

# Säteilyturvakeskuksen määräys ionisoivan säteilyn mittauksista

Annettu Helsingissä 27.4.2021

Säteilyturvakeskuksen päätöksen mukaisesti määrätään säteilylain (859/2018) 59 §:n 2 momentin ja 63 §:n 3 momentin nojalla:

## 1 § Soveltamisala

Tätä määräystä sovelletaan säteilylain nojalla tehtäviin ionisoivan säteilyn mittauksiin. Pelastuslaissa (379/2011) tarkoitettussa pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa tätä määräystä sovelletaan kannettavilla mittareilla tehtäviin säteilymittauksiin.

## 2 § Määritelmät

Tässä määräyksessä tarkoitetaan

- 1) *käyttömittarilla* muuta ulkoisen säteilyn säteilymittaria kuin kontaminaatiomittaria ja joka kalibroidaan tai jonka kalibrointi tarkistetaan vertailumittarin avulla;
- 2) *laajennetulla mittausepävarmuudella* yhdistetyn mittausepävarmuuden ja kattavuuskertoimen tuloa;
- 3) *mittausepävarmuudella* mittaustuloksen laadun kvantitatiivista arviota, jolla kuvataan mittaussuureen arvojen oletettua vaihtelua;
- 4) *mittausjärjestelmällä* mittaamiseen tarkoitettua järjestelmää, johon kuuluvat säteilymittarit, säteilyn ilmaisimet, lukijalaite tai -laitteet, oheislaitteet sekä tietokoneohjelmat ja menettelyohjeet;
- 5) *perusoloilla* mittaria koskevassa standardissa ilmoitettua säteilylajia, säteilylaatua ja ilmoitettuja ympäristöolosuhteita, joissa referenssiarvot on määritetty;
- 6) *perusvirheellä* perusoloissa määritettyä virhettä;
- 7) *säteilylaadulla* säteilylajin energijakaumaa;
- 8) *säteilylajilla* säteilyn fysikaalista muotoa;
- 9) *vertailumittarilla* mittaria, joka kalibroidaan mittanormaaleiden avulla;
- 10) *virheellä* mittaustuloksen ja mitattavan suureen oikean arvon erotusta, kun mittaustulokseen on ensin tehty kaikki tunnetut korjaukset;
- 11) *ympäristöolosuhteilla* muista kuin ionisoivasta säteilystä aiheutuvia olosuhteita, jotka voivat vaikuttaa mittaustulokseen.

Neuvoston direktiivi 2013/59/Euratom (32013L0059); EUVL L 13, 17.1.2014, s. 1.

Ilmoitettu komissiolle Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimuksen 33 artiklan mukaisesti.

## 3 §

## Käytettävät suuret ja yksiköt

Mittauksissa on käytettävä

- 1) mittayksiköistä annetussa valtioneuvoston asetuksessa (1015/2014) säädettyjä perusyksiköitä ja muita SI-yksiköitä;
- 2) ionisoivasta säteilystä annetussa valtioneuvoston asetuksessa (1034/2018) säädettyjä säteilyaltistuksen määrittämiseen käytettäviä suureita ja mittayksiköitä;
- 3) liitteessä 2 määritellyjä suureita ja mittayksiköitä.

## 4 §

## Säteilymittausten luotettavuus

Säteilymittarin on sovelluttava mittaukseen mitattavan suureen arvoilla, säteilylajeilla ja säteilylaaduilla. Jos mitattavan säteilyn annosnopeus on pulssimuotoinen, on mittarilla ja mitausjärjestelmällä voitava mitata sekä jatkuvaa että pulssimuotoista säteilyä. Lisäksi säteilymittarin on sovelluttava käyttöpaikkansa ympäristöolosuhteisiin.

Mittaustuloksen metrologinen jäljitettävyyden osoittaminen mittarin ja mitausjärjestelmän kalibrointitodistuksessa olevien tietojen ja käytetyn mitausmenetelmän kuvauksen avulla.

Käyttömittarin mitaustuloksen metrologisen jäljitettävyyden osoittamiseksi käyttömittarin 14 §:ssä tarkoitetut kalibrointitiedot voidaan antaa kalibrointitodistuksen sijaan mittarin käyttäjän toimintajärjestelmän tiedoissa.

Säteilytoiminnan mittauksissa sekä työpaikan, asunnon ja muun oleskelutilan radonpitoisuuden mittauksissa mitaustuloksille on tehtävä epävarmuusarvio.

Säteilymittauksen luotettavuuden, mittarin ja mitausjärjestelmän on täytettävä liitteen 1 taulukoissa 1.1–1.4 määrätyt vaatimukset.

## 5 §

## Työperäisen altistuksen ja väestön altistuksen mittaussuuret

Altistusolosuhteiden tarkkailun ja henkilökohtaisen annostarkkailun säteilymittauksissa sekä väestön turvallisuuden varmistamiseksi tehtävissä säteilymittauksissa on käytettävä liitteen 1 taulukossa 1.1 ja 1.3 määrättyjä mittaussuureita.

