

Rakennusmateriaalien radioaktiivisuus Suomessa

Ympäristön säteilyvalvonnan toimintaohjelma

Iisa Outola, Seppo Klemola, Eija Venelampi, Mika Markkanen

Säteilyturvakeskus
PL 14
00881 Helsinki
www.stuk.fi

Lisätietoja
Iisa Outola
iisa.outola@stuk.fi
puhelin 09 759 88 507

ISBN 978-952-309-239-6 (pdf)

Sisällys

1	Tiivistelmä.....	1
2	Johdanto	2
3	Rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta koskevat vaatimukset.....	2
3.1	EU-säädökset	2
3.2	Suomalaiset vaatimukset.....	2
3.3	Toimenpidearvo ja aktiivisuusindeksi.....	3
3.4	Milloin radioaktiivisuusmittaukset on tehtävä?	3
3.5	Kun aktiivisuusindeksi ylittää arvon 1.....	4
3.6	Tuhkan käyttö betonin seosaineena	4
3.7	Rakennusmateriaalit ja optimointiperiaate.....	4
4	Materiaali ja menetelmät.....	5
4.1	Näytteiden hankinta selvitystä varten	5
4.1.1	Näytteenoton ohjeistus.....	5
4.1.2	Saadut näytteet.....	5
4.2	Muut näytteet - tilatut mittaukset 2007–2013.....	5
4.3	Radioaktiivisuusmääritykset	6
4.3.1	Näytteiden esikäsittely	6
4.3.2	Gammaspektrometrinen mittaus ja analyysi.....	7
5	Tulokset.....	8
5.1	Selvitystä varten hankittujen näytteiden tulokset.....	8
5.1.1	Radioaktiivisuuspitoisuudet.....	8
5.1.2	Aktiivisuusindeksit.....	10
5.2	Säteilyturvakeskuksesta vuosina 2007–2013 tilattujen mittausten tulokset.....	12
5.2.1	Radioaktiivisuuspitoisuudet.....	12
5.2.2	Aktiivisuusindeksit.....	13
6	Johtopäätelmät	16
7	Yhteenvedo.....	16
8	Kiitokset.....	17
9	Kirjallisuus.....	17
	Liite 1. Valmistajille ja maahantuojille lähetetty kirje.	18
	Liite 2. Näytteenotto-ohje ja taustatietolomake.....	19
	Liite 3. Vuonna 2012 Säteilyturvakeskukseen toimitettujen rakennusmateriaalinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet	19

1 Tiivistelmä

Tässä selvityksessä määritettiin rakennusmateriaalien radioaktiivisuuspitoisuuksia 52:sta valmistajalta ja maahantuojalta pyydetyistä näytteistä sekä 534:stä vuosina 2007–2013 maahantuojien ja valmistajien tilaamista mittauksista. Näytteet koostuivat erilaisista kiviaineksista (mm. hiekka, sora ja kalliomurske), mutta myös muista sekalaisista rakennusmateriaaleista. Toiminnanharjoittajien tilaamat mittaukset kohdistuivat näytteisiin, joissa epäiltiin kohonneita pitoisuuksia.

Näytteistä määritettiin uraanin ja toriumin (^{238}U ja ^{232}Th) hajoamissarjoihin kuuluvien radioaktiivisten aineiden sekä kaliumin radioaktiivisen isotoopin (^{40}K) aktiivisuuspitoisuudet. Myös keino-kekoisten radioaktiivisten aineiden - käytännössä vain ^{137}Cs - pitoisuudet määritettiin, jos niitä havaittiin käytetyllä gammaspektrometrisellä analyysimenetelmällä.

Kiviainesten aktiivisuuspitoisuudet vaihtelevat huomattavasti eri puolilla Suomea, mutta myös samalla alueella vaihtelut ovat merkittäviä. Rakennusmateriaalien radioaktiivisuudelle asetetun toimenpidearvon mahdollista ylittymistä arvioitiin aktiivisuusindeksin avulla. 17 %:lla valmistajilta ja maahantuojilta pyydetyistä näytteistä aktiivisuusindeksin I_1 arvo oli suurempi kuin 1. Toiminnanharjoittajien tilaamissa mittauksissa ylityksiä oli 28 %. Kallioperäisistä kivinäytteistä lähes joka toisella aktiivisuusindeksin arvo oli suurempi kuin 1.

Radioaktiivisimmat kiviainekset ovat usein kivilaatuja, joista valmistetaan esimerkiksi pöytä-tasoja tai rakennuslaattoja. Koska käyttö on vähäistä, jää näistä aiheutuva altistus pieneksi ja toimenpidetaso ei ylity vaikka aktiivisuuspitoisuudet materiaalissa ovat suuria.

Kiviaineksia, joilla aktiivisuusindeksin I_1 arvo ylittää arvon 1, käytetään esimerkiksi täyttömateriaalina tai betonin valmistuksessa yhdessä vähemmän radioaktiivisia aineita sisältävien kiviainesten kanssa, jolloin niistä aiheutuva säteilyaltistus jää vähäiseksi. Päätös materiaalin käytöstä saatetaan tehdä radioaktiivisuusmääritysten tulosten perusteella.

2 Johdanto

Tämän raportin tarkoituksena on selvittää rakennusmateriaaleissa esiintyvien radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia ja arvioida kuinka yleisesti rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta koskevat toimenpidearvot ylittyvät. Suurin osa selvityksessä mukana olleista rakennusmateriaaleista on erilaisia kiviaineita (kuten kalliomurskettä, hiekkaa, soraa jne.) ja niistä valmistettuja tuotteita (kuten elementtilaattoja, tiiliä ja betonia). Lisäksi mukana oli kipsilevyjä, sementtiä ja erilaisia rakennuslaattoja.

Rakennusmateriaalit sisältävät pääasiassa luonnon radioaktiivisia aineita, joita ovat uraani ja torium (^{238}U ja ^{232}Th) ja niiden hajoamissarjoihin kuuluvat radioaktiiviset aineet sekä kaliumin radioaktiivinen isotooppi (^{40}K). Jos rakennusmateriaalin osana käytetään teollisuuden sivutuotteita tai tuhkaa, voi rakennusmateriaali sisältää myös keinotekoisia radioaktiivisia aineita, erityisesti cesiumia, ^{137}Cs (ohje ST 12.2)

Tässä raportissa kuvataan rakennusmateriaalien radioaktiivisuuden selvittämisessä käytetyt menetelmät, saadut tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset. Rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta koskevat vaatimukset on esitetty Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus.

Tämä raportti on osa ympäristön säteilyvalvontaa, joka muodostuu vuosittain toteutettavasta [jatkuva ohjelmasta](#), [osaohjelmista](#) (kuten tämä raportti) sekä ydinvoimalaitosten ja kaivosten ympäristön säteilyvalvonnasta.

3 Rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta koskevat vaatimukset

3.1 EU-säädökset

Rakennusmateriaalien ominaisuuksista on säädetty rakennustuoteasetuksessa ((EU) N:o 305/2011). Asetus on sellaisenaan osa jäsenmaiden lainsäädäntöä ja se astui voimaan 1.7.2013.

