

Säteilyturvakeskuksen määräys säteilymittauksista

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

1 §

Soveltaisala

Tätä määräystä sovelletaan säteilyaltistuksen seurantaan ja turvallisuuden varmistamista varten tehtäviin:

- 1) ionisoivan säteilyn mittauksiin, joiden tuloksia käytetään työntekijöiden ja väestön säteilysuojeluun, lääketieteellisen altistuksen määrittämiseen tai joiden perusteella osoitetaan käytössä olevia laitteita ja niiden käyttötiloja tai työntekijöiden työtiloja koskevien turvallisuusvaatimusten täyttyminen;
- 2) ilman radonpitoisuuden mittauksiin, joita käytetään työpaikan radonpitoisuuden ja radonaltistuksen sekä asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman radonpitoisuuden viitearvoihin vertaamiseen;
- 3) pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa kannettavilla mittareilla tehtäviin säteilymittauksiin.

2 §

Määritelmät

Tässä määräyksessä tarkoitetaan:

- 1) *annoksella* ionisoivan säteilyn energia-absorptioon tai energian siirtoon perustuvien fysikaalisten suureiden ja mittaussuureiden yleisnimitystä;
- 2) *annosmittausjärjestelmällä* henkilökohtaiseen annostarkkailuun käytettävää järjestelmää, johon kuuluvat henkilökohtaiset annosmittarit, lukijalaite tai -laitteet, oheislaitteet sekä tietokoneohjelmat ja menettelyohjeet;
- 3) *kalibroinnilla* toimenpidettä, jossa määrittelyissä olosuhteissa saadaan mittanormaalien tai vertailumittarin antamien suureiden arvojen ja mittauslaitteen näyttämien välinen yhteys, jonka perusteella voidaan johtaa mittaustulos. Suureen arvoissa ja mittauslaitteen näyttämässä huomioidaan mittauserävarmuudet;
- 4) *käyttömittarilla* ulkoisen säteilyn säteilymittaria, joka kalibroidaan tai jonka kalibrointi tarkistetaan vertailumittarin avulla;
- 5) *laajennetulla mittauserävarmuudella* yhdistetyn mittauserävarmuuden ja kattavuuskertoimen tuloa;
- 6) *mittanormaalilla* kiintomittaa, mittauslaitetta, vertailumateriaalia tai mittausjärjestelmää, jolla määritellään, realisoidaan, säilytetään tai toistetaan suureen mittayksikkö tai referenssiarvo;
- 7) *mittauserävarmuudella* mittaustuloksen laadun kvantitatiivista arviota, jonka avulla on mahdollista verrata mittaustulosta toisiin tuloksiin, spesifikaatioihin tai mittanormaaleihin. Mittauserävarmuus on muodoltaan vaihteluväli, jota voidaan soveltaa kaikkiin tietyn mittausmenetelmän tuloksiin;
- 8) *mittausjärjestelmällä* säteilyn mittaamiseen tarkoitettua järjestelmää, johon kuuluvat säteilymittarit, säteilyn ilmaisimet, lukijalaite tai -laitteet, oheislaitteet sekä tietokoneohjelmat ja menettelyohjeet;
- 9) *mittausjärjestelmän kalibroinnilla* toimenpidettä, jossa tunnetuissa säteily- ja ympäristöolosuhteissa määritetään mittausjärjestelmän tuottaman mittaustuloksen ja mitattavan säteilysuureen todellisen arvon välinen yhteys;
- 10) *mittaussuureella* tiettyä suuretta, jota mitataan;
- 11) *perusoloilla* mittaria koskevassa standardissa ilmoitettua säteilylajia, säteilylaatua ja ilmoitettuja ympäristöolosuhteita, joissa referenssiarvot on määritetty;

