

Asumisterveysohje

*Asuntojen ja muiden oleskelutilojen
fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät*

*Valtuutussäännös: Terveysturvallisuuslaki (763/94) 32 §
Voimassa 1.5.2003–toistaiseksi*



ISBN 952-00-

ISSN 1236-116X

Graafinen suunnittelu ja toteutus: AT-Julkaisutoimisto Oy

Painopaikka:

JOHDANTO

Terveysuojelulaki (763/94) sisältää asunnontarkastusta koskevia tai siihen liittyviä säännöksiä luvuissa 7, 10, 12 ja 13. Niitä on myös terveydensuojeluasetuksen (1280/94) 5 luvussa. Terveysuojelulain 32 §:n nojalla sosiaali- ja terveysministeriö voi antaa tarkempia määräyksiä ja ohjeita fysikaalisista, kemiallisista ja biologisista tekijöistä asunnossa ja muussa oleskeluun tarkoitettussa tilassa.

Asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveydellisten olojen valvonta kuuluu kunnan terveydensuojeluviranomaisen tehtäviin. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi käyttää tämän julkaisun aineistoa apuna erityisesti asunnontarkastuksessa, joskin ohjeita ja mittausmenettelyjä voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden oleskelutilojen, kuten hoito- ja huoltolaitosten sekä oppilaitosten rakennusten terveydellisten olojen arviointiin. Ohje soveltuu myös rakennusten korjaajien, rakentajien ja kuntotutkijoiden käyttöön.

Terveysuojelulain 1 §:n nojalla terveyshaitalla tarkoitetaan esimerkiksi asuinympäristöstä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai terveyden häiriötä. Lain tarkoittamana terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista. Tällainen tilanne saattaa syntyä esimerkiksi silloin, kun ihminen asuu tai oleskelee asunnossa, jossa hän voi altistua mikrobikasvustosta peräisin oleville soluille tai niiden aineenvaihduntatuotteille.

Ohjeessa on mainittu kemiallisten ja mikrobiologisten epäpuhtauksien määrää tai fysikaalisia oloja kuvaavia lukuja, mutta ne eivät ole luonteeltaan sitovia. Nykykäsityksen mukaan terveyshaittaa ei yleensä aiheudu, kun mitatut olosuhteet asunnossa tai muussa oleskelutilassa ovat niiden mukaisia. Ohjearvoja sovellettaessa on kuitenkin otettava huomioon paikalliset olot ja mahdollisuuksien mukaan myös altistuneiden ihmisten yksilölliset erot. Ohjearvot, joista eri muuttujien mukaan käytetään vaihtelevia nimityksiä (tavoitearvo, enimmäispitoisuus jne.), perustuvat pääasiassa aikaisemmin terveydenhoitolain nojalla julkaistuihin suosituksiin, terveydensuojeluviranomaisten käytännön valvontatyössä hankkimaan kokemukseen, kansainvälisiin julkaisuihin sekä erityisesti mikrobiologisilta ohjearvoiltaan Kansanterveyslaitoksen laajoihin tutkimuksiin ja selvityk-

siin. Erillisiä perusteluja (kriteereitä) eri ohjearvojen numeerisille arvoille ei ole esitetty.

Ohjeessa on pyritty aina esittämään asuntojen ja muiden oleskelutilojen olosuhteita kuvaavien tekijöiden mittausten menetelmät sekä tulosten tulkinta. Standardisoitujen menetelmien käyttö on suositeltavinta, joskaan kaikissa tapauksissa se ei ole mahdollista. Ohjeen muut mittausten menetelmät ovat esimerkkejä luotettaviksi tiedetyistä menetelmistä. Eräissä tapauksissa, kuten mikrobien osalta, ohjearvot perustuvat vain tässä ohjeessa mainittuun mittausten menetelmään. Mittauksissa tulee yleensä aina pyrkiä käyttämään menetelmiä, jotka ovat luotettavia ja joiden käyttövarmuudesta on riittävästi kokemuksia.

Ympäristöministeriö on julkaissut rakennusteknisiä määräyksiä ja ohjeita, jotka on julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Niitä täydentävät ohjeet eivät ole velvoittavia. Muitakin kuin ohjeissa esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, mikäli ne täyttävät rakentamiseen sovellettavien määräysten vaatimukset. Tässä ohjeessa esitetyt asunnon ja muiden oleskelutilojen oloja koskevat terveydelliset ohjeet eivät ole ristiriidassa rakentamismääräysten kanssa. Koska rakentamismääräysten vaatimukset ja ohjearvot ohjaavat rakentamista ja rakentamisen suunnittelua ovat ne kuitenkin useissa tapauksissa asumisterveysohjeen ohjearvoja tiukempia.

Sosiaali- ja terveysministeriö pitää tärkeänä, että kuntien terveysvalvonta-, rakennusvalvonta- ja työsuojeluviranomaiset toimivat yhteistyössä asuntojen ja muiden oleskelutilojen, varsinkin kosteus- ja mikrobivaurioiden aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi sekä rakennusten korjaamisessa ja kunnostamisessa. Kunnan terveysvalvonta- ja ympäristöviranomaisen yhteistyö on tarpeen tilanteissa, kun ulkoiset tekijät, kuten ulkoilman epäpuhtaudet, maaperän tai pohjaveden pilaantuminen tai ulkomelu aiheuttavat asumisterveyden heikkenemistä.

Asumisterveysohje korvaa vuonna 1997 julkaistun sosiaali- ja terveysministeriön Sisäilmaohjeen (2/97). Asumisterveysohjetta on täydennetty erityisesti sisätilojen lämpötilan ja kosteuden mittaamisen osalta ja musiikkimelusta on annettu ohjearvoja. Myös lämpimän talousveden lämpötilavaatimukset on otettu ohjeeseen. Asumisterveysohje tulee voimaan 1.5.2003.

Helsingissä 31.12.2002

Risto Aurola

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|-----------|
| JOHDANTO | 3 |
| I FYSIKAALISET OLOT | 9 |
| 1 HUONEILMAN LÄMPÖTILA | 9 |
| 1.1 Lämpötilojen ja oleskeluvyöhykkeen määritelmät | 10 |
| 1.2 Lämpötilojen ohjearvot | 11 |
| 1.2.1 Lämpötilaindeksi | 11 |
| 1.3 Lämpötilan ja vedon mittaaminen | 14 |
| 1.3.1 Mittausten tekeminen | 14 |
| 1.3.2 Lämpötilamittausstandardit ja mittalaitteista | 15 |
| 2 HUONEILMAN JA RAKENTEIDEN KOSTEUS | 16 |
| 2.1 Huoneilman kosteus | 16 |
| 2.1.1 Huoneilman suhteellisen kosteuden mittaaminen | 17 |
| 2.2 Rakenteiden kosteus | 17 |
| 2.2.1 Rakennekosteuden arviointi | 18 |
| 2.2.1.1 Aistinvarainen havainnointi | 18 |
| 2.2.1.2 Sähköinen havainnointi | 18 |
| 2.2.1.3 Tulosten ilmoittaminen | 18 |
| 2.2.1.4 Havainnoinnin luotettavuus | 19 |
| 2.2.2 Rakennekosteuden suhteellisen kosteuden lyhytkestoinen mittaus | 19 |
| 2.2.2.1 Mittalaitteet | 20 |
| 2.2.2.2 Rakenteen suhteellisen kosteuden lyhytkestoinen mittaus | 20 |
| 2.2.2.3 Tulosten esittäminen, luotettavuus ja tulkinta | 20 |
| 3 ILMANVAIHTO | 21 |
| 3.1 Ilmanvaihdon tarve | 22 |
| 3.2 Ilmanvaihdon ohjearvo | 22 |
| 3.3 Ilmanvaihdon tutkiminen | 23 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1 | Toimintatarkastus | 24 |
| 3.3.2 | Poistoilmanvaihtojärjestelmän tarkastaminen | 25 |
| 3.3.3 | Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän tarkastaminen .. | 25 |
| 3.3.4 | Mittaukset | 26 |
| 4 | RADON | 27 |
| 4.1 | Radonin ohjearvo | 27 |
| 4.2 | Radonin vuosikeskiarvon määrittäminen | 28 |
| 4.2.1 | Yhtäjaksoinen mittaus (integroiva) | 28 |
| 4.2.2 | Yhtäjaksoisen mittauksen tulosten tulkinta | 29 |
| 4.2.3 | Muita radonin mittausmenetelmiä | 29 |
| 4.3 | Radontilanteen selvittäminen | 30 |
| 4.4 | Sisäilman radonpitoisuuden alentaminen | 30 |
| 5 | MELU | 31 |
| 5.1 | Asuntojen ja muiden oleskelutilojen melutason ohjearvot... | 33 |
| 5.2 | Kuulovaurioriskin aiheuttava melu | 34 |
| 5.3 | Pieni eli matalataajuinen melu | 36 |
| 5.4 | Asuntoihin kuuluva musiikkimelu | 36 |
| 5.5 | Ohjearvojen soveltaminen ajallisesti vaihtelevalle melulle | 37 |
| 5.6 | Melun mittaaminen | 38 |
| 5.6.1 | Mittauslaitteet | 38 |
| 5.6.2 | Mittausten aikaisista oloista | 39 |
| 5.6.3 | Mittauspaikan valinta | 40 |
| 5.6.4 | Melun syyn selvittäminen | 40 |
| 5.6.5 | Mittaustulosten korjaukset | 41 |
| 5.6.5.1 | Impulssimaisuuskorjaus | 41 |
| 5.6.5.2 | Kapeakaistaisuuskorjaus | 43 |
| 5.6.5.3 | Impulssimaista sekä kapeakaistaista melua sisältävän melun korjaus | 44 |
| 5.6.5.4 | Useasta erilaisesta melusta koostuvan melun kokonaistaso | 44 |
| 5.7 | Mittaustulosten luotettavuuden arvioinnista | 45 |
| Liite 1 | Äänet, jotka eivät yleensä ole terveydensuojelulain tarkoittamaa melua | 46 |
| Liite 2 | Melutorjunnan käsitteitä | 47 |

| | |
|--|-----------|
| II KEMIALLISET EPÄPUHTAUDET, HIUKKASET JA KUIDUT | 56 |
| 6 KEMIALLISTEN EPÄPUHTAUKSIEN, HIUKKASTEN JA KUITUJEN OHJEARVOT | 57 |
| 6.1 Epäpuhtauksien mittaaminen | 57 |
| 6.1.1 Mittausmenetelmät ja -olosuhteet | 57 |
| 6.1.2 Ilmanäytteen ottaminen ja kirjaaminen | 58 |
| 6.1.3 Mittaustuloksen vertaaminen ohjearvoon | 59 |
| 6.2 Ammoniakki | 59 |
| 6.2.1 Ammoniakin ohjearvo ja tutkiminen | 59 |
| 6.2.2 Ammoniakin mittaussmenetelmät | 60 |
| 6.3 Asbesti | 60 |
| 6.3.1 Asbestin ohjearvo ja tutkiminen | 61 |
| 6.3.2 Asbestin mittaussmenetelmät | 61 |
| 6.4 Formaldehydi | 62 |
| 6.4.1 Formaldehydin ohjearvo ja tutkiminen | 62 |
| 6.4.2 Formaldehydin mittaussmenetelmät | 62 |
| 6.5 Hiilidioksidi | 63 |
| 6.5.1 Hiilidioksidin ohjearvo ja tutkiminen | 63 |
| 6.5.2 Hiilidioksidin mittaussmenetelmät | 63 |
| 6.6 Hiilimonoksidi eli häkä..... | 64 |
| 6.6.1 Hiilimonoksidin ohjearvo ja tutkiminen..... | 64 |
| 6.6.2 Hiilimonoksidin tutkimussmenetelmät | 64 |
| 6.7 Styreeni | 65 |
| 6.7.1 Styreenin ohjearvo ja tutkiminen | 65 |
| 6.7.2 Styreenin tutkimussmenetelmät | 65 |
| 6.8 Sisäilman hiukkaset | 66 |
| 6.8.1 Hiukkasten ohjearvo ja tutkiminen | 67 |
| 6.8.2 Hiukkasten tutkimussmenetelmät | 67 |
| 6.9 Tupakansavu | 68 |
| 6.9.1 Tupakansavun tutkiminen ja ohjearvo | 68 |
| 6.9.2 Tupakansavun tutkimussmenetelmät | 69 |
| 6.10 Epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen poistaminen | 70 |

| | |
|---|-----------|
| III MIKROBIOLOGISET OLOT | 71 |
| 7 MIKROBIKASVUSTO | 71 |
| 7.1 Terveyshaitan toteaminen | 72 |
| 7.2 Mikrobin pitoisuuksien määrittäminen | 73 |
| 7.2.1 Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteet | 73 |
| 7.2.2 Ilmanäytteet | 74 |
| 7.3 Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteiden tulosten tulkinta | 75 |
| 7.3.1 Pintanäyte | 75 |
| 7.3.2 Rakennusmateriaalinäyte | 76 |
| 7.4 Ilmanäytteen tulosten tulkinta (impaktori) | 76 |
| 7.5 Mikrobilajeista | 77 |
| 7.6 Mikrobin aiheuttaman terveyshaitan poistaminen | 79 |
| Liite 3 Mikrobin näytteenottoa ja näytteiden käsittelyohjeet | 80 |
| Liite 4 Kasvualustat, laimennosvesiohje, 6-vaiheimpaktorin korjaustaulukko | 84 |
| 8 VESIJOHTOVEDEN LÄMPÖTILA | 87 |
| 9 MITTAUSTULOSTEN ILMOITTAMINEN | 88 |

I FYSIKAALISET OLOT

Asunnon ja muiden oleskelutilojen terveellisyyteen vaikuttavat sekä kemialliset epäpuhtaudet että fysikaaliset olot. Fysikaalisiin oloihin kuuluvat muun muassa sisäilman lämpötila ja kosteus, melu (ääniolosuhteet), ilmanvaihto (ilman laatu), säteily ja valaistusolosuhteet. Esimerkiksi eräiden rakennusmateriaalien sisältämien kemiallisten aineiden päästöt sisäilmaan riippuvat voimakkaasti sisäilman lämpötilasta ja kosteudesta. Epäpuhtauksien pitoisuus sisäilmassa riippuu myös ilmanvaihdon toiminnasta ja sen tehokkuudesta.

Jos huoneilman lämpötila on liian korkea, ilma on kosteaa tai ilmanvaihto on liiallista eli aiheuttaa vetoa, voi näistä seikoista sellaisenaan aiheutua ihmisille oireilua ja terveyshaittaa tai ne voivat saada heidät kokemaan asunto-olonsa epäviihtyisiksi. Toisaalta toistaiseksi ei tunneta kaikkien sisäilman fysikaalisten ominaisuuksien vaikutuksia ihmisen terveyteen. Jäljempänä asunnon eri fysikaalisille tekijöille esitetyt suositukset ja ohjearvot perustuvat terveysvalvonnassa vakiintuneeseen käytäntöön ja alan kansainväliseen tutkimukseen.

I HUONEILMAN LÄMPÖTILA

Ihmisen kokemaan lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä vaatetus ja ihmisen toiminnan laatu.

Lämpöolot vaikuttavat suoraan viihtyvyyteen. Pitkäaikainen veto ja viileys saattavat aiheuttaa terveyshaittaa. Jos ilman sisältämä kosteus tiivistyy pistemäisestikin rakenteiden kylmään pintaan kosteusvaurioiden mahdollisuus lisääntyy. Kylmät pesu- ja saunatilat vähentävät asumisviihtyvyyttä, lisäävät rakenteiden kosteusrasitusta ja saattavat aiheuttaa kosteusvaurion ja sen seurauksena mikrobikasvuston syntymisen.

Lattian alhainen pintalämpötila voi olla lapsille ja aikuisillekin haitallinen. Haitan suuruus riippuu vaatetuksesta, lattiamateriaalin lämmönjohtavuudesta, kylmistä lattian suuntaisista ilmavirtauksista ja oleskeluajasta.

Seinä- ja kattopintojen viileys ei yleensä aiheuta terveyshaittaa, jos jäljempänä ilmoitetut lämpötilojen välttävän tason arvot eivät alitu. Suuret lämpötilaerot laajoilla seinäpinnoilla voivat kuitenkin aiheuttaa lämpösäteilyn epäsymmetrisyyttä. Tämä puolestaan johtaa viihtyvyyden vähenemiseen, ja pitkään jatkuessaan siitä voi myös aiheutua terveyshaittaa asunnossa oleskeleville.

Jos huoneilma on lämmityskaudella liian lämmintä, se voi lisätä väsymistä, keskittymiskyvyn alenemista, hengitystieoireilua ja aiheuttaa kuivisuuden tunnetta, mikä johtaa usein turhaan ilmankostutukseen. Liian korkea lämpötila voi myös kiihdyttää kaasumaisten epäpuhtauksien vapautumista lähteistään

1.1 LÄMPÖTILOJEN JA OLESKELUVYÖHYKKEEN MÄÄRITELMÄT

Huoneilman lämpötila:

*Ilman lämpötila mitattuna mistä tahansa oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 m:n korkeudelta**

Operatiivinen lämpötila:

Operatiivisella lämpötilalla tarkoitetaan huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen säteilylämpötilojen keskiarvoa. Operatiivinen lämpötila kuvastaa huoneilman lämpötilasta poikkeavien pintalämpötilojen vaikutusta ihmisen lämmöntunteeseen.

Operatiivinen lämpötila voi poiketa huomattavasti huoneilman lämpötilasta esimerkiksi huoneissa, joissa on suuria ikkunoita tai joiden alla on lämmittämättömiä ilmatiloja.

Oleskeluvyöhyke

Huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista.

* Mittaus voidaan suorittaa oleskeluvyöhykkeeltä muualtakin kuin huoneen keskeltä ottaen huomioon terveyshaitan aiheuttava alue

1.2 LÄMPÖTILOJEN OHJEARVOT

Taulukossa 1 on esitetty huoneilojen ja huoneilman ohjearvot. Ohjearvot perustuvat mittaolosuhteisiin, joissa ulkoilman lämpötila on -5 °C ja sisäilman lämpötila 21 °C . Mikäli mittaolosuhteet poikkeavat vertailuolosuhteista (-5 °C , 21 °C), voidaan mitattuja pintalämpötiloja verrata ohjearvoihin jäljempänä esitetyllä tavalla lämpötilaindeksiä käyttäen.

Taulukon 1 huoneilman lämpötilojen ohjearvot on jaettu kahteen ryhmään: Lämpötilojen välttävään ja hyvään tasoon. Arvot koskevat lämpötiloja, jotka mitataan huoneen oleskeluvyöhykkeellä. Muilla oleskelutiloilla tarkoitetaan tässä yhteydessä palvelutaloja, päiväkoteja ja kouluja. Taulukon 1 ohjearvoja voidaan käyttää soveltuvin osin esimerkiksi koontumishuoneistojen ja muiden vastaavien oleskelutilojen, kuten terveyskeskusten ja vastaavien odotustilojen, lämpötilaolojen arviointiin.

Ohjearvojen **hyvä** taso vastaa pääosin uudisrakentamiselle asetettuja, rakentamismääräyskokoelman mukaisia vähimmäisvaatimuksia. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen kunnossapidossa ja käytössä tulee pyrkiä vähintään tähän tasoon. Ohjearvojen **välttävän** tason alittuminen voi aiheuttaa terveyshaittaa.

1.2.1 LÄMPÖTILAINDEKSI

Lämpötilaindeksillä voidaan arvioida rakennuksen vaipan lämpötekniistä toimivuutta. Seinän ja lattian pintalämpötiloja voidaan arvioida lämpötilaindeksiä käyttämällä silloin, kun lämpötilojen mittauksia ei voida tehdä $-5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$:n ulkolämpötilassa, ts. jos ulkolämpötila on alle -5 °C tai yli -5 °C (maks. $+5\text{ °C}$) mittaustoleranssi huomioon ottaen.

Lämpötilaindeksi määritellään seuraavasti:

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100 \text{ [%]}$$

TI = lämpötilaindeksi

T_{sp} = sisäpinnan lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_i = sisäilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_o = ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

Lämpötilaindeksin laskemiseksi on määritettävä huoneilman lämpötila, ulkoilman lämpötila ja sisäpinnan (seinä tai lattia) lämpötila.

Seinän välttävän tason lämpötilaindeksi on ≥ 81 % ja hyvän tason lämpötilaindeksi on ≥ 87 %. Vastaavasti lattian välttävän tason lämpötilaindeksi on ≥ 87 % ja hyvän tason lämpötilaindeksi on ≥ 97 %. Seinän ja ulkovaipan liitoskohtien sekä läpivientien pistemäistä lämpötilaa kuvaava välttävän tason lämpötilaindeksi on ≥ 61 % ja hyvän tason ≥ 65 %.

Sijoittamalla mitatut suureet edellä mainittuun kaavaan ja ratkaisemalla siitä lämpötilaindeksi, voidaan seinän lämpöteknillinen kunto arvioida lämpöviihtyvyyden ja terveyshaitan kannalta.

Pintalämpötilat on mitattava riittävästi vakiiintuneissa oloissa. Aurin-
gonpaiste ja ulkolämpötilan suuret vaihtelut ennen mittaustilannetta aiheuttavat mittaustulokseen epävarmuutta. Raskaiden rakenteiden (betoni, tiili jne.) pintalämpötilat muuttuvat hitaammin kun kevyiden rakenteiden pintalämpötilat. Jos aurinko on paistanut ennen mittauksia yli 2 h suoraan mitattavaan seinään, mittausta on vältettävä ja pyrittävä mittaamaan rakennuksen pohjoispuolen tai varjon puoleinen seinä tai uudistettava mittaustulos sopivissa olosuhteissa. Jos ulkoilman lämpötila on mittaushetkeä edeltävän vuorokauden aikana vaihdellut mittaushetkellä vallitsevaan lämpötilaan verrattuna enemmän kuin ± 5 °C, mittaustulos on kevyiden rakenteiden osalta epävarma ja mittaus tulee toistaa. Raskaita kiviseinärakenteita mitattaessa ulkoilman lämpötilan vaihtelu ennen mittausta ei saa ylittää ± 5 °C:ta kahden edeltävän vuorokauden aikana mittaushetkellä vallitsevaan ulkolämpötilaan verrattuna. Myös sisälämpötilan on pitänyt olla mahdollisimman vakiona ennen mittausten suorittamista. Tarvittaessa tulee mahdollisuuksien mukaan seurata pinta- ja sisäilman lämpötiloja sekä ulkolämpötilaa jatkuvatoimisella tietojenkeruulaitteella 2 – 5 päivän ajan.

Jos lämpötilaindeksi alittaa selvästi taulukossa 1 esitetyn välttävän tason arvon, on syytä tarkistaa tilan painesuhteet ulkoilmaan verrattuna ja merkkisavuilla ja/tai ilman virtausmittarilla pyrkiä paikallistamaan mahdollinen rakenteissa esiintyvä ilmavuoto.

Matalat pintalämpötilat johtuvat eristevirheistä, rakenteellisista kylmäsilloista, höyrynsulun puutteista ja ilmavuodoista sekä niiden yhdistelmistä. Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän toiminta vaikuttaa myös pintalämpötiloihin.

Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys voidaan tarvittaessa mitata painekokeella, jossa tutkittavaan tilaan aiheutetaan 50 Pa alipaine. Alipaineen ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä jaetaan tutkittavan tilan ilmatilavuudella. Näin saatu ilmavuotoluvun arvo n_{50} [1/h], vaihtoa tunnissa, kuvaa ulkovaipan tiivyyttä.

TAULUKKO 1.

LÄMPÖTILOJEN LÄMPÖTILAINDEKSIEN / ILMAN VIRTAAUSNOPEUDEN OHJEELLISIA ARVOJA

| Asunto ja muu oleskelutila | välttävä taso | TI | hyvä taso | TI |
|---|------------------|----|-------------|----|
| Huoneilman lämpötila (°C) ¹⁾ | 18 ¹⁾ | | 21 | |
| Operatiivinen lämpötila (°C) | 18 ²⁾ | | 20 | |
| Seinän lämpötila (°C) ³⁾ | 16 | 81 | 18 | 87 |
| Lattian lämpötila (°C) ³⁾ | 18 | 87 | 20 | 97 |
| Pistemäinen pintalämpötila (°C) | 11 ⁴⁾ | 61 | 12 | 65 |
| Ilman virtausnopeus ⁵⁾ | vetokäyrä 3 | | Vetokäyrä 2 | |

- 1) Huoneilman lämpötila ei saa kohota yli 26 °C, ellei lämpötilan kohoaminen johdu ulkoilman lämpimyydestä. Lämmityskaudella huoneilman lämpötilan ei tulisi ylittää arvoa 23 – 24 °C.
- 2) Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan ja operatiivisen lämpötilan välttävä taso on 20 °C sekä lattian pintalämpötilan välttävä taso 19 °C.
- 3) Keskiarvo standardin SFS 5511 mukaan määriteltynä kun ulkoilman lämpötila on – 5 °C ja sisäilman lämpötila + 21 °C. Mikäli mittausolosuhteet poikkeavat vertailuolosuhteista, käytetään lämpötilaindeksillä laskettua vastaavaa pintalämpötilaa.
- 4) Lämpötilaindeksiä 61 % vastaava pintalämpötila. Lämpötilaindeksi on laskettu lämpötilaindeksin laskentakaavan mukaan vastaamaan 9 °C pintalämpötilaa (huoneilman lämpötilaa 21 °C ja suhteellista kosteutta 45 % vastaava kastepistelämpötila) kun ulkoilman lämpötila on – 10 °C ja sisäilman lämpötila 21 °C. Ikkunan, seinänurkkien ja putkien läpiviennin alin hyväksyttävä pintalämpötila.
- 5) Ilman virtausnopeuden enimmäisarvo, joka määräytyy standardin SFS 5511 kuvan 7 vetokäyristä.

1.3 LÄMPÖTILAN JA VEDON MITTAAMINEN

Lämpötila on aiheellista mitata silloin, kun mahdollinen haitta voidaan todeta riittävällä varmuudella. Mittaus tulisi tehdä kylmänä vuodenaikana (ulkolämpötila alle -5 °C ja/tai tuulisella säällä (tuulen nopeus yli $5 - 10\text{ m/s}$). Vedon mittaus pitäisi tehdä tuulisella säällä ja mahdollisuuksien mukaan sellaisen tuulen vallitessa, jolloin vedon esiintyminen on todennäköistä. Mittauksia ei tule kuitenkaan tehdä vuodenaikaan ja paikkakunnan sijainti huomioonottaen poikkeuksellisen kylmänä tai tuulisena aikana (esimerkiksi Etelä-Suomessa mittauksia tulee välttää alle -26 °C ulkolämpötilassa).

