

Jorma Korttinen

SISÄILMAMITTAUSTEN LAATUUN  
VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ  
Sisäilman mikrobiäytteet

Opinnäytetyö  
Ympäristöteknologia


Toukokuu 2010




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä
		7.5.2010
Tekijä(t) Jorma Korttinen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia
Nimeke Sisäilmanäytteen laatuun vaikuttavia tekijöitä, sisäilman mikrobinäytteet		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Sisäilmamittausten avulla arvioidaan asuntojen ja muiden huoneistojen sisäilman laatua. Mittausten perusteella terveysuojeluviranomaiset voivat antaa määräyksiä sisäilman laadun parantamiseksi tai rajoittaa huoneistojen käyttöä.</p> <p>Mittausten laadulla, sillä että mittaukset on suoritettu oikealla tavalla, mittalaitteet ovat olleet käyttökelpoisia ja niiden toiminta on tarkastettu asianmukaisella tavalla, on ratkaiseva merkitys mittaustulosten arvioinnissa.</p> <p>Mittaustulosten oikeellisuus todennetaan osoittamalla, että koko mittausjärjestelmällä on kyky tuottaa oikeita mittaustuloksia kyseiselle mittausmenetelmälle ja mitattavalle pitoisuudelle. Mittausjärjestelmän osatekijöitä ovat näyte, analyysi- tai mittausmenetelmä, mittalaite, mittaaja sekä mittausympäristö. Laadun varmistamiseksi jokaista osatekijää seurataan.</p> <p>Sen lisäksi, että mittausjärjestelmällä on kyky tuottaa oikeita mittaustuloksia, on mittaustuloksia kyettävä tulkitsemaan oikein.</p> <p>Tässä työssä on tarkasteltu sisäilman mikrobinäytteenoton uusittavuutta ja toistettavuutta. Havaittu vähäinen uusittavuus ja erityisesti toistettavuus viittaavat siihen, että sisäilman mikrobipitoisuus voi hyvinkin lyhyellä aikavälillä vaihdella suuresti. Samasta näytepisteestä otettujen peräkkäisten näytteiden pitoisuudet voivat vaihdella suuresti. Yksittäinen näytetulos ei kuvaa pitoisuustasoa luotettavasti, vaan näytteitä joudutaan ottamaan useita.</p> <p>Lopuksi esitetään laadittu menettelytapaohje sisäilman mikrobien näytteenotolle. Tältä osin työ liittyy Imatran seudun ympäristötoimen laatuja järjestelmän kehittämiseen.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Sisäilma, mikrobinäytteet, mittausten epävarmuus, uusittavuus, toistettavuus		
Sivumäärä 56+18	Kieli suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä) Menettelytapaohje, Näytteenotto sisäilmasta, Andersen 6-vaiheimpaktori		
Ohjaavan opettajan nimi Martti Pouru		Opinnäytetyön toimeksiantaja Imatran seudun ympäristötoimi

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	Date of the bachelor's thesis 7 May 2010	
Author(s) Jorma Korttinen	Degree programme and option Environmental technology	
Name of the bachelor's thesis The factors affecting the quality of indoor air sampling, the microbial samples in indoor air		
Abstract <p>The indoor air is estimated by measuring the air quality in private houses and other dwellings. On the basis of measurements the health protection authorities can give orders to improve indoor air or restrict the use of dwellings.</p> <p>A good quality of measurements is very important when estimating the results. The measurements must be done in right way with usable and relevant measuring instruments. The accuracy of results is confirmed by showing a capability of measuring system to produce adequate results for the measuring method and concentrations. The factors of measuring system are a sample, a method of analyze or measure, a measuring device, a measurer and a measuring environment. Every factor is observed to ensure the quality.</p> <p>In addition to make right results it is important to decode the results correctly.</p> <p>The aim of this study was to investigate the sampling of microbial specimen and its renewability and repeatability. It seemed that there were few possibilities to renew or repeat measurements. Amount of microbes in indoor air were registered to vary a great dealt during short interval. Concentrations of sequential samples from the same sample point varied a great dealt. A single sample result did not describe the concentration level reliably; therefore several samples had to be taken.</p> <p>At the end of this study it is shown a prepared guidance for sampling the indoor air microbes. In this regard this study is joined to improve the quality management system of environmental office of the Imatra region (Imatran seudun ympäristötoimi).</p>		
Subject headings, (keywords) indoor air, microbial specimen, uncertainty of measurements, renewability, repeatability		
Pages 56 p.+ app. 18 p	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2010xxxxx
Remarks, notes on appendices a guidance, sampling of indoor air, Andersen impactor		
Tutor Senior Lecturer Martti Pouru	Bachelor's thesis assigned by Imatran seudun ympäristötoimi	

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b> .....	<b>1</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 HUONEISTOJEN TERVEELLISYYDEN VALVONTA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Yleistä .....	10
2.2 Näytteenotto ja mittaaminen .....	10
<b>3 MITTAUSTEN SUORITUSKYKY</b> .....	<b>12</b>
3.1 Yleistä .....	12
3.2 Mittausvirheiden jaottelua .....	12
3.2.1 Karkeat virheet .....	12
3.2.2 Systemaattinen virhe .....	13
3.2.3 Satunnaisvirheet .....	13
3.3 Mittausten tarkkuus .....	14
3.3.1 Mittausalue .....	14
3.3.2 Ominaiskäyrä .....	15
3.3.3 Erotteluvirhe .....	17
3.3.4 Mittauksen toistettavuus .....	17
3.3.5 Mittausten uusittavuus .....	18
3.3.6 Ympäristöolosuhteiden aiheuttama epävarmuus .....	19
3.3.7 Hitaista muutoksista aiheutuvat virheet .....	19
<b>4 MITTAUSTEN LUOTETTAVUUDEN VARMISTAMINEN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Kalibrointi ja jäljitettävyys .....	21
4.2 Validointi .....	23
4.3 Mittaajan ammattitaito .....	24
4.4 Mittausepävarmuuden arviointi .....	24
4.4.1 Mittausepävarmuus .....	24

4.4.2	Mittausvirhe ja mittausepävarmuus .....	25
4.4.3	Kirjainsymbolit .....	26
4.4.4	Mittausepävarmuus, perustyyppi A .....	26
4.4.5	Mittausepävarmuus, perustyyppi B .....	27
4.4.6	Mittausepävarmuuteen liittyvät jakaumat .....	28
4.4.7	Yhdistetty mittausepävarmuus .....	29
4.4.8	Mittausepävarmuus mikrobiologisessa analyysissä .....	31
<b>4.5</b>	<b>Tulosten tulkinta .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>MITTAUSMENETTELY .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Yleistä .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Terveydensuojeluviranomaisen sisäilmamittaukset .....</b>	<b>36</b>
5.2.1	Tehtävän määrittely .....	36
5.2.2	Suoritusvaihtoehtojen etsiminen ja vertailu .....	36
5.2.3	Tarkoituksenmukaisuuden tarkistus .....	37
5.2.4	Epävarmuuden ennakoarviointi .....	37
5.2.5	Mittauslaitteiden tarkistukset ja kalibroinnit .....	38
5.2.6	Tulosten edustavuuden arviointi .....	38
5.2.7	Tulosten käsittely ja mittausepävarmuuden jälkiarviointi .....	39
5.2.8	Tulosten kelvollisuuden arviointi .....	39
5.2.9	Dokumentointi ja tulosten informointi asianomaisille .....	40
<b>6</b>	<b>SISÄILMAN MIKROBINÄYTTEET .....</b>	<b>42</b>
<b>6.1</b>	<b>Yleistä .....</b>	<b>42</b>
<b>6.2</b>	<b>Andersen-keräin .....</b>	<b>43</b>
6.2.1	Leikkauspiste $d_{50}$ .....	44
6.2.2	Andersen-keräimen ominaisuuksia .....	45
<b>6.3</b>	<b>Näytteenotto-olosuhteet .....</b>	<b>45</b>
<b>6.4</b>	<b>Sisäilman mikrobinäytteenoton epävarmuus .....</b>	<b>46</b>
<b>6.5</b>	<b>Tulosten arviointi .....</b>	<b>48</b>
6.5.1	Yleistä .....	48
6.5.2	Asunnot .....	48
6.5.3	Koulut ja päiväkodit .....	49
6.5.4	Toimistot ja vastaavat .....	50

<b>7</b>	<b>KOKEELLINEN OSUUS</b>	<b>51</b>
7.1	Yleistä	51
7.2	Laitteisto ja materiaalit	51
7.3	Kokeen suoritus	52
7.4	Mittaustulokset	53
7.5	Tulosten tarkastelua	56
7.5.1	Toistettavuus ja uusittavuus	56
7.5.2	Tulosten vaihtelu	56
7.5.3	Tulokset ja ohjearvot	57
7.5.4	Johtopäätökset	58
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>59</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>61</b>
	<b>LIITE: MENETTELYTAPAOHJE, NÄYTTEENOTTO SISÄILMASTA ANDERSEN 6-VAIHEIMPAKTORI</b>	<b>63</b>

## SANASTO

Lähde: Mikes, Metrologiaa lyhyesti

Tämä sanaston suomentamisessa on käytetty lähteinä Suomen Standardisoimisliiton standardia SFS 3700 ja FINASin julkaisua Akkreditointiin liittyviä käsitteitä (FINAS S4/1994). Sanat on annettu myös englanniksi.

**Ajautuma (Drift)** mittarin metrologisen ominaisuuden hidas muutos.

**Akkreditoitu laboratorio (Accredited laboratory)** Laboratorio, joka on muodollisesti todettu päteväksi suorittamaan määrättyjä tai määrätynlaisia tehtäviä. Akkreditoitu kalibrointilaboratorio on toimitin tai sen osa, jonka tarjoamat jäljitettävät kalibrointipalvelut on todettu päteväksi akkreditointipäätöksessä määritellyssä laajuudessaan. Akkreditoitu testauslaboratorio on toimitin tai sen osa, jonka tietyin kokein suorittamat testit on todettu päteväksi akkreditointipäätöksessä määritellyssä laajuudessaan.

**Anturi (Sensor)** Mittauslaitteen tai mittausketjun elementti, johon mittaussuure vaikuttaa välittömästi.

**Artikla 169 (Article 169)** EY:n perustamissopimuksessa: ”Monivuotista puiteohjelmaa täytäntöön pantaessa yhteisö voi yhteisymmärryksessä niiden jäsenvaltioiden kanssa, joita asia koskee, määrätä osallistumisesta useiden jäsenvaltioiden käynnistämiin tutkimus- ja kehittämistyötä koskeviin toimintaohjelmiin sekä näiden toimintaohjelmien täytäntöönpanoa koskeviin järjestelmiin.”

**Askel, asteikon askel (Scale division)** Minkä tahansa kahden peräkkäisen asteikkomerkin väli.

**Askelpituus (Scale spacing)** Kahden peräkkäisen asteikkomerkin välinen etäisyys mitattuna asteikon pituuden määrittelevää viivaa pitkin.

**Erottelukynnys (Discrimination threshold)** Suurin herätteen muutos, joka ei aiheuta havaittavaa muutosta mittarin vasteessa, kun herätteen muutos tapahtuu hitaasti ja monotonisesti.

**Heräte (Stimulus, impulse)** Mittausjärjestelmän tulossignaalia voidaan nimittää herätteeksi.

**Ilmaisain (Detector)** Laite tai aine, joka ilmaisee ilmiön esiintymisen, vaikkakaan ei välttämättä osoita tähän ilmiöön liittyvän suuren arvoa. Esim. lakmuspaperi.

**Johdannaissuure (Derived quantity)** Suure, joka on suurejärjestelmässä määritelty järjestelmän perussuureiden avulla.

**Jäljitettävyys (Traceability)** Mittaustuloksen tai mittanormaalin yhteys ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa kaikille vertailuille on ilmoitettu epävarmuudet.

**Jäljitettävyysketju (Traceability chain)** Aukotonta vertailuketjua sanotaan jäljitettävyysketjuksi.

Järjestelmään kuulumaton (mitta)yksikkö (Off-system unit (of measurement))

Mittayksikkö, joka ei kuulu tarkasteltavaan mittayksikköjärjestelmään.

**Kalibrointi (Calibration)** Toimenpiteet, joiden avulla spesifioiduissa olosuhteissa saadaan mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomitan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla realisoitujen arvojen välinen yhteys.

**Kalibrointitodistus (Calibration certificate)** Kalibroinnin tulos/tulokset dokumentoidaan asiakirjaksi, jota kutsutaan kalibrointitodistukseksi.

Kansainvälinen (mitta)yksikköjärjestelmä, SI (International System of Units,

SI) Koherentti mittayksikköjärjestelmä, jonka Yleinen paino- ja mittakonferenssi on omaksunut ja jota se suosittelee käytettävän.

**Kansainvälinen mittanormaali (International (measuring) standard)** Kansainvälisen sopimuksen perusteella tunnustettu mittanormaali, joka toimii kansainvälisenä perustana määrittäessä kyseessä olevan suureen muiden mittanormaalien arvoja.

**Kansallinen mittanormaali (National (measurement) standard)** Kansallisen päätöksen perusteella tunnustettu mittanormaali, joka toimii kansallisena perustana määrittäessä kyseessä olevan suureen muiden mittanormaalien arvoja.

Kansallinen mittanormaalinlaboratorio (National measurement standard laboratory)

Kansallisen mittanormaalinlaboratorion tehtävänä on pitää yllä kansallista mittanormaalia ja sen jäljitettävyyttä sekä siirtää sen kautta mittayksikkö muihin mittanormaaleihin. Lisäksi niiden tulee hoitaa kansallisten mittanormaalien ylläpitoon ja kehittämiseen liittyvää mittatieteellistä tutkimusta, osallistua kansainvälisiin vertailumittauksiin ja muuhun kansainväliseen yhteistyöhön sekä toimia asiantuntijana pätevyysalueellaan.

Suomessa kansalliset mittanormaalinlaboratoriot nimeää MIKES.

**Kerma** Absorboitunut annos.

**Kiintomitta, mittain (Material measure)** Laite, jonka tehtävänä on käytön aikana (jatkuvasti) tuottaa tai antaa yksi tai useampi annetun suureen tunnettu arvo/ jolla on tarkoitus kiinteällä tavalla toistaa tai tuottaa annetun suureen yhtä tai useampaa tunnettua arvoa.

**Kokeellinen keskihajonta (Experimental standard deviation)** Saman mittaussuureen n peräkkäisen mittauksen kokeellinen keskihajonta s kuvaa tulosten hajontaa ja se saadaan kaavasta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

missä  $x_i$  on mittauksen i tulos ja  $\bar{x}$  on tulosten (n kpl) aritmeettinen keskiarvo.

**Korjattu mittaustulos (Corrected result)** Mittaustulos systemaattisen virheen korjaamisen jälkeen.

**Korjaus (Correction)** Lukuarvo, joka lisätään korjaamattomaan tulokseen



systemaattisen virheen kompensoimiseksi.

**Korjauskerroin (Correction factor)** Luku, jolla korjaamaton mittaustulos kerrotaan systemaattisen virheen kompensoimiseksi.

**Kuljetettava mittanormaali (Travelling standard)** Mittanormaali, joskus erikoisrakenteinen, joka on tarkoitettu kuljetettavaksi paikasta toiseen.

**Kuollut alue (Dead band)** Suurin alue, jonka puitteissa heräte voi muuttua kumpaankin suuntaan aiheuttamatta muutosta mittauslaitteen vasteessa.

**Käyttönormaali (Check standard, working standard)** Mittanormaali, jota käytetään rutiininluonteisesti kiintomittojen, mittauslaitteiden tai vertailuaineiden kalibrointiin tai tarkastukseen.

**Lakisääteinen metrologia (Metrology, legal)** Metrologian osa, joka käsittelee mittayksiköitä, mittausmenetelmiä ja laitteita näihin kohdistettujen lakisääteisten vaatimusten osalta.

**Metrijärjestelmä (Metric system)** Mittayksikköjärjestelmä, joka perustuu metriin ja kilogrammaan. Tämän järjestelmän voidaan sanoa olevan nykyisin käytössä olevan SI-mittayksikköjärjestelmän alku.

**Metrisopimus (Metre Convention)** Kansainvälinen sopimus, joka allekirjoitettiin vuonna 1875 maailmanlaajuisesti pätevän yhdenmukaisen mittayksikköjärjestelmän toteuttamiseksi.

**Metrologia (Metrology)** Mittauksia käsittelevä tieteenala. Metrologia sisältää kaikki mittauksiin liittyvät teoreettiset ja käytännölliset seikat/ tekijät/näkökohdat riippumatta mittausten epävarmuudesta ja tieteen tai tekniikan alasta.

**Mittanormaali (Measurement) standard, etalon)** Kiintomitta, mittauslaite, vertailuaine tai mittausjärjestelmä, jolla määritellään, toteutetaan/ realisoidaan, säilytetään tai toistetaan suureen mittayksikkö tai suureen yksi tai useampi referenssiarvo. Esim. 1 kg massanormaali.

**Mittanormaalin ylläpito (Maintenance of a (measurement) standard)** Toimenpiteet, joiden avulla varmistetaan mittanormaalin metrologisten ominaisuuksien pysyminen asianmukaisten rajojen sisällä. Toimenpiteisiin kuuluu tavallisesti säännöllisin väliajoin tapahtuva kalibrointi, säilytys sopivissa olosuhteissa ja huolellinen käyttö.

**Mittarivakio, näyttämäkerroin (Instrument constant)** Kerroin, jolla mittauslaitteen välitön näyttämä täytyy kertoa, jotta saadaan mittaussuureen arvo tai saadaan suureen arvo, jota käytetään mittaussuureen arvon laskemisessa.

**Mittauksen tarkkuus (Accuracy of measurement)** Mittaustuloksen ja tosiarvon hyväksytty yhtäpitävyys.

**Mittaus (Measurement)** Toimintojen sarja, jonka tarkoituksena on suureen arvon määrittäminen.

**Mittausalue, (käyttöalue) (Measuring range, working range)** Mittaussuureen arvojen joukko, jolla mittauslaitteen virheen tulisi olla spesifioitujen rajojen puitteissa.

**Mittausepävarmuus (Uncertainty of measurement)** Mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua.

**Mittausjärjestelmä (Measuring system)** Täydellinen sarja mittauslaitteita ja muita laitteita, jotka on koottu yhteen tiettyjen mittausten suorittamiseksi.

**Mittausketju (Measuring chain)** Sarja mittaustarvikkeita tai mittaustarvikkeiden osia, jotka muodostavat mittaussignaalin polun herätteestä vasteeseen.

**Mittauslaite (Measuring instrument)** Laite, joka on tarkoitettu mittausten tekemiseen yksin tai yhdessä lisälaitteen/lisälaitteiden kanssa.

Mittauslaitteen näyttämä (Indication (of a measuring instrument)) Mittauslaitteen antama suuren arvo.

**Mittauslaitteen tarkkuus (Accuracy of a measuring instrument)** Mittauslaitteen kyky antaa vasteita, jotka ovat lähellä tosiarvoa.

**Mittauslaitteen toistokyky (Repeatability (of a measuring instrument))** Mittauslaitteen kyky tuottaa/antaa lähes samoja näyttämiä, kun mittauksia toistetaan samalle mittaussuurelle samoissa mittaolosuhteissa.

**Mittausmenetelmä (Method of measurement)** Yleisesti kuvattu, looginen toimintotapa, jonka avulla mittaukset suoritetaan.

**Mittausmenettely (Measurement procedure)** Eryteisesti kuvattu toimintotapa, jota käytetään tiettyjen mittausten suorittamiseen tietyn menetelmän mukaisesti.

Mittausperiaate (Principle of measurement) Mittauksen tieteellinen perusta.

**Mittaussuure (Measurand)** Yksilöity suure, jota mitataan.

**Mittautulos (Result of a measurement)** Mittauksen avulla mittaussuurelle saatu arvo.

**Mittausvirhe (Measuring error)** Mittautulos miinus mittaussuureen tosiarvo.

**MKSA-järjestelmä (MKSA system)** Mittayksikköjärjestelmä, joka perustuu metriin, kilogrammaan, sekuntiin ja ampeeriin. Vuonna 1954 MKSA-järjestelmää laajennettiin siten, että siihen sisällytettiin myös kelvin ja kandela. Tämän jälkeen MKSA-järjestelmä nimettiin kansainväliseksi mittayksikköjärjestelmäksi, joka nykyään tunnetaan SI-mittayksikköjärjestelmänä.

Muunnettu arvo, (mittaussuureen) muunnettu arvo (Transformed value (of a measurand)) Tarkasteltavaa mittaussuuretta vastaava mittaussignaalin arvo.

**Nimellisalueen leveys (Span)** Nimellisalueen ylä- ja alarajan erotuksen itseisarvo.

**Nimellisarvo (Nominal value)** Mittauslaitteelle ominainen pyöristetty tai approksimoitu arvo, joka opastaa laitteen käyttöä. Esim. 100  $\Omega$  merkittynä resistanssinormaalina arvoksi.

Näyttövirhe, mittaustuloksen näyttövirhe (Error (of indication) of a measuring instrument) Mittauslaitteen näyttämän ja sitä vastaavan herätteen tosiarvon välinen erotus.

**Perusmetrologia (Fundamental metrology)** Perusmetrologialla ei ole kansainvälistä määritelmää, mutta se edustaa korkeinta mittausten tarkkuustasoa kulloinkin kyseessä olevalla alueella.

**Perusolosuhteet, vertailuolosuhteet (Reference conditions)** Käyttöolosuhteet, jotka on määrätty mittaustuloksen suorituskyvyn testausta tai mittaustulosten keskinäistä vertailua varten.

**Perusyksikkö (Base unit (of measurement))** Perussuureen mittayksikkö tarkasteltavassa suurejärjestelmässä.

**Poikkeama (Deviation)** Suureen arvo miinus sitä vastaava referenssiarvo.

**Primaarinormaali (Primary standard)** Mittanormaali, joka on sovittu tai yleisesti tunnustettu korkeimman metrologisen ladun omaavaksi ja jonka arvo on hyväksyttävissä vertaamalla sitä muihin saman suureen mittanormaaleihin.

**Prototyyppi (Prototype)** Mittanormaali, joka määrittelee mitan yksikön. SI-mittayksikköjärjestelmässä ainoa nykyään käytössä oleva prototyyppi on BIPM:ssä sijaitseva kilogramman prototyyppi (yhden kilogrammanpainoinen punnus).

**Referenssinormaali, vertailunormaali (Reference standard)** Mittanormaali, jolla on tietyssä paikassa tai organisaatiossa yleensä paras saatavissa oleva metrologinen laatu ja johon siellä tehtävät mittaukset perustuvat.

Samankantainen (koherentti) mittayksikkö (Coherent (derived) unit (of

measurement)) Johdannaisyksikkö, joka voidaan esittää perusyksiköiden potenssien tulona muuntokertoimen ollessa yksi.

**Satunnaisvirhe (Random error)** Mittaustuloksen ja sellaisten mittausten keskiarvon erotus, jossa keskiarvo saataisiin mittaamalla sama mittaussuure äärettömän monta kertaa toistuvissa olosuhteissa.

**Sekundaarinormaali (Secondary standard)** Mittanormaali, jonka arvo määritetään/ saadaan vertaamalla sitä saman suureen primaarinormaaliin.

**Siirtonormaali (Transfer standard)** Mittanormaali, jota käytetään välittävänä laitteena/välittäjänä normaalien vertailussa.

**SI-yksikkö (SI unit)** Kansainvälisen (mitta)yksikköjärjestelmän mukainen yksikkö.

**Stabiilius (Stability)** Mittarin kyky säilyttää metrologiset ominaisuutensa muuttumattomina ajan kuluessa.

**Suhteellinen virhe (Relative error)** Mittausvirhe jaettuna mittaussuureen tosiarvolla.

**Suure ((Measurable) quantity)** Ominaisuus, joka voidaan laadultaan tunnistaa ja määrältään mitata.

**Suureen arvo (Value (of a quantity))** Yksilöidyn suureen arvo esitetään yleensä lukuarvon ja mittayksikön tulona. Esim. tangon pituus 5,34 m.