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

- 12) *perusvirheellä* perusoloissa määritettyä virhettä;
- 13) *pulssimuotoisella säteilyllä* lyhyin väliajoin toistuvaa lyhytkestoista säteilyä;
- 14) *säteilyn ilmaisimella* säteilymittarin tai mittausjärjestelmän erillistä tai siihen kiinteästi liittyvää osaa, joka säteilyn vaikutuksesta tuottaa välillisen tai välittömän viestin tai osoituksen mitattavasta säteilystä;
- 15) *säteilylaadulla* säteilylajin energijakaumaa, jota kuvataan sopivilla tunnusluvuilla;
- 16) *säteilylajilla* säteilyn fysikaalista muotoa kuten fotonisäteily (gamma- tai röntgensäteily), elektronisäteily tai neutronisäteily;
- 17) *säteilymittarilla* ionisoivan säteilyn mittaukseen käytettävää mittauslaitetta, jolla voidaan mitata ionisoivan säteilyn suureiden arvoja SI-järjestelmän mukaisissa yksiköissä;
- 18) *uusittavuudella* mittausten välistä yhtäpitävyyttä, kun yksittäiset mittaukset suoritetaan samalla tai eri menetelmällä, eri mittauslaitteilla, eri laboratorioissa tai eri tekijöiden toimesta;
- 19) *vertailumittarilla* säteilymittaria, joka kalibroidaan mittanormaaleiden avulla. Vertailumittarin avulla kalibroidaan käyttömittareita ja mittausjärjestelmiä;
- 20) *virheellä* mittaustuloksen ja mitattavan suureen oikean arvon erotusta, kun mittaustulokseen on ensin tehty kaikki tunnetut korjaukset;
- 21) *yhdistetyllä mittausepävarmuudella* tilastollisia menetelmiä käyttäen lasketun mittausepävarmuuden neliön ja muilla kuin tilastollisilla menetelmillä arvioidun mittausepävarmuuden neliön summan neliöjuurta;
- 22) *ympäristöolosuhteilla* muista kuin ionisoivasta säteilystä aiheutuvia olosuhteita, jotka voivat vaikuttaa mittaustulokseen.

Mittauksissa on käytettävä

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

3 §

Säteilymittausten luotettavuus

Säteilymittarin on sovelluttava mittauksen kohteena olevan säteilyn mittaukseen niillä mitattavan suureen arvoilla, säteilylajeilla ja säteilylaaduilla, joita halutaan mitata. Jos mitattavan säteilyn annosnopeus on pulssimuotoinen, on mittarin ja mittausjärjestelmän kyettävä mittamaan sekä jatkuvaa että pulssimuotoista säteilyä luotettavasti. Lisäksi säteilymittarin on sovelluttava käyttöpaikkansa ympäristöolosuhteisiin.

Säteilytoiminnan mittauksissa ja työpaikan, asunnon ja muun oleskelutilan radonpitoisuuden mittauksissa mittaustuloksille on tehtävä mittaustuloksen luotettavuutta kuvaava epävarmuusarvio. Säteilymittauksen luotettavuuden, mittarin ja mittausjärjestelmän on täytettävä liitteen 1 taulukoissa 1–3 määritetyt vaatimukset.

Mittaustuloksen metrologinen jäljitettävyyden on voitava osoittaa mittausseläimen kalibrointitodistuksessa olevien tietojen ja käytetyn mittausmenetelmän kuvauksen avulla.

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

4 §

Työperäisen altistuksen ja väestön altistuksen mittaussuureet

Altistusolosuhteiden tarkkailun, henkilökohtaisen annostarkkailun säteilymittauksissa sekä väestön säteilyturvallisuuden varmistamista varten tehtävissä säteilymittauksissa on käytettävä liitteen 1 taulukossa 1 ja 3 määrättyjä mittaussuureita.

5 §

Altistusolosuhteiden tarkkailun ja väestön altistuksen säteilymittaukset

Säteilymittarin ja säteilymittauksen luotettavuuden on täytettävä liitteen 1 taulukossa 1 ja 3 määrätty vaatimukset.

