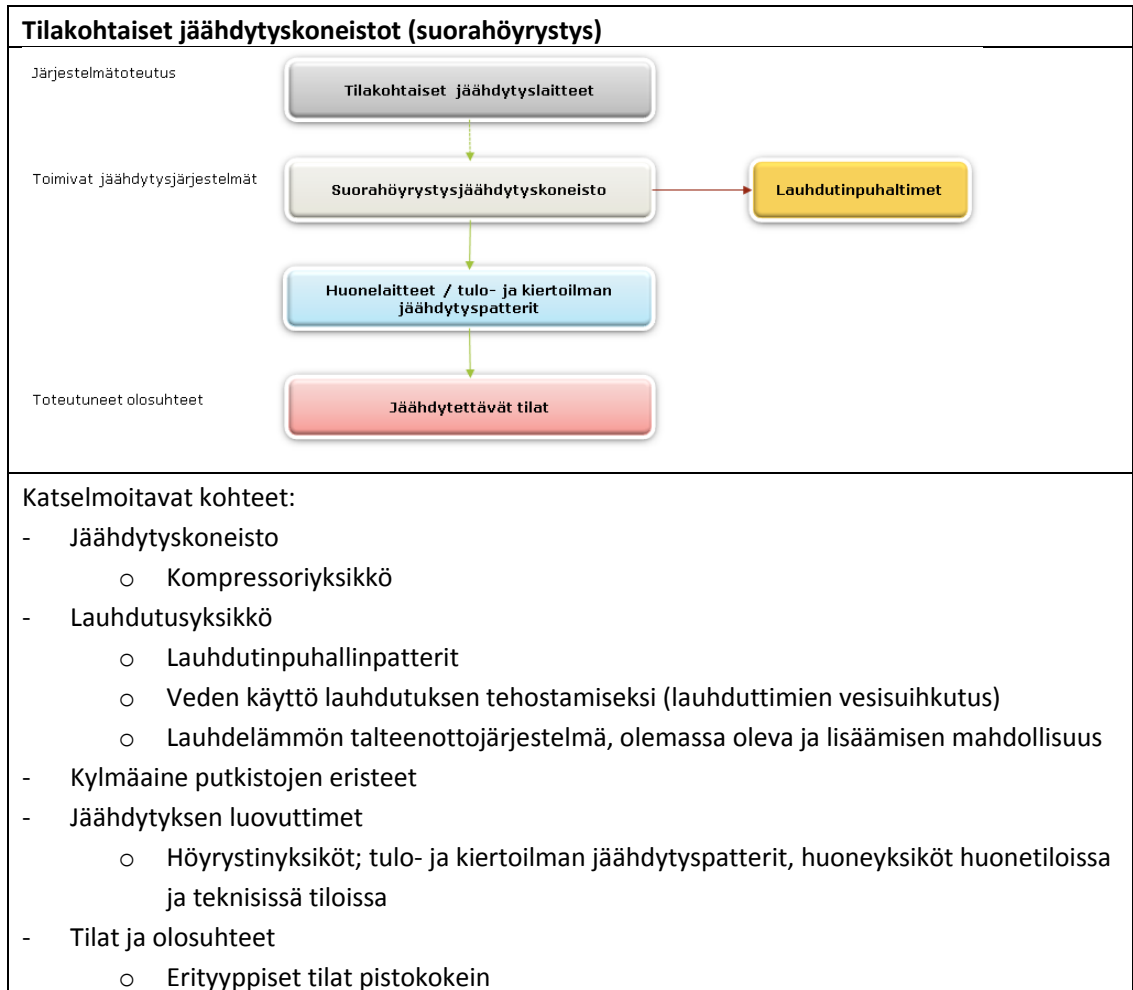
Taulukko 3 Maaviilennyksellä toteutetun jäähdytysjärjestelmän katselmukskohteet.



Taulukko 4 Suorahöyrysteisellä jäähdytyskoneistolla toteutetun keskitetyn jäähdytysjärjestelmän katselmuskohteet.



Taulukko 5 Suorahöyrysteisillä jäähdytyskoneistoilla toteutetun tilakohtaisen jäähdytysjärjestelmän katselmuskohteet.



Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen tehtävät

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen päävaiheet noudattavat energiakatselmusten vaiheita yleisesti. Päävaiheet esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen päävaiheet

Heti jäähdytysjärjestelmän katselmuksen alussa on hyvä selvittää katselmuksen toteutuksen kannalta oleelliset kysymykset:

- 1) Minkä tyyppisiä tiloja rakennuksessa jäähdytetään
- 2) Mitkä ovat käyttäjän tarpeet jäähdytyksen suhteen
- 3) Miten jäähdytysjärjestelmä on toteutettu
- 4) Miten jäähdytysenergia tuotetaan

Nämä selvitetään yleisellä tasolla viimeistään jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen aloituspalaverissa, johon kutsutaan tilaajan lisäksi mukaan jäähdytysjärjestelmän päivittäisestä ylläpidosta vastaava taho. Myös jäähdytysjärjestelmän kausihuolloista vastaava kylmäalan erikois- huoltoliike voidaan kutsua jo aloituspalaveriin, mutta erikois- huoltoliikkeen varsinainen haastattelu on suositeltavaa toteuttaa vasta sen jälkeen, kun energiakatselmoi- ja katselmoinut jäähdytysjärjestelmän kohteessa. Aloituspalaverin jälkeen jäähdytysjärjestelmän perustiedot selvitetään teknisistä dokumenteista ja jäähdytysjärjestelmän suunnitelmista ennen kohteessa tapah-

tuva jäähdytysjärjestelmän katselmointia. Lisäksi analysoidaan jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksia, mikäli mitattuja kulutuksia on käytettävissä.

Lähtötietojen analysoinnin jälkeen toteutetaan jäähdytysjärjestelmän katselmointi kohteessa ja toteutetaan mittaukset. Katselmuksen yhteydessä tehtävät tarkistukset ja mittaukset esitetään taulukoissa 6.1 ja 6.2. Toteutettavien jäähdytys- tai sähkötehon seurantamittausten osalta on ennen mittauksen aloitusta tärkeä selvittää, minkä kaikkien laitteiden tehoa mittauksella mitataan. Tehojen seurantamittauksia on tarve asentaa vain, jos järjestelmässä ei ole kiinteitä energiamittareita (esim. rakennusautomaatioon kytketyt mittaukset) tai jos kiinteiden energiamittareiden toimivuutta on syytä epäillä. Jos kiinteitä energiamittareita ei ole seurattu ja ne ovat toimivia, voidaan taulukossa 6.1 esitetty mittausjakso toteuttaa myös kiinteän energiamittarin riittävän tiheällä seurannalla. Seurantajakson mittausten lukuväli tulee olla niin tiheä, että mittausjakson huippu- ja pohjatehot saadaan selville. Esimerkiksi toimistokiinteistössä energia- ja tehomittaukset tulee arkipäivisin tallentaa vähintään tunnin välein, kun muina aikoina riittää harvempi tallennusväli.