**Suureen oikea arvo/tosiarvo (True value (of a quantity))** Arvo, joka on yksilöidyn suureen määritelmän mukainen.

**Suureen oikeaksi sovittu arvo (Conventional true value (of a quantity))** Arvo, joka on yksilöidylle suurelle annettu ja toisinaan sopimuksella hyväksytty ja jolla on tiettyyn käyttöön soveltuva epävarmuus. ”Sovittua tosiarvoa” sanotaan toisinaan annetuksi arvoksi, arvon parhaaksi estimaatiksi, sovituksi arvoksi tai referenssiarvoksi.

Suurimmat sallitut virheet, mittauslaitteen suurimmat sallitut virheet (Maximum

permissible errors (of a measuring instrument)) Tarkasteltavalle mittauslaitteelle spesifikaatioissa, säädöksissä yms. sallitut virheen ääriarajat.

**Systemaattinen virhe (Systematic error)** Keskiarvon ja mittaussuureen tosiarvon erotus, missä keskiarvo saataisiin suorittamalla ääretön määrä saman mittaussuureen mittauksia toistuvissa olosuhteissa.

**Tarkkuusluokka (Accuracy class)** Tietyt metrologiset vaatimukset täyttävien mittauslaitteiden luokka. Vaatimusten tarkoituksena on pitää virheet spesifioituissa

rajoissa.

**Teollisuusmetrologia (Industrial metrology)** Varmistaa teollisuudessa, niin tuotannossa kuin kokeilutoiminnassa, käytössä olevien mittvälineiden toiminnan asianmukaisella tasolla.

**Testi, koe (Test)** Tekninen toimenpide, joka käsittää tietyn tuotteen, menetelmän tai palvelun ominaisuuksien määrittämisen tietyn menettelyn mukaisesti.

**Tieteellinen metrologia (Scientific metrology)** Käsittelee mittanormaalien ja niiden ylläpidon kehitystyötä ja organisointia.

Toistettavuus, mittauksen toistuvuus (Repeatability (of results of measurements))

Saman mittaussuureen peräkkäisten mittaustulosten yhtäpitävyys, kun mittaukset suoritetaan samoissa olosuhteissa.

Toistokyky, mittauslaitteen toistokyky (Repeatability (of a measuring instrument))

Katso Mittauslaitteen toistokyky.

**Transparenssi (Transparency)** Mittauslaitteen kyky olla muuttamatta mittaussuuretta.

Uusittavuus, mittauksen uusittavuus, mittausten uusittavuus (Reproducibility

(of results of measurements)) Saman mittaussuureen mittaustulosten yhtäpitävyys, kun mittaukset suoritetaan muuttuneissa olosuhteissa.

**Vaikutussuure (Influence quantity)** Suure, joka ei ole mittaussuure, mutta joka vaikuttaa mittaustulokseen.

Varmennettu vertailuaine, sertifioitu referenssimateriaali (Certified reference

**material (CRM))** Vertailuaine, jota seuraa todistus ja jonka yksi tai useampi ominaisarvo on varmennettu menettelyllä, jossa syntyy jäljitettävyyden sen mittayksikön tarkkaan toteutukseen, jonka suhteen ominaisarvo on ilmaistu ja jossa kullekin varmennetulle arvolle annetaan tiettyä luottamustasoa vastaava epävarmuus.

**Vaste (Response)** Mittausjärjestelmän lähtösignaali.

**Vertailuaine, referenssimateriaali (Reference material (RM))** Materiaali tai aine, jonka yksi tai useampi luontainen ominaisuus on riittävän homogeeninen ja vakaa ja tunnettu, jotta sitä voidaan käyttää mittauslaitteen kalibrointiin, mittausten arviointiin tai materiaalien arvojen määrittämiseen.

**Vertailunormaali, referenssinormaali (Reference standard)** Mittanormaali, jolla on tietyssä paikassa tai organisaatiossa yleensä paras saatavissa oleva metrologinen laatu ja johon siellä tehtävät mittaukset perustuvat.

**Vertailuolosuhteet, perusolosuhteet (Reference conditions)** Käyttöolosuhteet, jotka on määrätty mittauslaitteen suorituskyvyn testausta tai mittaustulosten keskinäistä vertailua varten.

**Viritys, mittauslaitteen viritys (Adjustment of a measuring instrument)** Toimenpide, jonka avulla mittauslaitteen suorituskyky saadaan käyttöön sopivaksi.

**Yksikkö, (mitta)yksikkö (Unit (of measurement))** Yksilöity suure, jonka määritelmästä ja käytöstä on sovittu ja johon muita saman lajin suureita verrataan, jotta niiden suuruus voidaan esittää suhteessa tähän suureeseen.

**Yksikköjärjestelmä, (mitta)yksikköjärjestelmä (System of units (of measurement))**

Annettujen sääntöjen mukaan tietylle suurejärjestelmälle määritelty perus- ja johdannaisyksiköiden joukko

## 1 JOHDANTO

Sisäilmamittausten avulla arvioidaan asuntojen ja muiden huoneistojen sisäilman laatua. Mittausten perusteella terveydensuojeluviranomaiset voivat antaa määräyksiä sisäilman laadun parantamiseksi tai rajoittaa huoneistojen käyttöä.

Mittausten laadulla, sillä että mittaukset on suoritettu oikealla tavalla, mittalaitteet ovat olleet käyttökelpoisia ja niiden toiminta on tarkastettu asianmukaisella tavalla, on ratkaiseva merkitys mittaustulosten arvioinnissa.

Mittaustulosten oikeellisuus todennetaan osoittamalla, että koko mittausjärjestelmällä on kyky tuottaa oikeita mittaustuloksia kyseiselle mittausmenetelmälle ja mitattavalle pitoisuudelle. Mittausjärjestelmän osatekijöitä ovat näyte, analyysi- tai mittausmenetelmä, mittalaite, mittaaja sekä mittausympäristö. Laadun varmistamiseksi jokaista osatekijää seurataan.

Sen lisäksi, että mittausjärjestelmällä on kyky tuottaa oikeita mittaustuloksia, on mittaustuloksia kyettävä tulkitsemaan oikein.

Tarkasteltavana mittaus- ja näytteenottomenetelmänä tässä työssä on sisäilman mikrobinäytteenotto. Työn aluksi esitellään lyhyesti terveydensuojeluviranomaisen suorittamaa huoneistojen terveellisyden valvontaa.

Yleisessä osassa tarkastellaan omissa luvuissaan mittausten suorituskykyä, mittausten luotettavuutta ja mittausmenettelyä.

Mittausten suorituskykyä tarkastellaan mittausvirheiden ja mittausten tarkkuuden kautta. Mittausvirheet on jaoteltu karkeisiin, systemaattisiin ja satunnaisvirheisiin. Mittausten tarkkuutta on käsitelty kuvaamalla mittausaluetta, mittausten ominaiskäyrää, erotteluvirhettä, mittausten toistettavuutta ja uusittavuutta sekä ympäristöolosuhteista ja hitaista muutoksista aiheutuvaa virhettä.

Mittausten luotettavuuteen vaikuttavina tekijöinä tarkastellaan kalibroitua, mittausten jäljitettävyyttä, validointia, mittaajan ammattitaitoa ja mittausepävarmuuden arviointia sekä tulosten tulkintaa.

Mittausmenettelyä on tarkasteltu terveydensuojeluviranomaisen suorittamien sisäilmamittausten kautta. Käsiteltyjä asioita ovat tehtävän määrittely, suoritusvaihtoehtojen etsiminen ja vertailu, tarkoituksenmukaisuuden tarkistus,

epävarmuuden ennakoarviointi, mittauslaitteiden tarkistukset ja kalibroinnit, tulosten edustavuuden arviointi, tulosten käsittely ja mittausepävarmuuden jälkiarviointi, tulosten kelvollisuuden arviointi sekä tulosten dokumentointi ja informointi.

Sisäilman mikrobinäytteenottoa tarkastellaan teoreettisessa osuudessa pohjustuksena kokeellisessa osuudessa tutkitulle sisäilman näytteen epävarmuudelle. Luvun aluksi kuvaillaan lyhyesti erilaisia sisäilman mikrobinäytteen tutkimus- keräysmenetelmiä. Tutkimusmenetelmät on jaettu mikroskooppisiin, viljelyyn perustuviin, biokemiallisiin ja molekyylibiologisiin. Keräysmenetelmät on jaettu gravitaatioon perustuviin, impaktoreihin, suodatukseen ja impinger-keräimiin.

Tarkemmin luvussa esitellään Andersen-keräimen toimintaa ja ominaisuuksia.

Lisäksi luvussa on käsitelty sisäilman mikrobinäytteenoton epävarmuutta ja tulosten arviointia. Näytteenoton epävarmuudelle ei ole voitu määrittää numeerista esitettävää epävarmuutta. Näytteenottoon liittyy monia epävarmuustekijöitä, jotka on jaoteltu karkeisiin, systemaattisiin ja satunnaisiin virheisiin.

Tulosten arviointi on jaoteltu tulkintaohjeiden perusteella kohdekohtaisesti erikseen asunnoille, kouluille ja päiväkodeille sekä toimistoille.

Työn kokeellisessa osuudessa on tutkittu sisäilman mikrobiologisen näytteenoton epävarmuutta. Mikrobiologisen näytteenoton epävarmuutta on tutkittu ottamalla samasta rakennuksesta sisäilmannäytteitä Andersen 6-vaiheimpaktorilla kahtena eri ajankohtana. Näistä eriaikoina ja eri näytteenottajan ottamien näytteiden tuloksista on laskettu näytteenoton uusittavuus.

Toisella näytteenottokerralla näytteet on otettu heti peräkkäin kahteen kertaan (yhdestä pisteestä kolmeen kertaan) ja tuloksista on laskettu näytteenoton toistettavuus.

Tuloksia on myös arvioitu tulkintaohjeiden perusteella.

Lopuksi esitetään erillisessä liitteessä menettelytapaohje sisäilman mikrobien näytteenotolle. Tältä osin työ liittyy Imatran seudun ympäristötoimen laatu järjestelmän kehittämiseen.

## **2 HUONEISTOJEN TERVEELLISYYDEN VALVONTA**

### **2.1 Yleistä**

Terveydensuojelulain (TsL) 26 §:n mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa.

Jos sisäilma aiheuttaa asunnossa tai muussa tilassa oleskelevälle terveyshaittaa, kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa ryhtymään toimenpiteisiin terveyshaitan poistamiseksi tai kieltää käyttämästä asuntoa tai oleskelutilaa tarkoitukseensa (TsL 27 §).

Sisäilman terveyshaitta joudutaan yleensä osoittamaan ottamalla sisäilmasta näytteitä tai mittaamalla sisäilman laatua.

### **2.2 Näytteenotto ja mittaaminen**

Viranomaisella on oikeus terveydensuojelulain mukaisten tehtävien suorittamiseksi tehdä tai teettää tarkastuksia ja niihin liittyviä tutkimuksia. Tarkastuksen tai tutkimuksen tekijällä on oikeus tehtävänsä suorittamiseksi tehdä tarvittavat mittaukset ja ottaa tutkimusten tekemiseksi edustava näyte. (TsL 45 §)

Terveydensuojeluviranomaisen päätös tehdä tai teettää tutkimuksia ja mittauksia on perustuttava aiheelliseen epäilyyn terveyshaitan esiintymisestä. Päätöksen tekeminen ja aiheellisen epäilyn varmentaminen edellyttävät viranhaltijan käyntiä valituksen alaisessa kohteessa. Arvioinnissa otetaan huomioon aistinvaraiset havainnot, asukkaiden kertomukset, mahdolliset valittajan terveydentilaa kuvaavat lääkärintlausunnot sekä alustavat mittaushavainnot /4/.

Viranomainen voi päättää, että tekee itse tarvittavat tutkimukset ja mittaukset tai että, ne teetetään ulkopuolisella asiantuntijalla. Viranomaisvalvontaa varten tekevällä ulkopuolisella asiantuntijalla tulee olla tarvittava asiantuntemus ja pätevyys. Lisäksi ulkopuolisen asiantuntijan on osoitettava kunnan terveydensuojeluviranomaiselle käyttämiensä tutkimusmenetelmien luotettavuus (TsL 49 §). Asiantuntijalla on oltava kokemusta ja kykyä raportoida asianmukaisesti tutkimuksista ja selvityksistä. Pätevyys perustuu koulutukseen ja alalla hankittuihin lisätietoihin sekä pitkäaikaiseen



kokemukseen. Asumisterveysoppaan mukaan pätevänä voidaan pitää henkilöitä, jotka täyttävät terveydensuojelulain 7 §:n kunnan valvontatehtäviä hoitavan viranhaltijan pätevyysvaatimukset ja joilla on kokemusta asumisterveyden alalla. Päteviä henkilöitä ovat myös Valtion teknisen tutkimuslaitoksen standardien EN 45013 tai EN 17024 mukaisesti sertifioimat rakennusterveysasiantuntijat, rakenteiden kosteusmittaajat ja lämpökuvaajat. Myös Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton hyväksymät, pätevöityneet kosteusmittaajat täyttävät terveydensuojelulain vaatimukset rakenteiden kosteusmittauksien tekijöinä.

Tutkimusmenetelmien luotettavuuden kannalta asumisterveysohjeessa ja -oppaassa esitetyt menetelmät ovat ensisijaisia. Jos käytetään muita menetelmiä, on tutkimuksen tekijän osoitettava niillä saatujen tulosten vertailukelpoisuus ohjeen tai oppaan menetelmiin nähden. /4/

Valtioneuvoston asetuksen elintarvikelain ja terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevästä laboratorioista (14.12.2006/1174T) mukaan terveydensuojelulain nojalla sisäilman mikrotutkimuksia tekevän laboratorion on osoitettava tekemiensä tutkimusten luotettavuus, laboratorion asiantuntemus ja teknisten valmiuksien riittävyys pätevyyden arvioinnilla standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 vaatimukseen nähden. Tällaisen laboratorion on esitettävä arvioitaviksi menetelmät, joita laboratorio käyttää sellaisten muuttujien tutkimisessa, jolle on terveydensuojelulain nojalla annetuissa säädöksissä tai ohjeissa annettu enimmäis- tai vähimmäismäärä, muu numeerinen arvo tai tavanomainen taso.

### 3 MITTAUSTEN SUORITUSKYKY

#### 3.1 Yleistä

Mittausten perusedellytyksiin kuuluu, että mittalaite soveltuu mittaussuureen mittaamiseen, käyttäjä ymmärtää mittaustehtävän ja kykenee suorittamaan sen oikein ja toimitaan käyttöedellytysten puitteissa. Mittalaitteen soveltumiseen mittasuureen mittaamiseen kuuluu spesifisyys ja tarkkuus. Spesifisyyden vaatimukseen kuuluu, että mittarin on annettava tieto mitattavasta suureesta sekä oltava tunteeton käyttöolosuhteille ja muille kuin kohdesuureille. Lisäksi mittalaitteen on oltava riittävän tarkka; sen on kyettävä antamaan virheettömiä tuloksia. Mittaajan on ymmärrettävä ja osattava tehtävänsä kunnollisesti. Mittaukselle ja siihen liittyville havainnoille ja kirjauksille on varattava riittävästi aikaa; kiireen kasvaessa virheen todennäköisyys kasvaa ja suorituskyky pienenee. Erityisesti tarkkuusmittauksissa mittaustehtävä on voitava suorittaa ilman kiirettä. Käyttöedellytykset koostuvat toisaalta ympäristöolosuhteista ja toisaalta mittalaitteen toimintakunnosta (virtalähteen kunto, kalibrointi) /2, s. 157/.

#### 3.2 Mittausvirheiden jaottelua

Virhe voidaan esittää absoluuttisena tai suhteellisena.

Absoluuttisella virheellä tarkoitetaan lukuarvon  $x_1$  poikkeamaa ”oikeasta” arvosta  $x_0$

$$\Delta x = x_1 - x_0 \quad (1)$$

Suhteellinen virhe taas vastaavasti

$$\Delta x = (x_1 - x_0) / x_0 \quad (2)$$

Käytännössä ”oikea arvo” korvataan todennäköisimmällä arvolla.

Virheet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: karkeat virheet, systemaattiset virheet ja satunnaisvirheet /18, s. 7./

##### 3.2.1 Karkeat virheet

Karkeita virheitä aiheuttavat mm. lukema-asteikkojen väärin tulkinta, hetkellisten häiriöiden aiheuttamat mittaushäiriöt ja karkeat laskuvirheet. Yleensä ne on helppo havaita ja voidaan poistaa mittaustuloksista./18, s. 7./

Sisäilman mikrobinäytteenotossa karkeana virheenä voi pitää sitä, että näyte on otettu väärissä olosuhteissa tai sitä, että agarmalja kontaminoituu.

Jos näytettä tai mittaustulosta rasittaa karkea virhe, on se hylättävä.

### 3.2.2 Systemaattinen virhe

Systemaattinen virhe (Systematic error) tarkoittaa keskiarvon ja mittaussuureen tosiarvon erotusta, missä keskiarvo saataisiin suorittamalla ääretön määrä saman mittaussuureen mittauksia toistuvissa olosuhteissa /17/.

Systemaattisiksi virheiksi kutsutaan niitä virheitä, jotka systemaattisesti aiheuttavat mitatun havainnon poikkeaman ”oikeasta” arvosta. Ne vääristävät tulosta aina tiettyyn suuntaan.

Valitsemalla mahdollisimman hyvä estimaattori, sääntö, jolla mittaustuloksista lasketaan arvo suurelle, voidaan systemaattista virhettä pienentää. Mikäli tunnetaan virheiden lähde ja luonne, on systemaattiset virheet yleensä helppo korjata laskemalla /18, s. 7./

### 3.2.3 Satunnaisvirheet

Satunnaisvirheellä (Random error) tarkoitetaan mittaustuloksen ja sellaisten mittausten keskiarvon erotusta, jossa keskiarvo saataisiin mittaamalla sama mittaussuure äärettömän monta kertaa toistuvissa olosuhteissa /17/.

Satunnaisvirheet ovat mittaustavasta, havainnoitsijasta tai havainnoitavasta kohteesta johtuvia luonteeltaan satunnaisia virheitä, jotka eivät vääristä tulosta mihinkään suuntaan. Satunnaisvirheitä aiheuttavat esim. seuraavat tekijät:

laitteen lukematarvikeudesta johtuva pyöristysvirhe

kohteen ominaisuuksien vähäinen muuttuminen (lämpötila, paine, kosteus)

mittauksen kanssa korreloimattomat ulkoiset häiriöt (verkkohäiriö, liikenteen melu)

suureen määrittelyyn liittyvä epätarkkuus (esim. ihmisten pituus)

suure on itsessään stokastinen, satunnainen

Satunnaisvirheet voidaan usein minimoida suorittamalla mittauksia riittävästi; ne jakautuvat symmetrisesti nollan ympärille. Esimerkki tasan jakautuneesta

satunnaisesta virheestä on pyöristysvirhe. ”Oikea” arvo voi olla pyöristyksen rajoissa yhtä suurella todennäköisyydellä mikä tahansa. /19, s. 7/

Sisäilman mikrobipitoisuuden on todettu vaihtelevan voimakkaasti /4, s.169/. Tässä kirjoituksessa sisäilman mikrobipitoisuutta käsitellään stokastisena, satunnaisena. Vaihtelusta aiheutuu satunnainen virhe, joka voidaan minimoida ottamalla näytteitä riittävästi.

### **3.3 Mittausten tarkkuus**

Mittauksen tarkkuudella (Accuracy of measurement) tarkoitetaan mittaustuloksen ja tosiarvon hyväksytyä yhtäpitävyyttä /17/.

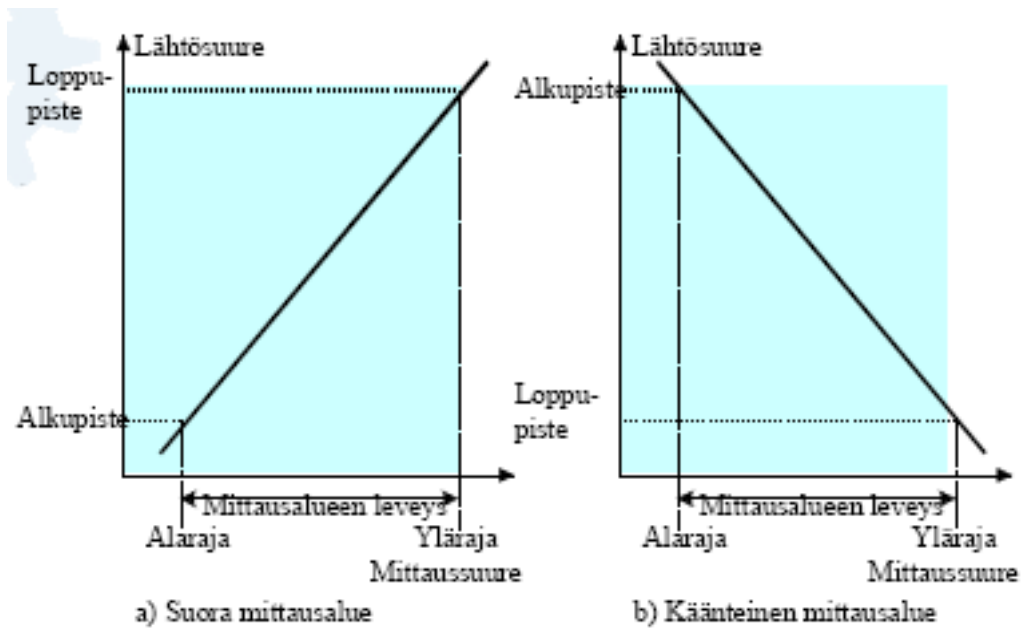
Mittauslaitteen tarkkuus voidaan määritellä mittauslaitteen kykyä antaa virheettömiä tuloksia. Tarkkuus on kvalitatiivinen käsite, jolla ei ole suuren luonnetta eikä siten arvoa. Kvantitatiivisia tarkkuuskäsitteitä ovat absoluuttinen ja suhteellinen mittauserävirhe, mittauserätarkkuus ja mittauksen epävarmuus /2, s.157/.

Normaalisti mittalaitteille on annettu valmistajan toimesta tietty tarkkuus määritetyissä mittausolosuhteissa. Antureille on normitettuja tarkkuusluokkia, esim. platina vastusantureiden ovat normin IEC 60751, joka määrittelee niiden vastus- ja lämpötilaolosuhteet ja toleranssirajat.

Kuten kohdassa mittauserävarmuuden arviointi huomataan, ei mittalaitteen tarkkuus kuitenkaan ole itse mittauksen tarkkuus. Mittauksessa on monia epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat mittaustulokseen. Mittalaite voi olla tarkka, mutta mittauserävarmuus suuri.

#### **3.3.1 Mittausalue**

Määritelmän mukaan mittausalue tai käyttöalue (measuring range, working range) on mittaussuureen arvojen joukko, jolla mittauslaitteen virheen tulisi olla spesifioitujen rajojen puitteissa. /17/.



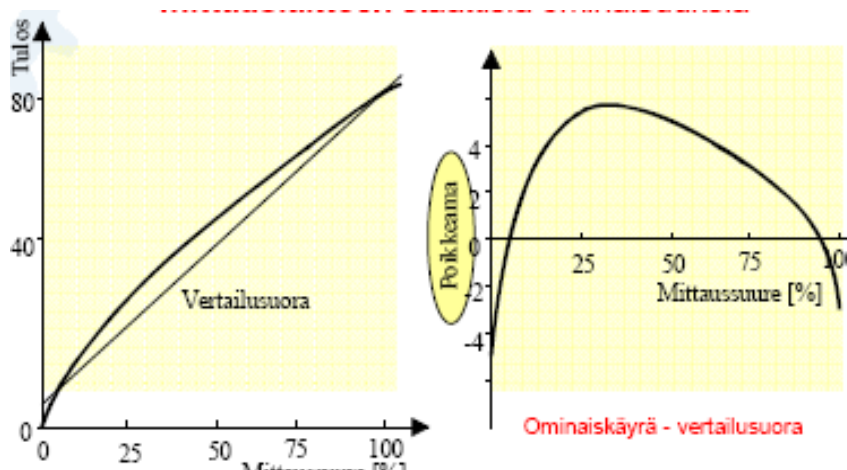
Kuva 1. Suora ja käänteinen mittausalue. /2, s.157/

Mittausalueen alkupiste on se mittaussuureen arvo, joka vastaa lähtösuureen alkupistettä ja loppupiste se mittaussuureen arvo, joka vastaa lähtösuureen loppupistettä. Loppu- ja alkupisteen itseisarvon erotus on mittausalueen leveys /2 s.158/. Kuvassa yksi on esitetty suora- ja käänteinen mittausalue alku- ja loppupisteineen ja näiden välinen mittausalue.