Säteilyn vaikutus säteilymittarin vasteeseen on tunnettava.

Jos mitattava annosnopeus voi olla suurempi kuin mittarin toiminta-alueen yläraja, on mittarin tällaisessa tilanteessa osoitettava ylikuormitusta.

6 §

Henkilökohtaisen annostarkkailun säteilymittaukset

Sen lisäksi, mitä 3 ja 4 §:ssä määrätään, säteilytyöntekijän henkilökohtaisen annoksen määrittämisessä käytettävän annosmittausjärjestelmän tarkkuutta määritettäessä on otettava huomioon mitattava säteilylaji ja -laatu, annosnopeuden ja annoksen vaihteluväli sekä säteilyn mahdollinen pulssimuotoisuus.

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

7 §

Annosmittausjärjestelmä ja sisäisen altistuksen määrittämiseen käytettävä mittausjärjestelmä

Henkilökohtaisen annostarkkailuun tarkoitettulle annosmittausjärjestelmälle on oltava selvitys annosmittausjärjestelmän ominaisuuksista ja suorituskyvystä, johon sisältyy testituloksia ainakin annosmittarin vasteen riippuvuudesta mitatusta annoksesta, säteilyn energiasta ja energiajakaumasta, säteilyn suunnasta sekä mittausjärjestelmän havaitsemiskynnyksestä ja ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta mittaustulokseen.

Henkilökohtaisen annostarkkailuun tarkoitetun annosmittausjärjestelmän ja siihen kuuluvien mittareiden on mitattava henkilöannosekvivalenttia $H_p(d)$.

Sisäisen altistuksen määrittämiseksi mittausjärjestelmällä on pystyttävä mittaamaan aktiivisuus, josta sisäinen altistus lasketaan. Mittausjärjestelmän ominaisuuksista on oltava selvitys ja suorituskyvystä ja testaustulosten osalta on viitattava mittausten luotettavuuden osoittamiseksi käytettyihin standardeihin tai kuvattava testausmenetelmä. Sisäisestä altistuksesta aiheutuvan annoksen määrittämisessä on otettava huomioon altistuksen ajankohta, altistustapa, absorptioluokka, hiukkaskoko ja aiempi altistus.

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

8 §

Pelastustoiminnan ja väestönsuojelun säteilymittarit

Pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa käytettävien kannettavien annosnopeuden säteilymittarien (jäljempänä *kannettava annosnopeusmittari*) mittausalueen alarajan on oltava enintään 0,1 $\mu\text{Sv/h}$. Pelastustoiminnassa käytettävien kannettavien annosnopeusmittarien mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 10 Sv/h. Väestönsuojelussa käytettävien kannettavien annosnopeusmittarien mittausalueen ylärajan on oltava vähintään 10 mSv/h.

Kannettavassa annosnopeusmittarissa on oltava jatkuvatoiminen äänisignaali annosnopeuden ja sen muutoksen havaitsemista varten. Mittarilla on oltava suomen- ja ruotsinkielinen käyttöohje. Mittarissa käytettävän virtalähteen on oltava yleisesti käytössä olevaa tyyppiä.

Pelastustoiminnan ja väestönsuojelun säteilymittauksissa on käytettävä liitteen 1 taulukossa 3 määrättyjä mittaussuureita.

Säteilymittarin ja säteilymittauksen luotettavuuden on täytettävä liitteen 1 taulukossa 3 määrätty vaatimukset

9 §

Radonpitoisuuden ja -altistuksen mittausslaitteet

Radonpitoisuuden ja -altistuksen mittausslaitteen on oltava vertailumittari.

Radonpitoisuuden ja -altistuksen mittausslaitteelle on oltava selvitys sen ominaisuuksista ja suorituskyvystä. Testaustulosten osalta on viitattava mittausten luotettavuuden osoittamiseksi käytettyihin standardeihin tai kuvattava testausmenetelmä.

