



STUK-B 313 / TOUKOKUU 2024

Emmi Koskenlehto, Jussi-Pekka Laine, Maaret Lehtinen,
Asta Sjöberg, Tuukka Turtiainen

B



Alfajälki-ilmaisimien toimintakykytesti

Radonmittausten valvontaprojektin raportti

ISBN 978-952-309-583-0 (pdf)
ISSN 2243-1896

KOSKENLEHTO Emmi, LAINE Jussi-Pekka, LEHTINEN Maaret, SJÖBERG Asta, TURTIAINEN Tuukka. Alfajälki-ilmaisimien toimintakykytesti. Radonmittausten valvontaprojektin raportti. STUK-B 313. Vantaa 2024. 20 s.

AVAINSANAT: radon, radonmittaus, toimintakykytesti

Tiivistelmä

Säteilyturvakeskus (STUK) toteutti toimintakykytestin hyväksytyille radonmittauksille radonmittauskaudella 2021–2022. Testaukseen valittiin kaikki radonpurkkimittauksia Suomessa tarjoavat laboratoriot. Valvontaprojektin tarkoituksena oli verrata kaupallisten radonmittausten tuloksia referenssimittauksen tuloksiin ja saada siten tietoa kaupallisten mittausten luotettavuudesta.

STUK tilasi radonmittauspurkkeja palveluntarjoajilta viidesti talvikaudella 2021–2022. Osa purkeista asetettiin radonaltistusta varten kellaritilaan, jossa radonpitoisuus vaihteli talvikauden aikana välillä 400–500 Bq/m³. Osa purkeista asetettiin taustamittareiksi tilaan, jossa on erittäin pieni radonpitoisuus. Purkit palautettiin testiin osallistuviin laboratorioihin tavanomaisen asiakastilausprosessin mukaisesti, ja laboratoriot toimittivat määrittämänsä radonpitoisuuden STUKille.

Laboratorioiden määrittämät radonpitoisuudet vastasivat pääasiassa hyvin referenssimittarilla määritettyjä radonpitoisuuksia. Yhden laboratorion määrittämät radonpitoisuudet yliarvioivat todellista pitoisuutta jonkin verran, mistä STUK pyysi laboratoriolta lisäselvitystä.

KOSKENLEHTO Emmi, LAINE Jussi-Pekka, LEHTINEN Maaret, SJÖBERG Asta, TURTIAINEN Tuukka. Kvalitetskontrolltest för spårfilmsdetektorer. Övervakningsprojektets rapport om radonmätningar. STUK-B 313. Vanda 2024. 20 s.

NYCKELORD: radon, radonmätning, kvalitetskontrolltest

Sammanfattning

Strålsäkerhetscentralen STUK utförde ett kvalitetskontrolltest för godkända radonmätningar. Till testet valdes alla laboratorier i Finland som erbjuder radonmätningar med passiva spårfilmsdetektorer (mätidosor). Syftet med testet var att jämföra resultaten av kommersiella radonmätningar med resultaten av referensmätningen och på så sätt få information om tillförlitligheten hos kommersiella mätningar.

STUK beställde mätidosor i fem omgångar under mätperiod mellan oktober 2021 och april 2022. En del av detektorerna placerades i en källare där den genomsnittliga aktivitetskoncentrationen för radongas i luft var cirka 400–500 Bq/m³. Resten av detektorerna placerades som bakgrundsdetektorer i ett rum med väldigt låg radonhalt. Detektorerna returnerades till laboratorierna för analysen utan att exponeringsuppgifterna avslöjades.

De radonhalter som bestämdes av laboratorierna överensstämde huvudsakligen väl med de radonhalter som bestämdes med referensmätaren. Radonmätningar av ett laboratorium överskattade radonhalten i någon mån och STUK begärde ytterligare utredning från laboratoriet.

KOSKENLEHTO Emmi, LAINE Jussi-Pekka, LEHTINEN Maaret, SJÖBERG Asta, TURTIAINEN Tuukka. Quality control test for passive alpha track detectors. Supervision project report of radon measurements. STUK-B 313. Vantaa 2024. 20 p.

KEYWORDS: radon, radon measurement, quality control test

Abstract

Radiation and Nuclear Safety Authority STUK carried out a quality control test for approved radon measurement services. All laboratories offering radon measurements with passive alpha track detectors in Finland were selected for the test. The purpose of the test was to compare the results of commercial radon measurements with the results of the reference measurement and thus get information about the reliability of commercial measurements.

STUK ordered the alpha track detectors in five batches throughout the radon measurement season between October 2021 and April 2022. Some of the detectors were placed in a basement where the average radon activity concentration was about 400–500 Bq/m³. The rest of the detectors were placed as background detectors in a room with very low radon activity concentration. The detectors were returned to the originating laboratories for evaluation without disclosing the exposure data.

The radon activity concentrations determined by the laboratories were mainly in good agreement with the radon activity concentration determined by the reference meter. The radon activity concentrations determined by one laboratory overestimated the actual activity concentration to some extent and STUK requested further investigation from the laboratory.

Sisällys

| | |
|---|-----------|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SAMMANFATTNING | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 TUTKIMUSMENETELMÄT | 8 |
| 2.1 ALFAJÄLKIMENETELMÄ | 8 |
| 2.2 RADONPURKKIMITTAUKSEN ONNISTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT | 8 |
| 2.3 OSALLISTUVAT LABORATORIOT | 9 |
| 2.4 MENETTELYT VALVONTAPROJEKTISSA | 9 |
| 2.4.1 ALTISTETUT PURKIT | 10 |
| 2.4.2 ALTISTAMATTOMAT PURKIT | 10 |
| 3 TULOKSET | 11 |
| 3.1 REFERENSSIMITTAUS KELLARITILASSA | 11 |
| 3.2 ALTISTETUT PURKIT KELLARITILASSA | 11 |
| 3.3 ALTISTAMATTOMAT PURKIT | 15 |
| 4 POHDINTA JA JATKOTOIMENPITEET | 17 |
| 5 VIITTEET | 19 |

1 Johdanto

Säteilylain (859/2018) nojalla tehtävien radonmittausten tulee olla Säteilyturvakeskuksen (STUK) hyväksymiä. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi työpaikkojen ja muiden oleskelutilojen radonmittaukset. STUK myöntää hyväksynnän palveluntarjoajan radonmittauksille säteilylain 64 §:n nojalla, jos mittaukset ovat tarkoitukseen sopivia ja luotettavaksi todettuja. Hyväksyntähakemuksen käsittelyn yhteydessä STUK arvioi lain vaatimusten toteutumista radonmittauksissa hakijan toimittamien dokumenttien perusteella. Määräyksessä STUK S/7/2021 on esitetty vaatimukset mittausten luotettavuudesta, tarkkuudesta ja kalibroinneista. Hyväksyntä on voimassa enintään viisi vuotta kerrallaan ja tänä aikana STUK valvoo mittalaitteen tai mittausjärjestelmän kalibroitien voimassaoloa STUKille määräajoin toimitettavien kalibroitidokumenttien avulla. Myös asiakaspalautteiden perusteella on tehty ylimääräisiä valvontatoimia.