### 3.3.2 Ominaiskäyrä

Mittalaitteen staattisia ominaisuuksia kuvataan ominaiskäyrän avulla, joka määritetään, kun muutostilanteet ovat vakiintuneet. Kuvassa kaksi on esitetty ominaiskäyrä ja sen poikkeama lineaarisesta vertailukäyrästä sekä ominaiskäyrän esitys poikkeamakäyränä.

Ominaiskäyrän perusteella voidaan määrittellä mittausvirheitä.

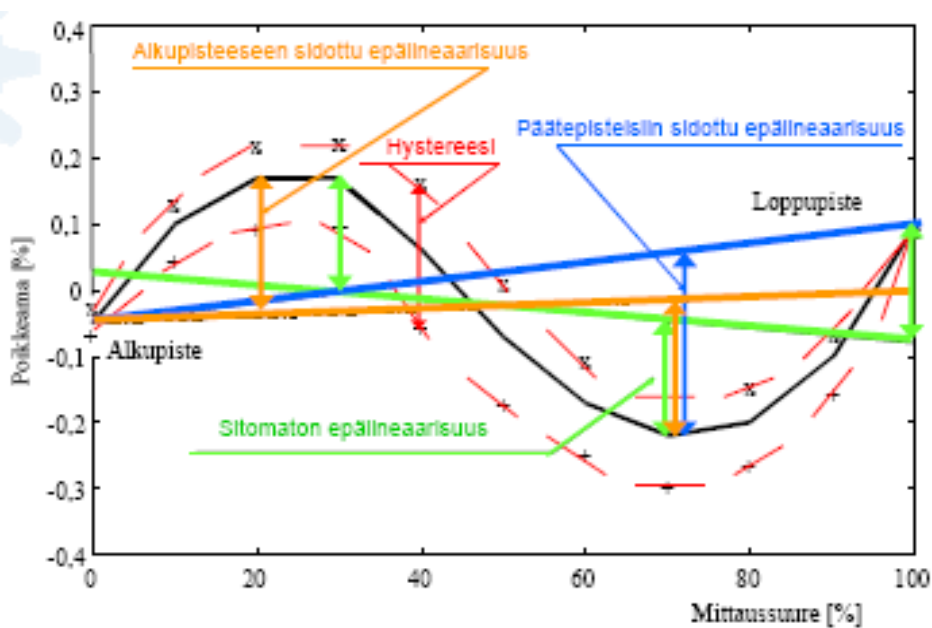


Kuva 2. Ominaiskäyrä ja sen esitys poikkeamakäyränä /2, s 159.

Ominaiskäyrän epälinearisuus voidaan ilmoittaa käyttötarvetta vastaavalla tavalla. *Sitomaton epälinearisuus* on ominaiskäyrän suurin poikkeama suorasta, joka minimoi maksimipoikkeaman. *Päätepisteisiin tai alkupisteeseen sidotusta epälinearisuudesta* on kyse, kun suora sidotaan päätepisteisiin tai vain alkupisteeseen.

Jos mittalaitteen toivottu ominaisuus on epälineaarinen, ei suurin poikkeamaa kutsuta epälinearisuudeksi vaan *muotovirheeksi*.

Laitteen virityksestä riippuu, kuinka erityyppisiä epälinearisuuksia käytetään. Mikäli viritys jää epätäydelliseksi, aiheutuu tästä *viritysvirhe*.



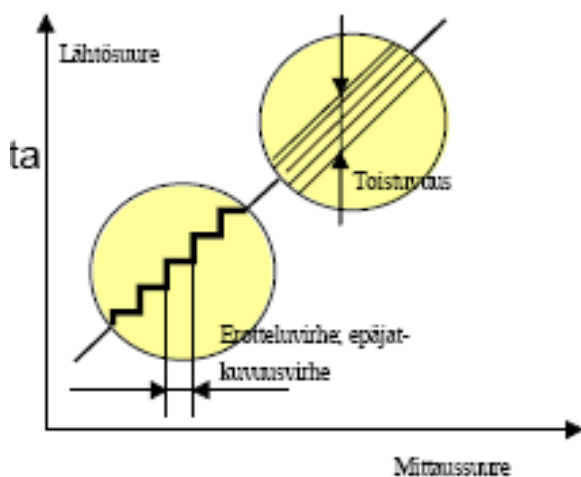
Kuva 3. Epälinearisuus ja hystereesi. /2, s. 160/.

Ominaiskäyrän *hystereesi* on näyttämien ero mitattaessa suureen samaa arvoa muutossuunnan ollessa suureneva ja pienenevä. Kuvassa kolme on esitetty samassa kuvassa epälineaarisuus ja hystereesi.

### 3.3.3 Erotteluvirhe

Erottelukynnys (Discrimination threshold) on suurin herätteen muutos, joka ei aiheuta havaittavaa muutosta mittarin vasteessa, kun herätteen muutos tapahtuu hitaasti ja monotonisesti /17/.

Erottelukynnys spesifioi mittalaitteen kykyä erottaa toisistaan lähellä olevia mittasuureen arvoja. Digitaalimittarien näytöt ovat diskreettejä (epäjatkuvia) arvoja, joten mittaustulokseen sisältyy *kvantisointivirhe*, tavallisimmin pyöristysvirhe. /2, s. 160–161./



Kuva 4. Erotteluvirhe ja toistuvuus /2, s. 161/.

Kuvassa neljä on esitetty näytön epäjatkuvuuden aiheuttama erotteluvirhe ja perättäisten mittaustulosten toistettavuus.

### 3.3.4 Mittauksen toistettavuus

Mittauksen toistuvuus (Repeatability (of results of measurements)) tarkoittaa saman mittausuureen peräkkäisten mittaustulosten yhtäpitävyyttä, kun mittaukset suoritetaan samoissa olosuhteissa /17/.

Mittausten toistuvuus on suureen saman arvon peräkkäisten mittaustulosten yhtäpitävyys, kun yksittäiset mittaustulokset suoritetaan lyhyin aikaväleihin, samalla menetelmällä, saman havaintajan toimesta, samoilla mittalaitteilla, samassa paikassa,

ja samoissa olosuhteissa. Mittauksen toistuvuus ei ole pelkästään mittalaitteesta johtuva epävarmuustekijä, vaan myös havaintosijasta johtuva epävarmuuskomponentti. Toistuvuuden arvo ilmoitetaan usein keskihajontana. /2, s. 161./

Keskihajonta mittaa havaintojen ryhmittymistä keskiarvonsa ympärille. Mitä pienempi keskihajonta on, sitä vähemmän havaintoarvot poikkeavat keskiarvosta. Kaava kirjoitetaan useimmiten seuraavassa muodossa /9/:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Jossa,

$x_i$  = Havaintoarvo

$\bar{x}$  = havaintojen keskiarvo

$n$  = tulosten lukumäärä, sen jälkeen kun ääriarvot on poistettu

### 3.3.5 Mittausten uusittavuus

Mittausten uusittavuus (Reproducibility (of results of measurements)) määritellään saman mittaussuureen mittaustulosten yhtäpitävyytenä, kun mittaukset suoritetaan muuttuneissa olosuhteissa /SFS 3700/.

Mittalaitteita käytettäessä ei voida yleensä pitää niin monia parametreja vakioina, että tilanne vastaisi toistettavuuden määrittelyä. Mittausten uusittavuus tarkoittaa suureen saman arvon yhtäpitävyyttä, mutta yksittäiset mittaukset voidaan tehdä

eri menetelmillä

eri mittalaitteilla

eri paikoissa

eri havainnoitsijan toimesta

pitkällä aikavälillä

Mittarin valmistaja ilmoittaa uusittavuuden eri mittaalueille, joista sen arvo voidaan laskea, kun mittauksen kohteena oleva arvo tunnetaan. Koska uusittavuusarvo saattaa riippua aikavälistä huomattavastikin, ilmoitetaan se usein tyypillisille aikaväleille.

Tavallisesti uusittavuus ilmoitetaan keskihajonnan avulla. /2, s. 162./

Mikrobiologisissa menetelmissä havainnot yleensä ensin logaritmisoidaan ja uusittavuus lasketaan kaavalla /15, s. 54 - 55/:



$$sR = \sqrt{\frac{\sum (a-b)^2}{2 \times k}} \quad (4)$$

jossa

a = saatu mikrobiluku logaritmisena arvona

b = toisen viljelyn mikrobiluku logaritmisena arvona

k = erotusten lukumäärä ääriarvojen poistamisen jälkeen

Luotettavasti toimivan menetelmän  $sR$  -arvo on tällöin kaavalla 14 laskettuna välillä 0,20 - 0,25. Menetelmä on sitä epäluotettavampi mitä isompi  $sR$  -arvo on.

### 3.3.6 Ympäristöolosuhteiden aiheuttama epävarmuus

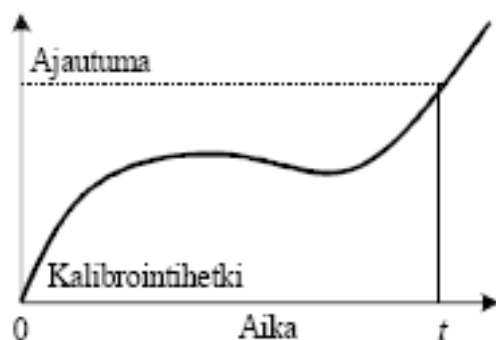
Tavallisesti ominaiskäyrä määritetään perusolosuhteissa, joten muutokset mittauskohteen ja ympäristön olosuhteissa vaikuttavat ominaiskäyrään.

Ympäristöolosuhteiden muutoksen vaikutus esitetään usein kunkin vaikutussuureen määrättyä aluetta vastaavana vaikutuskertoimena, joka ilmoitetaan tavallisesti mittausalueen alkupisteelle ja leveydelle /2, s. 162./

Sisäilman mikrobinäytteenotossa epävarmuutta aiheuttaa mikrobipitoisuuden voimakas vaihtelu ajan suhteen. Epävarmuutta voi pienentää ottamalla näytteitä riittävän monta kertaa /4/ .

### 3.3.7 Hitaista muutoksista aiheutuvat virheet

Määritelmän mukaan ajautuma (Drift) on mittarin metrologisen ominaisuuden hidas muutos /17/.



Kuva 5. Ajautuma. Kalibroinnin jälkeen ominaisuudet muuttuvat. Kuva: Aumala, s. 162.

Pitkällä aikavälillä tapahtuvat muutokset mittalaitteessa johtuvat materiaalien jännitystilojen laukeamisista, kulumisesta, ryömintäilmiöistä ja muista laitteeseen vaikuttavista muutoksista. Nämä muutokset määritellään epästabiilisuudesta johtuvana ajautumana. Mittalaitteen ajautuma ilmaistaan normaalien käyttöedellytysten ollessa voimassa ja aina muodostumisajan kanssa. Mittareiden ylläpidossa stabiilius on tärkeä tekijä. Ajautuma ilmoitetaan yhdessä kalibroinnista kuluneen ajan kanssa /2, s. 162–163/. Kuvassa viisi graafinen esitys mittalaitteen ajautumasta ajan suhteen.

## 4 MITTAUSTEN LUOTETTAVUUDEN VARMISTAMINEN

Oikea, luotettava ja tarkoituksenmukainen mittaustulos ja sen hyödyntäminen koostuu jäljitettävästä kalibroinnista mittausepävarmuuksineen, päteväksi osoittautuneesta mittaustoiminnasta sekä mittaustulosten oikeasta tulkinnasta /8, s. 13/.

### 4.1 Kalibrointi ja jäljitettävyys

Kalibroinnilla (Calibration) tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla spesifioiduissa olosuhteissa saadaan mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomitan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla realisoitujen arvojen välinen yhteys /17/.

Jäljitettävyydellä (Traceability) tarkoitetaan mittaustuloksen tai mittanormaalin yhteyttä ilmoitettuihin referensseihin, yleensä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin, sellaisen aukottoman vertailuketjun välityksellä, jossa kaikille vertailuille on ilmoitettu epävarmuudet /17/.

Jäljitettävyysketju on katkeamaton vertailujen ketju, jolla varmistetaan, että mittauksen tulos tai normaalin arvo on sidoksissa korkeamman tason vertailumittaan. Jäljitettävyysketjun tulee ulottua katkeamattomana aina korkeimmalle tasolle, primaarinormaaliin, asti ja ketjun kaikille kalibroineille on oltava määritelty ja ilmoitettu epävarmuus.

Jäljitettävyysketjun avulla mittaustulos sidotaan primaarinormaaliin eli mittanormaaliin, joka on sovittu tai yleisesti tunnustettu korkeimman metrologisen ladun omaavaksi ja jonka arvo on hyväksyttävissä vertaamalla sitä muihin saman suureen mittanormaaleihin.

Kemiallisissa ja mikrobiologisissa määrittelyissä jäljitettävyys perustuu useimmiten varmennettujen vertailumateriaalien ja referenssi-menetelmien käyttöön. Referenssimenetelmä on tarkoin määritelty ja validoitu testausmenettely, mittaustulos tai analyysi, jota käytetään muiden menetelmien laadullisessa vertailussa ja vertailumateriaalin ominaisuuksien tai vertailuarvojen määrittelyssä /12/.

Mittavälineen kalibrointi on perustyökalu mittausten jäljitettävyyden varmistamiseksi. Kalibrointi käsittää mittavälineen metrologisten ominaisuuksien määrittämisen vertaamalla kyseessä olevaa mittavälinettä mittanormaaliin.

Kalibroinnin tuloksena annetaan mittavälineen nimellismittan tai näyttämän virhe. Kalibrointitulosta tulee aina seurata tieto tuloksen luotettavuudesta, epävarmuudesta. Ilman epävarmuustietoa tulosta ei voida pitää jäljitettävänä eikä tulosta voida verrata edellisiin tuloksiin tai referenssiarvoihin.

Kalibrointituloksista käyttäjä voi päätellä, onko mittaväline aiottuun tarkoitukseen sopiva / 12, s. 16/.

Mittavälineet tulee kalibroida, / 12, s. 17/ jotta:

- Saadaan varmuus siitä, että mittavälineellä saatavat tulokset ovat yhtäpitäviä muiden mittausten kanssa.
- Saadaan selville mittavälineen näyttämien tarkkuustaso.
- Saadaan varmistettua mittavälineen luotettavuus.

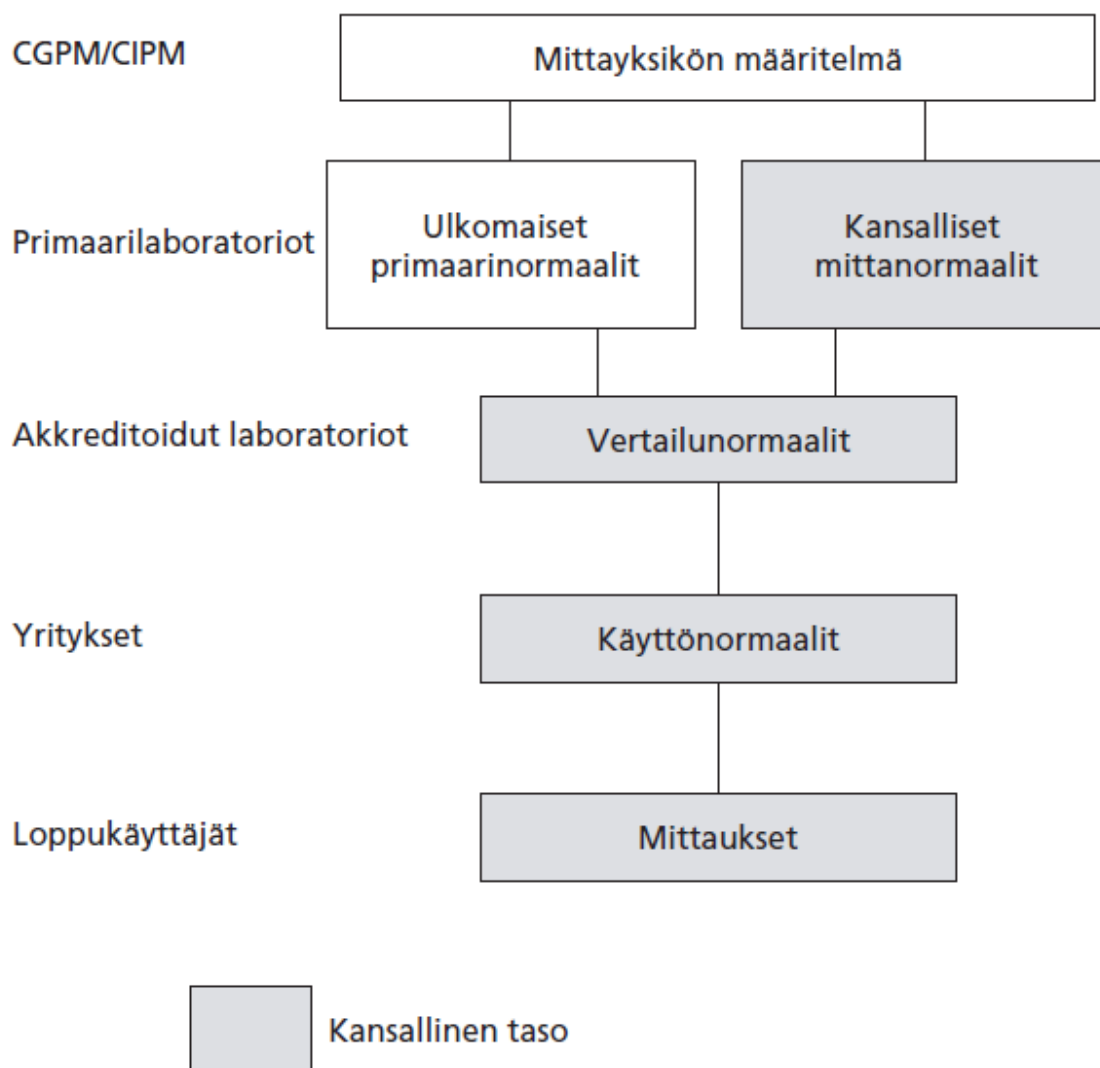
Kalibroimalla mittavälineet saavutetaan seuraavaa:

- kalibroinnin tulosten perusteella voidaan joko siirtää mittaussuureiden arvot mittaussuuren näyttämään tai määritellä korjaukset mittaussuuren näyttämään
- kalibroinnilla voidaan määritellä myös muita metrologisia ominaisuuksia kuten vaikutussuureen (ympäristötekijä tai mittaussuuren ominaisuus) aiheuttama vaikutus mittaussuuren näyttämään

Kalibrointilaboratorioiden todistuksissa käytetään kahta /20, s. 10/ esitystapaa: virhe tai korjaus. Virhe on mittarin näyttämästä vähennettävä arvo ja korjaus on mittarin näyttämään lisättävä arvo.

Mittaustulos = mittarin näyttämä miinus virhe; tai mittaustulos = näyttämä plus korjaus.

Virheen tai korjauksen etumerkki on otettava huomioon.



Kuva 6. Mittanormaalien hierarkia. CIPM (Comité International des Poids et Mesures) /12, s. 16/.

## 4.2 Validointi

Validointi on menettely, jonka avulla tutkimalla ja puolueettomalla näytöllä varmistetaan, että menetelmä täyttää käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset.

Käyttäjän on validoitava standardisoimattomat menetelmät, itse kehitetyt menetelmät ja ne standardoidut menetelmät, joita ei käytetä tarkoitetulla soveltamisalalla ja joihin on tehty lisäyksiä tai muutoksia. Lisäksi validoiduilla menetelmillä saatujen tulosten mitta-alueen ja mittaustarkkuuden on oltava asianmukaisia tarkoitukseen nähden ja kattavuuden tulee täyttää soveltavuusalueen asettamat tarpeet. /19/

Terveystieteiden mukaisissa sisäilmamittauksissa validoituina menetelminä ovat sisäilmaohjeessa ja -oppaassa esitetyt menetelmät. Muiden menetelmien käyttö on

sallittua, mutta mittaajan on tällöin osoitettava niillä saatujen tulosten yhteys validoiduilla menetelmillä saatuihin tuloksiin.

### **4.3 Mittaajan ammattitaito**

Mittausten perusedellytyksiin kuuluu, että käyttäjä ymmärtää mittaustehtävän ja kykenee suorittamaan sen oikein. /2, s. 157/

Terveysturvaviranomaisille tutkimuksia tekevällä asiantuntijalla tulee olla riittävä asiantuntemus ja pätevyys. Asiantuntemuksella tarkoitetaan, että asiantuntijana toimiva yritys tai henkilö osoittaa hankkineensa viranomaisen vaatimiin tutkimuksiin liittyvää kokemusta ja kykyä raportoida asianmukaisesti tutkimuksista ja selvityksistä. Pätevyys perustuu yrityksen henkilöstön tai yksityisesti toimivan henkilön koulutukseen ja alalla hankittuihin lisätietoihin sekä pitkäaikaiseen työkokemukseen. /4, s. 16/

Hirvi esittää puutteena useimmissa henkilösertifiointitoiminnoissa sen, ettei niitä ole akkreditoitu. Tämä on aukko siinä jäljitettävyyssketjussa, jolla toiminnan luotettavuus osoitetaan. Vain kansainvälisin kriteerein akkreditoitujen mittaajien ja tarkastajien tuottamilla mittaustuloksilla on painoarvoa viranomaisten tekemissä ratkaisuisissa tai oikeudellisissa riitakysymyksissä /8, s. 13/.

### **4.4 Mittausepävarmuuden arviointi**

#### **4.4.1 Mittausepävarmuus**

Määritelmän mukaan mittausepävarmuudella (Uncertainty of measurement) tarkoitetaan mittaustulokseen liittyvää parametria, joka kuvaa mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua /SFS 3700/.

Mittausepävarmuus voidaan määrittää monella eri tavalla. Laajasti käytetty ja mm. akkreditointielimien hyväksymä menettely on kansainvälisen standardoimisjärjestön ISO:n suosittama “GUM-menetelmä”/ 12, s. 18/.

GUM-menetelmä on kuvattu oppaassa “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”. Menetelmän perusfilosofia on/ 12, s. 18/:

- Mittaussuure  $X$ , jonka arvoa ei täsmälleen tunneta, pidetään tietyn todennäköisyysjakauman omaavana satunnaismuuttujana.
- Mittaustulos  $X$  on arvio oletusarvosta  $E(X)$ .
- Standardiepävarmuus  $u(x)$  on varianssin  $V(X)$  neliöjuuri.
- A-tyyppin mittaasepävarmuusarvio lasketaan tilastollisia menetelmiä käyttäen.

B-tyyppin mittaasepävarmuusarvio arvioidaan muilla kuin tilastollisilla menetelmillä, esim. olettaen todennäköisyysjakauman suorakulmaiseksi tai käyttäen aikaisempia kokemuksia, kirjallisuustietoja ja valmistajan ilmoittamia arvoja.

GUM-menetelmän pääkohdat ja periaatteet ovat / 12, s. 19/:

- Identifioi kaikki tärkeät mittaasepävarmuuskomponentit  
Monet tekijät vaikuttavat mittaasepävarmuuteen. Määrittele komponentit yksityiskohtaisen mittausmenetelmäkaavion avulla. Käytä mittaussuureita ko. matemaattisessa mittausyhtälössä.
- Laske jokaisen mittaasepävarmuuskomponentin standardiepävarmuus  
Jokainen mittaasepävarmuuden komponentti määritetään joko A-tyyppin tai B-tyyppin mittaasepävarmuusarvion avulla.
- Laske yhdistetty mittaasepävarmuus  
Periaate: yhdistetty mittaasepävarmuuden määrittäminen perustuu osapävarmuuksien neliölliseen yhdistämiseen.  
Käytännössä: yhdistetty mittaasepävarmuus saadaan laskemalla standardiepävarmuuskomponenttien neliöt yhteen ja ottamalla summasta neliöjuuri.
- Laske laajennettu mittaasepävarmuus  
Kerro yhdistetty mittaasepävarmuus kattavuuskertoimella  $k$ .
- Esitä mittaustulos muodossa  
$$Y = y \pm U$$

#### 4.4.2 Mittausvirhe ja mittaasepävarmuus

Mittauksiin liittyy aina virheitä, eikä virheetöntä mittaustulosta ole. Virhe on yksittäisen tuloksen ja suureen todellisen arvon ero. Virhe on yksittäinen arvo, kun taas mittausepävarmuus kuvataan vaihteluvälinä.