Ilman radonpitoisuuden mittausslaitteen mittaussalueen ylärajan on oltava vähintään 5 000 Bq/m³, jos laitetta käytetään radonpitoisuuden viitearvoon vertaamiseen työpaikalla tai asunnossa ja käytetään vähintään 60 vuorokauden mittausaikaa.

Ilman radonpitoisuuden mittausslaitteen mittaussalueen ylärajan on oltava vähintään 10 000 Bq/m³, jos mittaustuloksesta laskennallisesti määritetään työntekijän annos ja käytetään vähintään 60 vuorokauden mittausaikaa.

Työntekijän radonaltistusta mittaavan mittausslaitteen mittaussalueen ylärajan on oltava vähintään 3 000 000 Bq h/m³.

10 §

Lääketieteellisen altistuksen mittausten luotettavuus röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä ja sädehoidossa

Röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä sekä ulkoisen sädehoidon ja tykösädehoidon lääketieteellisen altistuksen mittaauksissa on käytettävä liitteen 1 taulukossa 2 määrättyjä mittaussuureita.

Säteilymittarin ja säteilymittauksen luotettavuuden on täytettävä liitteen 1 taulukossa 2 määrätty vaatimukset

Lääketieteellisen altistuksen määrittämiseen röntgentutkimuksissa ja -toimenpiteissä käytettäviin laskennallisiin näyttöihin sovelletaan 12 §:n ja 14 §:n 4 momentin vaatimuksia.

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

11 §

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 pienempi kuin 3,7 MBq, perusvirhe voi olla suurempi kuin 10 %, mutta sen suurin mahdollinen arvo on arvioitava. Jos mitattavalla radioaktiivisella aineella on tytärisotooppeja, joiden aktiivisuutta mitataan ja jotka eivät ole tasapainossa emonuklidien kanssa, on tämän vaikutus mittaustulokseen otettava huomioon.

Kun yhdelle potilaalle annettavan radioaktiivisen lääkkeen aktiivisuuden mittausta toistetaan samassa mittausteoriassa, kymmenen mittauksen sarjassa yksittäisen mittaustuloksen poikkeama tulosten keskiarvon suhteen saa olla enintään 5 % hoidoissa tyypillisillä aktiivisuuksilla.

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

Aktiivisuusmittarin vasteen lineaarisuuden poikkeama saa olla enintään 5 %.

12 §

Kalibroinnin yleiset vaatimukset

Säteilymittari ja mittaustulostusjärjestelmä on kalibroitava laitteen valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Säteilymittari ja mittaustulostusjärjestelmä on kalibroitava ennen sen käyttöönottoa.

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

Kalibrointituloksen mittaustulostusjärjestelmän on oltava sellainen, että säteilymittauksille liitteessä 1 taulukossa 1–3 asetetut vaatimukset voidaan saavuttaa.

13 §

Säteilymittarin ja mittaustulostusjärjestelmän kalibroinnit

Henkilökohtaisen annostarkkailun annostusjärjestelmä sekä säteilytoiminnan ja pelastustoiminnan vertailumittarit on kalibroitava säteilymittauslaitteiden kalibrointitoimintaan akkreditoidussa laboratorioissa tai kansainvälisen ekvivalenssisopimuksen (CIPM-MRA) piiriin kuuluvassa kansallisessa mittanormaali-laboratorioissa.

Ilman radonpitoisuuden ja radonaltistuksen mittaustulostusjärjestelmä on kalibroitava radonpitoisuuden mittauksiin akkreditoidussa laboratorioissa.

Kalibroinnin tulosten esitystavan on täytettävä standardissa ISO/IEC 17025 kalibrointi- ja testauslaboratorioille asetetut vaatimukset sekä kalibrointilaboratoriolle asetetut erityisvaatimukset. Käyttömittarit on kalibroitava vertailumittaria käyttäen lukuun ottamatta pelastustoimen säteilymittauksiin ja altistusolosuhteiden tarkkailuun käytettäviä kannettavia säteilymittareita, jolle riittää kalibroinnin tarkistus säteilylähteen ja vertailumittarin avulla.