## 6 §

## Altistusolosuhteiden tarkkailun ja väestön altistuksen säteilymittaukset

Altistusolosuhteiden tarkkailun ja väestön altistuksen säteilymittauksissa säteilyn vaikutus säteilymittarin vasteeseen on tunnettava.

Jos 1 momentissa tarkoitetuissa mittauksissa annosnopeus voi olla suurempi kuin mittarin toiminta-alueen yläraja, on mittarin tällaisessa tilanteessa osoitettava ylikuormitusta.

## 7 §

## Henkilökohtaisen annostarkkailun säteilymittaukset

Säteilytyöntekijän henkilökohtaisen annoksen määrittämisessä käytettävän annosmittausjärjestelmän tarkkuutta määritettäessä on otettava huomioon mitattava säteilylaji ja -laatu, annosnopeuden ja annoksen vaihteluväli sekä säteilyn pulssimuotoisuus.

Sisäisestä altistuksesta aiheutuvan annoksen määrittämisessä on aktiivisuusmittauksissa otettava huomioon mitattavat nuklidit.

## 8 §

Annosmittausjärjestelmä ja sisäisen altistuksen määrittämiseen käytettävä mittausjärjestelmä

Henkilökohtaiseen annostarkkailuun tarkoitettujen annosmittausjärjestelmän ominaisuuksista ja suorituskyvystä on oltava selvitys, johon sisältyy testituloksia annosmittarin vasteen riippuvuudesta mitatusta annoksesta, säteilyn energiasta ja energijakaumasta, säteilyn suunnasta sekä mittausjärjestelmän havaitsemiskyvynsästä ja ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta mitaustulokseen.

Henkilökohtaiseen annostarkkailuun tarkoitettulla annosmittausjärjestelmällä ja siihen kuuluvilla mittareilla on voitava mitata henkilöannosekvivalenttia  $H_p(d)$ .

Työperäisen ja väestön sisäisen altistuksen määrittämiseksi käytettävän mittausjärjestelmän ominaisuuksista ja suorituskyvystä on oltava selvitys ja testaustulosten osalta on viitattava mittausten luotettavuuden osoittamiseen käytettyihin standardeihin tai kuvattava testaustutkimusmenetelmä. Sisäisestä altistuksesta aiheutuvan annoksen määrittämisessä on otettava huomioon altistuksen ajankohta, altistustapa, absorptioluokka, hiukkaskoko ja aiempi altistus.

## 9 §

Pelastustoiminnan ja väestönsuojelun säteilymittarit

Pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa käytettävässä kannettavassa annosnopeusmittarissa on oltava jatkuvatoiminen äänisignaali annosnopeuden ja sen muutoksen havaitsemista varten. Mittarilla on oltava käyttöohje. Mittarissa käytettävän virtalähteen on oltava yleisesti käytössä olevaa tyyppiä.

## 10 §

Radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittauslaitteet

Radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittarin on oltava vertailumittari.

Radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittarin ja mittausjärjestelmän ominaisuuksista ja suorituskyvystä on oltava selvitys. Testaustulosten osalta on viitattava mittausten luotettavuuden osoittamiseksi käytettyihin standardeihin tai kuvattava testaustutkimusmenetelmä.

## 11 §

Lääketieteellisen altistuksen mittausten luotettavuus

Röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä sekä ulkoisen sädehoidon ja tykosädehoidon lääketieteellisen altistuksen mittaauksissa on käytettävä liitteen 1 taulukossa 1.2 määrättyjä mittaussuureita.

Jos röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä käytettävän laitteen näytössä käytetään muuta kuin 1 momentissa tarkoitettua suuretta, toiminnanharjoittajan on tunnettava tämän suureen yhteys 1 momentissa tarkoitettuun suureeseen ja mittaustulosten metrologinen jäljitettävyys.

Lääketieteellisen altistuksen määrittämiseen röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä käytäviin laskennallisiin näyttöihin sovelletaan 13 §:n ja 15 §:n 4 momentin vaatimuksia.

## 12 §

## Radioaktiivisten lääkkeiden aktiivisuuden mittausten luotettavuus

Isotooppitutkimuksessa ja -hoidossa radioaktiivisen lääkkeen mittauksessa mittaussuure on aktiivisuus.

Mittauksen perusvirhe saa olla enintään 10 %, kun aktiivisuus on suurempi kuin 3,7 MBq. Kun aktiivisuus on enintään 3,7 MBq, perusvirhe saa olla suurempi kuin 10 %, mutta sen suurin mahdollinen arvo on arvioitava. Jos mitattavalla radioaktiivisella aineella on tytärisotoppeja, joiden aktiivisuutta mitataan ja jotka eivät ole tasapainossa emonuklidien kanssa, on tämän vaikutus mittaustulokseen otettava huomioon.