Tässä raportissa esitelty toimintakykytesti on uudenlaisen valvontamenettelyn kokeilu nykyisten valvontakeinojen tukemiseksi. Toimintakykytesti tehtiin STUKin yleisen tarkastus-, tiedoksisaanti- ja tutkintaoikeuden nojalla (säteilylaki 176 §). Toimintakykytestin tarkoituksena oli verrata kaupallisten radonmittausten tuloksia referenssimittauksen tuloksiin ja saada tietoa kaupallisten radonmittausten luotettavuudesta. Valvontaprojektiin valittiin ne palveluntarjoajat, joilla on STUKin myöntämä hyväksyntä alfajälki-ilmaisimen toimintaan perustuville mittauksille eli niin kutsutuille radonpurkkimittauksille. Toimintakykytesti tehtiin radonmittauskaudella 2021–2022. Radon suositellaan mittaamaan lämmityskaudella ja radonmittauskaudeksi on määritelty ajanjakso syyskuun alusta toukokuun loppuun.

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Alfajälkimenetelmä

Sisäilman radonpitoisuus mitataan yleisimmin radonmittauspurkeilla kodeissa ja työpaikoilla. Sisäilman radonilla tarkoitetaan radonin isotooppia Rn-222. Radonmittauspurkkien toiminta perustuu alfajälkimenetelmään. Radonmittauspurkki koostuu kotelosta, jonka sisällä on alfahiukkasille herkkä muovikalvo. Purkissa olevasta raosta ilma pääsee kulkeutumaan purkin sisälle ja radonin sekä sen hajoamistuotteiden lähettämä alfasäteily aiheuttaa vaurioita muovikalvon polymeerirakenteeseen. Alfajäljet saadaan näkyviin kemiallisella käsittelyllä, jonka jälkeen ne voidaan laskea mikroskoopin avulla ja jälkientunnistusohjelmalla [1].

Jälkiä aiheutuu sitä enemmän, mitä suuremmassa radonpitoisuudessa radonmittauspurkkia altistetaan. Lisäksi mittausajan pidentäminen lisää jälkien lukumäärää. Keskimääräinen radonpitoisuus altistusjaksolta saadaan laskettua, kun tiedetään altistusaika. Radonpurkkimittaus on integroiva mittaus, ja sen tuloksena saadaan mittausjakson radonpitoisuuden keskiarvo. Jatkuvatoimisilla mittareilla voidaan sen sijaan mitata radonpitoisuuden vaihtelua ajan funktiona.

2.2 Radonpurkkimittauksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät

Koska radonpurkkimittaus perustuu alfajälkien lukumäärän laskemiseen, mittauksen luotettavuutta heikentävät mittausjakson ulkopuolella aiheutuneet alfajäljet, muiden radonin isotooppien aiheuttamat jäljet sekä päällekkäiset jäljet, joita syntyy sitä enemmän mitä kauemmin mitataan.

Jos radonilmaisimen kotelon rako on liian suuri, sisäilman radonin lyhytikäiset hajoamistuotteet ehtivät kulkeutua purkin sisään aiheuttaen ylimääräisiä jälkiä. Toisaalta, jos rako on liian pieni, kestää pitkään, ennen kuin purkin sisälle kulkeutuneen ilman radonpitoisuus vastaa vallitsevaa pitoisuutta.

Jos radonmittauspurkkia altistetaan liian pitkiä aikoja, kalvoon alkaa syntyä päällekkäisiä jälkiä, joiden erottelu toisistaan hankaloituu jälkien laskennassa. Päällekkäiset jäljet otetaan huomioon kalibroinnissa. Toisaalta erityisesti pieniä pitoisuuksia mitattaessa liian lyhyt mittausaika aiheuttaa statistista virhettä. Kohtuullisen luotettava arvio radonpitoisuudesta saadaan yleensä kahden kuukauden pituisella mittauksella, mutta yleisenä suosituksena mittausjakson pituudelle on kolme kuukautta.

Alfajälkiä voi syntyä myös mittausjakson ulkopuolella: radonmittauspurkkien säilytyksessä laboratorioissa tai jälleenmyyjän varastossa ennen asiakkaalle lähettämistä sekä paluupostissa mittausjakson päätyttyä. Ennen asiakkaalle lähettämistä purkit on pakattu radontiiviisiin pusseihin. Pakkaaminen on tärkeää tehdä tilassa, jossa radonpitoisuus on mahdollisimman pieni, jottei pussin sisään jää radonpitoista ilmaa. Pussit estävät filmin kontaminaatiota hyvin, mutta joitakin jälkiä voi syntyä ilmaisinkalvolle pussin käytöstä huolimatta. Lisäksi joitakin jälkiä on voinut syntyä jo filmimateriaalin tuotannossa.

Asiakkaan vastuulla on lähettää purkki laboratorioon viivytyksettä mittauksen päätyttyä. Osa laboratorioista ohjeistaa palauttamaan purkit muovipusseissa, jolloin suljettavaan pussiin jää ilmaa, jonka radonpitoisuus vaikuttaa tulokseen. Osa taas ohjeistaa pakkaamaan purkit

palautuskuoreen sellaisenaan, jolloin purkit pääasiassa altistuvat sille radonpitoisuudelle, joka matkalla ja postipisteissä vallitsee. Niin kutsuttu postitausta on yleensä vähäinen, mutta postitusajan kasvaessa se voi vääristää tulosta erityisesti silloin, jos postipisteessä on korkea radonpitoisuus. Radonlaboratoriot ottavat tyypillisesti postitaustan huomioon laskennassa, mutta postitaustan määrittämisessä on merkittävämpiä epävarmuustekijöitä esimerkiksi laboratorioissa syntyneisiin jälkiin verrattuna.