Asunnon lämmityksen ja ilmanvaihdon on oltava samanlaiset kuin tavanomaisessa käyttötilanteessa. Ennen mittauksia on varmistettava, että sisälämpötila on ollut riittävän tasainen ja että pintalämpötilamittauksia tehtäessä on otettu huomioon mahdolliset ulkolämpötilan vaihtelut. Ikkunatuuletusta tulee välttää vähintään $4 - 6$ tuntia ennen mittauksia ja eikä tuuletusta saa lainkaan mittauksen aikana. Henkilöiden lukumäärä mittauksissa on kirjattava mittauspöytäkirjaan.

Mittalaitteiden on oltava kalibroituja (kalibroinnin tulee olla voimassa) ja mittalaitteen tyyppi- ja kalibroitietiedot merkitään mittauspöytäkirjaan. Elektronisten mittalaitteiden toiminta on tarkistettava jokaisen mittauksen alussa mittausvirheiden välttämiseksi.

1.3.1 MITTAUSTEN TEKEMINEN

Ennen mittauksia asuinrakennuksesta tarkastetaan huoneet, joissa lämpötilojen oletetaan alittavan ohjearvot. Jos mittauksen tarkoituksena on rivi- ja kerrostalossa saada yleiskuva kiinteistön lämpöoloista, vertailumittauksia tulisi tehdä vähintään kahdessa muussa satunnaisesti valitussa huoneistossa. Rivitaloissa tulisi lisäksi mitata päätyhuoneistot ja kerrostaloissa ylimmän kerroksen päätyhuoneistot. Asunnon lämpötilat mitataan kahdessa vaiheessa.

I VAIHE

Huoneilman lämpötila mitataan ja samalla havainnoidaan ilman virtauksia merkkisavun avulla. Jos huoneilman lämpötila on vähintään 20 °C ja

savukokeet eivät osoita vetoisia kohtia huoneessa, lämpötilamittauksia ei tarvitse jatkaa.

Jos lämpötila on alle 18 °C tai savukokeet osoittavat huoneessa esiintyvän ilmeistä vetoa, terveydensuojeluviranomainen voi tulosten perusteella edellyttää, että asunnossa tehdään korjauksia. Vastaavasti liian korkeat lämpötilat tulee havainnoida ja tarvittaessa vaatia niiden alentamista.

II VAIHE

Jos huoneilman lämpötila on 18–20 °C tai savukokeet antavat aiheen epäillä huoneessa esiintyvän vetoa, operatiivinen lämpötila ja ilman nopeus mitataan. Seinän ja lattian pintalämpötilat mitataan, jos operatiivinen lämpötila on alle 18 °C tai jos huoneilman lämpötila ylittää operatiivisen lämpötilan enemmän kuin 3 °C:lla.

II vaiheen mittaukset saattavat tulla kysymykseen myös silloin, kun huoneen sijainti tai muoto ovat tavanomaisesta poikkeavia tai jos huoneessa on suuria kylmiä pintoja, kuten huonosti lämpöä eristäviä ikkunoita (kaksilasinen perinteinen ikkuna) tai tuuletettu alapohja. Myös silloin, kun johtopäätökset huoneen lämpöoloista on tehty I vaiheen mittausten perusteella ja valituksen asunnon kylmyydestä edelleen jatkuvat, lämpötilat on aiheellista mitata II vaiheen mukaisesti.

1.3.2 LÄMPÖTILAMITTAUSSTANDARDIT JA MITTALAITTEISTA

Huoneilman lämpötila mitataan standardin SFS 5511 kohdan 4 mukaisesti. Operatiivinen lämpötila mitataan standardin SFS 5511 kohdan 5 mukaisesti pallo-, kuutio- tai ellipsilämpömittarilla. Pintalämpötila mitataan standardin SFS 5511 kohdan 6 mukaisesti infrapunalämpömittarilla tai asianmukaisella pinta-anturilla varustetulla kosketuslämpömittarilla.

Mittareita käytettäessä on otettava huomioon käytännön mittaussala (infrapunalämpömittarilla mittausskeilasta ja etäisyydestä riippuva ja kosketuslämpömittareilla yleensä n. 1 cm² alue). Mitä kauempaa infrapunalämpömittarilla mitataan, sitä suurempaa pinta-alan lähettämää kokonaisuuteilyä se mittaa. Tästä seuraa mittaustuloksen keskiarvoistuminen. Pintalämpötilamittauksissa on tiedettävä jokaisen mittalaitteen käyttöedellytykset, kuten infrapunalämpömittarilla emissiviteetin asetus ja kosketuslämpömittarilla mittausaika. Kosketuslämpömittaria käytettäessä on var-

mistettava, että lukema on tasaantunut. Mittalaitteen siirtäminen lämpimästä kylmään ja päinvastoin aiheuttaa yleensä virhettä mittaustulokseen, jos mittausta tehdään liian aikaisin, ja laite ei ole ollut eristetyssä/tasalämpöisessä kotelossa.

Pintalämpötila voidaan myös määrittää lämpökameralla, jolloin tulee noudattaa standardin SFS 5132 vaatimuksia. Tutkittava huoneisto voidaan lämpökuvata sekä tavanomaisessa käyttötilanteessa, että tavanomaista käyttötilannetta suuremmassa alipaineessa, jolloin ilmapuotokohdat voidaan paikallistaa vertaamalla alipainemittausten tuloksia normaalitilanteessa saatuihin tuloksiin.

Ilman nopeus mitataan standardin SFS 5511 kohdan 7 mukaisesti. Nopeus mitataan samoista pisteistä kun huoneilman lämpötila ja lisäksi kohdissa, joissa epäillään esiintyvän vetoa.

2 HUONEILMAN JA RAKENTEIDEN KOSTEUS

2.1 HUONEILMAN KOSTEUS

Sisäilman kosteus vaikuttaa esimerkiksi ihmisen hikoiluun ja hengitykseen. Liiallinen ilman kosteus voi edistää pölypunkkien esiintymistä ja aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteisiin, mikä puolestaan lisää mikrobikasvun riskiä.

Kuiva ilma hidastaa hengitysteiden värekarvojen liikettä ja heikentää liman poistumista hengitysteistä. Tällöin limakalvojen kyky vastustaa tulehduksia vähenee. Pieni ilman kosteus lisää myös staattisen sähkön muodostumista.

Asunnon ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 20 – 60 %, joskaan sen saavuttaminen ei ole aina mahdollista muun muassa ilmastollisista syistä. Näistä arvoista poikkeamista ei voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät.

Huoneilman kostuttamista tulee aina välttää. Jos kuitenkin kostutetaan ilman kostuttimella on ilman suhteellista kosteutta seurattava luotettavalla kosteusmittarilla.

2.1.1 HUONEILMAN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAAMINEN

Huoneilman kosteus mitataan standardin SFS 5511 kohdan 8 mukaisesti samasta kohdasta kuin huoneilman lämpötila.

2.2 RAKENTEIDEN KOSTEUS

Rakenteiden kosteudella tarkoitetaan sellaista ylimääräistä rakennuksen rakenteissa esiintyvää kosteutta, joka voi aiheuttaa rakenteen vaurioitumista tai, johtaa terveyshaittaa aiheuttavaan mikrobikasvuston kehittymiseen rakenteisiin (kosteusvaurio). Kosteusvaurio voi myös aiheuttaa rakennusmateriaalien kemiallista hajoamista, minkä seurauksena sisäilmaan vapautuu esimerkiksi ammoniakkia, formaldehydiä ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä.

Kohonnut rakenteiden kosteus voi aiheutua vesivahingosta, veden kondensoitumisesta, rakentamisen aikaisen kosteuden jäämisestä rakenteisiin, kapillaarisesta noususta rakenteisiin tai muista syistä, joiden seurauksena rakenteet ovat jatkuvasti märkiä. Vaikka kostuneet rakenteet eivät aina suoranaisesti aiheuta terveyshaittaa, voidaan kosteuden perusteella arvioida olosuhteita, jotka saattavat johtaa terveyshaittaa aiheuttavan mikrobikasvuston tai kemikaalien päästön kehittymiseen.

2.2.1 RAKENTEIDEN KOSTEUDEN ARVIOINTI

Tässä ohjeessa rakenteen kosteuden arvioimiseksi on esitetty seuraavat menetelmät:

- 1) aistinvaraisesti havainnoimalla,
- 2) sähköisesti havainnoimalla,
- 3) lyhykestoinen ilman suhteellisen kosteuden mittaaminen.

Rakenteen kosteutta arvioitaessa on asunnon/oleskelutilan lämpötilan, kosteuden ja ilmanvaihdon oltava tavanomaisia käyttöoloja vastaavia. Arvioitavan tilan tuuletusta on arviointipäivänä vältettävä. Märkätiloja sekä saunaa ei tule käyttää arviointipäivänä eikä sitä edeltävänä päivänä.

2.2.1.1 AISTINVARAINEN HAVAINNOINTI

Aistinvarainen havainnointi on pääasiassa silmämääräisten, rakenteiden kuntoa koskevien havaintojen tekemistä (väri-, lahoviat, suolat yms.), eristerrosten tunnustelua käsin sekä mahdollisten homeen hajun tai muiden hajujen toteamista. Aistinvaraisen havainnoinnin yhteydessä on kiinnitettävä huomiota myös rakenteiden ja vesikalusteiden kosteusvaurioalttiuteen ja rakennuksen salaajitukseen jne. Samalla tulee myös mitata sisä- ja ulkoilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus ja tarkistaa ilmanvaihdon toimivuus. Havainnointia voidaan täydentää rakenteiden pintaa rikkomattomalla sähköisellä kosteuden havainnoinnilla (kosteudenilmaisimien). Havainnot on kirjattava tarkastusraporttiin tai muuhun asiakirjaan.

2.2.1.2 SÄHKÖINEN HAVAINNOINTI

Sähköisellä havainnoinnilla tarkoitetaan rakenteen pinnalta tapahtuvaa rakenteen kosteuserojen toteamista. Sähköinen havainnointi tehdään pääasiassa dielektrisyiden muutokseen perustuvalla rakenteiden kosteuden ilmaisimella. Ilmaisimen tulokset eivät anna numeerisesti arvioitavissa olevaa, todellista tietoa rakenteen kosteudesta. Tämän vuoksi kostean rakenteen lukemia on verrattava lukemaan (referenssikosteus), jonka voidaan olettaa edustavan kastumatonta rakennetta. Vertailukohdan ja havainnoitavien rakenteiden tulee olla mahdollisimman samanlaisia häiriötekijöiden vähentämiseksi.

Havainnointia on tehtävä järjestelmällisesti ja tulokset on kirjallisesti raportoitava. Havainnoitavat rakenteet voidaan jakaa esimerkiksi ruutuihin ja havainnointi toistetaan niin usein, että rakenteen kosteuden keskimääräisistä muutoksista saadaan käsitys. Referenssikosteuden määrittämiseksi on rakenteista etsittävä sellainen kuiva kohta, joka on havainnoitavan rakenteen kanssa mahdollisimman samanlainen.

2.2.1.3 TULOSTEN ILMOITTAMINEN

Alue, jolta havainnointi on tehty, voidaan kuvata ja/tai siitä tehdään piirros. Havainnointikohdat on voitava yksiselitteisesti todeta raportista. Raportissa voidaan myös arvioida rakenteen kosteustilaa esimerkiksi seuraavasti:

- rakenteen kosteus poikkeaa vähän referenssikosteudesta
- rakenteen kosteus vastaa referenssikosteutta
- rakenteen kosteus on huomattavasti kohonnut referenssikosteuteen nähden (kosteusvaurio).

Jos havainnoinnin tulokset esitetään numeerisesti (kullekin mittalaitteelle ominaisia) on referenssikosteuden arvo myös ilmoitettava. Numeroarvoista on lisäksi ilmoitettava, mitä suuretta ne edustavat, ja suureen yksikkö. Lisäksi tulisi selvittää sanallisesti, mitä tilannetta (kuiva, kostea, märkä ym.) laitetoimittaja on ilmoittanut osoittimen lukemien tarkoittavan. Jos kosteuden ilmaisin osoittaa kohonneita arvoja, rakenteen suhteellinen kosteus tulisi mitata suhteellisen kosteuden mittalaitteella ja lisäksi tehdä rakennustekninen selvitys kosteustilasta ennen päätöstä korjaustoimenpiteestä.

2.2.1.4 HAVAINNOINNIN LUOTETTAVUUS

Sähköisen havainnoinnin luotettavuutta (epävarmuutta) ei voida arvioida numeerisesti. Havainnoinnin mahdolliset häiriötekijät ja niiden vaikutus on pyrittävä arvioimaan kirjallisesti tunnistamista koskevassa raportissa. Erityisesti on otettava huomioon, että ilmaisimella ei voida arvioida sitä, onko todellinen kosteus laatan ja vesieristeen välissä (tavallinen tilanne) vai onko kosteus vesieristeen ja alusrakenteen välissä (mahdollinen kosteusvaurio). Tulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakenteissa olevat metalliputket, alumiininen höyrysulku, rakenteen pinnalla oleva vesi, epätasainen pintamateriaali, keraamisten laattojen kiinnityslaastikerroksen vesi ja rakenteen epähomogeenisuus sekä ilmvälit rakenteissa.

Jos aistinvaraiset havainnot tai esimerkiksi rakennustekniset arviot kosteusvauriosta ovat ristiriidassa sähköisen havainnoinnin tulosten kanssa, asiasta on mainittava raportissa.

2.2.2 RAKENTEIDEN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN LYHYTKESTOINEN MITTAUS

Rakenteen kosteuden lyhytkestoinen mittaus on rakenteessa olevan ilman suhteellisen kosteuden mittausta. Mittauksen tulokset ovat numeerisia, graafisia tai sähköisiä tuloksia. Mittauksesta laaditaan aina mittauspöytäkirja.

2.2.2.1 MITTALAITTEET

Rakenteen suhteellisen kosteuden lyhytkestoiseen mittaamiseen käytetään samantyyppisiä laitteita, joilla mitataan huoneilman suhteellista kosteutta.

Laitteen valmistaja on vastuussa mittalaitteen ominaisuuksista testiolosuhteissa, jotka harvoin vastaavat todellisia rakennekosteuden mittaolosuhteita. Mittaajan vastuulla on varmistaa mittauksen luotettavuus.

Mittalaitteiden kalibrointi tulee varmistaa ennen jokaista mittaussarjaa laitevalmistajan edellyttämällä tavalla. Kalibrointi tulisi tehdä myös mittauksen jälkeen. Mittapään kalibrointi voidaan tehdä myös kylläisellä suolaliuoksella.

2.2.2.2 RAKENTEEN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN LYHYTKESTOINEN MITTAUS

Rakenteen lyhytkestoisella suhteellisen kosteuden määrittelyllä tarkoitetaan mittausta, jonka kesto on mittarin vasteaika mukaan lukien noin 15 – 45 min. Tällainen mittaus on käyttökelpoinen esimerkiksi rakenteiden sisäväliseinien ja yläpohjan rakenteiden mittauksissa, koska näiden rakenteiden lämpötila ja kosteus ovat siinä määrin vakaita, että lyhytkestoisella mittauksella saadaan yleensä käsitys rakenteen kosteustilanteesta. Huoneilman suhteellinen kosteus on mitattava samanaikaisesti. Rakennuksen ulkovaipan sisä- ja ulko-osien kosteusteknisen toimivuuden selvittäminen vaatii yleensä pitkäaikaisen mittauksen esimerkiksi standardeissa esitetyllä tavalla toteutettuna.

2.2.2.3 TULOSTEN ESITTÄMINEN, LUOTETTAVUUS JA TULKINTA

Mittauspöytäkirjassa on esitettävä mittaustulokset, kuvattava mittaustapah-tuman valmistelu ja esitettävä arvio tulosten luotettavuudesta. Mittauspöytäkirjassa on myös ilmoitettava huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mittaushetkellä.

Tulosten luotettavuus voidaan ilmoittaa esimerkiksi seuraavasti:

Tulos $(47 \pm 3) \%rh$; mittaustulos 47 %rh, epävarmuus $\pm 3 \%rh$

Suhteellisen kosteuden mittalaitteet ovat yleensä mittausteknisesti luotettavia. Tulosten luotettavuuteen vaikuttavat erityisesti mittalaitteen

käyttötapa, laitteen huolto, kalibrointi ja viritys. Tuloksen luotettavuutta voi heikentää se, että mittauskohdassa ei ole saavutettu kosteustasapainoa mittausajan puitteissa.

Jos mitattu ilman suhteellinen kosteus rakenteessa mittausolosuhteissa on yli 85 % ja se on selvästi samanaikaisesti mitattua huoneilman suhteellista kosteutta suurempi, rakenteen kosteuden syyt on selvitettävä muilla menetelmillä.

3 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asunnon ja muiden oleskelutilojen sisäilmasta epäpuhtauksia sekä kosteutta ja liiallista lämpöä sekä samalla huolehtia puhtaan korvausilman saannista. Epäpuhtaudet ovat yleensä peräisin ihmisten aineenvaihdunnasta, asumisen erilaisista toiminnoista, rakennus- ja sisustusmateriaaleista, ulkoilmasta ja eräissä tapauksissa maaperästä (radon). Ilmanvaihdon suuruus määräytyy yleensä sen epäpuhtauden mukaan, jonka pitoisuuden alentamiseen tarvitaan eniten puhdasta ilmaa (ulkosilma).

Rakennuksen ilmanvaihto vaikuttaa suoraan tai välillisesti niihin oloihin, jotka aiheuttavat terveyshaittaa asunnossa tai muussa oleskelutilassa. Sisäilman epäpuhtaudet ovat yleensä kemiallisia yhdisteitä, ja ihmisen altistuminen niille riippuu kolmesta eri tekijästä: epäpuhtauspäästöstä, ilmanvaihdosta ja altistusajasta. Asunnossa ei yleensä voida vähentää altistusaikaa. Jos asunnossa tai muussa oleskelutilassa on materiaaleja, joista vapautuu sisäilmaan epäpuhtauksia, voidaan näitä materiaaleja poistaa tai vaihtaa ja ilmanvaihtoa tehostaa. Jos halutaan vähentää ihmisen aineenvaihdunnasta ja toiminnoista johtuvia sisäilman epäpuhtauksia, ilmanvaihdon tehostaminen on yleensä ainoa käytettävissä oleva menetelmä.

Väärin suunniteltu tai toteutettu ilmanvaihto voi aiheuttaa terveyshaittaa. Riittämättömän ilmanvaihdon seurauksena huoneilman hiilidioksidipitoisuus kohoaa, mikä aiheuttaa tunkkaisuuden tunnetta, väsymystä, päänsärkyä ja keskittymiskyvyn alenemista. Huoneisiin kantautuva puhaltimien, kanaviston tai venttiilien melu saattaa olla häiritsevää. Liian suuri tai kylmä tuloilmavirta voi aiheuttaa vetoa. Epätasapainossa oleva

ilmanvaihtojärjestelmä voi aiheuttaa myös sen, että terveydelle haitallisia epäpuhtauksia kulkeutuu asuntoihin rakennuksen muista tiloista. Ilmanvaihtolaitteet voivat myös epäpuhtauksien lähteenä, esimerkiksi huonokuntoisista äänen vaimennusmateriaaleista voi irrota kuituja tuloilmaan.

3.1 ILMANVAIHDON TARVE

Ihmisen aineenvaihdunta tuottaa ilmaan hiilidioksidia (CO₂) ja muita epäpuhtauksia. Hiilidioksidin määrää sisäilmassa voidaan pitää ihmisestä peräisin olevien epäpuhtauksien esiintymisen indikaattorina. Sisäilma ei ole terveydensuojalain vaatimukset täyttävää, jos hiilidioksidipitoisuus on yli 2 700 mg/m³ (1 500 ppm). Huoneilma saattaa kuitenkin tuntua tunkkaiselta hiilidioksidipitoisuuden ylittäessä 1 200 ppm. Ulkoilmavirran pitäisi olla yleensä noin 4 l/s henkilöä kohden, jotta hiilidioksidipitoisuus ei kohoaisi suuremmaksi kuin 2 700 mg/m³.

Asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa on yleensä myös muita epäpuhtauksien lähteitä, jotka lisäävät sisäilman epäpuhtauksien määrää. Epäpuhtauksien vähentämiseksi tai poistamiseksi ulkoilmaa tarvitaan enemmän, yleensä 8 – 10 l/s henkilöä kohden.

Ilmanvaihdon tarvetta arvioitaessa on otettava huomioon myös liian suuren ilmanvaihdon aiheuttamat haitat: vetoisuus, ilmanvaihdon aiheuttama melu ja sisäilman liiallinen kuivuminen silloin, kun ulkoilman lämpötila on alle – 5 °C. Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon voidaan tapauskohtaisesti hyväksyä edellä mainitusta ohjeesta poikkeava vähäisempi ilmanvaihto. Riittävästä ilmanvaihdosta on tällöin pyrittävä huolehtimaan esimerkiksi ikkunatuuletuksella.

Ilmanvaihdon suunnitteluperusteet ja raja-arvot ovat ympäristöministeriön julkaisemassa rakennusmääräyskokoelmassa D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto”.

3.2 ILMANVAIHDON OHJEARVO

Asunnon ja muiden oleskelutilojen ilmanvaihdon pitäisi toimia ainakin alkuperäisissä suunnitelmissa tai muutoksissa esitetyllä tavalla. Jos suunnitelmia ei ole saatavilla, ilmanvaihdon toimivuuden arvioinnissa

voidaan käyttää rakennusaikana voimassa olleiden rakentamismääräysten ohjearvoja.

Asunnon ilmanvaihto on terveyden kannalta riittävää silloin, kun ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaama ilmanvaihtuvuus on vähintään 0,5 m³/h kaikissa asuinhuoneissa (ilmanvaihtokerroin 0,5 l/h). Ilman tulee vaihtua kaikissa huoneissa, erityisesti makuu- ja oleskeluhuoneissa silloin, kun asunnossa oleskellaan, ja pesutiloissa silloin, kun ne ovat käytössä tai märkiä. Ilmanvaihdon pitää toimia, vaikka huoneisto olisi tilapäisesti tyhjillään. Muiden oleskelutilojen ilmanvaihto on terveydensuojelulain vaatimukset täyttävää, kun se on rakennuksen rakentamisajankohtana voimassa olleen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto” mukaista.

Asunnon ilmanvaihdon lisääminen tilapäisesti vähimmäismäärää (0,5 l/h) suuremmaksi on tarpeen, kun asunnossa esimerkiksi laitetaan ruokaa, saunotaan, kuivataan pyykkiä, siivotaan, tupakoidaan tai tiloissa oleskelee suuri määrä ihmisiä. Uudet rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä kalusteet voivat tuottaa ilmaan runsaasti epäpuhtauksia, minkä vuoksi ilmanvaihdosta on huolehdittava erityisen hyvin rakennuksen valmistamisen, peruskorjauksen ja huoneistossa tehtävien korjausten (maalauksen, lakkauksen ja muun vastaava kemikaalien käyttö) jälkeen.

Ilmanvaihtolaitteiden aiheuttama melu ja veto eivät saa aiheuttaa terveyshaittaa. Ilmanvaihdon ilmavirrat eivät saa olla niin suuria, että huoneilman lämpötila ja kosteus niiden johdosta laskevat selvästi.

Ilmanvaihtoa ja ilmanvaihtolaitoksia koskevia määräyksiä ja ohjeita on ympäristöministeriön julkaisemassa rakentamismääräyskokoelmassa.

3.3 ILMANVAIHDON TUTKIMINEN

Ilmanvaihdon tutkiminen on tarpeen, jos ilmanvaihdon asunnossa tai muussa oleskelutilassa epäillään toimivan puutteellisesti tai asunnossa on epäpuhtauslähteitä, joiden aiheuttamia epäpuhtauspitoisuuksia sisäilmassa halutaan vähentää.

Ilmanvaihto vaihtelee tavallisesti rakennuksen eri osissa. Esimerkiksi jos makuuhuoneen ovi on suljettu, makuuhuoneen ilmanvaihtuvuus on yleensä pienempi kuin muun huoneiston ilmanvaihtuvuus.

Tuuletus, säänvaihtelut, ilmanvaihtolaitoksen tehon vaihtelu ja väliovien asennon muutokset aiheuttavat ilmanvaihdon ajallista vaihtelua. Ilmanvaihdon vaihtelun vuoksi myös sisäilman epäpuhtauspitoisuudet ja asukkaiden altistuminen niille vaihtelevat.

Ilmanvaihdon tutkiminen tulisi tehdä vaiheittain siten, että aluksi havainnoidaan aistinvaraisesti ilmanvaihtolaitteiden ja sisäilman laatu (toimintatarkastus) ja tämän jälkeen tarvittaessa tehdään mittauksia, kuten ilmapirta-, painesuhde- tai kulkeumamittauksia.

3.3.1 TOIMINTATARKASTUS

Toimintatarkastus aloitetaan ilmanvaihtotavasta riippumatta kaikissa tarkastettavissa tiloissa samalla tavalla. Tällöin selvitetään aistinvaraisesti muun muassa seuraavat asiat:

- mahdolliset epäpuhtauksia ilmaisevat hajut
- ilmanvaihtotapa ja mahdollisen ilmanvaihtokoneen toiminta, käyttö ja asetusarvo 0,5 l/h ilmanvaihtokertoimen saavuttamiseksi
- tulo-, poisto- ja korvausilmaventtiilien sijainnit, asennot ja puhtaus
- tuloilman riittävyys

Ilman tunkkaisuus ja hajut on arvioitava välittömästi, kun tullaan asuntoon tai oleskelutilaan, koska hajujaisti mukautuu nopeasti vallitsevaan hajuun.

Keittiössä ja kosteissa tiloissa (pesu-/kylpyhuone, WC, sauna) on oltava poistoilmaventtiilit. Poistoventtiilit eivät saa olla kiinni eikä niiden kautta saa virrata ilmaa sisään asuntoon. Ilman virtaussuunta tarkastetaan merkkisavun avulla. Poistoilmaventtiilien puhtaus tarkistetaan, koska niihin kertynyt lika pienentää ilmanvaihtoa.

Huoneiston sisäisten ilmanvirtojen kulkusuunnat eri tilojen välillä on selvitettävä. Ilman virtaussuunta tutkitaan merkkisavun avulla tai muulla luotettavalla menetelmällä. Ilman tulee virrata pääasiassa puhtaista tiloista likaisiin tiloihin, ts. oleskeluhuoneista WC-tiloihin tai vastaaviin. Huoneiston sisäisten siirtoilmareittien tulee olla riittäviä, huoneiden sisäovissa on oltava kynnyöraot tai niissä tai väliseinissä siirtoilma-aukot tai muut reitit. Laitteistojen huolto ja ylläpito on myös selvitettävä.