Jäähdytysjärjestelmä katselmoidaan jäähdytyskaudella ja vapaajäähdytysjärjestelmä katselmoidaan sen toimintakaudella. Jäähdytysjärjestelmän toiminta-arvojen mittaus näinä ajankohtina on suositeltavaa toteuttaa useamman päivän jaksona (kuten teho- tai energiamittaus) rakennusautomaatiojärjestelmän trendimittauksia hyödyntäen. Mikäli mittauksia ei voida toteuttaa rakennusautomaatiojärjestelmällä, asennetaan erilliset seurantamittaukset oleellisille järjestelmän toiminta-arvoille kuten jäähdytysverkostojen toimintalämpötiloille, lauhdeverkon toimintalämpötiloille, mahdolliselle lauhdelämmön talteenottojärjestelmän toimintalämpötiloille, pääilmanvaihtokoneiden tuloilman lämpötiloille ja kosteudelle ennen ja jälkeen jäähdytyspatterin sekä paikoin sisälämpötiloille ja kosteudelle (taulukot 6.1 ja 6.2). Kohdekatselmuksen aikana on mitattava myös ulkoilman olosuhteita tilojen olosuhteiden lisäksi. Varsinkin jäähdytyskaudella ulkoilman lämpötila ja kosteus on hyvä tallentaa mittausjakson aikana tunneittain. Ulkoilmanlämpötilan ja kosteuden mittauksessakin on suositeltavaa hyödyntää rakennusautomaation pidempiaikaista trendimittausta.

Kohdekatselmuksen yhteydessä haastatellaan kiinteistönhoitohenkilöstöä jäähdytysjärjestelmän käytön, toiminnallisuuden ja ylläpidon kannalta. Lisäksi haastatellaan tilojen käyttäjiä heidän kokemuksistaan sisäolosuhteiden toteutumisesta, jäähdytyksen toimivuudesta ja jäähdytyslaitteiden käytettävyydestä.

Kohdekatselmuksen jälkeen analysoidaan mittaustulokset ja muu koottu aineisto sekä laaditaan alustavat toimenpide-ehdotukset järjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi. Mittausten ja kootun aineiston analysoinnin sekä alustavien toimenpide-ehdotusten laadinnan jälkeen pidetään jäähdytysjärjestelmän käytöstä vastaavan tahon ja erityishuoltoliikkeen edustajan kanssa työpajamainen palaveri. Työpajapalaveriin on hyvä kutsua mukaan myös tilojen käyttäjien edustaja ja lisäksi tilaaja, jos hän ei edusta tilojen käyttäjiä. Palaverissa käydään läpi tulokset ja alustavat toimenpide-ehdotukset, esitetään epäkohdat ja kartoitetaan järjestelmän ja tilojen käytöstä sekä järjestelmän ylläpidosta vastaavien tahojen näkemykset alustavista toimenpide-ehdotuksista sekä mahdolliset heidän esittämät muut toimenpide-ehdotukset ja tarvittavat jatkotoimet.

Toimenpide-ehdotusten tarkentamisen ja raportoinnin viimeistelyn jälkeen tulokset esitellään tilaajalle ja muille sidosryhmille. Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen toteutusta järjestelmän osa-alueittain kuvataan tämän ohjeen laajennetussa mallisisällysluettelossa.

Mittaukset jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa

Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen yhteydessä tulee tehdä mittauksia järjestelmän toiminnan selvittämiseksi. Taulukossa 6.1 esitetään tarvittavia mittauksia ja taulukossa 6.2 mittauksiin liittyviä tarkistuksia. Mittauksissa voidaan hyödyntää rakennusautomaatiojärjestelmää (taulukossa 6.1 ja 6.2 RAU). Rakennusautomaatiojärjestelmän mittausten osalta on kuitenkin arvioitava mittausten toimivuutta ja tarvittaessa tulee tehdä tarkistusmittauksia kalibroidulla mittarilla. Sama koskee mahdollisia jäähdytysjärjestelmän paikallisesti luettavia mittareita. Seurantamittaukset voidaan toteuttaa rakennusautomaation trendiseurantana tai erikseen asennettavalla mittauslaitteella. Rakennusautomaatiojärjestelmän trendiseuranta on toimintalämpötilojen lisäksi erityisen hyödyllinen ohjausten ja käyntitilojen sekä käyntinopeuksien yms. seurannassa.

Mikäli katselmukskohteessa ei ole keskitettyä rakennusautomaatiojärjestelmää, todetaan toiminta-arvot sekä säätö- ja ohjausparametrit yksikkösäätimiltä tai jäähdytysjärjestelmän säätökeskuksilta. Erityisesti, jos rakennusautomaatiojärjestelmää ei ole tai siitä ei ole saatavissa mittaustietoja kattavasti, on tärkeää käyttää erillisiä mittauksia jäähdytysjärjestelmän toiminta-arvojen ja niiden toteutumisen selvittämiseksi.

Taulukko 6.1 Mittaukset jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa.

Mittauskohde	Toteutustapa	Mittausjakso	Mittauksen tarve
Jäähdytyskoneiston sähkötehomittaus	Seurantamittaus	Min. 2 arkipäivää ja viikonloppu	Välttämätön, mikäli ei kiinteää energiankulutuksen mittausta
Ulkoilman lämpötila ja kosteus	Seurantamittaus / kertamittaus	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus välttämätön. Voidaan laajentaa kertamittauksella
Sisäilman lämpötila ja kosteus	Pistokoemaisesti tyypillisistä tiloista seurantamittaus / kertamittaus	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus välttämätön. Voidaan laajentaa kertamittauksella
Jäähdytys- ja lauhdutusverkoston toimintalämpötilat	Seurantamittaus / kertamittaus	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus välttämätön. Voidaan laajentaa kertamittauksella
Vapaajäähdytysverkoston toimintalämpötilat	Seurantamittaus / kertamittaus	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus välttämätön. Voidaan laajentaa kertamittauksella
Lauhdelämmön LTO- verkoston toimintalämpötilat	Seurantamittaus / kertamittaus	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus välttämätön. Voidaan laajentaa kertamittauksella
Iv-koneiden jäähdytetyn tulo-, poisto- ja raitisilman lämpötilat (huomioidava mahdollinen tuloilman kuivaustoiminto sekä viilennys LTO-laitteella)	Seurantamittaus pääilmanvaihtokoneista / kertamittaus kaikista	Vastaava jakso kuin sähköteholla / katselmuspäivä	Seurantamittaus suositeltavaa/kertamittaus välttämätön.