Lisäksi yleinen onnistuneen radonmittauksen edellytys on sopivan mittauspaikan valinta. Purkki on asetettava mitattavassa tilassa paikkaan, joka ei ole kulkuväylällä, lähellä ikkunaa tai lattiaa eikä lähellä ilmanvaihtokanavia. Seinän rakennusmateriaaleissa mahdollisesti syntyvän toronkaasun vuoksi STUK ohjeistaa sijoittamaan purkit vähintään 25 cm päähän seinästä [2]. Toron on radonin isotooppi Rn-220.

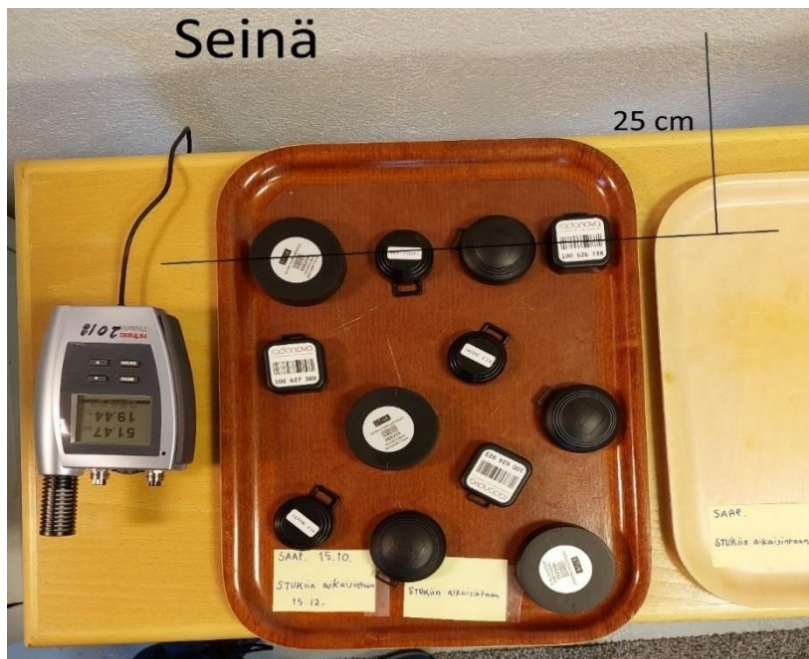
2.3 Osallistuvat laboratoriot

Valvonta kohdistettiin tällä kertaa niihin palveluntarjoajiin, jotka tarjoavat palveluna radonpurkkimittauksia. Projektin aikaan neljällä eri palveluntarjoajalla oli voimassa oleva hyväksyntä radonpurkkimittauksille. Neljä laboratoriota olivat STUKin Ympäristön säteilyvalvonta -osasto, AlphaRadon Teo, Eurofins Radon Testing Sweden AB ja Radonova Laboratories AB. Radonova Laboratories AB:llä on hyväksyntä useammalla erilaisella radonmittauspurkeilla tehtäviin mittauksiin, ja he osallistuivat testiin Radtrak3-mallisilla purkeillaan.

2.4 Menettelyt valvontaprojektissa

STUK tilasi radonmittauspurkkeja syksystä 2021 kevääseen 2022 noin kuukauden välein viiden kuukauden ajan. Jokaisella tilauskerralla tilattiin viisi radonmittauspurkkia jokaiselta mittauslaboratoriolta. Projektissa analysoitiin siten yhteensä sadan purkin tuloksia. Jokaisesta tilauksesta kolme purkkia (altistetut purkit) vietiin altistusta varten osittain maanalaiseen kellaritilaan ja kaksi purkkia (altistamattomat purkit) jätettiin STUKin laboratoriotilaan, kaappiin, josta radon poistetaan aktiivihilisuodatuksella. Altistamattomat purkit säilytettiin kaapissa suojakuorineen. Pieni radonpitoisuus varmistettiin myös mittauksella.

Radonmittauspurkkien tilauksessa jäljiteltiin tavanomaista asiakkaan tilausprosessia. Purkit tilattiin radontoimijan mahdollisen jälleenmyyjän kautta ja toimitettiin altistuksen jälkeen asiakasohjeiden mukaisesti joko jälleenmyyjälle tai suoraan laboratorioon. Testiin osallistuville laboratorioille kerrottiin testistä etukäteen. Laboratoriot eivät tienneet etukäteen, millaisissa olosuhteissa purkit altistetaan. Purkkien palautuksen yhteydessä laboratorioille annettiin tiedot altistuksen ajankohdasta ja että purkkeja on altistettu kahdessa eri tilassa.



Kuva 1. Ensimmäinen erä radonmittauspurkkeja altistuksessa kellaritulassa.

2.4.1 Altistetut purkit

Tilatut purkit saapuivat STUKiin jokainen omassa radontiiviissä pussissaan. Kellariin menevien purkkien pussit avattiin vasta kellaritulassa, kun altistus aloitettiin. Purkit tilattiin kaikilta laboratorioilta aina samana päivänä. Postitusaika vaihteli laboratorioittain. Ennen kellariin vientiä purkit säilytettiin STUKin laboratoriotilassa, jossa radonpitoisuus on lähellä nollaa. Jokaisen erän purkkien altistus aloitettiin aina samaan aikaan.

Altistettavat purkit asetettiin noin 15 m²:n lämmitettyyn kellaritilaan, jossa oli aiemmin mitattu radonpitoisuudeksi 260 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m³) ilmaa. Kellaritila oli osittain maan pinnan yläpuolella. Purkit asetettiin 60 cm:n korkuiselle pöydälle, jokainen erä omalle tarjottimelleen (kuva 1).

Kellaritulassa referenssimittaus tehtiin jatkuvatoimisella AlphaGuard-radonmittarilla. Purkkien altistusajat olivat 59–91 päivää tilauserästä riippuen.

Seinää lähinnä olevien purkkien etäisyys seinään oli 25 cm. Kellaritulassa mitattiin seinämateriaaleissa mahdollisesti syntyvä toron, ilman lämpötila ja ilmankosteus.