3.3.2 POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN TARKASTAMINEN

Jos rakennuksessa on painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto, ulkoilman määrä sisätiloihin on aluksi selvitettävä. Ulkoilmaa on tultava riittävästi oleskelutiloihin, olo- ja makuuhuoneisiin ja tulisijojen on saatava (kiuas, takka, uunit) riittävästi palamisilmaa. Ulkoilmaventtiilien tai muiden ulkoilmareittien tulee olla riittävästi auki ja puhtaita. Ilman virtaussuunta tutkitaan merkkisavun avulla. Vetohaittojen välttämiseksi ulkoilmaa ei saa tuoda suoraan alueelle, jossa oleskellaan eniten. Kahden tai useamman asunnon yhteiskäytössä olevaan poistoilmakanavaan ei saa kytkeä erillistä liesituuletinta.

Painovoimaisen ilmanvaihdon poistoilmaventtiilien tulisi olla mata-lapaineventtiilejä (lautasventtiilejä). Ilman virtaussuunta venttiileissä ja takassa tulisi tarkistaa myös silloin, kun liesituuletin on käytössä.

Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän pitää toimia jatkuvasti, minkä vuoksi poistoilmapuhaltimen tulee olla aina toiminnassa. Puhaltimen eri tehojen käyttöajat ja ohjauskellon kellonajat on selvitettävä. Alipaine ei saa olla niin suuri, että radonpitoista tai mikrobeja sisältävää ilmaa virtaa ryömintätiloista asuntoihin. Alipaine ei myöskään saa vaikeuttaa asunnon ulko-oven avaamista.

3.3.3 TULO- JA POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN TARKASTAMINEN

Jos asunnossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, edellä kohdassa 3.3.2 mainittujen tarkastusten lisäksi tarkistetaan, etteivät tuloilmaventtiilit ole kiinni, ja ilmanvirtausten suunta tutkitaan merkkisavulla sekä tulo- että poistoilmapuhaltimien toiminta ja asetusarvot selvitetään. Erityistä huomiota on kiinnitettävä tuloilmasuodattimien kuntoon ja puhtauteen sekä suodattimien ja koneen rungon väliseen tiivyyteen. Sadevettä tai lunta ei saa päästä suodattimiin eikä ilmanvaihtokoneeseen saa jäädä mahdollisesti sinne kertynyttä vettä. Ilmanvaihtokone on säännöllisesti puhdistettava. Tarvittaessa voidaan ottaa pölynäyte kanavasta imuroimalla mineraalikulitumääritystä varten.

Rakennukseen sisääntulevien ilmavirtojen (ulkoilma) on oltava poistettavaa ilmavirtaa (jäteilma) hieman pienempiä, jotta rakennus ei

olisi edes yläosastaan ylipaineinen. Ikkunoiden huurtuminen tai jäätyminen voi johtua huoneiston vääristä painesuhteista, so. huoneistossa on ylipainetta tai ilmanvaihto on riittämätön. Jos poistoilmakanavat ovat likaisia, jäteilmavirta pienenee. Tämä voi olla yksi syy rakennuksessa esiintyvään ylipaineisuuteen ja muutoinkin ilmanvaihdon huonoon toimintaan. Ulkoilmasäleikön on oltava puhdas. Jos jäteilma puhalletaan ulos seinästä, aukko ei saa olla liian lähellä muiden asuntojen tai oleskelutilojen ulkoilma-aukkoja tai tuuletusikkunoita.

Jos rakennus on varustettu ilmalämmitysjärjestelmällä, keittiön ja märkätilojen poistoilmaa ei saa palauttaa asuintiloihin.

Terveydensuojeluviranomainen voi määrätä tuloilmakanavat puhdistettavaksi, jos niissä on silmin havaittavaa rakennusaikaista pölyä tai muuta likaa. Asuinrakennuksen tulo- ja poistoilmakanavien asianmukainen toiminta edellyttää niiden puhdistamista vähintään kerran kymmenessä vuodessa.

3.3.4 MITTAUKSET

Edellä kuvatut tarkastusmenettelyt saattavat olla riittäviä, kun annetaan neuvoja ja ohjeita ilmanvaihdossa mahdollisesti esiintyvien puutteiden korjaamiseksi. Jos puutteellisen ilmanvaihdon epäillään aiheuttavan terveyshaittaa ja haitan poistaminen edellyttää terveydensuojeluviranomaisen päätöstä, tarvitaan päätöksen perustaksi yleensä mittauksia ja selvityksiä. Mahdollisesti tarvittavia mittauksia ovat ilmavirtojen mittaaminen ja epäpuhtauksien kulkeumamittaukset sekä painesuhdemittaukset. Ilmanvaihtokanaviston tarkastus saattaa joskus olla tarpeellista. Mittaukset tulee tehdä luotettavaksi tunnettuja menetelmiä käyttäen. Esimerkiksi ilmavirtojen mittauksissa voidaan käyttää NORDTEST-standardeina julkaistuja merkkiainemenetelmiä.

Asunnon ilmanvaihto määritetään mittaamalla poistoilmavirrat standardin SFS 5512 mukaisilla menetelmillä ja jakamalla tuloksena saatu ilmavirta asuintilojen tilavuudella. Painovoimaisen ilmanvaihdon ilmanvaihtokertoimen luotettava arviointi on mahdollista vain merkkiainemenetelmää käyttäen. Soveltuvia merkkiainemenetelmiä ovat NORDTEST-menetelmät NT VVS 019 (alenemamenetelmä) ja NT VVS 105 (integraiva vakiopäästömenetelmä).

Ilmanvaihdon mittaukset tehdään asunnon tavanomaista käyttöä vastaavissa sää- ja käyttöoloissa. Ilmanvaihdon mittausta poikkeukselli-

sen kylmällä (ulkolämpötila alle $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), tuulisella (tuulen nopeus yli 10 m/s) tai kuumalla (ulkolämpötila yli $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$) säällä tulee välttää ja näissä olosuhteissa tehdyt mittaukset tulee toistaa tavanomaisissa sääoloissa. Poistoilmavirtamittaus ja merkkiaineen alenemamittaus tehdään ikkunat suljettuina. Integroivan vakiopäästömittauksen mittausjakso on 1...2 viikkoa, jona aikana asukkaiden tulee käyttää ilmanvaihtoa ja tuulettaa asunto normaalikäyttöä vastaavalla tavalla. Asunnon ilmanvaihto on terveyden kannalta riittävää, kun ilmanvaihtokertoimen arvo on $0,5\text{ l/h}$.

4 RADON

Radon on radioaktiivinen jalokaasu, jota syntyy radiumin hajoamistuotteena. Radon puolestaan hajoaa kiinteiksi hajoamistuotteiksi, joista osa (lähinnä Polonium -218 ja Polonium -214) radonin tavoin lähettää alfasäteilyä. Radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengitysilman mukana keuhkoihin. Keuhkojen saama säteilyannos lisää keuhkosyövän syntymahdollisuutta. Tupakoitsijoilla radonista aiheutuva riski on suurempi kuin tupakoimattomilla.

Rakennuksen huoneilmaan radonia tulee rakennuksen alla olevasta maaperästä, talousveden käytön yhteydessä vapautuvasta radonista ja vähäisessä määrin rakennusmateriaaleista erittymällä. Suomalaisen pientalojen merkittävin radonlähde ovat maaperä ja täytesora, joista radon pääsee virtaamaan perustusten kautta asuntoon. Myös porakaivovesien radonpitoisuus on keskimäärin yli kymmenkertainen verrattuna muihin kaivovesiin. Joissakin asunnoissa porakaivoveden käyttö voi aiheuttaa suuria huoneilman radonpitoisuuksia. Kerrostalojen yläkerrosten asunnoissa lähes kaikki radon on peräisin rakennusmateriaaleista.

4.1 RADONIN OHJEARVO

Sosiaali- ja terveysministeriön asuntojen huoneilman radonpitoisuutta koskevan päätöksen (994/92) mukaan asunnon huoneilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ei saisi ylittää arvoa 400 becquereliä kuutiometrissä

(Bq/m³). Uusi asunto pitää suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ei ylitä arvoa 200 Bq/m³. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvolla tarkoitetaan radonpitoisuuden keskiarvoa, joka on mitattu vuoden pituisena yhtäjaksoisena aikana tai määritetty 2 kuukauden yhtäjaksoisen mittauksen perusteella. Muihin oleskelutiloihin voidaan soveltaa näitä ohjearvoja.

4.2 RADONIN VUOSIKESKIARVON MÄÄRITTÄMINEN

Asunnon huoneilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvo on sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen (994/92) nojalla määritettävä Säteilyturvakeskuksen hyväksymää mittausmenetelmää käyttäen. Säteilyturvakeskus antaa tarvittaessa ohjeita mittauslaitteista ja -menetelmistä.

4.2.1 YHTÄJAKSOINEN MITTAUS (INTEGROIVA)

Mittauksen tarkoituksena on selvittää, ylittääkö huoneilman keskimääräinen radonpitoisuus vuoden aikana sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä mainitut ohjearvot. Tällöin on käytettävä integroivaa menetelmää, jolla mitataan radonpitoisuuden pitkän ajan keskiarvo. Mittausajan pitää olla vähintään kaksi kuukautta. Integroivaa mittaustapaa tulisi myös käyttää, kun arvioidaan, onko mahdollinen radonkorjaus onnistunut. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon tarkkaa määrittystä varten on tehtävä vuoden kestävä mittaus.

Huoneilman radonpitoisuus vaihtelee vuodenajan mukaan. Vaihtelu on suurinta sellaisissa rakennuksissa, jotka on rakennettu radonia hyvin läpäisevälle maaperälle, kuten harjulle. Talvella huoneilman radonpitoisuus voi olla moninkertainen kesällä mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna, harjuaalueilla jopa kymmenkertainen. Tämän vuoksi kahden kuukauden mittaus tulisi tehdä marraskuun 1. ja huhtikuun 30. päivän välisenä aikana.

Asunnon huoneilman radonpitoisuudesta saadaan riittävän tarkka arvio käyttämällä kahta mittaria. Pienissä asunnoissa voidaan käyttää myös yhtä mittaria. Integroiva mittari sijoitetaan asunnon alimpaan

asuttuun kerrokseen, sellaiseen huoneeseen (esim. makuuhuoneeseen), jossa oleskellaan huomattava osa ajasta. Kahta mittaria käytettäessä toinen mittari sijoitetaan yläkerrokseen. Kahta tai useampaa mittaria käytettäessä lasketaan asunnon huoneilman radonpitoisuus eri mittareiden osoittamista pitoisuuksista keskiarvona, keskimääräisellä oleskeluajalla painotettuna.

4.2.2 YHTÄJAKSOISEN MITTAUKSEN TULOSTEN TULKINTA

Jos marras-huhtikuussa tehty integroiva mittaus osoittaa asunnon huoneilman radonpitoisuuden ylittävän ohjearvon enemmän kuin 20 %:lla, radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ylittää sosiaali- ja terveystieteiden päätöksen (994/92) mukaisen enimmäisarvon.

Jos talo sijaitsee hyvin ilmaa läpäisevällä soraharjulla, vuodenaikavaihtelu voi olla erittäin voimakasta. Harjualueilla on joskus syytä tehdä uusintamittaus kesällä tai käyttää ympärivuotista mittausta, jotta voidaan varmistua vuosikeskiarvon enimmäisarvon alittumisesta.

Jos huoneilman radonpitoisuus on suuri ja talousvetenä käytetään porakaivovettä, veden radonpitoisuus tulisi tutkia radonin esiintymisen syy selvittämiseksi.

4.2.3 MUITA RADONIN MITTAUSMENETELMIÄ

Jatkuvatoimisella ja lyhytaikaisesti integroivalla mittalaitteella voidaan seurata huoneilman radonpitoisuuksia ja niiden ajallisia vaihteluita. Tällaiset mittalaitteet antavat alustavan arvion huoneilman radonpitoisuudesta. Radonkorjausten yhteydessä niitä voidaan käyttää apuna korjaustoimenpiteitä ja -kohteita valittaessa sekä arvioitaessa korjausten vaikutuksia. Mittaustulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että sääolot ja rakennuksen ilmanvaihtotekninen toiminta voivat merkittävästi vaikuttaa tuloksiin. Mittaustulosten perusteella voidaan myös arvioida tarvetta tehdä kohdan 4.2.1 mukainen integroiva mittaus, jolla varmistetaan mahdollinen ohjearvojen ylittyminen.

4.3 RADONTILANTEEN SELVITTÄMINEN

Terveydensuojeluviranomaisen tulisi mitata kunnan eri alueilla olevien asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman radonpitoisuuksia. Jos jollakin alueella sisäilman radonpitoisuudet toistuvasti yrittävät 400 Bq/m^3 ja alueen geologia viittaa maaperän tavanomaista suurempiin radonpitoisuuksiin, terveydensuojeluviranomaisen tulisi ryhtyä toimenpiteisiin tällaisten asuntojen ja muiden oleskelutilojen löytämiseksi. Säteilyturvakeskus neuvoo mittaussuunnitelman laatimisessa ja antaa ohjeita siitä, minkälaisia asuntoja ja oleskelutiloja korkeiden radonpitoisuuksien löytämiseksi tulisi ottaa suunnitelmaan.

4.4 SISÄILMAN RADONPITOISUUDEN ALENTAMINEN

Terveydensuojeluviranomaisen on tiedotettava teettämiensä mittausten tuloksista mitattujen asuntojen ja muiden oleskelutilojen omistajille ja haltijoille. Terveydensuojeluviranomaisen tulisi kehottaa asuntojen ja muiden oleskelutilojen haltijoita ja omistajia ryhtymään toimenpiteisiin sisäilman radonpitoisuuden pienentämiseksi silloin, kun radonin vuosikeskiarvo ylittää arvon 400 Bq/m^3 . Toimenpiteitä sisäilman radonpitoisuuden vähentämiseksi on esitetty ympäristöministeriön ja Säteilyturvakeskuksen julkaisemissa oppaissa.

Terveydensuojeluviranomaisen tulisi lähettää rakennusvalvontaviranomaiselle tiedoksi radonia koskevien tutkimusten tulokset, jos tutkimukset on tehty terveydensuojeluviranomaisen aloitteesta. Terveydensuojeluviranomaisen tulisi rakentamista ja kaavaehdotuksia koskevissa lausunnoissaan esittää, että radon otetaan huomioon alueen ja rakennusten suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä. Rakentamisen tulisi perustua radonturvallisiin ratkaisuihin kaikkialla Suomessa. Vaatimukselta voidaan poiketa, mikäli paikkakunnalla tehdyt sisäilman radonmittaukset soittavat, että uusien asuntojen radonpitoisuudet ovat selkeästi ja säännönmukaisesti alle 200 Bq/m^3 .

Säteilyturvakeskus on laatinut Suomen radonkartaston ja alueellisia radonennustekarttoja, joista selviää, millä todennäköisyydellä

200 Bq/m³ ylitetään, jos rakentamisen yhteydessä ei käytetä radonturvalista rakennustapaa. Päätös radontorjunnan tarpeesta voidaan perustaa myös sisäilman radonpitoisuuksiin lähialueen asunnoissa tai tontilla tehtäviin maaperän radontutkimuksiin.

5 MELU

Melu vaikuttaa ihmisen pääasiassa kuuloaistin välityksellä. Vaikutukset eli melun aiheuttamat reaktiot ilmenevät ihmisessä elintoimintojen tai käyttäytymisen muutoksina ja melun aiheuttamina elämyksellisinä kokemuksina. Yksilöllinen reagoitiherkkyys vaihtelee suuresti, ja lisäksi saman yksilön reagoitiherkkyys on erilainen eri aikoina ja eri ympäristöissä. Reagoitiherkkyys erilaisille meluille on jossain määrin myös kulttuuri- ja ryhmäsidonnaista.

Melun aiheuttamien terveyshaittojen ja melun ominaisuuksien väliset riippuvuudet ovat tilastollisia. Tämä johtuu siitä, että melun vaikutukset ja meluun reagointi vaihtelevat yksilötasolla suuresti eikä tarkkoja syyseuraussuhteita voida tämän vuoksi luotettavasti osoittaa.

Melun aiheuttamaa pysyvää kuulokyvyn heikkenemistä voidaan pitää terveyden kannalta vakavimpana vaikutuksena. Jo muutama lyhytaikainenkin altistuminen kipukynnyksen (n. 130 dB(A)) ylittävälle melulle voi aiheuttaa kuulovamman. Yleisin melun aiheuttaman kuulovamman syy on kuitenkin kymmeniä vuosia kestänyt päivittäinen altistuminen 75 – 85 dB(A) ylittävälle melulle ilman kuulon suojausta. Kuulon pysyvän heikentymisen lisäksi melu voi aiheuttaa tilapäistä tai pysyvää tinnitusta eli korvien soimista tai suhisemista ilman vastaavaa ääniärsykettä. Melu voi aiheuttaa myös kuuloaistin väsymistä, mikä ilmenee kuulokyvyn ohimenevänä huonontumisena. Lievää tilapäistä kuulokyvyn huonontumista voi esiintyä jo oloissa, joissa altistava $L_{Aeq,24h}$ taso on 65 – 75 dB(A). Melun kuuloa heikentävä vaikutus riippuu melun voimakkuuden, laadun ja altistuksen keston lisäksi muun muassa yksilöllisesti herkkyydestä. Tupakointi ja jotkut lääkkeet saattavat lisätä kuulovaurioherkkyyttä. Lasten oletetaan saavan melun aiheuttaman kuulovaurion aikuisia herkemmin.

Melu voi vähentää unen ja levon virkistävää vaikutusta, jos se vaikeuttaa nukahtamista, vähentää unen syvyyttä tai aiheuttaa ylimääräisiä

tai ennenaikaisia heräämisiä. Yksittäisten melutapahtumien unenhäirintän todennäköisyys riippuu melun voimakkuuden lisäksi muun muassa melutapahtumien kestosta ja määrästä sekä samanaikaisen taustamelun voimakkuudesta ja laadusta. Unenhäirintää alkaa esiintyä, kun unen tai levon aikainen L_{Aeq} -taso ylittää 25 – 35 dB(A) tai, kun yksittäisten melutapahtumien enimmäistaso ylittää, tapahtumien kestosta ja toistuvuudesta riippuen, 40 – 65 dB(A). Alaraja pätee usein toistuville, pitkään kerrallaan kestäville tai oudoille meluille, yläraja kerran tai pari yöaikana toistuville lyhytaikaisille tutuille meluille, joihin nukkuja on tottunut olemaan reagoimatta. Yksittäinen melutapahtuma, jonka enimmäistaso ylittää taustamelutason vähemmän kuin 8 – 10 dB(A), ei yleensä häiritse unta merkittävästi.

Useissa tutkimuksissa on todettu, että melulle alttiiksi joutuneilla ihmisillä saattaa esiintyä tavallisesti vaarattomia, ohimeneviä elintoimintojen muutoksia. Näitä ovat esimerkiksi eräät verenkierron, hormonitoimintojen ja näköaistin muutokset. Melu saattaa myös lisätä ihmisten aggressioita, masentuneisuutta sekä aiheuttaa joillekin päänsärkyä. Melun on todettu voivan huonontaa myös työtehoa, tarkkaavaisuutta ja oppimistuloksia. Jos tarkkaavaisuus vähentyy tai varoitusäänät peittyvät meluun, tapaturmavaara lisääntyy. Altistavan melutason täytyy kuitenkin ylittää ohjearvot vähintään 10... 30 dB(A):lla ennenkuin tilastollisesti voidaan osoittaa, että edellä mainitut vaikutukset johtuvat yksinomaan nimenomaan melusta.

Aiheuttamatta suoranaisia sairauden oireita heikkokin melu saattaa vaikuttaa häiritsevästi. Häiritseväksi koettu melu voi vaikeuttaa nukahtamista tai estää sen. Vaikka melu ei herättäisikään nukkuvaa, se voi vähentää unen syvyyttä ja heikentää siten unen virkistävää vaikutusta. Tärkeimpänä ympäristölle asetettavia vaatimuksia on häiriöttömän levon turvaaminen etenkin yöaikaan. Aikuiset tarvitsevat vuorokaudessa yleensä noin kahdeksan tunnin unen, lapset, sairaat ja toipilaat vaativat usein paljon pitemmän yönunen ja lisäksi rauhaa myös päiväaikaan. Sairaalat, hoitolaitokset, virkistys- ja lomailukeskukset, oppilaitokset ja muut sellaiset on erityisesti suojeltava melulta.

Melu voi peittää kuultavaksi tarkoitettuja puheääniä, jolloin kuuloaistin toimintakyky ei riitä saamaan selvää kuultavaksi tarkoitetuista äänistä melun seasta. Tätä melun vaikutusta kutsutaan (kuullun) puheen häirinnäksi. Melun aiheuttamaa puheen häirintää voi esiintyä esimerkiksi kuunneltaessa radiota, katseltaessa televisiota, kuunneltaessa opetusta tai keskusteltaessa.

Tämän luvun liitteessä 1 on lueteltu ääniä, joihin ei yleensä sovelleta terveydensuojelusäädöksiä. Liitteessä 2 on selitetty ohjeessa mainittuja meluntorjunnan käsitteitä.

5.1 ASUNTOJEN JA MUIDEN OLESKELU- TILOJEN MELUTASON OHJEARVOT

Ihminen havainnoi yleensä eri melulähteistä peräisin olevat melut toisistaan erillisinä äänivirtoina, minkä seurauksena melun häiritsevyys ja/tai kiusallisuus koetaan melulajikohtaisesti. Terveyshaitan arvioinnin kannalta sisätiloissa esiintyvä kokonaismelu on yleensä tärkein, joskin useassa tapauksessa sisätilojen melutilanteen arviointi voidaan tehdä melulähde- tai melulajikohtaisesti. Toisaalta, esimerkiksi arvioitaessa tieliikennemelun aiheuttamaa unen- ja puheenhäirintää, on otettava huomioon myös muiden melulajien altistetuille aiheuttaman unen- ja puheenhäirinnän suuruus ja toistuvuus.

Sisätilojen päivä- ja yöajan melun $L_{Aeq, 07-22}$ ja $L_{Aeq, 22-07b}$ -tasojen ohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukossa 2 mainitut melutasojen ohjearvot tarkoittavat sitä melun tasoa, jolle sisätiloissa oleskeleva henkilö tai yleisö saisi enintään altistua. Ohjearvojen lähtökohtana on ollut, että rakennuksiin kohdistuva ulkomelu ei ylitä valtioneuvoston päätöksen (193/92) päivä- ja yöajan melun ohjearvoja eli $L_{Aeq, 07-22b} \leq 55$ dB(A) ja $L_{Aeq, 22-07b} \leq 50$ dB(A).

Meluksi ei katsota sisätilassa, esimerkiksi huoneessa tai huoneistossa harjoitettavan toiminnan, kuten työnteon, kotitalouskoneiden, radion kuuntelun tai artistien esitysten samaan sisätilaan aiheuttamia ääniä, lukuun ottamatta tapauksia, joissa tällainen ääni voi aiheuttaa yleisölle kuuloauriovaaran tai -riskin.

Rakennusten teknisten laitteiden, kuten vesi- ja viemäriputkistojen, hissien sekä lämmitys- ja ilmanvaihto- ja kylmälaitteiden sekä talopesu- loiden koneiden aiheuttaman melun ekvivalenttitason tulee olla alle taulukon 2 ohjearvojen. Tämän lisäksi teknisten laitteiden aiheuttamien yksittäisten melutapahtumien L_{AFmax} -tason pitää jäädä alle 30 – 45 dB. Vaihtelualueen alarajaa voidaan soveltaa vaatimuksena tapauksissa, joissa päivä- tai yöaikaisia melutapahtumia on useita tai ne kestävät pitkään. Kun melutapahtumia on vähän ja ne ovat lyhytaikaisia, haitallisuuden arvioinnin

lähtökohtana voidaan käyttää vaihtelualan yläpäättä. Teknisten laitteiden ohjearvot eivät koske samassa asuinhuoneistossa tai samassa luokka-, potilas- tai majoitushuoneessa yms. laskettavan veden ääntä.

Taulukon 2 ohjearvot tarkoittavat tasoja, joihin on tehty melun laadusta mahdollisesti johtuvat äänestämisyys- ja impulssimaisuuskorjaukset, Korjauksia on käsitelty jäljempänä.

5.2 KUULOVAURIORISKIN AIHEUTTAVA MELU

Kuulovaurioriski riippuu melun voimakkuuden ja muiden ominaisuuksien lisäksi altistusajasta. Kuulovaurioriskien arviointimenetelmät ja niiden perusteella laaditut ohjearvot koskevat yleensä jatkuvaa päivittäistä altistumista työperäiselle melulle koko työelämän ajan. Ihminen altistuu yleisötilaisuuksien meluille yleensä korkeintaan muutamia satoja tunteja elämänsä aikana. Yleisötilaisuuksien kuulovaurioriskin arviointia vaikeuttaa myös se, ettei yleisön aikaisempaa, eikä tulevaa melualtistusta tunneta.

Sellaisia meluja, jotka aiheuttavat yleisölle välittömän kuulovaurion, ei pidä sallia lainkaan. Yleisöä altistavien yksittäisten lyhytaikaisten impulssimaisten äänien, kuten laukauksien, taajuuspainotusta C käyttäen mitattu huipputaso, L_{Cpeak} , ei saa ylittää 140 dB. Muun yleisöä altistavan melun, kuten disko- ja konserttimusiikin, kunto- ja aerobic-salien musiikin, elokuvateattereiden äänten sekä urheilukilpailujen kuulutusten ja väliaikamusiikin L_{AFmax} -taso ei saa ylittää 115 dB(A) eikä $L_{Aeq,4h}$ 100 dB(A).

Jos tilaisuuden aikainen yleisön melualtistus tasoitettuna 8 tunnille, $L_{Aeq,8h}$, ylittää 85 dB(A) yleisön saatavilla tulee olla kuulonsuojaimia ja yleisölle tulee antaa ohjeet suojainten käytöstä. Terveysvalvonta voi tarvittaessa vaatia, että kuulovaurioriskien pienentämiseksi tilaisuuden järjestäjän on pidettävä kuulonsuojaimia saattavilla yleisöä varten ja, että järjestäjä tiedottaa yleisölle kuulovaurioriskistä. Terveysturvallisuusviranomaisen voi myös edellyttää, että toiminnanharjoittaja esittää luotettavan selvityksen tilaisuuden arvioituista tai mitatuista melutasoista.

