



# ECOOOL - KENTTÄMITTAUKSET ENERGIASELVITYKSISSÄ

Erja Tuliniemi & Eveliina Kuokkanen (toim.)



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Erja Tuliniemi & Eveliina Kuokkanen (toim.)

# **ECOOOL - KENTTÄMITTAUKSET ENERGIASELVITYKSISSÄ**



**KYMEN  
LAAKSON  
LIITTO**

**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



**XAMK KEHITTÄÄ 47**

**KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
KOTKA 2018**

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Petri Hurme, Vinkeä Design

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-095-1

ISBN: 978-952-344-096-8 (verkkójulkaisu)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkkójulkaisu)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# JOHDANTO

Arvoisa lukija, pidät kädessäsi julkaisua, jossa esitellään Ecool-hanketta energiaselvityksissä suoritettujen kenttämittausten kautta. Ecool-hankkeessa luotiin toimintamalleja ja -ohjeistuksia tavanomaista ja vaativaa LVIS-tekniikkaa sisältävien kohteiden energiankäyttöön ja -seurantaan. Toimintamallien ja ohjeistusten taustalla ovat energiaselvitykset hankkeen kumppaneiden 13 kohteessa. Energiaselvityksissä tärkeitä ovat kohteissa suoritettut kenttämittaukset lämmitys- ja jäähdytyskausilla.

*Ecool – kenttämittaukset energiaselvityksissä* -julkaisussa esitellään Ecool-hanketta ja hankkeen aikana suoritettuja mittauksia. Yhden kohteen, Kymijoen Ravintopalvelut Oy, kenttämittauksia on tuotu tarkemmin esille käytännön esimerkein. Lisäksi julkaisussa esitellään teoriaa kenttämittauskohteista, kuten ilmanvaihtokoneista, lämmityskattiloista, valaistuksesta ja sähkölaitteista. Mitattavien kohteiden teorian tunteminen on kenttämittausten onnistumiselle olennaista. Julkaisussa tuodaan esille Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun energiatekniikan opiskelijoiden osallistumista hankkeen toteutukseen – yksi teksteistä käsittelee opiskelijoiden näkemyksiä sekä hankkeesta että kenttämittauksista. Viimeisenä esitellään Ecool-hankkeen aikana havaitut energiansäästöpotentiaalit niin megawattitunneissa kuin euroissakin.

Kiitos mielenkiinnosta ja energiatehokasta lukuhetkeä toivottaen,

*Erja Tuliniemi, Ecool-hankkeen projektipäällikkö*

## **KIRJOITTAJAT**

**ERJA TULINIEMI**, ins.(AMK), projektipäällikkö

**EVELIINA KUOKKANEN**, DI, tutkimusinsinööri

**HANNU SARVELAINEN**, DI, lehtori

**MARKO SAXELL**, DI, lehtori

**HENRIKKI PIESKÄ**, DI, projektityöntekijä

# SISÄLTÖ

JOHDANTO .....	3
ECOOOL-HANKE.....	6
KENTTÄMITTAUKSET .....	8
KESKUSKEITTIÖ KAPYYSI - KYLMÄKEITTIÖSSÄ TEHDYT MITTAUKSET .....	10
ILMANVAIHTOKONEET JA LÄMMÖNTALTEENOTTO .....	13
LÄMPÖTEHON MITTAAMINEN .....	17
SAVUKAASUJEN KOOSTUMUS JA MITTAAMINEN .....	20
SÄHKÖNLAADUN MITTAUKSET .....	22
VALAISTUSVOIMAKKUUSMITTAUKSET .....	24
ENERGIATEKNIIKAN OPISKELIJOIDEN MIETTEITÄ ECOOL-HANKKEESTA JA KENTTÄMITTAUKSISTA.....	26
KOhteissa havaittu energiansäästöpotentiali.....	30

# ECOOOL-HANKE

Eveliina Kuokkanen, DI, tutkimusinsinööri

## TAUSTA

Ecool-hankkeessa tehtiin erityiskohteille eli hankkeen kumppaneiden kiinteistöille energiatarkeasteluja, joiden tarkoituksena oli löytää kehitys- ja energiansäästökohteita ja samalla antaa selvitystietoa hankkeelle. Olennaisena osana tällaisessa työssä olivat kenttämittaukset, historiatiedot energian- ja vedenkulutuksista sekä käyttäjäkokemukset. Lopputuloksena raporteissa esitettiin ehdotetut säätö- ja säästötoimenpiteet sekä niiden arvioidut vaikutukset niin rahassa, vesikuutioissa kuin megawattitunneissa. Hankkeessa luotiin energiatehokkuuden toimintamalleja, joita voidaan jatkossa hyödyntää energiansäästöpotentiaalin löytämisessä vastaavanlaisissa kohteissa. Lisäksi hankkeessa tarkasteltiin uusiutuvien energiamuotojen käytön mahdollisuutta hankkeen kohteiden näkökulmasta.

Hankkeen kumppaneina olivat Kymijoen Ravintopalvelut Oy, Kotka Maretarium Oy, Kotka-Kymin seurakunta, VR Group, Virolahden kunta ja Mikkelin tuomiokirkkoseurakunta, jotka olivat myös osarahoittajina hankkeessa. Erityiskohteet olivat käyttötarkoitukseltaan toisiinsa nähden erilaisia – kohteina olivat kylmäkeitä, akvaariotalo, kappeli, krematorio, kirkkoja ja palvelu- ja koulurakennuksia.

Ecool-hankkeen toteutusaika oli 1.10.2015–30.9.2018 ja hankkeen päärajoittajana toimi Uudenmaan liitto, Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR). Lisätietoa hankkeesta löytyy hankkeen www-sivuilta: [www.xamk.fi/ecool](http://www.xamk.fi/ecool).

## Kysymyksiä ja vastauksia

– Ecool-hankkeen projektipäällikkö Erja Tuliniemi

## MISTÄ NIMI ”ECOOOL”?

Ecool-hankkeen nimen ”E” tulee energiatehokkuudesta ja ”cool” jäähtytyksestä. Ajatus hankkeesta syntyi tarkasteltaessa jäähallien lauhdelämpöä, jonka todettiin monessa tapauksessa päätyvän hyödyntämättömänä taivaalle. Lauhdelämmön hyödyntämisessä kun kuitenkin piilee huomattava energian- ja rahansäästöpotentiaali. Tästä lähtökohdasta idea kehittyi nykyiseen muotoonsa, jossa mukana on tavanomaisella ja vaativalla LVIS-tekniikalla varustettuja kohteita erilaisilla energiaratkaisuilla.

## **MIKSI ECOOL-HANKE OLI TÄRKEÄ?**

Hanke oli monin tavoin tärkeä. Kiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen säästää energiaa, vettä, rahaa ja ympäristöä. Esimerkiksi hiilidioksidipäästöt pienenevät, kun energiatarve vähenee tai tarvittava energia tuotetaan uusiutuvilla energianlähteillä. Toisaalta hankkeessa oli mukana vuosien 2015–2017 aikana 69 opiskelijaa, jotka saivat arvokasta käytännön kokemusta yritysten kanssa toimimisesta. Ammattikorkeakoululle tämä näkökulma on erityisen tärkeä.

## **MITÄ ECOOL-HANKE JÄTTI JÄLKEENSÄ?**

Hankkeessa kehitettiin toimintamalleja ja ohjeistuksia, jotta vastaavanlaisissa kohteissa energiatehokkuuden tarkastelu olisi nykyistä helpompaa. Kiinteistön käyttöhenkilöstön sitoutuminen kiinteistön energiatehokkaaseen käyttöön ja huoltoon on onnistumisen edellytys. Tämän vuoksi energiatehokkaaseen kiinteistönkäyttöön haluttiin panostaa tuomalla tämä ohjeistus työkaluksi käyttöhenkilöstön työpäivään. Lisäksi esille nousseita haasteita tarkasteltiin ja vietiin eteenpäin. Tällaisia haasteita olivat esimerkiksi jäteveden lämmöntalteenoton mahdollisuudet.