2.4.2 Altistamattomat purkit

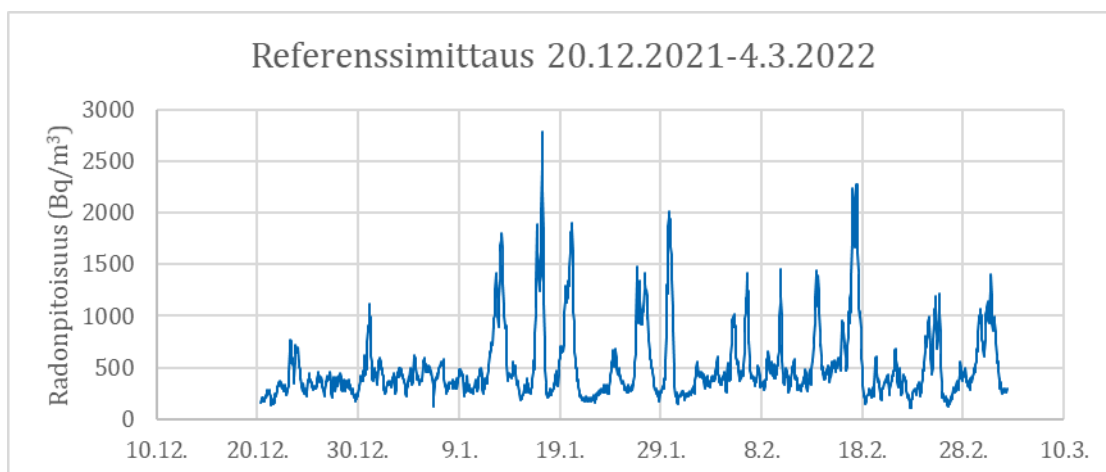
Kun purkit saapuivat STUKiin, ne vietiin STUKin laboratorion kaappiin, jossa radonpitoisuus oli lähes nolla. Altistamattomat purkit säilytettiin radontiiviissä pusseissaan ja pussit avattiin vasta palautusta varten. Purkkeja säilytettiin laboratoriotilassa, kunnes saman erän altistuspurkit olivat olleet kellaritulassa vähintään kaksi kuukautta. Jokaisen tilauksen purkit postitettiin samaan aikaan takaisin radonlaboratorioihin.

3 Tulokset

3.1 Referenssimittaus kellaritilassa

Radonpitoisuutta mitattiin kellaritilassa jatkuvatoimisella AlphaGuard -radonmittarilla. Referenssimittarin datasta laskettiin altistettujen purkkien mittausjaksoja vastaavien jaksojen keskiarvot. Kuvassa 2 on esitetty radonpitoisuus aikajaksolla 20.12.2021–4.3.2022, joka vastaa kolmannen tilauserän mittausjaksoa. Radonpitoisuus voi kasvaa hetkellisesti moninkertaiseksi keskiarvoon nähden. Aikajaksolla radonpitoisuuden keskiarvo oli (509 ± 32) Bq/m³, mutta radonpitoisuus kävi hetkellisesti lähes 3000 Bq/m³:ssä.

Ensimmäisen tilauserän mittausjaksolta ei ole referenssimittausta. AlphaGuard-mittarilla mitattiin jatkuvasti radonpitoisuutta ja mittarin muistin täytyttyä lokakuun 2021 mittausdata pyyhkiytyi pois uuden datan tieltä.



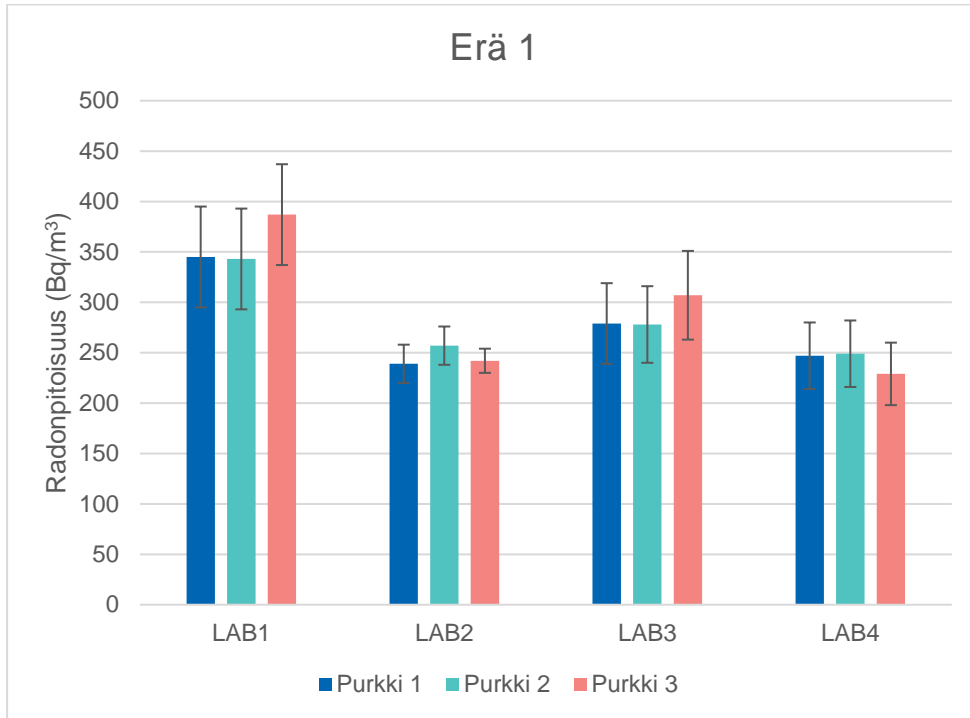
Kuva 2. Erää 3 vastaavan mittausjakson referenssimittaus AlphaGuard -radonmittarilla. Mittausjakson keskimääräinen radonpitoisuus oli (509 ± 32) Bq/m³, mutta nousee hetkittäin moninkertaiseksi keskiarvoon verrattuna.