TAULUKKO 2

PÄIVÄ- JA YÖAJAN MELUTASOJEN OHJEARVOT ASUNNOISSA JA MUISSA OLESKELUTILOISSA

| Huoneisto ja huonetila | $L_{Aeq,07-22\ h}$ | $L_{Aeq,22-07\ h}$ |
|---|------------------------|----------------------|
| Asuinhuoneisto | | |
| - asuinhuoneet, paitsi keittiö | 35 dB | 30 dB ⁽²⁾ |
| - asunnon muut tilat ⁽¹⁾ ja keittiö | 40 dB | 40 dB |
| Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat | | |
| - potilashuoneet, majoitushuoneet | 35 dB | 30 dB |
| - päiväkodit, lapsien ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet | 35 dB | 30 dB ⁽³⁾ |
| Kokoontumis- ja opetushuoneistot | | |
| - luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä. | 35 dB ⁽⁴⁾ | - |
| - muut kokoontumistilat ⁽⁴⁾ | 40 dB ^(4,6) | - |
| Työhuoneistot (yleisön kannalta) | | |
| - yleisön vastaanottotilat ja toimistohuoneet | 45 dB ^(4,7) | - |

- 1) Asunnon muita tiloja ovat mm. kylpyhuone, sauna, vaatehuone ja apukeittiö. Jos tällainen tila tai keittiö muodostaa yhteistilan asuinhuoneen kanssa, ohjearvona on asuinhuoneen arvo.
- 2) Asuntojen makuuhuoneisiin yöaikaan kuuluvalla musiikkimelulle ja matalataajuiselle melulle on annettu jäljempänä kohdassa 5.3 ja 5.4 erilliset ohjearvot.
- 3) Yöarvoa sovelletaan vain huoneisiin, joissa nukutaan yöaikaan.
- 4) Ohjearvo aikana, jona yleisö oleskelee huoneessa. Äänitasot saavat olla korkeampia aikoina, jolloin huoneessa ei ole yleisöä. Kuulovammaisten ja kielenopetuksen luokkahuoneille suositellaan ohjearvoksi 30 dB.
- 5) Muita kokoontumistiloja ovat esimerkiksi kokoontumistilojen lämpiöt ja ravintolasalit.
- 6) Tiloissa, joissa harjoitettu toiminta ei edellytä yleisön saavan puheesta tai muista äänistä selvää, voidaan käyttää 5 dB suurempaa ohjearvoa.
- 7) Jos esimerkiksi yleisön ja palvelun intimitteettisuoja edellyttää kuuluvuuden rajoittamista samassa huoneessa olevasta palvelupisteestä toiseen, puhetta voidaan peittää ohjearvoa voimakkaammalla, säädettävällä kohinalla tai taustamusiikilla.

5.3 PIENI- ELI MATALATAAJUINEN MELU

Pieni- eli matalataajuiseksi kutsutaan taajuusalueella 10 – 200 Hz olevia ääniä. Ylä- ja alarajat eivät kuitenkaan ole tarkoin määriteltyjä. Pienitaajuisten äänien täytyy olla melko voimakkaita ennenkuin ne kuullaan, mutta niiden ylittäessä kuulokynnyksen kuuloaisti voi olla hyvin herkkä pienillekin voimakkuuden muutoksille tai vaihteluille. Pienitaajuisten äänien haitallisuuden arviointia vaikeuttaa se, että kuuloltaan terveiden (normaalikuuloisten) ihmisten kuulokynnys vaihtelee 10...15 dB. Arviointia vaikeuttaa myös se, että hiljaisissa ympäristöissä pienitaajuinen, kuultavissa oleva melu voidaan kokea kiusalliseksi ja toimia häiritseväksi melun voimakkuudesta riippumatta.

Taulukossa 3 on esitetty muusta melusta erottuvan pienitaajuisen yöaikaisen melun ohjeelliset enimmäisarvot tiloille, joissa nukutaan. Ohjearvojen tärkeimpänä kriteerinä on se, että melu ei vaikeuttaisi nukahtamista.

TAULUKKO 3.

PIENITAAJUISEN SISÄMELUN OHJEARVOT TERSSIKAISTOITTAIN

| Kaista/Hz | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 |
|------------------|----|----|------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| $L_{Aeq, 1b}/dB$ | 74 | 64 | 56 | 49 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 |

Päiväajan pienitaajuiselle melulle voidaan hyväksyä noin 5 dB suurempia arvoja. Arvioitaessa pienitaajuisen melun haitallisuutta taulukon 3 ohjearvojen perusteella, mittaustuloksiin ei tehdä kapeakaistaisuus- eikä impulssimaisuuskorjausta. Taulukon 3 arvot ovat kuulijaa altistavia keskimääräisiä tasoja.

5.4 ASUNTOIHIN KUULUVA MUSIIKKIMELU

Osa ihmisistä kokee asuntoihin jatkuvasti, esimerkiksi ilta illan jälkeen kuuluvan musiikkimelun kiusalliseksi ja häiritseväksi. Tällainen melu vaikeuttaa nukahtamista. Rakennusten ääneneristävyys on pienillä taajuuksilla

huonompi kuin keskikorkeilla ja korkeilla. Esimerkiksi disko- ja ravintolamusiikissa pienitaajusten (alle 200... 400 Hz) komponenttien suhteellinen voimakkuus on usein merkittävästi suurempi kuin, mitä SFS-EN 717-standardissa esitetyn ääneneristävyysluvun referenssikäyrää määritettäessä on otettu huomioon. Asuntoihin kuuluva terveystahtaa aiheuttava musiikkimelu on yleensä pienitaajuisia melua.

Asuntoihin kuuluvalla musiikkimelulle voidaan käyttää pienitaajuiselle melulle esitettyjä ohjearvoja, ja lisäksi alkuyön (klo 22 – 02) $L_{Aeq,1h^-}$ -tasojen tulisi olla korkeintaan 25 dB(A) silloin, kun musiikkimelu on selvästi erotettavissa, so. kun jatkuva hyväksyttävissä oleva taustamelu ei peitä sitä kuulumattomiin. Taulukon 3 pienitaajuisen melun ohjearvoja sovelletaan musiikkimeluun vain yöaikana ja vain makuuhuoneiden melulle. Kun musiikkimelun haitallisuutta arvioidaan edellä mainittuja ohjearvoja käyttäen, mittaustuloksiin ei tehdä kapeakaistaisuus- eikä impulssimaisuuskorjausta.

5.5 OHJEARVOJEN SOVELTAMINEN AJALLISESTI VAIHTELEVALLE MELULLE

Melun voimakkuus vaihtelee usein ajallisesti. Päivän ja yöajan ekvivalenttitasot voivat vaihdella vuoden aikana jopa 20 – 30 dB(A). Vaihtelun syynä voi olla melun tuoton tai etenemisvaimentumisen muuttuminen.

Vaihtelu voidaan jakaa lyhytaikaiseen ja pitkäaikaiseen vaihteluun. Lyhytaikainen vaihtelu on yhden päivän, yön tai sitä lyhyemmän ajan aikana tapahtuvaa vaihtelua. Pitkän aikavälin, esimerkiksi vuoden aikana tapahtuvassa vaihtelussa, voidaan usein erottaa selvää tilastollista säännönmukaisuutta viikonpäivien (*vuorokausivaihtelu*) ja vuodenajan (*vuodenaikavaihtelu*) mukaan. Säännönmukaisen vaihtelun syynä on useimmiten melun tuoton, esimerkiksi liikennemäärien vaihtelu, tai se, että melulähteet ovat toiminnassa vain ajoittain.

Taulukossa 2 esitetyt ohjearvot (ekvivalentti- eli keskiääntasot) ottavat huomioon melun lyhytaikaisen vaihtelun. $L_{Aeq, 07-22h^-}$ ja $L_{Aeq, 22-07h^-}$ -tasot eivät kuitenkaan ota huomioon vuorokausi- ja vuodenaikavaihtelua. Joissakin tapauksissa, esimerkiksi arvioitaessa melun aiheuttamaa unenhäirintää tai välitöntä kuulovaurioriskiä, haitallisuuden arvioinnissa on otettava huomioon myös lyhytaikainen vaihtelu, esimerkiksi siten, että

nukahtamista estävä melu on katsottava haitallisemmaksi kuin aamuisin heräämisaikana esiintyvä melu.

Melun pitkän aikavälin sisäisistä vaihteluista ja vaihtelun vaikutuksista melun haitallisuuteen ei ole saatavilla luotettavia tutkimustuloksia. Tämän vuoksi seuraavat melun arviointia koskevat pysyvyysarvot ovat vain viitteellisiä.

Asunnoissa ja muussa oleskelutilassa esiintyvän melun voidaan katsoa olevan taulukoissa 2 ja 3 esitettyjen ohjearvojen mukaisia, kun ohjearvojen ylittymisiä yli 3 dB:llä on enintään noin 10 %:ssa vuoden vuorokausista kuitenkin siten, että yli 5 dB:n ylittymisiä ei ole enempää kuin 20 – 30 vuorokautena vuodessa eikä yli 10 dB:n ylittymisiä esiinny lainkaan. Tämän lisäksi terveyshaittaa arvioitaessa saattaa olla aiheellista ottaa huomioon myös melulle altistuvien ihmisten määrän vaihtelu eri vuodenaikoina. Esimerkiksi loma-asuntoja käytetään pääasiassa vain tiettyinä aikoina vuodesta, jolloin edellä mainitut ohjeet tulee suhteuttaa kiinteistön todelliseen käyttöaikaan.

5.6 MELUN MITTAAMINEN

Sisätilojen melutaso vaihtelee yleensä alueellisesti ja ajallisesti. Alueellinen vaihtelu tarkoittaa sitä, että eri kohdissa huonetta samanaikaisesti mitatut arvot eivät ole yhtä suuria. Ajallinen vaihtelu taas tarkoittaa sitä, että eri aikoina samassa pisteessä mitatut arvot ovat erilaisia.

Koska rakennusten käyttötarkoitukset ja -tavat, äänikenttien ajalliset ja alueelliset koostumukset sekä meluhaittojen ja melutasojen väliset riippuvuudet vaihtelevat tapauskohtaisesti paljon, ei yleisiä ja yksinkertaisia, kaikkiin tapauksiin soveltuvia mittausohjeita voida antaa. Jäljempänä on esitetty eräitä mittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä, jotka tulee ottaa huomioon melumittauksia suunniteltaessa ja tehtäessä sekä mittaustuloksia tulkittaessa.

5.6.1 MITTAUSLAITTEET

Mittauksissa tulee käyttää ensisijaisesti standardissa IEC 804 “Integrating-averaging sound level meters” mainittuja integroivia tarkkuusluokan 1 tai standardissa SFS 2877:1980 “Äänitasomittarit” mainittuja tarkkuusluokan 1 vaatimukset täyttäviä mittauslaitteita tai näitä uudempien vastaavien stan-

dardien tarkkuusluokan 1 mukaisia laitteita. Luokan 3 laitteita ei tule käyttää lainkaan.

Mittauslaitteiden toiminta ja herkkyysäädöt tulee tarkistaa ja tarvittaessa säätää ennen mittauksia käyttämällä normaaliäänilähdettä (kalibraattoria), joka täyttää standardin IEC 942:1988 “Sound calibrators” luokan 2 tai tätä uudemman kansainvälisen standardin vastaavan luokan vaatimukset. Pitkään kestävässä tai useita näytejaksoista koostuvissa mittauksissa tarkistus on toistettava myös mittauksen päätyttyä ja tarvittaessa jaksojen välillä.

Normaaliäänilähteiden toimintatarkkuus on tarkistettava riittävän usein, vähintään kerran vuodessa, esimerkiksi vertaamalla luokan 1 tarkkuusäänitasomittarin avulla tutkittavan lähteen antamaa tasoa (ja tarvittaessa taajuutta) toisen kalibraattorin antamaan tasoon. Jos ero on suurempi kuin luokan 2 kalibraattorille sallittu epätarkkuus, kalibraattoria ei pidä hyväksyä käyttöön, ennen kuin on selvitetty sen toimivan oikein ja olevan tarkkuudeltaan standardin IEC 942:1998 tai sitä vastaavan uudemman standardin mukainen.

5.6.2 MITTAUSTEN AIKAISISTA OLOISTA

Ulkoa sisään kuuluvan melun mittaus tehdään ikkunat suljettuina eikä sellaisia valoaukkoihin asennettuja äänenvaimennuskykyä parantavia rakenteita tai varusteita, jotka ehkäisevät päivänvalon läpäisevyyttä tai näkyvyyttä ulos saa käyttää. Asuntoihin kuuluvia, avattavia parvekelasituksia voidaan pitää yöaikana ikkunana (so. ikkunoiden etulasina, joka on kiinniasennossa mittausten aikana). Kesäisin päiväajan ohjeavot tulisi saavuttaa, kun osa asunnon avattavista parvekelaseista on auki tai raollaan.

Jos huoneen kalustus vaikuttaa tulokseen, terveyshaitan arviointi tehdään niiden tulosten perusteella, jotka on tehty käyttötarkoitusta vastaavasti kalustetussa huoneessa. Jos huoneessa olevien ihmisten määrä, sijoittuminen, vaatetus tai muu vastaava seikka vaikuttavat oleellisesti tuloksiin, meluhaitan arvioinnissa käytetään suurimpia mitattuja melutasoja.

Mittauksissa tulee erityistä huomiota kiinnittää siihen, että häiriöäänet eivät vaikuta mittaustuloksiin. Tällaisia ääniä ovat muun muassa huoneiston asukkaiden sekä mittajaan ja mittausten suoritusta seuraavien henkilöiden aiheuttamat äänet, esimerkiksi kävelyn, vaatteiden kahinan, huonekalujen narinan (kun istuja vaihtaa asentoaan), puheen, ovien sulkemisen tai avaamisen tai joskus jopa mittauslaitteiden aiheuttamat äänet.

5.6.3 MITTAUSPAIKAN VALINTA

Mittauspiste tai -pisteet tulee valita siten, että tulokset kuvaavat asukkai-siin tai yleisöön kohdistuvaa tyyppillistä melualtistusta ja antavat riittävän luotettavan ja edustavan kuvan melun alueellisesta ja ajallisesta vaihtelusta sekä melun syystä tai syistä. Ilman pätevää syytä mittauspaikka ei kuitenkaan pidä sijoittaa 1 m:ä lähemmäksi huoneen pintoja eikä melulähteitä. Pätevä syy tätä lyhyempään etäisyyteen voisi olla esimerkiksi tilanne, jossa selvitetään potilashuoneessa vuoteessa oleviin potilaisiin tai lastentarhassa lattialla leikkiviin lapsiin kohdistuvaa melua.

Hyvin hiljaisia meluja ja pienitaajuisia ääniä mitattaessa mittaukset on yleensä toistettava useita kertoja ja eri kohdassa huonetta. Melun syytä selvitetessä vertailumittauksia on tehtävä mahdollisuuksien mukaan silloin, kun tutkittava melulähde ei ole toiminnassa.

Jos edellä mainituin perustein valituissa mittauspisteissä mitatut melutasot vaihtelevat suuresti, terveyshaitan arviointiin käytetään niiden pisteiden melutasoja, jotka ovat suurimmat.

Yleisöä altistavan melun kuulovaurioriskiä arvioitaessa mittauspaikka ja mittauksiin sisältyvät esitykset tulisi valita niin, että korkeintaan noin 5 %:a yleisöstä altistuu voimakkaammalle melulle, kuin mittaukseen sisältyvien esitysten (mittausnäytteiden) perusteella arvioitu $L_{Aeq,4b}$ -taso on.

5.6.4 MELUN SYYN SELVITTÄMINEN

Ennen terveydensuojeluviranomaisen antamaa kehotusta tai määräystä alentaa melutasoa asunnossa tai muussa oleskelutilassa viranomaisen on tunnistettava melun aiheuttaja ja/tai syy mahdollisimman hyvin.

Terveydensuojeluviranomaisen tehtäviin ei yleensä kuulu erikoismittalaitteita edellyttävä rakenteiden ääneneristävyyden mittaaminen. Jos terveydensuojeluviranomainen kuitenkin pitää ääneneristävyyden tutkimista tai muita selvityksiä tarpeellisenä meluhaitan tai sen syyn arvioimiseksi, viranomainen voi tehdä tai teettää kiinteistön omistajalla (Tsl 45 §) tarvittavat mittaukset. Ääneneristävyyden mittauksista saatuja mittaustuloksia ei voida sellaisenaan käyttää melun aiheuttaman terveyshaitan arviointiin, vaan asukasta tai yleisöä altistavan melun voimakkuus ja ominaisuudet ovat mahdollisen terveyshaitan arvioinnin lähtökohtana. Jos asuntojen välinen ääneneristävyytluku, R'_{wp} , on merkittävästi huonompi kuin 52 dB tai askeläänita-

soluku, $L'_{n,w}$, ylittää merkittävästi 58 dB, melun kulkeutuminen asunnosta toiseen voi olla niin suurta, että naapuriin kuuluvista asumisäänistä saattaa koitua terveyshaittaa.

5.6.5 MITTAUSTULOSTEN KORJAUKSET

Äänitasomittareiden toiminta ei vastaa tarkasti kuuloaistin toimintaa. Sekä iskumaisia että kapeakaistaisia komponentteja tai ääneksiä sisältävä melu kuulostaa useimmissa tapauksissa äänekkäämmältä, meluisammalta ja on haitallisempaa kuin saman A-äänitason melu, jolla ei ole näitä ominaisuuksia. Näistä syistä mittaustuloksiin joudutaan tekemään korjauksia. Korjattua melutasoa verrataan taulukon 2 ohjearvoihin.

Jos kokonaismelu koostuu esimerkiksi impulssimaisesta ampurata-melusta ja kapeakaistaisesta voimalaitoksen savukaasupuhaltimen melusta, laskennallinen impulssimaisuuskorjaus tehdään ampumaratamelulle ja laskennallinen kapeakaistaisuuskorjaus voimalaitoksen melulle. Tämän jälkeen määritetään (lasketaan) melukuormitusta kuvaava, sen haitallisuutta luokitteleva summataso.

5.6.5.1 IMPULSSIMAIUUSKORJAUS

Impulssimaista tai iskumaista on melua, jossa on erotettavissa yksi tai useampia alle yksi sekuntia kestäviä voimakkaita ääniä. Impulssimaisille meluille on tunnusomaista

- nopea ja suuri äänitason kasvu äänen alussa, tyypillisesti 20 dB/ms,
- melko lyhyt äänitason vakio-osuus nousun jälkeen; tyypillisesti 0 – 100 ms,
- vaihtelevan pituinen ja nopeuksinen äänitason vaimentuminen signaalin lopussa. Tyypillisesti 20 dB vaimentumiseen kuluu 30 – 500 millisekuntia,
- toistuvuus harvempi kuin 30 tapahtumaa (iskuääntä) sekunnissa.

Nykyisen käsityksen mukaan melun impulssimaisuuden aiheuttama meluisuus ja äänekkyyys riippuvat mm. impulssimelun laadusta, samanlaisen muun melun voimakkuudesta ja siitä, kuinka paljon muuta melua voimakkaampia impulssit ovat.

Impulssimaisuuskorjauksen edellytyksenä on, että melussa on selvästi kuultavissa sen haitallisuutta lisääviä impulssimaisia ääniä. Mitä kauemmaksi impulssiäänien lähteestä edetään, sitä vähemmän äänet erottuvat muusta melusta. Tästä syystä tietyn melun impulssimaisuus vähenee etäännyttäessä melulähteestä. Vastaavasti korjausta mittaustulokseen ei tehdä, jos melu ei ole enää impulssimaista tietyllä etäisyydellä lähteestä.

Impulssimaisuuden vuoksi tehtävä korjaus, K_p , vaihtelee ja on impulssimelun laadun mukaan 5 tai 10 dB(A). Impulssimelut jaetaan kahteen laatuluokkaan

1. Voimakkaasti impulssimainen melu, jota voivat aiheuttaa mm. pienikaliiperisten aseiden laukaukset, puu- ja metalliesineiden vasarointi, iskupaalujen juntauskoneet sekä paineilmakanget ja -vasarat silloin, kun yhden melutapahtuman äänialtistustaso (A-taajuuspainotettu), $L_{AE} > 55 - 60$ dB ja melu erottuu selvästi taustamelusta. Haitallisuuskorjaus, K_p , kunkin tapahtuman L_{AE} -tasoon, on 10 dB.
2. (Tavallinen) impulssimelu, johon lasketaan kuuluvan sellaiset taustamelusta selvästi erottuvat impulssimelut, jotka eivät kuulu selvästi edelliseen luokkaan. Haitallisuuskorjaus, K_p , kunkin tapahtuman L_{AE} -tasoon, on 5 dB.

Korjatut ekvivalenttitasot melulle, jossa on N kappaletta impulssimaista melutapahtumaa, j , joiden kunkin äänialtistustaso on $L_{AE,j}$ ovat päivä- ja yöajalle laskettuna

$$L_{Ar,07-22h} = 10 \lg \left[\frac{1}{54\,000} \sum_{j=1}^N 10^{(L_{AE,j} + K_{I,j})/10} \right]$$

$$L_{Ar,22-07h} = 10 \lg \left[\frac{1}{32\,400} \sum_{j=1}^N 10^{(L_{AE,j} + K_{I,j})/10} \right]$$

Impulssimaisuuskorjaus tehdään vain sille ajalle, jona impulsseja melussa esiintyy.

5.6.5.2 KAPEAKAISTAISUUSKORJAUS

Kapeakaistaisuuden ja äänestäisyyden aiheuttama meluisuuden, äänekyyden ja häiritsevyyden kasvun on todettu riippuvan siitä, kuinka selvästi kapeakaistaiset komponentit erottuvat muusta melusta ja kuinka voimakasta muu samanaikainen melu on. Mitä selvemmin ääni on ulisevaa, sireenimäistä tai soivaa ja mitä hiljaisempaa muu melu (melun ei-äänestäisen osuuden ja muun samanaikaisesti esiintyvän melun summa) on, sitä suuremman tulisi korjauksen olla.

Jos kapeakaistaisuus erottuu heikosti, on korjaus $K_K = 3$ dB(A). Jos se on selvästi kuultavissa, on korjaus $K_K = 6$ dB(A). Kapeakaistaisuus voidaan yleensä katsoa selvästi kuuluvaksi (erottuvaksi), jos komponentti tai komponentit aiheuttavat sen, että

- komponentin voimakkuus ylittää kuulokynnyksen ja
- taajuuspainottomassa terssispektrissä ko. komponentin terssipainetaso on vähintään 5 dB suurempi kuin taajuudeltaan sitä alemman ja ylemmän terssin terssipainetasojen keskiarvo.
- Ja kun samanaikaisesti vallitsevan kokonaismelun L_{Aeq} -taso on alle 55 – 60 dB.

Heikosti kuulohavainnoin erottuva tai taajuudeltaan terssikaistojen välissä oleva tai taajuudeltaan vaihtelevat komponentti ei välttämättä aiheuta viereisten kaistojen välille suurta tasoeroa. Tällaisissa tapauksissa melu kapeakaistaisuuden arviointi edellyttää terssispektriä tarkempaa taajuusanalyysia, jossa arvioidaan komponentin äänekkyys samanaikaiseen muuhun meluun verrattuna.

Korjaus tehdään vain sen ajan, T_K , [s], melulle, jona kapeakaistaisuutta esiintyy.

Korjatut ekvivalenttitasot melulle, jossa on N kappaletta kapeakaistaisia melutapahtumaa, j , joiden kunkin äänialtistustaso on $L_{AE,j}$ ovat päivä- ja yöajalle laskettuna

$$L_{Ar,07-22h} = 10 \lg \left[\frac{1}{54\,000} \sum_{j=1}^N 10^{(L_{AE,j} + K_{K,j})/10} \right]$$

$$L_{Ar,22-07h} = 10 \lg \left[\frac{1}{32\,400} \sum_{j=1}^N 10^{(L_{AE,j} + K_{K,j})/10} \right]$$

5.6.5.3 IMPULSSIMAISTA SEKÄ KAPEAKAISTAISTA MELUA SISÄLTÄVÄN MELUN KORJAUS

Melulle, joka sisältää sekä impulssimaista että kapeakaistaista melua, joiden haitallisuutta kuvaavat lukujen 5.6.4.1 ja 5.6.4.2 mukaiset korjatut ekvivalenttitasot ovat aikana T $L_{Ar,T,imp}$ ja $L_{Ar,T,kap}$, määritetään korjattu ekvivalentti- eli keskiäänitaso kaavalla

$$L_{Ar,Tb} = 10 \lg \left[10^{(L_{Ar,T,imp} + L_{Ar,T,imp})/10} \right]$$

jossa T on kyseinen aika, joko 07 – 22 h tai 22 – 07 h.

5.6.5.4 USEASTA ERILAISESTA MELUSTA KOOSTUVAN MELUN KOKONAISTASO

Kun kunkin osamelun, i , korjattu ajan T ekvivalenttitaso on, $L_{Ar,T,i}$ on M osamelusta koostuvan kokonaismelun korjattu ekvivalenttitaso

$$L_{Ar,T} = 10 \lg \left[\sum_{j=1}^M 10^{L_{Ar,T,i}/10} \right]$$

jossa T on kyseinen aika, joko 07 – 22h tai 22 – 07 h.

5.7 MITTAUSTULOSTEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Kaikkien teknisten mittausten tuloksiin liittyy tietty epätarkkuus ja eri aikoina tehtyjen mittausten tulosten vaihtelu. Melumittauksissa tulosten vaihtelun syynä on mm. mittauslaitteiden ja -menetelmien erot sekä melutasojen ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta aiheutuvat erot. Melumittaustulosten *luotettavuus* kuvaa sitä, millä tilastomatematisella riskillä mittaus-tulos tai tulossarjasta laskettu suure poikkeaa siitä tuloksesta, jonka katsotaan edustavan ”oikeaa arvoa”, esimerkiksi tietyssä huonetilassa vuoden aikana esiintyvän ekvivalenttitason vaihtelun tiettyä pysyvyysarvoa, keskiarvoa, $L_{Aeq,07-22b}$ -tasoa tai koko vuoden ekvivalentti- eli keskiäänitasoa.

Mittaustulosten *edustavuus* puolestaan kertoo siitä, kuinka hyvin mittaukseen sisältyvät näytteet kuvaavat tai vastaavat todellista altistavaa melua ja sen vaihtelua. Yleispäteviä sääntöjä (kaavoja) terveyshaittojen arviointiin käytettävien melutasojen luotettavuuden ja edustavuuden arviointiin ei voida antaa. Kaikissa tapauksissa olisi kuitenkin tavalla tai toisella arvioitava haittojen arvioinnin lähtötietoina käytettävien melutasojen epävarmuus.

Jos epävarmuuden huomioon ottaminen johtaa ristiriitaisiin päätelmiin, on tehtävä lisämittauksia ja -selvityksiä. Usein melutasot ja mittaus-tulokset vaihtelevat kuitenkin pitkällä aikavälillä niin, että pienimmät mittaustulokset jäävät alle ohjearvojen ja suurimmat arvot ylittävät ne selvästi. Tällöin on käytettävä harkintaa, jonka lähtökohtana ei ole pitkän aikavälin keskimääräinen melutaso, vaan se, kuinka usein ja kuinka paljon ohjearvot mahdollisesti ylittyvät.