Taulukko 6.2 Mittauksiin liittyvät tarkistukset jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksessa.

Tarkistus- tai mittauskohde	Toteutustapa	Mittausjakso	Mittauksen tai tarkistuksen tarve
Jäähdytyskoneiston käyntitila	Toteaminen konehuoneesta / toteaminen RAU:sta	Kertatarkistus katselmuspäivänä, trenditarkistus mikäli mahdollista	Kertatarkistus välttämätön / seuranta suositeltavaa
Jäähdytys- ja vapaajäähdytysverkoston pumppujen käyntitila	Toteaminen konehuoneesta / toteaminen RAU:sta	Kertatarkistus katselmuspäivänä, trenditarkistus mikäli mahdollista	Kertatarkistus välttämätön / seuranta suositeltavaa
Lauhdutus- ja lauhde-lämmön LTO -verkoston pumppujen ja puhaltimien käyntitila	Toteaminen konehuoneesta / toteaminen RAU:sta	Kertatarkistus katselmuspäivänä, trenditarkistus mikäli mahdollista	Kertatarkistus välttämätön / seuranta suositeltavaa
Huonelaitteiden käyttötila ja asetusarvot	Toteaminen pistokoemaisesti tyypillisistä tiloista / toteaminen RAU:sta	Kertatarkistus katselmuspäivänä, trenditarkistus mikäli mahdollista	Kertatarkistus välttämätön / seuranta suositeltavaa
Jäähdytys-, lauhdutus-, LTO- ja vapaajäähdytysverkoston lämpötilojen asetusarvot ja säädön ohjaukset	Toteaminen konehuoneista ja RAU:sta / säädön ohjauksen seuranta mittaus pääverkostoista	Kertatarkistus / seuranta esim. 2 arkipäivää ja viikonloppu	Kertatarkistus välttämätön / seurantamittaus suositeltava
Iv-koneiden tuloilman jäähdytyspatterien asetusarvot sekä jäähdytetyn tuloilman säädön ohjaus	Toteaminen iv-konehuoneista / toteaminen RAU:sta / säädön ohjauksen seuranta mittaus pääilmanvaihtokoneista	Kertatarkistus / seuranta esim. 2 arkipäivää ja viikonloppu	Kertatarkistus välttämätön / seurantamittaus suositeltava
Iv-koneiden puhaltimien käyttötila ja ilmamäärä	Toteaminen iv-konehuoneesta ja RAU:sta / seuranta mittaus pääilmanvaihtokoneista	Kertatarkistus / seuranta esim. 2 arkipäivää ja viikonloppu	Kertatarkistus välttämätön / seurantamittaus suositeltava

Erillisiä seurantamittauksia ja trendiseurantoja asetettaessa tulee mittausten tallennusväli valita siten, että mittaustuloksia voidaan analysoida esim. tarkasteltavien säätöjen toiminnallisuuden kannalta luotettavasti. Mikäli mittausten tallennuskapasiteetti riittää, on suositeltavaa käyttää mieluummin tiheää kuin liian harvaa mittaussäilyä. Toiminta-arvojen mittauksissa yleensä 5 minuutin mittaussäily on riittävän tiheä. Jäähdytyskoneiston tehon mittauksissa esim. 10 minuutin mittaussäily olisi riittävän tiheä, mutta kaikissa seurantamittauksissa tai trendiseurannoissa on suositeltavaa käyttää samaa mittaussäilyä. Tällöin on mm. helpompaa analysoida ohjausmuutosten vaikutuksia järjestelmän toimintaan eri mittausarvojen tallennettujen aikasarjojen perusteella.

Osa 2 Laajennettu mallisisällysluettelo

Sisältö

Esipuhe	20
1. Yhteenveto jäähdytysjärjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	21
1.1. Katselmuskohde	21
1.2. Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali	22
2. Kohteen jäähdytysjärjestelmä ja sen energiankäyttö	24
2.1. Perus- ja lähtötiedot	24
2.2. Jäähdytysenergiankulutus	25
2.3. Jäähdytysjärjestelmän käyttö- ja ylläpito-organisaatio	25
3. Jäähdytysjärjestelmän energiaterhokkuus	26
3.1. Jäähdytyksen tuotanto	26
3.2. Lauhdutusjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto	27
3.3. Vapaaäähdytysjärjestelmä	27
3.4. Jäähdytysverkosto	28
3.5. Jäähdytyksen tarve ja tilojen sisäolosuhteet	29
3.6. Jäähdytysjärjestelmän käyttö ja ylläpito	30
4. Toimenpide-ehdotukset	33
4.1. Laskentaperusteet	33
4.2. Jäähdytyksen tuotanto	33
4.3. Lauhdutusjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto	33
4.4. Vapaaäähdytysjärjestelmä	33
4.5. Jäähdytysverkosto	34
4.6. Jäähdytyksen tarve ja tilojen sisäolosuhteet	34
4.7. Jäähdytysjärjestelmän käyttö ja ylläpito	34
Lähteet	35
Liitteet	
Jäähdytysjärjestelmäkaavio	
Järjestelmien toimintakuvaukset ja -selostukset	
Mittaustulokset	
Muut mahdolliset lisäselvitykset ja valokuvat	

Esipuhe

Esipuheessa esitetään katselmuskohde, työn sisältö ja tavoite lyhyesti sekä mahdollinen liityntä muuhun katselmukseen kuten kiinteistön energiakatselmukseen. Esipuheessa esitetään myös katselmuksen toteuttajat ja toteutuksen vastuhenkilöt, toteutukseen osallistuneet tilaajan ja muiden tahojen henkilöt sekä rahoittajat. Lisäksi esipuheeseen kirjataan katselmuksen toteutusaika, mikäli sitä ei esitetä muualla raportissa kuten kansilehdellä tai kappaleessa 1.1.

1. Yhteenveto jäähdytysjärjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Luvussa esitetään lyhyesti energiakatselmuksen kohteena oleva jäähdytysjärjestelmä ja mitä kohteita katselmoitava järjestelmä palvelee. Lisäksi esitetään yhteenveto järjestelmän energiankäytöstä ja säästöpotentiaalista taulukossa 1 sekä toimenpide-ehdotuksista taulukossa 2.

1.1. Katselmuskohde

Kappaleessa kuvataan lyhyesti jäähdytysjärjestelmä ja sen palvelema kohde, joka voi olla esim. rakennus kokonaisuudessaan tai yksittäinen toimistotila, konesali, tuotantoprosessi tai joku muu rajattu kohde. Kohde nimetään jäähdytysjärjestelmän palveleman kokonaisuuden mukaan.

Kohteen osalta esitetään:

- Kohteen nimi
- Osoite
- Toimialaluokka (TOL)
- Kohteen toiminta
- Tarkastettava jäähdytysjärjestelmä ja sen palvelualue (esim. vedenjäähdytyskoneistolla toteutettu rakennuksen toimistotilojen ja tuloilman jäähdytys)
- Katselmuksen ajankohta.