3.2 Altistetut purkit kellaritilassa

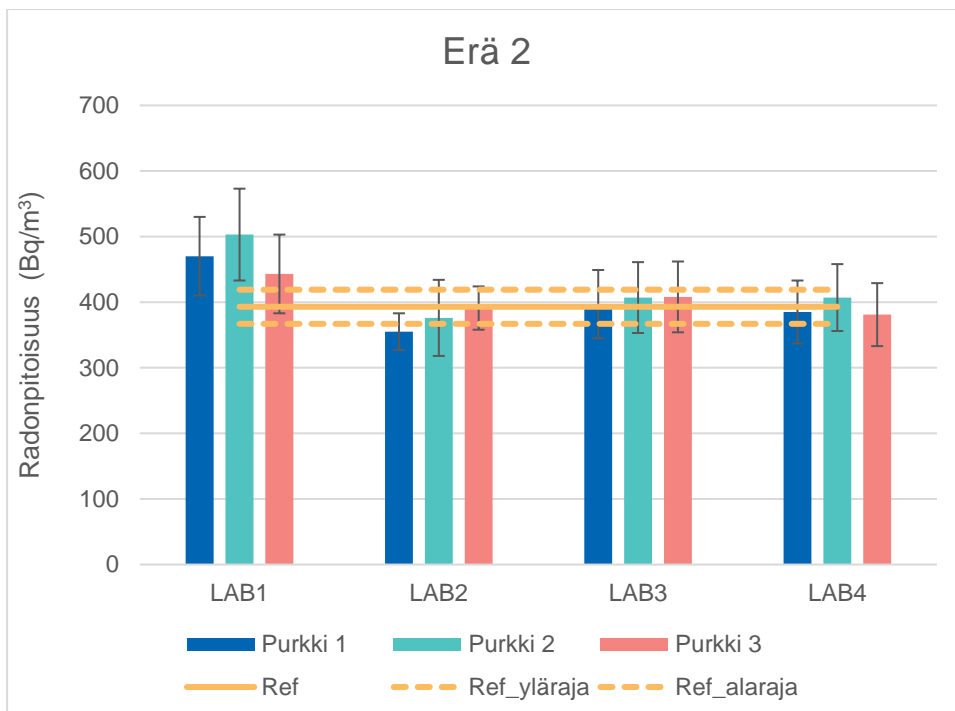
Testiin osallistuneiden laboratorioiden anonymisoidut nimet ovat LAB1, LAB2, LAB3 ja LAB4. Kuvissa 3–7 on esitetty erien 1–5 radonmittauspurkkien mittau tulokset erivärisillä palkeilla. Palkkien virhemarginaalit ovat osallistuvien laboratorioiden ilmoittamia. LAB2 ja LAB3 eivät ole ilmoittaneet testausselesteissaan mittausepävarmuuden kattavuuskerrointa. LAB1 ja LAB4 ilmoittivat mittausepävarmuuden kattavuuskertoimella 2, joka vastaa 95 % luottamusväliä. Oranssit vaakasuuntaiset viivat kuvaavat AlphaGuard-referenssimittarilla mitatun radonpitoisuuden keskiarvoa virherajoineen (kattavuuskerroin 2).

Kuvista 3–7 nähdään, että LAB1:n purkeilla määritetty radonpitoisuus on suurin jokaisen erän mittausjaksolla eri laboratorioiden antamia tuloksia vertailtaessa. Kun huomioidaan purkimittauksen ja referenssimittauksen virhemarginaalit, suurimmalla osalla radonpurkillä määritetyistä radonpitoisuuksista on yhteinen pitoisuusalue referenssipitoisuuden kanssa. LAB1:n jokaisessa erässä oli yksi purkimittaus, jossa mitattu radonpitoisuus ei ollut yhteneväinen referenssipitoisuuden kanssa. Tämä havaitaan kuvissa 4–7 palkeissa, joiden

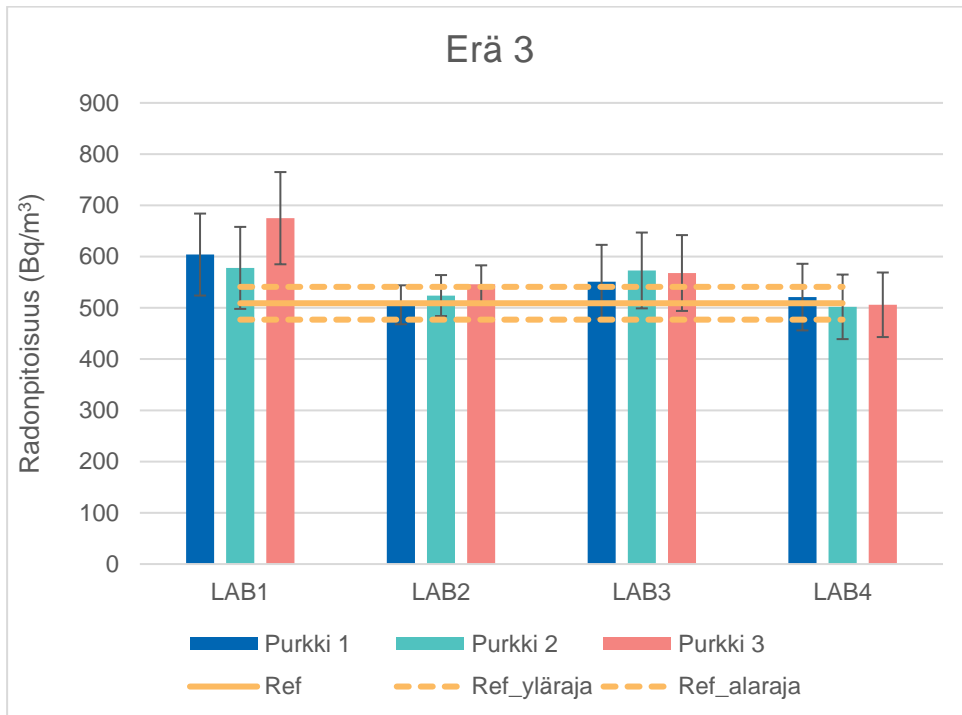
virhemarginaalit eivät leikkaa oranssia katkoviivaa. Kuvaan 3 erän 1 referenssipitoisuus ei ollut saatavilla.