Aktiivisuusmittarin yksittäisen mittaustuloksen poikkeama tulosten keskiarvosta kymmenen mittauksen sarjassa saa olla enintään 5 %. Mittauksessa käytettävä aktiivisuus on tyypillinen yhdelle potilaalle annettavan radioaktiivisen lääkkeen aktiivisuus.

Jos aktiivisuusmittarilla mitataan gammasäteilyä, jonka energia on enintään 100 keV, beetasäteilyä tai alfasäteilyä, on ampullin ja mittausingeometrian vaikutus mittaustulokseen otettava huomioon.

Aktiivisuusmittarin vasteen lineaarisuuden poikkeama saa olla enintään 5 % enintään 5 GBq:n aktiivisuudella. Aktiivisuusmittarin vasteen lineaarisuus on mitattava vähintään yhdellä radionuklidilla. Suuremmalla kuin 5 GBq:n aktiivisuudella on aktiivisuusmittari kalibroitava käytettävällä aktiivisuudella.

## 13 §

## Kalibroinnin yleiset vaatimukset

Säteilymittari ja mittausjärjestelmä on kalibroitava ennen sen käyttöönottoa.

Säteilymittari ja mittausjärjestelmä on kalibroitava asianmukaiseen standardiin perustuen. Jollei standardia ole, kalibrointi suoritetaan käyttäen muita standardoituja menetelmiä ja kansainvälisiä hyviä käytäntöjä.

Poiketen siitä mitä kalibroinnin vaatimuksista määrätään tämän pykälän 2 momentissa, käyttömittarin kalibrointi voi perustua menettelyyn, joka on yleisten kalibrointiperiaatteiden mukainen.

## 14 §

## Säteilymittarin ja mittausjärjestelmän kalibroinnit

Henkilökohtaisen annostarkkailun annosmittausjärjestelmä sekä säteilytoiminnan ja pelastustoiminnan vertailumittarit on kalibroitava säteilymittareiden kalibrointitoimintaan akkreditoitussa laboratorioissa tai kansallisessa mittanormaalilaboratorioissa.

Ilman radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittari ja mittausjärjestelmä on kalibroitava radonpitoisuuden mittauksiin akkreditoitussa laboratorioissa.

Kalibroinnin tulosten esitystavan on täytettävä standardissa ISO/IEC 17025 kalibrointi- ja testauslaboratorioille asetetut vaatimukset sekä kalibrointilaboratoriolle asetetut erityisvaatimukset. Ainoastaan käyttömittarina käytettävän mittarin kalibroinnin tuloksiin on kalibroinnin yleisten tietojen lisäksi sisällytettävä vähintään kalibrointimenettelyn tiedot, kalibrointisuure, numeerinen tulos ja sen yksikkö ja epävarmuus.

Käyttömittarit on kalibroitava vertailumittaria käyttäen.

Pelastustoiminnan, väestönsuojelun tai altistusolosuhteiden tarkkailuun käytettävän kannettavan säteilymittarin toiminta voidaan kalibroinnin sijaan tarkistaa säteilylähteen ja vertailumittarin avulla.

## 15 § Kalibrointiväli

Vertailumittarin, käyttömittarin ja mittausjärjestelmän kalibrointiväli saa olla enintään viisi vuotta, jollei jäljempänä muuta määrätä tai Säteilyturvakeskus mittausmenetelmää tai toimintaa hyväksyessään tai muutoin ole toisin päättänyt.

Ilman radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittarin ja mittausjärjestelmän kalibrointiväli saa olla enintään kaksi vuotta.

Ulkoisessa sädehoidossa sädehoitolaitteiden annoskalibrointiin käytettävät mittarit ja tykösädehoidossa säteilylähteiden kalibrointiin käytettävien mittarien ja säteilylähteiden kalibrointiväli saa olla enintään kolme vuotta.

Lääketieteellisen altistuksen mittaamiseen käytettävän käyttömittarin kalibrointiväli saa olla enintään kaksi vuotta.

## 16 § Mittarien toiminnan tarkistus

Säteilymittarin on oltava toimintakuntoinen. Toimintakuntoisuus on todettava tarkistamalla.

Säteilymittarin toiminta on tarkistettava säännöllisin välein sopivaa säteilylähdettä tai vertailumittaria käyttäen. Lisäksi toiminta on tarkistettava aina, jos on syytä epäillä muutoksia mittarin toimintakunnossa.

Säteilymittarin toiminta on tarkistettava tunnetuissa ja toistettavissa säteilyolosuhteissa. Saatuja mittaustuloksia on verrattava aikaisempien vastaavien mittausten perusteella tunnetuihin säteilyarvoihin ja mittari on tarvittaessa kalibroitava uudelleen.

Säteilymittarissa olevat hälytystoiminnot on tarkistettava.