# KENTTÄMITTAUKSET

Eveliina Kuokkanen, DI, tutkimusinsinööri

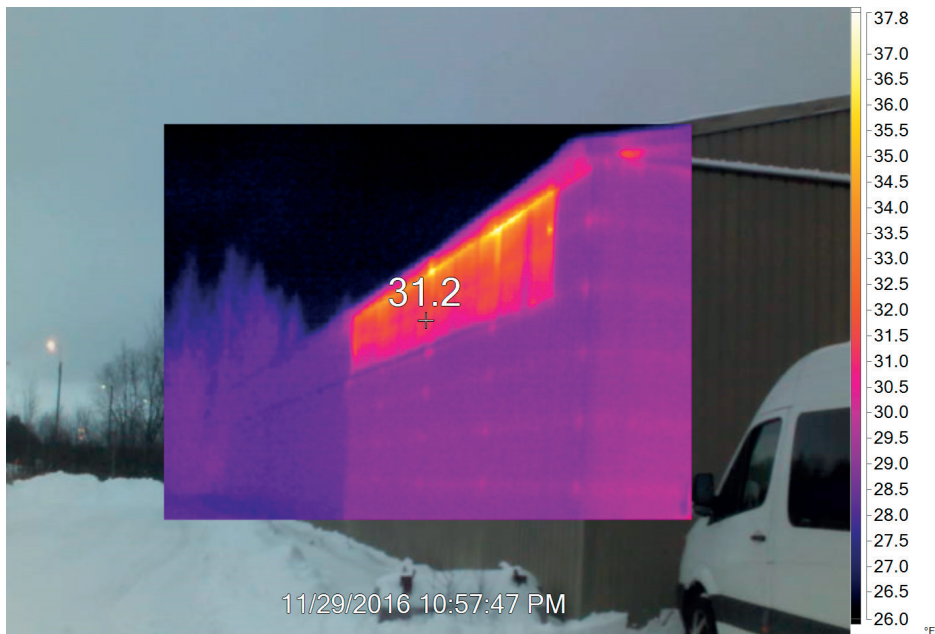
Ecool-hankkeessa olennaisena osana ovat kenttämittaukset. Kenttämittausten avulla pyritään ymmärtämään kohteen veden-, lämmön- ja sähkönkulutusta. Mittauksista saatu tieto on tärkeää energiansäästöpotentiaalin löytämiselle.

Kenttämittaustyö alkaa taustaselvityksellä ja varsinaiset mittaukset tehdään sen jälkeen, kun on ensin kartoitettu mittaustarve ja arvioitu mittaustuloksista saatava hyöty. Taulukossa 1 on esitetty mittauksia, joita on suoritettu Ecool-hankkeen kohteille.

*Taulukko 1. Ecool-hankkeessa suoritettut kenttämittaukset.*

Huomionkohde	Tarkastelun kohde	Hankkeessa käytetty mittauslaite
Vesikalusteet	Veden virtaus	Oras water flow meter
IV-koneet: ilmavirrat	Ilmavirrat	Kimo MP210 Testo 435-4
IV-koneet: lämpötilat	Lämmön talteenoton lämpötilahyötysuhde, sisäänpuhalluslämpötila	Lutron TM-947SD Olosuhdelähettimet (Nokeval)
Lämmönjakokeskus (kaukolämpö)	Virtausmäärät	Intra, ultraääneen perustuva virtausmittari
Lämmityskattila	Savukaasujen lämpötila ja koostumus	Testo 330
Rakenteet	Johtumishäviöt (lämpövuodot)	Fluke Ti300
Sähkölaitteet	Sähköteho ja -energia, sähkön laatu	Fluke 435 II
Tilojen olosuhteet	Lämpötila	Lutron TM-947SD Fluke 975 Testo 435-4 Trotec Olosuhdelähettimet (Nokeval, Xamk)
Tilojen olosuhteet	Hiilidioksidipitoisuus, hiilimonoksidipitoisuus	Fluke 975 Testo 435-4 Trotec Olosuhdelähettimet (Nokeval, Xamk)
Tilojen olosuhteet	Valaistus: valoisuus, väri- toistoindeksi (CRI)	Peaktech 5025 Testo 435-4 Konica Minolta CL-70F
Tilojen olosuhteet	Suhteellinen kosteus	Fluke 975 Testo 435-4 Trotec Olosuhdelähettimet (Nokeval, Xamk)

Ecool-hankkeessa käytetyt mittalaitteet on hankittu rinnakkaishankkeesta, Ecool-investoinnit (hankeaika 1.10.2015–30.4.2017). Kuvassa 1 nähdään esimerkkinä lämpökameralla (Fluke Ti 300) otettu kuva, jossa ikkunoiden yläosat ovat mittauskohdan lämpimimmät alueet.



**Kuva 1.** Lämpökamerakuva Ecool-hankkeen kohteesta (kuva Eveliina Kuokkanen).

# KESKUSKEITTIÖ KAPYYSI – KYLMÄKEITTIÖSSÄ TEHDYT MITTAUKSET

Eveliina Kuokkanen, DI, tutkimusinsinööri

## KYMIJOEN RAVINTOPALVELUT OY

Ecool-hankkeessa mukana olleella Kymijoen Ravintopalvelut Oy:llä on keskuskeittiö Kapyyssi Kotkassa. Keittiöön kuuluu kylmävalmistuskeittiö, jossa valmistetaan tuhansia aterioita päivittäin pääosin kouluille ja oppilaitoksille. Kylmäkeittiö on pinta-alaltaan suuri ja käytötarkoituksensa vuoksi keittiössä on omat haasteensa energiatehokkuuden näkökulmasta – esimerkiksi tuotantotiloissa lämpötilan tulee olla matala, alle +6 °C.

Ecool-hankkeen toisen toimintakauden (syys 2016–kevät 2017) aikana kylmäkeittiölle tehtiin energiaselvitys, jota tukemaan suoritettiin useita kenttämittauksia. Kenttämittauksia suoritti energiatekniikan opiskelijoista muodostunut opiskelijaryhmä ja Motivan pätevimät energiakatselmoijat, jotka toimivat hankkeen asiantuntijoina ja opintojakson opettajina.

## MITTAUKSET JA NIISTÄ SAATU INFORMAATIO

Kylmäkeittiössä kenttämittaukset keskittyivät ilmanvaihtoon, laitteiden ja järjestelmien sähkönkulutukseen, vesikalusteiden veden virtaamiin, rakenteiden lämpövuotoihin sekä tilojen olosuhteisiin – lämpötilaan, valaistukseen ja hiilidioksidipitoisuuteen.

Keittiön padan, uunin ja biojätteen alipainesiirtojärjestelmän sähkönkulutusta mitattiin Fluken sähkönlaadun analysaattorilla (Fluke 435). Kyseisiä kohteita käytetään keittiössä paljon, ja keittiölaitteiden mittaustietoon perustuva laskennallinen osuus sähköenergian kulutuksesta onkin neljännes.

Kylmäkeittiön lämpötilatarkastelut tehtiin kahdella erityyppisellä mittalaitteella. Varsinaisessa kylmäkeittiössä lämpötilat mitattiin Nokevalin etäluettavilla mittareilla, ja näitä tuloksia pystyi seuraamaan lähes reaaliajassa. Muissa tiloissa käytettiin Lutron TM-947SD -merkkisiä lämpötilamittareita, jotka tallentavat mittaustulokset muistikortille. Mittausjakso molemmissa tapauksissa kesti useita päiviä. Saatujen tulosten mukaan tilojen lämpötilat pysyivät varsin tasaisina, mutta toimistotiloissa todettiin muutaman asteen verran tarpeettoman korkeat lämpötilat.

Lämpötilaa mitattiin myös ilmanvaihtojärjestelmästä – näin saatiin selville ilmanvaihdon lämpöenergian kulutus. Ilmanvaihdon tilavuusilmavirrat selvitettiin paine-eromittarilla (Kimo MP210). Paine-eromittauksella saatiin selville ilmanvaihtokoneiden nopean ja hitaan käynnin ilmavirtojen tilavuus.

Samassa yhteydessä kylmäkeittiön lämpötilamittausten kanssa Nokevalin etäluettavat mittarit mittasivat tilan hiilidioksidipitoisuuden tasoja. Toimistoriloista CO<sub>2</sub>-tasot selvitettiin lyhyemmillä otannoilla Fluken ilmanlaadun analysaattorilla (Fluke 975). Saadut tulokset osoittivat tasojen olevan kunnossa ja suositusten mukaiset, ja ilmanvaihto on näin ollen riittävä.