Rakennustuoteasetus tekee CE-merkinnästä pakollisen myös Suomessa kaikille niille markkinoille saatetuille rakennustuotteille, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan. Eurooppalainen standardisointijärjestö CEN laatii harmonisoidut tuotestandardit.

Rakennustuoteasetuksen lisäksi rakennusmateriaaleja koskevat EU:n säteilysuojelunormit. Vuonna 2013 hyväksytyssä säteilysuojelun perusnormidirektiivissä eli BSS-direktiivissä (2013/59/EURATOM) määritellään enimmäistaso rakennusmateriaaleista aiheutuvalla säteilyaltistukselle (1 mSv vuodessa) sekä veloitetaan jäsenmaat tunnistamaan rakennusmateriaalit, joiden osalta enimmäistaso voisi ylittyä. Direktiivin vaatimukset on pantava täytäntöön kansallisilla säädöksillä vuoden 2018 alkuun mennessä.

Rakennustuoteasetuksessa on maininta radioaktiivisista aineista yhtenä haitta-aineena ja tätä varten CEN:ssä on käynnissä harmonisoituun standardiin tähtäävä valmistelutyö. Lähtökohtana valmistelutyössä on BSS-direktiivin rakennusmateriaaleja koskeva säteilyaltistuksen enimmäistaso 1 mSv vuodessa.

3.2 Suomalaiset vaatimukset

Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuutta koskevat vaatimukset on esitetty Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus. Ohje koskee ai-

noastaan materiaaleista aiheutuvaa ulkoista gammasäteilyä eikä esimerkiksi materiaaleista vapautuvaa radonia.

Suomalaiset vaatimukset perustuvat samaan annoskriteeriin (1 mSv vuodessa) kuin uudet EU-säädökset.

3.3 Toimenpidearvo ja aktiivisuusindeksi

Ohjeessa ST 12.2 annetaan rakennusmateriaaleille ns. toimenpidearvot, joiden tarkoituksena on rajoittaa materiaalien radioaktiivisuudesta väestölle aiheutuvaa säteilyaltistusta. Toimenpidearvolla tarkoitetaan säteilyannosta, jonka ylityksessä on ryhdyttävä toimenpiteisiin säteilyaltistuksen rajoittamiseksi. Talonrakennustuotannossa käytettäville rakennusmateriaaleille toimenpidearvo on 1 mSv vuodessa. Tällä tarkoitetaan efektiivisen annoksen lisäystä maaperän radioaktiivisuudesta aiheutuvaan annokseen. Ohjeessa ST 12.2 annetaan toimenpidearvot myös muihin käyttötarkoituksiin (teiden, katujen, piha-alueiden ja vastaavien rakentaminen sekä maantäyttö, maisemarakennus ja läjitys).

Toimenpidearvon mahdollista ylittymistä arvioidaan aktiivisuusindeksin avulla. Aktiivisuusindeksi lasketaan materiaaleista mitatuista radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksista. Jos aktiivisuusindeksi on 1 tai pienempi, materiaalille ei aseteta radioaktiivisuuden vuoksi käyttörajoituksia. Jos aktiivisuusindeksin arvo on suurempi kuin 1, toiminnanharjoittajan on selvityksin osoitettava, että kyseiselle materiaalille asetettu toimenpidearvo ei ylity.

Talonrakennustuotannossa käytettävillä pintamateriaaleilla tai muilla materiaaleilla, joiden käyttö on vähäistä (esimerkiksi ohuet kaakelit), toimenpidearvon arvioidaan kuitenkin alittuvan silloin, jos materiaalin aktiivisuusindeksin I_1 arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 6.

Aktiivisuusindeksi I_1 talonrakennustuotantoon käytettäville valmiille rakennusmateriaaleille on

$$I_1 = \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_K}{3000} \quad (1)$$

jossa C_{Th} , C_{Ra} ja C_K tarkoittavat materiaalissa olevien ^{232}Th :n, ^{226}Ra :n ja ^{40}K :n aktiivisuuspitoisuuksien (yksikössä $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) lukuarvoja.

Valmiilla rakennusmateriaalilla tarkoitetaan esimerkiksi rakennuslevyä tai käyttökosteuteensa kuivunutta betonia. Aktiivisuusindeksiä I_1 sovelletaan myös rakennuksen alla käytettäviin täytötmateriaaleihin.

3.4 Milloin radioaktiivisuusmittaukset on tehtävä?

Toiminnanharjoittaja on velvollinen selvittämään rakennusmateriaalin radioaktiivisuuden, jos voidaan epäillä, että toimenpidearvo voi ylittyä.

Kiviaineksen aktiivisuuspitoisuus on syytä mitata, kun se otetaan sellaiselta alueelta, jossa maaperästä aiheutuvan taustasäteilyn tiedetään olevan tavanomaista suurempi. Talonrakennuselementtien tuotannossa kiviaineksen aktiivisuuspitoisuudet on kuitenkin mitattava kaikkialla Suomessa. Talonrakennuselementtien (tai niiden raaka-aineiden) mittausvelvollisuus perustuu siihen, että talon kaikki rakenteet saatetaan tällöin valmistaa samasta materiaalista. Tällöin myös potentiaalinen altistus on suurin.

Mittaukset on tehtävä myös silloin, jos rakennusmateriaalin valmistuksessa käytetään seosainena sellaisia teollisuuden jäteaineita tai sivutuotteita, jotka voivat sisältää tavanomaista suurempia määriä radioaktiivisia aineita. Tällaisia voivat olla esimerkiksi jotkin kuonat, tuhkat ja kipsit.

3.5 Kun aktiivisuusindeksi ylittää arvon 1

Mikäli materiaalin aktiivisuusindeksi ylittää arvon 1, on toiminnanharjoittajan tehtävä selvitys materiaalista aiheutuvasta säteilyaltistuksesta. Jos kyseessä on raaka-aine, voi selvityksenä olla esimerkiksi laskelma, että lopullisen, valmiin rakennusmateriaalin (esim. betonin) aktiivisuusindeksin arvo on pienempi kuin 1.

Mikäli aktiivisuusindeksi valmiilla rakennusmateriaalilla ylittää arvon 1, lasketaan materiaalista aiheutuva säteilyannos, jota sitten verrataan toimenpidearvoon 1 mSv vuodessa. Julkaisussa STUK-B-STO 32 (Markkanen M, 1995) annetaan ohjeita ja esimerkkejä selvityksen tekemiseksi.

3.6 Tuhkan käyttö betonin seosaineena

Eräät teollisuuden sivutuotteet sisältävät luonnon radioaktiivisten aineiden lisäksi keinotekoisia radioaktiivisia aineita, erityisesti cesiumia (^{137}Cs), joita on vapautunut luontoon ydinasekokeista ja esimerkiksi Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuudesta. Myös turpeen, kivihiilen, puun, metsähakkeen, peltobiomassojen, metsäteollisuuden sivutuotteiden ja muiden vastaavien poltossa syntyvä tuhka sisältää luonnon radioaktiivisia aineita ja radioaktiivisesta laskeumasta peräisin olevia radionuklideja.