## 17 § Voimaantulo ja siirtymäsäännös

Tämä määräys tulee voimaan 1 päivänä toukokuuta 2021 ja on voimassa toistaiseksi.

Tämän määräyksen voimaan tullessa vireillä oleviin asioihin sovelletaan tätä määräystä.

Tällä määräyksellä kumotaan säteilymittauksista annettu Säteilyturvakeskuksen määräys (STUK S/6/2018).

Helsingissä 27 päivänä huhtikuuta 2021

Pääjohtaja Petteri Tiippana

Johtaja Tommi Toivonen

**Määräyksen saatavuus, ohjaus ja neuvonta**

Tämä määräys on julkaistu Säteilyturvakeskuksen määräyskokoelmassa ja se on saatavissa Säteilyturvakeskuksesta.

Käyntiosoite: Laippatie 4, 00880 Helsinki

Postiosoite: PL 14, 00811 Helsinki

Puhelin: 09 759 881

Määräyskokoelma: <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/555001/>

## LIITE 1

## Säteilymittauksen luotettavuuden, mittareiden ja mittausjärjestelmien vaatimukset

**Taulukko 1.1.** Mittauksen tarkoitus, mittaussuureet, mittausten tarkkuusvaatimukset sekä säteilymittareille ja mittausjärjestelmille asetetut vaatimukset.

| Mittauksen tarkoitus   | Mittaussuure   | Suurin sallittu mittauserpävarmuus (%) <sup>1)</sup> | Säteilymittarin <sup>2)</sup> tai mittausjärjestelmän vaatimukset   |
|--|--|--|---|
| Altistusolosuhteiden tarkkailu. Annoksen tai annosnopeuden mittausta työtiloissa tai niiden ympäristössä <sup>3)</sup> | Vapaa annos-ekvivalentti<br>Vapaa annos-ekvivalenttinopeus         | 60   | Fotonisäteilyllä mittarin vaste <sup>4)</sup> ei saa olla pienempi kuin 0,71 eikä suurempi kuin 1,67 energia-alueella 20 keV–150 keV tai 80 keV–1,5 MeV<br><br>Hälyttävän henkilöannos-mittarin perusvirhe saa olla enintään 30 %   |
| Altistusolosuhteiden tarkkailu. Annoksen tai annosnopeuden mittausta työtiloissa tai niiden ympäristössä <sup>3)</sup> | Suunnattu annos-ekvivalentti<br>Suunnattu annos-ekvivalenttinopeus | 60   | Hälyttävän henkilöannos-mittarin perusvirhe saa olla enintään 30 %  |
| Altistusolosuhteiden tarkkailu. Röntgendiagnostiikkalaitteen vuoto- ja sirontasäteily                                  | Ilmakermanopeus  | 20   |   |
| Altistusolosuhteiden tarkkailu. Radioaktiivisen aineen kontaminaatio työtiloissa tai niiden ympäristössä               | Aktiivisuuskate  | 60   |   |
| Henkilökohtainen annostarkkailu. Työntekijän annoksen määrityksessä käytettävä annosmittausjärjestelmä                 | Henkilöannos-ekvivalentti  | 42   | Vasteen R <sup>4)</sup> suurin vaihteluväli<br><br>Fotonisäteilyllä $\bar{E}_{ph} > 10$ keV ja beetasäteilyllä $\bar{E}_{beta} > 0,2$ MeV<br><br>$0,71 \cdot \left[ 1 - \frac{2 \cdot H_0/1,33}{H_0/1,33 + H_{ref}} \right] \leq R$<br>5)<br><br>$1,67 \cdot \left[ 1 + \frac{H_0}{4 \cdot H_0 + H_{ref}} \right] \geq R$<br><br>Neutronisäteilyllä sekä fotonisäteilyllä $\bar{E}_{ph} \leq 10$ keV ja beetasäteilyllä $\bar{E}_{beta} \leq 0,2$ MeV<br><br>$0,5 \cdot \left[ 1 - \frac{2 \cdot H_0/1,5}{H_0/1,5 + H_{ref}} \right] \leq R \leq 2$ |