1.2. Energiätehokkuus ja säästöpotentiaali

Kappaleessa esitetään yhteenveto katselmoidun jäähdytysjärjestelmän energiankäytöstä ja todetusta säästöpotentiaalista sekä esitetyistä toimenpide-ehdotuksista.

Taulukossa 1 esitetään tarkasteluvuoden kaukojäähdytyksen mitattu kulutus tai jäähdytyskoneistojen mitattu sähkönkulutus. Mikäli jäähdytyskoneistojen sähkönkulutusta ei ole mitattu, tulee se arvioida erillisiin kerta- tai seurantamittauksiin tai laskelmiin perustuen. Lisäksi esitetään vastaavat energiakustannukset ja ehdotettujen toimenpiteiden investoinnit yhteenlaskettuna energialajeittain.

Kaukojäähdytyksen tapauksessa taulukossa esitetään myös mitattu tai arvioitu jäähdytysjärjestelmän pumppauksen ja muu mahdollinen sähkönkulutus kuten huonelaitteiden kulutus yhtenä summana (Sähkö taulukossa 1). Jäähdytyskoneistojen tapauksessa pumppaus ym. sähkö sisältyy mitattuun tai arvioituun jäähdytyksen kokonaisjäähdytyskulutukseen (Sähkö taulukossa 1).

Mikäli jäähdytyksen tuotannon lauhdutuksessa tai suoraan jäähdytyksessä käytetään käytöettä tai muuta maksullista vettä, esitetään taulukossa jäähdytysjärjestelmän lauhdutuksen mitattu tai laskennallisesti arvioitu vedenkulutus tarkasteluvuotena (Vesi taulukossa 1).

Taulukossa 2 esitetään ehdotettavat toimenpiteet jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen vähentämiseksi. Mikäli esitettävällä toimenpiteellä arvioidaan olevan vaikutusta myös kohteen lämmönkulutukseen, tulee esittää laskennallinen arvio myös lämmönkulutuksen muutoksesta (säästö tai kulutuksen lisäys). Lämmönkulutuksen muutos yhteensä sekä kohteen kokonaislämmönkulutus esitetään vastaavasti taulukossa 1 (Lämpö + polttoaineet).

Taulukko 1 Yhteenveto jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksesta ja energiansäästöpotentiaalista.

Nykyinen kulutus 2015	Säästöpotentiaali	Kokonaisinvestointi
Lämpö + polttoaineet		
0 MWh/a	0 MWh/a	0 %
0 €/a	0 €/a	0 %
	0 t CO ₂	0 €
Sähkö		
0 MWh/a	0 MWh/a	0 %
0 €/a	0 €/a	0 %
	0 t CO ₂	0 €
Kaukokylmä		
0 MWh/a	0 m ³ /a	0 %
0 €/a	0 €/a	0 %
	0 t CO ₂	0 €
Vesi		
0 m ³ /a	0 MWh/a	0 %
0 €/a	0 €/a	0 %
		0 €
Kulutukset yhteensä	Säästöt yhteensä	Investoinnit yhteensä
0 €/a	0 €/a	0%
	0 t CO₂	0 €

2. Kohteen jäähdytysjärjestelmä ja sen energiankäyttö

Luvussa kuvataan jäähdytysjärjestelmän eri osa-alueiden toimintaa ja toiminnallisuutta kohteessa tehtävän katselmuksen havaintojen ja mittausten sekä koottujen dokumenttien perusteella. Lisäksi esitetään järjestelmän energiankäytön nykytila ja energiankulutuksen jakautuminen. Luvussa esitetään myös katselmuksen ja sen jäähdytysjärjestelmän perustiedot ja jäähdytysjärjestelmän ylläpitoon liittyvät näkökohdat.

2.1. Perus- ja lähtötiedot

2.1.1 Kohteen ja jäähdytysjärjestelmän perustiedot

Kappaleessa esitetään kohteen perustiedot ja kuvataan lyhyesti jäähdytysjärjestelmän toteutustapa ja laajuus. Toteutustavan osalta esitetään riittävän yksityiskohtaisesti jäähdytysjärjestelmän eri osat, jotta kuvauksesta saa käsityksen katselmukseen kuuluvista kohteista. Esitettäviä tietoja ovat:

- Kohteen yksilölliset tiedot
- Jäähdytysjärjestelmän toteutustapa
- Jäähdytettävien tilojen käyttötarkoitukset ja -ajat.

Jäähdytysjärjestelmän toteutustavan kuvauksessa suositellaan järjestelmän esittämistä kaaviona joko raportin tässä kappaleessa tai liitteenä.

2.1.2 Katselmuksen lähtötiedot

Kappaleessa mainitaan käytettävissä olleet oleelliset tietolähteet kuten suunnitteluasiakirjat ja muut tekniset dokumentit. Saatavilla olevat suunnitteluasiakirjat ja muut tekniset dokumentit hankitaan ja niihin tutustutaan ennen jäähdytysjärjestelmän katselmointia kohteessa. Hyödyllisiä dokumentteja ovat:

- Jäähdytysjärjestelmän toimintaselostukset
- Sisäolosuhteille asetetut tavoitearvot, esim. minkä sisäilmaluokituksen mukaan tavoitteet on asetettu
- LVISJA-työselitykset ja -laiteluettelot
- Jäähdytyksen tasokuvat, joista selviää jäähdytettävät tilat
- Mittauskaaviot sekä energiankulutustiedot mahdollisista jäähdytysjärjestelmän energiamittauksista
- Jäähdytysjärjestelmän huoltokirjat.

Suunnitteludokumentteja vastaava jäähdytysjärjestelmän toteutustapa on aina varmistettava kohteessa. Mikäli jäähdytysjärjestelmän toteutuksessa ja suunnitelmissa on eroavaisuuksia, tulee eroavaisuuksien syyt selvittää, arvioida vaikutukset energiatehokkuuteen sekä esittää eroavaisuudet ja niiden mahdolliset korjaustarpeet energiakatselmusraportissa. Myös jäähdytysjär-

jestelmän dokumentoinnin ajantasaisuus arvioidaan ja esitetään tarvittavat parannusehdotukset, jotta kohteessa olisi käytettävissä riittävät ja ajantasaiset käyttödokumentit.