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

14 §
Kalibrointiväli

Vertailumittari ja mittausjärjestelmä on kalibroitava vähintään viiden vuoden välein, ellei Säteilyturvakeskus mittausmenetelmää tai toimintaa hyväksyessään tai muutoin ole toisin määrännyt.

Ilman radonpitoisuuden integroiva mittausjärjestelmä ja työpaikan radonpitoisuuden mittaukseen hyväksytty jatkuvatoiminen mittari on kalibroitava vähintään joka toinen vuosi.

Ulkoisessa sädehoidossa sädehoitolaitteiden annoskalibrointiin käytettävät mittarit ja tykösädehoidossa säteilylähteiden kalibrointiin käytettävät mittarit ja säteilylähteet on kalibroitava vähintään joka kolmas vuosi.

Lääketieteellisen altistuksen mittaamiseen käytettävä käyttömittari on kalibroitava laitevalmistajan suosituksen mukaisesti kuitenkin vähintään kahden vuoden välein.

15 §
Mittareiden toiminnan tarkistus

Säteilymittarin on oltava toimintakuntoinen.

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

Säteilymittarin toiminta on tarkistettava tunnetuissa ja toistettavissa säteilyolosuhteissa. Saatuja mittaustuloksia on verrattava aikaisempien vastaavien mittausten perusteella tunnettuihin säteilyarvoihin. Jos poikkeama tunnetuista säteilyarvoista on suurempi kuin mittauksen uusittavuus, on mittarin toimintakunto varmistettava tarkemmilla tutkimuksilla ja tarvittaessa mittari on kalibroitava uudelleen.

Jos tarkastettavassa säteilymittarissa on annosnopeuden hälytystoiminto, on säteilymittarille tehtävä myös annokseen ja annosnopeuteen liittyvä hälytystoiminnan tarkistus.

16 §
Voimaantulo

Tämä määräys tulee voimaan päivänä kuuta 201 ja olisi voimassa toistaiseksi.

Tämän määräyksen voimaan tullessa vireillä oleviin asioihin sovelletaan tätä määräystä.

Helsingissä päivänä kuuta 201

Pääjohtaja Petteri Tiippana

Johtaja Tommi Toivonen

#1778168
13.7.2018

8/0008/2018

Määräyksen saatavuus, ohjaus ja neuvonta

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

Käyntiosoite: Laippatie 4, 00880 Helsinki

Postiosoite: PL 14, 00881 Helsinki

Puhelin: 09-759 881

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

Liite 1

Taulukko1. Mittauksen tarkoitus, mittaussuureet, mittausten tarkkuusvaatimukset sekä säteilymittareille ja mittausjärjestelmille asetetut vaatimukset.

Mittauksen tarkoitus	Mittaussuure	Suurin sallittu mittauserpävarmuus (%) ⁽¹⁾	Säteilymittarin tai mittausjärjestelmän vaatimukset
Altistusolosuhteiden tarkkailu. Annoksen tai annosnopeuden mittaus työtiloissa tai niiden ympäristössä ⁽²⁾	Vapaa annosekvivalentti Vapaa annosekvivalentti nopeus	60	Fotonisäteilyllä mittarin vaste ⁽³⁾ ei saa olla pienempi kuin 0,71 eikä suurempi kuin 1,69 energia-alueella 20 keV–150 keV tai 80 keV–1,5 MeV. Hälyttävän henkilöannosmittarin perusvirhe saa olla enintään 30 %.
Altistusolosuhteiden tarkkailu. Annoksen tai annosnopeuden mittaus työtiloissa tai niiden ympäristössä ⁽²⁾	Suunnattu annosekvivalentti Suunnattu annosekvivalentti nopeus	60	Hälyttävän henkilöannosmittarin 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 määrittämisessä käytettävä annosmittausjärjestelmä	Henkilöannos-ekvivalentti	42	Vasteen R suurin vaihteluväli fotonisäteilyllä ⁽⁴⁾ Fotonisäteilyllä $\bar{E}_{ph} > 10$ keV ja beetasäteilyllä $\bar{E}_{beta} > 0,2$ MeV $0,71 \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot H_0 / 1,33}{H_0 / 1,33 + H_{ref}} \right] \leq R$ $1,67 \cdot \left[1 + \frac{H_0}{4 \cdot H_0 + H_{ref}} \right] \geq R$

