

Energiahankesuunnittelu



Jäähalli

Raportin päivämäärä: 29.5.2020

Katselmuksen päivämäärä: 20.4.2020

Kohdekäynnin suorittivat: Tatu Reinikainen, Antti Mäki / EcoReal Oy

Tiivistelmä

Tämä energiatekninen hankesuunnitelma on laadittu Kauniaisten kaupungille. Kauniaisten kaupunki on asettanut tavoitteekseen alentaa kiinteistöjen energiankulutusta 25% vuoden 2016 energiankulutuksen tasosta vuoteen 2035 mennessä. Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää vaihtoehtoja alentaa Jäähallin energiankulutusta 25% vuoden 2016 tasosta sisäolosuhteita heikentämättä. Näiden toimenpiteiden perusteella voidaan laatia koululle energiatekninen PTS.

Jäähallin kylmäjärjestelmän lauhdelämpöä ei nykyisellään hyödynnetä. Lisäksi ilmanvaihtokoneet ovat alkuperäisiä vuodelta 1986 ja rakennusautomaatiojärjestelmällä toteutetut ilmanvaihdon ohjaukset on toteutettu osin heikosti energiatehokkuuden kannalta. Energiankulutusta saadaankin kustannustehokkaasti pienennettyä jopa 54 % vuoden 2016 tasosta lauhdelämpöpumppujärjestelmän rakentamisella ja lämmitysjärjestelmän muutoksilla sekä ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisoinnilla. Muilla ehdotetuilla toimenpiteillä voidaan yhteensä saavuttaa 1 % energiansäästö vuoden 2016 tasosta.

Toimenpiteistä taloudellisesti kannattavin on lauhdelämpöpumppujärjestelmän toteuttaminen, jossa kylmäjärjestelmän hukkalämpöä hyödynnetään jäähallin ja viereisen monitoimikentän lämmitykseen. Tarkastelluista toimenpiteistä kannattamattomimpia ovat vesikalusteiden uusiminen.

Tämän tarkastelun mukaan energiatukea olisi mahdollista hakea ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisoinnille, kylmäautomaation uusimiselle sekä lauhdelämpöpumpun rakentamiselle ja lämmitysjärjestelmän muutoksille. Energiatuen määrä olisi 93 800 €.

Tarkastellut toimenpiteet, niillä saavutettava energiansäästö, prosentuaalinen säästö vuoden 2016 energian kulutuksesta sekä taloudelliset tunnusluvut on esitetty alla taulukossa. Lämmitysenergian säästö on yli 100%, sillä lauhdelämmön talteenoton myötä lämpöä olisi mahdollista hyödyntää myös kiinteistön ulkopuolella.

Taulukko 1. Ehdotetut energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet, niiden säästöpotentiaali sekä säästö vuoden 2016 energiankulutuksesta. Lisäksi toimenpide-ehdotusten investointikustannus, takaisinmaksuaika sekä nettonykyarvo

| | Lämpö | | Sähkö | | Yhtensä | | Investointi** | TMA** | NPV** |
|--|--------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------------|------------|----------------|
| | MWh | % | MWh | % | MWh | % | € | a | € |
| Ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisointi | 205,3 | 36 % | 55,5 | 5 % | 260,8 | 16 % | 170 660 | 6,4 | 357 567 |
| Kylmäautomaation uusiminen | 0,0 | 0 % | 61,0 | 6 % | 61,0 | 4 % | 39 905 | 6,3 | 36 067 |
| Lauhdelämpöpumpun rakentaminen ja lämmitysjärjestelmän muutokset | 588,3 | 102 % | -68,5 | -7 % | 519,8 | 33 % | 233 232 | 5,8 | 412 648 |
| Sisävalaistuksen loisteputkivalaisimien uusiminen | 0,0 | 0 % | 9,2 | 1 % | 9,2 | 1 % | 12 650 | 10,3 | 5 315 |
| Ulkovalaistuksen uusiminen | 0,0 | 0 % | 5,8 | 1 % | 5,8 | 0 % | 6 239 | 9,6 | 3 520 |
| Vesikalusteiden uusiminen | 0,0 | 0 % | 0,0 | 0 % | 0,0 | 0 % | 7 159 | 14,6 | 0 |
| Ehdotetut toimenpiteet yhteensä | 793,6 | 138 % | 63,0 | 6 % | 856,6 | 54 % | 469 844 € | 6,3 | 808 610 |

*Investointikustannus, takaisinmaksuaika ja NPV laskettu mahdollinen energiatuki sekä energian hinnan nousu (5%) huomioiden.

