

# Kaukolämpöenergian mittauslaitteiden kalibrointitutkimus



Veli-Matti Mäkelä

Petri Mäkelä

15.7.2008



**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**  
**MIKKELI POLYTECHNIC**

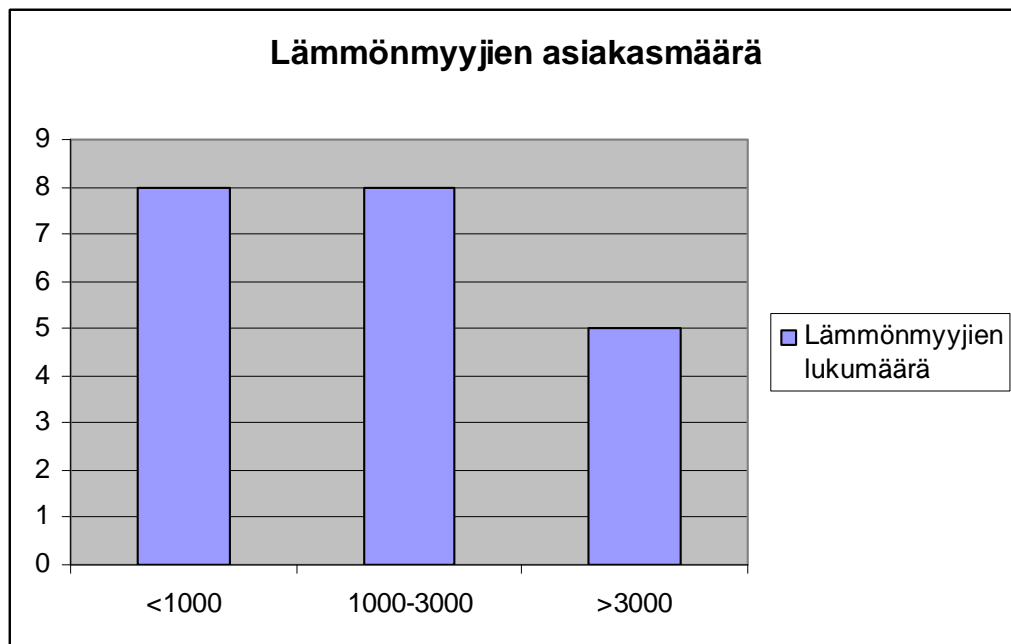
## SISÄLLYSLUETTELO:

1	Johdanto .....	3
1.1	Tutkimuksen tavoitteet .....	3
1.2	Määritelmiä .....	4
2	Kalibrointi- ja tarkastusohjelmat .....	5
2.1	Uusien mittareiden vastaanotto ja tarkastus .....	5
2.2	Käytönaikainen seuranta ja määräaikaistarkastus .....	7
2.3	Huollosta tulevien mittareiden tarkastus .....	8
2.4	Asiakkaalta poistettujen mittareiden tarkastus .....	9
3	Käytetyt testausmenetelmät .....	11
3.1	Virtausantureiden testaus .....	12
3.2	Lämpötila-antureiden testaus .....	14
3.3	Lämpömääränlaskimen testaus .....	15
4	Testauslaitteistojen kalibrointi .....	16
5	Testaus toiminnan järjestelyistä .....	17
5.1	Toimintajärjestelmä ja toiminnan dokumentointi .....	17
5.2	Testauslaitteisto .....	17
5.3	Toiminnan organisoinnista .....	17
6	Tarkastuslaitteiston ominaisuuksista ja vaatimuksista .....	19
7	Yhteenveto .....	20

# 1 JOHDANTO

Kaukolämmön mittausjärjestelmä on tärkeä osa koko kaukolämpöliiketoiminnalle. Luotettava mittausjärjestelmä mahdollistaa tarkan, täsmällisen ja oikeudenmukaisen todelliseen energiankäyttöön perustuvan laskutuksen. Toimiva ja suunnitelmallisesti tarkastettu sekä ylläpidetty järjestelmä lisää asiakkaiden luottamusta lämmönmyyjään. Järjestelmän ylläpitoon kuuluu mm. mittaustulosten seuranta, tarkastukset sekä mittauslaitteiden kalibroinnit ja niiden huollot.

Mikkelin Ammattikorkeakoulun Yrityspalvelut suoritti Energiateollisuus ry:n toimeksiannosta tutkimuksen Suomen kaukolämpömittareiden tarkastuksista, kalibroinnista ja kalibrointilaitteistoista. Kysely toteutettiin osana Innostorm -hanketta. Kysely lähetettiin suurimmalle osalle, eli noin 70:lle, kaukolämpöä myyvistä yrityksistä Suomessa. Kysely toteutettiin internetpohjaisen Webropol järjestelmän avulla. Kyselyyn vastasi reilut kaksikymmentä yritystä, joilla on yhteensä noin 46.800 lämpöasiakasta. Vastaajat edustavat sekä suuruudeltaan että maantieteelliseltä sijainniltaan hyvin kattavasti suomalaista kaukolämpösektoria.



Kuva 1: Vastaajien jakautuminen asiakasmäärien perusteella.

Kyselyyn vastanneista lämmönmyyjistä kahdeksalla oli alle 1.000 asiakasta, samoin kahdeksalla oli yli 1.000 mutta alle 3.000 asiakasta. Mukana oli myös viisi lämmönmyyjää, joilla oli yli 3.000 asiakasta.

Kysely on jaettu kolmeen osa-alueeseen, joissa selvitettiin:

- Kalibrointi- ja tarkastusohjelmia
- Testausmenetelmiä
- Testauslaitteistojen kalibrointia

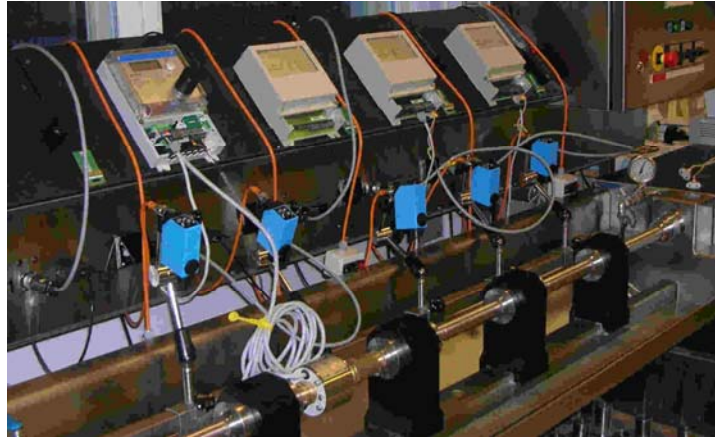
Käytetty kyselylomake on tämän raportin liitteenä.

## 1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Suomessa käytössä olevat kalibrointimenetelmät ja laitteistot sekä laboratorioissa käytettävien laitteistojen että kenttätestauslaitteiden osalta. Tutkimuksessa oli tavoitteena

selvittää erikseen virtausantureiden, lämpötila-antureiden ja lämpömääränlaskimien tarkastuslaitteistojen tilanne.

Tämän nykytilatutkimuksen tavoitteena oli selvittää käytettävät menetelmät, käytössä olevien tarkastus- ja kalibrointilaitteistojen toimintaperiaatteet ja käytettävät laitetypit, kuten esim. käytettävien laitteistojen koko (mittausalue tms.), tyyppi sekä testauksen tai kalibroinnin tarkkuus ja tulosten epävarmuus.