| Mittauksen tarkoitus   | Mittaussuure                   | Suurin sallittu mittaus-epävarmuus (%) <sup>1)</sup>         | Säteilymittarin <sup>2)</sup> tai mittausjärjestelmän vaatimukset   |
|--|--------------------------------|--|---|
| Säteilytyöntekijän annosmääritys sisäisestä altistuksesta.<br>Aktiivisuusmittaus   | Nuklidikohtainen aktiivisuus   | Epävarmuus määritysmenetelmää koskevan standardin mukaisesti | Määrittymenetelmää koskevan standardin mukaisesti   |
| Säteilytyöntekijän annosmääritys sisäisestä altistuksesta.<br>Annosmääritys  | Efekttiivisen annoksen kertymä | Epävarmuus määritysmenetelmää koskevan standardin mukaisesti | Määrittymenetelmää koskevan standardin mukaisesti   |
| Rakennusmateriaalien mittaukset  | Aktiivisuus-pitoisuus          | Epävarmuus määritysmenetelmää koskevan standardin mukaisesti | Rakennusmateriaalien aktiivisuuspitoisuus on mitattava käyttäen korkean energiaerottelukyvyn (HPGe) gammaspektrometriaa |
| <p><sup>1</sup> Laajennettu mittausepävarmuus kattavuuskertoimella 2.<br/> <sup>2</sup> Mittarin on täytettävä soveltuvassa standardissa esitetyt vaatimukset.<br/> <sup>3</sup> Vaatimus koskee ulkoista säteilyaltistusta.<br/> <sup>4</sup> <math>R = \frac{G}{H_{ref}}</math> on annosmittarin vaste, jossa <math>G</math> on annosmittarilla määritetty annos ja <math>H_{ref}</math> on todellinen annos.<br/> <sup>5</sup> <math>H_0</math> on kirjauskynnys.</p> |                                |  |   |



**Taulukko 1.2.** Lääketieteellisen altistuksen määrittämiseksi tehtävissä mittauksissa käytettävät suuret ja tarkkuusvaatimukset.

| Mittauksen tarkoitus  | Mittaussuure  | Suurin sallittu mittausepävarmuus (%) <sup>1)</sup> | Säteilymittarin vaatimukset   |
|---|---|---|---|
| Röntgentutkimukset ja -toimenpiteet.<br>Röntgenlaitteen säteilyntuotto.   | Ilmakerma<br>Sähkömäärä                                       | 7   | IAEA TRS 457:n <sup>2)</sup> tarkoittamat kriteerit täyttävä mittauslaite |
| Röntgentutkimukset ja -toimenpiteet                                       | Ilmakerma pinnalla<br>Ilmakerman ja pinta-alan tulo           | 25 <sup>3)</sup>                                    | IAEA TRS 457:n <sup>2)</sup> tarkoittamat kriteerit täyttävä mittauslaite |
| TT-tutkimukset ja -toimenpiteet   | Ilmakerman ja pituuden tulo<br>Tilavuuden TT-ilmakermaindeksi | 25 <sup>3)</sup>                                    | IAEA TRS 457:n <sup>2)</sup> tarkoittamat kriteerit täyttävä mittauslaite |
| Ulkoisen sädehoito fotonisäteilyllä vertailuolosuhteissa <sup>4)</sup>    | Veteen absorboitunut annos                                    | 3   | IAEA TRS 398:n <sup>5)</sup> tarkoittamat kriteerit täyttävä mittauslaite |
| Ulkoisen sädehoito elektronisäteilyllä vertailuolosuhteissa <sup>4)</sup> | Veteen absorboitunut annos                                    | 4   | IAEA TRS 398:n <sup>5)</sup> tarkoittamat kriteerit täyttävä mittauslaite |
| Ulkoisen sädehoito. Mittaus potilaassa                                    | Veteen absorboitunut annos                                    | 5   |   |
| Tykosädehoito fotonisäteilylähteellä vertailuolosuhteissa <sup>4)</sup>   | Vertailuilmakermanopeus                                       | 5   | Soveltuva kansainvälinen standardi  |
| Tykosädehoito beetasäteilylähteellä vertailuolosuhteissa <sup>4)</sup>    | Veteen absorboituneen annoksen vertailuannosnopeus            | 15  | Soveltuva kansainvälinen standardi  |

<sup>1)</sup> Laajennettu mittausepävarmuus kattavuuskertoimella 2.

<sup>2)</sup> International atomic energy agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice Technical report series no. 457. Vienna: IAEA, 2007.

<sup>3)</sup> Samaa epävarmuuden enimmäisarvoa käytetään myös silloin, kun laitteessa on laskennallinen potilaan säteilyaltistuksen näyttö.

<sup>4)</sup> Vertailuolosuhteilla tarkoitetaan mittausta vedessä, toistettavassa ja tunnetussa geometriassa ja ympäristöolosuhteissa ja jonka tulosta käytetään potilaan annosmäärityksen ja -suunnittelun perustana.

<sup>5)</sup> International atomic energy agency (IAEA). Absorbed dose determination in External Beam Radiotherapy. An international code of practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water. Technical reports series no. 398, V12, 05 June 2006 tai tätä myöhäisempi julkaisu.