Kapyysin ikkunat, ulko-ovet ja ulkovaippa todettiin tiiviiksi lämpövuotojen osalta Fluken lämpökameralla (Fluke Ti300). Veden virtaamien mittausta hanoista (pois lukien keittiön kovapaineiset hanat) tehtiin yksinkertaisella Oraksen virtaamamittarilla ja mittausten perusteella virtaamat todettiin sopiviksi. Valaistusvoimakkuus tilojen käyttötarkoitus huomioiden mitattiin Peaktech 5025 -valaistusvoimakkuusmittarilla. Valaistus todettiin riittäväksi kaikissa tiloissa ja osassa varastotiloista sitä olisi mahdollista jopa pienentää.

## OPISKELIJARYHMÄN MIETTEITÄ

Kymijoen Ravintopalveluiden opiskelijaryhmä muodostui kuudesta energiatekniikan opiskelijasta, joille energiakatselmustoiminta ei ollut entuudestaan tuttua. Opiskelijoiden mielestä kohde tuntui isolta, mutta samanaikaisesti työ kehitti heidän mielestään sekä kirjoittamista kenttätöitä. Ryhmä kertookin, että itse laitteiden käyttö on ollut työssä kaikkein opettavaisinta. Kuvista 2–3 voidaan nähdä ryhmä suorittamassa kenttämittauksia Kapyysissa.



*Kuva 2. Opiskelijaryhmä tarkastelemassa ilmanvaihtoa Testo 435-4 Climatetester -laitteella Kapyysissa (kuva Juba Palmu, Kymijoen Ravintopalvelut Oy).*



*Kuva 3. Pakastimen tiiviyyden tarkastelua Fluke Ti300 –lämpökameralla Kapuysissa (kuva Juha Palmu, Kymijoen Ravintopalvelut Oy).*

## **KESKUSKEITTIÖ KAPUYSI LYHYESTI**

Valmistusvuosi: 2010

Rakennuksen kerrosala yhteensä: 4800 m<sup>2</sup>

Käyttötarkoitus: Ravintopalveluiden tuottaminen eri kohderyhmille

Lämpö: liitetty kaukolämpöverkkoon

Lämpöenergian kulutus vuonna 2016: 1510 MWh

Sähköenergian kulutus vuonna 2016: 1680 MWh

Veden kulutus vuonna 2016: 9280 m<sup>3</sup>

Hankkeen toimenpiteinä keskuskeittiö Kapuysissa on havaittu vuotuisiksi energiansäästöpotentiaaliksi lähes 400 MWh. Toteutettujen muutostoimenpiteiden vaikutuksesta säästöä hankkeen aikana on saavutettu vuoden 2017 loppuun mennessä 180 MWh, josta 120 MWh sähköstä ja 60 MWh lämmöstä. Rahassa tämä vastaa 13 200 €, sähkön hinnan ollessa 80 €/MWh ja lämmön 60 €/MWh. Keväällä 2018 keskuskeittiö Kapuysissa asennettiin ja otettiin käyttöön aurinkovoimala, jonka vuotuisesti tuotoksi arvioidaan 50 MWh. Aurinkosähköllä korvataan 3 % ostosähköstä.

# ILMANVAIHTOKONEET JA LÄMMÖNTALTEENOTTO

Hannu Sarvelainen, DI, lehtori

## YLEISTÄ ILMANVAIHTOJÄRJESTELMISTÄ

Rakennuksen ilmanvaihdon tarkoituksena on tuoda rakennuksen sisälle puhdasta ilmaa ihmisten ja eläimien hengitystä varten ja poistaa ilmasta epäpuhtauksia poistoilman kautta.

Aikaisemmin rakennuksissa oli yleisesti käytössä painovoimainen ilmanvaihto, joka perustuu ulko- ja sisäilman tiheyseroihin. Nykyään ilmanvaihto on lähes aina toteutettu koneellisesti, jolloin ilmaa tuodaan ja poistetaan rakennuksista ilmanvaihtokoneiden avulla. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki erään kiinteistön IV-konehuoneesta.



*Kuva 4. Esimerkki valoisasta ja siististä IV-konehuoneesta (kuva Hannu Sarvelainen).*

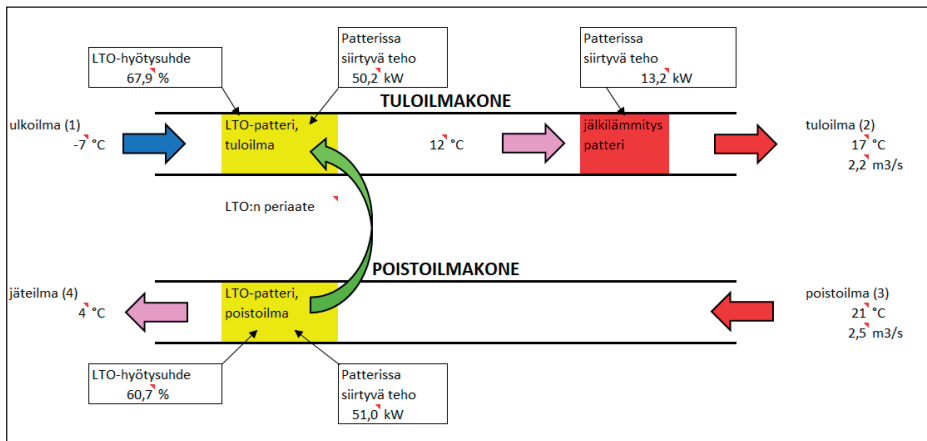


## ILMANVAIHDON LÄMMÖNTALTEENOTTO

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa lämmin poistoilma lähtee rakennuksesta ulos huoneilman lämpötilassa. Vastaavasti rakennukseen tulee korvausilmana sisälle kylmää ulkoilmaa tuloilmakanavista. Koneellisen ilmanvaihdon etuna painovoimaiseen ilmanvaihtoon verrattuna on lämmöntalteenoton mahdollisuus poistoilmasta. Tällaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä lämpimästä poistoilmasta siirretään lämpöenergiaa kylmän tuloilman esilämmitykseen. Esilämmitetty tuloilma vähentää tuloilman lämmitykseen tarvittavan energian määrää. Koneellisessa ilmanvaihdossa ilmavirrat ovat suurempia kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa, mutta lämmöntalteenoton takia energiamäärä ilman lämmitykseen voi olla jopa painovoimaista ilmanvaihtoa pienempi.

## ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE

Kuvassa 5 on esitetty lukuarvoilla periaate ilmanvaihtokoneesta, jossa on lämmöntalteenotto. Ilmanvaihtokoneessa on erillinen tulo- ja poistoilmakone ja tilanne on tyypillisen talvipäivän mukainen (ulkolämpötila  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Lämmöntalteenoton avulla (keltaiset osat) pienennetään lämmitykseen tarvittavan ostoenergian määrää (punainen osa). Ilmanvaihtokone on tässä esimerkissä kokoluokaltaan melko suuri, ilmavirrat yli  $2\text{ m}^3/\text{s}$ , joten lämmöntalteenotolla on merkittävä vaikutus energiansäästöön tuloilman lämmityksessä.



*Kuva 5. Esimerkki ilmanvaihtokoneen lämpötehojen hetkellisestä tilanteesta (kuva Hannu Sarvelainen).*

## ENERGIATEHOKKUUSAJATTELU JA ENERGIANSÄÄSTÖ- MENETELMÄT ILMANVAIHTOKONEISSA

Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuuden parantaminen perustuu säätötapamuutoksiin ja investointeihin, joilla on vaikutusta energiankulutukseen. Energiankulutus muodostuu ilmanvaihtokoneessa:

- ilmavirtojen suuruudesta
- jälkilämmityspatterin tuottamasta tuloilman lämpötilaerosta
- ilmanvaihtokoneen käyntiajasta.

Näiden edellisten tietojen perusteella voidaan tehdä muutoksia energiankulutuksen pienentämiseen.