Vertailun ja analysoinnin avulla pyrittiin etsimään parhaat käytänteet ja vertaamaan tutkimuksen tuloksia testaus- ja kalibrointilaboratorioita koskeviin määräyksiin ja standardeihin.

Tavoitteena oli että tutkimuksen johtopäätöksiä voidaan hyödyntää hyvien tarkastuslaitteistojen edellytysten määrittämisessä sekä pohjana ehdotukselle tai mallille eri osien kenttä- ja laboratoriotarkastuksille

## 1.2 Määritelmiä

### Tarkastus

Tarkastus on mittauslaitteen kunnon selvittämistä erialisilla menetelmillä. Tässä raportissa tarkastukseen kuuluu aina jonkinlainen kalibrointi.

### Kalibrointi

Toimenpiteet, joiden avulla saadaan spesifioiduissa olosuhteissa mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomitan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla toteutettujen arvojen välinen yhteys.

### Viritys

Mittauslaitteen näyttämien arvojen korjaus kalibrointitulosten perusteella. Virityksellä pyritään poistamaan mittauslaitteen virhe.

### Jäljitettävyys

Mittaustuloksen tai mittanormaanin yhteys ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa on ilmoitettu kaikkien vertailujen epävarmuudet.

## 2 KALIBROINTI- JA TARKASTUSOHJELMAT

Mittareiden tarkastukset voidaan jakaa ajallisesti kolmeen vaiheeseen. Mittari tulisi tarkastaa uutena ennen käyttöönottoa, määräajoin käytön aikana sekä aina asiakkaalta poistettaessa. Myös huollosta tulevat mittarit tulisi tarkastaa ennen uudelleenasetusta.

### 2.1 Uusien mittareiden vastaanotto ja tarkastus

Lämmönmyyjä varmistaa, että lämpöenergiamittarit täyttävät mittareille asetetut vaatimukset ja tilauksessa sovitut asiat. Mittareita vastaanotettaessa varmistetaan, että

- mittarit ovat tilauksen mukaiset
- kaikki tarvittavat dokumentit on toimitettu
- mittarit eivät ole vaurioituneet kuljetuksen aikana.

Uusien mittareiden tarkastus vähintään pistokokein on suositeltavaa. Tarkastuksessa tulisi käydä läpi seuraavat kohdat:

- toiminta
- mittaustarkkuus (kalibrointi)
- rakenne
- tyyppi
- CE -merkintä ja tyyppihyväksyntä

Tutkimuksessa ilmeni mahdollisia puutteita uusien mittalaitteiden testauksessa. Suuri osa yrityksistä luottaa laitetoimittajiinsa siinä määrin että uusia laitteita ei testata lainkaan. Tämä saattaa mahdollistaa viallisten mittareiden pääsyn kuluttajalle esimerkiksi tilanteessa, jossa valmistajalta pääsee markkinoille virheellisiä tuote-eriä.

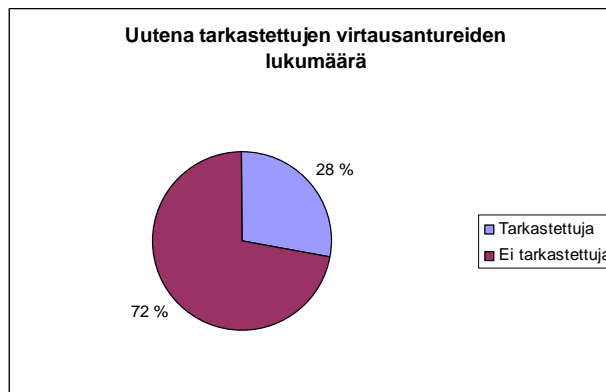
Seuraavissa kuvissa on esitetty uusien mittaustaitteiden tarkastusten nykytilanne. Kaikissa tämän kohdan kuvissa vastausten lukumäärä on 21 kpl.



Kuva 2: Virtausantureiden tarkastus uutena (% -osuus lämmönmyyjien lukumäärän mukaan)

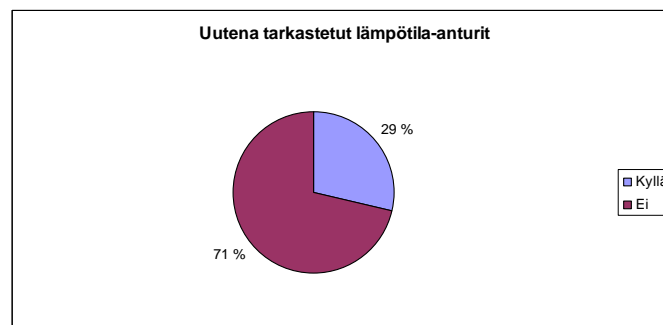
Ainoastaan 14 % lämmönmyyjistä ilmoitti tarkastavansa uudet virtausanturit niiden tullessa toimittajalta. Kun huomioidaan asiakkaiden lukumäärä, niin tilanne hieman muuttuu. Edellä mainittu 14 % lämmönmyyjien asiakasmäärä vastaa 43 %:a tutkimukseen vastanneiden lämmönmyyjien kokonaisasiakasmäärästä.

Seuraavassa kuvassa on esitetty kuinka suuri osa uusista virtausantureista tarkastetaan ennen käyttöönottoa. Tarkastus voidaan tehdä myös käyttäen näytteenottomenetelmiä.



Kuva 3: Tarkastettujen ja tarkastamattomien virtausantureiden osuus uusista virtausmittareista.

Uutena tarkastettujen mittareiden prosentuaalinen osuus on hieman suurempi kuin tarkastuksia suorittavien yritysten eli 14 % lämmönmyyjistä tarkastaa 28 % kaikista uusista virtausantureista. Tämä tarkoittaa sitä, että asiakasmäärältään suuremmat lämmönmyyjät tarkastavat virtausmittarit hieman useammin kuin asiakasmäärältään pienemmät kaukolämpöyhtiöt.



Kuva 4: Lämpötila-antureita tarkastavien yritysten osuus

Lämpötila-antureiden tarkastaminen on yleisempää kuin virtausantureiden tarkastaminen. Lähes joka kolmas lämmönmyyjä ilmoitti tarkastavansa uudet lämpötila-anturit. Samoin lämpömäärän laskimia tarkastetaan selvästi useammin uutena kuin virtausantureita.



Kuva 5: Lämpömääränlaskimia tarkastavien yritysten osuus

Uudet lämpömääränlaskimet tarkastaa noin joka kolmas lämmönmyyjä.

Yhteenvedon voidaan todeta että virtausantureita, lämpötila-antureita ja lämpömääränlaskimia tarkastaa uutena pääosin eri lämmönmyyjät, vain kaksi vastanneista 21 lämmönmyyjästä tarkastaa kaikki em. kolme komponenttia uutena.