Jos sivutuotetta tai tuhkaa käytetään talonrakennustuotantoon tarkoitetun rakennusmateriaalin raaka- tai seosaineena, saa siinä olevan cesiumin (^{137}Cs) gammasäteilyä aiheutuva efektiivisen annoksen lisäys rakennusmateriaalin muun radioaktiivisuuden aiheuttamaan annokseen olla enintään 0,1 mSv vuodessa. Tällöinkään rakennusmateriaalista aiheutuva kokonaisannos ei saa olla suurempi kuin 1 mSv vuodessa. Talonrakennusmateriaaleille tarkoitettu aktiivisuusindeksi I_1 ei huomioi cesiumia, joten siitä aiheutuva säteilyaltistus on arvioitava erikseen.

Yleisenä ohjeena voidaan pitää arviota, että toimenpidearvo 0,1 mSv vuodessa ei ylity, jos tuhkan ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus on pienempi kuin $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ja tuhkaa on lisätty betoniin enintään $120\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jos tuhkaa käytetään vähemmän, voi tuhkan aktiivisuuspitoisuus olla vastaavasti suurempi.

3.7 Rakennusmateriaalit ja optimointiperiaate

Säteilylaissa esitetyn optimointiperiaatteen mukaisesti säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Siksi poikkeuksellisen radioaktiivista materiaalia ei ole syytä käyttää talonrakennustuotantoon, vaikka toimenpidearvo alittuisikin, ellei se ole perusteltua esimerkiksi raaka-aineen teknisten ominaisuuksien vuoksi. Radioaktiivisimmat kiviainekset pitäisi mahdollisuuksien mukaan käyttää ensisijaisesti esimerkiksi tienrakennukseen. Myöskään runsaasti cesiumia sisältävää tuhkaa ei pidä käyttää betonin valmistuksessa seosaineena.

Käytettäessä täyttöaineena tavanomaista enemmän radiumia (^{226}Ra) sisältävää kiviainesta saattaa sisäilman radonpitoisuus lisääntyä täyttömateriaalista vapautuvan radonin vuoksi. Tällöin on erityistä syytä huolehtia radonturvallisesta rakentamisesta.

Radonin vapautumista eri materiaaleista on selvitetty raportissa STUK-A105 (Mustonen, 1992). Esimerkiksi päällystämättömästä betonista vapautuu radonia huoneilmaan keskimäärin $0,45\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Jos radiumia on seinämateriaalissa $30\text{ Bq}/\text{kg}$, niin huoneilman radonpitoisuus suurenee $0,5\text{ h}^{-1}$ ilmanvaihdolla noin $40\text{ Bq}/\text{m}^3$. Kipsilevyistä vapautuminen on huomattavasti vähäisempää.

4 Materiaali ja menetelmät

Tämä selvitys perustuu radioaktiivisuusmittauksiin, jotka joko tehtiin tätä selvitystä varten hankituista näytteistä tai jotka on tehty Säteilyturvakeskuksessa rakennusmateriaalien valmistajien ja maahantuojien tilauksesta vuosina 2007–2013.

4.1 Näytteiden hankinta selvitystä varten

Materiaalinäytteiden hankinta toteutettiin lähettämällä valmistajille ja maahantuojille kirje, jossa heitä pyydettiin osallistumaan selvitykseen lähettämällä näytteitä (Liite 1). Yrityksiä pyydettiin toimittamaan, mahdollisuuksien mukaan, näytteitä eri puolilta Suomea, jotta alueellinen jakauma olisi mahdollisimman edustava. Kirjeen mukana lähetettiin näytteenotto-ohjeet sekä lomake, jossa kysyttiin taustatietoja materiaaleista (Liite 2). Kirje lähetettiin yhteensä 20 yritykselle.

4.1.1 Näytteenoton ohjeistus

Näytteenotto-ohjeissa korostettiin, että näytteiden tulisi edustaa luotettavasti tarkasteltavaa rakennusmateriaalia. Näytteiden tilavuuden tulisi olla vähintään yksi litra ja ne pyydettiin toimitamaan valmiiksi murskattuna, raekoko alle 8 mm. Näytteisiin liittyvät taustatietolomakkeet pyydettiin täyttämään erikseen jokaisesta materiaalinäytteestä. Taustietoina haluttiin toimittajia ilmoittamaan materiaalin nimen ja kuvauksen sekä käyttötarkoituksen. Tuotteen ominaisuuksista kysyttiin paksuutta ja ominaispainoa sekä tuotteen tai sen raaka-aineiden alkuperämaata ja/tai paikkakuntaa.

Murskatun näytteen lisäksi pyydettiin toimittamaan pieni näyte ehjää materiaalia kuten kaakeli, tiili tai esimerkiksi pala rakennuslevyä. Edelleen toivottiin toimittajien lähettävän näytteen mukana materiaaliesitteen, mikäli sellainen on olemassa.

4.1.2 Saadut näytteet

Kevään 2012 aikana saatiin yhteensä 52 rakennusmateriaalinäytettä (Liite 3, taulukot L1 ja L2) 9:ltä eri yritykseltä. Kipsilevyjä tai kipsilevyn raaka-ainenäytteitä oli 4, sementtinäytteitä 14, tiilinäytteitä 6, rakennuskivinäytteitä 13, rakennuslevyjä ja -laattoja 10 ja loput 5 näytettä olivat maasuניהiekka-, tasoite- ja betonin seosainenäytteitä.

Enemmistö näytteistä oli murskattua tai hienojakoista (alle 8 mm:n raekoko), mutta osa jouduttiin murskaamaan laboratoriossa. Osaa näytteistä ei pystytty murskaamaan, vaan ne mitattiin lähes sellaisenaan. Lisäksi toivottu näytteen vähimmäismäärä (yksi litra) täyttyi vain noin puolessa näytteistä.

4.2 Muut näytteet - tilatut mittaukset 2007–2013

Kohdassa 4.1 mainittujen näytteiden mittaustulosten lisäksi tähän raporttiin on koottu yhteenve-to Säteilyturvakeskuksesta vuosina 2007–2013 tilattujen mittausten tuloksista. Mittaukset on tehty yhteensä noin 500 rakennusmateriaalinäytteestä. Tuloksia on erityisesti erilaisista kiviaineksista (mm. hiekka, sora ja kalliomurske), mutta myös muista sekalaisista rakennusmateriaaleista.

Nämä mittaukset ovat painottuneet erityisesti rakennusmateriaaleihin, joissa toiminnanharjoittaja on epäillyt voivan esiintyä tavanomaista suurempia pitoisuuksia luonnon radioaktiivisia aineita. Kiviainekset ovat näissä tapauksissa usein olleet peräisin alueilta, joissa luonnon taustasäteily on suurempi kuin Suomessa keskimäärin.