Korjaamalla virhe voidaan analyysin tulos saada lähelle oikeaa tulosta, mutta mittausepävarmuus voi pysyä suurena, koska mittaajalla ei ole tietoa, kuinka lähellä oikeaa tulos on /Kenttä, s. 10/.

#### 4.4.3 Kirjainsymbolit

Mittaasepävarmuutta kuvaa kirjainsymboli  $u$  (standard uncertainty), silloin kun se suuruudeltaan vastaa jakauman keskihajontaa. Siitä käytetään nimitystä standardiepävarmuus.

Yhdistettyä mittaasepävarmuutta (yhdistelemällä monen osatekijän mittaasepävarmuudesta mittaustuloksen epävarmuus), ilmaistaan alaindeksillä  $c$  (combined standard uncertainty,  $u_c$ ).

Laajennettua epävarmuutta (expanded uncertainty) merkitään yleensä isolla kirjaimella  $U$ . Se saadaan kertomalla yhdistetty standardiepävarmuus  $u_c$  kattavuuskertoimella  $k$ . Kun kattavuuskertoimena käytetään arvoa 2, noin 95 % odotettavissa olevasta vaihtelusta sisältyy laajennetun epävarmuuden piiriin. Laajennetun epävarmuuden käsitettä käytetään erityisesti silloin, kun mittaustulosta käytetään terveyteen tai turvallisuuteen liittyvässä päätöksenteossa. Käsite on sukua luottamusväliajattelulle /14, s. 11/.

#### 4.4.4 Mittaasepävarmuus, perustyyppi A

Tyyppin A epävarmuuskomponenttien eli sisäisen epävarmuuden komponenttien suuruus arvioidaan tilastollisin laskelmin toistetuista mittaustuloksista itsestään/2, s. 182/.

Tyyppin A menetelmä sopii tilanteisiin, jolloin samoissa olosuhteissa tehtyjä havaintoja on useita. Mittaasepävarmuus arvioidaan satunnaistyyppisten oletettujen virheiden perusteella määrittämällä kunkin virheen aiheuttama standardiepävarmuus ja yhdistämällä ne. Mittaustulos on havaintojen keskiarvo ja tuloksen standardiepävarmuus  $u(\bar{q})$  on keskiarvon keskihajonta: /19, s. 11/



$$u(\bar{q}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

Keskiarvon keskihajonnan laskemista havainnollistaa alla oleva esimerkki:

**Taulukko 1. Digitaalisella lämpömittarilla mitattiin vesihauteen lämpötilaa. Mittauslukemat ja hajonnan aiheuttama standardiepävarmuus /19, s. 13/**

Lukeman numero	Lukema $q_i / ^\circ C$	$(q_i - \bar{q}) / ^\circ C$	$(q_i - \bar{q})^2 / ^\circ C^2$
1	15,1	0,05	0,0025
2	15,0	-0,05	0,0025
3	15,0	-0,05	0,0025
4	15,1	0,05	0,0025
5	15,2	0,15	0,0225
6	15,1	0,05	0,0025
7	15,0	-0,05	0,0025
8	14,9	-0,15	0,0225
9	15,0	-0,05	0,0025
10	15,1	0,05	0,0025
Summa	150,5	0,00	0,065

Lukumäärä:  $(n) = 10$

Keskiarvo:  $\bar{q} = 150,5^\circ C / 10 = 15,05^\circ C$

Standardiepävarmuus:  $u(\bar{q}) = \sqrt{\frac{0,065^\circ C^2}{10 \times (10-1)}} = 0,027^\circ C \approx 0,03^\circ C$

Tyypin A menetelmässä mittaustulosten odotetaan noudattava yleensä ns. normaalijakautumaa. Yllä olevassa esimerkissä standardiepävarmuus tarkoittaa, että mittaustuloksista 67 % on välillä 15,02...15,08 °C /19, s. 11/.

#### 4.4.5 Mittausepävarmuus, perustyyppi B

Tyypin B epävarmuuskomponenttien eli ulkoisen epävarmuuden komponenttien arvioimiseen käytetään muita tietoja kuin tyypin A epävarmuuden laskennassa/2, s. 182/.

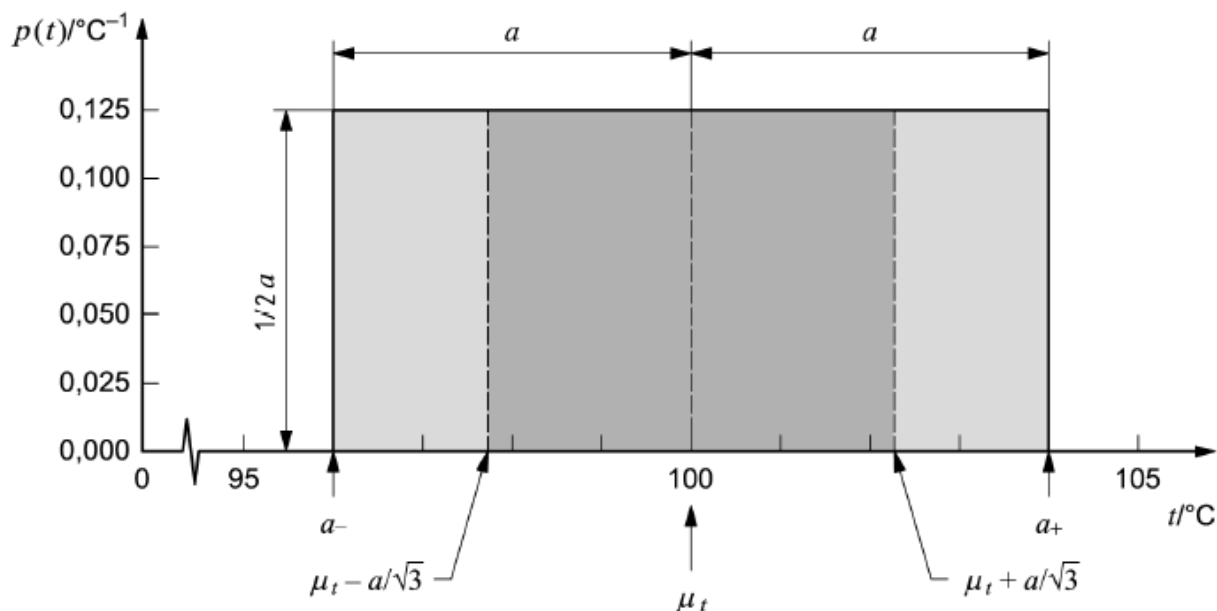
Kun mittaustuloksia on vain muutama, mittausepävarmuuden arvio saadaan tyypin B mukaan muilla keinoin kuin rinnakkaishavaintojen tilastollisella analyysillä. Epävarmuusvarianssi tai standardiepävarmuus pohjataan koko olemassa olevaan tieteelliseen tietoon (paitsi rinnakkaismittauksiin) mittaussuureen mahdollisista vaihteluista. tieto voi olla peräisin tilastollisista teorioista, aikaisemmista vastaavista mittauksista, kokemuksesta, yleisistä käsityksistä mittalaitteiden ja materiaalien ominaisuuksista, valmistajan spesifikaatioista, kalibrointi- ja sertifiointiraporteista, käsikirjojen antamista epävarmuusarvioista /6, k. 3.3.1/.

#### 4.4.6 Mittausepävarmuuteen liittyvät jakaumat

Lähtösuureen arvojen voidaan olettaa varmasti vaihtelevan joissain tietyissä rajoissa, esim.  $-a \dots +a$ . Jos oletetaan, että jokaista arvo välillä  $-a \dots +a$  yhtä todennäköinen, on todennäköisyysjakauma ns. tasainen jakauma.

Tasaisen jakauman standardiepävarmuuden arvo on (ISO 1995):

$$s = a / \sqrt{3} \quad a = \text{vaihteluvälin puolikas} \quad (6)$$

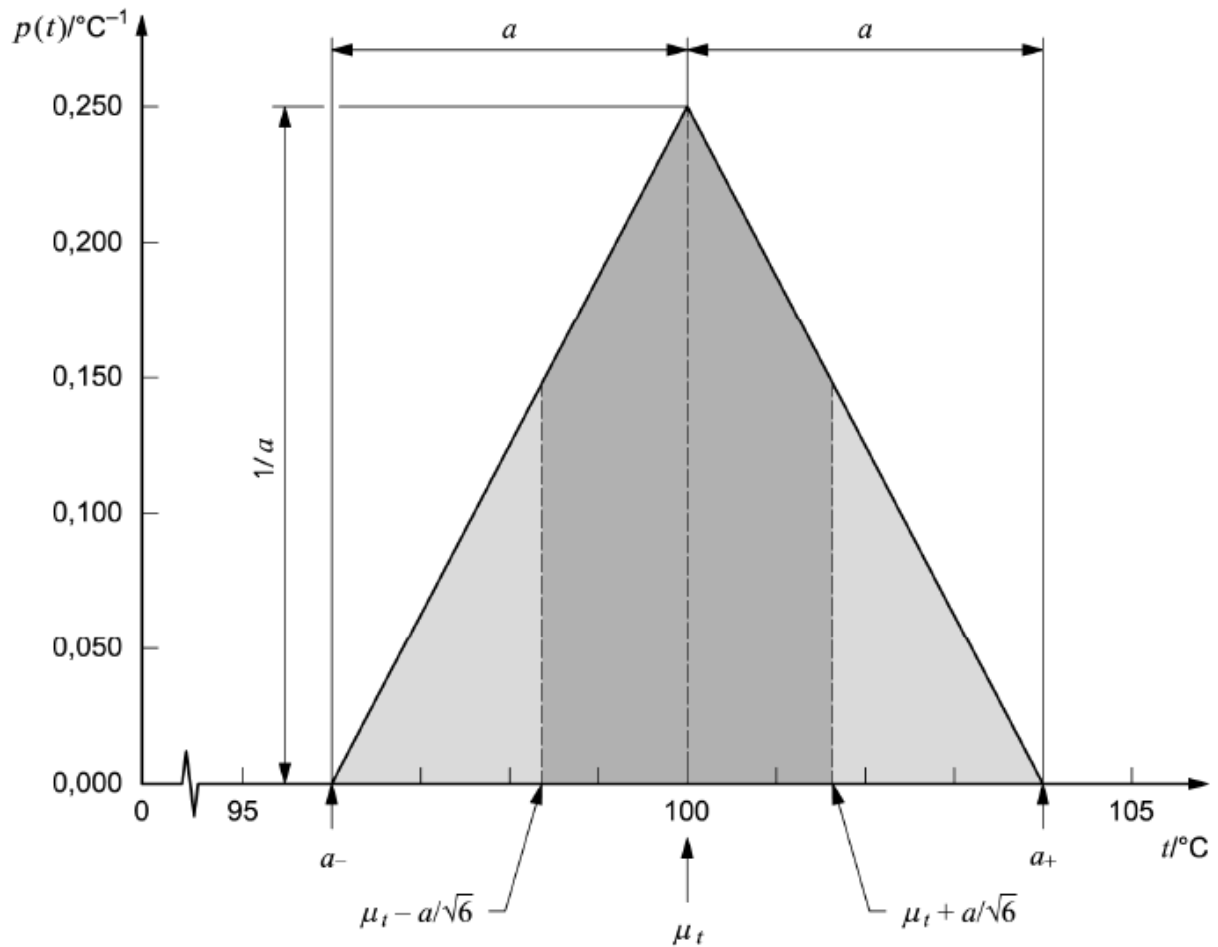


Kuva 7. Tasainen jakauma. Jokaista arvoa välillä  $-a \dots +a$  pidetään yhtä mahdollisena. Standardiepävarmuuden rajat ovat  $\pm a / \sqrt{3}$ . Kuva /7/

Jos pidetään luotettavimpana, että arvo on lähellä ilmoitettua, mutta hyväksytään mahdolliseksi enintään suuruudeltaan  $\pm a$  oleva ero, todennäköisyysjakaumaa kuvataan tasakylkisellä kolmiolla.

Kolmiojakauman standardiepävarmuus on suunnilleen (ISO 1995)

$$s = a / \sqrt{6} \quad (7)$$



Kuva 8. Kolmiojakauma. Arvot vaihtelevat välillä  $\pm a$ , mutta nollan lähellä olevia pidetään todennäköisimpinä. Standardiepävarmuuden rajat ovat  $\pm a / \sqrt{6}$ . Kuva 1/71.

#### 4.4.7 Yhdistetty mittausepävarmuus

Yhdistetty epävarmuus koostetaan osista siten, että tunnistetaan ja luetteloidaan kaikki tai ainakin tärkeimmät analyysin eri vaiheissa vaikuttavat epävarmuustekijät. A- tai B-

tyypin menettelyllä arvioidaan kunkin suuruus ja eri epävarmuuskomponenttien arvot yhdistetään matemaattisesti /14, s. 15/.

Taulukon 1. esimerkissä laskettiin vain mittarilukeman vaihtelun aiheuttama standardiepävarmuus.

Määritettäessä näiden lukemien perusteella veden todellinen lämpötila mittausturinin kohdalla, otetaan huomioon myös mittarille kalibroinnin yhteydessä määritetty korjaus ( $\sigma_k$ ) sekä mittarin äärellisestä resoluutiosta aiheutuva korjaus ( $\sigma_R$ )/19, s. 14/.

Veden lämpötila ( $t_v$ ) saadaan tässä esimerkissä laskemalla nämä yhteen keskiarvon kanssa

$$t_v = \bar{q} + \sigma_k + \sigma_R \quad (8)$$

Tässä tapauksessa lopullinen mittaustulos koostuu siis kolmesta tekijästä, joille kullekin voidaan määrittää standardiepävarmuus.

Mittarilukeman keskiarvon epävarmuus  $u(\bar{q})$  laskettiin esimerkissä keskiarvon keskihajonnan avulla.

Kalibrointikorjauksen ja resoluution aiheuttaman korjauksen standardiepävarmuudet  $u(t\sigma_k)$  ja  $u(\sigma_R)$  lasketaan tyypin B menetelmällä.

Koko mittauksen standardiepävarmuus  $u(t_v)$  saadaan seuraavasti:

kerrotaan kunkin tekijän standardiepävarmuus itsellään (eli korotetaan toiseen potenssiin)

lasketaan näin saadut lukemat yhteen ja

lasketaan tämän summan neliöjuuri.

$$u(t_v) = \sqrt{u^2(\bar{q}) + u^2(\sigma_k) + u^2(\sigma_R)} \quad (9)$$

Esimerkissä oletetaan, että

Kalibrointikorjaus (+ 15  $\sigma_k$  °C) = 0,2 °C

Äärellisen resoluution korjaus ( $\sigma_R$ ) = 0 °C

Veden lämpötila on

$$t_v = \bar{q} + \sigma_k + \sigma_R$$

$$= 15,05 \text{ °C} + 0,2 \text{ °C} + 0 \text{ °C} = 15,25 \text{ °C}$$

Kalibrointiepävarmuus kalibrointitodistuksen mukaan on  $0,1 \text{ °C}$  ja kattavuuskerroin 2, joten kalibrointikorjauksen standardiepävarmuus on  $0,1 \text{ °C} / 2 = 0,05 \text{ °C}$ .

Mittarin resoluutio on  $0,1 \text{ °C}$ , joten mitattava arvo voi muuttua  $0,1 \text{ °C} / 2 = 0,05 \text{ °C}$  ilman että se vaikuttaa mittarin näkymään ja siitä aiheutuva standardiepävarmuus on  $0,1 \text{ °C} / 2\sqrt{3} = 0,03 \text{ °C}$

Mittauksen standardiepävarmuus on

$$u(t_v) = \sqrt{u^2(\bar{q}) + u^2(\sigma_k) + u^2(\sigma_R)}$$

$$= \sqrt{(0,03 \text{ °C})^2 + (0,05 \text{ °C})^2 + (0,03 \text{ °C})^2} = 0,07 \text{ °C}$$

Mittausepävarmuus ilmoitetaan yleensä laajennettuna epävarmuutena U, jolloin standardiepävarmuus on kerrottu kattavuuskertoimella k. Yleisimmin käytetään kerrointa kaksi, mikä vastaa tilannetta, jossa sadasta mittauksesta noin 95 (olettaen normaalijakautumaa) on epävarmuusrajojen sisäpuolella /19, s.15/.

$$U = 2 \times u(t_v) \quad (k = 2) \quad (10)$$

$$= 2 \times 0,07 \text{ °C} = 0,14 \text{ °C} \approx 0,15 \text{ °C}$$

$$\Rightarrow t_v = (15,25 \pm 0,15) \text{ °C} \quad (k = 2)$$

#### 4.4.8 Mittausepävarmuus mikrobiologisessa analyysissä

Mikrobiologiassa täsmällisesti oikean tuloksen määrittäminen on vaikeaa, koska mikrobit ovat elävää materiaalia, ei niistä pystytä tekemään valmisteita, joiden todellinen pitoisuus olisi tiedossa ja pysyisi muuttumattomana.

Merkittävä epävarmuustekijöitä on homogeenointi, joka saattaa tuhota mikrobeja. Toisaalta mikrobeja ei saada täydellisesti irtaantumaan tutkittavasta materiaalista. Siksi varsinkin kiinteitä näytteitä tutkittaessa esiintyy voimakasta hajontaa.

Mikrobiologisten analyysitulosten hajontaa lisäävät myös työntekijäkohtaiset erot, esimerkiksi pesäkkeiden tulkintaerot. Ongelmia voivat aiheuttaa myös matriisin ominaisuudet, taustamikrobiston luonne ja muut vaikeasti määriteltävät tekijät. Näiden syiden takia mikrobiologisista näytteistä tehdyissä rinnakkaisanalyyseissä esiintyy hajontaa enemmän kuin Poisson-jakauma esittää eli esiintyy ylihajontaa. Sallittavaa ylihajontaa ei kuitenkaan ole toistaiseksi vielä määritelty. Kemiallisista analyyseistä sen sijaan tiedetään, että virheettömästi suoritettun analyysin keskihajonta on nolla. /13, s.4/

Koska mikrobiologiassa näyte joudutaan laimentamaan kvantitatiivista määrittystä varten sellaiselle pitoisuustasolle, että on mahdollista laskea yksittäisten solujen muodostamat pesäkkeet, voivat rinnakkaisanalyysien pesäkemäärät vaihdella suurestikin ilman, että kyseessä on virhe /13, s. 2/.

Mikrobiologisten viljelymenetelmien "täydellisesti korjattu kaavio" sisältää seuraavat korjauskertoimet /14, s 42/:

- Todellinen laimennuskerroin,  $F'$
- Varmistettavuus,  $p$
- Henkilökohtainen saaliskerroin,  $K_H$
- Näytteen stabiilisuuserroin,  $K_S$
- Kasvualustan saaliskerroin,  $K_A$
- Materiaali/kohde kerroin,  $K_M$
- Peittokorjauserroin,  $K_L$

Täydellisesti korjatun mittaustuloksen kaava on

$$Y = K_L \times K_M \times K_A \times K_S \times K_H \times p \times F \quad (11)$$

Josta suhteellisen mittauserovarmuuden kaava on

$$u_y = \sqrt{u_{KL}^2 \times u_{KM}^2 \times u_{KA}^2 \times u_{KS}^2 \times u_{KH}^2 \times u_p^2 \times u_F^2 \times u_x^2 \times u_z^2} \quad (12)$$

Mikä tahansa kertoimista voidaan jättää vaille vaikutusta antamalla sen arvoksi ykkönen ja epävarmuuden arvoksi nolla.

Perinteisiä MPN-menetelmiä käytettäessä suhteellinen mittauserovarmuus on säännöllisesti suurempi kuin 0,5 (50 %). Muissakin tapauksissa yhdistetty

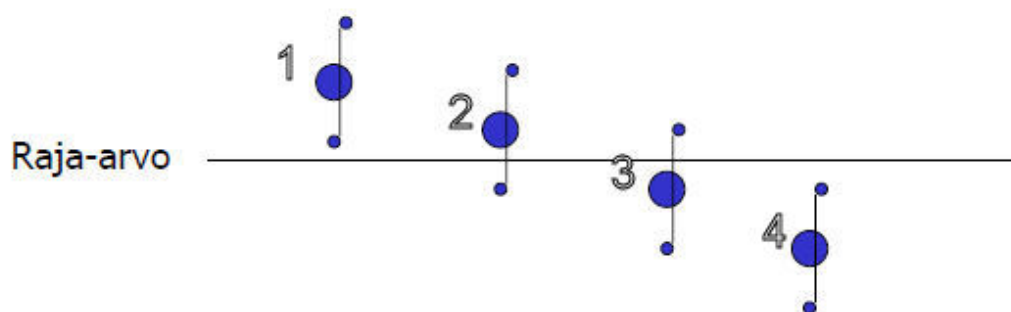
mittausepävarmuus voi nousta näin suureksi. Tällöin laajennettu mittausepävarmuus  $U > 1$  ( $>100\%$ ), joten sen arvo on suurempi kuin mittaustuloksen arvo ja luottamusvälin arvo tulee miinusmerkkiseksi /14, s. 12/.

Kenttä on insinööriyössään saanut elintarvikenäytteen kokonaisbakteeripitoisuuden analyysin mittausepävarmuudeksi  $32,5\%$  sekä vesinäytteen analyysin mittausepävarmuudeksi E.colille  $20,8\%$  ja koliformille  $22,7\%$ . Tulokset on laskettu GUM-prosessin avulla /10/.

#### 4.5 Tulosten tulkinta

Mittausepävarmuustietoja tarvitaan, kun arvioidaan onko mittaustuloksen tarkkuus riittävä päätöksen tekemisen kannalta sekä vertailtaessa eri laboratorioiden tuloksia keskenään.

Kuvassa 9 mittaustulos 1 ei täytä epävarmuusarvionkaan kanssa vaatimuksia. Mittaustulos 4 täyttää myös mittausepävarmuuden osalta vaatimukset. Mittaustulokset 2 ja 3 vaativat tapauskohtaista harkintaa /8, s. 13/.



**Kuva 9. Raja-arvo ja mittaustulos epävarmuusarvioineen.**

Asumisterveysoppaassa ei ole yleisesti käsitelty mittausepävarmuuden arviointia asumisterveyteen liittyvissä tutkimuksissa. Oppaassa on kahdessa kohtaa kahdessa kohtaa huomioitu mittausepävarmuus. Rakennekosteuden mittauspöytäkirjassa on esitettävä tuloksen mittauksellinen epävarmuus ja se, mitä epävarmuusarvio sisältää. Kemiallisten epäpuhtauksien mittauksen yhteydessä on annettu ohje, miten tuloksia on tulkittava, kun otetaan huomioon mittausepävarmuus: ohjearvo alittuu aina kun

mittaustulos ja siihen lisätty mittausepävarmuus antaa tuloksen, joka on pienempi kuin ohjearvo.



## 5 MITTAUSMENETTELY

### 5.1 Yleistä

Määritelmän mukaan mittausmenettelyllä (Measurement procedure) tarkoitetaan erityisesti kuvattua toimintasarjaa, jota käytetään tiettyjen mittausten suorittamiseen tietyn menetelmän mukaisesti.

Seuraavassa esitetään mittausten suorittamiseen liittyviä yleisiä menettelytapoja työvaihelistan avulla..