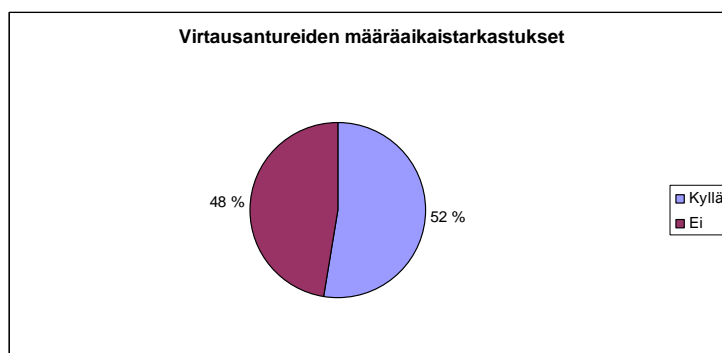
## 2.2 Käytönaikainen seuranta ja määräaikaistarkastus

Energiateollisuus ry:n suosituksen mukaan lämmönmyyjä vastaa mittareiden käytönaikaisesta mittaus-tarkkuudesta. Käytössä olevien mittarien virhe ei saa ylittää lämmöntoimitusehdoissa määriteltyä suurinta sallittua virhettä. Tällöin on huomioitava eri mittauslaitteiden vaikutus kokonaisvirheeseen.

Lämpöenergiamittarin tarkastus- tai vaihtovälien tulee olla sellaiset, että voidaan olla varmoja mittarin luotettavasta toiminnasta koko käyttöajan.

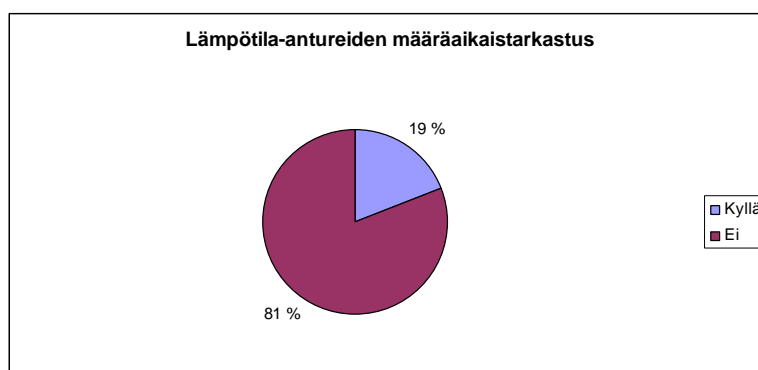
Käytönaikainen mittauslaitteiden toiminnan ja kunnan seuranta on koko mittausjärjestelmän laadunvarmistuksen perusta. Sen avulla varmistetaan käytettyjen määräaikaistarkastusten ja muiden käytettyjen menetelmien oikea-aikainen ja tarkoituksenmukainen käyttö. Käytönaikaisen seurannan välineitä ovat laboratoriotarkastusten lisäksi sekä käyttöpaikalla tehtävät erilaiset kenttätarkastukset ja -tarkastukset että tilastotietoihin ja kulutusseurantaan perustuvat tarkastukset ja arvioinnit. Lisäksi pistokokein tehtävillä tarkastuksilla varmistetaan tarvittaessa eri mittarityyppien toimintaa.

Suoritettavat toimenpiteet tulee dokumentoida ja dokumentit tallentaa siten, että mittareiden luotettava toiminta voidaan jälkikäteenkin osoittaa. Seuraavissa kuvissa on esitetty mittauslaitteiden määräaikaistarkastusten toteutus tutkimustulosten perusteella, tuloksissa vastausten kokonaismäärä on ollut 21.



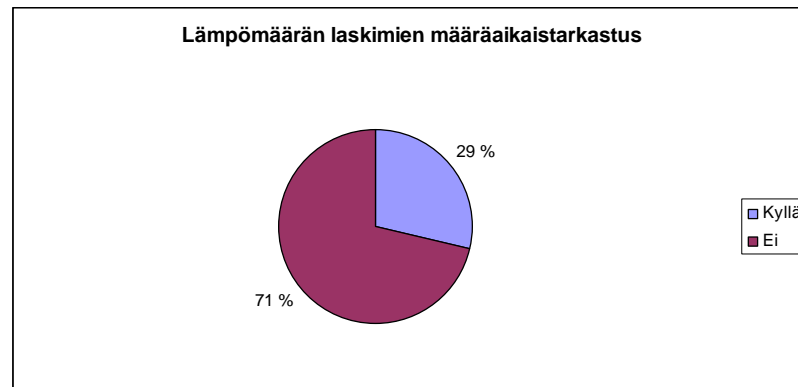
Kuva 6: Virtausantureita määräajoin tarkastavien yritysten lukumäärä

Hieman yli puolet lämmönmyyjistä tarkastaa virtausanturit määräajoin. Virtausantureiden tarkastusvälit vaihtelivat kahdesta kymmeneen vuoteen. Osa yrityksistä tarkastaa mittareita ainoastaan epäilyissä vikatilanteissa. Yleisesti tarkastusvälit määräytyivät kokemukseräisesti mittarityypeittäin. Kyllä vastauksissa on mukana myös ainoastaan epäilyissä vikatilanteissa mittareita tarkastavat yritykset. Todellinen määräaikaistarkastusten osuus on siis tässä esitettyä alhaisempi. Epäilyissä vikatilanteista saadaan myös hyvää tietoa mittauslaitteiden kunnosta, mutta yksistään se ei riitä mittauksen laadun varmistamiseksi.



Kuva 7: Lämpötila-antureita määräajoin tarkastavien yritysten lukumäärä

Ainoastaan joka viides lämmönmyyjistä tarkastaa lämpötila-anturit määräajoin käytön aikana. Lämpötila-antureiden tarkastusvälit vaihtelivat neljän ja kymmenen vuoden välillä silloin kun niitä tarkastettiin käytön aikana. Osa yrityksistä käytti myös satunnaisotantaa tarkastettavien kohteiden valinnassa.



Kuva 8: Lämpömäärälaskimien määräaikaistarkastus

Lämpömääränlaskimille tehtiin määräaikaistarkastus vajaassa kolmannessa vastanneista kohteista. Tarkastusväli lämpömäärälaskimille vaihteli neljän ja kymmenen vuoden välillä, keskiarvon ollessa lähempänä kymmentä vuotta. Myös epäilyisissä vikatilanteissa lämpömääränlaskimille suoritettiin tarkastuksia.

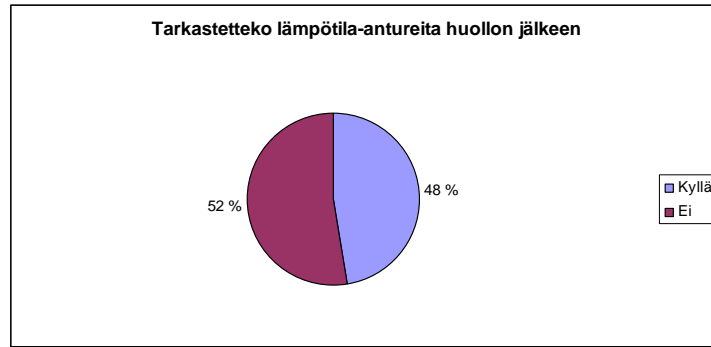
### 2.3 Huollosta tulevien mittareiden tarkastus

Huollosta tuleville mittareille tulisi suorittaa, joko lämmönmyyjän tai huollon suorittajan toimesta, samankaltainen tarkastus kuin uusille mittareille tehdään mittarin valmistajan tai markkinoille tuojan toimesta.