ÄÄNET, JOTKA EIVÄT YLEENSÄ OLE TERVEYDENSUOJELULAIN TARKOITTAMAA MELUA

Seuraavien äänien ei katsota kuuluvan terveydensuojelulain soveltamisalueen piiriin:

- Sellaiset yleisölle järjestetyissä tilaisuuksissa, kuten musiikkiesityksissä, urheilukilpailuissa, huvipaikoilla, teattereissa ja erilaisissa harrastustoiminnassa tapahtuvan esitys- ja esiintymistoiminnan äänet, jotka altistavat yleisöä, esiintyjä tai osanottajia, mutta eivät aiheuta kuulovaurioita tai niiden riskiä.
- Luonnonilmiöiden ja luonnonvaraisten eläinten äänet luonnossa ja luonnon muo-vaamissa rakenteissa. Terveydensuojelulain tarkoittamaa melua voivat sen sijaan olla tuulen, sateen sekä esimerkiksi meren aaltojen teknisissä rakenteissa synnyttämät äänet sekä tarha- ja kotieläinten äänet.
- Viranomaisten määräämien tai hyväksymien, asianmukaisesti käytettyjen akustisten hälytys- ja varoituslaitteiden äänet. Laitteet tulisi kuitenkin suunnitella ja sijoittaa niin ja niitä tulisi käyttää siten, että kansalaisia altistavat melutasot eivät ole tarpeettoman suuria eikä altistusajat tarpeettoman pitkiä.
- Ympäristönsuojelulain (86/2000) 60 §:ssä tarkoitettua melua ja tärinää aiheuttavista tilapäivistä toimista aiheutuva melu silloin, kun siitä on tehty ympäristönsuojelulain mukainen ilmoitus ja toiminta on ilmoituksessa annettujen tietojen sekä ilmoituksen johdosta annettujen määräysten mukaista.
- Äänet ja melu, joita yksityinen kansalainen aiheuttaa omilla elintavoillaan tai toiminnoillaan ja, jotka kohdistuvat haittaa tai mahdollista haittaa tuottaen vain häneen itseensä.
- Työturvallisuuslaissa tarkoitettu, työntekijöitä altistava melu työpaikoilla. Terveydensuojelulaissa tarkoitettua melua voi kuitenkin olla melu, joka kuuluu viereiseen, toisen työnantajan toimistoon tai, joka kuuluu asuntoihin tai muihin oleskelutiloihin.

MELUNTORJUNNAN KÄSITTEITÄ

Aikapainotus: Äänitason mittauksessa käytetty signaalin tehollisarvon määrittämenetelmä. Tehollisarvon ilmaisen aikajänteelle (aikavakiolle, liukuvaan neliökeskiarvoon sisältyvän näytteen pituudelle) on standardoitu aikavakiot Slow (hidas, 1 s), Fast (nopea, 125 ms), Impulse (impulssi, 35 ms) ja Peak (huippuarvo, 20...50 ms). Ekvivalenttitasoa mitattaessa aikavakion pituus on aika $t_2 - t_1$ eli mittauksen kesto vastaava aika.

Altistus: (Melu-altistus) on tilanne, jossa ihminen on äänienergian vaikutusten kohteena. Melu-altistuksen suuruutta kuvataan yleensä ekvivalentti- eli keskiäänitasolla, $L_{eq, T}$. T on altistuksen ajallinen kesto, esimerkiksi kahdeksan tuntia (työpäivä) tai aika klo 07 – 22 h.

A-taajuuspainotettu äänenpainetaso, L_{pA} : Ks. A-äänitaso.

A-äänitaso, L_A , L_{pA} : Äänitasomittareita koskevilla standardeilla, IEC 60561 (entinen IEC 561, SFS 2887), IEC 60804 (entinen IEC 804) ja IEC 61672 määriteltä A-taajuuspainotusta käyttäen määritetty äänenpainetaso. Äänenpainetaso p ei yleensä merkitä L :n alaindeksiin, paitsi jos äänenpainetaso halutaan erottaa selvästi muista äänen voimakkuutta kuvaavista tasoista, kuten intensiteettitasosta (L_I) ääni-tehotasosta (L_{WA}).

Ekvivalenttitaso eli keskiäänitaso, L_{Aeq} , $L_{Aeq, t1-t2}$:

Mittausaikaväliltä $t_1 - t_2$ määritetty A-taajuuspainotettu ekvivalenttitaso

$$L_{Aeq, t_1-t_2} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \left(\int_{t_1}^{t_2} 10^{L_{pA}(t)/10} dt \right) \right]$$

$$L = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \left(\int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \right]$$

jossa $L_{pA}(t)$ on hetkellinen A-äänitaso ja $p_A(t)$ hetkellinen A-taajuuspainotettu äänenpaine. Taso on mittausaikavälin $t_1 - t_2$ äänenpaineen tehollisarvon neliön kymmenkertainen logaritmi. Ekvivalenttitasosta käytetään myös nimityksiä jatkuva samanarvoinen äänitaso ja keskiäänitaso. $L_{Aeq, 07 - 22 h}$ tarkoittaa päiväajan (klo 07 – 22) ja $L_{Aeq, 22 - 07 h}$ yöajan (klo 22 – 07) ekvivalenttitasoa.

Enimmäisäänitaso, L_{max} :

Äänitason suurin hetkellinen arvo. Käytetty taajuus- ja aikapainotus merkitään alaindeksiksi: $L_{Apeak max}$, L_{Almax} , L_{AFmax} ja L_{ASmax} . Alaindeksiin voidaan merkitä selvyden vuoksi näkyviin myös se aika, jolta enimmäistaso on määritetty. Esimerkiksi $L_{AFmax, 24h}$ on suurin A-taajuuspainotusta ja Fast-aikapainotusta käyttäen määritetty äänitaso vuorokauden ajalta. $L_{Almax, 07 - 22h}$ tarkoittaa impulssiainepainotteisen A-äänitason suurinta arvoa klo 07 – 22 h väliseltä ajalta.

IEC: International Electrotechnical Commission. EU:n sähkötekniikan standardointielin on CENELEC. Mikäli tämän ohjeen voimassaolon aikana julkaistaan äänitason mittauslaitteita tai kalibraattoreita koskevia CENELEC-standardeja, niiden vaatimukset on asetettava edelle tapauksissa, joissa ei ole voimassa olevaa vastaavaa SFS-standardia.

Impulssimelu: Melu on impulssimaista, jos siinä kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä lyhytkestoisia, voimakkaita isku-, laukaus- tai purkausääniä. Impulssimaisille meluille on tunnusomaista:

- nopea ja suuri äänitason kasvu äänen alussa, tyypillisesti 20 dB/ms
- melko lyhyt äänitason vakio-osuus nousun jälkeen. Tyypillisesti 0 – 100 ms,
- vaihtelevan pituinen ja nopeuksinen äänitason vaimentuminen signaalin lopussa. Tyypillisesti 20 dB vaimentumiseen kuluu 30 – 500 millisekuntia,
- toistuvuus harvempi kuin 30 tapahtumaa sekunnissa.

Impulssimainen melu on melko harvoin kapeakaistaista. Kirkonkellojen ääni on esimerkkinä iskumaisesta äänestä, joka voi olla saman aikaisesti myös kapeakaistaista. Monet impulssimelut aiheuttavat kuulijassaan pelästymisheijasteen.

Iskumelu, iskuääni:

Ks. impulssimelu.

Kalibraattori: Ks. Normaaliäänilähde

Kapeakaistainen melu:

Melu on kapeakaistaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ääneksiä tai kapeakaistaisia komponentteja. Tyypillisesti kapeakaistaisia komponentteja sisältävä melu kuulostaa soivalta, vinkuvalta tai ulisevalta, joskus kumisevalta.

Kapeakaistainen melu:

Melu on kapeakaistaista, jos siinä on kuulohavainnoin erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä ääneksiä tai kapeakaistaisia komponentteja. Tyypillisesti kapeakaistaisia komponentteja sisältävä melu kuulostaa soivalta, vinkuvalta tai ulisevalta, joskus kumisevalta.

Keskiäänitaso: Ks. Ekvivalenttitaso.

Kiusallisuus: Ks. Melun kiusallisuus.

Kokonaismelutaso: Eri äänilähteistä peräisin olevan melun yhteisvaikutuksena syntyvä melutaso. Esimerkiksi asunnon sisämelu saattaa koostua eri liikennemuotojen, laitosten ja rakennuksen teknisten laitteiden melusta.

Kuulovaurio: pysyvä kuulokyvyn alentuminen.

Maksimitaso, L_{max} :

Ks. Enimmäistaso.

Melu: Ääni, joka mahdollisesti aiheuttaa terveydensuojelulaissa tarkoitettua haittaa. Yleiskäsitteenä melu on ääntä, jonka ihmisen kokee epämiellyttävänä tai joka on muulla tavoin ihmisen terveydelle vahingollista tai hänen muulle hyvinvoinnilleen haitallista. Esimerkiksi musiikkiesityksestä ei katsota sitä kuulemaan tulleiden ihmisten kannalta meluksi, mutta se voi olla naapurihuoneistossa tai -kiinteistössä melua. Meluksi katsotaan kuitenkin sellaiset voimakkaat yleisöä altistavat äänet, jotka aiheuttavat kuulovauriovaaran tai suuren kuulovaurioriskin.

Terveydensuojelulaissa tarkoitettun melun yleinen tunnuspiirre on se, että se ei ole altistetun itse tuottamaa, eikä myöskään aiheudu

sellisesta huoneistossa tai kiinteistöllä harjoitetusta toiminnasta, johon altistettu ottaa osaa perheen jäsenenä, kuuntelijana, katselijana tai toimintaa harjoittavan ryhmän jäsenenä.

Meluisuus: Kuulijan vaikutelma tai arvio äänen epämiellyttävyydestä tai ominaisuuksista, joka huonontavat äänen laatua tai lisää epämiellyttävyyden voimakkuutta. Meluisuuden ja äänen voimakkuuden välisiä riippuvuuksia tutkitaan pyytämällä koehenkilöitä asettamaan erilaisia ja eri voimakkuudella esitetyt ääninäytteet meluisuusjärjestykseen. Koehenkilöitä voidaan myös pyytää kertomaan montako kertaa meluisempaa joku ääni tai melu hänen mielestään on vertailuääneen verrattuna. Vrt. äänekkyyys. Samojen melunäytteiden äänekkyyys- ja meluisuusjärjestys voi poiketa toisistaan.

Melukuormitus: Meluimmission (altistavan melun) voimakkuus tai sen suuruutta kuvaava luku.

Melulaji: Melulähteen, melun aiheuttajan, melun ominaisuuksien tai melun esiintymisen tunnusomaisiin piireteisiin, kuten esiintymispaikkaan tai -aikaan taikka torjuntakeinoihin perustuva tunnistaminen. Esimerkkeinä: liikennemelu, teollisuusmelu, yöaikainen melu ja impulssimainen melu.

Melun häiritsevyys: Häiritsevyys (engl. disturbance tai interference, saks. Störung) on a) Altistetun kokema tehtävistä tai toimista suoritumisen vaikeutuminen melun vuoksi, b) melun ominaisuus, joka aiheuttaa em. kokemuksen, c) yleiskäsite, joka kattaa kaikki haitalliset melureaktiot ja niitä aiheuttavat melun ominaisuudet.

Melun kiusallisuus: Kiusallisuus (engl. annoyance, saks. Belästigung tai Lästigkeit) on melulle altistuneen elämyksellinen kokemus, jonka hän kokee tai arvioi itseään häiritseväksi, ei-toivotuksi, kielteiseksi, tai elämisen tai asuinympäristön laatua huonontavaksi. Melun kokeminen häiritseväksi, so. toimintoja tai suoritumisia vaikeuttavaksi, lisää yleensä melun kiusallisuutta.

Melun korjattu taso: Melun voimakkuutta tai haitallisuutta kuvaa tunnusluku, joka saadaan, kun mittaustulokseen lisätään melun erityisen laadun tai esiin-

tymisajan vuoksi tehtyjä korjauksia tai painotuksia (englannin kielinen termi on rating level ja saksalainen Beurteilung Schallpegel). Korjauksia tehdään mm. melun impulssimaisuuden ja kapeakaistaisuuden vuoksi. Korjaus voidaan tehdä myös melun esiintymisajan (päivä/ilta/yö, kesä/talvi) vuoksi.

Melun laatu: Melun laatu koostuu kaikista melun (äänen) fysikaalisista parametreista, joiden muutos aiheuttaa muutoksen melureaktioon. Tällaisia ovat mm. äänitaso, äänitason vaihtelulaajuus, -nopeus ja -tapa, äänen spektrin eli taajuusjakautuman muoto ja sen ajallisen vaihtelun ominaisuudet sekä äänen kesto. Kapeakaistaisuus ja impulssimaisuus ovat melun erotettavuuteen, äänekkyteen, meluisuuteen, häiritsevyyteen ja kiusallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Melureaktio, melun aiheuttama reaktio:

Melun aiheuttama elintoimintojen tai käyttäytymisen muutos tai melun herättämä elämyksellinen kokemus. Kaikki melureaktiot eivät ole terveydellisesti haitallisia. Altistusympäristö ja -ajankohta voi vaikuttaa henkilökohtaisten ominaisuuksien lisäksi reaktion voimakkuuteen.

Mittausaikaväli: Mittaukseen käytetyn ajan pituus, mittauksen kesto. Aika voidaan merkitä melutason symbolin alaindeksiksi. Esimerkiksi: $L_{Aeq, 15 min}$. Käsite mittausaika voi aikavälin lisäksi tarkoittaa myös mittauksen ajankohtaa (päivämäärä ja kelloaika).

Normaaliäänilähde:

Tietyn vakioäänitason antava äänilähde, jonka avulla voidaan tarkistaa ja säätää (kalibroida) melumittauksissa käytettyjen laitteiden toiminta ja tarkkuus. Standardissa IEC 942/1985 on esitetty vaatimukset normaaliäänilähteille.

Ohjearvo: Asuin- ja elinympäristön melukuormituksen arvo, jota ei tulisi ylittää pyrittäessä terveellisen ja viihtyisään ympäristöön. Koska erilaisten melujen vaikutukset ovat erilaisia ja riippuvat mm. altistusympäristöstä ja ajankohdasta, niin ohjearvojen ylittymistä ei voida pitää yksikäsitteisenä merkinä siitä, että melu aiheuttaisi altistetussa aina niin voimakkaita melureaktioita, että terveysvalvonnassa ei voitaisi sallia esimerkiksi kohtuullisuusharkintaan perustuen ohjearvojen ylittymisiä.

Pelästymisheijaste:

Voimakkaan tai nopean melutason vaihtelun, esimerkiksi laukausäänen, aiheuttama säpsähdyksenomainen liike tai liikesarja. Jälki-reaktioina on usein vahva, tiedostoton tarve paikantaa ja tunnistaa melun syy. Pelästymisheijasteesta käytetään myös nimitystä säpsähdyksireaktio. Heijastetta voidaan pitää melko varmana merkinä siitä, että melu on impulssimaista.

Puheenhäirintä: a) Tapahtuma, jossa melu vaikeuttaa puheen erottamista ja ymmärtämistä tai edellyttää puhujan korottavan ääntään siten, että sen ymmärrettävyys huononee. b) Melun ominaisuus tai kyky aiheuttaa tällaisia tapahtumia.

Pysyvyytaso: Ks. Äänitason pysyvyytaso.

Pysyvä kuulokyvyn aleneminen:

Pysyvä (palautumaton) kuuloaistin toimintaherkkyiden muutos. Yleensä alentuman suuruus, verrattuna standardoituun hyväkuuloisen ihmisen kuuloon (kuulokynnysarvoin eri taajuuksilla), on erilainen eri taajuuksilla. Aleneman suuruus ilmoitetaan usein kolmen tai neljän eri taajuuden keskiarvona. Kuulokynnysarvo tai -taso on ihmisen juuri ja juuri kuuleman tietyllä taajuudella esitetyn hiljaisimman äänen äänenpainetaso. Eri taajuuksilla mitattuja kynnysarvoja yhdistävää käyrää kutustaan kuulokynnyskäyräksi.

SFS: Suomen Standardisoimisliitto, Finlands Standardiseeringsförbund.

Suuntautumisvaste:

Ääniympäristössä uuden tai oudon melun aiheuttajan, sen sijainnin ja äänen tulosuunnan tunnistamistarve ja tunnistaminen näköhavainnoin. Suuntautumisvasteesta käytetään myös nimitystä orientoitumisreaktio.

Taajuuspainotus: Toimenpide, jonka tarkoituksena on muuttaa äänitason mittalaitteen taajuusvaste siten, että mittarin näytön mukainen erilaisien äänien voimakkuusjärjestys vastaisi kuuloaistin perusteella suoritettua äänekkyysluokitusta. Ympäristömelumittauksissa käytetään standardoitua A-taajuuspainotusta ja joissakin tapauksissa C-painotusta, Jos käytetty taajuuspainotus ei käy selvästi ilmi asiayhteydestä, merkitään sen symboli sulkuihin tason yksikön dB, perään. Esimerkiksi: 35 dB(A).

Unihäiriö: Unen lepo- ja virkistysvaikutuksen kannalta haitalliseksi katsottava muutos (melureaktio) nukkuvan elintoiminnoissa. Unihäiriöt voivat aiheuttaa jälkiseurauksia, esimerkiksi vireystilan tai tarkkaavaisuuden huonontumista seuraavana päivänä.

Viiteaika: Aika, jonka aikaista melutasoa tai melukuormitusta ohjearvo koskee. Sisämelun ohjearvojen viiteaikaväli on klo 07 – 22 päiväajalle ja klo 22 – 07 yöajalle. Viiteaikaväli on selvyiden vuoksi syytä merkitä melutason symbolin alaindeksiksi. Esimerkiksi:

$$L_{Aeq, 07-22b}, L_{AFmax, 07-22b}$$

Ympäristömelu: Yleisnimitys kaikelle ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvälle melulle.

Äänekkyyys: Kuulijan vaikutelma tai arvio äänen akustisesta voimakkuudesta tai äänen ominaisuus, joka kuvaa sen kuultua voimakkuutta. Äänekkyyden ja äänitason välisiä riippuvuuksia tutkitaan pyytämällä koehenkilöitä asettamaan erilaisia ja eri voimakkuudella esitettyjä ääninäytteitä äänekkyyssjärjestykseen. Koehenkilöitä voidaan myös pyytää kertomaan montako kertaa äänekkäämpää joku ääni tai melu hänen mielestään on vertailuääneen verrattuna. Vrt. meluisuus. Standardoituja objektiivisia äänekkyyden määrittämenetelmiä on esitetty ISO 532-standardissa.

Äänenpainetaso, L_p :

Äänenpaineen tehollisarvon, p [Pa], ja vertailuarvon, p_0 , [Pa] suhteen kaksikymmenkertainen logaritmi:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ dB} ,$$

jossa vertailuarvo $p_0 = 20$ mPa. Ihmisen kuuloaisti ja äänitasomittareissa käytettävät mikrofonit ovat paineelle herkkiä äänen voimakkuuden detektoreja.

Äänes: Ääni, joka sisältää vain yhtä taajuutta.

Äänialtistustaso, L_E : Ajalta $t_1 - t_2$ määritelty äänialtistustaso

$$L_E = 10 \lg \left[\frac{1}{t_0} \left(\int_{t_1}^{t_2} 10^{L_p(t)/10} dt \right) \right]$$

$$= 10 \lg \left[\frac{1}{t_0} \left(\int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) \right]$$

jossa t_1 on tarkasteluajan alkuhetki, t_2 sen loppuhetki, t_0 vertailu aika 1 s, $L_p(t)$ äänitason hetkellisarvo [dB], $p(t)$ äänenpaineen hetkellisarvo [Pa] ja p_0 vertailuäänepaine 20 mPa. Ajan $t_1 - t_2$ tulee olla niin pitkä, että tarkasteltava tapahtuma tai tapahtumat jäävät selvästi sen sisään.

Äänitaso: Ks. Äänenpainetaso.

Äänitason pysyvyystaso, $L_{x\%}$:

Arvo, jonka ajallisesti vaihteleva äänitaso ylittää x %:a määrittämissä aikana. Esimerkiksi $L_{AF,5\%}$ on Fast-aikapainotettu A-äänitaso, jonka ylittyy 5 % ajasta. Aika, jolta arvo on määritetty, voidaan merkitä alaindeksiin. Esimerkiksi $L_{AF,90\%,07-22h}$ tarkoittaa päiväajalta (klo 07 - 22 h) määritetyn fast-aikapainotetun A-äänitason arvoa, joka ylittyy 90 %:a ajasta. Pysyvyystason arvo riippuu x :n lisäksi käytetystä tehollisarvon määrittämisen aikavakiosta. Esimerkiksi $L_{AS,5\%}$ -taso on yleensä alhaisempi kuin $L_{AF,5\%}$ -taso.

Äänitehotaso, L_W : Äänilähteen säteilemän äänitehon, W [W], ja vertailuäänitehon, W_0 , suhteen kymmenkertainen logaritmi

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0} \text{ dB} \quad ,$$

jossa vertailuarvo $W_0 = 1 \text{ pW}$. Koneiden ja laitteiden äänitehotaso ilmoitetaan yleensä A-taajuuspainotettuna eli L_{WA} -tasona. Esimerkiksi ihmisen keskusteluäänen ääniteho, W_A , on tyypillisesti noin $0,1 \dots 1 \text{ mW}$ ja äänitehotaso L_{WA} noin $80 \dots 90 \text{ dB}$. Sellaisen pölyimurin, jonka äänenpainetaso on suuressa huoneessa 2 m etäisyydellä 70 dB(A) , äänitehotaso L_{WA} on noin 84 dB .

II KEMIALLISET EPÄPUHTAUDET, HIUKKASET JA KUIDUT

Sisäilma saattaa sisältää terveyshaittaa aiheuttavia määriä kemiallisia aineita (epäpuhtauksia). Epäpuhtaudet voivat olla peräisin rakennus- ja sisustusmateriaaleista, kosteuden vaurioittamista rakenteista, ihmisen toimunnoista tai asunnon ja muun oleskelutilan ulkopuolelta (rakennuksen muut tilat, teollisuuden ja liikenteen päästöt tai maaperä). Kemialliset epäpuhtaudet ovat hiukkasmaisia tai kaasumaisia aineita, jotka voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin.

Kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuudet sisäilmassa saattavat vaihdella ympäristöolosuhteiden (sääolot, huoneilman lämpötila ja kosteus, ilmanvaihto) tai rakennuksessa ja sen ulkopuolella tapahtuvien toimintojen mukaan. Sisäilman kaasumaiset orgaaniset yhdisteet ovat todennäköisesti yhteydessä ihmisten kokemiin terveys- ja hajuhaittoihin (mm. päänsärkyä, väsymystä jne.) ja erityisesti asumisviihtyvyyttä vähentäviin tuntemuksiin. Ilmassa samanaikaisesti esiintyvillä useilla yhdisteillä saattaa olla vaikutukseltaan myös toisiaan vahvistava ominaisuus.

Kemiallisten, sisäilmassa esiintyvien haihtuvien yhdisteiden kokonaismäärää ilmoitetaan usein termillä TVOC (Total volatile organic compounds). TVOC-mittaustulosta ei voida käyttää sellaisenaan terveyshaitan arvioinnissa. Toisaalta kohonnut TVOC-pitoisuus (yli $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on osoitus kemiallisten aineiden epätavallisen suuresta määrästä sisäilmassa, ja lisäselvitykset yksittäisten yhdisteiden tutkimiseksi ovat todennäköisesti tarpeen. Kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuudet ovat usein korkeimmat uudisrakennuksissa ja korjatuissa rakennuksissa.

6 KEMIALLISTEN EPÄPUHTAUKSIEN, HIUKKASTEN JA KUITUJEN OHJEARVOT

Kemiallisten aineiden enimmäispitoisuuksista asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilmassa ei ole käytettävissä kansainvälisiä tai kotimaisia viranomaisohjeita tai standardeja. Myöhemmin tässä ohjeessa eräille organisille aineille esitetyt numeeriset arvot ovat luonteeltaan ohjeellisia, ja ne perustuvat Suomessa aikaisemmin terveydenhoitolain (469/65) nojalla julkaistuihin suosituksiin, käytännön valvontatyössä hankittuun kokemukseen sekä terveydensuojeluviranomaisten päätöksiin. Maailman terveysjärjestön (WHO) julkaisemia sisäilman kemiallisia aineita koskevia enimmäispitoisuussuosituksia voidaan tarvittaessa käyttää, kun arvioidaan mitatun aineen pitoisuuden haitallisuutta ihmisen terveydelle.

Jäljempänä esitetään eräiden yksittäisten aineiden pitoisuutta kuvaavia arvoja ja niiden mittaamenetelmiä. Ne soveltuvat käytettäväksi asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa, kuten oppilaitoksissa, päivähoitopaikoissa ja kokoontumishuoneistoissa.

6.1 EPÄPUHTAUKSIEN MITTAAMINEN

Sisäilman kemiallisten epäpuhtauksien mittauksia tarvitaan sisäilman aiheuttamien terveys- ja hajuhaittojen, sairauksien tai niiden oireiden syiden selvittämiseen. Ennen mittauksia tulisi mahdollisimman hyvin selvittää epäpuhtauslähteet, esimerkiksi materiaaliselvitysten ja hajuhavaintojen avulla (uudet materiaalit, tekstiilit ja kalusteet) sekä tutkimalla huoneen tai rakennuksen ulkoiset ja sisäiset olosuhteet (ilmanvaihto, käytetyt kemikaalit kuten puhdistus- ja pesuaineet).

6.1.1 MITTAUSMENETELMÄT JA -OLOSUHTEET

Jäljempänä mainittujen yksittäisten yhdisteiden mittaamisessa tulisi ensisijaisesti käyttää kussakin kohdassa mainittuja standardisoituja menetelmiä. Jos se ei ole mahdollista, mittauksessa voidaan käyttää tässä

ohjeessa mainittuja tai muita luotettavaksi todettuja mittausmenetelmiä. Näytteen on edustettava mahdollisimman hyvin tavanomaisia olosuhteita. Huoneiston lämmityksen ja ilmanvaihdon on oltava tavanomaisesti toiminnassa ja esimerkiksi ulkoseinien korvausilmaventtiileiden on oltava avoinna vuodenaikaista käyttötilannetta vastaavasti. Ikkunatuuletusta tulee välttää vähintään 4–6 tuntia ennen näytteenottoa ja näytteenoton aikana.