Mittauksiin on valmistauduttava huolella ja varattava riittävästi aikaa; mittaus tulee voida suorittaa ilman kiirettä

Mittausten luotettavuuden varmistamiseksi on hyvä työskennellä järjestelmällisesti työvaihelistan avulla. Näin yksikään oleellinen vaihe ei jää tekemättä. Seuraavassa on Aumalan /2, s.179/ esittämä työvaihelista:

1. Tehtävän määrittely
2. Suoritusvaihtoehtojen etsiminen ja vertailu
3. Tarkoituksenmukaisuuden tarkistus
4. Epävarmuuden ennakoarviointi
5. Mittauslaitteiden tarkistukset ja mahdolliset kalibroinnit
6. Tulosten edustavuuden arviointi
7. Tulosten käsittely; epävarmuuden jälkiarviointi
8. Tulosten kelvollisuuden arviointi
9. Dokumentointi ja saatujen tulosten informointi asianomaisille

Mikäli jossakin vaiheessa listaa läpi käydessä havaitaan, ettei tehtävän vaatimuksia täytetä, on listassa palattava taaksepäin. Vaikka kaikki listan työvaiheet eivät vaadikaan suurta työpanosta, on tärkeää, ettei yhtään vaihetta ohiteta. Kokemusten mukaan summittainen eteneminen johtaa vaikeuksiin ja mittauksen uusimiseen /2, s. 177/.

Opinnäytetyön liitteenä on esitetty menettelytapaohje sisäilman mikrobiologiselle näytteenotolle. Menettelytapaohjeissa on soveltuvin osin käsitelty työvaihelistan mukaiset asiat.

Menettelytapaohjeiden osalta työ liittyy Imatran seudun ympäristötoimen laatujärjestelmän kehittämiseen.

## **5.2 Terveysturvallisuuden sisäilmamittaukset**

### **5.2.1 Tehtävän määrittely**

Terveysturvallisuuden tekemän tai teettämän sisäilmamittauksen tai -näytteenoton tarkoituksena on selvittää asuin- tai muun huoneiston olosuhteita asumisterveyden kannalta./4, s. 41/.

Asuinhuoneella tarkoitetaan pysyvästi asuinkäyttöön suunniteltua ja rakennettua huonetilaa. Muulla huoneistolla tarkoitetaan esimerkiksi vanhain- ja päiväkotia sekä kouluja /4, s. 28/.

Mittaus tai näytteenotto edellyttää, että tarkastuksen perusteella on aiheutta epäillä, että olosuhteet voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Tarkastuksen yhteydessä tehdään aistinvaraisia havaintoja ja alustavia mittauksia sekä haastatellaan ja kuullaan tilojen käyttäjiä. Mahdolliset valittajien terveydentilaa koskevat lääkärinlausunnot ovat tärkeitä /4, s.13/.

### **5.2.2 Suoritusvaihtoehtojen etsiminen ja vertailu**

Jos terveyshaitan olemassaolo selviää välittömästi ja luotettavasti tarkastuksen perusteella ei erillisten mittausten suorittaminen ole tarpeen. Esimerkiksi jos tarkastuksen yhteydessä alustavassa lämpötilamittauksessa havaitaan huoneilman lämpötilan olevan edustavissa olosuhteissa selvästi alle ohjearvon, ei varsinaisia lämpötilamittauksia ole tarpeen tehdä. Samoin mikäli rakennuksessa on selvä kosteusvaurio tai näkyvä homekasvu rakenteiden pinnalla, ei asian selvittäminen vaadi sisäilman mikrobinäytteiden ottoa /4, s. 153/.

Mikäli tarkastuksen perusteella on aiheutta epäillä, että olosuhteet voivat aiheuttaa terveyshaittaa, on haitan olemassaolo selvitettävä erillisellä mittauksella tai näytteenotolla. Mittaukset ja näytteenotto on tehtävä luotettavalla menetelmällä. Terveysturvallisuuden tutkimisen kannalta ensisijaisia menetelmiä ovat Asumisterveysohjeessa ja -oppaassa esitetyt menetelmät. Muita menetelmiä käytettäessä on esitettävä niillä saatujen tulosten vertailukelpoisuus ohjeen tai oppaan menetelmiin /4 /.

Suoritusvaihtoehtojen etsimisessä on myös tarkastettava sitä, riittääkö pelkkä yhden tekijän mittaus vai vaaditaanko myös muiden tekijöiden mittauksia tai selvityksiä. Esimerkiksi kylmien lattia- tai seinäpintojen pintalämpötilan mittauksen yhteydessä

on mitattava huonelämpötila ja ulkolämpötila lämpötilaindeksin laskemista varten. Lisäksi voidaan joutua mittaamaan tilan painesuhteet ulkoilmaan nähden ja paikallistamaan rakenteiden ilmapuodot /4 s. 41/.

Voi myös olla niin, ettei pelkän mitattavan tekijän perusteella yksinään voida käyttää terveyshaitan arvioitiin vaan tarvitaan muita lisäselvityksiä. Esimerkiksi sisäilman mikrobinäytteenoton tuloksia on aina tarkasteltava yhdessä rakennusteknisten selvitysten kanssa. Ilmanäytteiden otto ei myöskään ole ensisijainen vaurioiden selvittämiskeino /11/.

### **5.2.3 Tarkoituksenmukaisuuden tarkistus**

Suoritusvaihtoehtojen etsimisen ja vertailujen jälkeen on valittava tarkoituksenmukaisin tutkimustapa kulloisenkin terveyshaittaepäilyn selvittämiseksi. Eri suoritusvaihtoehtoja etsittäessä ja verrattaessa pääpaino on oltava mittausten laatu, tarkkuus ja edustavuus. Toisaalta mittauksiin ei ole järkevää käyttää enemmän kustannuksia kuin on tarpeen.

Huoneilman lämpötilamittaus voidaan tehdä hetkellisenä mittauksena tai jatkuvatoimisella tietojenkeruulaitteella useamman päivän ajan. Sisäilman mikrobien näytteenotto on tarpeen, kun mikrobikasvu ei ole näkyvää eikä vauriota ole voitu paikallistaa kosteusvauriokuntoarviolla, mutta esimerkiksi homeen haju tai asukkaiden oireilu viittaavat vaurioon /4 s. 153/. Näkyvä mikrobikasvusto rakenteiden pinnalla on tarkoituksenmukaista varmentaa pinta- tai rakennusmateriaalinäytteellä /4 s. 148/.

### **5.2.4 Epävarmuuden ennakoarviointi**

Mittausepävarmuuden ennakoarvioinnissa käytetään lähtötietoina mittausvälineille laitevalmistajan antamia spesifikaatioita, mittausmenetelmän aiheuttamaa systemaattisen virheen laskelmaa, havaitsemisepävarmuuden arviota, tietoja mittausdynamiikasta ja muita vastaavia tietoja. Ennakoarviolla voidaan varmistaa mittauksen käyttökelpoisuus /2, s. 180/.

Mikäli menettelytapaohjeessa tai muutoin on mittausepävarmuus menetelmälle ja käytettäville mittalaitteille arvioitu, käytetään ennakoarvioinnissa näitä arvioita.

Jos menettelytapa- tai työohjeissa on arvioitu epävarmuustekijöitä ja niiden vaikutusta, otetaan nämä huomioon työsuunnittelussa epävarmuustekijöiden minimoimiseksi.

### **5.2.5 Mittauslaitteiden tarkistukset ja kalibroinnit**

Ennen jokaista mittaustapahtumaa mittalaitteiden kunto tarkistetaan silmämääräisesti. Tarkistamiseen kuuluu myös paristojen tai akkujen varaustilan tarkistaminen ja mahdollinen uusiminen tai lataus.

Mittalaitteen kalibroinnin voimassaolo tarkistetaan kalibrointitodistuksesta. Ajautumasta johtuen mittalaitteet on kalibroitava määräajoin, joka on laitevalmistajan spesifikaatioissa antama aika. Vähintäänkin mittarit tulee kalibroida kerran vuodessa.

Ennen jokaista mittaustapahtumaa mittalaitteet pikakalibroidaan vakiintuneissa olosuhteissa vertaamalla mittarin mittaustulosta toisen luotettavan mittarin mittaustulokseen. Esimerkiksi lämpötilamittauksissa jätetään varsinaisessa mittauksessa käytettävä elektroninen mittari ja lasilämpömittari tasalämpöisiin olosuhteisiin vakiintumaan mittausta edeltävänä päivänä ja tarkastetaan seuraavana päivänä lukemat, joiden on oltava ennalta määrätyn toleranssin sisällä.

### **5.2.6 Tulosten edustavuuden arviointi**

Sisäilmamittauksissa tulosten edustavuus kuvaa sitä, miten hyvin tulos kuvaa tutkittavaa olosuhdetta terveyshaitan arvioinnin kannalta. Tältä osin asia palautuu mittausten ajalliseen ja fyysiseen kattavuuteen, ulkoisiin ja sisäisiin olosuhteisiin sekä erilaisiin mittauksen epävarmuustekijöihin.

Koska sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti, ei yksittäinen näyte kuvaa pitoisuustasoa luotettavasti. Sisäilman mikrobipitoisuutta voi pitää stokastisena suurena, jota voi käsitellä satunnaisena virheenä. Yksittäinen näyte edustaa näytteenottohetken tilannetta, mutta olosuhteen kokonaisarvioinnin takia näytteitä on otettava riittävästi ja tehtävä niistä tilastollisia päätelmiä. Näytteenotto tulisikin toistaa 2-3 kertaa esimerkiksi viikon välein ja vaurion poissulkemiseksi saatetaan tarvita jopa kymmenen mittauskertaa /4, s.158/.

Huoneilman lämpötilan viranomaismääräyksen täyttävän, tyydyttävän sisäilmaston mittauksissa otoksen kattavuus mitattavista tiloista tai tilojen osista on 20 % /SFS 5511/. Toisin sanoen tutkittavassa kohteessa, esimerkiksi koulussa, vähintään joka viides

huonetila mitataan. Suuret tilat jaetaan enintään 10 \* 10 m osiin. Mittaus tehdään kuitenkin kaikista valituksen alaisista huonetiloista /4, s. 41/.

Monet mittaukset tulisi tehdä tiettyyn vuodenaikaan tai tietyissä sääoloissa. Sisäilman mikrobinäytteenoton suositeltavin on talvi, jolloin ulkoilman sieni-itiöiden ja aktinomykeettien pitoisuudet ovat pienemmillään ja sisäilmassa esiintyvien itiöiden voi olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan asunnon sisältä. Mikrobipitoisuudet voivat nousta myös sisäolosuhteiden vaikutuksesta. Monet asumiseen liittyvät toimet, mm. siivoaminen, lemmikkieläimet, tekstiilien, elintarvikkeiden ja polttopuiden käsittely, voivat kohottaa sisäilman sieni-itiöpitoisuutta jopa 10–100 kertaiseksi.

Riittävän edustavuuden takaamiseksi ovat mittaukset tehtävä asumisterveysohjeessa ja -oppaassa esitettyjen menetelmien mukaisesti. Mittaustapahtuman aikana kirjataan tarkasti olosuhteet ja epävarmuustekijät.

Tulosten edustavuuden arviointi tapahtuu arvioimalla mittausten kattavuutta, havaittuja olosuhteita ja vertaamalla niitä hyväksytyissä menetelmissä esitettyihin kattavuusvaatimuksiin ja vaadittuihin olosuhteisiin. Lisäksi arvioidaan havaittujen epävarmuustekijöiden vaikutus tulokseen.

### **5.2.7 Tulosten käsittely ja mittausepävarmuuden jälkiarviointi**

Suoraan mittarista luettu mittaustuloksen arvo korjataan kalibrointitodistuksessa olevalla arvolla. Kalibrointitodistuksessa ilmoitettu virhe vähennetään mittarin näytön arvosta ja korjaus lisätään mittarilukemaan (mittaustulos = näyttämä miinus virhe tai mittaustulos = näyttämä plus korjaus).

Mittaustulokset esitetään sekä suoraan mittarista luettuna että korjattuna.

Mittaustuloksia voidaan joutua käsittelemään muutoinkin kuin kalibrointikorjauksen osalta. Esimerkiksi pintalämpötilaa mitattaessa mittaustulokset vakioidaan vertailuolosuhteisiin (ulkolämpötila – 5 °C, sisälämpötila + 21 °C) laskemalla mitatuista arvoista lämpötilaindeksi.

Mittaustuloksista lasketaan mittausepävarmuus joko menetelmällä A tai B. Jos menettelytapaohjeissa on mittausepävarmuus laskettu kyseiselle menetelmälle ja käytetyille mittalaitteille, voidaan tätä mittausepävarmuusarviota käyttää.

Mittausepävarmuuden jälkiarvioinnissa arvioidaan mittaukseen vaikuttaneita epävarmuustekijöitä ja niiden vaikutusta tuloksen luotettavuuteen.

### **5.2.8 Tulosten kelvollisuuden arviointi**

Ennen mittaustulosten raportointia on vielä arvioitava tulosten kelvollisuus. Kelvollisuuden arvioinnissa käydään läpi koko mittausprosessi ja tarkastetaan, mm. että

- On käytetty validoitua menetelmää
- Laitteet ovat olleet kalibroituja
- Mittausolosuhteet ovat olleet hyväksyttävät
- Kalibroitikorjaus on suoritettu
- Yksittäisissä tuloksissa ei ole karkeita virheitä

Mikäli mittaustulos ei täytä kelvollisuuden vaatimuksia, se hylätään.

### **5.2.9 Dokumentointi ja tulosten informointi asianomaisille**

Kaikista asumisterveysohjeen mukaisista mittauksista on laadittava mittauspöytäkirja, johon kirjataan kunkin eri mittauksen vaatimat yksityiskohtaiset tiedot. Mittauspöytäkirjaan liitetään tutkittavan kohteen pohjapiirros, johon merkitään mittauspisteet /4, s. 18/.

Lämpötilamittauksissa mittauspöytäkirjassa esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- Mittausajankohta
- mittauspaiikka (huonetilojen, koneiden tms. paikantamisessa voidaan viitata esim. suunnitelmiin)
- mittaaja ja mittauksen valvoja
- käytetyt mittausmenetelmät ja -laitteet ja selvitys niiden kalibroinnista
- sääolosuhteet
- selvitys mittaukseen vaikuttavista häiriöistä, tarvittaessa

Mittaustulokset esitetään sekä suoraan mittarista luettuna että lopullisina (korjattuina ja/tai laskettuina).

Mittauspöytäkirjaan tehdään myös merkintä mittalaitteille ennen jokaista mittaussarjaa tehtävästä tarkastuksesta tai pikakalibroinnista /18/.

Mikrobituloksia koskevassa lausunnossa tai raportissa on aina ilmoitettava käytetty keräys- ja analysointimenetelmä, määrittäjä sekä tulosten tulkintaperiaatteet /4, s. 173/.

Laadittu mittauspöytäkirja allekirjoitetaan ja lähetetään tiedoksi asianomaisille. Jos mittauspöytäkirja lähetetään sähköisesti, muunnetaan se sellaiseen muotoon, ettei sitä voi jälkikäteen muokata.

## 6 SISÄILMAN MIKROBINÄYTTEET

### 6.1 Yleistä

Sisäilman mikrobinäytteiden ottamiseksi on olemassa lukuisia erilaisia laitteita ja uusia menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Eri menetelmät voidaan jakaa mikroskooppisiin, viljelyyn perustuviin, biokemiallisiin ja molekyylibiologisiin. Mikroskooppisilla menetelmillä voidaan havaita sekä elävät että kuolleet itiöt mukaan lukien siitepöly ja muut hiukkaset. Biokemiallisissa menetelmissä tunnistaminen perustuu spesifisiin yhdisteisiin, kuten mykotoksiineihin ja allergeeneihin. Molekyylibiologiset menetelmät perustuvat spesifisen geenin tunnistamiseen. Viljelyyn perustuvissa menetelmissä on mahdollista todeta vain kasvatusolosuhteissa eläviä tai kasvukykyisiä bakteereja ja sieniä. Kasvatusmenetelmällä on mahdollista suvun tunnistus. /16/

Sisäilman mikrobien keräysmenetelmät jaetaan gravitaatioon perustuviin, impaktoreihin, suodatukseen ja impinger-keräimiin (impingement samplers).

Gravitaatioon perustuvissa menetelmissä päällystetty mikroskooppilevy tai agarilla täytetty Petri-malja asetetaan ilmatilaan. Partikkelien laskeutuminen alustalle on riippuvainen niiden koosta, muodosta ja ilman liikkeistä. Menetelmä on yksinkertainen mutta epätarkka painottuen suuriin partikkeleihin, eikä siinä voida käyttää tilavuusmittauksia eikä tuloksia antaa ilmatilavuutta kohti.

Suodatinmenetelmällä partikkelit erotetaan ilmavirrasta huokoisella väliaineella, yleensä kalvosuodattimella. Erotuskyky riippuu suodattimen koostumuksesta ja huokoskoosta. Keräämisen tehokkuutta vähentää voimakkaasti liian suuri ilmavirran määrä. Elinkelpoisten mikrobien määrä voi pienentyä kuivumisen takia.

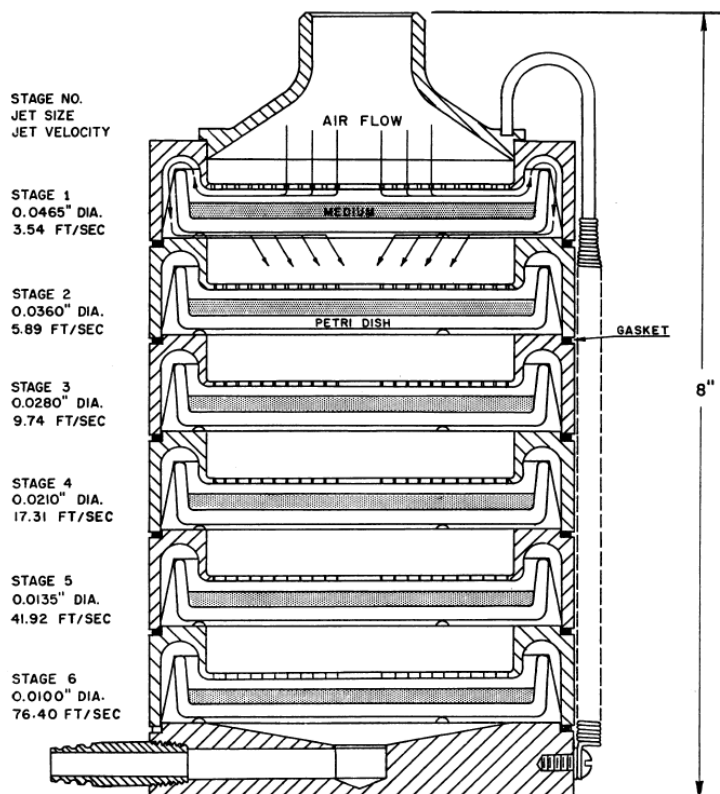
Impinger-keräimissä ilmavirta johdetaan kuplittamalla nestemäisen aineen läpi, jolloin partikkelit jäävät nesteeseen, josta soluryhmittymät on mahdollista erotella. Näyte voidaan tutkia usealla tavalla: viljelemällä, mikroskooppisesti, biokemiallisesti, immunologisesti tai PCR-menetelmällä.

Impaktorit (impact=törmäys) erottavat partikkelit ilmavirrasta käyttäen hyväksi partikkeleihin kohdistuvaa hitausvoimaa (inertia), jolloin ne on mahdollista kerätä kiinteälle levyille tai agarin pinnalle. Laitteita voidaan käyttää sekä viljeltävien näytteiden keruuseen että kokonaisitiömäärän keräämiseen. Keräimen tehokkuus riippuu sen kyvystä kerätä partikkelit keräyspinnalle /16/.



## 6.2 Andersen-keräin

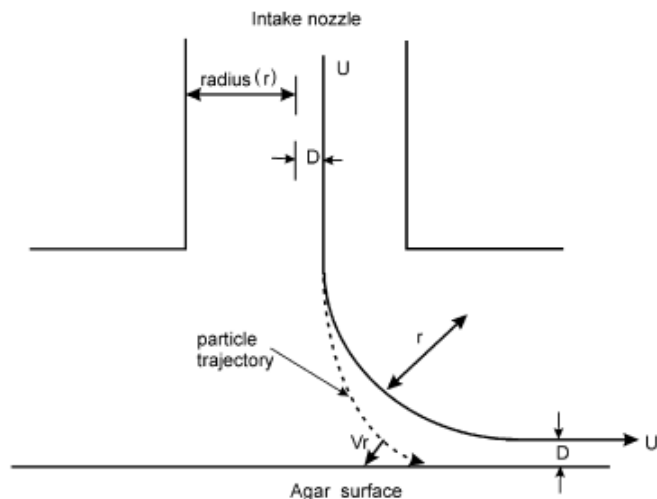
Asumisterveysohjeessa (STM 2003:1) annettujen sisäilman mikrobipitoisuuksien ohjearvojen tulkintaan voidaan soveltaa 6- tai 2-vaiheimpaktorilla otettuja näytteitä. Suomessa yleisesti käytetty 6-vaiheimpaktori on ns. Andersen-keräin. Kuvassa 10 on kaaviokuva keräimestä. Keräin koostuu kuudesta irroitettavasta, rei'itetystä vaiheesta, joiden väliin näytemaljat (petri-maljat) asetetaan. Näyteilma kulkeutuu keräimen läpi jatkuvana virtana. Reikien määrä on joka vaiheessa on 400 kpl. Vaiheittain reiät ovat samankokoiset ja pienenevät aina seuraavassa vaiheessa. Samalla ilman virtausnopeus kasvaa vaihe vaiheelta. Kaaviokuvasta nähdään reikien läpimitta ja ilmavirran nopeus vaiheittain. Virtausnopuden kasvaessa partikkeliin vaikuttava hitausvoima voittaa aerodynaamisen voiman ja yhä pienemmät partikkelit suistuvat kasvatusalustalle. Keräin pystyy jakamaan partikkelit koon mukaan yli 95 prosenttisesti eri vaiheisiin. Laitte on suunniteltu toimimaan siten, että virtauksella 1 cfu (kuutiojalka minuutissa = 28,3 l/min), jokainen 1  $\mu$  tai sitä suurempi partikkeli voidaan kerätä /1/.



Kuva 10. Kaaviokuva 6-vaihe Andersen-keräimestä. Kuva /1/. Mittojen muunnokset:  
 0,0465 " = 1,1811 mm, 0,0360" = 0,9144 mm, 0,0280" = 0,7112 mm, 0,0210" = 0,5334 mm,  
 0,0135" = 0,3429 mm, 0,0100" = 0,254 mm; 3,54 ft = 1,07899 mm, 5,89 ft = 1,79527 mm, 9,74 = 2,96875  
 mm, 17,31ft = 5,27609 mm, 41,92ft = 12,77722 mm, 76,40ft = 23,28672 mm.

### 6.2.1 Leikkauspiste $d_{50}$

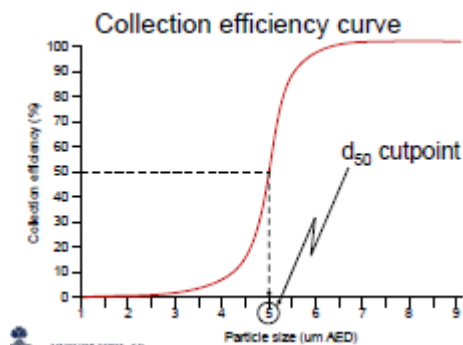
Kuvassa 11 on esitetty kaavakuvana, kuinka riittävällä nopeudella reiästä tuleva partikkeli irtaantuu keskipakovoiman vaikutuksesta ilmavirrasta ja törmää kasvatusalustaan.



Kuva 11. Riittävällä nopeudella liikkuvaan partikkeliin kohdistuva keskipakovoima syrjäyttää aerodynaamisen voiman ja se törmää alustaan. Kuva: /22/

Sitä partikkelin kokoa, jossa 50 % partikkeleista törmää alustaan ja 50 % kulkee läpi, koska ovat liian pieniä, kutsutaan usein  $d_{50}$  -kooksi /22/. Koska leikkauspiste on terävä, on yleisesti sovittu, että kaikki sitä suuremmat partikkelit on kerätty lähes 100 % tehokkuudella /16/.

Kuvassa kaksitoista nähdään kuinka leikkauspiste on hyvin terävä ja leikkauspisteen keskikohdalla 50 prosenttia tietyn kokoisista partikkeleista kerääntyy alustaan.