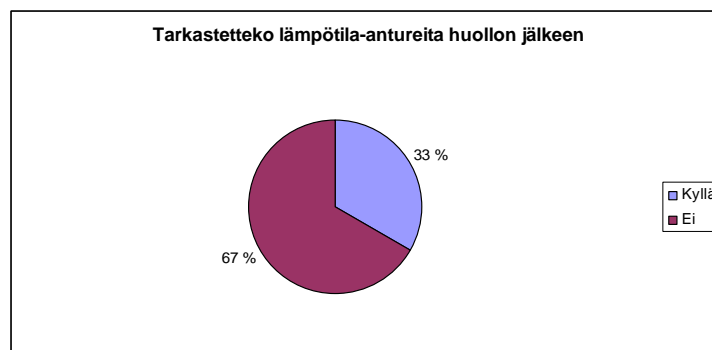
Kuva 9: Huollosta tulevia virtausantureita tarkastavat lämmönmyyjät

Ainoastaan vajaa puolet lämmönmyyjistä tarkastaa huollosta tulevat virtausanturit. Huollon jälkeinen tarkastaminen on erityisen tärkeää, koska erilaiset huolto ja puhdistustoimet saattavat vaikuttaa mittaus-tarkkuuteen. Mikäli mittarin tarkastus suoritetaan huoltoyrityksen toimesta, lämmönmyyjän tulisi aina saada mittarin mukana tarkastuspöytäkirja.



Kuva 10: Huollosta tulevia lämpötila-antureita tarkastavat lämmönmyyjät

Hieman alle 50 % lämmönmyyjistä tarkastaa huolletut lämpötila-anturit.



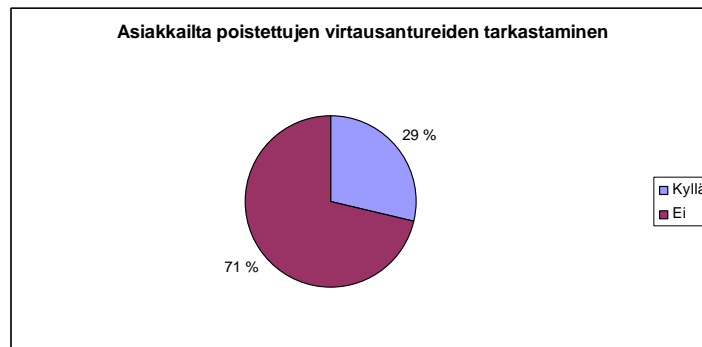
Kuva 11: Huollosta tulevia lämpömittareita tarkastavat lämmönmyyjät

Ainoastaan kolmannes vastanneista lämmönmyyjistä tarkastaa huollosta tulevat lämpömittarit.

Huollon jälkeisen tarkastuksen suorittaa yleensä huollosta vastaava taho. Ne yritykset joissa huolto tapahtuu ostopalveluna luottavat huoltoyrityksen suorittamaan tarkastukseen ja kalibrointiin. Ainoastaan kaksi tässä kohdassa kyllä vastanneista yrityksistä tekee itse lämpömittareiden kalibroinnit. Kaiken kaikkiaan lämpömittareiden kalibrointeja ja tarkastuksia tekee omalla laitteistollaan neljä vastannutta organisaatiota.

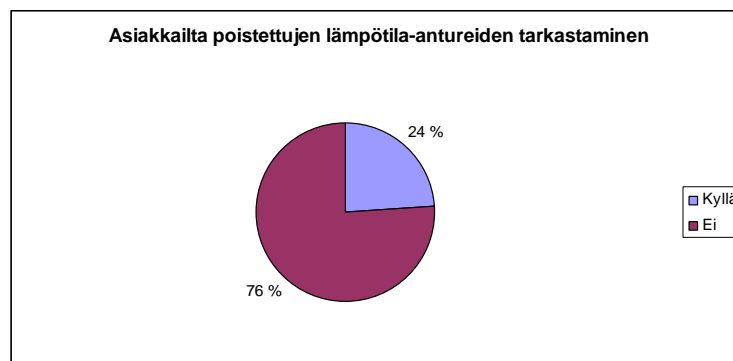
## 2.4 Asiakkaalta poistettujen mittareiden tarkastus

Jotta lämpöenergian mittauslaitteiden huolto- ja määräaikaistarkastusohjelman tarkoituksenmukaisuudesta ja toimivuudesta voidaan varmistua, kaikki asiakkailta poistetut mittarit tulisi tarkastaa. Näytteenottoon perustuvia menetelmiä voidaan käyttää asiakkailta poistettujen mittareiden tarkastuksessa, silloin kun samantyyppisten ja -ikäisten mittareiden määrä täyttää näytteenotolle asetetut vaatimukset. Saatujen tulosten perusteella määritellään ja tarkennetaan lämmönmyyjäkohtaisia tarkastusvälejä erityyppisille virtausantureille, lämpömittareille ja lämpötila-antureille.



Kuva 12: Virtausantureita asiakkaalta poistettaessa tarkastavat yritykset

Yllättävän suuri osa lämmönmyyjistä ei tarkasta mittauslaitteita asiakkaalta poistettaessa. Jopa yli 70 % jättää virtausanturit tarkastamatta. Tällainen käytäntö ei tue tarkastus- ja kalibrointiohjelmaa (laatujärjestelmää) vaan määräaika- ja poistovälien määrittely jää enemmän tai vähemmän sattumanvaraiseksi. Tilanne on myös lähes samanlainen lämpötila-antureiden ja lämpömäärälaskimien osalta.



Kuva 13: Lämpötila-antureita asiakkaalta poistettaessa tarkastavat yritykset

Vain joka neljäs lämmönmyyjä tarkastaa asiakkaalta poistettujen lämpötila-antureiden kunnan ja tarkkuuden.



Kuva 14: Lämpömäärälaskimia tarkastavat yritykset

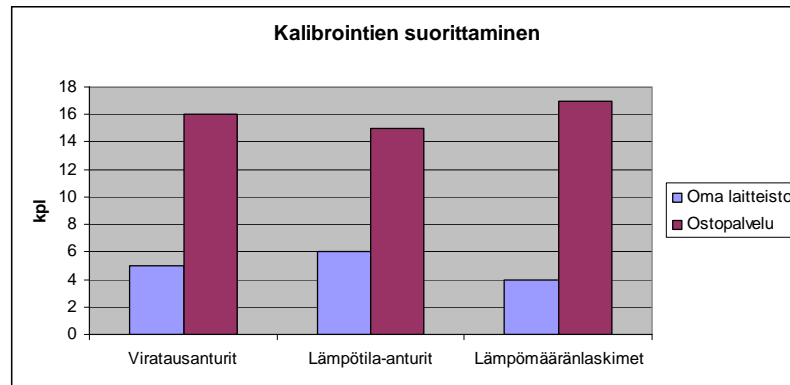
Kolmannes lämmönmyyjistä tarkastaa asiakkaalta poistettujen lämpötila-antureiden kunnan aina poiston jälkeen.

Yhteenvedon voidaan todeta että kaikkien lämpöenergiamittarin komponenttien ja eri mittarityyppien valvonta mittaria poistettaessa on suurimmassa osassa yrityksistä puutteellista. Kattava tietokanta poistettujen mittareiden kunnosta ja mittaustarkkuudesta auttaisi huomattavasti mittareiden huolto- ja ylläpito-ohjelman laadinnassa ja päivittämisessä sekä osaltaan myös uusien mittareiden linkaaren arvioinnissa.