6.1.2 ILMANÄYTTEEN OTTAMINEN JA KIRJAAMINEN

Ilmanäyte kerätään tutkittavasta huoneesta oleskeluvyöhykkeeltä (ks. kohta 1.1) siten, että näytteenotto tapahtuu huoneen keskeltä, n. 1,1 metrin korkeudelta. Näyte otetaan huonetilasta, joka parhaiten edustaa tutkittavan epäpuhtauden esiintymistä. Jos vertailunäytteen ottaminen on mahdollista, se tulisi ottaa vastaavasta tilasta. Vastaavalla tilalla tarkoitetaan esimerkiksi saman rakennuksen tilaa, jossa tutkittavaa epäpuhtauslähdettä ei ole, tai käyttötarkoitukseltaan vastaavaa tilaa. Tutkittavan kohteen koon mukaan tarvitaan yleensä 1–2 näytettä ja mahdollinen vertailunäyte. Jos epäpuhtauden epäillään kulkeutuvan sisälle ulkoa, sisäilmamittausten yhteydessä on otettava myös ulkoilmanäyte. Eräiden epäpuhtauksien esiintyminen riippuu sisäilman lämpötilasta ja kosteudesta (formaldehydi, ammoniakki), joten ne tulisi tarvittaessa mitata myös syyskesällä tai muun tavanomaisen kosteusrasituksen aikana. Mittausaika on kunkin kemiallisen epäpuhtauden mittausmenetelmästä ilmoitettu näytteen keräysaika.

Näytteenotossa käytettyjen pumppujen ja mittalaitteiden pitää olla kalibroitu laitevalmistajan antamien ohjeiden mukaan. Pumppujen ilmapirrat tarkistetaan saippuakuplakalibraattorin, kalibroidun rotametrin tai kuivakaasumittarin (kaasukellon) avulla. Näytteet toimitetaan välittömästi näytteenoton jälkeen laboratorioon analysointia varten.

Näytteenoton aikaiset olosuhteet, kuten ilmanvaihtolaitteiston toiminta, sää, huoneilman lämpötila ja kosteus, mittalaitteiden ja pumppujen kalibrintitiedot, kuvaus huoneistossa käytetyistä materiaaleista ja pesu- ja puhdistusaineista, todennäköiset epäpuhtauslähteet, hajuhavainnot ja mittauksiin mahdollisesti vaikuttaneet häiriötekijät, kirjataan erilliseen mittauspöytäkirjaan. Mittauspisteet merkitään huoneiston pohjapiirroksen.

6.1.3 MITTAUSTULOKSEN VERTAAMINEN OHJEARVOON

Näytteenoton ja laboratorioanalyysin kokonaisvirhe riippuu mittausten menetelmästä. Jos mittaustulos ylittää tai alittaa lievästi ohjearvon, tulisi mittausta tehdä mahdollisimman pian uudestaan. Kahden tai useamman peräkkäisen näytteen ottaminen lisää tuloksen luotettavuutta.

6.2 AMMONIAKKI

Ammoniakkia voi vapautua sisäilmaan myös joistakin maaleista ja laakoista, puhdistus- ja pesuaineista sekä ihmisten ja eläinten eritteistä. Sisäilman ammoniakki voi myös indikoida rakennusmateriaaleissa, esimerkiksi tasotteissa tai liima-aineissa, kosteuden vaikutuksesta tapahtuneesta proteiinien ja muiden orgaanisten aineiden hajoamista. Tällaisten reaktioiden tapahtuessa ilmaan vapautuu myös muita kemiallisia yhdisteitä (VOC), kuten amiineja, aldehydejä, orgaanisia rikkiyhdisteitä ja rasvahappoja, jotka ovat, kuten ammoniakki, ärsyttäviä yhdisteitä. Myös tupakointi lisää sisäilman ammoniakkipitoisuutta.

Ammoniakin hajukynnys on n. $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Erilaisten amiinien hajukynnykset ovat 10...100 kertaa pienempiä kuin ammoniakin. Amiinit aiheuttavat ärsytystä pienemmissä pitoisuuksissa kuin ammoniakki, joka aiheuttaa ärsytysoireita pitoisuuden kohotessa yli 160...410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2.1 AMMONIAKIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Edellä kohdassa 6.2 kuvatuista syistä sisäilman ammoniakille ei voida ilmoittaa terveysperusteista ohjearvoa. Sisäilman ns. tavanomaisena ammoniakin pitoisuutena voitaneen kuitenkin pitää arvoa 10 – 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jos sisäilman ammoniakkipitoisuus ylittää arvon 40 μg pitoisuutta voidaan pitää tavanomaista korkeampana. Tällöin on aiheellista pyrkiä löytämään syy, kuten kosteus- tai viemärivero, joka on saattanut aiheuttaa ammoniakin pitoisuuden kohoamisen sisäilmassa. Lisäksi tulisi mahdollista terveyshaittaa aiheuttavien sisäilman epäpuhtauksien lähteiden selvittämiseksi harkita yksittäisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) mittausta.

Sisäilmasta ammoniakki tulisi määrittää silloin, kun sisäilma haisee lämpötilan ja kosteuden muutosten mukaan vaihtelevalla pistävällä, mädän tyyppisellä hajulla tai kun lattiapinnoitteessa, esimerkiksi parketissa, on tummia värimuutoksia.

6.2.2 AMMONIAKIN MITTAUSMENETELMÄT

Ammoniakkinäyte kerätään pumpulla laimeaan rikkihappoliuokseen tai rikkihapolla käsiteltyä aktiivihiltä tai silikageeliä sisältävään adsorbeutti-putkeen. Näyte analysoidaan ioniselektiivisellä tai spektrofotometrisellä menetelmällä. Ammoniakin määrittämisessä on suositeltavaa käyttää ohjekortin RT 14-10775 menettelyä. ”Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen”, (www.rakennustieto.fi).

6.3 ASBESTI

Asbesti on yleisnimi eräille luonnossa esiintyville mineraalikuiduille. Asbestia on käytetty paljon rakennusmateriaaleissa, koska sillä on monia hyviä rakennusteknisiä ominaisuuksia: se on palamatonta, eristää hyvin lämpöä ja sillä on hyvät akustiset ominaisuudet. Asbestin käyttö rakennusmateriaaleissa oli laajimmillaan 1960-70-luvun vaihteessa. Asbestia on käytetty muun muassa lämmöneristemassoissa (putket, kattilat, varaajat), seinä- ja kattolevyissä, vesijohdoissa ja viemäreissa, ilmanvaihtokanavissa (ruiskutetut tai asbestisementtituotteet), lattiama-teriaaleissa (vinyylasbestilaatat, joustovinyylimatot), tasoitteissa ja laattojen kiinnityslaasteissa. Nykyiset suomalaiset rakennusmateriaalit eivät sisällä asbestia.

Asbestimateriaalia käsiteltäessä ilmaan leviää hienopölyä ja muita asbestikuituja. Kuidut ovat läpimitaltaan 0,03 – 3 µm. Hengitysilman mukana kuidut kulkeutuvat ja kerääntyvät keuhkoihin. Altistumisesta voi aiheutua keuhkosyöpää, asbestoosia ja keuhkopussin sairauksia.

Hyväkuntoiset, ehjät asbestimateriaalit eivät aiheuta haittaa kiinteistön normaalissa käytössä. Sen sijaan kaikissa asbestipitoisten rakenteiden purku- ja korjaustyöissä voi aiheutua terveyshaittaa, jos ei suojauduta kunnolla. Asbestin purku- ja korjaustyötä saavat tehdä vain siihen luvan saaneet yritykset. Asbestia sisältävän materiaalin määrä ja korjaustarve selvitetään ennen kiinteistön korjaus- ja purkutöiden aloittamista.

6.3.1 ASBESTIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman asbestikuitupitoisuuden pitää olla alle $0,01$ kuitua/cm³. Asbestikuitujen esiintyminen pinnoille laskeutuneessa pölyssä ei ole hyväksyttävää.

Huoneilman asbestipitoisuus on tarpeen mitata, jos rakennuksessa tehdään asbestipurku- tai korjaustöitä ja kuituja saattaa kulkeutua purettavasta tilasta asunnon tai muun oleskelutilan sisäilmaan. Jos rakennuksen asbestia sisältävät materiaalit ovat huonokuntoisia, saattaa myös tällöin olla syytä mitata sisäilman kuitupitoisuus.

6.3.2 ASBESTIN MITTAUSMENETELMÄT

Sisäilman kokonaiskuitupitoisuus määritetään keräämällä näyte selluloosaesterisuodattimelle (huokoskoko $0,8$ mikrometriä) keräysnopeudella 10 litraa minuutissa. Näytteen suositeltava koko on noin $1\ 000$ litraa. Näyte preparoidaan ja kuidut lasketaan optisella vaihesiirtomikroskoopilla käyttämällä 500 -kertaista suurennusta standardin SFS 3868 mukaan. Menetelmän avulla saadaan selville kaikkien, tietyn kokoluokan vaatimukset täyttävien kuitujen pitoisuudet.

Jos ilman kuitupitoisuus on suurempi kuin $0,01$ kuitua/cm³, asbestikuitujen olemassaolo varmistetaan keräämällä vastaavanlainen näyte polykarbonaattisuodattimelle. Tämän näytteen koko on $500 - 1\ 000$ litraa. Näytteen kuidut lasketaan pyyhkäisyelektronimikroskoopilla käyttämällä $3\ 000$ -kertaista suurennusta ja kuidut tunnistetaan energiadispersiivisellä spektrometrillä. Elektronimikroskooppimenetelmän toteamisraja on $0,01$ kuitua/cm³ noin 500 litran näytteelle.

Materiaalin asbestisisältö määritetään epäselvissä tapauksissa suoraan mikroskopoinnilla (valomikroskooppi tai elektronimikroskooppi).

Asbestikuitujen leviämistä sisätiloissa voidaan tutkia myös ottamalla pinnoilta pölynäytteitä ja tutkimalla elektronimikroskoopilla, esiintyykö niissä asbestikuituja.

Mikroskooppisilla menetelmillä laskettavien kuitujen paksuus on enintään 3 mikrometriä ja pituus vähintään 5 mikrometriä sekä pituuden suhde paksuuteen vähintään 3 .

6.4 FORMALDEHYDI

Sisäilman formaldehydi on yleensä peräisin liima-aineena käytetystä ureaformaldehydihartsista, jota on käytetty lastulevyssä ja eräissä paneeleissa. Myös happokovetteiset lakat, maalit, pinnoitteet, itsesiliävät tekstiilit ja kokolattiamatot saattavat sisältää formaldehydiä, joka vapautuu niistä sisäilmaan. Asuntojen kiintokalusteet ja huonekalut, jotka sisältävät lastulevyä saattavat olla formaldehydilähteitä.

Formaldehydi ärsyttää silmiä ja ylempiä hengitysteitä. Ihmisten herkkyys formaldehydin ärsytysvaikutuksille vaihtelee suuresti. Formaldehydin hajukynnys on noin $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogrammaa ainetta kuutiometrissä ilmaa). Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkällä henkilöllä hyvin pienissä pitoisuuksissa ($5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Formaldehydin lisäksi huoneilmassa voi olla muita aldehydejä, joita haihtuu ilmaan rakennusmateriaaleista tai, jotka ovat muiden epäpuhtauksien reaktio- tai hajoamistuotteita. Useat aldehydit ärsyttävät silmiä ja hengitysteitä, ja niille on tyypillistä pistävä haju. Formaldehydi on aldehydeistä ärsyttävin. Muut aldehydit aiheuttavat ärsytysoireita noin 100 kertaa suuremmissa pitoisuuksissa kuin formaldehydi.

6.4.1 FORMALDEHYDIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman formaldehydipitoisuus saa olla enintään $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Formaldehydin tutkiminen on tarpeen, jos sisäilmassa on havaittavissa formaldehydin hajua. Jos huonetilassa on käytetty runsaasti lastulevyä rakenteissa tai kalusteissa (yli $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$) tai jos huoneistossa on esiintynyt kosteusvaurioita ja asukkaiden oireilu viittaa formaldehydialtistukseen on formaldehydipitoisuuden mittaaminen myös tarpeen.

6.4.2 FORMALDEHYDIN MITTAUSMENETELMÄT

Sisäilman formaldehydipitoisuus pitäisi ensisijaisesti määrittää standardin SFS 3862 mukaisesti. Formaldehydin pitkän ajan keskiarvopitoisuus määritetään ns. passiivikeräimellä, joka sijoitetaan huoneistoon 1 vuorokauden ajaksi ja toimitetaan tämän jälkeen laboratorioon analysoitavaksi.

Formaldehydi ja muut aldehydit voidaan määrittää myös nestekromatografilla asetonitriiliuutteesta, jolloin näyte kerätään pumpulla dinitrofenyylihydratsiinilla päällystettyyn silikageelipatruunaan. Näytteen keräysnopeus on 0,5 litraa minuutissa ja näytteen koko noin 100 litraa. Näytteestä voidaan analysoida formaldehydin lisäksi muiden aldehydien pitoisuuksia. Toteamisraja 100 litran näytteelle on 5 – 20 µg/m³ eri aldehydien mukaan.

6.5 HIILIDIOKSIDI

Ihmisen aineenvaihdunta tuottaa sisäilmaan hiilidioksidia (CO₂) ja muita epäpuhtauksia. Hiilioksidin määrää sisäilmassa voidaan pitää ihmisestä peräisin olevien sisäilman epäpuhtauksien indikaattorina. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus saattaa kohota suureksi esimerkiksi asuinhuoneiston makuuhuoneessa yön aikana, koulun luokkahuoneessa oppituntien aikana ja päiväkodin lepoahuoneessa. Sisäilma tuntuu tällöin tunkkaiselta. Hiilidioksidin suuri pitoisuus sisäilmassa voi aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja työskentelytehon huononemista.

6.5.1 HIILIDIOKSIDIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman kohonnut hiilidioksidipitoisuus on osoitus ilmanvaihdon riittämättömyydestä, eikä sille voida ilmoittaa mitään erityistä terveydellistä ohjearvoa. Jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää 2 700 mg/m³ (1 500 ppm), on ilmanvaihtoa tehostettava. Hiilidioksidi tulisi mitata sisäilmasta, jos sisäilma tuntuu tunkkaiselta tai ilmanvaihdon riittävyttä on syytä epäillä. Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuutena sisäilmassa voidaan pitää arvoa 1 200 ppm.

6.5.2 HIILIDIOKSIDIN MITTAUSMENETELMÄT

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden vaihteluita (usean tunnin tai vuorokauden aikana) on suositeltavaa seurata sellaisilla jatkuvatoimisilla, rekisteröivillä mittalaitteilla, joiden toiminta perustuu esimerkiksi infrapunasäteilyn adsorptioon (SFS 5412) tai sähkökemialliseen kennoon. Mittalaitteet on kalibroitava säännöllisesti ja sähkökemial-

listen laitteiden kennot on uusittava muutaman vuoden välein. Hetkellinen hiilidioksidipitoisuus voidaan mitata myös suoraan osoittavilla ilmaisinputkilla, jotka värjäytyvät imettäessä niiden läpi tietty ilmavirta.

6.6 HIILIMONOKSIDI ELI HÄKÄ

Hiilimonoksidia eli häkää syntyy hiiltä sisältävien aineiden epätäydellisen palamisen seurauksena. Sisäilman hiilimonoksidin lähteitä ovat liikenteen pakokaasut ja sisätiloissa olevat väärin toimivat tai käytetyt uunit, takat ja kaasuliedet sekä tupakointi. Jäähalleissa on todettu olevan suuria, jäänhoitokoneista peräisin olevia häkäpitoisuuksia. Hiilimonoksidin vaarallisuus johtuu sen sitoutumisesta veren hemoglobiiniin, jolloin vereen syntyy karboksihemoglobiinia ja veren kyky kuljettaa happea kudokseen vähenee. Lievän häkämyrkytyksen oireita ovat päänsärky, pahoinvointi ja hengenahdistus. Vakava häkämyrkytys voi aiheuttaa kuoleman.

6.6.1 HIILIMONOKSIDIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman hetkellinen hiilimonoksidipitoisuus saa olla enintään 8 mg/m³ (6,9 ppm).

Hiilimonoksidin tutkiminen sisäilmasta on aiheellista silloin, kun epäillään, että ajoneuvojen pakokaasuja kulkeutuu huoneistoon läheiseltä liikenneväylältä tai samassa rakennuksessa sijaitsevasta autotallista. Myös ihmisten oireilu kohdassa 6.6 esitetyllä tavalla silloin, kun asunnossa tai muussa oleskelutilassa on laitteita, joista voi syntyä hiilimonoksidiemissioita, saattaa edellyttää hiilimonoksidimittausta.

6.6.2 HIILIMONOKSIDIN TUTKIMUSMENETELMÄT

Hiilimonoksidin pitoisuus mitataan yleensä suoraan osoittavilla ilmaisinputkilla, jotka värjäytyvät imettäessä niiden läpi tietty ilmavirta tai suoraan osoittavilla mittareilla, joiden toiminta perustuu esimerkiksi infra-punasäteilyn adsorptioon (SFS 5412) tai sähkökemialliseen kennoon. Ilmaisinputkilla voidaan mitata hiilimonoksidin hetkellinen pitoisuus.

Jatkuvasti toimivilla mittalaitteilla voidaan rekisteröidä pitoisuuksien vaihtelua usean tunnin aikana. Mittalaitteet on kalibroitava säännöllisesti ja sähkökemiallisten laitteiden kennot on uusittava muutaman vuoden välein.

6.7 STYREENI

Styreeniä saattaa esiintyä sisäilmassa, jos rakennusmateriaaleissa käytetyn polyesterihartsin eri komponentit eivät ole reagoineet keskenään täydellisesti. Normaalisti styreenin pitoisuus sisäilmassa on hyvin pieni, jopa alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Styreenille tyypillistä on sen pistävä haju (hajukynnys $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Styreeni aiheuttaa silmien sidekalvojen ja hengitysteiden limakalvojen ärsytystä yli $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuuksilla sekä hermoston toiminnan häiriöitä. Lujitemuoviteollisuudessa työntekijöillä on havaittu styreenin aiheuttamia kromosomimuutoksia veren lymfosyyteissä. Styreenin pienten pitoisuuksien pitkäaikaisvaikutuksia ei sen sijaan tunneta riittävästi.

6.7.1 STYREENIN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman styreenipitoisuus saa olla enintään $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sisäilman styreenipitoisuuden määrittäminen on aiheellista, kun sisäilmassa on todettavissa styreenille tyypillistä hajua ja rakennuksessa on käytetty polyesterihartsipohjaisia tai muita vapaata styreeniä sisältäviä rakennusmateriaaleja.

6.7.2 STYREENIN TUTKIMUSMENETELMÄT

Styreeni kerätään esimerkiksi pumpun avulla aktiivihiliputkeen. Keräysnopeus on 100 – 200 millilitraa minuutissa ja ilmanäytteen suositeltu koko 100 – 200 litraa (keräysaika 24 tuntia). Näyte uutetaan rikkihiileen ja analysoidaan kaasukromatografilla. Ilmaisimena käytetään liekki-ionisaatiodektooria. Toteamisraja on $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 200 litran näytteellä.

Styreenin mittaamiseen sisäilmasta voidaan käyttää myös Tenax-adsorbenttia ja termodesorptiotekniikkaa. Tällöin styreenipitoisuus määritetään yleensä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden

(TVOC) määrittelyn yhteydessä. Tarkastuskohteessa suoraan osoittavalla mittalaitteella tehty styreenin mittausta on myös laiteomittajien ilmoittamissa rajoissa mahdollinen, joskin terveysuojeluviranomaisen toimenpiteitä edellyttävän päätöksen tulisi perustua edellä mainittuihin kahteen muihin mittausmenetelmiin.

6.8 SISÄILMAN HIUKKASET

Sisäilman hiukkaset voidaan jaotella kokonsa perusteella kokonaisleijumaan, hengitettäviin hiukkasiin ja pienhiukkasiin. Kokonaisleijumalla (TSP) tarkoitetaan kaikkia ilmassa leijuvia hiukkasia ja sen massasta suurin osa on karkeaa pölyä. Hengitettävät hiukkaset (PM10) ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 µm ja pienhiukkaset (PM2.5) ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 2,5 µm kokoisia hiukkasia.

Kokonaisleijuman (TSP) lähteinä ovat ihmisen toiminta sekä ulkoilmasta sisään siirtyvät liikenteen aiheuttamat päästöt, kuten katupöly ja luonnosta peräisin oleva pöly. Sisäilmassa suuret hiukkaset eivät jää leijumaan ilmaan, vaan ne laskeutuvat lattialle ja muille tasopintoille. Terveystieteellistä merkitystä on erityisesti laskeutuneen pölyn sisältämällä orgaanisilla hiukkasilla ja mineraalivillakuiduilla. Ärsytysoireet voivat aiheutua suorasta ihokosketuksesta ja hetkellisesti kohonneiden hiukkaspitoisuuksien kuormittaessa hengitysteiden limakalvoja ja silmiä.

Hengittävät hiukkaset ja pienhiukkaset ovat ulkoilmassa peräisin palamisreaktiosta, liikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen kaukokulkeumasta ja katupölystä sekä sisätiloissa ulko/sisäsiirtymästä, tupakansavusta ja muista sisälähteistä (huonepöly, ruuanlaitto, jne.). Pienhiukkasten (PM2.5) oletetaan olevan terveydelle haitallisimpia, koska ne kulkeutuvat syväälle hengitysteihin. Ulkoilman pienhiukkasten on todettu lisäävän lasten ja astmaatikkojen oireita sekä hengitys- ja sydänsairaiden sairaalaanottoja ja kuolleisuutta. Ulkoilman hiukkasten aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ei ole nykyisen tutkimustiedon perusteella määritettävissä pitoisuutta, jonka alapuolella haittoja ei esiintyisi.

6.8.1 HIUKKASTEN OHJEARVO JA TUTKIMINEN

Sisäilman hiukkaspitoisuuden mittaaminen voi olla aiheellista, jos asunnon sisäilmaan epäillään kulkeutuvan ulkoa huomattavia määriä hiukasia tai asunnossa on merkittäviä sisälähteitä. Mittaaminen voi olla tarpeen myös selvittäessä tuloilmalaitteiston suodatuksen tehokkuutta. Joissakin tapauksissa ulkoilman hiukkaspitoisuuden samanaikainen mittaaminen kohteen läheisyydessä auttaa selvittämään, ovatko hiukkaset lähtöisin sisäilmasta vai kulkeutuvatko ne sisään ulkoilmasta.

Sisäilman hiukkasten kokonaisleijuman (TSP) pitoisuus saa olla enintään $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 tunnin keskiarvo, $20\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm). Koska hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset ovat terveydelle haitallisimpia, tulisi mittaukset kohdistaa näihin hiukkasiin. Hengitettävien hiukkasten (PM10) pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 tunnin keskiarvo $20\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm). Pienhiukkasille (PM2.5) ei ole toistaiseksi ohjearvoja, mutta suositusarvona voidaan pitää 50 % PM ohjearvosta.

6.8.2 HIUKKASTEN TUTKIMUSMENETELMÄT

Hiukkasten pitoisuus voidaan määrittää joko niiden massana tai lukumääränä ilmatilavuutta kohden. Suodatinkeräyksestä on mahdollista tarvittaessa selvittää hiukkasten kemiallista koostumusta.

Kokonaisleijuma voidaan arvioida standardin SFS 3860 (Työpäikän ilman pölypitoisuuden mittaaminen suodatinmenetelmällä) mukaisesti keräämällä näytteet selluloosa-asettaattisuodattimille, jotka punnitaan ennen ja jälkeen näytteenoton standardissa esitetyllä tavalla. Luotettavan tuloksen saamiseksi kerättyjen ilmavirtojen tulee olla useita kuutiometrejä.

Hengitettävien hiukkasten (PM10) pitoisuus mitataan standardin EN 12341 mukaisella tai vastaavalla keräimellä. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten keräämiseen käytetään sykklonia tai impaktoria esierottimena. Hiukkaset kerätään suodattimelle, jonka materiaali valitaan käyttötarkoituksen ja/tai laitetoimittajan suosituksen mukaan. Ilmavirta hiukkaskeräyksessä on 4 – 20 l/min ja keräys kestää tavallisesti ainakin 18 – 24 tuntia. Hyvin pölyisissä paikoissa on mahdollista saada punnittavia massoja jo lyhyemmässä ajassa. Suodattimet punnitaan

ennen ja jälkeen näytteenoton mikrova'alla ja punnituksessa käytetään varauksenpoistinta.

Pinnoille laskeutuva pöly voidaan määrittää keräämällä näyte esimerkiksi imuroimalla pölyä tietynkokoiselta alueelta etukäteen punnituille suodattimelle tai pussiin, joka punnitaan näytteenoton jälkeen. Näytteestä voidaan määrittää mm. epäorgaanisen ja orgaanisen pölyn osuus tai mineraalivillakuitujen pitoisuus. Mineraalivillakuidut määritetään mikroskooppisesti. Tietyssä ajassa pinnoille laskeutuvien mineraalivillakuitujen pitoisuus määritetään keräämällä näytteet pinnalle asetuille, esimerkiksi vaseliinilla päällystetyille lasilevyille, joilta laskeutuneet kuidut lasketaan optisella vaihesiirtomikroskoopilla. Näytteen keräysaika on 7 vuorokautta ja laskeutuvien kuitujen pitoisuudet ilmoitetaan kuitujen määränä pinta-alayksikköä (cm²) ja aikaa kohden.

6.9 TUPAKANSAVU

Sisäilman epäpuhtautena voi olla ulkoa tai muualta rakennuksesta rakennevuotojen tai väärin toimivan ilmanvaihdon seurauksena sisätiloihin kulkeutuva tupakansavu. Ympäristön tupakansavu (YTS) on savukkeen ja muiden tupakkatuotteiden poltosta muodostuvien hiukkasten, aerosolien ja kaasujen seos. Tupakansavussa on yli 4 000 yksittäistä yhdistettä. Orgaanisista yhdisteistä tärkein on nikotiini. Tupakansavu sisältää yli sata ihmiselle haitallista yhdistettä, joista syöpää aiheuttavia on noin neljäkymmentä. Hiukkasten keskimääräinen halkaisija YTS:ssa on 0,1 µm, joten suurin osa hiukkasista kuuluu hiukkaskokoluokkaan, jota ihminen hengittää keuhkoihinsa.

6.9.1 TUPAKANSAVUN TUTKIMINEN JA OHJEARVO

Tupakansavun kulkeutumista rakennuksessa voidaan selvittää aistinvaraisesti polttamalla savupatruuna tupakansavun oletetussa lähtöpaikassa ja tunnistamalla savun haju tai väri tutkittavassa asunnossa. Tupakansavun aiheuttaman terveyshaitan selvittämiseksi tulee arvioida tupakan haju esiintymistiheys ja voimakkuus asunnossa tai muussa tutkittavassa tilassa.