Kuva 12. Partikkelin koko ja kerääntymisen tehokkuus. Leikkauspiste on hyvin terävä. Kuva: /16/.

### 6.2.2 Andersen-keräimen ominaisuuksia

Ariel A. Andersen kuvaa /1/ keräinmenetelmää erittäin herkäksi, koska hiukkasten törmäys seinäpintoihin ja siitä aiheutuva hukka (wall loss) on minimoitu, keräimessä ei ole partikkelien läpivirtausta ja elävien partikkelien kasvuolosuhteet ovat välittömästi kiinnittymisen jälkeen otolliset.

Keräimessä ei ole virtausloukkuja ja ilmapirran nopeus laitteessa on reikien jälkeen riittävä kuljettamaan partikkelit kasvatusalustalle. Muutoin virtausnopeus on sellainen, ettei pintoihin törmäystä tapahdu.

Partikkelien läpivirtaus on myös hyvin pieni. Viimeisen vaiheen virtausnopeus on niin suuri, että se antaa hyvän turvamarginaalin pienten mikrobien läpivirtausta vastaan.

Vaikka tutkittava huoneilma olisi kuivaa, nousee ilman suhteellinen kosteus nopeasti keräimessä. Jos ilman suhteellinen kosteus on keräimen ulkopuolella 23 %, niin ensimmäisessä vaiheessa kosteusprosentti on 39, toisessa 54, kolmannessa 67, neljännessä 77, viidennessä 85 ja kuudennessa 88, joten olosuhteet suojaavat eläviä partikkeleja ja kosteus näyttelee tärkeää roolia partikkelien kiinnittymisessä.

Andersen-keräimen herkkyyttä vähentää käytettävien Petri-maljojen materiaali. Muoviset maljat antavat, ilmeisesti niiden muodostamien sähkövarausten takia, n. 20 % pienemmän määrän kuin lasiset maljat.

Suomessa muovisten maljojen käyttö ei aiheuta vääristymiä tulosten tulkinnan suhteen, sillä tutkimukset, joihin sisäilmaoppaan tulkintaohjeet perustuvat, on tehty muovimaljoja käyttäen /4, s. 158/.

Andersen-keräimen herkkyys on todettu myös myöhemmissä tutkimuksissa. Buttnerin ja Stetzenbachin mukaan Andersen-keräimen herkkyys on suuri ja toistettavuus korkea /5/.

### 6.3 Näytteenotto-olosuhteet

Sisäilman mikrobipitoisuuteen vaikuttavat monet häiriötekijät, jotka on otettava huomioon näytteenottoa järjestettäessä. Koska ulkoilman mikrobit voivat näkyä näytteessä, on näyte otettava talvisaikaan, maan ollessa lumen ja jään peitossa, jolloin ulkoilman mikrobipitoisuus on pienemmillään. Mikäli tehdään sulan maan aikana, on samalla otettava ulkoilmanäyte ja verrattava sisäilmanäytettä ulkoilmanäytteeseen.

Monet toiminnot kohottavat mikrobipitoisuutta tilapäisesti. Itiöpitoisuuden nousu voi olla jopa 1000–10000...50000 cfu/m<sup>3</sup>, minkä takia huoneistossa ei tule käsitellä tekstiilejä, elintarvikkeita ja polttopuita, siivota tai pitää lemmikkieläimiä 1-2 tuntia ennen mittausta. Ikkunat ja ovet pidetään suljettuina, ettei sisätiloihin pääse mikrobeja ulkoa, kellaritiloista, eläinsuojista tai puuvarastosta. /4/

Myös liikkuminen (kävely) mittauspisteen ympäristössä lisää huoneilman mikrobipitoisuutta /5/. Kansanterveyslaitos suosittelee näytteen ottamista koulurakennuksista normaalin työpäivän aikana, koska tämä kuvaa käyttäjien tavanomaista altistusta /11/.

Olosuhteet vaikuttavat myös käytettyyn näytteenottoaikaan. Suositeltava näytteenottoaika on kymmenen minuuttia. Lyhyempää aikaa käytetään sulan maan aikana ja pidempää esim. vertailuasunnon näytteenotolle /4/.

#### **6.4 Sisäilman mikrobinäytteenoton epävarmuus**

Näytteenottoon liittyvälle epävarmuudelle ei voida luotettavasti määrittää numeerisesti esitettävää mittausepävarmuutta. Näytteenottoon liittyy monia epävarmuustekijöitä, jotka on tässä esityksessä jaettu karkeisiin, systemaattisiin ja satunnaisiin virheisiin.

Karkeat virheet ovat yleensä helppo huomata ja ne voidaan välttää tai minimoida noudattamalla huolellisesti menettelytapaohjeita. Karkea virhe on esim. näytteen ottaminen väärissä olosuhteissa sekä agarmaljojen kontaminoituminen. Jos karkea virhe tapahtuu, jätetään näyte ottamatta tai otettu näyte hylätään.

Näytteenoton systemaattinen virhe voi liittyä keräimen väärään tilavuusvirtaan tai keräimen väärään käyttöön.

Satunnaisena virheenä voi pitää mikrobipitoisuuden voimakasta vaihtelua. Satunnaista virhettä voidaan pienentää ottamalla riittävästi näytteitä.

Sisäilman mikrobipitoisuus vaihtelee voimakkaasti ajan suhteen, joten yksittäinen näyte ei kuvaa luotettavasti mikrobipitoisuutta. Näytteenotto tulisi toistaa 2-3 kertaa viikon välein ja vaurion poissulkemiseksi saatetaan tarvita jopas kymmenen mittauskertaa /4/.

Kansanterveyslaitoksen ohjeen mukaan näytteitä otetaan eri puolilta rakennusta. Jos vaurioepäilyt kohdistuvat tiettyyn osaan rakennusta, näytteenotto voidaan keskittää

sinne. Näytteitä otetaan rakennuksen laajuudesta riippuen useita, vähintään 12, joista tuloksia käsitellään kokonaisuutena tarkastellen pitoisuusjakaumaa ja mediaania /11/. Taulukkoon kaksi on kerätty näytteenoton epävarmuustekijöitä. Epävarmuustekijät on tässä jaettu karkeisiin virheisiin, systemaattisiin virheisiin ja satunnaisiin virheisiin.

**Taulukko 2. Näytteenoton epävarmuustekijät**

<b>Karkeat virheet</b>		
<b>Epävarmuustekijä</b>	<b>Riskin aiheuttajat</b>	<b>Riskin minimointi</b>
Näyte otetaan väärissä olosuhteissa.	Välittömästi kahta tuntia ennen näytteenottoa ja näytteenoton aikana huoneistossa Ovet ja ikkunat ovat olleet auki Huoneistossa on siivottu Huoneistossa on käsitelty elintarvikkeita, tekstiilejä tai polttopuita On ollut lemmikkieläimiä	Näytteenottoaikan ohjeistus. Näytteitä ei oteta väärissä olosuhteissa.  Jos näyte on otettu väärissä olosuhteissa, se hylätään.
Näytteen kuljetus	Agarmaljojen kuljetus alassuin epätasaisessa maastossa voi aiheuttaa kasvatusalustan irtoamisen ja näytteen pilaantumisen. Oikeinpäin pitkiä matkoja kuljetetut agarmaljat voivat kehittää kostetutta kanteen ja aiheuttaa ”sadeilmiön” jolloin näyte pilaantuu.	Huolellisuus ja tarkkuus. Pilaantuneet näytteet hylätään.  Jos näyte on pilaantunut kuljetuksen aikana, se hylätään.
Maljojen ja keräimen käsittely	Sormi tai muu epästeriili kosketus agariin tai muu likaava käsittely. Keräintä ei puhdisteta ennen	Huolellisuus ja tarkkuus.  Pilaantuneet näytteet hylätään.

	näytteenottoa tai spritä jää keräimeen. Maljoja ei numeroida.	
<b>Systemaattiset virheet</b>		
<b>Epävarmuustekijä</b>	<b>Riskin aiheuttajat</b>	<b>Riskin minimointi</b>
Näytteen tilavuusvirta	Tilavuusvirta on väärä	Kalibrointi ja kalibrointitodistuksen tarkistaminen ennen jokaista näytteenottoa.
Laitteen kontaminoituminen	Keräintä ei puhdisteta oikein näytteiden välillä.	Ohjeiden noudattaminen. Huolellisuus.
<b>Satunnaiset virheet</b>		
<b>Epävarmuustekijä</b>	<b>Riskin aiheuttajat</b>	<b>Riskin minimointi</b>
Mikrobipitoisuus	Mikrobipitoisuuden ajallinen vaihtelu	Näytteitä otetaan riittävästi.

## 6.5 Tulosten arviointi

### 6.5.1 Yleistä

Sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti, eikä tarkkojen ohjearvojen antaminen ole mahdollista.

Ohjearvot eivät ole terveysperusteisia (annos-vaste -suhdetta ei ole), vaan tarkoituksena on selvittää, onko asuin- tai muun huoneiston sisäilman mikrobipitoisuudet ja suvusto tavanomaisia.

Näytetulosta arvioidaan sekä mikrobipitoisuuden että mikrobisuvuston perusteella.

### 6.5.2 Asunnot

Asuntojen osalta tulosten tulkinta perustuu STM:n Asuterveysohjeeseen /3/ ja Asumisterveysoppaaseen /4/.

Eri näytteiden tulokset tulkitaan yksitellen vertaamalla niitä tulkintaohjeisiin. Tämä tarkoittaa, että jos yksikin näytetulos on yli ohjearvojen, ei asuinhuoneiston sisäilman mikrobipitoisuutta ja suvustoa voi pitää tavanomaisena.

Taajamassa sijaitsevien asuntojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100 – 500 cfu/m<sup>3</sup> viittaavat kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen talviaikana. Jos samalla näytteen mikrobisuvusto on tavanomaisesta poikkeava, mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä.

Jos taajamassa sijaitsevan asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat talvi-aikana yli 500 cfu/m<sup>3</sup>, ne ovat kohonneita ja mikrobikasvustoon viittaavia.

Sisäilmanäytteen bakteeripitoisuuksien osalta aktinomyytti-itiöiden (sädesienet) esiintyminen yli 10 cfu/m<sup>3</sup> viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan.

Muuna kuin talvisaikaan otettuja näytteitä verrataan ulkoilmanäytteeseen. Yleensä ulkoilmapitoisuudet ovat suurempia kuin sisäilmapitoisuudet ja tulkinta perustuu tällöin lähes yksinomaan suvustojen vertailuun.

### **6.5.3 Koulut ja päiväkodit**

Koulujen ja päiväkotien osalta arviointi perustuu kansanterveyslaitoksen kouluja koskevaan tulkintaohjeeseen.

Sisäilmanäytteitä otetaan vähintään 12, joista tuloksia käsitellään kokonaisuutena tarkastellen pitoisuusjakaumaa ja mediaania.

Sieni-itiöpitoisuuksien tulkinta on kaksivaiheinen:

Tarkastellaan suuria pitoisuuksia, pitoisuudet yli 50 cfu/m<sup>3</sup>. Jos näitä pitoisuuksia on useita, on sieni-itiöpitoisuus koholla ja viittaa homevaurioon. Jokaisen 50 cfu/m<sup>3</sup> ja sitä suurempien pitoisuuksien syy on selvitettävä erikseen ja varmistuttava, onko syynä kosteusvaurio vai normaalilähteestä peräisin oleva pitoisuus.

Tarkastellaan pitoisuuksien mediaania. Vauriottomissa rakennuksissa mediaani on yleensä alle 12 cfu/m<sup>3</sup> ja vaurioituneissa yli 20 cfu/m<sup>3</sup>.

Mikäli jompikumpi näistä kriteereitä täyttyy, tulos viittaa homevaurioon.

Lisäksi tarkastellaan pienimpiä tuloksia. Vauriottomissa rakennuksissa on tavallista, että jopa 25 % tuloksista on "nollatuloksia", ne jäävät alle määritysrajan. Vauriorakennuksissa "nollatulosten" osuus on pieni tai niitä ei esiinny lainkaan.

Tulos on luotettavampi, jos kaikki edellä mainitut seikat täyttyvät.

Sisäilmanäytteen bakteeripitoisuuksia arvioidaan samoin kuin asunnoissa.

Monissa tapauksissa pelkkien sisäilmatulosten perusteella ei voi tehdä selvää johtopäätöstä vaurion olemassaolosta tai poissulkemisesta.

Tuloksia tulee tarkastella aina yhdessä rakennusteknisten selvitysten tulosten kanssa.

Puurakenteiset koulut ovat yleensä vanhoja rakennuksia, joissa on käytetty eristemateriaaleina luonnonmateriaaleja, mm. sahanpurua ja sammalta, joissa esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja. Nämä mikrobit voivat kulkeutua sisäilmaan nostaen taustapitoisuutta. Lisäksi jo rakennuksen voi kohottaa taustapitoisuutta. Kansanterveyslaitoksen tulkintaohjeen mukaan ilmanäytteitä ei suositella käytettäväksi puurakenteisten koulujen mikrobivaurion toteamiseen.

#### **6.5.4 Toimistot ja vastaavat**

Työterveyslaitoksen viitearvojen mukaan talviaikaisen ilmanäytteen homepitoisuus  $> 50$  cfu/m<sup>3</sup> on kohonnut sieni-itiöpitoisuus ja viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Bakteeripitoisuus  $> 600$  cfu/m<sup>3</sup> on kohonnut ja viittaa riittämättömään ilman-vaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Aktinobakteerien (sädesienet) osalta pitoisuus  $> 5$  cfu/m<sup>3</sup> on kohonnut pitoisuus ja viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.



## 7 KOKEELLINEN OSUUS

### 7.1 Yleistä

Työn kokeellisessa osuudessa on tutkittu sisäilman mikrobiologisen näytetulosten uusittavuutta ja toistettavuutta sekä tuloksia teoriaa hyväksikäyttäen ja arvioiden niitä asumisterveysohjeen ja kansanterveyslaitoksen ohjeen mukaisesti.

Toistettavuus, uusittavuus ja tulosten arviointi on tehty mikrosienten pitoisuuden perusteella. Arvioinnissa ei ole käytetty hyväksi mikrobien lajistoa.

Koe tehtiin ottamalla samasta rakennuksesta (päiväkoti) eri puolilta rakennusta kahdeksasta mittauspisteestä sisäilmanäytteet kahteen kertaan. Mittapisteet olivat normaaleja päiväkotitiloja lukuun ottamatta mittapistettä kahdeksan. Mittapiste kahdeksan oli siivouskomero, jonka lattiaan oli tehty n. ½ neliömetrin suuruinen aukko alapohjarakenteiden tarkastusta varten. Aukko oli näytteenoton aikana auki. Komeron ovi oli kiinni. Näytteenotolla mittapisteestä kahdeksan haluttiin selvittää epäillyn vauriorakenteen vaikutusta tuloksiin. Mittapisteen kahdeksan näytetuloksia ei otettu huomioon arvioitaessa tuloksia ohjearvoa vasten.

Ensimmäiset näytteet otettiin 15.12.2009 ja toiset 5.1.2010. Toisella näytekeralla jokaisesta näytepisteestä otettiin kahdet, peräkkäiset näytteet (näytepisteestä kahdeksan kolmet).

Eri näytekeralla otetuista näytetuloksista laskettiin uusittavuus ja peräkkäisistä näytteistä toistettavuus.

Tutkimuksen tavoitteena oli saada käsitys tavanomaisen kenttäolosuhteissa tehdyn sisäilman mikrobiinäytteen tulosten uusittavuuden ja toistettavuuden tasosta. Näytetulos sisältää näytteenoton ja analyysin. Samalla arvioitiin näytetuloksia kansanterveyslaitoksen /11/ tulkintasuosituksen mukaisesti.

### 7.2 Laitteisto ja materiaalit

- Andersen 6-vaihe impaktori
- Ilmapumppu
- Kello
- Lämpötila-kosteusmittari

- Muoviset kasvatusalustat: 2 % mallasuuteagar
- 70 % sprii ja nukkaantumattomia pyyheliinoja

### 7.3 Kokeen suoritus

Näytteet otettiin Imatran kaupungin alueella olevasta Meltolan päiväkodista, jossa henkilökunnan ja lasten oireilun aiheuttajaksi on epäilty kosteus- ja homevaurioita. Koska näkyvää kosteusvauriota tai homekasvustoa ei ole ollut havaittavissa, on asiaa päätetty selvittää sisäilman mikrobimittauksen avulla sekä rakennusteknisiä selvityksiä tekemällä.

Näytteet otettiin ensimmäisellä ja toisella näytteenotokerralla eri näytteenottajan toimesta. Kummallekin näytteenottajalla on pätevyys näytteenottoon.

Näytteenottovälineistö ja näytteiden keräysaika olivat samat.

Ensimmäisellä kerralla näytteet otettiin normaalin päiväkotitoiminnan aikana. Toisen näytteenotokerran aikana päiväkotia oli suljettu joulutauon vuoksi.

Kummallakin näytteenotokerralla ulkoiset olosuhteet olivat vakiintuneen talviset, eikä ulkoilmanäytettä tarvinnut ottaa.

Näytteet analysoitiin Nablabs Oy:n laboratoriossa Imatralla. Kuljetus laboratorioon oli välittömästi näytteenoton jälkeen. Laboratorio ei ole ilmoittanut analyysituloksissaan mittausepävarmuutta.

## 7.4 Mittaustulokset

Taulukossa kolme ja neljä on esitetty näytteenoton tulokset ja laskettu niistä näytestepitekohtaisesti toistettavuus ja eri näytteenotokertojen välinen uusittavuus.

Prosentteina ilmoitettu variaatiokerroin on laskettu keskihajonnan suhteesta näytetulosten keskiarvoon.

Lisäksi on laskettu toistettavuuksien ja variaatiokertoimien keskiarvot.

Toistettavuus on laskettu kaavalla 3, uusittavuus kaavalla 4.

Logaritmisoiduissa tuloksissa on nollan sijaan käytetty lähtöarvona arvoa yksi. Merkintä 0 (1).

Toistettavuusarvoista on laskettu variaatiokerroin. Variaatiokerroin on hajontaluku, joka suhteuttaa keskihajonnan aineiston keskiarvoon ja se on laskettu kaavalla

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (13)$$

Jossa

$s$  = keskihajonta

$\bar{x}$  = havaintojen keskiarvo

Toistettavuus ja uusittavuus sisältävät sekä näytteenoton että analyysin.

**Taulukko 3. Näytetulokset ja niistä laskettu toistettavuus. Sarakkeessa  $\log(y_i)$  on keskihajonta laskettu logaritmisoiduista tuloksista. Keskihajontojen keskiarvo oli 0,43. Toistettavuusarvoista laskettujen variaatiokertoimien keskiarvo oli 71 %**

Näytepi ste	5.1.2010 A $y_2$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 B $y_3$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 C $y_4$ (cfu/m <sub>3</sub> )	Toistettavuus keskihajonta $\log(y_i)$	Toistettavuuden variaatiokerroin
1.	7	26		0,40	35,66 %
2.	7	16		0,25	24,78 %
3	0 (1)	7		0,60	141,42 %
4.	19	5		0,41	41,46 %
5.	9	0 (1)		0,67	141,42 %
6.	2	0 (1)		0,21	141,42 %
7.	7	7		0	0,00 %

8.	35	1270	45	0,87	41,46 %
ka.				0,43	70,95 %

**Taulukko 4. Taulukko 4. Uusittavuus on laskettu erikseen näytetuloksista 15.12. ja 5.1. A ja 15.12. ja 5.1. B -tuloksista. Tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan, variaatiokerroin n. 45 %**

Näytepiste	15.12.09 $y_1$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 A $y_2$ (cfu/m <sub>3</sub> )	15.12.09 $y_1$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 B $y_3$ (cfu/m <sub>3</sub> )
1.	21	7	21	26
2.	18	7	18	16
3	15	0 (1)	15	7
4.	21	19	21	5
5.	35	9	35	0 (1)
6.	18	2	18	0 (1)
7.	27	7	27	7
8.	140	35	140	1270
Uusittavuus	0,48		0,60	
Variaatiokerroin	42,85 %		48,94	

**Taulukko 5. Näytetuloksista lasketut mediaani ja keskiarvo. Tuloksista poistettu näytepiste 8 (siivouskomero), joka ei kuvaa varsinaisen päiväkodin olosuhteita**

Näytepiste	15.12.09 $y_1$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 A $y_2$ (cfu/m <sub>3</sub> )	5.1.10 B $y_3$ (cfu/m <sub>3</sub> )
1.	21	7	26
2.	18	7	16
3	15	0	7
4.	21	19	5
5.	35	9	0
6.	18	2	0
7.	27	7	7
Med	21	7	7
Med	9		
ka	22,1	7,3	8,7

## **7.5 Tulosten tarkastelua**

### **7.5.1 Toistettavuus ja uusittavuus**

Toistettavuuden arvot vaihtelivat 0-0,67 ja vain yksi arvo alitti luotettavasti toimivalle menetelmälle annetun enimmäisarvon 0,10–0,15.

Uusittavuuden arvot olit 0,43 ja 0,54. Arvot ylittivät luotettavasti toimivalle menetelmälle annetun enimmäisarvon 0,20–0,25.

On kuitenkin huomattava, että luotettavasti toimiville menetelmille annetut ohjeelliset arvot on annettu laboratorioanalyysille, joten niitä ei sellaisenaan voi käyttää.

Variaatiokertoimen avulla arvioituna toistettavuus vaihteli 0-141 %:n välillä ja keskimääräinen variaatioprosentti oli 70 %.

Uusittavuuden variaatio oli n. 45 %.

Toistettavuuden lukuarvoa todennäköisesti nosti toisaalta se, että havainnot oli vain kaksi ja toisaalta tulosten lukuarvon pienuus.

Kun toistoja oli kolme, toistettavuuden variaatiokerroin oli n. 40 %, vaikka havaintojen arvoissa oli suuri vaihtelu. On ilmeistä, että toistettavuuden luotettava tutkiminen vaatisi pitempiä sarjoja.

Kun havaintoarvot olivat pieniä, toistettavuuden variaatiokerroin nousi yli sadan prosentin. Muutoin variaatiokerroin oli 25–40 %. Näyttää siltä, että havaintoarvojen ollessa pieniä näytteenottoon ja näytteiden laboratorioanalyysiin liittyvät sattumanvaraiset tekijät heikentävät toistettavuutta.

### **7.5.2 Tulosten vaihtelu**

Tarkasteltaessa näytetuloksia eri näytteenottokertojen perusteella, havaitaan että 15.12.2009 otettujen näytteiden mediaani- ja keskiarvopitoisuudet ovat kolminkertaiset 5.1.2010 otettuihin näytteisiin verrattuna. Näytteenottokerralla 15.12.2009 päiväkotitesti oli normaalisti toiminnassa ja näytteenottokerralla 5.1.2010 päiväkotitesti oli ollut joululomalla n. kaksi viikkoa. Tulos vahvistaa sitä tietoa, että normaalin toiminnan aikana pitoisuudet ovat korkeammat kuin muutoin.

Siivouskomerosta otettujen näytteiden mediaanipitoisuus oli 92,5 ja pitoisuuksien keskiarvo 372,5. Pitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin huonetiloista otettujen näytteiden pitoisuudet. Tulos on looginen ja vahvistaa alapohjarakenteessa olevan homevaurion aiheuttamaa vaikutusta.

Yksittäisten tulosten osalta nähdään myös suuri vaihtelu 5.1. siivouskomerosta otetuissa näytteissä (35, 1270, 45). Näytteet on otettu samalla tavalla, samasta paikasta peräkkäin. Keskimmäisen näytteen aikana pitoisuus on huomattavasti suurempi ja viittaa tarkastusaukon kautta juuri sillä hetkellä tulleeeseen mikrobipäästöön. Toisaalta kahden muun näytteen tulos yksittäin tarkastellen on normaalialueella.

### 7.5.3 Tulokset ja ohjearvot

Näytetulokset on arvioitu kansanterveyslaitoksen /11/ tulkintasuositusten mukaisesti. Kansanterveyslaitoksen tulkintasuositukset on annettu koulutiloille, mutta tässä on arvioitu niiden soveltuvan myös päiväkodeille. Päiväkotien ja koulujen toiminnat ovat hyvin samankaltaisia. Päiväkotitoiminnasta ei myöskään aiheutune suurempaa häiriötä näytteenotto-olosuhteille kuin koulutoiminnasta..