**Taulukko 1.3.** Pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa käytettävät mittaussuureet sekä fotonisäteilyn mittauksille ja säteilymittareille asetetut vaatimukset.

| Mittauksen tarkoitus  | Mittaussuure   | Mittausalue <sup>1)</sup>                                  | Säteilymittarin vaatimukset   |
|---|--|--|---|
| Pelastustoiminta  | Vapaa annosekvivalenttinopeus <sup>2)</sup>                    | Annosekvivalenttinopeudelle vähintään<br>0,1 µSv/h–10 Sv/h | Täyttää standardin IEC 60846-2 vaatimukset <sup>2)</sup><br><br>Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 65 (standardi SFS-EN 60529)<br><br>Jos mittariin voidaan liittää erillinen pintakontaminaatioanturi, sen on täytettävä standardin IEC 60325 vaatimukset |
| Väestönsuojelu  | Vapaa annosekvivalenttinopeus <sup>2)</sup>                    | Annosekvivalenttinopeudelle vähintään<br>1 µSv/h–100 mSv/h | Täyttää standardin IEC 60846-1 vaatimukset <sup>2)</sup><br><br>Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 54 (standardi SFS-EN 60529)   |
| Henkilöannosmittaus   | Henkilöannosekvivalentti<br><br>Henkilöannosekvivalenttinopeus | Annosekvivalenttinopeudelle vähintään<br>0,5 µSv/h–1 Sv/h  | Täyttää standardin IEC 61526 vaatimukset<br><br>Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 54 (standardi SFS-EN 60529)   |
| <p><sup>1)</sup> Jos koko mittausaluetta ei ole mahdollista kattaa yhdellä säteilymittarilla, voidaan käyttää useita säteilymittareita, joiden yhdistetty mittausalue kattaa tarvittavan mittausalueen.</p> <p><sup>2)</sup> Jos kannetavalla annosnopeusmittarilla on myös annosmittausominaisuus, on mittarin annosmittausominaisuuksien vastattava standardin vaatimuksia.</p> |  |  |   |

**Taulukko 1.4.** Radonpitoisuuden ja radonista aiheutuvan altistuksen mittaukselle asetetut vaatimukset.

| Mittauksen tarkoitus ja mittaaminen  | Mittaussuure ja mittayksikkö              | Suurin sallittu mittausepävarmuus (%) | Säteilymittarin tai mittaajärjestelmän vaatimukset   |
|--|---|---------------------------------------|--|
| Työpaikan, asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman radonpitoisuuden yhtäjaksoinen vähintään 2 kk:n pituinen integroitu mittaus | Aktiivisuuspitoisuus (Bq/m <sup>3</sup> ) | 30                                    | <p>Tulosten variaatiokerroin saa olla enintään 10 % aktiivisuuspitoisuutta 300 Bq/m<sup>3</sup> ja 1500 tunnin mittausta vastaavassa altistuksessa. Tulosten jakauman variaatiokerroin määritetään useamman integroivan mittarin lukemista vakioolosuhteissa (tasalaatuisuus)*.</p> <p>Mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 5 000 Bq/m<sup>3</sup>, jos mittaria käytetään radonpitoisuuden viitearvoon vertaamiseen työpaikalla tai asunnossa ja mittauksessa käytetään vähintään 60 vuorokauden mittausaikaa.</p> <p>Mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 10 000 Bq/m<sup>3</sup>, jos mittaustuloksesta määritetään laskennallisesti työntekijän annos ja mittauksessa käytetään vähintään 60 vuorokauden mittausaikaa.</p> |
| Sisäilman radonpitoisuuden ajallisen vaihtelun selvittämiseksi tehtävä, vähintään viikon pituinen jatkuvatoiminen mittaus      | Aktiivisuuspitoisuus (Bq/m <sup>3</sup> ) | 30                                    | <p>Mittarin herkkyuden on oltava vähintään 0,01 cph/(Bq/m<sup>3</sup>).</p> <p>Mittarin vasteajan on oltava vähintään 100 min.</p> <p>Mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 9 000 Bq/m<sup>3</sup>, jos mittaustuloksesta määritetään työnaikainen ja kokoaikainen radonpitoisuus ja mittauksessa käytetään vähintään 7 vuorokauden mittausaikaa.</p>   |
| Ilman hetkellinen, enintään 1 tunnin pituinen radonpitoisuuden mittaus   | Aktiivisuuspitoisuus (Bq/m <sup>3</sup> ) | 30                                    | <p>Tulosten variaatiokerroin saa olla enintään 10 % aktiivisuuspitoisuudessa 300 Bq/m<sup>3</sup>. Tulosten jakauman variaatiokerroin määritetään mittauksen toistetuista lukemista (toistettavuus)*.</p> <p>Mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 10 000 Bq/m<sup>3</sup>, jos mittaustuloksesta määritetään laskennallisesti työntekijän annos.</p>   |