1 Yleiset tiedot

Kohteen yleiset tiedot

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Kohteen nimi | Kauniaisten Jäähalli |
| Osoite | Vanha Turuntie 42, 02700 Kauniainen |
| Käyttötarkoitus | Harjoitushalli |
| Käyttörytmi | Ark. 8-23 |
| Rakennusvuosi | 1986 |
| Bruttopinta-ala [brm ²] | 3 784 |
| Liittynyt energiatehokkuussopimukseen | Kyllä |
| Kulutusseurantajärjestelmä | Enerkey |

Talotekniikan yhteenveto

Lämmitys

- Kaukolämpö. Lämmönjakolaitteisto vuodelta 2017.
- Lämmönöuvutus tuloilman lämmityksellä ja kiertoilmalämmittimillä.
- Lisäksi sähkölämmiteisiä ilmankuivaimia sekä kiertoilmalämmittimiä.

Jäähdytys

- 3 kpl 55 kW jäähdytyskompressoreja vuodelta 2004.
- Käytetään kentän jäähdytykseen sekä jäähallitilan ilmankuivaimien jäähdytykseen.
- Jäähdytysjärjestelmässä ei lauhdelämmöntalteenottoa.
- Kylmäautomaatio Danfoss Adap-Kool NG. Ohjaus paikallisesti tietokoneohjelmistolla.

Ilmanvaihto

- 2 kpl Kryotherm tulo-poistokoneita, joissa kiertoilmatoiminto, ei lämmöntalteenottoa. Koneiden lämmityksessä on käytetty jäähdytysjärjestelmän lauhdelämpöä ennen nykyistä jäähdytysjärjestelmää.
- 5 kpl huippuimureita kahviolle, pukuhuoneille ja teknisille tiloille.

Valaistus

- Jäähallin valaistus led-valaisimilla, muu sisävalaistus T8 loisteputkivalaisimilla.
- Ulkovalaistus pääosin purkauslampuilla varustetuilla valaisimilla.

Rakennusautomaatio

- Schneider Atmostech järjestelmä. IC1000 alakeskukset saneerattu vuonna 2018.
- Ohjataan lämmönjakoa, ilmanvaihtokoneita, jäähallin kuivaimia, ja ulkovalaistusta.