2.2. Jäähdytysenergiankulutus

Kappaleessa esitetään vuotuinen jäähdytysenergiankulutus ja sen jakautuminen kulutuskohteisiin kuten tilojen jäähdytykseen ja tuloilman jäähdytykseen. Energiankäytön ja sen jakautumista eri kulutuskohteisiin havainnollistetaan taulukkoina ja graafeina. Lisäksi esitetään kuukausikulutukset, mikäli mitattuja kulutuksia on käytettävissä. Jäähdytysenergian hankinnan kokonaiskustannukset esitetään vuositasolla samalta jaksolta kuin vuotuinen energiankulutus. Suositeltavaa on esittää myös jäähdytysjärjestelmän palveleman rakennuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus (sähkö, lämpö ja mahdollinen kaukokylmä) ja sitä vastaavat energiakustannukset, sekä jäähdytysenergiankulutuksen ja sen kustannuksen osuus kokonaisenergiankulutuksesta ja -kustannuksista. Jäähdytysjärjestelmän vuotuiset ylläpitokustannukset esitetään, jos ne ovat tiedossa tai luotettavasti arvioitavissa ja ovat merkittäviä. Tällöin toimenpide-ehdotuksien kuvauksessa voidaan esittää myös toimenpiteen toteutuksen mahdollinen vaikutus ylläpitokustannuksiin.

Olemassa olevat jäähdytysjärjestelmän energiamittaukset selvitetään viimeistään kohdekatselmuksen aikana ja varmistetaan niihin liitetyt järjestelmät. Kohteessa on hyvä kirjata varmuuden vuoksi mittausten kulutuslukemat myöhempiä mahdollisia tarkistuksia varten, vaikka kulutuslukemia olisi tallennettu aiemminkin.

Mikäli kiinteitä energiamittauksia ei ole, mitataan jäähdytyksen sähkönkulutusta väliaikaisella tallentavalla sähkötehomittauksella. Tällöin mittaukset asennetaan merkittävälle jäähdytyskoneistoille esimerkiksi 1 viikon seurantajaksolle. Erillisenkin väliaikaisen tehomittauksen asentamiseksi sähkökeskukseen tulee mittauksen asentavalla henkilöllä olla riittävä pätevyys asennustyöhön. Samalta seurantajaksolta mitataan tilojen ja ulkoilman olosuhteiden toteutumista. Mittauksen perusteella voidaan analysoida jäähdytysjärjestelmän toiminnallisuutta sekä arvioida järjestelmän energiankäyttöä luotettavammin. Jos kiinteitä energiankulutusmittareita ei ole eikä väliaikaisten seuranamittauksien asentaminen ole mahdollista, tulee jäähdytysjärjestelmän energiankäyttö arvioida laskennallisesti.

Tässä kappaleessa tai raportin liitteenä esitetään lisäksi jäähdytystehon analysoimiseksi vuorokausi- tai viikkojaksoilta sähkön tuntitehomittauksia tai kaukojäähdytyksen tilausvesivirran käytön mittauksia, mikäli erillisiä seurantamittauksia on tehty tai mittauksia on saatavissa olemassa olevista seurantajärjestelmistä.

2.3. Jäähdytysjärjestelmän käyttö- ja ylläpito-organisaatio

Luvussa kuvataan lyhyesti kuka vastaa jäähdytysjärjestelmän toiminnan päivittäisestä seurannasta, huollosta ja energiankäytön seurannasta, sekä kuka vastaa jäähdytysjärjestelmän kausihuolloista ja onko ne tehty asianmukaisesti. Lisäksi esitetään miten kattavasti jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen seuranta on toteutettu ja onko seuranta tarvetta parantaa ja kehittää. Varsinaiset toimenpide-ehdotukset esitetään luvussa 4.

3. Jäähdytysjärjestelmän energiatehokkuus

Luvussa esitetään jäähdytysjärjestelmän katselmoitavien osien nykytila ja arvioidaan niiden energiatehokkuutta. Luvussa kuvataan jäähdytysjärjestelmän eri osien toimintaa ja toiminnallisuutta kohteessa tehtävän katselmuksen havaintojen ja mittausten sekä koottujen dokumenttien perusteella. Energiatehokkuuden arvioinnin tuloksena esitettävät varsinaiset toimenpideehdotukset jäähdytysjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi esitetään luvussa 4.

Kohdekatselmuksen aikana tehtävien erillismittausten, paikallisesti luettavien mittausten tai rakennusautomaatiojärjestelmän mittausten lukemat kirjataan muistiin tai tallennetaan muulla tavoin myöhempää analysointia varten. Seurantamittaukset toteutetaan niin, että niiden tulokset ovat analysoitavissa tiedostomuodossa. Jäähdytysjärjestelmän energiakatselmuksen yhteydessä tehtäviä mittauksia on esitetty toteutusohjeen taulukoissa 6.1 ja 6.2.

3.1. Jäähdytyksen tuotanto

Kappaleessa kuvataan jäähdytyksen tuotantolaitteisto sekä esitetään sen energiankäytön ja toiminnan kannalta oleelliset tiedot kuten:

- Jäähdytyksen tuotantoyksikön laitetiedot ja asennusvuosi
- Koneellisen jäähdytysjärjestelmän käyntitunnit tai arvio siitä
- Käytössä oleva kylmäaine
- Jäähdytyksen mitoitusteho
- Integroidun jäähdytyksen ja lämmityksen tuotantolaitteiston (lämpöpumput) jäähdytys- ja lämmitystehon mitoitus
- Jäähdytyksen tuotannon kylmäkerroin, COP
- Kylmäainepiirin höyrystymis- ja lauhtumispaine
- Kaukojäähdytyksen liittymän tiedot kuten tilausvesivirta ja siirtimien mitoitusteho
- Jäähdytyksen tuotannon toimintaperiaate, ohjaustapa sekä kausittaiset käyntilupa- ja käyttöaika-asetukset
- Jäähdytyksen tuotantoon liittyvät energiamittaukset ja muut mahdolliset jäähdytysjärjestelmään liittyvät energiamittaukset.

Jäähdytyksen tuotantolaitteisto katselmoidaan silmämääräisesti vallitsevissa kuormitusolosuhteissa. Samalla arvioidaan tuotantoyksikön kuntoa, kiinnitetään huomiota laitteiden ja putkistojen eristysten kuntoon. Tuotantolaitteiston käyttötila selvitetään rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon mittauksista ja asetuksista sekä tuotantolaitteiston paikallisista olemassa olevista mittauksista tai käyttöpäätteistä. Lisäksi toteutettujen mittausten perusteella arvioidaan jäähdytystarpeen vaikutuksia sähkön huipputehohon ja kuormitusvaihteluihin, tai kaukojäähdytystehon toteutunutta huippua ja kuormitusvaihteluita.