| Mittauksen tarkoitus ja mittaaminen   | Mittaussuure ja mittayksikkö              | Suurin sallittu mittausepävarmuus (%) | Säteilymittarin tai mittausjärjestelmän vaatimukset   |
|---|---|---------------------------------------|---|
| Työntekijän altistuksen radonille selvittämiseksi tehtävä vähintään 2 kk:n pituinen henkilökohtainen integroitu mittaus | Altistus radonille (Bq h/m <sup>3</sup> ) | 30                                    | Tulosten variaatiokerroin enintään 10 % 500 000 Bq h/m <sup>3</sup> altistuksessa. Tulosten jakauman variaatiokerroin määritetään useamman integroivan mittarin lukemista vakio-olosuhteissa (tasalaatuisuus)*.<br><br>Työperäistä radonista aiheutuvaa altistusta mittaavan mittarin ja mittausjärjestelmän mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 3 000 000 Bq h/m <sup>3</sup> . |
| Työntekijän altistuksen radonille selvittämiseksi tehtävä 2 kk:ta lyhyempikestoinen mittaus kannettavalla mittarilla    | Aktiivisuuspitoisuus (Bq/m <sup>3</sup> ) | 30                                    | Mittarin herkkyys vähintään 0,01 cph/(Bq/m <sup>3</sup> ).<br><br>Mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 10 000 Bq/m <sup>3</sup> , jos mittaustuloksesta määritetään laskennallisesti työntekijän annos ja mittauksessa käytetään 60 vuorokautta lyhyempää mittausaikaa.   |
| * Variaatiokertoimen määrittämisessä ei huomioida radonin hajoamisen aiheuttamaa tilastollista vaihtelua.               |   |                                       |   |

## LIITE 2

**Suureiden määritelmät****Ilmakerma**

Ilmakerma ( $K_a$ ) on varauksettomien ionisoivien hiukkasten ilma-alkiossa tuottamien varauksisten hiukkasten syntyhetken liike-energioiden summa jaettuna ilma-alkion massalla.

Ilmakerman yksikkö on gray (Gy),  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Ilmakermanopeus on ilmakerman kasvu lyhyellä aikavälillä jaettuna tällä aikavälillä.

**Annosekvivalentti**

Annosekvivalentti  $H$  on absorboituneen annoksen  $D$  ja laatukertoimen  $Q$  tulo:

$$H = Q \cdot D.$$

Annosekvivalentin yksikkö on sievert (Sv).

Laatukerroin  $Q$  on säteilyn energiansiirtokyvystä  $L$  riippuva tekijä, jolla pyritään ottamaan huomioon eri säteilylaatujen erilainen kyky aiheuttaa terveydellisiä haittavaikutuksia.

$Q$ :n ja  $L$ :n välinen riippuvuus saadaan taulukosta 2.1.

**Taulukko 2.1.** Laatukertoimen  $Q$  riippuvuus energiansiirtokyvystä  $L$ .

| Energiansiirtokyky $L$ vedessä<br>( $\text{keV}\mu\text{m}^{-1}$ ) | Laatukerroin $Q$ ( $L$ ) |
|--|--------------------------|
| < 10   | 1                        |
| 10–100   | 0,32 $L$ - 2,2           |
| > 100  | 300 / $\sqrt{L}$         |

Kun absorboitunut annos kudoksen pisteessä aiheutuu energiansiirtokyvyltään erilaisista hiukkasista, voidaan laatukerroin laskea keskimääräinen laatukerroin huomioimalla absorboituneen annoksen jakauma energiansiirtokyvyn suhteen. Energiansiirtokyvyllä tarkoitetaan rajatonta energiansiirtokykyä.

**Suunnattu annosekvivalentti**

Suunnattu annosekvivalentti  $H'(d, \Omega)$  säteilykentän pisteessä on annosekvivalentti, jonka aiheuttaisi vastaava laaja kenttä ICRU-pallon säteellä syvyydellä  $d$  tietyssä suunnassa  $\Omega$ , jossa:

- 1) laaja kenttä on säteilykenttä, jossa hiukkaskertymä ja sen suunta- ja energiajakauma ovat koko tarkasteltavassa tilavuudessa samat kuin todellisessa kentässä olevassa vertailupisteessä;
- 2) ICRU-pallo on Kansainvälisen säteily-yksiköiden ja -mittausten toimikunnan (International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU) määrittelemä pallomainen kudostavine, joka ionisoivan säteilyn energian absorboitumisen suhteen vastaa likimain ihmiskehoa.

Suunnatun annosekvivalentin yksikkö on sievert (Sv).

**Vapaa annosekvivalentti**

Vapaa annosekvivalentti  $H^*(d)$  säteilykentän pisteessä on annosekvivalentti, jonka aiheuttaisi vastaava suunnattu laaja kenttä ICRU-pallossa syvyydellä  $d$  kentän suuntaisella säteellä säteilyn tulosuunnan puolella, jossa:

- 1) suunnattu laaja kenttä on säteilykenttä, jossa hiukkaskertymä ja sen energiajakauma ovat samat kuin laajassa kentässä, mutta kaikki hiukkaset tulevat samasta suunnasta.
- 2) ICRU-pallo on ICRUn määrittelemä pallomainen kudosvastine, joka ionisoivan säteilyn energian absorboitumisen suhteen vastaa likimain ihmiskehoa.