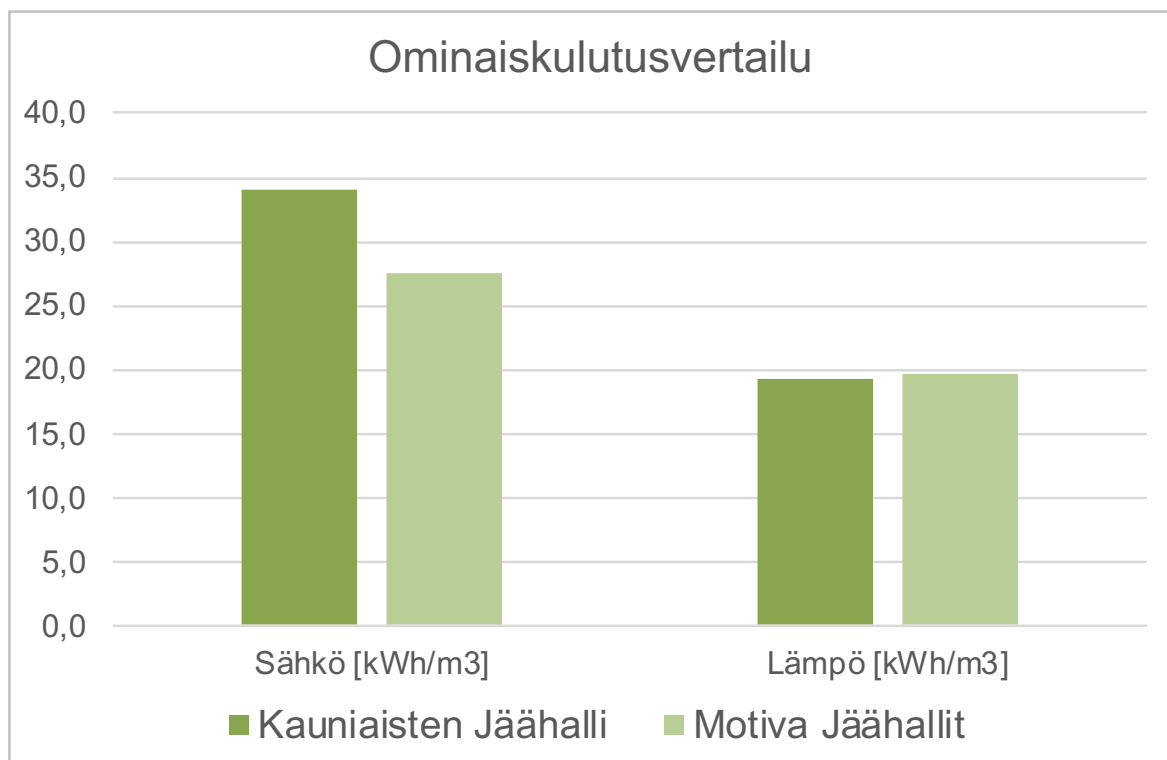
Laskentatiedot

| | |
|--|-------|
| Sähkön hinta (alv 0%) [€/MWh] | 85,00 |
| Lämmön hinta (alv 0%) [€/MWh] | 54,00 |
| Veden ja jäteveden hinta [€/m ³] | 2,60 |
| Energian hinnannousu [%/a] | 5 % |
| Laskentakorkokanta [%] | 5 % |

2 Kohteen energiankulutus

| Nykyinen kulutus (2016) | Säästöpotentiaali | Kulutus investointien jälkeen |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Lämpö | | |
| 576 MWh/a | 794 MWh/a 138 % | -218 MWh/a |
| 152 kWh/m ² | | -57 kWh/m ² |
| 44 529 EUR/a | 56 274 EUR/a 126 % | |
| Sähkö | | |
| 1 015 MWh/a | 63 MWh/a 6 % | 952 MWh/a |
| 268 kWh/m ² | | 252 kWh/m ² |
| 86 309 EUR/a | 5 354 EUR/a 6 % | |
| Vesi | | |
| 5 032 m ³ /a | 126 m ³ /a 3 % | 4 906 m ³ /a |
| 1 330 l/m ² | | 1 296 l/m ² |
| 13 082 EUR/a | 327 EUR/a 3 % | |
| CO₂ | | |
| 255 t/a | 140 t/a 55 % | 115 t/a |
| Kulutukset yhteensä | Säästöt yhteensä | Investoinnit yhteensä |
| 143 920 EUR/a | 62 090 EUR/a 43 % | 565 484 EUR |

Lämmönkulutus on määritetty Enerkey-palvelun mukaan. Jäähallin ja monitoimikentän lämmönkulutukset ovat palvelussa identtiset, joten lukema voi olla virheellinen. Enerkey-palvelun perusteella vuosittainen lämmönkulutus on noussut vuosien 2016 ja 2019 välillä 38 %. Vuoden 2019 kulutus on ollut 793,6 MWh:a.