3.2. Lauhdutusjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto

Kappaleessa kuvataan jäähdytyksen tuotannon lauhdutusjärjestelmä sekä esitetään lauhdutusjärjestelmän energiankäytön ja toiminnan kannalta oleelliset tiedot kuten:

- Jäähdytyksen tuotantoyksikön lauhdutusjärjestelmän laitetiedot ja asennusvuosi
- Lauhdutuksen mitoitusteho
- Lauhdelämmön talteenottojärjestelmä ja sen mitoitus
- Lauhdelämmön määrä ja sen talteenoton lisäämismahdollisuudet
- Lauhdutuksen ja lauhdelämmön talteenoton toimintaperiaatteet sekä ohjaustavat
- Lauhdelämmön talteenotossa lauhdelämmön mahdollisen varastoinnin toteutustapa
- Lauhdutus- ja lauhdelämmön talteenottojärjestelmään liittyvät puhaltimet ja pumput sekä niiden ohjaustavat ja käyttöasetukset
- Veden käyttö lauhdutuksessa (lauhduttimien vesisuihkutus, jäähdytystornit, muu mahdollinen vesilauhdutus).

Jäähdytyksen tuotantoon liittyvät lauhdutusjärjestelmät katselmoidaan silmämääräisesti vallitsevissa kuormitusolosuhteissa. Samalla arvioidaan lauhdutusjärjestelmän kuntoa ja tarkistetaan, että vuotoja ei esiinny. Lauhdutusjärjestelmän osalta arvioidaan lauhduttimien sijaintia sopivan toimintaympäristön kannalta ja lauhdutinpatterien puhtautta. Liuoslauhduttimien osalta selvitetään, että lauhdutusverkoston liuospitoisuus ja virtaamat on tarkistettu ja ne ovat oikealla tasolla, ja että paisuntajärjestelmä on toimintakunnossa. Tarpeen mukaan liuospitoisuus mitataan.

Mahdollisen lauhdelämmön talteenottojärjestelmän kytkentä ja laitteet katselmoidaan vastaavasti. Lauhdutusjärjestelmän ja lauhdelämmön talteenottojärjestelmän käyttötila selvitetään rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon mittauksista ja asetuksista sekä järjestelmien paikallisista olemassa olevista mittauksista, ohjaus- ja säätökeskuksista tai käyttöpäätteistä. Lauhdelämmön talteenottojärjestelmän osalta selvitetään talteen otetun lämmön määrä mittauksiin perustuen.

Mikäli lauhdutuksessa käytetään vettä joko lauhdutuksen tehostamiseen (ilmalauhduttimien vesisumutus) tai varsinaisena lauhduttajana (esim. jäähdytystornit tai vara-/häätäjäähdytyskoneistojen käyttövesilauhdutus), selvitetään veden käyttötavat ja mahdolliset ohjaukset. Ellei lauhdutuksen vedenkulutusta ole mitattu tulee se arvioida käyttötapojen ja ohjausten sekä tyyppillisten käyttöjaksojen perusteella. Lauhdutuksen tehostamiseksi käytetyn vesisuihkutuksen osalta selvitetään, miksi vettä joudutaan käyttämään ja miten järjestelmän lauhdutustehoa olisi lisättävissä, jotta vesisuihkutusta ei tarvitsisi käyttää.

3.3. Vapaajäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyksen tuotanto- ja lauhdutusjärjestelmään liittyvän vapaajäähdytysjärjestelmän osalta esitetään:

- Vapaajäähdytys siirtimen mitoitusteho ja –lämpötilat
- Vapaajäähdytyksen käyttökohde ja tuotantotapa (ulkoilma, maaperää tai vesistö)
- Vapaajäähdytysjärjestelmän toteutustapa ja toimintaperiaate, ohjaustapa sekä kausittaiset käyntilupa- ja käyttöaika-asetukset
- Vapaajäähdytysjärjestelmään liittyvät pumput sekä niiden ohjaustavat ja käyttöasetukset.

Vapaajäähdytysjärjestelmän yleinen kunto katselmoidaan vastaavasti kuin jäähdytyksen tuotanto- ja lauhdutusjärjestelmän. Vapaajäähdytyksen toiminta-asetukset ja verkoston lämpötilat sekä käyttötila tarkistetaan rakennusautomaation valvomon asetuksista ja mittauksista sekä paikallisista mittauksista, ohjaus- ja säätökeskuksista tai käyttöpäätteistä.

Vapaajäähdytyksen osalta arvioidaan siitä saatava jäähdytysteho ja vuotuinen jäähdytysenergia sekä vapaajäähdytysverkoston pumppujen energiankulutus. Vapaajäähdytyksen tehon ja järjestelmätoteutuksen osalta arvioidaan vastaavako ne jäähdytystarvetta vapaajäähdytyskaudella. Mikäli vapaajäähdytysjärjestelmää ei ole toteutettu ja kohteessa on merkittävää jäähdytystarvetta myös varsinaisen jäähdytyskauden ulkopuolella, arvioidaan vapaajäähdytyksen lisäämisen tarvetta ja toteutusmahdollisuuksia.

Vapaajäähdytysjärjestelmänä selvitetään myös ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteen mahdollinen hyödyntäminen tuloilman viilennyksessä jäähdytyskaudella tai arvioidaan sen toteutusmahdollisuutta. Lisäksi arvioidaan ilmanvaihdon yötuuletuksen käyttöä ja/tai käyttömahdollisuuksia.

3.4. Jäähdytysverkosto

3.4.1 Jäähdytysvesi- tai -liuosverkosto

Kappaleessa esitetään jäähdytysvesi- tai liuosverkoston toimintaperiaate ja samaan jäähdytyksen tuotantoyksikköön kytketyt eri jäähdytysverkostot kuten tuloilman jäähdytysverkosto ja huonelaitteiden jäähdytysverkosto. Eri jäähdytysverkostojen osalta esitetään:

- Palvelualue
- Jäähdytysverkoston mitoitusteho ja –lämpötilat
- Jäähdytysverkoston toimintaperiaate sekä säätö- ja ohjaustapa
- Jäähdytysverkoston pumput sekä niiden ohjaustavat ja käyttöasetukset
- Tasaussäiliön tilavuus.

Jäähdytysverkostot katselmoidaan silmämääräisesti näkyviltä osin jäähdytyksen teknisissä tiloissa ja mahdollisuuksien mukaan laajemminkin. Jäähdytysverkoston osalta arvioidaan venttiilien ja säätölaitteiden sekä putkistoeristysten kuntoa ja tarkistetaan, että vuotoja ei esiinny. Jäähdytysverkostojen säätöjen ja ohjausten tila ja toimivuus selvitetään rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon mittauksista ja asetuksista sekä paikallisista mittauksista tai käyttöpäätteistä. Lisäksi arvioidaan eri jäähdytysverkostojen ja/tai säätövyöhykkeiden jakoa tarkoituksenmukaisesti palvelualueisiin, sekä arvioidaan eri jäähdytysverkostojen jäähdytysveden lämpötilan ja sen asetusarvon tarkoituksenmukaisuutta.