4.3 Radioaktiivisuusmääritykset

Näytteistä määritettiin uraanin ja toriumin (^{238}U ja ^{232}Th) hajoamissarjoihin kuuluvien radioaktiivisten aineiden sekä kaliumin radioaktiivisen isotoopin (^{40}K) aktiivisuuspitoisuudet. Myös keino-
tekoisten radioaktiivisten aineiden - käytännössä vain ^{137}Cs - pitoisuudet määritettiin, jos niitä havaittiin käytetyllä gammaspektrometrisellä analyysimenetelmällä.

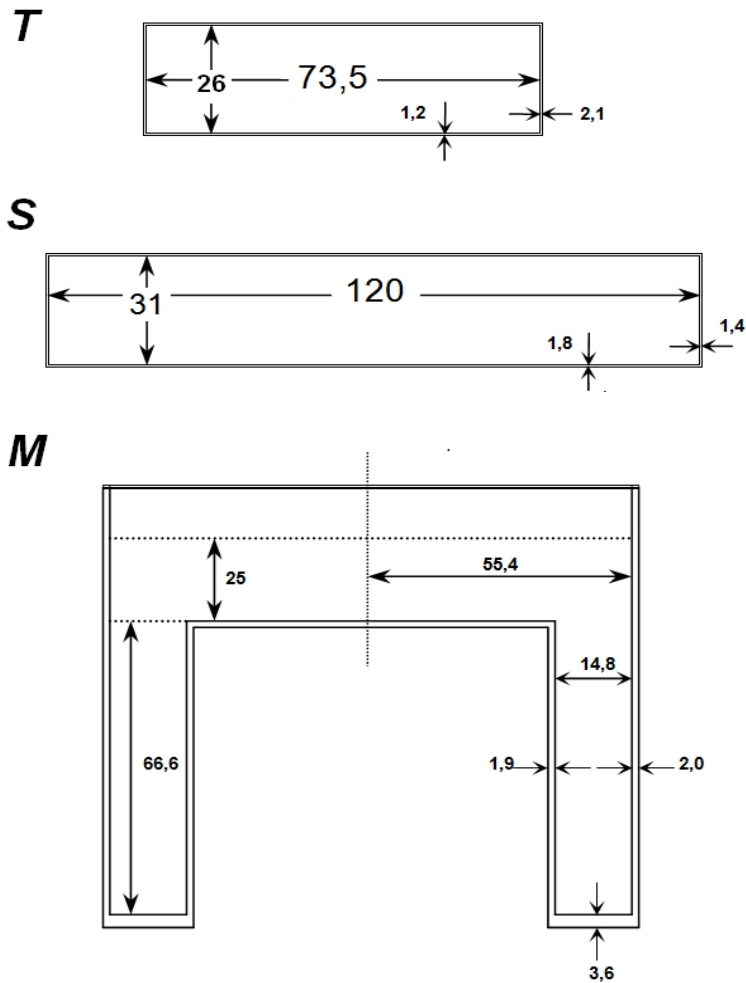
4.3.1 Näytteiden esikäsittely

Näytteet kuivattiin ja homogenisoitiin tarvittaessa, minkä jälkeen ne purkittiin mittausta varten. Esikäsittelyssä näyte kirjattiin myös laboratorion tietojärjestelmään (LIMS).

Murskatut ja hienojakoiset näytemateriaalit purkittiin sellaisenaan, mutta osa näytteistä (mm. tiilinäytteet) jouduttiin murskaamaan laboratoriossa. Ehjänä lähetettyjä kiviä näytteitä ei pystytty murskaamaan, vaan ne mitattiin sellaisenaan.

Käytössä oli kolme muovista mittauspurkkia, tilavuudeltaan 105 ml (T), 300 ml (S) ja 0,5 l (M) (Kuva 1).

Osa niistä näytteistä, joiden ^{226}Ra -pitoisuus oli ensimmäisen mittauksen perusteella pieni, mitattiin uudestaan ilmatiiviillä kalvolla eristetyssä näytepurkissa. Noin neljän viikon kuluttua ^{226}Ra ja sen hajoamistuotteet olivat radioaktiivisessa tasapainossa ja radiumin pitoisuus voitiin määrittää ^{214}Pb :n ja ^{214}Bi :n avulla.



Kuva 1. Gammamittauksissa käytetyt näytepurkit (kaikki mitat millimetreinä).

4.3.2 Gammaspекtrometrinen mittaus ja analyysi

Kaikki mittaukset tehtiin alhaistaustaisilla HPGe-gammaspекtrometreillä. Puolijohdeilmaisimien suhteellinen tehokkuus oli 38–70 % ja energian erotuskyky 1,6–2,0 keV 1,33 MeV:n energialle. Mittausajat vaihtelivat viidestä tunnista yhteen vuorokauteen, näytemäärästä ja aktiivisuudesta riippuen. Gammaspекtrit analysoitiin GAMMA99-ohjelmalla, joka on kehitetty Säteilyturvakeskuksessa erityisesti ympäristönäytteiden spекtrien analyysiä varten (Sinkko 1981; Klemola ja Leppänen 1997). Ohjelma etsii spекtristä piikit, laskee niiden energiat ja intensiteetit, vähentää taustan sekä laskee tunnistuksen jälkeen nuklidien aktiivisuudet. Laskennassa otetaan huomioon näytteen korkeuden, tiheyden ja koinsidenssisummautumisen vaikutukset tuloksiin. Käytössä olevan nuklidikirjaston tiedot on päivitetty vastaamaan viitettä (DDEP, http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.html; 11.4.2013). Luonnon hajoamissarjojen nuklidien puoliintumisaikana käytetään pitkäikäisen emonuklidin puoliintumisaikaa, mikä vastaa radioaktiivista tasapainotilannetta hajoamissarjassa.

Kalibroinnit

Spекtrometrien havaitsemistehokkuuden kalibrointi on tehty käyttämällä sertifoituja standardiliuoksia. Kalibrointinuklideina on käytetty pääasiassa yhden gammaenergian nuklideja – joko

samassa (multigamma) tai erillisissä liuoksissa. Eri tiheyksien ja korkeuksien tehokkuudet saadaan laskemalla kutakin korkeutta vastaavat korjauskertoimet.

Uusien mittausingeometrioiden tehokkuuskalibrointi tehtiin puolikokeelliseen menetelmään perustuvan tietokoneohjelman avulla (Aaltonen ym. 1994). Menetelmä perustuu siihen, että tietyn mittausingeometrian tunnetusta (kokeellisesti määritetystä) tehokkuudesta saadaan halutulle geometrialle tehokkuus määrittämällä molempien geometrioiden efektiivisten avaruuskulmien suhde. Laskennallinen kalibrointi verifioitiin mittaamalla vertailunäyte eri geometrioissa.

Tulosten laskeminen

Nuklidien aktiivisuudet määritettiin joko niiden omien gammaenergioiden avulla tai ottamalla tulos tytärnuklidien gammasiirtymistä olettaen, että emo- ja tytärnuklidi ovat radioaktiivisessa tasapainotilassa. Osaa näytteitä säilytettiin suljetussa astiassa vähintään kolme viikkoa ennen mitausta ^{226}Ra :n ja sen tytärnuklidien tasapainon muodostumiseksi.