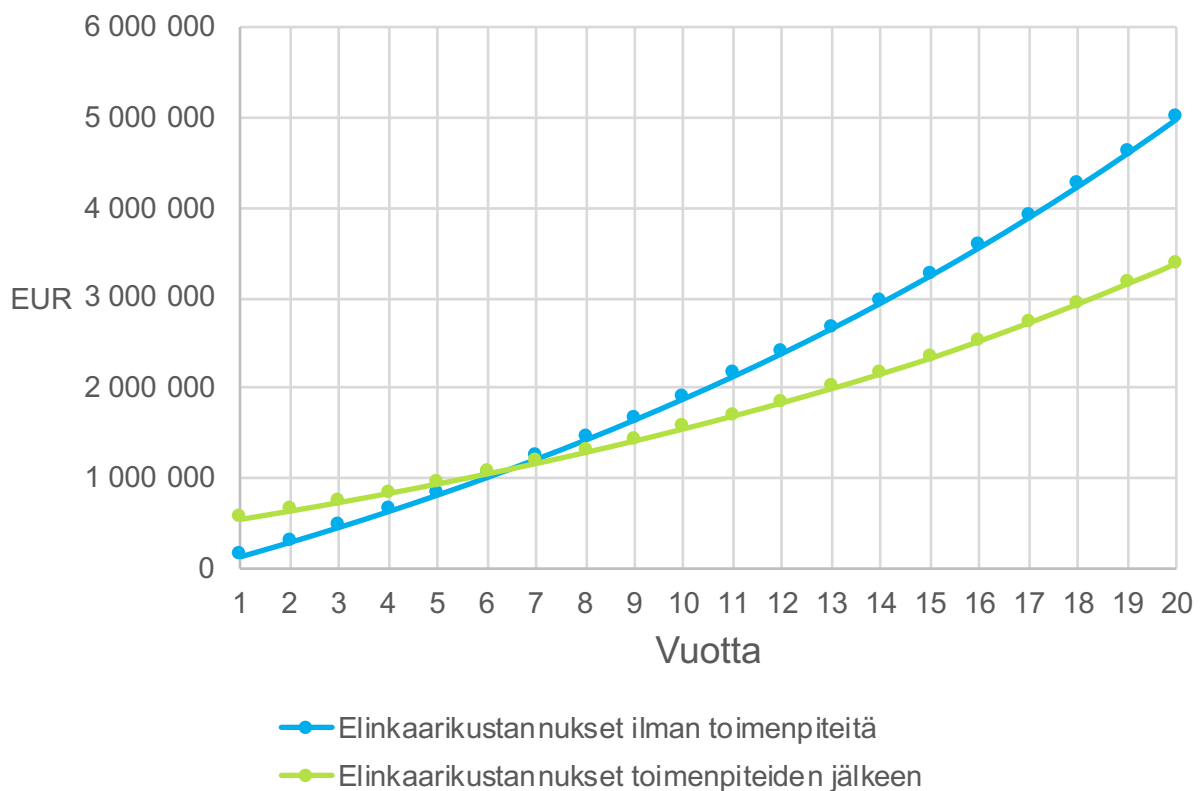


3 Toimenpidesuosituksset

| EcoReal ^e | Säästövaikutus | | Kokonaiskustannus | Energiatuenn määrä | Käyttöikä | Säästövaikutus | | | | Tunnusluvut mahdollinen energiatuki huomioituna | | | |
|--|--|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|------------|---|------------|---------------|----------------|
| | €/a | CO ₂ , t/a | | | | €/a | €/a | €/a | €/a | €/a | €/a | TMA | IRR |
| | | | Lämpö | Sähkö | Vesi | | | | | | | | |
| Toimenpiteen kuvaus | €/a | CO ₂ , t/a | € | € | a | €/a | €/a | €/a | €/a | a | % | € | |
| Energiatehokkuustoimenpiteet: | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisointi | 21 844 | 42 | 215 165 | 43 033 | 25 | 11 086 | 4 719 | | 6 039 | 6,5 | 17,5 % | 356 165 |
| 2 | Kylmäautomaation uusiminen | 5 185 | 10 | 49 881 | 9 976 | 15 | | 5 185 | | | 6,3 | 15,3 % | 36 067 |
| 3 | Lauhdelämpöpumpun rakentaminen ja lämmitysjärjestelmän muutokset | 33 326 | 86 | 274 390 | 41 159 | 20 | 31 768 | -5 823 | | 7 381 | 5,8 | 18,7 % | 412 648 |
| 4 | Sisävalaistuksen loisteputkivalaisimien uusiminen | 912 | 1 | 12 650 | | 20 | | 785 | | 127 | 10,3 | 9,0 % | 5 315 |
| 5 | Ulkovalaistuksen uusiminen | 497 | 1 | 6 239 | | 20 | | 489 | | 8 | 9,6 | 10,2 % | 3 520 |
| 6 | Vesikalusteiden uusiminen | 327 | | 7 159 | | | | | 327 | | 14,6 | 0,0 % | 0 |
| Energiatehokkuusinvestoinnit yhteensä (ilman tukea) | | 62 090 | 140 | 565 484 | | | 42 854 | 5 354 | 327 | 13 555 | 7,3 | 14,7 % | 717 525 |
| Energiatehokkuusinvestoinnit yhteensä (tuen kanssa) | | 62 090 | 140 | 471 316 | 94 168 | | 42 854 | 5 354 | 327 | 13 555 | 6,3 | 17,4 % | 807 208 |

| Investoinnin sisältö | Investointi EUR | TMA a | IRR % | NPV EUR |
|---|--------------------|------------|---------------|------------------|
| Energiatehokkuusinvestoinnit | 565 484 | 7,3 | 14,7 % | 717 525 |
| Energiatehokkuusinvestoinnit, sis. mahdollisen energiatuen | 471 316 | 6,3 | 17,4 % | 807 208 |
| Energiatuen osuus energiatehokkuusinvestoinnista [EUR] | | | | |
| | | | | 94 168 |
| Energiatehokkuusinvestointien elinkaaren aikaiset kustannussäästöt [EUR] | | | | |
| Elinkaaren pituus 25 vuotta | | | | |
| | | | | 2 418 102 |