### 3 KÄYTETYT TESTAUSMENETELMÄT

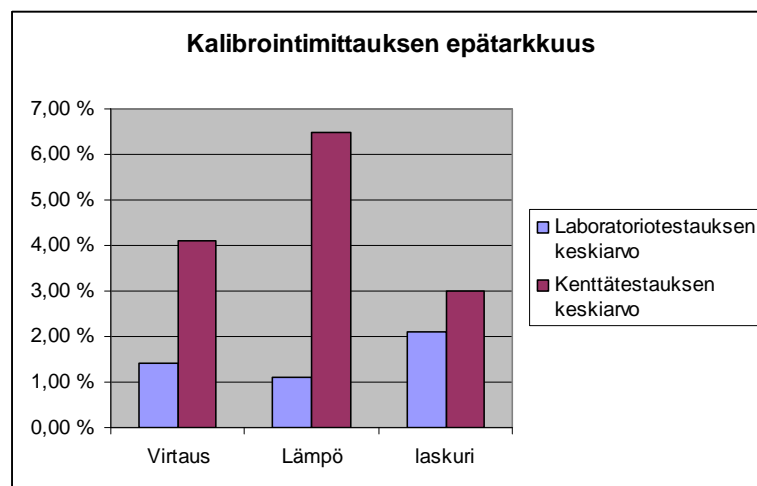
Testaus- ja kalibrintipalvelut voidaan toteuttaa joko yrityksen omana toimintana tai ostopalveluna. Testejä tehdään sekä laboratorio-olosuhteissa että kentällä.

Suuri osa suomalaisista lämmönmyyjistä hankki mittareidensa kalibrintipalvelun ostopalveluna erillisiltä huoltoyhtiöiltä tai mittareiden valmistajilta. Lämpötila-antureiden kalibrointi lämmönmyyjän toimesta on jonkin verran yleisempää kuin virtausmittareiden tai lämpömäärälaskimien.



Kuva 15: Kuinka lämmönmyyjät hankkivat mittareidensa kalibrintipalvelun. Pystyakselilla on lämmönmyyjien lukumäärä.

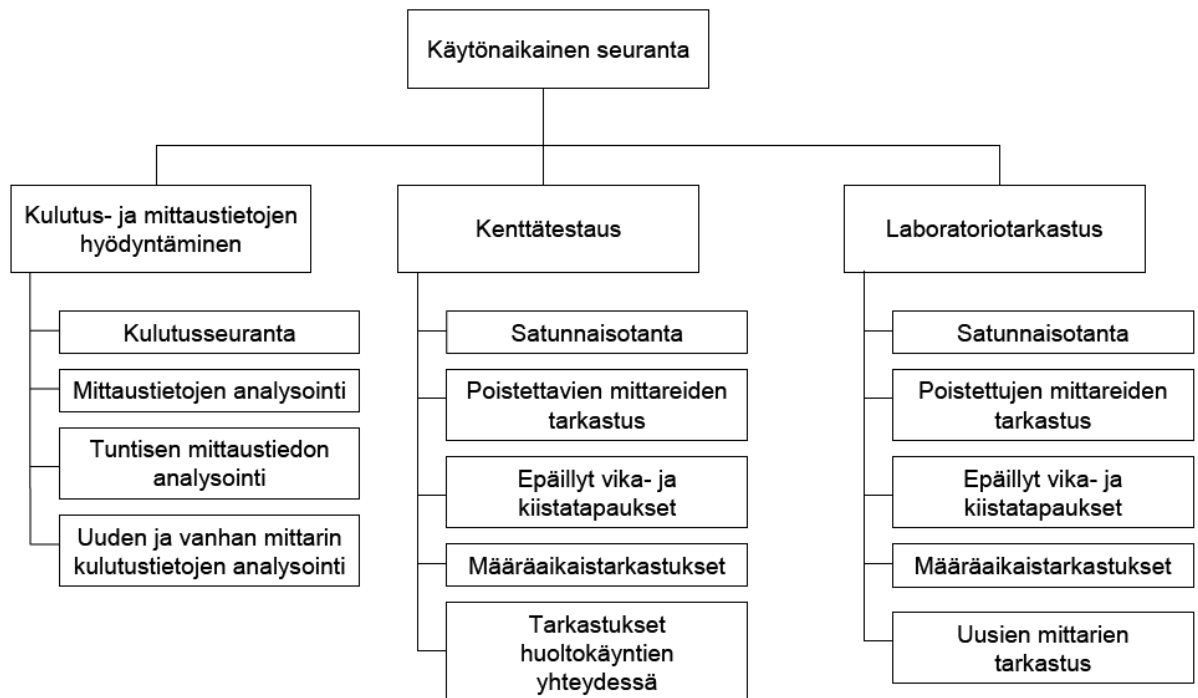
Keskimäärin neljä viidestä lämmönmyyjästä käyttää mittareiden tarkastukseen palveluyrityksiä. Itse tehdään eniten lämpötila-antureiden tarkastuksia (25 %) ja vähiten lämpömäärälaskimien tarkastuksia (15 %)



Kuva 16: Lämmön myyjien ilmoittamien mittausepätkarkkuuksien keskiarvo on laskettu kaikista käytetyistä testausmenetelmistä.

Eri mittauslaitteiden testauslaitteistoille ilmoitetut epätarkkuudet vaihtelivat melko paljon, mutta antoivat luotettavan kuvan siitä miten erilaisia laitteistoja on käytössä. Virtausmittareiden testauslaitteistojen mittausepätkarkkuudet vaihtelivat laboratoriossa 0,1 % ja 5 % välillä, kenttätestauksessa epätarkkuus vaihteli 0,5 % ja 10 % välillä. Lämpötila-antureiden osalta laboratoriomittausten tarkkuus vaihteli 0,05 % ja 3 % välillä, kenttätestauksen tarkkuudet olivat 2 % ja 10 % välillä, mutta johtuen testauslaitteistojen vähäisyydestä arvio ei välttämättä ole luotettava. Lämpömäärälaskimien laboratoriotestien epätarkkuus oli 0,05 % ja 5 % välillä. Eri yritysten lämpömäärälaskimien kenttätestauslaitteiden välillä ei havaittu vaihtelua tarkkuudessa vaan se oli noin ( $\pm 3$  %).

Seuraavassa kuvassa on esitetty lämpöenergian mittauslaitteiden testausmenetelmät.



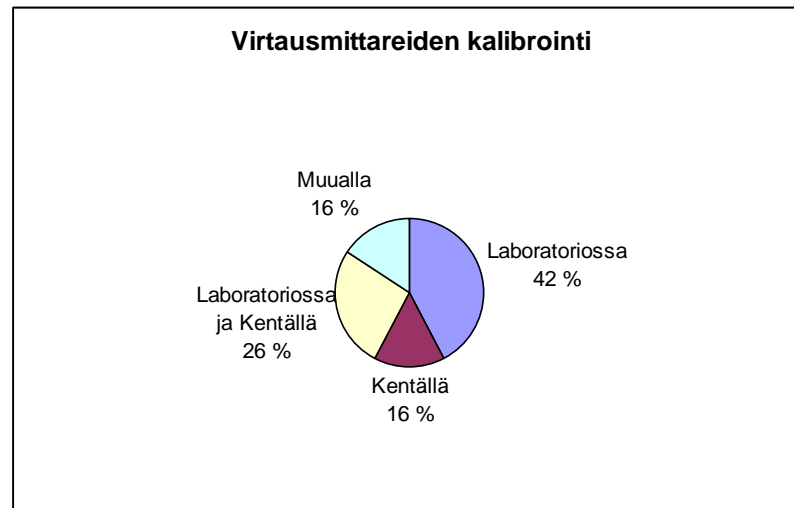
Kuva 17: Kaukolämpöenergian mittauslaitteiden kunnan ja mittaustarkkuuden seurannan ja ylläpidon menetelmät (Kaukolämmön mittaus, Energiateollisuus ry suositus K13/2008)

Samoja menetelmiä voidaan käyttää sekä laboratoriossa että kentällä tehtävissä tarkastuksissa. Menetelmillä saavutettavat tarkkuudet yleensä vaihtelevat siten että laboratoriossa mittauserävarmuus on selkeästi pienempi kuin kenttätestauksissa.