Ilmavirtojen tarpeellinen minimimäärä perustuu rakentamismääräyksiin ja rakennuksen käyttötarkoitukseen. Ilmavirrat voivat kuitenkin olla joskus liian suuria, jolloin kulutetaan paljon turhaa lämpöenergiaa tuloilman lämmitykseen ja myös sähköenergiaa puhaltimien tuottamiin suuriin ilmavirtauksiin. Sisäilman laatu ei yleensä parane merkittävästi suuremmilla ilmavirroilla normaaleihin tarvittaviin ilmavirtoihin nähden, joten ilmavirtojen pienentämisen kautta voidaan pienentää energiankäyttöä.

Jälkilämmityspatteriin tulevan ilman lämpötila riippuu tätä ennen olevan tuloilmapuolen lämmöntalteenottojärjestelmän toiminnasta. Jos lämmöntalteenotto toimii suunnitellulla tavalla, ei energiankulutukseen voida tämän osalta vaikuttaa. Jos lämmöntalteenotto ei toimi oikealla tavalla, esilämmitetyn tuloilman lämpötila on normaalia pienempi, jolloin jälkilämmityspatteri joutuu tuottamaan normaalia suuremman lämpötilaeron. Ilmanvaihtokoneisiin, joissa ei ole lämmöntalteenottoa, kannattaa myös tämän takia tarkastella lämmöntalteenoton mahdollisuutta.

Jälkilämmityspatterista lähtevän ilman lämpötila vastaa käytännössä huonetiloihin puhallettavan ilman lämpötilaa lämmityskaudella. Usein tämä lämpötila on säädetty liian korkeaksi, jolloin jälkilämmityspatterin energiankulutus on normaalia suurempi. Ilmanvaihto toimii suunnitellusti, kun tuloilman sisäänpuhalluslämpötila on muutaman asteen matalampi kuin huonetilan lämpötila. Tällöin tuleva viileä ilma raskaampana sekoittuu hyvin huonetilan lämpimään kevyeseen ilmaan. Jos sisäänpuhalluslämpötila on suurempi kuin huoneen lämpötila, jää lämmin ilma helposti katonrajaan, jolloin ilma ei vaihdu kunnolla. Energiankulutuksen kannalta ilmanvaihdon sisäänpuhalluslämpötilan olisi oltava mahdollisimman pieni ja varsinainen huoneen lämmitys toteutettaisiin lämmityspattereilla.

Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkastelulla voidaan selvittää ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö. Yleensä esimerkiksi toimistorakennuksien ilmanvaihtokoneiden ei tarvitse olla yö- ja viikonloppu-aikaan päällä samalla tavalla kuin arkiaikana. Joskus voi olla mahdollista sammuttaa ilmanvaihtokone kokonaan, jolloin energiaa ei kulu. Yleisempi tapa on



kuitenkin säätää ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoja tavanomaista pienemmäksi rakennuksen varsinaisen käyttöajan ulkopuolella. Nykyisissä ilmanvaihtokoneissa on yleistynyt sisäilman hiilidioksidipitoisuuteen perustuva ilmavirran säätötapa. Tällöin ilmanvaihtovirtaukset ovat optimaalisia käytännössä koko ajan energiatehokkuuden ja sisäilman hiilidioksidipitoisuuden kannalta.

## **ILMANVAIHTOKONEISTA TEHTÄVÄT MITTAUKSET**

Ilmanvaihtokoneiden energiatehokkuuden kehittämiseen liittyvät mittaukset keskittyvät pääasiassa ilmavirtojen, lämpötilojen ja sähköenergian kulutuksen mittaamiseen. Ilmavirtoja voidaan mitata hetkellisesti ilmanvaihtokoneen erilaisilla puhallinasetuksilla. Lämpötilojen mittaaminen kannattaa tehdä tallentavilla mittareilla jonkin aikajakson rekisteröintinä, esimerkiksi viikon ajalta 10 minuutin välein. Tällöin saadaan tietoa ilmanvaihtokoneen eri osissa olevien lämpötilojen käyttäytymisestä ulkolämpötilan, koneiden käyntiajan ja ilmavirtojen muuttuessa. Sähköenergian mittaaminen kannattaa tehdä myös rekisteröintinä, jolloin voidaan verrata sähköenergian kulutusta eri tilanteissa.

## **MITTAUSTULOKSIEN ANALYSOINTI JA ENERGIA-TEHOKKUUSTOIMENPITEIDEN EHDOTTAMINEN**

Lämpötilamittausten ja ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen ja -tehojen perusteella voidaan tehdä laskennallinen arvio ilmanvaihtokoneen vuosittaisesta lämpöenergian kulutuksesta. Normaalit vuositasen ulkolämpötilan esiintyvyyssarvot on saatavilla paikkakunnittain, jolloin energiankulutus saadaan selville erilaisten mittausjaksojen tuloksia yhdistämällä.

Sähköenergian kulutus perustuu käytännössä pelkästään puhaltimien, pumppujen ja toimilaitteiden sähkökulutukseen, joten sähköenergian kulutuksen arvio voidaan tehdä vastaavalla tavalla erilaisten mittausjaksojen tietoja yhdistämällä.

Energiansäästöpotentiaali perustuu arvioituun uuteen tilanteeseen, joka voidaan tehdä laskennallisesti edellisten periaatteiden mukaisesti. Esimerkiksi sisänpuhalluslämpötilan alentamista voidaan verrata nykyiseen sisänpuhalluslämpötilaan ja laskea tämän kautta saavutettava säästöpotentiaali.

# LÄMPÖTEHON MITTAAMINEN

Hannu Sarvelainen, DI, lehtori

Lämpötehoa tuottavien laitteiden toiminta perustuu laitteen läpi virtaavan nesteen tai kaasun lämpötilan muutokseen laitteen sisällä. Kun virtaavan aineen lämpötila laskee, tehoa vapautuu laitteesta ulospäin. Tällainen laite on esimerkiksi rakennuksien lämmityksessä käytettävä lämmityspatteri. Vastaavasti lämpötehoa voidaan siirtää virtaavaan nesteeseen esimerkiksi lämmityskattilan avulla, jolloin virtaavan aineen lämpötila nousee. Rakennuksien ilmanvaihtokoneissa lämpötehoa siirretään kaasujen virtauksissa lämmöntalteenotto-kennolla. Lämpimän poistoilman energiaa siirretään kylmään tuloilmaan.

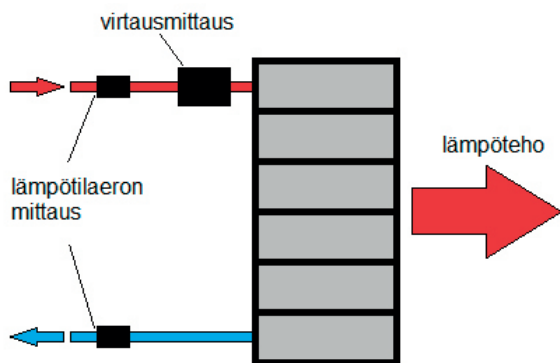
Lämpötehon suuruuteen vaikuttavat virtaavan aineen virtausmäärä, aineen ominaislämpökapasiteetti sekä aineen lämpötilan muutos. Yleensä virtausmäärä on säädettävissä. Lämpötilanmuutos on riippuvainen virtausmäärästä, mutta esimerkiksi lämmityspatterissa tehoa voidaan kasvattaa, jos tulevan veden lämpötilaa nostetaan.

Lämpötehon määrittämiseen tarvitaan seuraavat tiedot:

- virtausmäärä (tilavuusvirta)
- virtaavan aineen tiheys
- virtaavan aineen ominaislämpökapasiteetti
- virtaavan aineen lämpötila ennen ja jälkeen tarkasteltavaa kohdetta.

Lämpötiloja voidaan mitata nesteiden tapauksessa esimerkiksi putken pinnasta, kun tarkastellaan pelkkää lämpötilaeroa. Lämpötila on putken pinnasta mitattuna jonkin verran pienempi kuin putken sisällä, jos ympäröivän tilan lämpötila on pienempi kuin putkessa virtaavan aineen lämpötila. Lämpötilaeron (esimerkiksi meno- ja paluuputki) mittauksessa lämpötilaero pysyy kuitenkin hyvin lähellä todellista lämpötilaeroa, vaikka mittaukset tehdään putkien pinnasta.