Asumisterveysoppaan /4/ tulkintaohjeet eivät sen sijaan sovellu suoraan koulu- tai päiväkotirakennuksille, koska näiden sisäilman mikrobipitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asunnoissa.

Tulosten arviointi kansanterveyslaitoksen tulkintaohjeen mukaan:

- Tuloksista on valittu arvioitavaksi 5.12.2009 tulokset
- Suuria pitoisuuksia yli 50 cfu/m<sup>3</sup> ei esiinny lainkaan
- Tulosten mediaani oli 21
- Nollatuloksia oli 3/21 eli 14 %

Näytteenotto 15.12.2009 tehtiin päiväkodin normaalin toiminnan aikana. Kansanterveyslaitoksen suosituksen mukaan näytteet otetaan koulupäivän aikana, jolloin näytteet edustavat parhaiten todellista altistumistilannetta /11, s. 25/.

Näytetuloksissa suuria pitoisuuksia yli 50 cfu/m<sup>3</sup> ei esiintynyt lainkaan, mutta mediaani oli suurempi kuin 20. Koska toinen kriteereistä (mediaani > 20) täyttyi, tulos viittaa homevaurioon.

Lisäksi nollatuloksia oli < 25 %, mikä vahvistaa epäilystä homevauriosta.

Ilmanäytteiden tuloksia on aina tarkasteltava yhdessä rakennusteknisten selvitysten kanssa, eikä ilmanäytteiden otto ole ensisijainen keino vaurioiden selvittämiseen.

Kansanterveyslaitoksen koulurakennusten kosteus- ja homevauriot -oppaan mukaan ilmanäytteitä ei suositella käytettäväksi puurakenteisen koulun mikrobivaurioiden toteamiseen. Suositus on annettu, koska puurakenteiset koulut ovat yleensä vanhoja, joissa on käytetty eristemateriaaleina luonnonmateriaaleja, mm. sahanpurua ja sammalta. Näissä esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja, jotka voivat vapautua sisäilmaan ja kohottaa taustapitoisuutta. Samoin rakennuksen ikä voi kohottaa taustapitoisuutta. Kohonneen taustapitoisuuden takia homevaurion vaikutusta ei voi todeta. Vaikka tässä tapauksessa on kyseessä puurakenteinen päiväkotiki, on tulosten arvio kuitenkin esitetty havainnollistamaan kuinka arvio tehdään. Toisaalta rakennus on noin kolmekymmentä vuotta vanha eikä siinä ole käytetty eristemateriaalina luonnonmateriaaleja. Tältä osin asia palautuu mittausmenettelyn suoritusvaihtoehtojen vertailuun ja valintaan.

#### **7.5.4 Johtopäätökset**

Andersen-keräimen toistettavuutta on pidetty hyvänä. Tässä havaittu vähäinen uusittavuus ja erityisesti toistettavuus vahvistavat sen, että sisäilman mikrobipitoisuus voi hyvinkin lyhyellä aikavälillä vaihdella suuresti. Toisaalta vaihteluun voi jossain määrin vaikuttaa myös havaintoarvojen pienuudesta johtuva sattuman korostuva vaikutus.

Samasta näytestä otettujen peräkkäisten näytteiden pitoisuudet voivat vaihdella suuresti.

Yksittäinen näytetulos ei kuvaa pitoisuustasoa luotettavasti, vaan näytteitä joudutaan ottamaan useita. Havainto tukee sekä asumisterveysoppaassa että kansanterveyslaitoksen koulurakennusten kosteus- ja homevauriot -oppaassa annettuja ohjeita, että tutkittavasta tilasta otettaisiin useita näytteitä.



## 8 YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa on käsitelty sisäilmamittausten laatuun vaikuttavia tekijöitä. Kokeellisessa osuudessa on tutkittu mikrobien sisäilmanäytteenoton uusittavuutta ja toistettavuutta.

Terveydensuojeluviranomaisilla on laajat valtuudet tarkastaa ja tutkia asuinhuoneistoja ja muita yleisessä käytössä olevia huoneistoja. Huoneistojen terveellisyyteen liittyvien tutkimusten perusteella viranomaiset voivat antaa korjausmääräyksiä ja jopa rajoittaa tai kieltää huoneistojen käytön terveydellisin perustein. Terveydensuojelulain nojalla annettu sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohje ja sitä täydentävä asumisterveysopas on tarkoitettu tarkastuksia tekevien viranhaltijoiden käsikirjaksi. Ohjeessa ja oppaassa esitetyt menetelmät ovat ensisijaisia menetelmiä, joita viranomaisen tai tälle tutkimuksia tekevän ulkopuolisen asiantuntijan edellytetään käyttävän tutkittaessa huoneistojen terveellisyyttä. Asumisterveysoppaassa on mittausten luotettavuuden varmistamiseksi tehtävät toimenpiteet on esitetty kunkin yksittäisen mittausohjeen yhteydessä. Toimet voivat koskea standardimenetelmien käyttämistä, kalibrointia, häiriötekijöidentunnistamista ja poistamista sekä mittausten kattavuutta. Puutteena voi pitää sitä, ettei mittausten luotettavuudelle ja siihen vaikuttaville tekijöille ole erillistä lukua. Lisäksi luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä on käsitelty epäyhteneväisesti. Erityisesti mittausepävarmuuden arviointi yleisesti ja eri mittausten osalta sekä mittausepävarmuuden vaikutus ohjearvojen tulkintaan kaipaisi lisää ohjeistusta. Mittausepävarmuutta käsitellään oppaassa vain rakennekosteuden mittauksen yhteydessä ja kemiallisten epäpuhtauksien mittaustulosten arvioinnin yhteydessä. Erityisesti mikrobiologisten tutkimusten osalta tulisi laatia ohjeet mittausepävarmuuden arvioinnille niin näytteenoton kuin analyysin osalle.

Kokeellisessa osassa tutkittiin sisäilman mikrobiologisen näytetulosten uusittavuutta ja toistettavuutta. Andersen-keräimen herkkyyttä ja toistettavuutta on pidetty hyvänä. Tässä tutkimuksessa näytetulosten uusittavuus ja toistettavuus oli vähäinen. Tulos vahvistaa sitä tietoa, että mikrobipitoisuudet voivat vaihdella voimakkaasti ja luotettavien tulosten saaminen edellyttää useita näytteenottokertoja. Tulosten tarkastelu ohjearvoja vastaan osoitti myös mittausmenettelyn kaikkien vaiheiden tarkastelun ennen mittaustapahtumaa. Muutoin voidaan joutua pohtimaan tulosten tarkasteluvaiheessa, oliko valittu suoritusvaihtoehto tarkoituksenmukainen.

Viranomaismittauksilta edellytetään luotettavuutta. Luotettavuutta voidaan lisätä suunnittelemalla mittaukset huolella, tekemällä ne vakiintuneiden menettelytapojen mukaisesti ja tulkitsemalla mittaustuloksia oikein. Tämän työn liitteenä on erikseen laadittu menettelytapaohje sisäilman mikrobinäytteenotolle, jossa mittausmenettely käydään vaihe vaiheelta läpi ja johon on koottu mittausepävarmuuden ja tulosten arviointi. Menettelytapaohje otetaan osaksi Imatran seudun ympäristötoimen laatukäsikirjaa.

## LÄHTEET

1. Andersen Ariel A. New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. *J Bacteriol.* 1958 November; 76(5): 471–484  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC290224/pdf/jbacter00507-0033.pdf> (luettu 10.2.2010)
2. Aumala, Olli 2006. Mittaustekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.
3. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
4. Asumisterveysopas 2009. Sosiaali- ja terveysministeriö.
5. Buttner Mark P. and Stetzenbach Linda D.: Monitoring Airborne Fungal Spores in an Experimental Indoor Environment To Evaluate Sampling Methods and the Effects of Human Activity on Air Sampling. *Applied and environmental microbiology*, Jan. 1993, p. 219-226.  
<http://www.aspergillus.org.uk/secure/articles/pdfs/buttman.pdf> (Luettu 13.2.2010)
6. EA-4/02. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration.1999.
7. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. JCGM 100:2008.
8. Hirvi Timo. Ympäristö ja terveys lehti, 8:2005
9. Karjalainen Leila. Tilastomatematiikka. Jyväskylä 2004.
10. Kenttä Emilia. Mittausepävarmuuden kahden lähestymistavan vertailu. Insinööriyö 30.04.2009.
11. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot, Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 2/2008.
12. Metrologiasta lyhyesti. MIKES. Espoo 2008.
13. Mikrobiologisten menetelmien validointi. Helsinki 1997
14. Niemelä, Seppo I. Mikrobiologisten kvantitatiivisten viljelymääritysten mittausepävarmuus. MIKES. Helsinki 2001.
15. Pohjoismainen Elintarvikkeiden Metodiikkakomitea. Laadunvarmistusohjeita mikrobiologisille laboratorioille. Raportti nro 5. 2. painos. 1994.
16. Scott James. Air sampling for microbes. University of Toronto.  
<http://www.utoronto.ca/ocmed/courses/CHL5918H/CHL5918-lecture-03.pdf> (luettu 10.2.2010)
17. SFS-standardi SFS 3700 Metrologia. Perus- ja yleistermien sanasto. 1998. 3. painos
18. SFS-standardi SFS 5511. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset. 1989.
19. SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025. Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset.
20. Vauhkonen, Marko 1998. Mittaustekniikka. Kuopion yliopisto.  
<http://physics.uku.fi/studies/kurssit/MIT/moniste/mite08-.pdf> (luettu 29.3.2009)
21. Weckström Thua (toim.) 2005. Lämpötilan mittaaminen. MIKES, Metrologia, J4/2005.

22. Whyte W, Green G, Albisu A. Collection efficiency and design of microbial air samplers. *Journal of Aerosol Science*. Volume 38, Issue 1, January 2007, Pages 97-110

[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V6B-4MHPBYB-1&\\_user=10&\\_coverDate=01%2F31%2F2007&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1205394983&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=ac0ef841262e29c989daa4860615c2ae](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V6B-4MHPBYB-1&_user=10&_coverDate=01%2F31%2F2007&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1205394983&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=ac0ef841262e29c989daa4860615c2ae) (luettu 13.2.2010)

**LIITE: MENETTELYTAPAOHJE, NÄYTTEENOTTO SISÄILMASTA  
ANDERSEN 6-VAIHEIMPAKTORI**

**IMATRAN SEUDUN YMPÄRISTÖTOIMI**

**MENETTELYTAPAOHJE**

**NÄYTTEENOTTO SISÄILMASTA ANDERSEN 6-VAIHEIMPAKTORI**

**JA TULOSTEN ARVIOINTI**

Ohjeen numero: NO-06  
Versio: 1.0  
Vastuhenkilö: Jorma Korttinen  
Päivämäärä: 1.4.2010

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>SOVELTAMISALA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NÄYTTEENOTON TARKOITUS JA TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>VIITTAUKSET</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>VÄLINEET</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>NÄYTTEENOTTOON VALMISTAUTUMINEN</b> .....	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>MITTAUSOLOSUHTEET</b> .....	<b>3</b>
	6.1 Vuodenaika .....	3
	6.2 Rakennuksen olosuhteet .....	3
<b>7</b>	<b>MITTAUKSEEN VALMISTAUTUMINEN</b> .....	<b>3</b>
	7.1 Mittalaitteiden kunnon tarkistus .....	3
	7.2 Kalibroinnin tarkastus .....	4
	7.3 Pikakalibrointi .....	4
<b>8</b>	<b>NÄYTTEENOTTO</b> .....	<b>4</b>
	8.1 Oleskeluvyöhyke.....	4
	8.2 Ulkoilmanäyte.....	4
	8.3 Vertailunäyte.....	4
	8.4 Kattavuus .....	4
	8.5 Näytteenotto Andersenin keräimellä.....	5
	8.6 Lämpötilan ja kosteuden mittaus .....	6
	8.7 Kirjaukset näytteenoton aikana .....	6
<b>9</b>	<b>NÄYTTEENOTON JÄLKEEN</b> .....	<b>6</b>
<b>10</b>	<b>MITTALAITTEIDEN KÄYTTÖOHJEET</b> .....	<b>7</b>
<b>11</b>	<b>TULOSTEN ARVIOINTI</b> .....	<b>7</b>
	11.1 Yleistä .....	7
	11.2 Asunnot .....	7
	11.3 Koulut ja päiväkodit.....	8
	11.4 Toimistot ja vastaavat.....	8
<b>12</b>	<b>MITTAUSEPÄVARMUUDEN ARVIOINTI</b> .....	<b>9</b>
	12.1 Yleistä .....	9
	12.2 Näytteenoton epävarmuustekijät.....	9
<b>13</b>	<b>NÄYTETULOSTEN RAPORTOINTI</b> .....	<b>10</b>
<b>14</b>	<b>TYÖSUOJELU</b> .....	<b>11</b>
<b>15</b>	<b>MUUTOKSET MENETTELYTAPAOHJEESEEN</b> .....	<b>12</b>
	<b>LIITE 1. KOSTEUSVAURIOTA INDIKOIVAT MIKROBIT</b> .....	<b>13</b>
	<b>LIITE 2. ESIMERKKI NÄYTETULOSTEN ARVIOINNISTA, KOULUT</b> .....	<b>15</b>
	<b>LIITE 3. TILAUSLOMAKE. NÄYTTEENOTON TILAUS LABORATORIOLTA.</b> .....	<b>16</b>
	<b>LIITE 4. NÄYTTEENOTTOPÖYTÄKIRJA</b> .....	<b>17</b>

## 1 Soveltamisala

Menetelmä soveltuu sisäilman näytteenottoon ja tulosten arviointiin arvioitaessa asuinhuoneiston sisäilman mikrobipitoisuutta asumisterveyden kannalta. Asuinhuoneella tarkoitetaan pysyvästi asuinkäyttöön suunniteltua ja rakennettua huonetilaa. Ohjearvoja ei voida soveltaa asunnon aputilojen, kellarin tms. sisäilman mikrobipitoisuuden terveellisyyden arviointiin.

Menetelmää voidaan käyttää myös koulujen, vanhain- ja päiväkotien, toimistojen sekä vastaavien tilojen sisäilman mikrobipitoisuuden tutkimiseen. Näiden osalta ohjearvot ja tulkinta on annettu erikseen.

Sisäilman mikrobinäytteenottoa ei suositella puurakenteisten koulujen mikrobivaurion toteamiseen. Puurakenteiset koulut ovat yleensä vanhoja rakennuksia, joissa on käytetty eristemateriaaleina luonnonmateriaaleja, mm. sahanpurua ja sammalta, joissa esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja, joita voi vapautua sisäilmaan, jolloin rakennuksen taustapitoisuus on tavallista suurempi. Myös rakennuksen ikä voi kohottaa taustapitoisuutta. Tällöin homevaurion vaikutus tulokseen voi olla niin pieni, ettei sitä voida todeta poikkeavana pitoisuutena ilmanäytteistä. Tästä syystä puurakenteisille kouluille ei ole voitu määrittää mikrobivaurioon viittaavaa pitoisuustasoa. Menetelmän käyttöön ja tulosten tulkintaa tulee suhtautua varauksella myös muussa käytössä olevien vanhojen, puurakenteisten rakennusten mikrobivaurion toteamiseksi.

Mikäli näytteenotto tilataan ulkopuoliselta asiantuntijalta (laboratorio), sovitaan näiden ohjeiden noudattamisesta. Näyte tilataan liitteen kolme mukaisella tilauslomakkeella.

## 2 Näytteenoton tarkoitus ja tehtävän määrittely

Terveysturvallisuuden tekemän tai teettämän sisäilman mikrobipitoisuuden näytteenoton tarkoituksena on selvittää, onko asuin- tai muun huoneiston sisäilman mikrobipitoisuudet ja suvusto tavanomaisia huoneiston sijaintiin, ikään, käyttötarkoitukseen ja vuodenaikaan nähden.

On huomattava, että annetut ohjearvot eivät ole terveysperusteisia (annosvaste -suhdetta ei ole), vaan tarkoituksena on selvittää, onko asuin- tai muun huoneiston sisäilman mikrobipitoisuudet ja suvusto tavanomaisia.

Tulosten perusteella voidaan arvioida rakennuksen mahdollista mikrobivauriota, joka on varmistettava lisätutkimuksilla.

Tehtävän määrittely tehdään valituksen alaisen huonetilan tarkastuksen perusteella. Tarkastus sisältää normaalisti aistinvaraista havainnointia ja käyttö-



jien haastatteluja. Mikäli tarkastuksen perusteella voidaan olettaa mikrobiologisia vaurioita, määritetään tarkoituksenmukaisin tutkimustapa.

Näytteenottotehtävää määriteltäessä on ratkaistava onko asian selvittämiseksi tarpeen ottaa sisäilmanäytteitä. Jos rakennuksessa on havaittava kosteusvaurio tai näkyvää mikrobikasvustoa, voidaan mikrobikasvusto varmentaa pintatai materiaalinäytteillä.

Sisäilman mikrobinäytteet ovat tarpeen vain, jos mikrobikasvu ei ole näkyvää tai vaurioita ei ole voitu paikallistaa kosteusvauriotutkimuksilla, mutta homeen haju tai asukkaiden ja käyttäjien oireilu viittaavat mikrobivaurioon.

### 3 Viittaukset

Menettelytapaohje perustuu seuraaviin ohjeisiin ja oppaisiin, joista saa täydentäviä tietoja:

1. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohje (Oppaita 2003:1)
2. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysopas, 3. painos, Pori 2009
3. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot, Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 2/2008
4. Salonen ym.: Homeet ja bakteerit homevaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa toimistoympäristöissä pääkaupunkiseudulla, Sisäilmastoseminaari 2008, SIY Raportti 26
5. Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja sisäympäristön ongelmien tunnistamisessa puhtaissa toimistotyöympäristöissä, päivitetty 8.9.2008 <http://www.ttl.fi/NR/rdonlyres/BE65DAFB-EE97-4790-88A1-D2539DF0A047/0/ViitearvojaYksitasoinenVersio5.pdf> (luettu 13.2.2010)

### 4 Välineet

1. Andersen-keräin
2. Ilmapumppu
3. Kasvualustat 6+1 kpl/ analyysi
4. Keräimen ja pumpun yhdysletku
5. 70% etanolia ja nukkaamattomia kertakäyttöpyyhkeitä
6. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittari
7. Ajastinkello
8. Mittauspöytäkirjalomakkeita ja laboratorion lähete
9. Muistiinpanovälineet



Kuva 1. Andersen-keräin ja pumppu

10. Tarvittaessa suojarusteet (hengityssuoja, silmäsuojat, kertakäyttöhaalari)

## 5 Näytteenottoon valmistautuminen

Näytteenottoon on varauduttava hyvissä ajoin. Mittausepävarmuuden ja näytteenoton edustavuuden kannalta:

1. Näytteenottaja perehtyy tarkoin rakennuksen perustietoihin.
2. Määritetään vuodenajan ja sääolojen suhteen sopiva näytteenottoajankohdasta.
3. Kiinteistön hoidosta vastaavan kanssa sovitaan, että rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihto ovat tavanomaiset.
4. Asukkaiden tai käyttäjien kanssa sovitaan, että rakennuksen olosuhteet eivät häiritse näytteenottoa, ks. kohta [Rakennuksen olosuhteet](#).

## 6 Mittausolosuhteet

### 6.1 Vuodenaika

Näyte otetaan yleensä talvisaikaan, jolloin maa on jäässä ja lumen peittämä.

Näyte voidaan ottaa erityisestä syystä myös muuna vuoden aikana kuin talvisaikaan.

### 6.2 Rakennuksen olosuhteet

Näyte otetaan olosuhteissa, jotka mahdollisimman hyvin edustavat rakennuksen normaalikäyttötilannetta.

On kuitenkin huomattava, että monet asumiseen tai huoneiston muuhun käyttöön liittyvät toiminnot voivat merkittävästi lisätä ilman mikrosienipitoisuutta.

Tämän takia välittömästi kahta tuntia ennen näytteenottoa ja näytteenoton aikana huoneistossa

- Ovet ja ikkunat on pidettävä kiinni
- Ei saa siivota
- Ei saa käsitellä elintarvikkeita, tekstiilejä tai polttopuita
- Ei saa pitää lemmikkieläimiä

Koulunäytteet otetaan koulupäivän aikana.

## 7 Mittaukseen valmistautuminen

### 7.1 Mittalaitteiden kunnan tarkistus

Ennen jokaista mittaustapahtumaa keräimen ja mittalaitteiden kunto tarkistetaan silmämääräisesti. Tarkistamiseen kuuluu myös paristojen tai akkujen varustilan tarkistaminen ja mahdollinen uusiminen tai lataus.

## 7.2 Kalibroinnin tarkastus

Mittareiden kalibroinnin voimassaolo tarkistetaan kalibroitodistuksesta.

## 7.3 Pikakalibrointi

Pikakalibrointi tehdään ennen jokaista näytteenottokertaa. Mittausta edeltävänä päivänä lämpötila-kosteus -mittari, lasilämpömittari ja toinen kosteusmittari jätetään tasalämpöisiin olosuhteisiin vakiintumaan ja tarkastetaan seuraavana päivänä lukemat. Mittaustulosten on oltava toleranssin sisällä.

## 8 Näytteenotto

### 8.1 Oleskeluvyöhyke

Näyte otetaan oleskeluvyöhykkeeltä, n. 1,5 metrin korkeudelta ja huoneen keskeltä.

### 8.2 Ulkoilmanäyte

Jos näyte otetaan muulloin kuin talvisaikaan, otetaan samalla ulkoilmanäyte. Talvisaikaan otettujen näytteiden yhteydessä ulkoilmanäyte otetaan, jos sääjakso on ollut leuto. Pakkasella ulkoilmannäytettä ei voi ottaa maljojen jääytymisen takia.

Näyte otetaan tutkittavan rakennuksen pihapiiristä vähintään viiden metrin päästä rakennuksesta. Sateella näyte voidaan ottaa katoksen tms. alta.

### 8.3 Vertailunäyte

Arvioinnin tukena voidaan käyttää vertailunäytteitä, jotka otetaan vauriottomassa rakennuksessa ja rakennuksen osassa.

Vertailurakennuksen on mahdollisimman tarkoin vastattava tutkittavaa kohdetta rakennustekniikalta, ilmanvaihdolta, iältä ja sijainnilta. Yleensä vertailunäyte otetaan saman rakennuksen eri huoneistosta (kerrostalot, rivitalot) tai saman rakennuksen vauriottomassa osassa (koulut, päiväkodit).

### 8.4 Kattavuus

#### Asuinhuoneistot:

Näyte otetaan huoneista, joissa epäillään mikrobihaittaa, vähintään kuitenkin kahdesta huoneesta.

Näytteenotto toistetaan vähintään 3 kertaa esim. viikon välein. Mikrobihaitan poissulkemiseen voidaan tarvita jopa 10 näytteenottokertaa.

#### Koulut, päiväkodit ja muut huoneistot:

Näytteet otetaan eri puolilta rakennusta. Jos vaurioepäilyt kohdistuvat tiettyyn osaan rakennusta, näytteenotto voidaan keskittää sinne.

Näytteitä otetaan rakennuksen laajuudesta riippuen useita, esim. koulusta vähintään 12, ja ne otetaan useina peräkkäisinä kertoina, esim. kolmena näytekertana jokaisena neljä näytettä (3 x 4) tai 3 x 5, 4 x 4, 4 x 5.

## 8.5

### Näytteenotto Andersenin keräimellä

- Puhdista keräin ennen jokaista näytteenottoa 70% etanolilla ja kuivaa huolellisesti nukkaamattomalla pyyhkeellä.
- Aseta keräin näytteenottopisteeseen 1,5 metrin korkeudelle. Yhdistä keräin ja pumppu imuletkulla työntämällä letku liittimen pohjaan saakka ja vetämällä sitä sitten takaisin niin paljon, että liittimen kiristysholkki tulee hieman ulos.