			Neutronisäteilyllä ja fotonisäteilyllä $\bar{E}_{ph} \leq 10$ keV ja beetasäteilyllä $\bar{E}_{beta} \leq 0,2$ MeV $0,5 \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot H_0 / 1,5}{H_0 / 1,5 + H_{ref}} \right] \leq R \leq 2$
Säteilytyöntekijän annosmääritys sisäisestä altistuksesta. Aktiivisuusmittaus	Nuklidikohtainen aktiivisuus	Epävarmuus määrittämismenetelmää koskevan standardin mukaisesti	Määrittämismenetelmää koskevan standardin mukaisesti
Säteilytyöntekijän annosmääritys sisäisestä altistuksesta: Annosmääritys	Efektiivisen annoksen kertymä	Epävarmuus määrittämismenetelmää koskevan standardin mukaisesti	Määrittämismenetelmää koskevan standardin mukaisesti
Työpaikan radonpitoisuus	Aktiivisuus-pitoisuus	30	Tulosten variaatiokerroin enintään 10 %, ellei mittaukseen käytettävässä standardissa muuta vaadita. ^(5,6)
Työntekijän altistus radonille	Altistus radonille (Bqh/m ³)	30	
Asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman radonpitoisuus	Aktiivisuus-pitoisuus	30	
Rakennusmateriaalien mittaukset	Aktiivisuus-pitoisuus	Epävarmuus määrittämismenetelmää koskevan standardin mukaisesti	Rakennusmateriaalien aktiivisuuspitoisuus on mitattava käyttäen korkean energiaerottelukyvyn (HPGe) gammaspektrometriaa

¹Laajennettu mittausepävarmuus kattavuuskertoimella 2.

²Vaativuus koskee ulkoista säteilyaltistusta.

³Vaste on mittarin näyttämän ja mitattavan suureen todellisen arvon suhde.

⁴ $R = \frac{G}{H_{ref}}$ on annosmittarin vaste, jossa G on annosmittarilla määritetty annos ja H_{ref} on todellinen annos.

H_0 on kirjauskynnys.

⁵Tulosten jakauman variaatiokerroin joko jatkuvan mittauksen toistetuista lukemista (toistettavuus) tai useamman integroivan mittarin välillä vakio-olosuhteissa (tasalaatuisuus), siten että radioaktiivisen hajoamisen aiheuttama statistinen vaihtelu jätetään huomioimatta.

⁶Työpaikan radonpitoisuuden mittauksessa integroivalla mittauslaitteella tarkkuusvaatimus on 1500 tuntia kestäväälle mittaukselle, kun mitattava pitoisuus lähellä viitearvoa. Työpaikan radonpitoisuuden mittauksessa jatkuvatoimisella mittauslaitteella tarkkuusvaatimus on 40 tuntia kestäväälle mittaukselle kun mitattava pitoisuus on lähellä viitearvoa.

Taulukko2. Lääketieteellisen altistuksen määrittämiseksi tehtävissä mittauksissa käytettävät suureet ja tarkkuusvaatimukset.

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

¹ Laajennettu mittausepävarmuus kattavuuskertoimella 2.

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

³ Samaa epävarmuuden enimmäisarvoa käytetään myös silloin, kun laitteessa on laskennallinen potilaan säteilyaltistuksen näyttö.