Elinkaarikustannusten kehittyminen



4 Toimenpiteet

4.1 Ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisointi

Tiivistelmä toimenpiteistä:

- Ilmanvaihtokoneiden uusiminen lämmöntalteenotoilla varustetuilla tulo-poistokoneilla.
 - Koneet mahtuvat nykyiseen ilmanvaihtokonehuoneeseen
 - Tarkemman suunnittelun toteuttaminen tilan riittävyden varmistaminen kanavoinneille.
- Ilmanvaihdon ilmamäärien tarpeenmukaisen ohjauksen toteuttaminen.
 - 9 kpl hiilidioksidimittauksien lisääminen
 - 10 lämpötila- ja kosteusmittauksien lisääminen.
- Ulko- ja sisälämpötilojen mukaisten ohjausten lisääminen jäähallin ilmanvaihtokoneen kiertoilmatoiminnolle.
- Kiertoilmalämmittimien liittäminen automaatioon

Kiinteistössä on kaksi ilmanvaihtokonetta. Nämä ovat alkuperäisiä vuodelta 1986. Koneita on aiemmin käytetty kylmäjärjestelmän lauhdutukseen ja lauhteella on lämmitetty ilmanvaihdon tuloilmaa. Nykyisellään kylmäjärjestelmän lauhdelämpöä ei hyödynnetä ilmanvaihdon lämmityksessä. Ilmanvaihtokoneissa ei ole lämmöntalteenottoja, mutta molemmissa koneissa on kiertoilmatoiminto. Koneiden rakenne on lauhdutuskäytön vuoksi normaalista poikkeava, mikä vuoksi koneiden modernisointi on haastavaa.



Ilmanvaihtokone TK1 Sosiaaliosa

Suosittelaa ilmanvaihtokoneiden uusimista lämmöntalteenotoilla varustetuilla tulo-poistokoneilla. Jäähallitilaa palveleva kone suositellaan varustamaan myös kiertoilmatoiminnolla. Koneiden

uusimisten yhteydessä suositellaan pukuhuoneiden ja kahvion poistoilmanvaihtojen liittämistä näitä palvelevaan ilmanvaihtokoneeseen, mikäli teknisesti mahdollista (tilan riittävyys konehuoneessa ja välipohjassa). Toimenpiteillä ilmanvaihdon energiatehokkuutta saadaan parannettua merkittävästi.

Alustavan tarkastelun perusteella nykyisiä ilmanvaihdon ilmamääriä vastaavat koneet mahtuvat ilmanvaihtokonehuoneeseen. Suositellaan tarkemman suunnittelun toteuttamista, jotta saadaan varmistettua tilan riittävyys myös koneiden kanavoineille. Samassa yhteydessä suositellaan tarkastelemaan käytännön toteutuksen vaatimukset pukuhuoneiden ja kahvion poistoilmanvaihtojen liittämisestä näitä palvelevaan ilmanvaihtokoneeseen.

Ilmanvaihtoa ohjataan nykyisellään 2-nopeuksisesti rakennusautomaation aikaohjelmien perusteella. Ilmanvaihdon epätarkka ohjaus aiheuttaa ilmanvaihdon toimimisen usein tarpeettoman suurella teholla.



Rakennusautomaatiojärjestelmän alakeskus

Suosittellaan ilmanvaihdon ilmamäärien portaattoman säädön toteuttamista tarpeenmukaisesti tilojen olosuhteiden perusteella. Tätä varten tiloihin suositellaan lisäämään hiilidioksidi-, lämpötila- ja kosteusmittauksia jäähallin aitioiden puolelle, kahvioon, kuntosaliin sekä pukuhuone- ja pesutiloihin. Koneiden ohjaus suositellaan toteuttamaan palvelualueen huonoimman olosuhteen perusteella. Toimenpiteellä ilmanvaihdon käynti tarpeettoman suurella teholla saadaan estettyä ja ilmanvaihdon lämmön ja sähkön kulutuksia laskettua.