Tupakansavun kulkeutumista voidaan myös tutkia rakenteellisten vuotokohtien löytämiseksi mittaamalla lähetystilista ilmaan päästetyn merkkiaineen pitoisuus vastaanottotilassa. Jos halutaan määrittää sisäilman tupakansavun pitoisuus, on mitattava sisäilman nikotiinipitoisuus. Nikotiinin toteamisrajan ylittävä pitoisuus asunnossa, jossa ei tupakoida, on osoitus tupakansavun kulkeutumisesta asuntoon sen ulkopuolelta. Tupakansavun kulkeutumista toisesta asunnosta, porraskäytävästä, liiketilasta tai ulkoa asuntoon ei voida pitää hyväksyttävänä.

Toimenpiteistä tupakoinnin vähentämiseksi annetussa laissa (693/1976) on julkaistu tupakointikeltoja julkisissa oleskelutiloissa. Ravintolatiloihin tarjotilat, joissa voidaan tupakoida on järjestettävä siten, että tupakansavu ei pääse kulkeutumaan alueelle, jossa tupakointi on kielletty. Ravintolatilojen rakentamisen asianmukaisuuden ja ilmanvaihdon toimivuuden toteaminen ja tupakansavun aistivarainen havainnointi riittävät yleensä savuttomuuden arviointiin. Jos kuitenkin tupakansavun leviämisen toteamiseksi tarvitaan mittauksia, tupakansavun indikaattorina käytetään ilman nikotiinipitoisuutta.

Uusien ja saneerattavien ravintolatilojen savuttomien tilojen ilmanvaihdon ja rakenteiden xxxx ohjearvo on $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nikotiinia.

6.9.2 TUPAKANSAVUN TUTKIMUSMENETELMÄT

Jos halutaan selvittää, onko kahden tilan välillä vuotokohtia, jotka mahdollistavat tupakansavun kulkeutumisen tiloihin, joissa ei tupakoida, voidaan merkkiaineena käyttää esim. rikkiheksafluoridia, SF₆. Tässä määrityksessä käytetään kaasuanalysaattoreita. Kulkeumamittauksen avulla voidaan saada selville, mitä kautta tupakansavu ja muut epäpuhtaudet kulkeutuvat huoneistoon, mutta se ei ilmaise tupakansavun pitoisuutta huoneistossa.

Nikotiinipitoisuuden määrittäminen sisäilmasta tulisi ensisijaisesti tehdä aktiivikeräyksenä, jossa ilmaa imetään pumpulla kiinteään adsorptiomateriaaliin. Pumppuun yhdistetty keräysputki asennetaan tällöin sopivaan kohtaan mitattavaa tilaa hengityskorkeudelle. Yksittäisen työntekijän altistuminen tupakansavulle määritetään työntekijän hengitysvyöhykkeeltä henkilökohtaisilla näytteenkeräyspumpuilla ja adsorptiopotilla.

Mittaaminen tapahtuu keräämällä 10 – 24 litraa ilmaa pumpulla adsorptioputkeen (täytteenä esim. Tenax-TA). Näytteen keräysnopeus on 40 – 100 millilitraa minuutissa käytettäessä Tenax-TA adsorptioputkea. Keräysaika on tällöin 100 – 600 min. Näyte desorboidaan termodesorptiolla ja analysoidaan kaasukromatografisesti. Määrittysraja 0,05 µg/m³ saavutetaan 20 litran näytteelle, kun käytetään massa-spektrometria ja ionispektrometria.

6.10 EPÄPUHTAUKSIEN AIHEUTTAMIEN TERVEYSHAITTOJEN POISTAMINEN

Kemiallisten epäpuhtauksien, kuitujen ja hiukkasten aiheuttamien terveyshaittojen poistamiseksi ei voida antaa yleistä ohjetta, vaan jokainen tapaus on käsiteltävä erikseen haitan luonteen ja suuruuden mukaan. Pääperiaate on selvittää epäpuhtauksien alkuperä ja estää epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan. Epäpuhtauksien kertymiseen sisäilmaan ovat usein syynä liian pieni ilmanvaihto tai korvausilman hallitsematon sisääntulo rakenteiden kautta.

Jos epäpuhtaudet ovat peräisin rakennusmateriaaleista on voimakkaista päästöjä aiheuttavat materiaalit vaihdettava vähäpäästöisiin materiaaleihin. Tämän lisäksi on tehostettava ilmanvaihtoa, estettävä korvausilman kulkeutuminen rakenteiden kautta ja pinnoitettava rakenteet sisätilaan päin tiiviin kalvon muodostamalla pinnoitteella. Rakenteiden läpiviennit ja saumakohdat on tiivistettävä. Kun esimerkiksi halutaan pienentää formaldehydin tai ammoniakkin pitoisuutta sisäilmassa eikä pitoisuudet johdu rakenteiden ylimääräisestä kosteudesta, joka vaatii rakenteiden avaamista tai kuivaamista, voidaan emissiota aiheuttava materiaali pinnoittaa tiiviin kalvon muodostavalla pinnoitteella, jos samalla huolehditaan riittävästä ilmanvaihdosta.

III MIKROBIOLOGISET OLOT

Pysyvästi tai toistuvasti kostuvissa rakenteissa ja niiden pinnoilla kasvaa mikrobeja: homeita, hiivoja tai bakteereja. Rakennuksessa esiintyvän mikrobikasvuston syy on yleensä kosteusvaurio. Mikrobikasvustosta voi kulkeutua sisäilmaan ilmapirtausten mukana mikrobeja (esimerkiksi itiöitä ja niiden osasia) sekä niiden hajoamis- ja aineenvaihduntatuotteita, joille sisätiloissa oleskelevat ihmiset altistuvat. Ellei mikrobikasvustoa ole poistettu, se voi olla terveydelle haitallista vielä senkin jälkeen, kun rakennusmateriaali on kuivunut tai kuivatettu. Tämän vuoksi kosteusvaurio on välittömästi korjattava ja vaurioon johtaneet syyt on poistettava.

Mikrobeille tai mikrobien aineenvaihduntatuotteille altistuneilla ihmisillä havaittuja tyypillisiä oireita ovat silmien, ihon ja hengitysteiden ärsytysoireet, erityisesti yöskä sekä erilaiset yleisoireet, esimerkiksi lämpöily. Oireet yleensä lievenevät tai katoavat, kun altistus keskeytyy tai lakkaa. Altistuksen seurauksena voi esiintyä myös toistuvia hengitystieinfektioita tai kehittyä pitkäaikaissairaus, esimerkiksi astma. Altistuksen on havaittu lisäävän poskiontelo- ja keuhkoputkentulehduksen riskiä. Mikrobialtistukseen saattavat viitata myös kohonneet veren IgG-vasta-ainetasot. Vasta-ainetasoissa on kuitenkin suuria yksilöllisiä eroja. Verrattaessa vasta-ainetuloja altistuksen aiheuttajaksi epäillyn rakennuksen mikrobinäytteistä saatuihin tuloksiin, vasta-ainetulojen ja mikrobinäytteiden välinen hyvä yhteensopivuus tukee päättelyä mikrobialtistuksesta. IgG-vasta-ainetasot eivät kuitenkaan ole osoitus sairaudesta.

7 MIKROBIKASVUSTO

Asunnon tai muun oleskelutilan rakenteissa tai huoneen sisäpinnoilla esiintyvä mikrobikasvusto voidaan varmentaa mikrobiologisilla tutkimuksilla varsinkin silloin, kun se ei ole silmin havaittavaa, mutta asunnossa oleskelevien ihmisten oireilu viittaa mikrobialtistukseen. Aika ajoin aistittava homeenhaju tai maakellarimainen haju voivat johtua mikrobikasvustosta. Kaikki mikrobit eivät kuitenkaan aiheuta helposti aistittavaa hajua. Mikrobikasvustosta ovat osoituksena myös tavanomaisesta poikkeava sisäil-

man tai rakenteiden sieni-itiöpitoisuus, mikrobisuvusto tai mikrobien aineenvaihduntatuotteiden esiintyminen sisäilmassa.

7.1 TERVEYSHAITAN TOTEAMINEN

Terveydensuojelulain 1 §:ssä terveyshaitalla tarkoitetaan muun muassa elinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sen oiretta. Terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle vaaralliselle aineelle tai tekijälle siinä määrin, että sairauden tai sen oireiden syntyminen on mahdollista. Tällainen tilanne saattaa syntyä silloin, kun ihminen asuu tai oleskelee asunnossa, jossa hän voi altistua mikrobikasvustosta peräisin oleville soluille tai mikrobien aineenvaihduntatuotteille. Jäljempänä mainittuja pinta- ja rakennusmateriaalinäytteiden mittausmenetelmiä ja tulosten tulkintaohjeita voidaan käyttää asuntojen lisäksi myös muiden oleskelutilojen aiheuttamien terveyshaittojen arviointiin. Sen sijaan ilmanäytteiden tulkintaohjeet soveltuvat sellaisenaan vain asuntojen aiheuttamien terveyshaittojen arviointiin.

Silmin havaittavaa mikrobikasvustoa asunnon sisäpinnoilla ja sisäpuolisissa rakenteissa, ulkovaipan lämmöneristeen sisäpuolisissa rakenteissa, lämmöneristeissä sekä rakenteissa ja tiloissa, joista vuotoilmaa kulkeutuu sisätiloihin, voidaan pitää terveydensuojelulain tarkoittamana terveyshaittana. Märkätilojen pinnoilla saattaa esiintyä vähäistä, ei kuitenkaan terveyshaitaksi katsottavaa pistemäistä mikrobikasvustoa, joka voidaan poistaa puhdistamalla pinnat ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Mikrobikasvusto märkätiloissa voi kuitenkin viitata myös rakenteessa olevaan kosteus- ja homevaurioon. Jos asukkaiden oireilun vuoksi tai muusta syystä, esimerkiksi hajuhaitan tai aikaisemmin tapahtuneen vesivahingon vuoksi sisäpinnoilla tai edellä mainituissa rakenteissa epäillään olevan mikrobikasvustoa, vaikka se ei ole näkyvää, kasvuston esiintyminen pitää todeta mikrobiologisilla analyyseillä pinta- tai rakennusmateriaaleista. Korjausta koskeva päätös sekä korjausten onnistuminen voidaan myös varmentaa edellä mainituilla menetelmillä. Sisäilman sieni-itiöpitoisuuden ja mikrobisuvuston määrittäminen on tarpeellista silloin, kun mikrobikasvuston esiintymistä ei ole voitu todeta, mutta asukkaiden sairastaminen, oireilu tai asunnossa esiintyvä tyyppillinen haju viittaavat mikrobialtistukseen.

Kohdissa 7.3 ja 7.4 ilmoitettujen mikrobien pitoisuuksien ylittyminen viittaa todennäköiseen terveyshaittaan.

7.2 MIKROBIEN PITOISUUKSIEN MÄÄRITTÄMINEN

Mikrobien pitoisuuden määrittämisellä pyritään päättämään, onko asunnossa kosteusvauriosta johtuva sieni-itiö- tai aktinomykeettikasvusto. Mikrobivauriota epäiltäessä asunnossa tulisi ensin tehdä selvitys tilojen mahdollisista kosteusvaurioista (kts. 2.2). Lisäksi selvitetään sisäilman fysikaalisia tekijöitä. Ainakin huoneilman lämpötila ja kosteus mitataan sekä selvitetään asunnon ilmanvaihdon toimivuus. Tarpeen mukaan näytteitä otetaan rakenteiden pinnoilta, materiaaleista tai sisäilmasta mikrobien toteamiseksi. Tutkimustulosten luotettavuuden varmistamiseksi ja tulosten tulkinnan kannalta on tärkeää, että näytteenotto ja tutkimukset tehdään tämän ohjeen mukaisesti.

Jäljempänä suositellut menetelmät mikrobikasvuston toteamiseksi perustuvat mikrobien kasvatukseen. Mittaustulosten tulkinnan yhteydessä esitetyt numeeriset vertailuarvot perustuvat vastaavasti näihin kasvatusmenetelmiin. Mikrobikasvusto on mahdollista analysoida myös muilla menetelmillä, joilla saatuja tuloksia ei voida verrata kohdissa 7.3 ja 7.4 mainittuihin lukuarvoihin. Jos muilla menetelmillä saatuja tuloksia halutaan käyttää terveyshaitan arviointiin, tulosten vastaavuus ohjeen tulkintaan on varmistettava. Lisäksi on noudatettava kyseisille menetelmille laadittuja analysointi- ja tulkintaohjeita.

Näytteiden ottoa ja analysointia koskevia ohjeita on liitteissä 3 ja 4.

7.2.1 PINTA- JA RAKENNUSMATERIAALINÄYTTEET

Pintanäyte on rakenteen pinnalta otettu näyte. Pintanäyte otetaan vauriokohdasta ja vertailupinnalta. Vauriokohdalla tarkoitetaan sellaista kohtaa huoneen sisäpinnalla tai rakenteessa, jossa tiedetään tai epäillään olevan tai olleen kosteusvaurioita tai, jossa on selvästi tunnistettavia merkkejä kosteusvaurioista. Pintanäyte voidaan ottaa siten, että steriilissä laimennusliuoksessa kostutetulla pumpulipuikolla pyyhitään pinnalta esimerkiksi 100 cm²:n alue, minkä jälkeen puikko laitetaan koeputkeen, jossa on 5 ml steriiliä laimennusliuosta. Liuoksesta tehdään sarja laimennoksia, jotka viljellään kasvualustoille. Tuloksen tulkinnan helpottamiseksi otetaan vertailunäyte ns. vertailupinnalta, jolla tarkoitetaan riittävän kaukana

vauriokohdasta tai samankaltaisessa huonetilassa olevaa kohtaa, joka on kuiva ja puhdas ja, jonka materiaali on sama kuin vauriokohdan materiaali. Tällaisessa kohdassa ei saa olla kosteusläikkiä, eikä siinä saa olla värimuutoksia tai muita kosteusvaurion merkkejä. Vertailunäyte otetaan aina ennen vaurioituneelta pinnalta otettavaa näytettä. Tämä ohje ei sovellu ilmanvaihtokanavien pinnoilta otettujen näytteiden tulosten tulkintaan.

Rakennusmateriaalinäyte on rakennusmateriaalin pinnalta tai rakenteesta otettu näytepala. Näyte uutetaan steriiliin laimennusliuokseen, josta tehdään sarja laimennoksia viljelyä varten. Materiaalinäytteen alustavassa tutkimuksessa on suositeltavaa käyttää näytteen suoraa mikroskoopiointia. Tällöin on mahdollista havaita myös elinkykynsä menettänyt mikrobikasvusto (itiöitä ja rihmastoja), jota ei saada viljelemällä esiin. Kuten pintanäytteen osalta on esitetty, myös rakennusmateriaalinäytteen tuloksen tulkinnan kannalta on suositeltavaa ottaa vertailunäyte.

Pintanäyte voidaan ottaa myös esimerkiksi teippinäytteenä, kontaktimaljalla tai viljelemällä pyyhintänäyte suoraan kasvualustalle. Rakennusmateriaalinäyte voidaan myös tutkia suoraviljelymenetelmällä levittämällä materiaalia hienonnuksen jälkeen suoraan kasvualustalle. Näillä menetelmillä otettujen tai analysoitujen näytteiden tulokset ovat ensisijaisesti kvalitatiivisia. Tulosten tulkittamiseksi varten on oltava käytettävissä kyseisellä menetelmällä tutkittujen näytteiden vertailuaineisto.

7.2.2 ILMANÄYTTEET

Sisäilman mikrobimittauksilla tutkitaan, ovatko asunnon sisäilman sienitiöpitoisuudet ja suvusto tavanomaisia sen sijaintiin, ikään ja vuodenaikaan nähden. Lisäksi sisäilman mikrobimittauksilla voidaan todeta, leviääkö muualla rakennuksessa, esimerkiksi porraskäytävässä tai kellaritilassa, esiintyvistä mikrobikasvustosta itiöitä tai mikrobisoluja rakennuksen muihin sisätiloihin.

Mikrobien ilmanäytteen ottoon voidaan käyttää impaktorikeräintä (6- tai 2-vaiheimpaktori). Mittaukset tulisi tehdä talvella (maan ollessa jäässä ja/tai lumen peitossa), koska tällöin ulkoilman sienitiöiden ja aktinomykeettien (sädesienet) pitoisuudet ovat pienimmillään. Jos sisäilman mikrobipitoisuuksia mitataan sulan maan aikana, samanaikaisesti on otettava näytteitä myös ulkoilmasta.

Sisäilmanäytteiden tulosten tulkintaa helpottaa, jos on käytettävissä sisäilman mikrobimittaustulokset sellaisesta vauriottomasta asunnosta, joka vastaa rakennusmateriaaleiltaan ja -tekniikaltaan, iältään ja sijainniltaan tutkittavaa asuntoa.

Tulokseen mahdollisesti vaikuttavat tekijät pyritään havaitsemaan ja ne kirjataan mittauspöytäkirjaan. Esimerkiksi jos asunnossa on runsaasti huonekasveja, lemmikkieläimiä, akvaarioita tai siellä varastoidaan polttopuita, ilmanäytteen tutkiminen ei todennäköisesti kuvaa luotettavalla tavalla rakennuksesta aiheutuvaa mikrobialtistusta. Samoin rakennuksen ikä voi vaikuttaa mikrobipitoisuuksiin, sillä vanhassa talossa saattaa olla esimerkiksi luonnonmateriaalieristeistä johtuva tavallista suurempi mikrobien taustapitoisuus.

Myös muita keräimiä, kuten RCS- ja SAS-keräimiä, voidaan käyttää ilmanäytteiden tutkimisessa. Ilmanäytteiden tulosten tulkintaa kohdassa 7.4 ei voida sellaisenaan soveltaa näillä keräimillä saatuihin tuloksiin. Tulosten tulkintamista varten on oltava po. menetelmää käyttäen analysoitujen näytteiden vertailuaineisto.

7.3 PINTA- JA RAKENNUSMATERIAALI-NÄYTTEIDEN TULOSTEN TULKINTA

7.3.1 PINTANÄYTE

Pintanäytteen tuloksen tulkinta perustuu vauriopinnalta ja vertailupinnalta otettujen näytteiden mikrobitulosten väliseen vertailuun. Kuivien, vauriottomien pintojen sieni-itiöpitoisuudet ovat yleensä alle 10 kpl/cm². (Lyhennys kpl tarkoittaa tässä ohjeessa englanninkielistä ilmaisua, cfu, colony forming units, ja suomenkielistä vastinetta, pmy, pesäkkeen muodostavaa yksikköä). Jos vauriopinnalta otetun näytteen sieni-itiöpitoisuus on yli 1000 kpl/cm² ja vauriopinnalta otetussa näytteessä sieni-itiöpitoisuus on vähintään 100 kertaa suurempi kuin vertailupinnan näytteessä, vauriopinnalla voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa. Jos vauriokohdasta otetun näytteen aktinomykeettipitoisuus on vähintään 10 kertaa suurempi kuin vertailukohdasta otetun näytteen pitoisuus, voidaan vauriopinnalla katsoa esiintyvän aktinomykeettikasvustoa.

7.3.2 RAKENNUSMATERIAALINÄYTE

Rakennusmateriaalinäytteen tuloksen tulkinta on helpompaa, jos vaurio- kohdasta otetun materiaalinäytteen mikrobipitoisuutta voidaan verrata vertailunäytteen mikrobipitoisuuteen. Jos vaurioituneesta kohdasta otetussa materiaalinäytteessä sieni-itiöpitoisuus on vähintään 100 kertaa suurempi kuin vastaavassa vertailunäytteessä, sienikasvustoa esiintyy vaurioituneessa rakenteessa. Jos vertailunäytettä ei ole käytettävissä, rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10 000 kpl/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000 kpl/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava.

Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 kpl/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa. Jos aktinomykeettipitoisuus on suurempi kuin 500 kpl/g, se viittaa aktinomykeettikasvustoon. Jos käytettävissä on vertailunäyte, vauriokohdasta otetun näytteen aktinomykeetti-itiöpitoisuus, joka on 10 kertaa suurempi kuin vertailunäytteen pitoisuus, osoittaa aktinomykeettikasvuston vauriokohdassa Rakennusmateriaaleihin, jotka ovat kosketuksissa maaperän tai ulkoilman kanssa, kuten alapohjarakenteet ja lämmöneristeet, ei voida soveltaa edellä mainittuja tulkintaperiaatteita, varsinkaan jos niiden kautta ei tapahdu ilmapuotoja sisätiloihin.

7.4 ILMANÄYTTEEN TULOSTEN TULKINTA (IMPAKTORI)

Asunnon sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti, eikä tarkkojen ohjearvojen antaminen ole mahdollista. Vaihtelusta johtuen näytteitä tulisi ottaa useita, vähintään 2-3 näytettä. Rakennuksessa voi olla home- tai lahovaurio, vaikka mikrobipitoisuudet ovat pieniä. Yksinomaan ilmanäytteen sieni-itiöpitoisuuksien perusteella ei tällöin voida tehdä johtopäätöstä mikrobikasvuston mahdollisesta esiintymisestä asunnossa, vaan lisäksi on tarkasteltava näytteen sienisuvustoa (ks. kohta 7.5).

Taajamassa sijaitsevien asuntojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100 – 500 kpl/m³ viittaavat kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen talviaikana. Jos samalla näytteen mikrobisuvusto on tavanomaisesta poikkeaa-

va, mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä. Jos taajamassa sijaitsevan asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat talviaikana yli 500 kpl/m^3 , ne ovat kohonneita ja mikrobikasvustoon viittaavia. Muissa sisätiloissa kuin asunnoissa, esimerkiksi toimistoissa ja kouluissa, mikrobipitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asunnoissa.

Kun tutkittavan asunnon sisäilman lisäksi myös vertailuasunnon sisäilman pitoisuudet tunnetaan, tulokset tulkitaan seuraavasti. Jos tutkittavan asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuus on yli 2 kertaa suurempi kuin vertailuasunnon sisäilman pitoisuus, pitoisuus on kohonnut. Tämä koskee talvella otettuja tutkittavan asunnon näytteitä, joiden pitoisuus on suurempi kuin 100 kpl/m^3 . Vertailurakennusten mikrobinäytteitä voidaan käyttää myös suvustotarkastelussa.

Aktinomykeetti-itiöiden esiintyminen yli 10 kpl/m^3 taajamassa sijaitsevan asunnon sisäilmassa talviaikana viittaa mikrobikasvustoon rakennuksessa ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan. Sen sijaan kohonnut bakteeripitoisuus ($> 4\,500 \text{ kpl/m}^3$) ei viittaa terveyshaittaan, jos aktinomykeettejä ei ole todettu, vaan se on osoitus puutteellisesta ilmanvaihdosta.

Sulan maan aikaan analysoituja sisäilman mikrobipitoisuuksia pitää verrata ulkoilman mikrobipitoisuuksiin. Tällöin on tavallista, että ulkoilman itiöpitoisuudet ovat suurempia kuin tutkittavan rakennuksen sisäilman itiöpitoisuudet. Tällaisessa tapauksessa tulosten tulkinta perustuu ulkoilma- ja sisäilmanäytteiden mikrobisuvuston vertailuun.

7.5 MIKROBILAJEISTA

Rakennusten sisäilma-, pinta- ja rakennusmateriaalinäytteissä esiintyy tavallisimmin *Penicillium*-, *Aspergillus*- ja *Cladosporium*-sienisukuja sekä hiivoja. Taulukossa X on esimerkkejä kosteusvaurioon ja mikrobikasvustoon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja -ryhmistä.

Sisäilman poikkeuksellinen sieni-itiöiden suku- tai lajijakauma voi myös viitata mikrobikasvustoon. Yleisin ja runsaimmin esiintyvä sienisuku sisäilmassa on *Penicillium*. Muiden kuin *Penicillium*-sienten esiintymistä valtalajina sisäilmanäytteissä voidaan pitää epätavanomaisena. Ulkoilman yleisin sienisuku on *Cladosporium*, minkä vuoksi *Cladosporium*-lajeja havaitaan yleisesti myös sisäilmassa, varsinkin syksyisin ja kesäisin. Toisaalta korkea *Cladosporiumin* määrä sisäilmassa talvella viittaa raken-

nuksessa esiintyvään mikrobikasvustoon. Sisäilmanäytteissä esiintyy usein *Aspergillus*-lajeja ja hiivoja, mutta näiden osuus sisäilman sieni-itiöpitoisuudesta on tavallisesti pienempi kuin *Penicilliumin* osuus.

Kohonnut mikrobipitoisuus tai poikkeava mikrobisuvusto voivat johtua myös rakennuksen tavanomaisesta käytöstä tai siitä, miten rakennus sijaitsee ulkopuolisiin mikrobilähteisiin nähden. Sisäilman mikrobipitoisuus voi hetkellisesti kohota siivouksen, elintarvikkeiden tai polttopuiden käsittelyn seurauksena. Kohonneita sisäilman mikrobipitoisuuksia tai mikrobisuvustoa tulkittaessa pitää huolellisesti arvioida kaikkia mahdollisia mikrobilähteitä sekä näytteenottotilanteen aikaista toimintaa.

Tietyt rakenteiden mikrobikasvustoon viittaavat mikrobit voivat olla peräisin myös muista mikrobilähteistä. Esimerkiksi homesienistä *Aspergillus fumigatus* ja *Fusarium* sekä aktinomykeetit, pääosin *Streptomyces*, voivat kulkeutua asuntoihin maatalousympäristöistä ja talleista, eikä niiden esiintymistä tällöin voida pitää varmana osoituksena rakenteissa esiintyvistä mikrobikasvustosta. Sisäilmaan voi vapautua aktinomykeettejä esimerkiksi multaisista juureksista ja *Trichodermaa* esimerkiksi polttopuista. Lisäksi esimerkiksi läheltä maaperää otettujen materiaalinäytteiden aktinomykeetit voivat olla peräisin maaperästä.

TAULUKKO 4.