⁴ Vertailuolosuhteilla tarkoitetaan mittausta vedessä, toistettavassa ja tunnetussa geometriassa ja ympäristöolosuhteissa ja jonka tulosta käytetään potilaan annosmäärityksen ja -suunnittelun perustana. Sädehoidossa asetetun tarkkuusvaatimuksen saavuttaminen edellyttää useiden korjaustekijöiden käyttöä mittaustulokseen vaikuttavien muiden suureiden vaikutuksen huomioon ottamiseksi.

⁵ IAEA, International Atomic Energy Agency. 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.

Taulukko3. Pelastustoiminnassa ja väestönsuojelussa käytettävien säteilymittarien vaatimukset ja mittaussuureet.

Mittarityyppi ja mitta-alue	Mittaussuure	Säteilymittarin vaatimukset	Mittarin vasteen sallittu vaihtelu (%)	Yleiset vaatimukset
Säteilyn yleismittari	Vapaa annosekvivalentti ja vapaa annosekvivalenttinopeus	Mitta-alue vähintään 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ –10 Sv/h Annosnopeuslineaarisuus, annosnopeus 1 $\mu\text{Sv/h}$ –10 Sv/h Annosnopeuslineaarisuus, annosnopeus 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ –1 $\mu\text{Sv/h}$ Annoslineaarisuus, annos 1 Sv–10 Sv	 ± 20 ± 30 ± 20	Täyttää standardin IEC 60846-2 vaatimukset Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 65 (standardi SFS -EN 60529) Jos mittariin voidaan liittää erillinen pintakontaminaatioanturi, sen on täytettävä standardin IEC 60325 vaatimukset
Säteilyn perusmittari	Vapaa annosekvivalentti ja vapaa annosekvivalenttinopeus	Mitta-alue vähintään 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ –10 mSv/h Annosnopeuslineaarisuus, annosnopeus 1 $\mu\text{Sv/h}$ –10 mSv/h Annosnopeuslineaarisuus, annosnopeus 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ –1 $\mu\text{Sv/h}$ Annoslineaarisuus, annos 1 μSv –10 mSv	 -15–+22 -23–+43 -15–+22	Täyttää standardin IEC 60846-1 vaatimukset Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 54 (standardi SFS -EN 60529)
Aktiivinen henkilöannosmittari		Annoslineaarisuus, annos 1 μSv –100 μSv Annoslineaarisuus, annos 100 μSv – 1 Sv Annoslineaarisuus, annos 1 Sv – 10 Sv Annoslineaarisuus lämpötilan funktiona, lämpötila -30 $^{\circ}\text{C}$ –+55 $^{\circ}\text{C}$	-23–+43 -17–+25 ± 20	Täyttää standardin IEC 61526 vaatimukset Pölyn ja vedenpitävyys: Kotelointiluokka IP 54 (standardi SFS -EN 60529)

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^t 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 1.

Taulukko 1. Laatukertoimen Q riippuvuus energiansiirtokyvystä L .

Energiansiirtokyky L vedessä ($\text{keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)	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 Ω , 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 kudostavanne, 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 energijakauma 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 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$.

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 $\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ (yleisimmin $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$).

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 tulo 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 tietokonetomografiakuvausten 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 helikaalikuvausten 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 tietokonetomografiakuvausten käytettävässä standardikudostavastineessa määritetty koko tutkimuksen aiheuttama ilmakermaprofiili röntgenputken pyörähdysakselin (z) suunnassa tutkitulla alueella, tarkasteltavalla etäisyydellä pyörähdysakselista;
 d on tutkitun alueen pituus pyörähdysakselin suunnassa.

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

Yksittäisen aksiaalikuvausten tai helikaalikuvausten röntgenputken yhden kierroksen aikana mitatusta ilmakermaprofiilista $D_1(z)$ ja sitä vastaavasta pöydän siirrosta Δd 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.