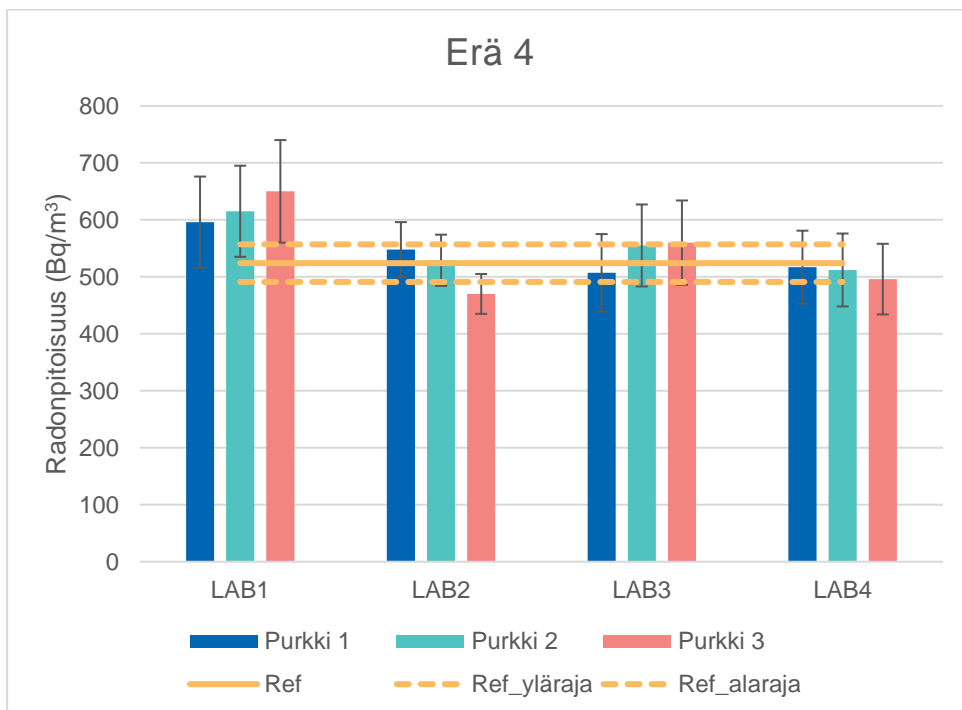
Kuva 3. Eriväriset palkit esittävät osallistuvien laboratorioiden määrittämiä kellaritilan radonpitoisuuksia ja mittausepävarmuuksia mittausjaksolla 15.10.-20.12.2021 (66 päivää).



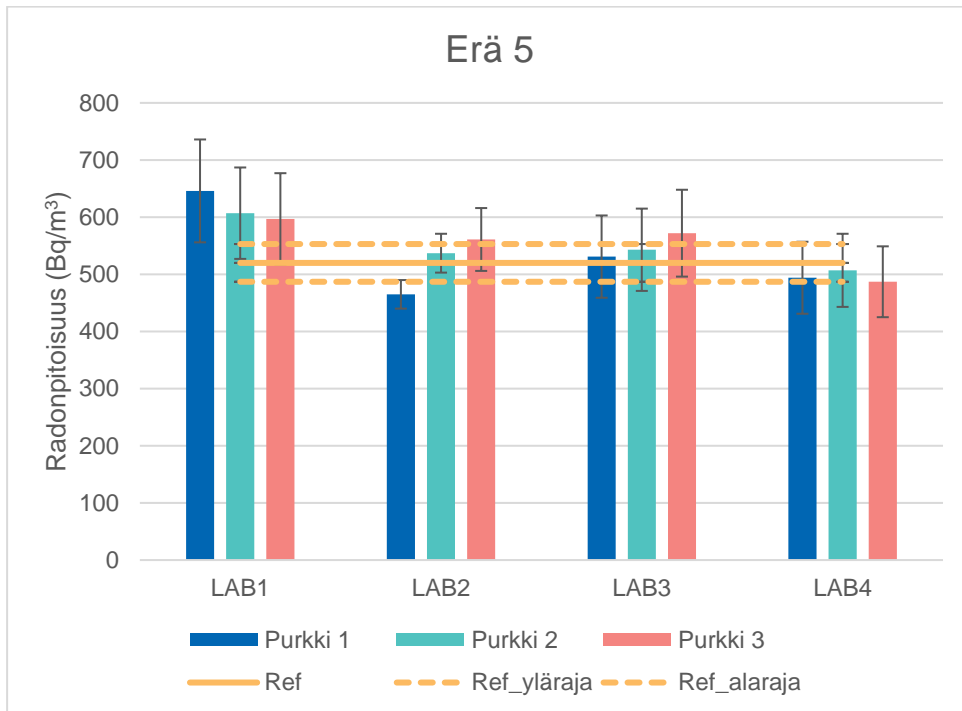
Kuva 4. Eriväriset palkit esittävät osallistuvien laboratorioiden määrittämiä kellaritilan radonpitoisuuksia ja mittausepävarmuuksia mittausjaksolla 12.11.2021-11.2.2022 (91 päivää). Oranssit vaakaviivat esittävät referenssimittauksen keskiarvoa (yhtenäinen viiva) ja mittausepävarmuutta (katkoviivat) kattavuuskertoimella 2.



Kuva 5. Eriväriset palkit esittävät osallistuvien laboratorioiden määrittämiä kellaritilan radonpitoisuuksia ja mittausepävarmuuksia mittausjaksolla 20.12.2021-4.3.2022 (74 päivää). Oranssit vaakaviivat esittävät referenssimittauksen keskiarvoa (yhtenäinen viiva) ja mittausepävarmuutta (katkoviivat) kattavuuskertoimella 2.



Kuva 6. Eriväriset palkit esittävät osallistuvien laboratorioiden määrittämiä kellaritilan radonpitoisuuksia ja mittausepävarmuuksia mittausjaksolla 24.1.-11.4.2022 (77 päivää). Oranssit vaakaviivat esittävät referenssimittauksen keskiarvoa (yhtenäinen viiva) ja mittausepävarmuutta (katkoviivat) kattavuuskertoimella 2.



Kuva 7. Eriväriset palkit esittävät osallistuvien laboratorioiden määrittämiä kellaritilan radonpitoisuuksia ja mittausepävarmuuksia mittausjaksolla 11.2.-11.4.2022 (59 päivää). Oranssit vaakaviivat esittävät referenssimittauksen keskiarvoa (yhtenäinen viiva) ja mittausepävarmuutta (katkoviivat) kattavuuskertoimella 2.

Jokaisen purkkimittauksen tuloksen poikkeama referenssimittauksesta laskettiin. Suhteellinen poikkeama referenssistä määriteltiin

$$Poikkeama (\%) = \frac{Mitattu\ pitoisuus - Referenssipitoisuus}{Referenssipitoisuus} \times 100 \%$$

Taulukossa 1 on esitetty altistettujen purkkien tulosten poikkeamat referenssimittauksen tuloksesta sekä poikkeamien itseisarvojen laboratoriokohtaiset keskiarvot. LAB1:n keskimääräinen poikkeama referenssistä oli selvästi suurin, 19,7 %. Muiden laboratorioiden poikkeamien keskiarvot vaihtelivat välillä 3,0...6,1 %. LAB1:n purkit yliarvioivat referenssipitoisuutta 12,7...32,6 %. Myös LAB3:n purkit yliarvioivat referenssipitoisuutta yhtä purkkia lukuun ottamatta. LAB4:n purkit aliarvioivat referenssipitoisuutta kahta purkkia lukuun ottamatta ja LAB2:n purkeista osa yliarvioi ja osa aliarvioi.