^{226}Ra :n ainoa energia (186,1 keV) on gammaintensiteetiltään heikko ja niin lähellä ^{235}U :n pääpiikkiä, että ilmaisimien energian erotuskyky ei riitä erottamaan piikkejä toisistaan. Jos ^{235}U :n tulos saadaan laskettua tarpeeksi tarkasti muista piikeistä, voidaan sen osuus vähentää 186 keV piikistä. Kun kyseessä on luonnon uraani (uraani-isotooppien 235 ja 238 suhde 0,72 %), ^{235}U :n pitoisuus voitaisiin laskea ^{238}U :n avulla. Useimmissa tapauksissa ^{238}U :n pitoisuutta ei kuitenkaan pystytty pienen aktiivisuuden takia määrittämään. Ainoaksi keinoksi määrittää ^{226}Ra :n pitoisuus jäi tuloksen laskeminen sen hajoamistuotteista lyijy-214 (^{214}Pb) ja vismutti-214 (^{214}Bi) olettaen, että ne ovat tasapainossa emonuklidinsa kanssa. Radiumpitoisuudet laskettiin gammaenergioiden 295,2 ja 351,9 keV (^{214}Pb) sekä 609,3 ja 1764,5 keV (^{214}Bi) tulosten keskiarvoina. Vain kun sekä ^{226}Ra - että ^{235}U -pitoisuudet olivat tarpeeksi suuria, voitiin tulos määrittää sen oman gammaenergian avulla.

^{232}Th :n aktiivisuus saadaan samoin tytärnuklidien pitoisuuksista. Käyttökelpoisin on aktinium-228 (^{228}Ac), jolla on myös runsaasti gammaenergioita. Käytännössä kaikki ^{232}Th -tulokset on tehty käyttäen ^{228}Ac :n 911,2 keV:n gammaenergiaa. Tällöin on oletettu, että näiden välillä vallitsee aktiivisuustasapaino. ^{40}K :n ja ^{137}Cs :n tulokset määritettiin käyttäen niiden ainoita gammaenergioita, 1460,8 keV ja 661,7 keV.

Kaikki tulokset on korjattu radioaktiivisen hajoamisen suhteen niin, että ne vastaavat näytteenottoaikaa. Tulosten kokonaisepävarmuus (1σ) muodostuu mittalaitteiston kalibroinnin epävarmuudesta ja mittauksen tilastollisesta epävarmuudesta. Suhteelliset mittaasepävarmuudet olivat pienistä aktiivisuuspitoisuuksista johtuen tyypillisesti 10–20 %. Kaikkein pienimpien aktiivisuuspitoisuuksien epävarmuudet ovat jopa useita kymmeniä prosentteja.

5 Tulokset

5.1 Selvitystä varten hankittujen näytteiden tulokset

5.1.1 Radioaktiivisuuspitoisuudet

Vuonna 2012 Säteilyturvakeskukseen toimitettujen 52 rakennusmateriaalinäytteen aktiivisuuspitoisuudet on esitetty liitteen 3 taulukoissa L1 ja L2. Keskimääräinen luonnonnuklidien radioaktiivisuuspitoisuus rakennusmateriaalinäytteissä oli 500 Bq/kg ^{40}K :lle, 44 Bq/kg ^{226}Ra :lle ja 41 Bq/kg ^{232}Th :lle (taulukko 1). Suurimmat ^{40}K -pitoisuudet mitattiin rakennuskivissä, elementtilaatoissa ja tiilissä (kuva 2). Suurimmat ^{226}Ra - ja ^{232}Th -pitoisuudet mitattiin masuunikuonassa ja -hiekkassa, joita tosin oli vain yksi näyte kumpaakin. Suomalaisten rakennusmateriaalien luonnonnuklidipitoisuuksia on tutkittu aiemmin 1980-luvulla (Mustonen, 1984), jolloin korkeimmat

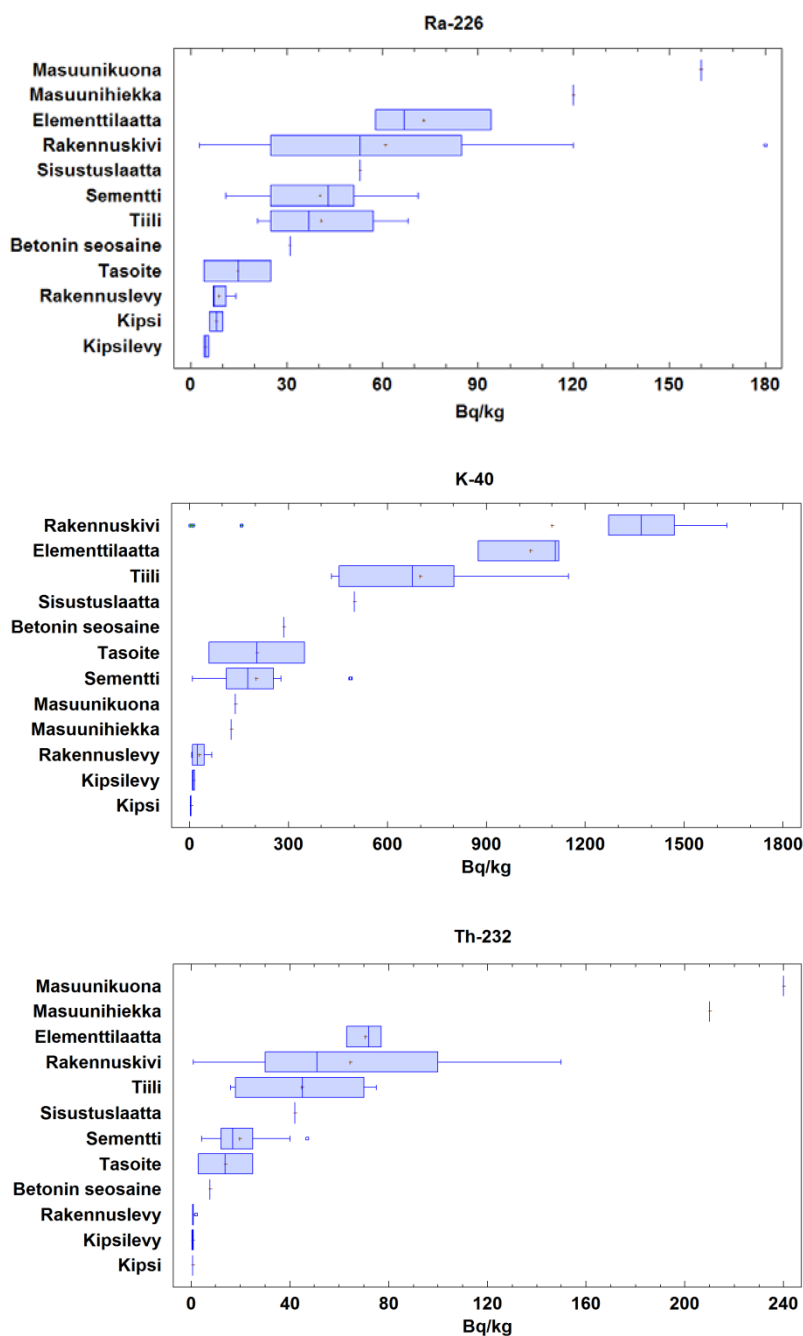
^{40}K -pitoisuudet mitattiin betonin kiviaineksessa sekä tiilissä. Silloinkin masuunikuonasta mitattiin keskimääräistä korkeampia ^{226}Ra - ja ^{232}Th -pitoisuuksia.