Jäähallin ilmanvaihdon kiertoilmatoimintoa ohjataan ainoastaan ulkokosteuden mukaan siten, että kiertoilmaa lisätään ulkoilman ollessa poistoilmaa kostempaa.

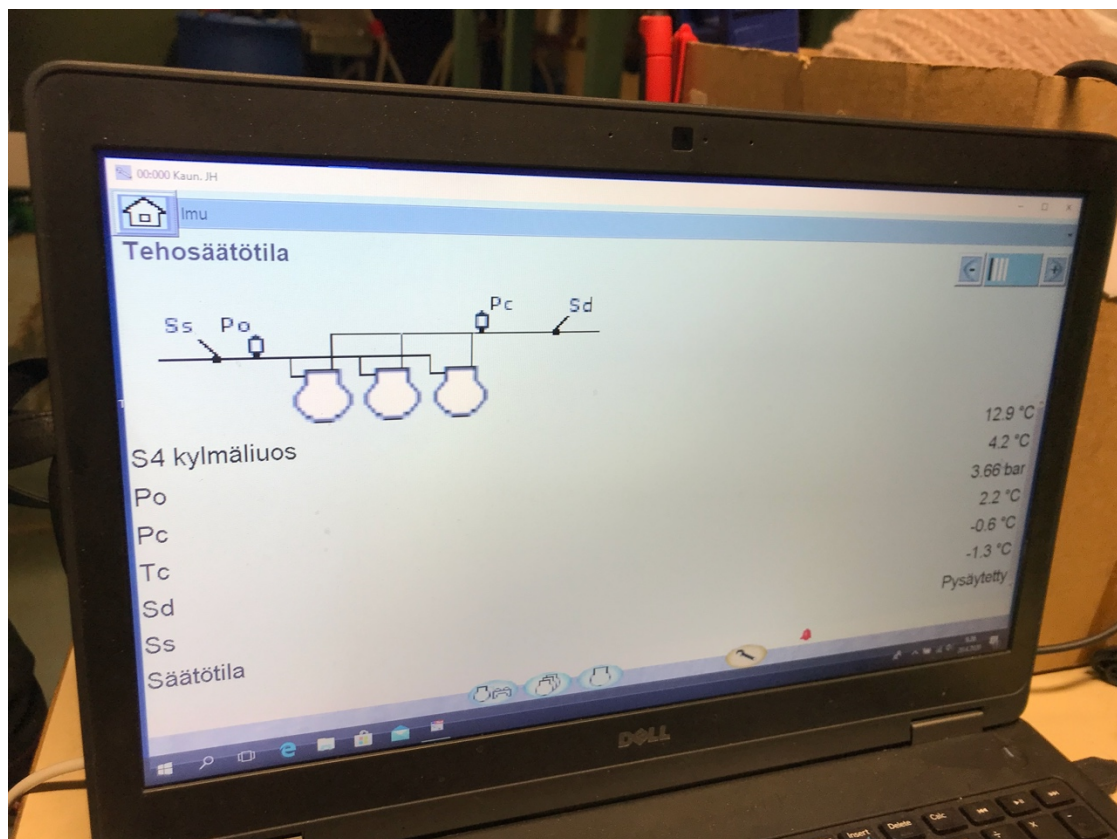
Suositellaan ulko- ja sisälämpötilojen mukaisten ohjausten lisäämistä kiertoilmalle siten, että kiertoilmaa hyödynnetään myös ilmanvaihdon lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Toimenpiteellä ilmanvaihdon lämmönkulutusta saadaan laskettua.

Osaa kohteen kiertoilmalämmittimistä ohjataan paikallissäätimillä. Suositellaan näiden ohjauksen liittämistä rakennusautomaation.

4.2 Kylmäautomaation uusiminen

Kylmäjärjestelmän automaationa on Danfoss Adap-Kool NG, jota ohjataan paikallisesti konehuoneessa sijaitsevalla tietokoneella.

Automaatio säätelee kylmäjärjestelmän tehoa rataputkiston menoveden lämpötilamittauksen ja asetusarvon perusteella (tarkasteluhetkellä asetusarvo kiinteä -9 astetta). Jokaisessa kompressorissa on 3 tehoporrasta, eli järjestelmässä on yhteensä 9 tehoporrasta. Lauhdutuspiirin lämpötilaa säädetään ohitusventtiilin ja lauhdutinpuhaltimien ohjauksella. Lauhdutuspiirin paluulämpötilan asetus on kiinteä 27 astetta.