Poikkeamien keskiarvon laskemisessa ei huomioida sitä, että purkkien radonaltistus vaihteli erien välillä ja tyypillisesti suurempi altistus pienentää mittausvirhettä. Kaikissa erissä altistus oli kuitenkin samaa suuruusluokkaa, joten suhteellisista poikkeamista on mielekästä laskea kaikkien erien keskiarvo.

Taulukko 1. Sarakkeissa 2–5 on jokaisella purkilla mitatun radonpitoisuuden poikkeama referenssimittauksella määritetystä radonpitoisuudesta. Positiivinen luku tarkoittaa, että purkkimittaus yliarvioi todellista radonpitoisuutta ja negatiivinen luku tarkoittaa todellisuutta aliarvioivaa mittausta. Viimeisessä sarakeessa on kaikkien purkkierien laboratoriokohtainen keskiarvo poikkeamien itseisarvoista.

| | Erä 2 (%) | Erä 3 (%) | Erä 4 (%) | Erä 5 (%) | Keskiarvo poikkeamien itseisarvoista (%) |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|
| LAB1 | 19,6 28,0 12,7 | 18,7 13,6 32,6 | 13,7 17,4 24,0 | 24,2 16,7 14,8 | 19,7 |
| LAB2 | -9,7 -4,3 -0,5 | -0,6 2,9 7,3 | 4,6 1,0 -10,3 | -10,6 3,3 7,9 | 5,2 |
| LAB3 | 1,0 3,6 3,8 | 8,3 12,6 11,6 | -3,2 5,9 6,9 | 2,1 4,4 10,0 | 6,1 |
| LAB4 | -2,0 3,6 -3,1 | 2,4 -1,4 -0,6 | -1,3 -2,3 -5,3 | -5,0 -2,5 -6,3 | 3,0 |

3.3 Altistamattomat purkit

Taulukossa 2 on esitetty osallistuvien laboratorioiden altistamattomista purkeista määrittämät radonpitoisuudet.

Altistamattomat purkit säilytettiin STUKin laboratoriotilassa radontiiviissä pusseissaan. Säilytyspaikan radonpitoisuus varmistettiin AlphaE-mittarilla, jolla mitattu radonpitoisuus jäi alle määritysrajan. 4320 tunnin mittauksen (6 kk) alin määritysraja oli 5,7 Bq/m³.

Laboratoriolla LAB2, LAB3 ja LAB4 altistamattomista purkeista lasketut radonpitoisuudet jäivät alle määritysrajan lukuun ottamatta LAB3:n yhtä purkkia, josta laskettu tulos oli 11 Bq/m³. LAB1:n purkeilla laskettu tulos poikkesi muista ja yliarvioi radonpitoisuutta selvästi. LAB1:n mittaustulokset vaihtelivat 66 Bq/m³:sta 167 Bq/m³:iin erästä riippuen.

Taulukko 2. Laboratorioiden määrittämät radonpitoisuudet altistamattomista purkeista.

| | Erä 1 (Bq/m³) | Erä 2 (Bq/m³) | Erä 3 (Bq/m³) | Erä 4 (Bq/m³) | Erä 5 (Bq/m³) |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| LAB1 | 129 160 | 66 66 | 113 83 | 104 167 | 104 160 |
| LAB2 | <20 <20 | <20 <20 | <20 <20 | <20 <20 | <20 <20 |
| LAB3 | <16 <12 | <12 <10 | <10 11 | <10 <10 | <10 <10 |
| LAB4 | <13 <13 | <9 <9 | <11 <11 | <11 <11 | <14 <14 |

4 Pohdinta ja jatkotoimenpiteet

Tässä raportissa esitetyille toimintakykytestille ei ole vakiintunut numeerisia hyväksyttävyysskriteerejä. Vaikka testissä ei voida vetää selkeää rajaa hyväksytyyn ja hylätyn välille, testi antaa yleiskäsityksen siitä, miten radonmittauspurkit toimivat käytännön mittaustilanteessa ja millaisia eroja identtisten purkkien mittaamassa radonpitoisuudessa voidaan havaita. Purkkien määrä oli tässä toimintakykytestissä vähäinen, joten tilastolliset työkalut eivät sovellu kovin hyvin tulosten arviointiin. Tavoitteena testissä oli saada tietoa kaupallisten mittausten luotettavuudesta, minkä voidaan katsoa toteutuneen.

Toimintakykytestissä havaittiin LAB1:n purkkimittausten poikkeavan referenssistä keskimäärin muita enemmän. LAB1 oli lisäksi ainoa, jolla osalla purkeista mitatulla pitoisuudella ei ollut yhteistä pitoisuusaluetta referenssimittauksen kanssa. Testissä ei saatu varmistusta siitä, miksi LAB1:n purkeilla määrittämät tulokset yliarvioituivat systemaattisesti. Yliarvioitumisen määrä ei datan perustella vaikuttanut olevan riippuvainen kellaritilan radonpitoisuudesta eikä altistuksen pituudesta. Voidaan pitää mahdollisena, että LAB1:n radonmittauspurkkien ilmaisinkalvot olisivat kontaminoituneet jo ennen purkkien tilaamista. Jos purkit on pakattu radontiiviisiin pusseihin tilassa, jossa radonpitoisuus ei ole riittävän matala, pakkautuu pussiin radonpitoista ilmaa ja muovikalvolle syntyy ylimääräisiä alfajälkiä. Yksi selitys tulosten yliarvioitumiselle on myös postitaustan vaikutus paluupostissa. Myöskään systemaattista virhettä radonpitoisuuden laskennassa ei voida sulkea pois. Koska yliarvioitumista havaittiin sekä LAB1:n altistetuissa että altistamattomissa purkeissa, muttei muiden laboratoriodien purkkimittauksissa, voidaan todennäköisimmin sulkea pois toimintakykytestin epäonnistuminen.

Radonmittauksen tulosten yliarvioitumisesta voi seurata se, että radonpitoisuuden viitearvon todetaan virheellisesti ylittyneen. Viitearvon ylittymisen seurauksena saatetaan tehdä rakennukseen radonkorjaus, vaikkei säteilylainsäädännön perusteella näin edellytettäisi. Työpaikkojen, asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman radonpitoisuuden viitearvo on 300 Bq/m³. Uusien asuinrakennusten radonpitoisuuden viitearvo on 200 Bq/m³ [3].