### 3.1 Virtausantureiden testaus

Virtausantureiden testaus voidaan tehdä sekä laboratoriossa että kenttätestauksena. Laboratoriossa päästään yleensä parempaan tarkkuuteen kuin kenttätestauksessa johtuen mm. vakio-olosuhteista ja tarkemmin mitoitetuista laitteista.

Kenttätestaus paljastaa virtausanturin virheen lisäksi myös mittarin asennuksesta ja putkistosta mahdollisesti aiheutuvat virheet. Toisaalta kenttätestauksena ei yleensä voida tarkastaa pelkästään virtausanturia, joten kenttätestauksen ja laboratoriotestauksen tulokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia.



Kuva 18: Virtausmittareiden testauksen / kalibroinnin suorituspaikka

Diagrammi esittää lämmönmyyjien tarkastustoiminnan jakautumista testauspaikan osalta, mutta se ei kuvaa mittareiden lukumääriä eri testauspaikoissa. Muualla osio sisältää sekä laitetoimittajalla että huolto- liikkeellä kalibroitinsa teettävät lämmönmyyjät.

Virtausantureiden testaukseen voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, esim. punnitus-, vertailu- ja kulkuai- kamenetelmä.

Seuraavassa on lyhyesti esiteltyinä yleisimmät menetelmät.

#### Punnitus

Virtausanturi voidaan testata vertaamalla lämpömääränlaskimeen kertyneitä vesimääräpulsseja erilliseen vesiasiaan virtausanturin läpi juoksettuun vesimäärään, joka punnitaan. Vertailussa on huomattava muunnos massayksiköstä tilavuuteen, laskentaa varten tarvitaan siis työkalu (taulukko tai muunnoskaava on oltava käytettävissä ohjelmistossa) veden tiheydestä lämpötilan funktiona. Laboratoriomenetelmänä punnitus on tarkka ja paljon käytetty menetelmä.

Vaakamenetelmällä tehdään myös virtausanturin kenttätestauksia, joka on suhteellisen helppo ja edullinen toteuttaa. Menetelmä ei käytännön syistä sovellu suurten virtausanturien kenttätestaukseen, koska vesias- tian tulisi olla kohtuuttoman suuri ja vaa'an kapasiteetin vastaavasti suuri, jotta menetelmän tarkkuus säi- lyisi riittävänä. Kenttätestauksessa mittaustarkkuuden jäljitettävyyys ja sen toteaminen on usein haastava tehtävä.

#### Tilavuuden mittaus

Tilavuuden mittaamiseen perustuvissa kalibrointimenetelmissä mittarin läpi virtaava vesimäärä johdetaan vaadittuun mittasäiliöön jonka tarkkuus tunnetaan.

#### Vertailumittaus

Vertailumittari kytketään kaukolämpöputkeen, sarjaan testattavan mittarin kanssa. Kenttätestauksessa vertailumittarille joudutaan tekemään soveltuva asennuspaikka mittauskeskukseen, jolloin vertailumittaria ei aina voida asentaa optimaalisesti. Liitospaikoiksi sopivat tyhjennykset, ilmaukset, painemittarin tai lämpötilamittarin liittimet jne. Laboratoriossa vertailumittaria voidaan käyttää tehokkaasti ja siitä onkin tullut hyvin yleisesti käytetty menetelmä. Vertailumittarin ja laskutusmittarin näyttämiä kulutuksia tietyllä aikavälillä verrataan toisiinsa.

Vertailumittarin tarkkuus on tarkastettava määräajoin jollakin jäljitettävällä menetelmällä kuten esim. punnitus menetelmällä.

Putken pinnalle asennettavan ultraäänimittarin käyttö vertailumittarina on yksinkertainen, mutta anturin asennuksesta ja kaukolämpöputken ominaisuuksista johtuva epätarkkuus voi aiheuttaa huomattavankin virheen.

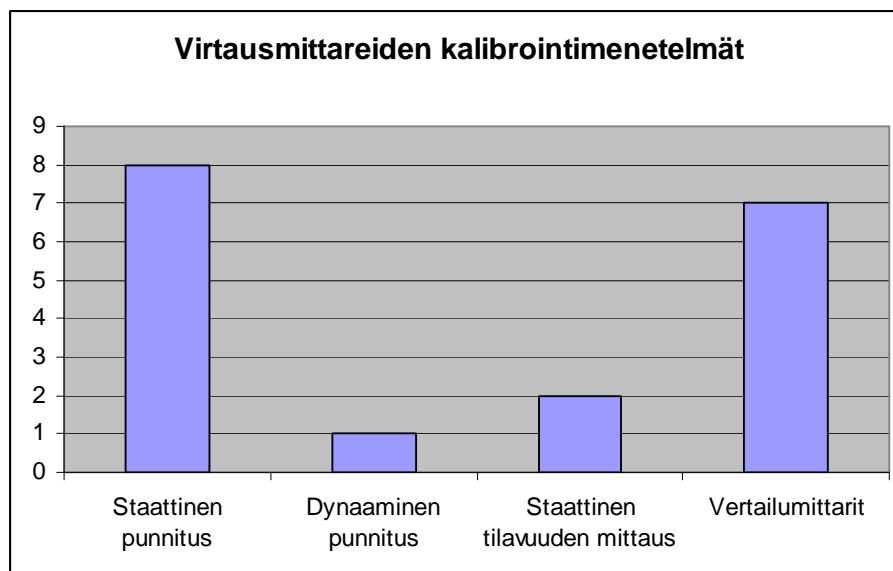
### Merkkiainemenetelmä

Merkkiainetekniikkaa käytetään hyvin vähän nykyisissä kaukolämpöverkoissa. Merkkiaineeseen perustuva menetelmä soveltuu parhaiten suuriin mittauksiin, joissa virtausanturin irrotus kalibrointia varten tuottaa ongelmia. Merkkiainemenetelmässä mitattavaan virtaukseen syötetään lyhyt pulssi radioaktiivista merkkiainetta, jonka nopeus mitataan putken ulkopuolelle asennetuilla säteilyilmäsimillä. Tilavuusvirtaus saadaan virtausnopeuden ja putken poikkipinta-alan tulona.

### Kulkuaikamenetelmä

Kulkuaikamenetelmissä lasketaan veden määrää virtaavassa putkessa äänen tai äänipulssin etenemisnopeuden perusteella. Ultraäänimittaus on yksi tämän menetelmän sovelluksista.

Seuraavassa kuvassa on esitetty lämmönmyyjien käyttämiä virtausantureiden testaus- ja kalibrointimenetelmiä.