ESIMERKKEJÄ ULKO- JA SISÄILMASSA YLEISESTI ESIINTYVISTÄ SIENISUVUISTA JA -RYHMISTÄ SEKÄ KOSTEUSVAURIOON VIITTAAVISTA MIKROBISUVUISTA, -LAJEISTA JA -RYHMISTÄ.

| Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä | Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä | Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä |
|--|---|--|
| <i>Cladosporium</i> basidiomykeetit <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Alternaria</i> hiivat steriilit** | <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Cladosporium</i> hiivat | <i>Stachybotrys</i> * <i>Trichoderma</i> * <i>Aspergillus versicolor</i> * <i>Aspergillus fumigatus</i> * <i>Cbaetomium</i> * <i>Phialophora</i> <i>Fusarium</i> * aktinomykeetit* pääosin <i>Streptomyces</i> |

* mahdollisesti toksiineja tuottavia mikrobeja

** pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvuolosuhteilla muodosta itiöitä

7.6 MIKROBIEN AIHEUTTAMAN TERVEYSHAITAN POISTAMINEN

Mikrobien aiheuttaman terveyshaitan poistaminen vaatii yleensä kosteusvaurioihin perehtyneiden rakennusalan asiantuntijoiden ammattitaitoa oikeiden rakennusteknisten korjausratkaisujen löytämiseksi. Usein rakennuksessa on tarpeen tehdä kosteusvauriotutkimus, jolla pyritään selvittämään rakenteiden kastumisen syy ja vaurion laajuus. Myös ilmanvaihdon toiminnan ja ilmavirtausten tutkiminen saattaa olla tarpeellista. Kostuneet rakennusmateriaalit, jotka ovat mikrobien vaurioittamia, on yleensä vaihdettava puhtaisiin materiaaleihin. Korjaustöiden aikana on huolehdittava korjauskohteen riittävästä eristämisestä esimerkiksi osastoimalla. Korjaustöitä koskevia suosituksia on Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosaston työsuojelujulkaisussa 4/1997 (Rakennustyöntekijöiden mikrobi-altistuminen ja altistumisen vähentäminen rakennusten purku- ja korjaustöissä) sekä Ratu-kortissa 82-0239 (Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku).

MIKROBIEN NÄYTTEENOTTO JA NÄYTTEIDEN KÄSITTELYOHJEET

1. Näytteenotto

Näytettä otettaessa on noudatettava huolellisuutta ja käytettävä suojakäsineitä näytteen kontaminaation estämiseksi ja suojauduttava tarpeellisilla henkilökohtaisilla suojaimilla (suojakäsineet, suojavaatetus, hengityssuojain).

1.1. Pinta- ja materiaalinäytteiden otto

Pintanäyte otetaan 10 cm * 10 cm suuruiselta alueelta. Näytettä otettaessa voidaan käyttää valmista mittakehystä tai näytteenottopinta-ala mitataan muulla tavoin. Steriili pumpulipuikko kostutetaan ensin steriiliin laimennusliuokseen (5 ml nestettä koeputkessa, valmistusohje liitteessä 4) ja näytealue sivellään puikolla tasaisesti kolmeen kertaan. Tämän jälkeen se osa pumpulipuikon varresta, josta näytteenoton aikana on pidetty kiinni, katkaistaan pois ja loppuosa puikon kärjestä pudotetaan koeputkeen, joka suljetaan huolellisesti ja kuljetetaan laboratorioon saman päivän aikana. Jokaiselle näytteelle annetaan tunnus, jota vastaavat tiedot (päivämäärä, tiedot tutkittavasta rakennuksesta, kuvaus näytteenottokohdasta ja materiaalista, arvio rakenteen kosteudesta, näytealueen pinta-ala) kirjataan muistiin.

Materiaalinäytettä otetaan n. 10 cm * 10 cm suuruiselta alueelta tai, jos materiaali on huokoista, näytettä otetaan n. 200–300 cm³. Näytettä otetaan n. 0,1 – 0,5 cm paksuudelta pinnasta tai materiaalista irrotetaan vain kontaminoitunut osa, esim. kipsilevyn pahviosa. Materiaalinäytettä irrotettaessa poraamalla on vältettävä näytteen kuumenemistä. Näyte pakataan puhtaaseen, tiiviisti suljettavaan muovipussiin ja kuljetetaan tai lähetetään laboratorioon saman päivän aikana. Näytteelle annetaan tunnus, jota vastaavat tiedot (ks. pintanäytteenotto) kirjataan muistiin.

1.2. Ilmanäytteenotto

Suosittelava keräin ilman mikrobien näytteenottoon on impaktori (esim. 6- tai 2-vaiheimpaktori). Myös muita keräysmenetelmiä voidaan käyttää, joissa kerätyn ilmanäytteen tilavuus tiedetään. Muita keräysmenetelmiä käytettäessä on noudatettava kyseisille menetelmille soveltuvia näytteenotto-, analysointi- ja tulosten tulkintaohjeita.

Näytteenotto impaktorilla. Ennen näytteenkeräystä on varmistettava, että agarmaljoilla täytetyn impaktorin läpi virtaa ilmaa 28,3 l/min. Impaktorissa käytetään muovisia petrimaljoja (halkaisija 9 cm), joille on valettu 25 ml kasvualustaa. Ennen jokaista näytteenottoa keräimen osat puhdistetaan 70 % etanolilla ja kuivataan huolellisesti. Agarmaljat asetetaan impaktoriin ja maljojen kannet jätetään alaspäin puhtaan alustan päälle. Suositeltava näytteenottoaika on 10 – 15 min. Näytteenoton aikana vältetään oleskelua

keräimen läheisyydessä. Näyte otetaan noin 1 – 1,5 m korkeudelta. Jos näytteitä otetaan sulan maan aikaan, on otettava näytteitä myös ulkoilmasta, vähintään 5 m etäisyydeltä rakennuksen lähimmästä seinästä. Näytteiden ottamista katoksen alta ei suositella muulloin kuin sateisella säällä. Välittömästi näytteenoton jälkeen keräin puretaan, kannet asetetaan maljojen päälle, jokaiseen maljaan merkitään vastaava impaktorin vaihe, päivämäärä ja näytteen tunnus. Samaan näytteeseen kuuluvat maljat teipataan yhteen, ja maljat kuljetetaan laboratorioon ylösalaisin käännettyinä saman päivän aikana.

2. Mikrobinäytteiden käsittely ja analysointi

2.1 Pinta- ja materiaalinäytteiden viljely

Pintanäyte säilytetään kylmässä (+4 – 8 °C) ennen viljelyä, joka on tehtävä viimeistään näytteenottoa seuraavana päivänä. Näyte sekoitetaan. Laimennussarja tehdään siten, että alkuperäisestä putkesta, joka merkitään 100, siirretään 1 ml liuosta 9 ml:aan steriiliä laimennusliuosta, jolloin saadaan laimennos 10^{-1} . Näin saadusta laimennoksesta siirretään jälleen 1 ml liuosta 9 ml:aan steriiliä laimennusliuosta, jolloin saadaan laimennos 10–2 jne. Jokaisen siirroksen jälkeen putket ravistellaan huolellisesti.

Vertailupinnoilta otetuista näytteistä viljellään esim. laimennokset $100 - 10^{-2}$ sekä bakteeri- että sienialustoille ja vauriopinnoilta otetuista näytteistä esim. laimennokset $10^{-1} - 10^{-3}$ bakteerialustoille ja $10^{-1} - 10^{-5}$ sienialustoille näytteenotokohdassa epäillyn mikrobikasvuston runsaudesta riippuen. Laimennokset viljellään kahtena rinnakkaisena sarjana pintaviljelytekniikalla. Maljat kasvatetaan alaspäin käännettyinä 25 ± 3 °C:ssa 7 vrk (sienet), 7 vrk (bakteerit) ja 14 vrk (aktinomykeetit).

Rakennusmateriaalinäyte säilytetään kylmässä (+4 – 8 °C) ennen viljelyä, joka suositellaan tehtäväksi mahdollisimman pian, esimerkiksi näytteenottoa seuraavana päivänä. Näytepala hienonnetaan tai pilkotaan pieniksi paloiksi. Vertailunäyte käsitellään kontaminaation estämiseksi ennen vaurioitunutta näytettä. Näytteestä otetaan vähintään 1 g suuruinen osanäyte, johon lisätään laimennusliuosta siten, että saadaan laimennos 10^{-1} , kun oletetaan, että 1 g näytettä vastaa 1 ml laimennusliuosta (esim. 5 g näytettä ja 45 ml laimennusliuosta). Näyteastia suljetaan huolellisesti ja pidetään ravistelujassa 60 min (ultraäänikäsittely esim. 30 min ennen ravistelua tehostaa mikrobin irtoamista materiaalista).

Tämän jälkeen näytesuspensiosta valmistetaan laimennussarja pintanäytteen yhteydessä esitetyllä tavalla. Vertailunäytteestä valmistetaan laimennussarja esim. laimennokseen 10^{-3} tai 10^{-4} saakka ja vaurionäytteestä esim. 10^{-5} saakka. Laimennokset viljellään välittömästi bakteerien ja sienten kasvualustoille siten, että kutakin kasvualustaa kohden viljellään kolme peräkkäistä laimennosta kahdelle rinnakkaismaljalle. Maljat

kasvatetaan alaspäin käännettyinä 25 ± 3 °C:ssa 7 vrk (sienet), 7 vrk (bakteerit) ja 14 vrk (aktinomykeetit).

2.2. Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteiden tulosten analysointi

Kasvatusajan päätyttyä bakteeri- ja sienipesäkkeiden kokonaismäärät lasketaan maljoilta erikseen homeet ja hiivat sienimaljoilta ja aktinomykeetit bakteerimaljoilta. Bakteeripesäkkeiden kokonaismäärä lasketaan 7 kasvatusvuorokauden kuluttua ja aktinomykeetit 14 vrk kuluttua. Maljalta laskettua pesäkemäärää voidaan pitää luotettavana, jos sienimaljoilla pesäkemäärä on alle 150 pesäkettä ja bakteerimaljoilla alle 250 pesäkettä. Viljelytulosta voidaan pitää luotettavana, jos mikrobipitoisuus voidaan laskea vähintään kahden peräkkäisen laimennoksen tuloksista. Tarkemmat ohjeet pesäkelaskennan luotettavuudesta ja tulosten hyväksyttävyydestä tulee sisällyttää laboratorion laatuohjeisiin. Tuloksista tehtävässä lausunnossa tai raportissa on ilmoitettava käytetty menetelmä, koska kasvatusmenetelmillä määritetyt mikrobipitoisuudet kuvaavat elinkyisten, tietyissä olosuhteissa kasvavien mikrobien pitoisuutta.

Pintanäytteiden mikrobipitoisuus (bakteeri-, aktinomykeetti-, sieni-itiö-, homeitiö- tai hiivapitoisuus) lasketaan seuraavasti ja ilmoitetaan yksikössä kpl/cm²:

V * mikrobipesäkemäärien summa

Mikrobipitoisuus = _____

A * viljeltyjen laimennosten summa

V = alkuperäisen laimennosvesiliuoksen tilavuus = 5 ml

A = näytteenottopinta-ala [cm²]

Rakennusmateriaalinäytteiden mikrobipitoisuus (bakteeri-, aktinomykeetti-, sieni-itiö-, homesieni- tai hiivasienipitoisuus) lasketaan seuraavasti ja ilmoitetaan yksikössä kpl/g:

mikrobipesäkemäärien summa

Mikrobipitoisuus = _____

viljeltyjen laimennosten summa

HUOM!

Mikrobipesäkemäärien summa tarkoittaa maljoilta laskettujen mikrobien (bakteerien, aktinomykeettien, sienten, hiivojen tai homeiden) pesäkemäärien summaa (kpl=cfu=pfu=pesäkkeen muodostava yksikkö)

*Viljeltyjen laimennosten summalla tarkoitetaan maljoilla olevien laimennosten summaa ja se sisältää myös rinnakkaismaljat, ts. sama laimennos lasketaan kah-
teen kertaan (esimerkiksi $2 \cdot 10^{-2} + 2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-4}$).*

2.3. Ilmanäytteiden analysointi

Impaktori- ja laskeumamaljamenetelmissä maljat kasvatetaan alaspäin käännettyinä $25 \pm 3^\circ\text{C}$:ssa 7 vrk (sienet), 7 vrk (bakteerit), 14 vrk (aktinomykeetit). Pesäkemäärät lasketaan pinta- ja materiaalinäytteiden tulosten analysoinnin yhteydessä esitetyllä ta-
valla. Tuloksista tehtävässä lausunnossa tai raportissa on ilmoitettava käytetty menetel-
mä, koska kasvatusmenetelmillä määritetyt mikrobipitoisuudet kuvaavat elinkykyisten,
tietyissä olosuhteissa kasvavien mikrobien pitoisuutta.

Impaktorinäytteet

Kuusi-vaiheimpaktorilla otettujen bakteeri- ja sieni-itönäytteiden pesäkemäärät korja-
taan liitteen 3 muunnostaulukon mukaisesti (vaiheet 3 - 6). Korjattujen pesäkemäärien
avulla ilman mikrobipitoisuus lasketaan seuraavasti ja ilmoitetaan yksikössä kpl/m^3 .

Mikrobipitoisuus = vaiheiden pesäkemäärien summa / ilmanäytteen tilavuus

HUOM!

*Vaiheiden pesäkemäärien summa = 1 ja 2 vaiheiden pesäkemäärät + 3 - 6 vaihei-
den korjatut pesäkemäärät ($\text{kpl}=\text{cfu}=\text{pmy}=\text{pesäkkeen muodostava yksikkö}$) ilma-
näytteen tilavuus = näytteenottoaika (min) * 28,3 (l/min)/1000 (m³)*

KASVUALUSTAT, LAIMENNOSVESIOHJE, 6-VAIHEIMPAKTORIN KORJAUSTAULUKKO

Bakteerien kasvualusta:

Tryptoni-hiivauute-glukoosiagar

5,0 g tryptonia
 2,5 g hiivauutetta
 1,0 g glukoosia
 15,0 g agaria
 1000 ml deionisoitua vettä

0,2 g natamysiiniä

- tarkistetaan pH $7,0 \pm 0,2$
- autoklavoidaan $121\text{ }^{\circ}\text{C}$, 15 min
- lisätään antibiootti

Huom!

Natamysiinipullon kumitulppa avataan ja se täytetään noin 80 % tilavuudestaan steriilillä, deionisoidulla vedellä. Vettä voi lämmittää ensin liukenemisen helpottamiseksi esim. vesihautessa korkeintaan $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Pullo suljetaan ja se ravistellaan hyvin ultraäänihauteessa. Antibiootti lisätään agariin juuri ennen maljojen valmistamista. Kasvualustan valmistuksessa työskennellään koko ajan aseptisesti.

Sienien kasvualusta:

2 % Mallasuuteagar

20,0 g mallasuutetta, esim. jauheena
 15,0 g agaria
 1000 ml deionisoitua vettä

Antibiootit: valitaan jokin seuraavista vaihtoehdoista

35,0 mg aureomysiiniä (klorotetrasykliiniä)
 40,0 mg streptomysiinisulfaattia
 100,0 mg kloramfenikolia

- autoklavoidaan $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, 15 min

Huom!

Aureomysiini ja streptomysiinisulfaatti lisätään juuri ennen maljojen valamista haaleaan steriiliin veteen (n. 10 ml) liuotettuna, kun taas kloramfenikoli liuotetaan asetoniin tai etanoliin (n. 10 ml) ja lisätään agariin jo ennen autoklavointia.

Myös aiemmassa ohjeessa (Lääkintöhallitus 1994: Asuntojen kuntoa ja hoitoa koskeva opas) esitettyä mallauuteagaria voidaan käyttää. Mallasuutealustan rinnalla voidaan lisäksi käyttää dikloraaniglyserolialustaa (DG18).

DG18

31,5 g DG-18 Agar -jauhetta
220 g glyserolia
1000 ml deionisoitua vettä

100 mg kloramfenikolia

Kloramfenikoli liuotetaan asetoniin tai etanoliin (n. 10 ml) ja lisätään agariin jo ennen autoklavointia.

-autoklavoidaan 121 °C, 15 min
- pH 5,6"0,2 25 °C:ssa

LAIMENNOSVESILIUOKSEN VALMISTUS**Laimennosvesi**

0,0425 g kaliumdivetyfosfaattia (KH₂PO₄)
0,25 g magnesiumsulfaattia (MgSO₄x 7 H₂O)
0,008 g natriumhydroksidia (NaOH)
1000 ml deionisoitua vettä

- säädetään pH 7,0 ± 0,2
- lisätään 0,2 ml Tween 80 detergenttiä
- autoklavoidaan 121 °C, 15 min

6-VAIHEIMPAKTORIN KORJAUSTAULUKKO (Andersen 10-800)

HUOM!

vain vaiheiden 3 - 6 pesäkemäärät korjataan

LP = laskettu pesäkemäärä

KP = korjattu pesäkemäärä

| LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP | LP | KP |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1 | 41 | 43 | 81 | 91 | 121 | 144 | 161 | 206 | 201 | 279 | 241 | 369 | 281 | 485 | 321 | 649 |
| 2 | 2 | 42 | 44 | 82 | 92 | 122 | 146 | 162 | 208 | 202 | 281 | 242 | 372 | 282 | 488 | 322 | 654 |
| 3 | 3 | 43 | 45 | 83 | 93 | 123 | 147 | 163 | 209 | 203 | 283 | 243 | 374 | 283 | 492 | 323 | 659 |
| 4 | 4 | 44 | 47 | 84 | 94 | 124 | 148 | 164 | 211 | 204 | 285 | 244 | 377 | 284 | 495 | 324 | 664 |
| 5 | 5 | 45 | 48 | 85 | 96 | 125 | 150 | 165 | 213 | 205 | 287 | 245 | 379 | 285 | 499 | 325 | 670 |
| 6 | 6 | 46 | 49 | 86 | 97 | 126 | 151 | 166 | 214 | 206 | 289 | 246 | 382 | 286 | 502 | 326 | 675 |
| 7 | 7 | 47 | 50 | 87 | 98 | 127 | 153 | 167 | 216 | 207 | 292 | 247 | 384 | 287 | 506 | 327 | 680 |
| 8 | 8 | 48 | 51 | 88 | 99 | 128 | 154 | 168 | 218 | 208 | 294 | 248 | 387 | 288 | 508 | 328 | 686 |
| 9 | 9 | 49 | 52 | 89 | 101 | 129 | 156 | 169 | 220 | 209 | 296 | 249 | 390 | 289 | 513 | 329 | 692 |
| 10 | 10 | 50 | 53 | 90 | 102 | 130 | 157 | 170 | 221 | 210 | 298 | 250 | 392 | 290 | 516 | 330 | 697 |
| 11 | 11 | 51 | 55 | 91 | 103 | 131 | 159 | 171 | 223 | 211 | 300 | 251 | 395 | 291 | 520 | 331 | 703 |
| 12 | 12 | 52 | 56 | 92 | 105 | 132 | 160 | 172 | 225 | 212 | 302 | 252 | 398 | 292 | 524 | 332 | 709 |
| 13 | 13 | 53 | 57 | 93 | 106 | 133 | 162 | 173 | 227 | 213 | 304 | 253 | 400 | 293 | 527 | 333 | 715 |
| 14 | 14 | 54 | 58 | 94 | 107 | 134 | 163 | 174 | 228 | 214 | 306 | 254 | 403 | 294 | 531 | 334 | 721 |
| 15 | 15 | 55 | 59 | 95 | 108 | 135 | 165 | 175 | 230 | 215 | 308 | 255 | 406 | 295 | 535 | 335 | 727 |
| 16 | 16 | 56 | 60 | 96 | 110 | 136 | 166 | 176 | 232 | 216 | 311 | 256 | 409 | 296 | 539 | 336 | 733 |
| 17 | 17 | 57 | 61 | 97 | 111 | 137 | 168 | 177 | 234 | 217 | 313 | 257 | 411 | 297 | 543 | 337 | 739 |
| 18 | 18 | 58 | 63 | 98 | 112 | 138 | 169 | 178 | 236 | 218 | 315 | 258 | 414 | 298 | 547 | 338 | 746 |
| 19 | 19 | 59 | 64 | 99 | 114 | 139 | 171 | 179 | 237 | 219 | 317 | 259 | 417 | 299 | 551 | 339 | 752 |
| 20 | 21 | 60 | 65 | 100 | 115 | 140 | 172 | 180 | 239 | 220 | 319 | 260 | 420 | 300 | 555 | 340 | 759 |
| 21 | 22 | 61 | 66 | 101 | 116 | 141 | 174 | 181 | 241 | 221 | 322 | 261 | 423 | 301 | 559 | 341 | 766 |
| 22 | 23 | 62 | 67 | 102 | 118 | 142 | 175 | 182 | 243 | 222 | 324 | 262 | 426 | 302 | 563 | 342 | 772 |
| 23 | 24 | 63 | 69 | 103 | 119 | 143 | 177 | 183 | 245 | 223 | 326 | 263 | 429 | 303 | 567 | 343 | 779 |
| 24 | 25 | 64 | 70 | 104 | 120 | 144 | 179 | 184 | 246 | 224 | 328 | 264 | 432 | 304 | 571 | 344 | 786 |
| 25 | 26 | 65 | 71 | 105 | 122 | 145 | 180 | 185 | 248 | 225 | 331 | 265 | 434 | 305 | 575 | 345 | 793 |
| 26 | 27 | 66 | 72 | 106 | 123 | 146 | 182 | 186 | 250 | 226 | 333 | 266 | 437 | 306 | 579 | 346 | 801 |
| 27 | 28 | 67 | 73 | 107 | 125 | 147 | 183 | 187 | 252 | 227 | 335 | 267 | 440 | 307 | 584 | 347 | 808 |
| 28 | 29 | 68 | 75 | 108 | 126 | 148 | 185 | 188 | 254 | 228 | 338 | 268 | 443 | 308 | 588 | 348 | 816 |
| 29 | 30 | 69 | 76 | 109 | 127 | 149 | 186 | 189 | 256 | 229 | 340 | 269 | 447 | 309 | 592 | 349 | 824 |
| 30 | 31 | 70 | 77 | 110 | 129 | 150 | 188 | 190 | 258 | 230 | 342 | 270 | 450 | 310 | 597 | 350 | 832 |
| 31 | 32 | 71 | 78 | 111 | 130 | 151 | 190 | 191 | 260 | 231 | 345 | 271 | 453 | 311 | 601 | 351 | 840 |
| 32 | 33 | 72 | 79 | 112 | 131 | 152 | 191 | 192 | 262 | 232 | 347 | 272 | 456 | 312 | 606 | 352 | 848 |
| 33 | 34 | 73 | 81 | 113 | 133 | 153 | 193 | 193 | 263 | 233 | 349 | 273 | 459 | 313 | 610 | 353 | 857 |
| 34 | 36 | 74 | 82 | 114 | 134 | 154 | 194 | 194 | 265 | 234 | 352 | 274 | 462 | 314 | 615 | 354 | 865 |
| 35 | 37 | 75 | 83 | 115 | 136 | 155 | 196 | 195 | 267 | 235 | 354 | 275 | 465 | 315 | 620 | 355 | 874 |
| 36 | 38 | 76 | 84 | 116 | 137 | 156 | 198 | 196 | 269 | 236 | 357 | 276 | 468 | 316 | 624 | 356 | 883 |
| 37 | 39 | 77 | 86 | 117 | 138 | 157 | 199 | 197 | 271 | 237 | 359 | 277 | 472 | 317 | 629 | 357 | 892 |
| 38 | 40 | 78 | 87 | 118 | 140 | 158 | 201 | 198 | 273 | 238 | 362 | 278 | 475 | 318 | 634 | 358 | 902 |
| 39 | 41 | 79 | 88 | 119 | 141 | 159 | 203 | 199 | 275 | 239 | 364 | 279 | 478 | 319 | 639 | 359 | 911 |
| 40 | 42 | 80 | 89 | 120 | 143 | 160 | 204 | 200 | 277 | 240 | 367 | 280 | 482 | 320 | 644 | 360 | 921 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 400 | * |

*) kvantitatiivinen raja (noin 2628 hiukkasta) ylitetty

Korjaus ottaa huomioon sen, että yhdestä keräimen siivilälevyn reiästä on kulkeutunut useampi kuin yksi hiukkanen.

8 VESIJOHTOVEDEN LÄMPÖTILA

Asuinhuoneistossa tulee olla saatavissa riittävästi lämmintä ja kylmää vettä ja siinä tulisi olla tilat ja laitteet pesua ja peseytymistä varten. Lämpimän ja kylmän vesijohtoveden saanti olisi suotavaa, mutta erilliset laitteet veden säilytystä ja kuumentamista varten ovat hyväksyttäviä. Käytettävän vesijohtoveden tulee täyttää sosiaali- ja terveysministeriön talousvedelle asettamat vaatimukset. Jos huoneistossa on lämminvesijohto, lämminvesikalusteista tulee saada riittävän lämmintä vettä ilman kohtuutonta odotusaikaa. Lämminvesiverkosto suunnitellaan ja asennetaan siten, että lämpimän veden lämpötila täyttää vesilaitteiston kaikissa osissa sille asetetut ohjearvot. Jotta lämpimän veden kierron loppupäässä saavutettaisiin veden ohjeelliset lämpötilat, siirtimeltä ja varaajalta lähtevän vesijohtoveden lämpötilan on oltava ohjeellisia arvoja korkeamman. Riittävä lähtevän veden lämpötila on selvitettävä kiinteistökohtaisesti. Lämpötilat voivat olla johto-osuuksissa odotusaikana ohjeellisia arvoja alhaisemmat.

Lämpimän vesijohtoveden vähimmäislämpötilat (°C) käyttöpisteessä
1–2 minuutin valutuksen jälkeen

| | |
|---------------------|----|
| välttävä lämpötila | 50 |
| tydyttävä lämpötila | 55 |

Lämpötilan tydyttävä arvo (55 °C) on vähimmäisvaatimus asuinhuoneistojen uudistuotannossa sekä korjattaessa ja uusittaessa vanhojen rakennusten laitteistoja. Välttävä lämpötila (50 °C) on toimenpideraja nykyisille rakennuksille. Välttävän lämpötilan alittuessa on ryhdyttävä korjaustoimiin liian alhaisen lämpötilan aiheuttaman mahdollisen terveyshaitan poistamiseksi.

Lämpimän vesijohtoveden 55 °C lämpötila estää veden mikrobiologisen ja kemiallisen laadun heikkenemisen ja lämpökestoisten pieneliöiden lisääntymisen. Veden alhainen lämpötila vähentää vesijohtoveden käytökelpoisuutta peseytymiseen sekä vaatteiden ja astioiden pesuun.

Henkilökohtaiseen puhtaanapitoon tarkoitetuista lämminvesikalusteista saatavan veden lämpötila ei saa olla tapaturmien välttämiseksi yli 65 °C.

9 MITTAUSTULOSTEN ILMOITTAMINEN

Kaikista ohjeen mukaisista mittauksista on laadittava mittauspöytäkirja kussakin luvussa esitetyt yksityiskohtaiset vaatimukset huomioonottaen. Tutkittavasta kohteesta on aina liitettävä mittauspöytäkirjaan pohjapiirros, johon merkitään kaikki ne kohdat, joista mittauksia on tehty.