Kotimaisten rakennusmateriaalien (n=34) luonnonnuklidipitoisuus oli keskimäärin korkeampi kuin maahantuotujen (n=18) (taulukko 1). Tämä johtuu osittain siitä, että kotimaisten näytteiden joukossa oli enemmän rakennuskiviä ja elementtilaattoja, joiden radioaktiivisuuspitoisuus oli korkeampi kuin muiden materiaalien.

Tšernobylin onnettomuudesta ja 1950- ja 1960-luvuilla tehdyistä ydinasekokeista peräisin olevaa ^{137}Cs :ä havaittiin kuudessa kotimaisessa sementti-, elementtilaatta- tai tiilinäytteessä (n. 12 % mitatuista näytteistä). Keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus näissä näytteissä oli 0,4 Bq/kg.

Taulukko 1. Yhteenveto ^{40}K :n, ^{226}Ra :n ja ^{232}Th :n aktiivisuuspitoisuuksista selvitykseen toimitetuissa rakennusmateriaalinäytteissä.

Näyttemateriaali	lukumäärä		^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th
			Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Kaikki	52	min	3,9	2,6	0,9
		keskiarvo	502	44	41
		mediaani	252	31	22
		max	1630	180	240
Kotimainen	34	min	3,9	4	1,1
		keskiarvo	640	53	49
		mediaani	401	49	29
		max	1630	180	240
Maahantuotu	18	min	< 4	2,6	< 0,5
		keskiarvo	235	27	25
		mediaani	57	13	3,1
		max	1270	120	210



Kuva 2. Selvitystä varten pyydettyjen rakennusmateriaalien luonnonnuklidipitoisuudet. *Laatikko-osa sisältää 50 % tutkittavan aineiston keskimmäisistä havainnoista, laatikko-osan yläreuna on luku, jota pienempiä arvoja aineistossa on 75 %:a, laatikko-osan alareuna on luku, jota pienempiä arvoja on 25 %:a. Laatikosta lähtevät uloimmat viivat kuvaavat datan vaihteluväliä. Laatikon sisällä oleva viiva on mediaani ja risti on keskiarvo.*

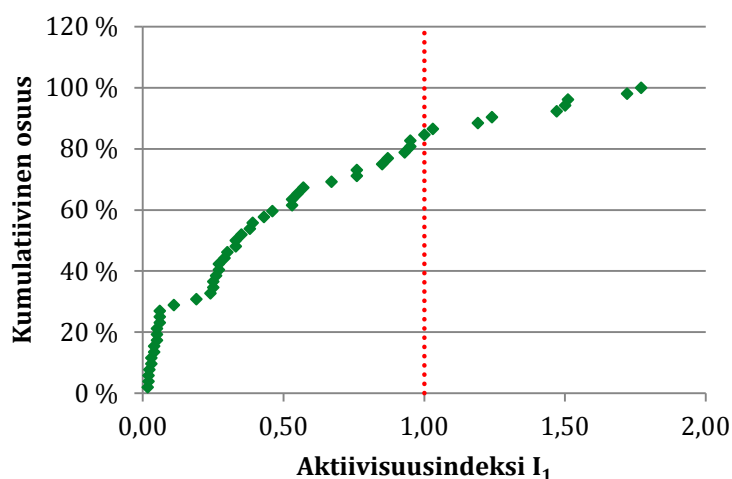
5.1.2 Aktiivisuusindeksit

Aktiivisuusindeksin laskeminen on esitetty kappaleessa 3.3. Liitteen 3 taulukoissa L1 ja L2 on esitetty mitattujen näytteiden aktiivisuusindeksit I_1 . Taulukossa 2 on esitetty se, kuinka suurella osalla tätä selvitystä varten hankituista rakennusmateriaalinäytteistä aktiivisuusindeksin I_1 arvo

oli suurempi kuin 1. Kaikista näytteistä 17 %:lla aktiivisuusindeksin arvo oli suurempi kuin 1: kotimaisista 24 %:lla ja maahantuoduista 6 %:lla. Aktiivisuusindeksin arvo 1 ylittyi joillakin rakennuskivillä ja elementtilaatoilla sekä masuunikuonalla ja -hiekalla. Kuvassa 3 on esitetty graafisesti kumulatiivinen jakauma näytteistä lasketuille aktiivisuusindekseille I_1 .

Taulukko 2. Tätä selvitystä varten hankitut rakennusmateriaalinäytteet, joiden aktiivisuusindeksi $I_1 > 1$.

Rakennusmateriaali	$I_1 > 1$ lkm	mitatut näyt- teet lkm	% mitatusta näyteryhmästä
Kaikki	9	52	17
kotimainen	8	34	24
Elementtilaatta	1	3	33
Masuunikuona	1	1	100
Rakennuskivi	6	11	55
maahantuotu	1	18	5,6
Masuunihiekka	1	1	100



Kuva 3. Kumulatiivinen jakauma tätä selvitystä varten hankituista rakennusmateriaalinäytteistä lasketuille aktiivisuusindekseille I_1 ($n=52$). Aktiivisuusindeksin arvo 1 on merkitty katkoviivalla kuvaan.

5.2 Säteilyturvakeskuksesta vuosina 2007–2013 tilattujen mittausten tulokset

Vuosina 2007–2013 Säteilyturvakeskus mittasi yhteensä 534 rakennusmateriaalinäytettä valmistajien tai maahantuojien tilauksesta. Nämä näytteet luokiteltiin tulosten analysointia varten neljään ryhmään (taulukko 3): 1) Kallioperäinen kiviaines (n= 133), 2) Sora ja hiekka (n=222), 3) Muu kiviaines (n=158) ja 4) ja Muu rakennusmateriaali (n=21). Muuhun rakennusmateriaaliin sisältyy mm. kivivillan raaka-aine, masuunihiekka ja betonimurske. Jaottelu oli osittain hankalaa, koska se piti tehdä toiminnanharjoittajan ilmoittaman nimen perusteella ja tämän vuoksi 'muuhun kiviainekseen' päätyi myös materiaaleja, jotka olivat kallioperäistä kiviainesta, soraa tai hiekkaa.

Taulukko 3. Vuosina 2007–2013 mitattujen rakennusmateriaalinäytteiden jaotteluperuste.