Vapaan annosekvivalentin yksikkö on sievert (Sv).

**Henkilöannosekvivalentti**

Henkilöannosekvivalentti  $H_p(d)$  on annosekvivalentti syvyydellä  $d$  olevassa pisteessä kehon pehmytkudoksessa.

Henkilöannosekvivalentin yksikkö on sievert (Sv).

**Aktiivisuuskate**

Aktiivisuuskate  $A_s$  on tietyllä pinnalla, tarkasteltavalla alueella olevan radioaktiivisen aineen aktiivisuus  $A$  jaettuna tämän alueen pinta-alalla  $S$ :

Aktiivisuuskatteen yksikkö on Bq·m<sup>-2</sup>.

**Ilmakerma pinnalla**

Ilmakerma pinnalla (*ESAK*) on ilmakerma säteilykeilan keskiakselin ja potilaan pinnan leikkauspisteessä sisältäen myös potilaasta tähän pisteeseen siroavan säteilyn.

Ilmakerma pinnalla -suureen yksikkö on gray (Gy).

**Ilmakerman ja pinta-alan tulo**

Ilmakerman ja pinta-alan tulo (*KAP*) määritellään integraalina

$$KAP = \int_{A_M} K(x, y) dx dy,$$

jossa  $K(x, y)$  on ilmakerma säteilykeilan akselia vastaan kohtisuorassa tasossa ja  $A_M$  on integroimisalue.

Ilmakerman ja pinta-alan tulon yksikkö on Gy·m<sup>2</sup> (yleisimmin Gy·cm<sup>2</sup>).

**Ilmakerman ja pituuden tulo**

Tomografiakuvauksessa ilmakerman ja pituuden tulo ( $KLP$ ) määritellään integraalina

$$KLP = \int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz$$

jossa  $K(z)$  on tutkimuksen aiheuttama ilmakerma paikan  $z$  funktiona (ilmakermaprofiili) röntgenputken pyörähdysakselin suuntaisella suoralla.

Ilmakerman ja pituuden tulon yksikkö on Gy·m (yleisimmin mGy·cm).

Yksittäisen aksiaalikuvausten tai röntgenputken yhden kierroksen ilmakermaprofiilin perusteella  $KLP$  on

$$KLP = N \cdot \int K_1(z) dz = N \cdot KLP_1,$$

jossa

$K_1(z)$  on yksittäisen aksiaalikuvausten tai yhden röntgenputken kierroksen ilmakermaprofiili ja  $KLP_1$  sitä vastaava ilmakerman ja pituuden tulo;

$N$  on röntgenputken kierrosten lukumäärä.

**Painotettu ilmakerman ja pituuden tulo**

Painotettu ilmakerman ja pituuden tulo ( $KLP_w$ ) määritellään seuraavasti:

$$KLP_w = \frac{1}{3} \cdot KLP_c + \frac{2}{3} \cdot KLP_p,$$

jossa  $KLP_c$  on tietokonetomografiakuvauksessa käytettävän kudostavastineen keskellä määritetty ilmakerman ja pituuden tulo ja  $KLP_p$  on 10 mm:n syvyydellä kyseisessä kudostavastineessa määritetty ilmakerman ja pituuden tulo.

**Tilavuuden TT-ilmakermaindeksi**

Useista yksittäisistä aksiaalikuvauksista tai helikaalikuvauksissa useista röntgenputken kierroksista koostuvassa tietokonetomografiatutkimuksessa tilavuuden TT-ilmakermaindeksi on:

$$CTKI_{vol} = \frac{1}{d} \int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz = \frac{1}{d} KLP,$$

jossa  $K(z)$  on tietokonetomografiakuvauksessa käytettävässä standardikudostavastineessa määritetty koko tutkimuksen aiheuttama ilmakermaprofiili röntgenputken pyörähdysakselin ( $z$ ) suunnassa tutkitulla alueella, tarkasteltavalla etäisyydellä pyörähdysakselista;

$d$  on säteilytetyn alueen pituus pyörähdysakselin suunnassa.

Tilavuuden TT-ilmakermaindeksin yksikkö on Gy (yleisimmin mGy).

Yksittäisen aksiaalikuvausten tai helikaalikuvausten röntgenputken yhden kierroksen aikana mitatusta ilmakermaprofilista  $K(z)$  ja sitä vastaavasta pöydän siirrosta  $\Delta d$  TT-ilmakermaindeksi on:

$$CTKI_{vol} = \frac{1}{\Delta d} \int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz$$

Painotetun ilmakerman ja pituuden tulon avulla TT-ilmakermaindeksi on:

$$CTKI_{vol} = \frac{1}{d} KLP_w$$

Käytännön mittauksissa integrointirajat ovat äärelliset.

### **Vertailuilmakermanopeus**

Vertailuilmakermanopeus on ilmakermanopeus yhden metrin etäisyydellä tykösädehoidon säteilylähteestä.