Virtausmäärää voidaan mitata nesteiden tapauksessa ultraääneen perustuvalla mittalaitteella, joka sijoitetaan putken pinnalle. Tällöin putkistoon ei tarvitse tehdä rakenteellisia muutoksia. Tilanne on esitetty kuvassa 6.



**Kuva 6.** Toimintaperiaate virtausmäärän määrittämisestä ultraäänen avulla (kuva Hannu Sarvelainen).

Kaasujen virtausmäärää voidaan mitata suoraan kanavasta esimerkiksi Pitot-putkella. Menetelmä perustuu virtausnopeuden aiheuttaman dynaamisen paineen sekä kanavan kokonaispaineen muodostamaan paine-eroon. Kaasujen virtauksessa (esimerkiksi ilma- tai savukaasukanava) lämpötilaa voidaan mitata suoraan kanavasta, jolloin saadaan tarkempi arvo kuin pintalämpötilamittauksella.

Lämpötilojen ja virtauksien mittaamiseen sisältyy aina epävarmuustekijöitä. Lämpötilan mittaaminen on yleensä luotettavaa, jos mittaus tehdään suoraan kosketuksessa virtaavaan aineeseen, kuten ilman ja savukaasun lämpötilan mittaamisessa. Nesteistä mittaus olisi myös tehtävä virtaavasta aineesta, jos halutaan saavuttaa luotettavia tuloksia. Tämä ei kuitenkaan yleensä onnistu, ellei putkistoissa ole sopivia mittausyhteitä lämpötilan mittaamiseen.

Virtausmittauksien epävarmuus on huomattavasti suurempi kuin lämpötilamittauksien epävarmuus. Varsinkin kaasujen virtauksessa virtausprofiili on kanavan poikkipinnalla virtausnopeuksissa vaihtelevaa. Kanavan reunoilla virtausnopeus on pieni ja keskellä virtausnopeus on suuri. Tämä on huomioitava Pitot-putki -mittauksissa. Nesteen virtausmäärän mittaamisessa saadaan tuloksena suoraan tilavuusvirta, joten epävarmuus muodostuu pelkästään laitteen tarkkuudesta ja asetuksista.

Lämpötehon mittaaminen helpottaa energiakatselmuksissa tarvittavien laitekohtaisten lämmönkulutustietojen selvittämistä. Mittaukset on helppo suorittaa kertamittauksina ja mittauksia voidaan myös tarvittaessa seurata jatkuvasti yksinkertaisilla menetelmillä. Lämpöpattereiden tehoa voidaan seurata esimerkiksi ulkolämpötilaan verrattuna tai kattilan tehoa ja hyötysuhdetta voidaan seurata osakuormilla. Näiden tietojen perusteella voidaan edelleen määrittää esimerkiksi energiakatselmuksissa säästöpotentiaalia laitteisiin tehtyjen muutostöiden jälkeen.

Ecool-hankkeessa on mitattu kaukolämpöverkosta siirtyvää lämpötehoa rakennuksen lämmitysjärjestelmiin VR:n Kouvolan varikolla ultraääneen perustuvalla virtausmittarilla. Kuvassa 7 kaukolämpöverkon putkeen on kiinnitetty ultraääneen perustuvan virtausmittarin anturit.



***Kuva 7.** Ultraääneen perustuvan virtausmittarin (Intra) anturit asennettuna putken pinnalla (kuva Eveliina Kuokkanen).*

# SAVUKAASUJEN KOOSTUMUS JA MITTAAMINEN

Henrikki Pieskä, DI, projektityöntekijä

Palamiseen tarvitaan happea, joka voidaan syöttää palotilaan joko puhtaana tai seoksena. Käytännössä useimmiten happi syötetään palotilaan tavallisen ilman mukana. Palamisreaktiossa puolestaan syntyy savukaasuja, jotka sisältävät sekä syöttöilman ja polttoaineen mukana palotilaan tulleita reagoimattomia haihtuvia aineita ja kaasuja (kuten typpeä ja heliumia) että palamisen lopputuotteena syntyviä haihtuvia aineita ja kaasuja (kuten hiilidioksidia ja vesihöyryä).

Savukaasun koostumusta tutkimalla voidaan epäsuorasti tutkia palamisprosessin kulkua ja palotilan olosuhteita, sillä nämä vaikuttavat siihen, millaisia kaasuja palamisprosessin tuloksena syntyy. Esimerkiksi palotilan lämpötila vaikuttaa palamisreaktion sivutuotteena syntyvien rikin ja typen oksidien määrään ja koostumukseen sekä pienhiukkasten muodostumiseen. Nämä ovat tärkeitä tietoja määrittettäessä kattilan aiheuttamia päästöjä.

Tärkeimmät savukaasujen ominaisuudet, joita mittauksilla selvitetään, ovat lämpötila ja happipitoisuus. Molemmille pyritään kattilan säätöjä muokkaamalla löytämään polttoaineesta ja kattilasta riippuva optimiarvo, jotta palamisprosessista saadaan mahdollisimman tehokas. Jos savukaasujen lämpötila on optimia korkeampi, niissä on jäljellä hyödyntämiskelpoista energiaa, joka menee hukkaan savukaasujen poistuessa taivaalle. Liian matala savukaasujen lämpötila puolestaan nostaa riskiä siihen, että savukaasujen mukana olevat rikin oksidit tiivistyvät savukaasukanavassa rikkihapoksi ja aiheuttavat kanavan syöpymistä. Vastaavasti savukaasujen liian korkea happipitoisuus tarkoittaa, että palotilaan syötetään ylimäärin palamisilmaa. Ylimääräisen ilman mukana kulkeutuvat palamattomat kaasut (pääasiassa typpi) sitovat lämmitessään energiaa, joka poistuessaan savukaasujen mukana menee hukkaan. Liian matala happipitoisuus puolestaan kertoo happialijäämästä palotilassa, mikä johtaa siihen, että prosessi pysähtyy ennen kuin palamisreaktio on edennyt loppuun asti ja hiilidioksidin sijaan muodostuu hiilimonoksidia (häkää). Tässä tapauksessa kaikkea polttoaineeseen sitoutunutta kemiallista energiaa ei saada vapautettua, vaan osa polttoaineen energiasisällöstä jää hyödyntämättä.

Ecool-hankkeessa savukaasujen mittaamiseen on käytetty Testo 327-1 -savukaasuanalysaattoria. Mittaus suoritetaan siten, että analysaattorin anturipää asetetaan savukaasukanavaan, minkä jälkeen analysaattori näyttää mitattavat savukaasun ominaisuudet reaaliaikaisesti. Lukemat kirjoitetaan muistiin, minkä jälkeen savukaasujen mukana kattilasta poistuva lämpöteho voidaan laskea vertaamalla jäännöshapen ja hiilimonoksidin määriä savukaasussa

palamisreaktion laskennalliseen hapentarpeeseen, poistuvan savukaasun lämpötila huomioiden. Kohteita, joissa savukaasuanalyysi on Ecool-hankkeen yhteydessä tehty, ovat Virolahden koulukeskus, Villinrannan palvelukeskus, Parikan Kappeli ja Kymen Krematorio ja Sunilan seurakuntakeskus. Kuvassa 8 on käynnissä Virolahden koulukeskuksen mittaukset syksyllä 2016.



***Kuva 8.** Mittaukset Virolahden koulukeskuksessa syksyllä 2016 (kuva Petri Hurme, Vinkeä Design).*

# SÄHKÖNLAADUN MITTAUKSET

Marko Saxell, DI, lehtori

Sähkömarkkinalain tarkoituksena on varmistaa edellytykset tehokkaasti, varmasti ja ympäristön kannalta kestävästi toimiville kansallisille ja alueellisille sähkömarkkinoille sekä Euroopan unionin sähkön sisämarkkinoille siten, että hyvä sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen sähkön hinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet voidaan turvata loppukäyttäjille. Jotta kyseinen lain tarkoitus toteutuu, tulee sähköverkkoa kehittää jatkuvasti. Laissa sanotaankin, että verkonhaltijan tulee riittävän hyvälaatuisen sähkön saannin turvaamiseksi verkkonsa käyttäjille ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan sekä yhteyksiä toisiin verkkoihin sähköverkkojen toiminnalle säädettyjen vaatimusten ja verkon käyttäjien kohtuullisten tarpeiden mukaisesti. Myös loppukäyttäjällä on vastuu siitä, ettei aiheuta verkoon tarpeettomasti häiriöitä ja näin omalta osaltaan heikennä sähköverkon sähkönlaatua.