Kylmäautomaation nykyinen käyttöliittymä.

Kylmäjärjestelmän säädettävyyttä ja seurantaan olisi mahdollista parantaa uusimalla kylmäautomaatiojärjestelmä nykyaikaiseksi ja lisäämällä helpommin käytettävä graafinen käyttöliittymä. Lisäksi automaation uusimisen yhteydessä suositellaan energiatehokkuuden parantamista lisäämällä seuraavat ominaisuudet:

- Rataliuoksen lämpötilan säätö meno- ja paluulämpötilojen mukaan
- Erilliset asetusravot rataliuoksen lämpötilalle (yöaika sekä erilliset lämpötilatasot käytön mukaan)
- Taajuusmuuttajan lisääminen yhteen kompressoriin tehokkaamman säädön mahdollistamiseksi
- Routaverkoston liuoslämpötilan säädön lisääminen
- Paine-ero mittauksen ja niihin perustuvan säädön lisääminen liuos- ja lauhdeverkostoihin
- 2-tieventtiilien lisääminen kuivaimien jäähdytysverkostolle, kylmäjärjestelmän öljyn lauhdutusverkostolle sekä routalämmityksen verkostolle verkostojen virtauksien säätämiseksi.
- Lauhdepiirin asetusravon säätö ulkolämpötilan mukaan
- Lämpötilamittauksen lisääminen, jotta järjestelmän toimintaa voidaan seurata tarkemmin
- Sähkömittauksien lisääminen kylmäjärjestelmään
 - koko järjestelmä
 - kompressorit

4.3 Lauhdelämpöpumppujärjestelmän rakentaminen

Jäähallin tarvitsema kylmä tuotetaan kolmella kompressorilla, joiden kylmäaineena on ammoniakki. Rataputkisto on uusittu hiljattain, ja sen lämmönsiirtonesteenä toimii suolaliuos. Jäähdytystä hyödynnetään erillisen vaihtimen kautta myös halliin asennettuihin kuivaimiin (2kpl). Kylmäjärjestelmässä on vesiglykoli -liuoksella toimiva välillinen lauhdutuspiiri, jossa on valmius lauhdelämmön talteenotolle.



Kylmäjärjestelmän kompressorit

Kylmäjärjestelmän lauhdelämpöä on aikaisemmin otettu talteen käyttöveden esilämmitykseen sekä viereisen tekonurmikentän sulanapitoon, mutta tällä hetkellä kumpikaan talteenotoista ei ole

käytössä. Tekonurmikentän sulanapidon kytkentä lauhdelämpölinjaan on purettu kokonaan. Lauhdelämpöä hyödynnetään myös rataputkiston alla kulkevaan routimista estävään putkistoon.

Lauhdelämpöä ei tällä hetkellä hyödynnetä lainkaan, mutta sitä olisi mahdollista ottaa talteen korottamalla lauhteen lämpötilaa erillisellä lämpöpumpulla (1-2 kpl pumppuja). Lämpöpumput ja niiden puskurisäiliöt olisi mahdollista sijoittaa lämmönjakohuoneeseen laajentamalla tilaa viereisen varaston puolelle. Lauhdelämpöä olisi mahdollista hyödyntää:

- Ilmanvaihdon lämmitykseen
- Lämpimän käyttöveden lämmitykseen tai esilämmitykseen
- Korvaamaan kuivaimien sähköisiä jälkilämmityspattereita
 - vaatii uuden lämmitysverkoston rakentamisen (huomioitu kustannuslaskelmassa)
- Korvaamaan tuloilman kuivaimen sähkölämmitystä
- Korvaamaan korjaamon/jääkoneen tilan sähkölämmittimiä
- Viereisen tekonurmikentän sulanapitoon/lämmitykseen (lämmön myynti)



- **Kylmäjärjestelmän lauhduttimia. Kylmäjärjestelmän hukkalämpö ajetaan nykyisellään lauhduttimien kautta taivaalle.**

Kylmäjärjestelmän lauhdelämmön määrä on noin 1 020 MWh:a vuodessa kiinteistön sähkönkulutuksen perusteella arvioituna. Lauhdelämpöpumpulla saatava lämmitysenergia olisi tämän perusteella maksimissaan noin 1 350 MWh:a vuodessa. Kesäaikaan kaikkea lauhdelämpöä ei pystyttäisi hyödyntämään, koska lämmitystarve on tällöin pienempi. Lauhdelämpöpumpulla saataisiin katettua koko jäähallin lämmitystarve ja lisäksi osa viereisen monitoimikentän lämmityksestä. Lämmönkulutustietojen epäselvyyksien vuoksi tarkempaa tarkastelua ei pystytty suorittamaan. Suositellaan jäähallin sekä monitoimikentän lämmönkulutusprofiilien selvittämistä ja lauhdelämpöpumpun säästölaskelman tarkentamista.