3.4.2 Kylmäaineverkosto

Kappaleessa kuvataan suorahöyrytysperiaatteella toteutetun ja useita tiloja tai kohteita palvelevan jäähdytysjärjestelmän kylmäaineverkoston toteutustapa ja toimintaperiaate. Suorahöyrytysjäähdytyskoneisto palvelee tällöin useita koneiston höyrystimenä toimivia huonepään jäähdytyslaitteita ja kylmäaineverkosto toimii jäähdytyksen jakeluverkostona. Kylmäaineverkoston osalta esitetään:

3.5.2 Jäähdytyksen luovuttimet

Kappaleessa kuvataan jäähdytysjärjestelmän erityyppiset huonelaitteet sekä niiden toimintaperiaate. Lisäksi kuvataan muut jäähdytyksen luovuttimet kuten tuloilma- ja kiertoilmakoneiden jäähdytyspatterit toimintaperiaatteineen. Jäähdytysjärjestelmän jäähdytyksen luovuttimien osalta esitetään:

- Jäähdytyksen luovuttimien tyypit (jäähdytyspakit, puhallinkonvektorit, jäähdytyskatto, tuloilman ja kiertoilman jäähdytyspatterit, yms.)
- Erityyppisten luovuttimien tyypilliset palvelualueet
- Luovuttimien toimintaperiaate, säätö- ja ohjaustapa sekä käyntilupa- ja käyttöaika-asetukset
- Luovuttimen lämmityskäyttö lämmityskaudella kuten ilmalämpöpumppujen tapauksessa

Huonelaitteet sekä tuloilman ja kiertoilman jäähdytyspatterit katselmoidaan silmämääräisesti ja arvioidaan laitteiden kuntoa. Jäähdytyksen luovuttimien osalta arvioidaan laitteiden toiminnallisuutta, puhtautta, sijoittelua ja säätöjen ja ohjausten käytettävyyttä. Luovuttimien käyttötila sekä säätöjen asetukset ja ohjaukset ja niiden toimivuus selvitetään pistokoemaisesti rakennusautomaatiojärjestelmän valvomon mittauksista ja asetuksista sekä järjestelmien paikallisista ohjaus- ja säätöyksiköistä. Sarjasäätöjen osalta selvitetään, että samanaikaista jäähdytystä ja lämmitystä ei tapahdu.

3.6. Jäähdytysjärjestelmän käyttö ja ylläpito

3.7.1 Rakennusautomaation hyödyntäminen

Kappaleessa esitetään miten rakennusautomaatiojärjestelmää hyödynnetään jäähdytysjärjestelmän käytössä ja ohjauksessa sekä miten kattavasti jäähdytysjärjestelmän mittauksia ja toiminta-asetuksia on liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään. Rakennusautomaatiojärjestelmä on jäähdytysjärjestelmän päivittäisestä käytöstä ja ylläpidosta vastaavalle taholle tärkeä työkalu, joka mahdollistaa hyvin toteutettuna jäähdytysjärjestelmän energiatehokkaan käytön.

Jäähdytysjärjestelmän katselmuksessa arvioidaankin rakennusautomaation toteutuksen, ominaisuuksien ja toimintojen osalta sitä, voidaanko jäähdytysjärjestelmää käyttää ja ohjata riittävästi rakennusautomaation avulla energiatehokkaan käytön varmistamiseksi. Lisäksi arvioidaan, onko kiinteistönhoitaja perehtynyt rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöön riittävästi, jotta jäähdytysjärjestelmän energiatehokas käyttö on mahdollista.

Rakennusautomaatiojärjestelmien hyödyntäminen tehokkaasti vaatii sen käyttäjältä perehtymistä ja koulutusta mm. seuraavien toimintojen osalta:

- Käyttöliittymän rakenteen tunteminen
- Aikaohjelmien merkitys ja vaikutus sekä niiden käyttö ja muutosten tekeminen
- Asetusarvojen merkitys ja vaikutus sekä niiden muuttaminen
- Hälytysten merkitys, niiden seuranta ja kuittaukset
- Toiminta-arvojen ja energiamittausten seurantaohjelmien (trendit) käyttö, asettaminen ja tulostukset.

Jäähdytysjärjestelmän katselmoija voi arvioida rakennusautomaation hyödyntämistä ja siihen liittyviä mahdollisia parannusehdotuksia esimerkiksi sillä perusteella, miten yllämainitut toiminnot on toteutettu rakennusautomaatiossa, ja onko kiinteistöhoitaja perehtynyt ja saanut riittävän koulutuksen näiden toimintojen käyttöön.

3.7.2 **Energiankulutuksen seuranta**

Kappaleessa kuvataan millä tavalla jäähdytysjärjestelmän energiankulutusta mitataan, seurataan ja raportoidaan, sekä mitä järjestelmiä tähän käytetään. Lisäksi esitetään kuka on energiankulutuksen seurannan vastuutaho energiankulutuksen raportoinnin eri tasoilla. Lisäksi esitetään millä tavalla energiaseurantaa käytetään jäähdytysjärjestelmän toimivuuden varmistamisessa, esimerkiksi kulutuspoikkeamien syiden selvittämisen osalta. Seurannan kehittämisen kannalta arvioidaan mittausten lisäämistarvetta sekä seuranta- ja raportointijärjestelmien kehitystarvetta.

3.7.3 **Ylläpito ja kausihuollot**

Kappaleessa esitetään kuinka jäähdytysjärjestelmän ylläpito ja säännöllinen huolto on toteutettu. Suunnitelmallinen ylläpito ja säännölliset kausihuollot ovat järjestelmän toiminnallisuuden ja myös energiatehokkaan toiminnan kannalta tärkeitä. Kappaleessa kuvataan mitä kiinteistöhoitajan jatkuvaan seurantaan ja huoltotehtäviin kuuluu jäähdytysjärjestelmän osalta.

Kiinteistöhoitajan toteuttaman jatkuvan seurannan ja huollon lisäksi jäähdytysjärjestelmille tehdään kausihuoltoja. Näiden osalta esitetään onko jäähdytysjärjestelmän kausihuollot toteutettu ja mitä ne ovat sisältäneet.

Päivittäisen jäähdytysjärjestelmän käytön ja ylläpidon sekä kausihuoltojen osalta arvioidaan ovatko ne riittävällä tasolla järjestelmän toiminnallisuuden ja energiatehokkaan käytön varmistamiseksi. Kausihuolto tulee tehdä vähintään kerran vuodessa, jäähdytyskauden alussa. Ennen jäähdytyskauden alkua kausihuollossa tarkistetaan ja asetetaan tarkoituksenmukaiset käyttöohjaukset jäähdytykselle, sekä todetaan jäähdytysjärjestelmän toimivuus mm. tarkistamalla:

- Jäähdytyskoneistojen toimivuus mm. höyrytimen, lauhduttimen, nestejäähdyttimen, kompressorin, paisuntaventtiilin, tasaussäiliön ja tehonsäädön osalta
- Jäähdytyskoneistojen ja vapaajäähdytyksen käyntilupa-asetukset (lämpötilarajat ja aikaohjaukset)
- Jäähdytysverkostojen kaikille säätöpiireille asetut lämpötilat ja mahdolliset säätökäyrät
- Lauhdutinpuhaltimien toimivuus ja lauhdutinpatterien puhtaus
- Jäähdytysverkostojen laitteiden kuten säätöventtiilien ja pumppujen toimivuus.