Kallioperäinen kiviaines	Sora ja hiekka	Muu kiviaines	Muu rakennusmateriaali
Kallio	Filleri	Muu luokittelematon	Betoni
Kalliomurske	Hiekka	kiviaines	Kivivillan raaka-aine
Kalliosepeli	Maa-aines		Masuunihiekka
Kalliosora	Sora		Muu talonrakennusmateriaali
Rakennuskivet	Soramurske		

5.2.1 Radioaktiivisuuspitoisuudet

Keskimääräinen luonnonnuklidien radioaktiivisuuspitoisuus vuosina 2007–2013 mitatuissa rakennusmateriaalinäytteissä oli 963 Bq/kg ⁴⁰K:lle, 73 Bq/kg ²²⁶Ra:lle ja 61 Bq/kg ²³²Th:lle. (Taulukko 4). Kallioperäisen kiviaineksen ²²⁶Ra-pitoisuus, 103 Bq/kg, oli tilastollisesti merkittävästi suurempi kuin soran, hiekan sekä muiden vuosina 2007–2013 mitattujen rakennusmateriaalien. Muun rakennusmateriaalin ²³²Th- ja ⁴⁰K-pitoisuus oli merkittävästi pienempi kuin kallioperäisten kiviaineksen sekä soran ja hiekan. Tämä johtui ennen kaikkea siitä että kivivillan raaka-aineen, joka oli luokiteltu muuhun rakennusmateriaaliin, luonnonnuklidipitoisuudet olivat alhaiset noin 120 Bq/kg ⁴⁰K:lle ja 8 Bq/kg ²³²Th:lle.

Keinotekoista radionuklidia, ¹³⁷Cs:ä, havaittiin 96 näytteessä (n. 18 % mitatuista). Keskimääräinen ¹³⁷Cs-pitoisuus mitatuissa näytteissä oli 0,97 Bq/kg.

Rakennusmateriaalien radioaktiivisuuspitoisuuksia on aiemmin selvitetty vuonna 1984 (Mustonen, 1984). Kyseiseen selvityksen näytteet oli valittu sattumanvaraisesti eri puolilta Suomea ja rakennusmateriaalien (pois lukien puu) radioaktiivisuuspitoisuudet vaihtelivat seuraavasti eri luonnonnuklideille: ²²⁶Ra:lle 4,4–830 Bq/kg; ²³²Th:lle 1,5–225 Bq/kg ja ⁴⁰K:lle 8,5–1860 Bq/kg (Mustonen, 1984). Tulokset ovat sopusoinnussa tässä raportissa esitettyjen tulosten kanssa (taulukko 4).

Taulukko 4. ⁴⁰K:n, ¹³⁷Cs:n, ²²⁶Ra:n ja ²³²Th:n aktiivisuuspitoisuudet vuosina 2007–2013 mitatuissa rakennusmateriaalinäytteissä. Näytteiden luokittelu on esitetty taulukossa 5.

Näytemateriaali	luku- määrä		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs
			Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	havaintojen lkm
Kaikki näytteet	534	min	52	0,97	0,7	0,05	96
		keskiarvo	963	73	61	0,97	
		mediaani	956	50	44	0,4	
		max	1740	884	376	24	

Kallioperäinen kiviaines	133	min	87	1,4	0,7	0,1	24
		ka	978	103	68	0,68	
		mediaani	1020	71	57	0,42	
		max	1740	806	312	4,1	
Sora, hiekka	222	min	256	7,2	5,8	0,08	39
		keskiarvo	981	65	57	0,67	
		mediaani	929	43	38	0,34	
		max	1680	884	376	6	
Muu kiviaines	156	min	52	0,97	2,3	0,05	28
		keskiarvo	997	65	64	1,7	
		mediaani	987	50	49	0,39	
		max	1720	369	294,5	24	
Muu rakennusmateriaali	21	min	58	1,5	0,78	0,35	5
		keskiarvo	436	29	30	0,63	
		mediaani	304	21	20	0,58	
		max	990	116	179	0,91	