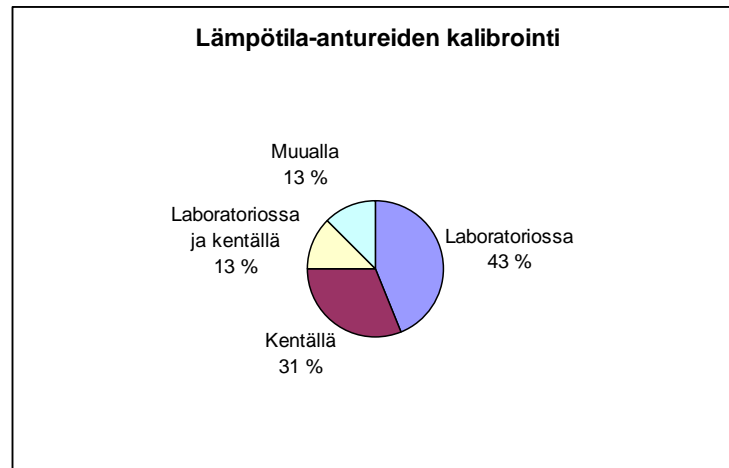


Kuva 19: Virtausantureiden testaus- ja kalibrointimenetelmät

Kuvaajan pylväät kuvaavat eri testausmenetelmiä käyttävien lämmönmyyjien lukumäärää. Kuvasta ei voida yksiselitteisesti päätellä millä menetelmällä testataan eniten virtausmittareita. Vertailumittareiden käyttö on yleistynyt viimeaikoina. Niihin liittyy usein vertailumittareiden kalibrointi staattisen punnituksen menetelmällä (vaaka).

## 3.2 Lämpötila-antureiden testaus

Lämpötila-anturit voidaan tarkastaa sekä laboratoriossa että kenttätestauksina. Testausten hyödynnettävyys riippuu valitun menetelmän tarkkuudesta ja tarkkuuden jäljitettävyydestä. Lämpötila-anturit voidaan testata asennuspaikalla vastusmittauksen avulla lämpötila-anturien ollessa kiinnitettynä putkistoon. Lämpötila-anturit voidaan testata myös kalibrointiuunien tai -hauteiden avulla.

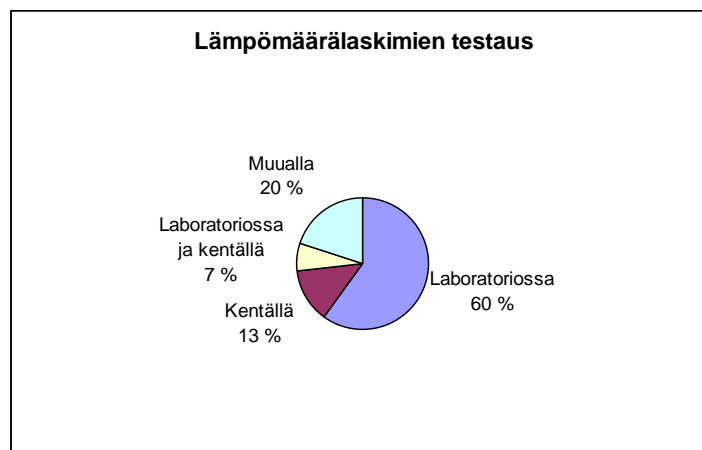


Kuva 20: Lämpötila-antureiden tarkastus

Yleisimmin kalibroinnissa käytettiin vertailumittareita ja lämpötilahauteita. Osin käytettiin myös yleis- tai jännitemittarilla mitattuja arvoja testauksessa.

### 3.3 Lämpömääränlaskimen testaus

Laskimen toiminta voidaan testata joko käyttöpaikalla tai laboratoriossa erillisellä, joko mittarivalmistajan- tai muun toimittajan valmistamalla testauslaitteistolla. Testaus suoritetaan simuloimalla tarkistettavalle laskimelle virtausvesimääräpulsseja sekä tulo- ja paluulämpötilat. Testauslaitteistoja on sekä laboratoriokäyttöä varten että kevyempiä kenttätestausmalleja.

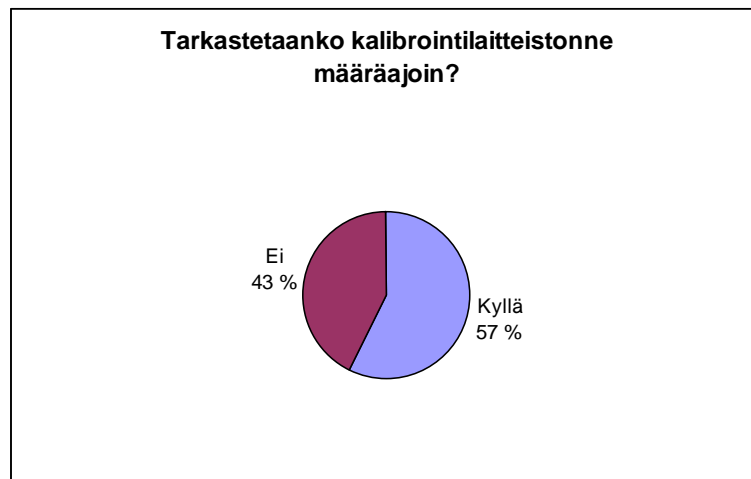


Kuva 21: Lämpömääränlaskimien testauksen suorituspaikat

Yleisimmin muualla tarkoitti valmistajan suorittamaa testausta. Yllättävän moni lämmönmyyjä suoritti lämpömääränlaskimien tarkastukset ja kalibroinnit vain laboratoriossa, vaikka nimenomaan lämpömääränlaskimien kenttätestaus on yksinkertaisempaa ja luotettavampaa kuin virtausantureiden tai lämpötila-antureiden.

## 4 TESTAUSLAITTEISTOJEN KALIBROINTI

Kalibrointi- ja testauslaitteistot tulisi tarkastaa ja kalibroida säännöllisesti mittaustarkkuuden säilyttämiseksi. Laitteistojen tarkkuuden ylläpito ja jäljitettävyys tulee varmistaa suunnitelmallisella ylläpito- ja kalibrointiohjelmalla Yritysten kalibrointilaitteistojen kalibrointi vaihteli huomattavasti aina vuosittaisesta ulkopuolisen tarkastajan tarkastuksesta itse tehtyihin tarkastuksiin ja jopa täydelliseen tarkastamattomuuteen.



Kuva 22: Kalibrointilaitteistojen tarkastus

Käytettyjen kalibrointilaitteistojen tarkkuudet on yleensä määritelty laitteiston toimittajan puolesta. Myös tarkastustoimenpiteet ovat yleensä joko laitteistovalmistajan tai virallisen tarkastustahon määrittelemiä.

## 5 TESTAUSTOIMINNAN JÄRJESTELYISTÄ

Tutkimuksessa nousi esille monia hyviä malleja suomalaisten energiayhtiöiden kaukolämpöenergian mittauslaitteiden testaustoiminnassa. Tällaisia ovat mm.

- toiminnan organisointi
- laatujärjestelmät ja laadun ylläpito
- laitteisto

Lisäksi tutkimuksessa nousi esille myös joitain kehittämiskohteita. Saatujen tulosten perusteella on laadittu tämä kappale, jonka avulla toimintaa eri lämmönmyyjien osalta voidaan kehittää suunnitelmallisesti.

### 5.1 Toimintajärjestelmä ja toiminnan dokumentointi

Useissa tapauksissa vaikuttaa siltä, että kaukolämpöenergian mittauslaitteiden tarkastukselle ei ole dokumentoitua tarkastus- tai kalibrointiohjelmaa. Luonnollinen paikka tällaiselle suunnitelmalle olisi olla osa yrityksen laatujärjestelmää.

Toimintajärjestelmässä on monia osia joiden dokumentointi vaikuttaa puutteelliselta.