Kausihuolto on suositeltavaa tehdä jäähdytysjärjestelmien huoltoon erikoistuneen huoltoliikkeen toimesta. Lisäksi on suositeltavaa tehdä noin kolmen vuoden välein jäähdytysjärjestelmän kokonaisvaltainen tarkistus kausihuollon yhteydessä tai erillisenä järjestelmätarkistuksena (esim. jäähdytysjärjestelmän kuntotutkimus [3]). Tällöin tarkistettavia seikkoja edellä mainitun kausihuoltotarkistusten lisäksi ovat mm.:

- Jäähdytys- ja lauhdutusverkostojen liuospitoisuudet ja puhtaus, tarvittaessa liuoksen vaihto sekä putkiston ja lämmönsiirtimien pesu
- Verkostojen virtaamien tarkistaminen ja säätäminen

- Verkostoissa olevan ilman kartoittaminen sekä paisuntajärjestelmän ja varolaitteiden toiminnan tarkistaminen, tarvittaessa ilman poisto sekä paisunta- ja varolaitteiden korjaus
- Huonelaitteiden kunnon ja toiminnan tarkistaminen, tarvittaessa korjaus
- Mittauslaitteiden kunnon ja toiminnan tarkistaminen, tarvittaessa korjaus .

Jäähdytysjärjestelmän katselmuksen yhteydessä arvioidaan yllä kuvatun yksityiskohtaisen järjestelmätarkistuksen tai kuntotutkimuksen [3] tarvetta ja tarpeen mukaan ehdotetaan sitä jatkoselvityksenä.

Jäähdytysjärjestelmän systemaattisen ylläpidon ja huollon toteutumista arvioidaan myös kohteen huoltokirjamerkintöjen perusteella. Jos jäähdytysjärjestelmää on ylläpidetty systemaattisesti, on toteutetut korjaukset ja huoltotehtävät sekä niiden ajankohdat yleensä kirjattu rakennuksen huoltokirjaan.

Jäähdytysjärjestelmän riittävän ylläpidon arvioimiseksi ja parannusehdotusten kartoittamiseksi haastatellaan kiinteistönhoitajaa sekä muita ylläpidosta vastaavia tahoja heidän näkemyksensä, mahdollisten ylläpidollisten epäkohtien sekä parannusehdotusten kartoittamiseksi.

4. Toimenpide-ehdotukset

Luvussa analysoidaan jäähdytysjärjestelmän energiatehokkuutta ja esitetään toimenpide-ehdotuksia jäähdytysenergiankulutuksen vähentämiseksi sekä sisäolosuhteiden parantamiseksi. Toimenpide-ehdotusten osalta esitetään lyhyt kuvaus toimenpiteen toteutustavasta ja vaikutuksista. Toimenpiteen kannattavuudesta esitetään laskelma, jossa esitetään investointitarve, energian ja kustannusten säästö sekä toimenpiteen investoinnin takaisinmaksuaika.

4.1. Laskentaperusteet

Kappaleessa esitetään lähtötietoina säästölaskelmissa käytetyt kaukojäähdytyksen ja sähkön sekä tarpeen mukaan myös lämmön ja veden hinnat. Hinnat ja kustannukset esitetään arvonnalisäverottomina.

4.2. Jäähdytyksen tuotanto

Kappaleessa kuvataan jäähdytyksen tuotannon energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia ja esitetään lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen. Lisäksi esitetään mahdolliset jatkoselvitystarpeet.

4.3. Lauhdutusjärjestelmä ja lauhdelämmön talteenotto

Kappaleessa esitetään jäähdytyksen tuotannon lauhdelämmön lauhdutusjärjestelmän ja mahdollisen talteenottojärjestelmän energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia. Lauhdelämmön talteenottojärjestelmän lisäämismahdollisuus arvioidaan ja esitetään arvio toteutusmahdollisuuksista, vaikka toimenpidettä ei taloudellisesti kannattavana esitettäisikään. Lauhdutusjärjestelmän ja lauhdelämmön talteenottojärjestelmän osalta esitetään lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen, sekä tarvittavat jatkoselvitykset.

4.4. Vapaajäähdytysjärjestelmä

Kappaleessa kuvataan vapaajäähdytysjärjestelmän energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia, mahdollinen tarve vapaajäähdytyksen lisäämiselle sekä arvio vapaajäähdytyksen toteutusmahdollisuuksista. Lisäksi esitetään lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen, sekä tarvittavat jatkoselvitykset.

4.5. Jäähdytysverkosto

Kappaleessa esitetään jäähdytysverkoston (jäähdytysvesi- tai liuosverkosto tai kylmäaineverkosto) energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia sekä lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen, sekä jatkoselvitystarpeet.

4.6. Jäähdytyksen tarve ja tilojen sisäolosuhteet

Kappaleessa esitetään tilojen jäähdytystarpeen vähentämismahdollisuuksia, tilojen jäähdytysjärjestelmiin sekä tulo- ja kiertoilman jäähdytykseen liittyviä energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksia, sekä sisäolosuhteiden parantamiseksi tai varmistamiseksi ehdotettavia toimenpiteitä. Lisäksi esitetään lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen, sekä tarvittavat jatkoselvitykset.

4.7. Jäähdytysjärjestelmän käyttö ja ylläpito

Kappaleessa esitetään jäähdytysjärjestelmän kannalta rakennusautomaatiojärjestelmään ja sen käytettävyyden parantamiseen liittyvät parannusehdotukset. Kappaleessa esitetään myös ylläpito- ja huoltokäytäntöihin sekä järjestelmän toiminnan ja energiankulutuksen seurantaan ja raportointiin liittyvät parannusehdotukset. Lisäksi esitetään lyhyesti konkreettiset ja taloudellisesti kannattavat toimenpide-ehdotukset kannattavuuslaskelmineen, sekä tarvittavat jatkoselvitykset.

Lähteet

1. Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet, Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiaosasto. Maaliskuu 2013.
2. Energiakatselmoijan käsikirja, Motiva. <http://www.motiva.fi/extranet>
3. IV-kuntotutkimus, Jäähdytysosio, Ohjeluonnos – vers.5.1, Kylmä K Oy. 22.8.2013