Säästölaskelmassa on arvioitu, että lauhdelämpöpumpulla saavutettava lämmönsäästö on 687 MWh (Enerkeyn vuoden 2019 mukainen lämmönkulutus vähennettynä ilmanvaihdon ja rakennusautomaation modernisoinnilla saavutettavalla säästöllä). Lisäksi kiinteistö irrotettaisiin kaukolämmöstä, jolloin saavutettaisiin noin 7 300 € vuosittainen kustannussäästö kaukolämmön perusmaksussa.

4.4 Sisävalaistuksen loisteputkivalaisimien uusiminen

Pukuhuoneiden ja käytävien valaistus on toteutettu T8 loisteputkivalaisimilla. Pukuhuoneiden valaistukselle on liiketunnistusohjaus. Valaisimien energiatehokkuus on heikko verrattuna led-valaisimiin.

Suositellaan loisteputkivalaisimien uusimista led-valaisimilla ja liiketunnistusohjausten lisäämistä myös käytävien valaistukselle. Toimenpiteellä valaistuksen sähkölukulusta saadaan laskettua ja huoltotarvetta vähennettyä lamppujen vaihtotarpeen poistuessa.

Kustannuslaskelmassa valaisimien määräksi on arvioitu 60 kappaletta ja lisättävien liiketunnistimien määräksi 8 kappaletta.



Pukuhuoneiden yhteydessä olevan käytävän valaistus.

4.5 Ulkovalaistuksen uusiminen

Ulkovalaistus on toteutettu elohopealamputilla varustetuilla valaisimilla. Valaisimien energiatehokkuus on heikko verrattuna led-valaisimiin.

Suositellaan ulkovalaisimien uusimista led-valaisimilla. Toimenpiteellä valaistuksen sähkökulutusta saadaan laskettua ja huoltotarvetta vähennettyä lamppujen vaihtotarpeen poistuessa.



Elohopealampuilla varustettuja ulkovalaisimia.

4.6 Vesikalusteiden uusiminen

Kiinteistön veden kulutusta on mahdollista laskea uusimalla suihkut ja hanat vettä säästävillä malleilla. Kustannuslaskelmassa suihkujen määräksi on määritetty 12 kappaletta ja hanojen määräksi 15 kappaletta.

5 Muut huomiot

5.1 Jäähallin rakenteen muokkaus ympärivuotista käyttöä varten

Mikäli jäähallia alettaisiin käyttämään ympärivuotisesti, on vaarana, että ulkoilman kosteutta tiivistyy rakenteisiin kesäaikaan ulkoilman ollessa kosteimmillaan. Ympärivuotista käyttöä varten nykyinen rakenne tulisi rakentaa höyrytiiviksi ulkopuolelta. Tämä olisi mahdollista esimerkiksi höyrytiivillä elementeillä. Koska kyseessä on korjausrakentamiskohde, on mahdolliset rakenneratkaisut tutkittava, että ne ovat rakennefysikaalisesti toimivia.

5.2 Tarkastellut toimenpiteet

| Tarkastellut toimenpiteet |
|--|
| Aurinkosähkö <ul style="list-style-type: none">- Halliosan katon kantavuus ei riittävä paneelien asentamiseksi.- Halliosan lisäksi ei sopivia paikkoja paneelien asentamiseksi. |
| Paikallinen energiantuotanto <ul style="list-style-type: none">- Maalämpöjärjestelmää ei ole kannattavaa toteuttaa, koska kohteen lämmön tarve voidaan kattaa kokonaisuudessaan kylmäjärjestelmän lauhdelämpöä hyödyntämällä. |
| Lämmöntalteenotto <ul style="list-style-type: none">- Raportissa esitettyjen toimenpiteiden lisäksi kohteessa ei ole hukkalämmönlähteitä, joihin olisi suositeltavaa toteuttaa lämmöntalteenottoa. |