Sähkönlaadun tarkkailu energiakatselmuksen yhteydessä voidaan tehdä laadukkaalla ja monipuolisiin mittauksiin pystyvällä mittauslaitteistolla. Energiakatselmuksessa tehtävien sähkömittauksien yhteydessä tallennetaankin myös mitatut sähkönlaadun parametrit. Tällöin käytettävissä on samanaikainen tieto energian kulutuksesta ja sähkönlaadusta. Tällaisen mittaustiedon perusteella voidaan suorittaa tarkempia analyysejä kuin pelkällä energiakulutustiedolla.

Energiakatselmuksessa tehtävien sähkömittausten tekemiseksi on katselmoijalle annettu paljon harkintavaltaa. Energian kulutuksen ja sähkönlaadun mittaukset tulee suunnitella huolellisesti etukäteen, jotta ei tehdä turhaa työtä ja taas toisaalta ei jäisi jotain oleellista havaitsematta.

Jos voidaan luotettavasti määrittää vakiona pysyvät tehot, ei tarvita välttämättä pitkäaikaista seurantamittausta. Tällöin voidaan tulokset määrittää hetkittäismittauksin. Vaihtelevien tehojen ja epämääräisten käyntiaikojen yhteydessä tulee tehdä pitkäaikaisia seurantamittauksia. Tällaisten pitkäaikaisten mittausten toteuttaminen luotettavasti, vaatii hyvälaatuisen ja pitkäaikaiseen tiedon tallentamiseen pystyvän mittalaitteen.

Tehtyjen mittausten ja niistä saatujen tulosten perusteella tehdään toimenpide-ehdotuksia, joilla on tarkoitus parantaa energiatehokkuutta sekä kiinteistön sähkön laatua. Toimenpide-ehdotusten tarkoituksena on alentaa energian kulutusta ja kustannuksia, parantaa sähköverkon tehonsiirtokapasiteettia, pienentää verkossa tapahtuvia tehohäviöitä, pienentää käytettävien muuntajien häviöitä ja parantaa sekä ylläpitää verkon jännitetasoa.



Ecool-hankkeessa on suoritettu sähkömittauksia jokaisessa hankkeen kohteessa. Mittauksissa on käytetty Fluke 435 II -nimistä laitetta. Kuvassa 9 nähdään yksi hankkeessa suoritetuista sähkömittauksista.



***Kuva 9.** Sähkönlaadunanalysointilaitteella, Fluke 435 II, mitataan sähkötehoa hankkeen kohteessa. Mittausjakso voidaan toteuttaa hetkellisenä otantana tai pitkäaikaisena seurantaan (kuva Eveliina Kuokkanen).*



# VALAISTUSVOIMAKKUUS- MITTAUKSET

Marko Saxell, DI, lehtori

Valaistuksen energiankulutus on kiinteistöissä suurta. Palvelurakennusten kokonaissähköenergian kulutuksesta valaistuksen osuus voi olla jopa 50 %. Kuitenkin tyyppillisesti se on noin 30 % kaikesta kulutetusta sähköenergiasta. Teollisuudessa osuus kokonaiskulutuksesta on edellä esitettyjä osuuksia pienempi, mutta absoluuttisesti valaistus kuluttaa kuitenkin erittäin paljon energiaa.

Käyttäjien tottumukset valaistuksen käytössä vaikuttavat merkittävästi valaistuksen energiatehokkuuteen. Kiinteistöjen valaistusjärjestelmät ovat yleensä rakennettu niin, että ohjaukseen käytetään paljon manuaalisia kytkimiä. Tällöin valaistuksessa on usein turhaa käyttöä ja energiankulutusta. Usein myös käyttäjien tavat ja tottumukset valojen kytkemisessä päälle ja pois kuluttavat energiaa.

Myös valaistuksen huoltamisella ja kunnossapidolla on suuri merkitys. Puutteellinen huolto ja väärät säädöt aiheuttavat sen, että järjestelmät eivät toimi optimaalisesti ja kunnolla. Tällöin yleensä myös valaistuksen ominaisuudet jäävät kaikilta osin hyödyntämättä.

Valaistusvoimakkuus parantaa työn tuottavuutta. Myös viihtyvyys työssä ja hyvän valaistuksen parantama työturvallisuus tulee huomioida. Eli valaistuksen tulee olla työn tarpeen mukainen ja sen hyvään suunnitteluun tulee panostaa. Koska valaistusvoimakkuus vaikuttaa suoraan kulutettuun energiaan, ei tiloja kannata valaista liikaa. Oikeaoppisesti toteutetuilla ja oikein kohdennetuilla valaistusvoimakkuusmittauksilla voidaan todentaa valaistuksen oikea määrä. Valaistuksen kuluttaman energian mittauksilla voidaan taas varmistua siitä, että kulutetaan vain tarvittava määrä energiaa ja kulutettu energia tulee hyödynnettyä. Jotta voidaan luotettavasti arvioida valaistuksen laatu ja energiatehokkuus, mitataan valaistusvoimakkuudet kaikissa merkittävässä tyyppitiloissa. Mittauksissa tulee huomioida valovirtojen alenemat, päivänvalon vaikutus mittaustuloksiin sekä valaistusvoimakkuuden määrään.

Valaistusvoimakkuusmittausten yhteydessä pyritään arvioimaan mahdollisimman tarkasti valaistuksen laatu sekä sen tarpeenmukaisuus. Mittaukset tulee suorittaa normaalin käytön aikana sekä käyttöajan ulkopuolella. Standardi SFS-EN 12464-1-2011 määrittää mittauskorkeuden ja vaatimukset sisävalaistukselle esimerkiksi luokkahuoneissa ja opetustiloissa tulee olla 300 lx valaistusvoimakkuus.

Kenttätöön yhteydessä suoritettut tarkastelut ja mittaukset mahdollistavat kulutusjakauma-arvion tekemisen. Tilakohtaisesti tehtyjen tarkastelujen pohjalta laaditaan kulutusjakauma. Valaistuksen sähköenergian arvioitu kulutusjakauma esitetään raportissa laiteryhmittäin. Sähkönkulutuksen jaottelu on tehtävä vähintään niin, että esitetään erikseen ulko- ja sisävalaistus.

Ecool-hankkeen tarkasteluissa on mitattu valaistusvoimakkuus jokaisessa hankkeen mukana olevassa kiinteistössä. Mittaukset on suoritettu perinteisellä valaistusvoimakkuusmittarilla, joka mittaa voimakkuuden lx-arvona. Valaistukseen on esitetty säästötoimenpiteitä ja vuoden 2017 loppuun mennessä toteutetut valaistusmuutokset ovat säästäneet sähköenergiassa lähes 16 MWh.