- Toiminnan periaatteiden dokumentointi
  - o Tarkastuksen periaatteet
  - o Kuinka tarkastusvälit muutetaan ja miten suoritettavat tarkastukset ja kalibroinnit vaikuttavat tarkastus- tai kalibrointiväleihin
- Käytettyjen tarkastus- ja kalibrointimenetelmien dokumentointi
- Alihankintasopimukset ja niissä olevat vaatimukset esim. kalibrointien tarkkuudelle tai tulosten arkistoinnille
- Tarkastuksessa ja kalibroinneissa käytettävien mittauslaitteiden mittaustarkkuuden ylläpidon dokumentointi
  - o Kalibroinnit: menetelmät ja kalibrointivälit
  - o Kalibrointien tulosten huomioiminen omassa tarkastus- tai kalibrointitoiminnassa
  - o Kalibrointien ja kalibrointivälien tarkoituksenmukaisuuden arviointi

### 5.2 Testauslaitteisto

Testauslaitteistoja on käytössä monenlaisia, jotka pääosin näyttävät täyttävän tehtävänsä. Laitteistojen dokumentoinnissa mm. mittausepävarmuuden arvioinnin osalta on selkeästi puutteita. Samoin laitteistojen ylläpidossa voisi olla kehitettävää tai ainakin ylläpidon (mm. suoritettavat kalibroinnit) dokumentoinnissa on puutteita.

### 5.3 Toiminnan organisoinnista

Mittauslaitteiden tarkastus- ja kalibrointitoiminta voidaan organisoida monella eri tavalla. Yleisimmät käytössä olleet menetelmät olivat:

- Oma toiminta
- Laitteiden valmistaja tai myyjä
- Palveluyritys, jolta palvelut ostetaan

Ostopalvelujen, sekä palveluyritysten että laitevalmistajien ja myyjien käytöstä kävi ilmi mm. seuraavaa:

- Käytetään palvelun tarjoajia, usein laitteiden valmistajia tai erityisesti tällaisia palvelua tarjoavia yrityksiä, joita pidetään ns. luotettavaksi tunnettuina. Minkäänlaista dokumentaatiota tai valintakriteerejä palveluyritysten valinnalle ei kuitenkaan ole.

- Useinkaan ei ole sovittu tai dokumentoitu millä tasolla toimitaan:
  - o Laatu ja laatujärjestelmät
  - o tarkkuus (kalibroinnit)
- Tulosten dokumentointi ja dokumenttien luovuttaminen sekä arkistointi
  - o Usein seloste puuttuu kokonaan tai sitä ei luovuteta asiakkaalle
  - o Selosteessa ei juurikaan esitetä kalibroinnin tarkkuutta tai mittausepävarmuutta
  - o Selosteen arkistointi palvelun tarjoajan toimesta on sopimatta. Tämä on tärkeää ainakin silloin kun seloste jää ainoastaan palvelutarjoajalle

## 6 TARKASTUSLAITTEISTON OMINAISUUKSISTA JA VAATIMUKSISTA

Toiminnan kehittämiseksi tarvitaan erillinen ohje, jossa esitetään mittauslaitteiden tarkastus- ja kalibrointitoiminnan laatujärjestelmän tai toimintasuunnitelman oleelliset vaatimukset. Ohjeen pääotsikoita ovat ainakin:

- Kalibrointiohjelman lähtökohdat ja edellytykset
  - o Mittauslaitteiden tarkastukset uutena, määräaikaistarkastukset, huollon jälkeiset tarkastukset ja asiakkaalta poistettavien mittareiden käsittely.
  - o Eri laitteiden ja laitetyyppien tarkastus- ja kalibrointisuunnitelmien tarve, sekä suunnitelmien muuttaminen ohjelman antamien tulosten perusteella
- Eri seurantamenetelmien ja työkalujen hyödyntäminen osana järjestelmää
  - o Tarkastukset ja kalibroinnit
  - o Vikatilastot ja raportit sekä huollon toiminta
  - o Kulutusseuranta ja mittaustietojen analysointi
  - o Testaustoiminta ja muu laitteiden kunnon tarkkailu
- Tarvittava dokumentaatio
  - o sekä omalle toiminnalle että ostopalveluna toteutetulle tarkastukselle ja kalibroinnille
  - o Selosteiden tarve
  - o Arkistointi ja tietojen säilytys
  - o Tietojen hyödyntäminen suunnitelmallisesti
- Laitteiston vaatimukset (lämpömääränlaskin, lämpötila-anturit ja virtausanturi)
  - o Laboratoriolaitteistojen vaatimukset käyttötarkoituksen mukaan
  - o Kenttätestaus
- Mittausepävarmuus
  - o Mittaustarkkuuden vaatimukset
  - o Mittausepävarmuuden määrittäminen
- Tarkkuuden ylläpito
  - o Mittaustarkkuuden ylläpidon periaatteet
  - o Kalibroinnit ja kalibrointiohjelman laadinta sekä ohjelman tarkentaminen saavutettujen tulosten perusteella
  - o Kalibrointien jäljitettävyys

## 7 YHTEENVETO

Kysely lähetettiin suurimmalle osalle, eli noin 70:lle, kaukolämpöä myyvistä yrityksistä Suomessa. Kyselyyn vastasi yli kaksikymmentä yritystä, joilla on yhteensä noin 46800 lämpöasiakasta.

Kyselyn tuloksista voidaan päätellä, että yhtiöt joko huolehtivat kalibroinnista hyvin ja panostavat mittareiden toimintaan ja tarkkuuteen tai luottavat mittareihinsa niin, että jättävät tarkastukset kokonaan tekemättä. Osa mittareistaan huolehtivista yrityksistä testaa ja kalibroi kaikki komponentit (virtausanturi, lämpömääränlaskin ja lämpötila-anturit) samalla laajuudella ja osa vain jonkin komponentin. Liian suuri osa näyttää jättävän mittareiden tarkastamisen kokonaan tekemättä. Tarkastamattomuus saattaa pahimmillaan johtaa suurinkin virheisiin laskutuksessa.

Yleisesti ottaen yritysten asiakasmäärän ja kalibrointiohjelmien kattavuuden välillä ei voida vetää suoraa riippuvuutta. Osa alle 1000 asiakkaan lämmönmyyjistä hoitaa tarkastuksensa esimerkiksi ja toisaalta osalla asiakasmäärältään suurista lämmönmyyjistä on hyvinkin puutteellisia tarkastus- ja kalibrointiohjelmiä.

Yleisesti käytetyt tarkastus- ja kalibrointimenetelmät ovat luotettavia ja niiden kalibrointitarkkuus on riittävä. Sen sijaan käytettyjen tarkastus- ja kalibrointilaitteistojen tarkkuudenylläpidossa ja kalibroinnissa oli puutteita sillä 43 % vastanneista ei kalibroinut testaus- / kalibrointilaitteitaan.

Merkittävä puute on myös toiminnan tai sen osien puutteellinen dokumentointi. Tämä näkyy mm. ostopalvelujen osalta siten että kaikilla lämmönmyyjillä ei ole tietoa miten tai millä tarkkuudella palveluyritys heille tarkastukset tai kalibroinnit tekee.

Selkeä ohjeistus auttaisi tilanteen korjaamisessa. Nykyisellään tarkastus- ja kalibrointiohjelmien vaihteleva taso vaikuttaa alan toiminnan tehokkuuteen ja mittausten luotettavuuteen.