Testin perusteella STUK pyysi LAB1:tä arvioimaan, mistä yliarvioidut radonmittaustulokset voisivat johtua. LAB1 teki STUKin pyynnöstä selvityksen postitaustasta, mutta selvityksessä mitatut postitaustat olivat suuruusluokaltaan selvästi pienemmät kuin havaittu ilmaisinkalvon ylimääräinen radonaltistus. Syytä toimintakykytestin tuloksiin ei löytynyt. LAB1 on osallistunut useisiin kansainvälisiin vertailuihin, joissa purkkien toimintakykyä on testattu vastaavalla tavalla. LAB1:n purkkimittausmenetelmä on suoriutunut testeissä parhain mahdollisin arvosanoin.

Kansainvälisissä vertailuissa kriteerit vaihtelevat riippuen vertailusta. PHE:n (Public Health England) tekemissä testissä parhaan arvosanan A saa, jos mittausvirhe on alle 10 % ja arvosana huononee 10 %:n välein. Mittausvirhe kuvaa keskimääräisen poikkeaman referenssistä ja purkkien keskihajonnan yhteisvaikutusta [4]. BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) vetää altistuksen suuruudesta riippuvan maksimipoikkeaman rajan hyväksytyyn ja hylätyn suorituksen välille [5]. Tämän raportin testissä käytetyillä radonaltistuksilla hyväksytyyn tulokseen sallittaisiin noin 30 % poikkeama referenssistä BfS:n kriteereillä. PHE:n ja BfS:n testien kriteereiden erona on myös se, että PHE:n kriteereitä sovelletaan suuren määrän purkkeja keskiarvoihin ja BfS:n hyväksyttävyysskriteeriä sovelletaan jokaiseen yksittäiseen purkkimittaukseen. Onnistunutkin radonmittaus voi siis poiketa referenssipitoisuudesta tiettyjen rajojen puitteissa.

Tämän raportin testin tulosten ja tuloksista seuranneen lisäselvityksen perusteella kaupalliset mittaukset antavat luotettavan arvion sisätilan radonpitoisuudesta, kun purkeilla mitataan riittävän pitkään ja noudatetaan laboratorioden ohjeistusta. Radonmittaukseen sisältyy aina statistista vaihtelua ja tulokseen liittyy aina epävarmuus, joka purkkimittauksilla on tyypillisesti 10–15 %. Valvontaprojektissa saatiin hyvin tietoa kaupallisten mittausten toimimisesta käytännön tilanteissa.

5 Viitteet

1. Weltner A, Arvela H, Turtiainen T, Mäkeläinen I, Valmari T. Luku 4. Kirjassa: Pöllänen R (toim.) Säteily ympäristössä. Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 2. Hämeenlinna; Karisto; 2003. s. 110–161. <https://stuk.fi/documents/150192312/162661266/kirja2-4-sateily-ymparistossa-radon-sisailmassa.pdf/08f15c91-8a0d-d33b-7bcf-26ffe9c08584/kirja2-4-sateily-ymparistossa-radon-sisailmassa.pdf?t=1684851443751>
2. Mittausohje: Asunnon radonmittaus https://stuk.fi/documents/150192312/162083084/S_Asunnon_sisailman_radonmittaus_ohje.pdf/ed660d58-8c05-3047-22c8-2b4ebf398180/S_Asunnon_sisailman_radonmittausohje.pdf?t=1686638329674
3. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018. <https://www.stuklex.fi/fi/ls/20181044>
4. Beck T, Foerster E, Buchröder H, Schmidt V, Döring J. The measurement accuracy of passive radon instruments. Radiation protection dosimetry 2013; 158(1). DOI: 10.1093/rpd/nct182. https://www.researchgate.net/publication/251235731_The_measurement_accuracy_of_passive_radon_instruments
5. Daraktchieva Z, Howarth CB, Algar R. Results of the 2011 HPA intercomparison of passive radon detectors. HPA-CRCE-033. Chilton: Health Protection Agency; 2012. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340142/HPA-CRCE-033_for_website.pdf

STUK-B -sarjan julkaisuja

STUK-B 313 Koskenlehto Emmi, Laine Jussi-Pekka, Lehtinen Maaret, Sjöberg Asta, Turtiainen Tuukka. Alfajälki-ilmaisimien toimintakykytesti. Radonmittausten valvontaprojektin raportti.

STUK-B 312 Koskenlehto Emmi, Kuhmonen Venla. Matkatavaroiden turvatarkastuksessa käytettävien TT-skannerien aiheuttama säteilyannos. Valvontaprojektin raportti.

STUK-B 311 Alén Riina. Teollisuuden ja tutkimuksen turvallisuuskulttuurikysely. Valvontaraportti.

STUK-B 310 Liukkonen Jukka. Kokovartaloprotokollien kuvanlaadun vaihtelu PET-FDG kuvauksissa Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 309 Alén Riina, Korhonen Milla, Siru Tuomas. Säteilylähteitä varastoivat kauppiat. Valvontaprojektin raportti.

STUK-B 308 Kojo Katja, Perälä Marjo. Mittauspurkkien määrä työpaikkojen radonmittauksissa.

STUK-B 307 Liukkonen Jukka. Turvallisuusarviot valvonnan välineenä. Isotooppilääketieteen valvontaraportti.

STUK-B 306 Hoilijoki H. Teollisuuden ja tutkimuksen oma-avaloituskysely. Valvontaraportti.

STUK-B 305 Venelampi E (ed.). Radiation practices. Annual report 2022.

STUK-B 304 Mattila A, Inkinen S (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2022. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2021. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2022.)

STUK-B 303 Venelampi E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 302 Häikiö J (ed.). Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2022.

STUK-B 301 Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Monitoring of radioactivity in the environment of Finnish nuclear power plants. Annual report 2022.

STUK-B 300 Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 299 Peri V (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2022.

STUK-B 298 Häikiö J (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2022.

STUK-B 297 Kuurne I. Isotooppitutkimukset ja -hoidot Suomessa vuonna 2021. Terveystieteiden valvontaraportti.

STUK-B 296 Kojo K, Mänttari I, Kallio A, Kurttio P. Työpaikkojen radonpitoisuudet hyvin ilmaa läpäisevällä maalla.

STUK-B 295 Ruonala V. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021. Terveystieteiden valvontaraportti.