# ENERGIATEKNIIKAN OPISKELIJOIDEN MIETTEITÄ ECOOOL-HANKKEESTA JA KENTTÄMITTAUKSISTA

Eveliina Kuokkanen, DI, tutkimusinsinööri

## TAUSTAA KYSELYLLE

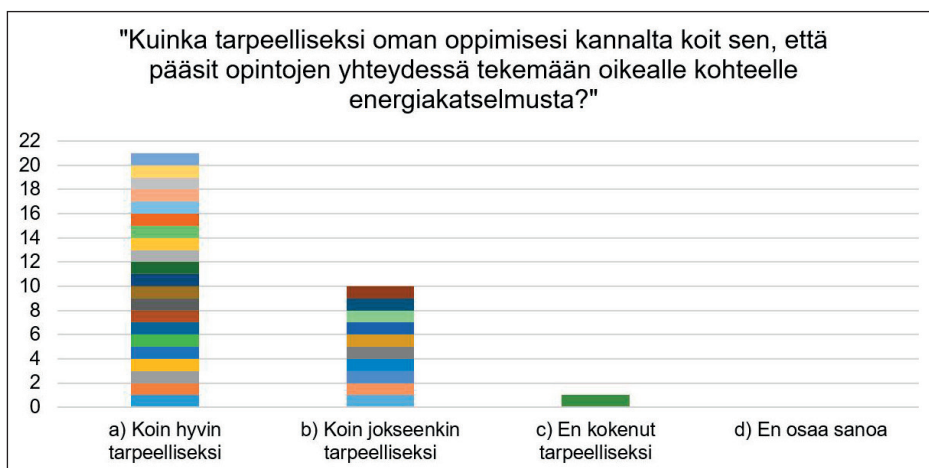
Ecool-hankkeen toteutukseen on osallistunut 69 opiskelijaa, ja yhteenlaskettu opintopisteiden määrä on suuri, 694. Hankkeessa on tehty kuusi opinnäytetyötä. Suurin osa mukana olleista opiskelijoista osallistui hankkeeseen Energiatehokkuuspalvelut-opintokokonaisuudessa, jossa opiskelijaryhmille annettiin omat energiakatselmuksen kohteet Ecool-hankkeen kohteista. Katselmuksia tehtiin Motivan pätevoittämien energiakatselmoijien opastuksella ja ne sisälsivät tiedonkeruuta, kohdekäyntejä, mittauksia, mittaustiedon analysointia, energiansäästötoimenpide-ehdotusten laskentaa ja raportointia. Kerätyistä tiedoista ja laskennan lopputuloksista ryhmät koostivat Motivan mallin mukaiset energiakatselmuksraportit, jotka pätevoityjen energiakatselmoijien tarkastuksen jälkeen luovutettiin kohteiden yhteyshenkilöille. Kaikkiaan katselmusten tekemiset ajoittuivat sekä syys- että kevätlukukaudelle vuosien 2015–2017 aikana.

Katselmuksia pääsivät tekemään kaksi energiatekniikan insinööriopiskelijoiden vuosikurssia, EN13S ja EN14S. Prosessin laajuuden ja opiskelijamäärän suuruuden vuoksi haluttiin laatia kysely, jossa selvitetään opiskelijoiden ajatuksia kenttämittauksista ja hankkeesta ylipääntänsä. Seuraavassa on esitetty lyhyt kooste saaduista tuloksista. Vuosikurssien vastaukset on yhdistetty kyselyn ollessa identtinen molemmille kursseille.

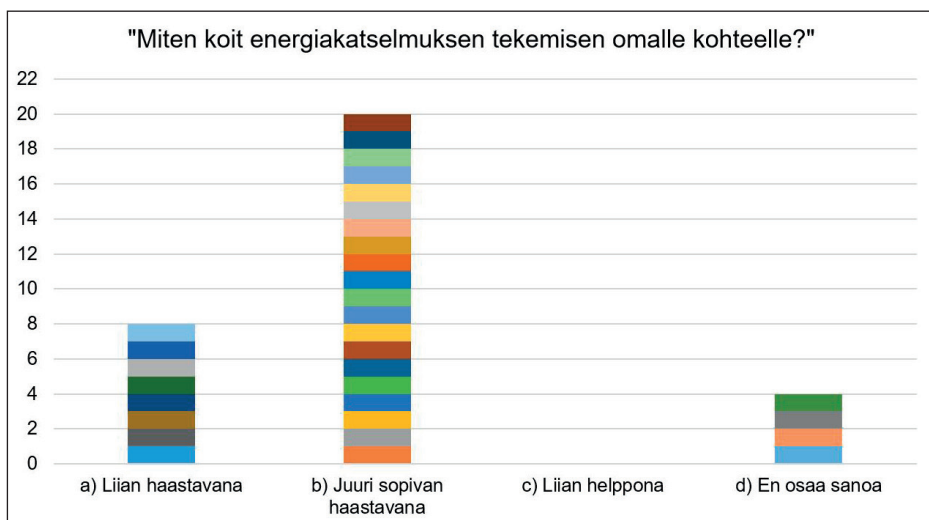
## KYSELYN TULOKSET: SAATU HYÖTY JA HAASTAVUUS

Kyselyyn vastasi yhteensä 7 henkilöä vuosikurssilta EN13S ja 25 vuosikurssilta EN14S. Pohjakoulutuksena yli puolella oli lukio, kolmanneksella ammattikoulu tai vastaava ja lopuilla sekä lukio että ammattikoulu. Kolmella opiskelijalla oli energiatekniikkaan liittyvää työkokemusta ennen opiskeluiden aloittamista.

Kaikki vastaajat, yhtä lukuun ottamatta, pitivät energiakatselmuksen tekemisen oikealle kohteelle hyvin tarpeellisena tai jokseenkin tarpeellisena (kuva 10). Neljännes vastaajista piti työtä liian haastavana, 2/3 sen sijaan piti työtä juuri sopivan haastavana (kuva 11).



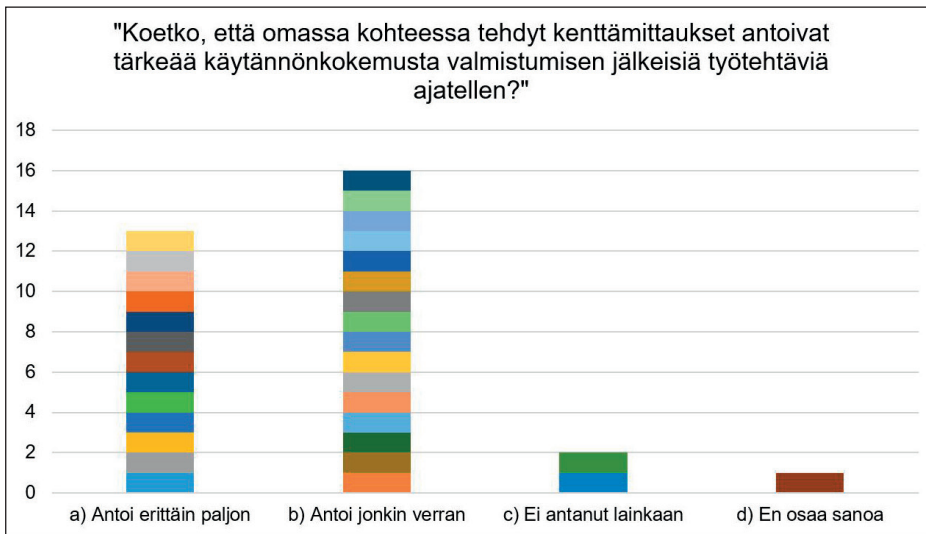
*Kuva 10. Opiskelijoiden mielipide energiakatselmusten suorittamisen tarpeellisuudesta.*



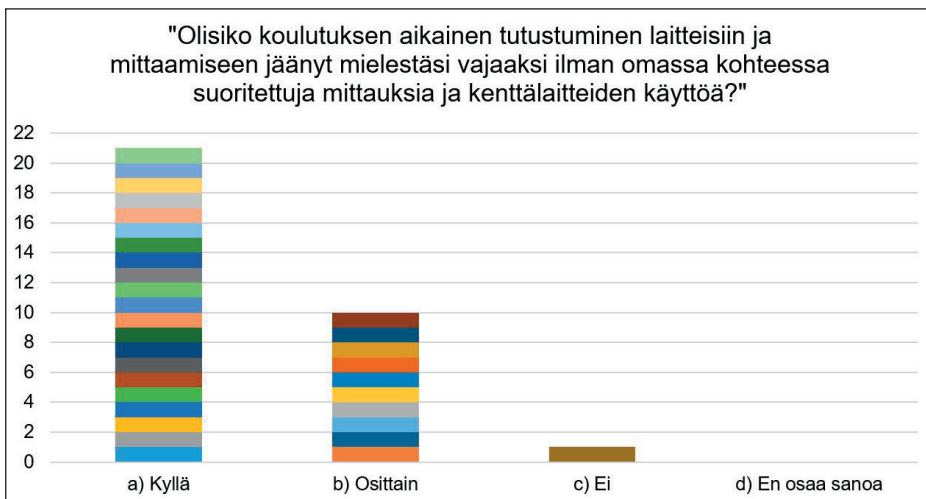
*Kuva 11. Energiakatselmusten haastavuus opiskelijoiden mielestä.*

## KYSELYN TULOKSET: KOKEMUS KENTTÄMITTAUKSISTA

Opiskelijoilta kysyttiin mielipiteitä myös kenttämittauksista, joita he pääsivät katselmuksissa tekemään suorittamaan. Tulevissa työelämän tehtävissä 29 opiskelijaa 32:sta ajatteli hyötyvänsä kenttämittauksista (kenttälaitteiden käytöstä ja mittausten suorittamisesta) joko erittäin paljon tai jonkin verran (kuva 12). Vastaaajista 2/3 oli sitä mieltä, että kenttämittauslaitteiden ja mittaamisen opetus olisi jäänyt puutteelliseksi, ellei olisi päässyt tekemään mittauksia katselmuksessa. Yhtä vastaajaa lukuun ottamatta loput vastanneista olivat osittain samaa mieltä väittämän kanssa (kuva 13).