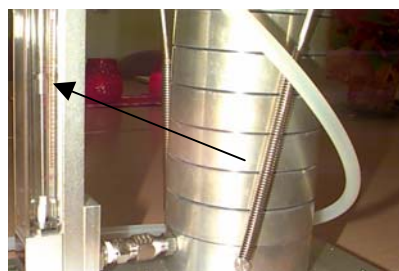


Kuva 2. Liitin pohjaan



Kuva 3. Kevyt ulosveto holkin kiristämiseksi

- Aseta agarmaljat keräimeen puhtain käsin. Kannet jätetään puhtaalle alustalle alassuin ja samalla niihin merkitään vastaavan suodintason numero, päivämäärä ja näytteen tunnus. Yksi maljoista jätetään avaamatta ja siihen merkitään sen olevan kontrollimalja.
- Poista keräimen suukappaleen suojatulppa.
- Aseta ajastinkelloon näytteenkeräysaika, normaalisti 15 minuuttia. Lyhyempää aikaa käytetään, jos on odotettavissa korkeita pitoisuuksia (sulan maan aika, pahat homevauriot) ja pidempää aikaa voidaan käyttää, jos pitoisuuksien epäillään jäävän kovin alhaisiksi. Käynnistä keräin ja ajastinkello yhtä aikaa. Säädä virtaama neulaventtiilin avulla siten, että rotametrin lukema on 26,5 l/min. Lukema luetaan uimurin yläpinnasta. Kyseinen virtausmittarin lukema vastaa arvoa 28,3 l/min mitattuna keräimen suukappaleesta. Mikäli säätö ei onnistu, tarkista imuletkun kiinnitysten ja keräimen suodintasojen tiiveys tai että olet poistanut suukappaleen muovisen suojatulpan.



Kuva 4. Rotametrin uimuri

- Näytteenoton aikana on vältettävä keräimen läheisyydessä, 0,5-1m oleskelua.
- Täytä näytteenottolomake ja laboratorion lähete.

## 8.6 Lämpötilan ja kosteuden mittaus

Huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mitataan näytteenoton yhteydessä.

Mittari on syytä ottaa esille heti mittauspaikalle mentyä, koska mittarin asettuminen vie useita minutteja varsinkin silloin kun se on tuotu kylmästä lämpimään. Mittaustulos luetaan näytteenoton lopussa.

Lämpötilan ja kosteuden mittaamisella varmistutaan, että näiltä osin näyteolosuhteet ovat normaalit.

## 8.7 Kirjaukset näytteenoton aikana

Näytteenottaja kirjaa muistiin keskeiset näytteenottoa koskevat tiedot liitteen neljä mukaiseen näytteenottopöytäkirjaan:

1. Näytteenottopaikka osoitetietoineen
2. Näytepisteet
3. Näytteenottaja
4. Näytteenoton päivämäärä ja kellonaika
5. Näytteenotto-olosuhteet huoneiston sisällä
  - a. Havainnot mahdollisista kosteus- ja homevaurioista
  - b. Ovatko lämmitys ja ilmanvaihto tavanomaisia ja keneltä tieto on saatu
  - c. Milloin huoneisto on viimeksi tuuletettu ja keneltä tieto on saatu
  - d. Näytteenoton aikana tilassa olleiden henkilöiden määrä
  - e. Näytteenottopäivänä ja näytteenoton aikana tapahtuneet toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa tulokseen
  - f. Huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus
6. Sää tiedot
  - a. Ulkolämpötila
  - b. Säävaihtelut kahden vuorokauden aikana ennen mittausta

Muistiinpanoihin liitetään pohjapiirros, johon merkitään näytteenottopisteet.

## 9 Näytteenoton jälkeen

- Aseta näytteenoton jälkeen suojatulppa paikoilleen, pura keräin ja aseta kannet maljojen päälle. Samaan näytteeseen kuuluvat maljat teipataan yhteen. Mikäli maljat joudutaan lähettämään postitse tai linjaautorahdina laboratorioon, lähetetään ne ylösalaisin käännettynä. Maljojen kanteen voi muutoin tiivistyä kosteutta, joka voi tippua agarin päälle.

Näytteet olisi hyvä saada laboratorioon saman päivän aikana. Välittömästi laboratorioon toimitettaessa maljat voivat olla oikein päin.

- Käytön jälkeen keräin ja suodatintasot tarkastetaan ja sumutetaan kunnolla 70% etanolilla. Tarvittaessa keräin pestään astianpesuaineella ja lämpimällä vedellä sekä huuhdellaan runsaalla kuumalla vedellä ja kuivataan.

## 10 Mittalaitteiden käyttöohjeet

Mittauksissa noudatetaan mittareiden omia käyttöohjeita.

## 11 Tulosten arviointi

### 11.1 Yleistä

Sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti, eikä tarkkojen ohjearvojen antaminen ole mahdollista.

Ohjearvot eivät ole terveysperusteisia (annos-vaste -suhdetta ei ole), vaan tarkoituksena on selvittää, onko asuin- tai muun huoneiston sisäilman mikrobipitoisuudet ja suvusto tavanomaisia.

Näytetulosta arvioidaan sekä mikrobipitoisuuden että mikrobisuvuston perusteella.

Luettelo tavanomaisista ja poikkeavista mikrobilajeista ja -suvostosta liitteessä yksi.

Tulkintaohjeet koskevat ainoastaan talvisaikaan otettuja ilmanäytteitä.

Muuna kuin talvisaikaan otettuja näytteitä verrataan ulkoilmanäytteeseen.

### 11.2 Asunnot

Asuntojen osalta tulosten tulkinta perustuu STM:n Asuterveysohjeeseen ja Asumisterveysoppaaseen.

Eri näytteiden tulokset tulkitaan yksitellen vertaamalla niitä tulkintaohjeisiin. Tämä tarkoittaa, että jos yksikin näytetulos on yli ohjearvojen, ei asuinhuoneiston sisäilman mikrobipitoisuutta ja suvustoa voi pitää tavanomaisena.

Taajamassa sijaitsevien asuntojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100 – 500 cfu/m<sup>3</sup> viittaavat kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen talviaikana.

Jos samalla näytteen mikrobisuvusto on tavanomaisesta poikkeava, mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä.

Jos taajamassa sijaitsevan asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat talvi-aikana yli  $500 \text{ cfu/m}^3$ , ne ovat kohonneita ja mikrobikasvustoon viittaavia.

Sisäilmanäytteen bakteeripitoisuuksien osalta aktinomyytti-itiöiden (sädesienet) esiintyminen yli  $10 \text{ cfu/m}^3$  viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja sisäilman aiheuttamaan terveystahintaan.

Muuna kuin talvisaikaan otettuja näytteitä verrataan ulkoilmanäytteeseen. Yleensä ulkoilmapitoisuudet ovat suurempia kuin sisäilmapitoisuudet ja tulkin-ta perustuu tällöin lähes yksinomaan suvustojen vertailuun.

### 11.3 Koulut ja päiväkodit

Koulujen ja päiväkotien osalta arviointi perustuu kansanterveyslaitoksen kou-luja koskevaan tulkintasuositukseen.

Sisäilmanäytteitä otetaan vähintään 12, joista tuloksia käsitellään kokonaisuutena tarkastellen pitoisuusjakamaa ja mediaania.

Sieni-itiöpitoisuuksien tulkinta on kaksivaiheinen:

1. Tarkastellaan suuria pitoisuuksia, yli  $50 \text{ cfu/m}^3$ . Jos näitä pitoisuuksia on useita, on sieni-itiöpitoisuus koholla ja viittaa homevaurioon.  
*Jokaisen  $50 \text{ cfu/m}^3$  ja sitä suurempien pitoisuuksien syy on selvitettävä erikseen ja varmistettava, onko syynä kosteusvaurio vai normaaliläh-teestä peräisin oleva pitoisuus.*
2. Tarkastellaan pitoisuuksien mediaania. Vauriottomissa rakennuksissa mediaani on yleensä alle  $12 \text{ cfu/m}^3$  ja vaurioituneissa yli  $20 \text{ cfu/m}^3$ .

Mikäli jompikumpi näistä kriteereitä täyttyy, tulos viittaa homevaurioon.

Lisäksi tarkastellaan pienimpiä tuloksia. Vauriottomissa rakennuksissa on ta-vallista, että jopa 25 % tuloksista on "nollatuloksia", jäävät alle määritysrajan. Vauriorakennuksissa "nollatulosten" osuus on pieni tai niitä ei esiinny lain-kaan.

Tulos on luotettavampi, jos kaikki edellä mainitut seikat täyttyvät.

Liitteessä kaksi on esimerkki tulosten arvioinnista.

Sisäilmanäytteen bakteeripitoisuuksia arvioidaan samoin kuin asunnoissa.

Monissa tapauksissa pelkkien sisäilmatulosten perusteella ei voi tehdä selvää johtopäätöstä vaurion olemassaolosta tai poissulkemisesta.

*Tuloksia tulee tarkastella aina yhdessä rakennusteknisten selvitysten tulosten kanssa.*

### 11.4 Toimistot ja vastaavat

Työterveyslaitoksen viitearvojen mukaan talviaikaisen ilmanäytteen homepitoisuus  $> 50 \text{ cfu/m}^3$  on kohonnut sieni-itiöpitoisuus ja viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Bakteeripitoisuus  $> 600 \text{ cfu/m}^3$  on kohonnut ja viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Aktinobakteerien (sädesienet) osalta pitoisuus  $> 5 \text{ cfu/m}^3$  on kohonnut pitoisuus ja viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Ei-vaurioituneissa toimistorakennuksissa 90 % homepitoisuuksista oli alle  $15 \text{ cfu/m}^3$  ja homevauriorakennuksissa 90 % pitoisuuksista oli alle  $210 \text{ cfu/m}^3$  (Salonen ym.)

## 12 Mittausepävarmuuden arviointi

### 12.1 Yleistä

Sisäilman mikrobipitoisuuden näytteenoton mittausepävarmuus voidaan jakaa näytteenottoon liittyvään epävarmuuteen ja viljelymääritysten epävarmuuteen.

Näytteet tutkiva laboratorio antaa viljelymääritysten epävarmuuden.

Näytteenottoon liittyvälle mittausepävarmuudelle ei voida luotettavasti määrittää numeerisesti esitettävää mittausepävarmuutta. Näytteenottoon liittyy monia epävarmuustekijöitä, jotka voidaan jakaa karkeisiin, systemaattisiin ja satunnaisiin virheisiin.

Karkeat virheet ovat yleensä helppo huomata ja ne voidaan välttää tai minimoida noudattamalla huolellisesti menettelytapaohjeita. Karkea virhe on esim. näytteen ottaminen väärissä olosuhteissa sekä agarmaljojen kontaminoituminen. Jos karkea virhe tapahtuu, jätetään näyte ottamatta tai otettu näyte hylätään.

Näytteenoton systemaattinen virhe voi liittyä keräimen väärään tilavuusvirtaan tai keräimen väärään käyttöön.

Satunnaisena virheenä voi pitää mikrobipitoisuuden voimakasta vaihtelua. Satunnaista virhettä voidaan pienentää ottamalla riittävästi näytteitä. Näytteenoton kattavuuden osalta katso kohta [8.3 Kattavuus](#).

### 12.2 Näytteenoton epävarmuustekijät

Karkeat virheet		
Epävarmuustekijä	Riskin aiheuttajat	Riskin minimointi
Näyte otetaan väärissä olosuhteissa.	Välittömästi kahta tuntia ennen näytteenottoa ja näytteenoton aikana huoneistossa <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ovet ja ikkunat ovat olleet auki</li> <li>- Huoneistossa on siivottu</li> </ul>	Näytteenotto paikan ohjeistus. Näytteitä ei oteta väärissä olosuhteissa.  Jos näyte on otettu väärissä olosuhteissa, se hy-



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Huoneistossa on käsitelty elintarvikkeita, tekstiilejä tai polttopuita</li> <li>- On ollut lemmikkieläimiä</li> </ul>	lätään.
Näytteen kuljetus	Agarmaljojen kuljetus alasuin epätasaisessa maastossa voi aiheuttaa kasvatusalustan irtoamisen ja näytteen pilaantumisen. Oikeinpäin pitkiä matkoja kuljetetut agarmaljat voivat kehittää kostetutta kanteen ja aiheuttaa "sadeilmion" jolloin näyte pilaantuu.	Huolellisuus ja tarkkuus. Pilaantuneet näytteet hylätään.  Jos näyte on pilaantunut kuljetuksen aikana, se hylätään.
Maljojen ja keräimen käsittely	Sormi tai muu epästeriili kosketus agariin tai muu likaava käsittely. Keräintä ei puhdisteta ennen näytteenottoa tai spriitä jää keräimeen. Maljoja ei numeroida.	Huolellisuus ja tarkkuus. Pilaantuneet näytteet hylätään.

<b>Systemaattiset virheet</b>		
<b>Epävarmuustekijä</b>	<b>Riskin aiheuttajat</b>	<b>Riskin minimointi</b>
Näytteen tilavuusvirta	Tilavuusvirta on väärä	Kalibrointi ja kalibrointitodistuksen tarkistaminen ennen jokaista näytteenottoa.

<b>Satunnaiset virheet</b>		
<b>Epävarmuustekijä</b>	<b>Riskin aiheuttajat</b>	<b>Riskin minimointi</b>
Mikrobipitoisuus	Mikrobipitoisuuden ajallinen vaihtelu	Näytteitä otetaan riittävästi.

### 13 Näytetulosten raportointi

Näytteenotosta ja tulosten arvioinnista laaditaan tarkastus- tai mittauspöytäkirja, johon merkitään tai jonka liitteenä olevassa laboratorioanalyysissä on:

1. Syy näytteenottoon
2. Näytteenottopaikka osoitetietoineen
3. Näytepisteet
4. Näytteenottaja
5. Näytteenoton päivämäärä ja kellonaika
6. Käytetyt keräys- ja analysointimenetelmä sekä selvitys niiden laadunvarmistuksesta

7. Näytteenotto-olosuhteet huoneiston sisällä
  - a. Ovatko lämmitys ja ilmanvaihto tavanomaisia ja keneltä tieto on saatu
  - b. Milloin huoneisto on viimeksi tuuletettu ja keneltä tieto on saatu
  - c. Näytteenoton aikana tilassa olleiden henkilöiden määrä
  - d. Näytteenottopäivänä ja näytteenoton aikana tapahtuneet toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa tulokseen
8. Säätiiedot
  - a. Ulkolämpötila
  - b. Säävaihtelut kahden vuorokauden aikana ennen mittausta
9. Näytetulos
10. Mittausepävarmuusarviointi
  - a. Esitetään arvioinnin perustekijät
  - b. Tulosten edustavuus ja kelvollisuus
11. Tuloksen arviointi
  - a. Onko mikrobipitoisuus ja -suvustu tavanomainen vai poikkeava
  - b. Viittaavatko tulokset mikrobikasvustoon rakennuksessa.
12. Mittauspöytäkirjasta vastaava
13. Allekirjoitus

Mittauspöytäkirjaan liitetään pohjapiirros, johon merkitään näytteenottopisteet.

## 14

### Työsuojelu

Sekä homeen käsittely että homepölyn hengittäminen voivat aiheuttaa yliherkkyyksireaktioita, allergisia silmätulehduksia, nuhaa ja astmaa sekä kudostoksia ja tulehdusreaktioita.

Yleensä näyte otetaan tiloista, joissa ei ole havaittavia homevaurioita, joten suojaautuminen ei ole tarpeen.

Mikäli näyte joudutaan ottamaan huoneistosta, jossa on laajoilla alueilla näkyvää homekasvustoa ja/ tai selvää homeen hajua, on hengityssuojaimen, silmäsuojien, suojahaalarin ja suojakäsineiden käyttö suositeltavaa. Missään tapauksessa homekasvustoa ei saa käsitellä paljain käsin.

Hengityssuojaimena käytetään P2/P3- luokan hengityssuojainta, mielellään puolinaamaria, jossa P3 luokan suodatin. Silmäsuojina käytetään suojalaseja. Suojavaatteena on hyvä käyttää kertakäyttöhaalaria, joka voidaan hävittää käytön jälkeen.

15

**Muutokset menettelytapaohjeeseen**

<b>Uusi versio</b>	<b>Vanha versio</b>	<b>Pvm.</b>	<b>Muutos</b>
1.0		1.5.2010	Ensimmäinen versio

## Liite 1. Kosteusvauriota indikoivat mikrobit

Lähde: (Asumisterveysohje, STM, Oppaita 2003:1, Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot, Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 2/2008)

Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä

Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä

Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä

*Cladosporium*  
*basidiomykeetit*  
*Penicillium*  
*Aspergillus*

*Penicillium*  
*Aspergillus*  
*Cladosporium*  
hiivat

*Alternaria*  
hiivat  
steriilit\*\*

*Acremonium*  
*Aspergillus fumigatus*\*  
*Aspergillus ochraceus*\*  
*Aspergillus penicilloides*/  
*A.restrictus*  
*Aspergillus sydowii*\*  
*Aspergillus terreus*\*  
*Aspergillus versicolor*\*  
*Chaetomium*\*  
*Eurotium*  
*Exophiala*  
*Fusarium*\*  
*Oidiodendron*  
*Geomyces*  
*Paecilomyces*\*  
*Phialophora*  
*Scopulariopsis*  
*Sporobolomyces*  
*Stachybotrys / Memnoniella*\*  
Sädesienet\*  
*Trichoderma*\*  
*Tritiracchium/ Engyodontium*  
*Ulocladium*  
*Wallemia*

\* mahdollisesti toksiineja tuottavia mikrobeja

\*\* pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvualustoilla muodosta itiöitä

Tulkintaohjeita:

1. Muiden kuin *Penicillium*-sienten esiintymistä valtasukuna voidaan pitää epätaivanomaisena.
2. *Cladosporium*in suuri määrä talvella sisäilmassa viittaa rakennuksen mikrobikasvustoon. (>10 cfu/m<sup>3</sup> talvisaikaan on epätavallinen, KTL)
3. *Stachybotrys*, *Fusarium* ja *Chaetomium* :yksittäistäkin pesäkehavaintoa voidaan pitää tavanomaisesta poikkeavana.
4. *Aspergillus versicolor*ia *Eurotium*ia, *Trichoderma*aa, *Stachybotrysta* ja *Wallemia*aa indikaattorimikrobeina on löydetty useimmin kosteus- ja homevaurioituneista tiloista (KTL)

5. *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium*, aktinomykeetit (sädesienet, pääosin *Streptomykeettejä*) voivat kulkeutua maatalousympäristöstä ja talleista asuntoihin. Kyse ei ole tällöin rakenteiden mikrobikasvusta.
6. Aktinomykeettejä voi vapautua multaisista juureksista.
7. *Trichoderma* voi vapautua polttopuista.

## Liite 2. Esimerkki näytetulosten arvioinnista, koulut

Lähde: Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot, Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 2/2008

Tila	Koulu 1 cfu/ m <sup>3</sup>	Koulu 2 cfu/ m <sup>3</sup>	Koulu 3 cfu/ m <sup>3</sup>	Koulu 4 cfu/ m <sup>3</sup>	Koulu 5 cfu/ m <sup>3</sup>
1	100	68	132	50	507
2	61	36	61	39	68
3	46	29	61	21	50
4	43	25	50	21	46
5	39	21	43	18	29
6	29	18	43	18	11
7	25	18	25	11	11
8	21	14	18	11	7
9	18	11	14	4	0
10	18	11	14	0	0
11	18	7	14	0	0
12	14	4	7	0	0
13	14	40			0
14	11	0			
15	11	0			
16	11	0			
17	7	0			
18	7	0			
mediaani	18	11	34	14,5	11

Koulu 1:

2 x > 50 cfu/ m<sup>3</sup>, mediaani ~ 20, 0 x 0 cfu/ m<sup>3</sup> → tulos viittaa homevaurioon

Koulu 2:

1 x > 50 cfu/ m<sup>3</sup>, mediaani < 12, 2 x 0 cfu/ m<sup>3</sup> → ei homevauriota; kohonneen pitoisuuden näytteenottopaikka tutkitaan kosteusvaurion varalta; jos ei vauriota kohonnut pitoisuus peräisin normaalilähteestä

Koulu 3:

4 x > 50 cfu/ m<sup>3</sup>, mediaani > 20, 0 x 0 cfu/ m<sup>3</sup> → tulos viittaa homevaurioon

Koulu 4:

1 x > 50 cfu/ m<sup>3</sup>, mediaani ~ 12, 3 x 0 cfu/ m<sup>3</sup> → ei selkeää viitettä homevauriosta

Koulu 5:

3 x > 50 cfu/ m<sup>3</sup>, mediaani < 12, 5 x 0 cfu/ m<sup>3</sup> → nollatulosten ja mediaanin perusteella ei homevauriota; kohonneet pitoisuudet samasta osasta rakennusta; jos ei kosteusvauriota löydy, lopullinen varmuus saadaan rakenteita avaamalla

**Näytteenotto sisäilmasta Andersenin 6-vaiheimpaktori**

Ohjeen numero: NO-06

Versio: 1.0

Vastuhenkilö: Jorma Korttinen

Päivämäärä: 28.4.2010

Sivu: 16

**LIITE 3. Tilauslomake. Näytteenoton tilaus laboratorioilta.**

<b>Tilauslomake. Sisäilmanäyte, Andersen 6-vaihe impaktori.</b>		
<b>Tilaaaja</b>	Imatran seudun ympäristötoimi	
<b>Vastuhenkilö</b>		
<b>Näytteet</b>	Mikrosienet <input type="checkbox"/>	Kokonaisbakteerit <input type="checkbox"/>
	Sädesienet <input type="checkbox"/>	Suvusto <input type="checkbox"/>
<b>Kohde</b>		
Osoite		
Yhteysthenkilö		
<b>Näytepisteet</b>	Pisteet on esitetty tarkemmin pohjapiirroksessa	
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
<b>Ulkoilmanäyte</b>	Kyllä:	Ei:
<b>Vertailunäyte</b>	Kyllä:	Ei:
<b>Näytepisteet:</b>	Pisteet on esitetty tarkemmin pohjapiirroksessa	
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
<b>Näytteenotossa huomioitavaa</b>		
<b>Liitteet</b>	Pohjapiirros, jossa näytepisteet <input type="checkbox"/> Muu, mikä:	
<b>Päiväys ja allekirjoitus</b>	Imatra	

#### LIITE 4. Näytteenottopöytäkirja

Näytteenottopöytäkirja. Sisäilmanäyte, Andersen 6-vaihe impaktori.					
<b>Tilaaaja</b>					
<b>Näytteet</b>	Mikrosienet <input type="checkbox"/>	Kokonaisbakteerit <input type="checkbox"/>			
	Sädesienet <input type="checkbox"/>	Suvusto <input type="checkbox"/>			
<b>Kasvualusta</b>					
<b>Kohde</b>					
<b>Näytteenottopäivä</b>					
<b>Näytteenottaja(t)</b>					
<b>Havainnot</b>	Näytteenottohetkellä. IV, tuuletus ja toiminnot myös kaksi tuntia sitä ennen.				
<b>Näytepisteet</b>	1	2	3	4	5
Näytteenottoaika, klo ja min					
Lämpötila					
Kosteus					
Ilmanvaihto, toiminnassa (T), suljettu (S)					
Lämmitys, normaali (N), ei (E)					
Tuuletus, kyllä/ ei					
Henkilöt, läsnä, lkm					
Eläimet, lkm					
Näkyvää homekasvua, kyllä/ ei					
Toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa tulokseen (siivous, elintarvikkeiden ja polttopuiden käsittely, yms.) tai muuta huomioitavaa					
<b>Ulkoilmanäyte</b>	Näytteenottoaikan kuvaus ja kellonaika:				
<b>Sää</b>	Lämpötila, C°	Suht. kosteus, %	Tuulista, kyllä/ ei	Pilvistä, kyllä/ ei	
	Maassa lunta, kyllä/ ei	Maa jäässä, kylä/ ei	Sataa lunta, kylä/ ei	Vesisade, kyllä/ ei	
<b>Sään vaihtelut 2 vrk aikana ennen näytteenottoa</b>					
<b>Liitteet</b>	Pohjapiirros, jossa näytepisteet <input type="checkbox"/> Muu, mikä:				
<b>Päiväys ja allekirjoitus</b>					