*Kuva 12. Kenttämittauksista koettu hyöty tulevaisuutta ajatellen.*



*Kuva 13. Kenttämittaustyöskentelyn hyödyllisyys osana opintoja.*

Viimeisenä monivalintakysymyksenä kysyttiin, pitäisivätkö vastaajat Energiatehokkuuspalvelut-opintokokonaisuudessa vastaavanlaisen energiakatselmuksen teon jatkossakin. 84 %:a eli 27 vastaajaa pitäisi katselmuksen osana kokonaisuutta. Viisi vastaajaa oli eri mieltä, ja yksi perusteli kantaansa toteamalla: ”Kohteet eivät olleet tasapuolisia”. Kommentti on ymmärrettävä, sillä jokainen katselmuskohde oli erilainen ja tästä syystä haasteetkin vaihtelivat. Kohteiden eroavuuden voi kokea niin, että toiset pääsevät helpommalla kuin toiset. Näitä kohteista johtuvia eroavaisuuksia kuitenkin pyrittiin tasoittamaan työn ohjauksessa.

Opiskelijoita pyydettiin muutamalla sanalla kertomaan suurimmat haasteet sekä parhaimmat asiat katselmuksen teossa. Vastausten perusteella haasteita oli prosessin eri osa-alueilta. Esimerkiksi yhteydenpito eri toimijoiden välillä ja katselmusraportin kirjoittaminen koettiin haasteelliseksi. Osa oli sitä mieltä, että teoria ja käytäntö menivät väärässä järjestyksessä. Esimerkiksi mittalaitteiden käyttöä ei ollut ehditty opettaa ennen kohteelle menoa. Katselmuskohde ja esimerkiksi sen suuruus itsessään oli toisille suurin haaste. Aikataulut tulivat myös esille vastauksissa, ja yksi vastaajista totesikin aikatauluihin liittyen: ”Mittausviikko oli liian lyhyt aika tehdä mittauksia kunnolla.”

Parhaimpina asioina pidettiin mittauksia, tulosten analysointia ja säästökohteiden löytymistä sekä käytännönkokemusta ja konkreettisuutta. Eräs vastaajista kirjoitti: ”Konkreettinen tekeminen kohteessa, ei pelkkää luokassa istumista!” Muutama mainitsi parhaimmaksi asiaksi työn palautuksen, joka voi kertoa siitä, ettei työ päästänyt tekijöitään helpolla. Eräs kyselyyn vastannut kirjoitti: ”Mielenkiintoista ja osin ihmetystä herättävää oli se, kuinka paljon säästökohteita/vuotuisia säästöjä saimme teoriassa yritykselle laskettua ja esitettyä.”

Kyselyn viimeisessä kohdassa opiskelijat saivat halutessaan kommentoida vapaasti. Suurin osa kommenteista liittyi opetuksen ja töiden aikataulutukseen, jotta teoria olisi ennen käytännön töitä. Aikataulut voivat välillä olla haastavia johtuen esimerkiksi useasta käyttäjästä ja mittalaitteiden rajallisesta määrästä, mutta työt pyrittiin aina ajoittamaan niin, että teoria on käyty läpi ennen kohteelle menoa tai viimeistään kohteella on opastettu mittalaitteiden käyttö.

Asiat koetaan aina yhtä monella eri tavalla kuin mitä on kokijoita. Yhteenvetona voi kuitenkin todeta, että osallistumista Ecool-hankkeeseen, energiakatselmustoimintaan ja kenttämittauksiin pidettiin hyödyllisenä ja opettavaisena. Liian helppona työtä ei pitänyt kukaan – ammattitaitoa ja osaamista kehittääkin nimenomaan haasteiden ratkaiseminen ja niitä työssä varmasti oli.

Ecool-hankkeen opettaja, Rakennus- ja energiatekniikan koulutusyksikön lehtori Hannu Sarvelainen: ”Oikeaan kohteeseen tehdyssä energiakatselmuksessa saadaan tietoa todellisesta energiakatselmoijan työnkuvasta. Oppimisen kannalta työskentely voi olla jossain tapauksissa liian haastavaa, mutta toisaalta tällaisessa työskentelyssä on mahdollista oppia asioita todellisten käytännön asioiden kautta.”

# KOhteissa havaittu ENERGIANSÄÄSTÖPOTENTIAALI

Erja Tuliniemi, ins. (AMK), projektipäällikkö

Ecool-hankkeessa on suoritettu 30 energiaselvitystä, joiden aikana on havaittu vuosittaiseksi energiansäästöpotentiaaliksi yhteensä 2 731 MWh. Energiainsäästöpotentiaali jakautuu lähes tasan lämmön (52 %) ja sähkön (48 %) kesken. Toimenpide-ehdotukset on käyty läpi hankkeen kohteiden edustajien kanssa. Ehdotuksista osa voidaan toteuttaa laitteiston säädöllä, jolloin investointeja ei tarvitse tehdä. Osa ehdotuksista vaatii investointeja, joiden takaisinmaksuaika on yhdestä kuukaudesta kymmeneen vuoteen. Jokainen hankkeessa mukana ollut kohde on toteuttanut esitettyjä toimenpide-ehdotuksia.

Joulukuun 2017 loppuun mennessä hankkeen aikana saavutettu energiansäästö ehdotettujen toimenpidemuutosten vaikutuksesta on reilu 960 MWh, joka vastaa rahassa 64 000 euron säästöjä sähkön hinnan ollessa 80 €/MWh ja lämmön 60 €/MWh. Toteutetuista toimenpiteistä osassa korjattiin selvityksen aikana havaittu vika, muun muassa katkennut ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton kiekko, jonka vuoksi iv-koneen hyötysuhde oli pieni. Toisessa kohteessa havaittiin jumiutunut ilmanvaihtokoneen lisäaikapainike, jolloin iv-kone kävi jatkuvasti täydellä teholla käyttäen turhaa energiaa. Suurin osa tehdyistä muutoksista koski olemassa olevan järjestelmän asetusarvojen muutosta, kuten ilmanvaihtokoneen sisäänpuhalluslämpötilojen alentaminen sisäilmanlaadusta tinkimättä. Osa toteutetuista muutostoimenpiteistä on vaatinut investointeja, kuten valaistuksen uusiminen led-valaistukseen, sähkölämmityksen osittainen korvaaminen ilmalämpöpumpuilla ja sähköenergian osittainen korvaaminen aurinkoenergialla.

Investointiehdotuksista suurin osa on toteuttamatta, koska ehdotetut muutokset tarvitsevat kohteelta lisäselvitystä muun muassa yksityiskohtaisemman tarjouskilpailutuksen. Lisäksi Ecool-hankkeen kohteet ovat julkisomisteisia ja näin ollen merkittävä tekijä investoinneille on investointiraha. Hankintaprosessi vie yksityiseen sektoriin verrattuna pidemmän ajan, koska investointiraha varataan tarpeenmukaisesti seuraavan vuoden rahoitussuunnitelmaan ja tarjouskilpailutus on raskaampi verrattuna yksityiseen sektoriin.

Energiaselvitysten kenttämittauksia suorittaessa on havaittu energiansäästöpotentiaalia suurissa investoinneissa, joihin on lähdetty tekemään yksityiskohtaista suunnitelmaa. Ecool-hankkeessa on selvitetty muun muassa lämpöenergian talteenoton mahdollisuuksia jätevedestä. Osasta jatkoselvityksiä on syntynyt toimintamalleja, kuten lämpimän käyttövesikierron korvaamista sähkövaraajilla. Hankkeessa syntyneet toimintamallit on esitetty hankkeen internetsivuilla saatavilla olevassa Ohjeistukset ja toimintamallit -julkaisussa.