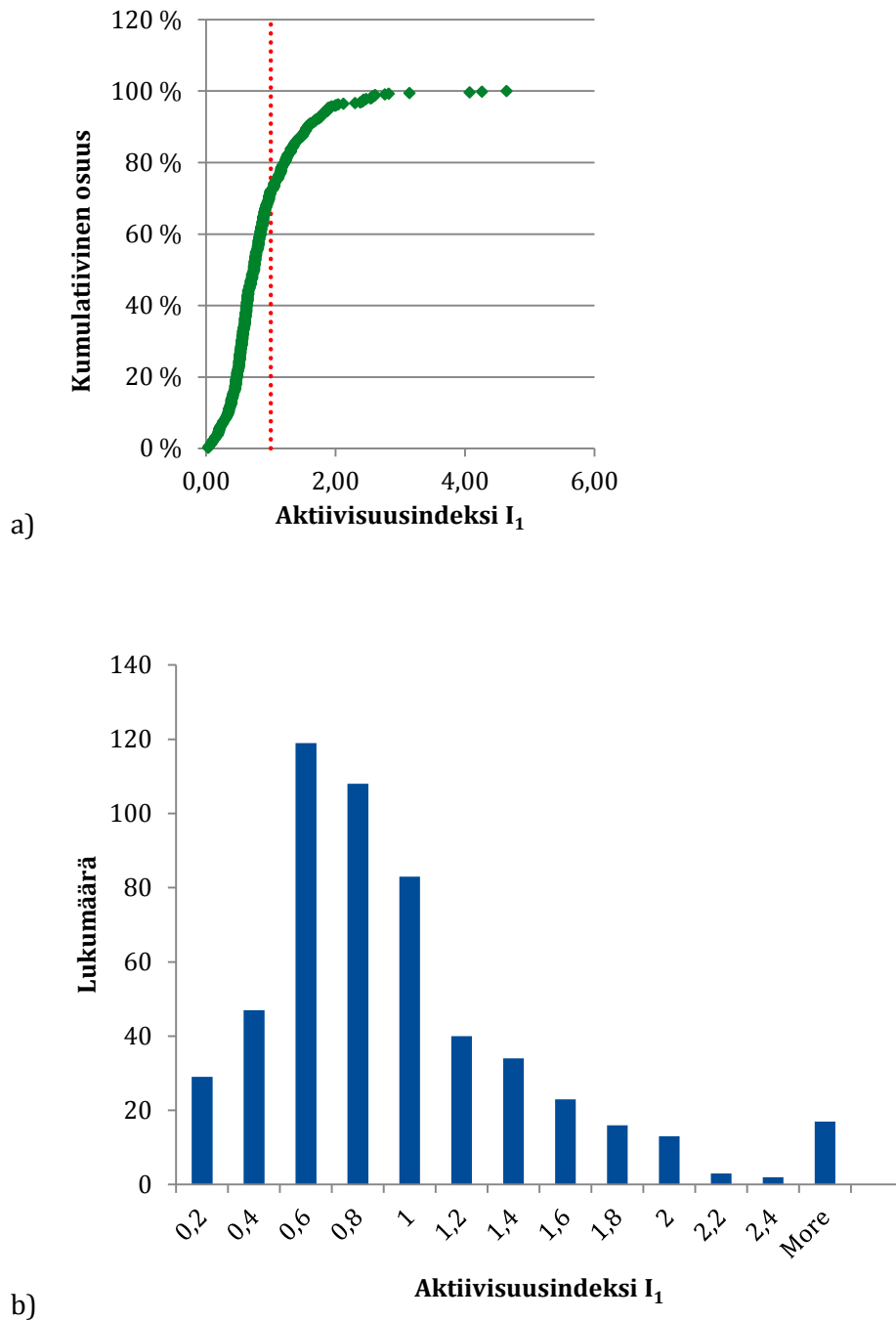
5.2.2 Aktiivisuusindeksit

Aktiivisuusindeksin laskeminen on esitetty kappaleessa 3.3. Taulukossa 5 on esitetty ⁴⁰K:n, ²²⁶Ra:n ja ²³²Th:n aktiivisuuspitoisuuksista lasketut aktiivisuusindeksit vuosina 2007–2013 mitatuille rakennusmateriaalinäytteille ja se, kuinka suurella osalla näytteistä raja-arvo 1 ylittyi. Vuosina 2007–2013 mitatuista rakennusmateriaalinäytteistä 28 %:lla aktiivisuusindeksi I_1 :n arvo oli suurempi kuin 1. Kuvassa 4 on esitetty graafisesti kumulatiivinen jakauma ja histogrammi aktiivisuusindekseille I_1 . Kallioperäisellä kiviaineksella aktiivisuusindeksin I_1 arvo oli useimmin suurempi kuin 1: ylityksiä oli 44 %:lla mitatuista kallioperäisistä aineksista. Sora- ja hiekkänäytteillä ylityksiä oli 19 %. Taulukossa 6 on tarkemmin esitetty ne materiaalit, joilla aktiivisuusindeksin arvo oli suurempi kuin 1 ja kuinka suurella osalla mitatuista näytteistä ylitys tapahtui.

Taulukko 5. ⁴⁰K:n, ²²⁶Ra:n ja ²³²Th:n aktiivisuuspitoisuuksista lasketut aktiivisuusindeksin I_1 arvot vuosina 2007–2013 mitatuille rakennusmateriaalinäytteille ja kuinka suurella osalla näytteistä aktiivisuusindeksin arvo oli suurempi kuin 1.

Materiaali	lukumäärä		Aktiivisuusindeksi I_1
Kaikki näytteet	534	min	0,03
		keskiarvo	0,87
		mediaani	0,74
		max	4,64
		$I_1 > 1$ (%)	28 %
Kallioperäinen kiviaines	133	min	0,04
		ka	1,01
		mediaani	0,89
		max	4,07

		$I_1 > 1$ (%)	44 %
Sora ja hiekka	222	min	0,14
		keskiarvo	0,83
		mediaani	0,65
		max	4,64
		$I_1 > 1$ (%)	19 %
Muu kiviaines	156	min	0,04
		keskiarvo	0,87
		max	2,82
		$I_1 > 1$ (%)	30 %
		Muu rakennus- materiaali	23
keskiarvo	0,39		
mediaani	0,35		
max	1,32		
$I_1 > 1$ (%)	4,8 %		



Kuva 4. Kumulaatiivinen jakauma (a) ja histogrammi (b) vuosina 2007–2013 mitatuista rakennusmateriaalinäytteistä (tilausnäytteet) lasketuille aktiivisuusindeksille I_1 , $n=534$. Aktiivisuusindeksin arvo 1 on merkitty katkoviivalla kuvaan (a).

Taulukko 6. Näytteet, joilla aktiivisuusindeksi $I_1 > 1$.

Materiaali	$I_1 > 1$ lkm	mitattujen näytteiden lkm	% mitatusta näyteryhmästä
Kallioperäinen kiviaines	59	133	44 %
Kallio	3	11	27

Kalliomurske	41	91	45
Kalliosepeli	5	14	36
Kalliosora	7	13	54
Rakennuskivi	3	4	75
Sora ja hiekka	43	222	19 %
Hiekka	3	25	12
Sora	37	152	24
Soramurske	3	27	11
Muu kiviaines	47	158	30 %
Muu rakennusmateriaali	2	21	4,8 %
Masuunihiekka	1	1	100
Kaikki näytteet	150	534	28 %

6

Johtopäätelmät

Tätä selvitystä varten saaduissa näytteissä ei havaittu poikkeavan suuria aktiivisuuspitoisuuksia. Valmiilla rakennustuotteilla aktiivisuusindeksi I_1 arvo oli suurempi kuin 1 ainoastaan rakennuskivillä. Rakennuslaatoilla ja muilla vastaavilla rakennusmateriaaleilla arvon pitää kuitenkin olla suurempi kuin 6, ennen kuin toimenpidearvon 1 mSv vuodessa voidaan epäillä ylittyvän ja on tarpeen selvittää tarkemmin materiaalista aiheutuva säteilyaltistus.

Vuosina 2007–2013 toiminnanharjoittajien tilaamat mittaukset on tehty pääsääntöisesti erilaisista kiviaineksista. Varsinaisia rakennustuotteita, kuten käyttövalmiita levyjä ja laattoja, on näissä mittauksissa vain vähän. Mittauksia on eniten tehty kiviaineksista, joissa on epäilty tavanomaista suurempia säteilytasoja. Kyseiset kiviainekset ovat pääosin alueilta, joissa luonnon taustasäteily on tavanomaista suurempi. Siksi mittaustulokset eivät edusta tavanomaisia Suomessa esiintyviä kiviainesten aktiivisuuspitoisuuksia, vaan pikemminkin niiden maksimiarvoja. Voidaan todeta, että kiviainesten aktiivisuuspitoisuudet voivat vaihdella huomattavasti eri puolilla Suomea, mutta myös samalla alueella vaihtelut ovat merkittäviä.

Kiviaineksia, joilla aktiivisuusindeksin I_1 arvo ylittää arvon 1, käytetään pääsääntöisesti sellaisilla tavoilla, joissa niistä aiheutuva säteilyaltistus jää niin vähäiseksi, että toimenpidearvo ei ylitä. Niitä saatetaan käyttää esimerkiksi täyttömateriaalina tai betonin valmistuksessa yhdessä vähemmän radioaktiivisia aineita sisältävien kiviainesten kanssa. Päätös materiaalin käyttötavasta saatetaan tehdä radioaktiivisuusmäärittysten tulosten perusteella. Radioaktiivisimmat kiviainekset ovat usein kivilaatuja, joista valmistetaan esimerkiksi pöytätasoja tai rakennuslaattoja. Koska käyttö on vähäistä, jää näistä aiheutuva altistus melko pieneksi ja toimenpidenarvo ei ylitä silloinkin, jos aktiivisuuspitoisuudet materiaalissa ovat suuria.

7

Yhteenveto

Tässä selvityksessä määritettiin rakennusmateriaalien luonnonnuklidipitoisuuksia 52:sta valmistajalta ja maahantuojalta pyydetystä näytteestä sekä 534:stä vuosina 2007–2013 maahantuojien ja valmistajien tilaamista mittauksista. Toiminnanharjoittajien tilaamat mittaukset kohdistuvat näytteisiin, joissa epäiltiin kohonneita pitoisuuksia. Nämä tulokset eivät siten ole edustavia koko maan tilanteen kannalta. Toimenpidearvon mahdollista ylittymistä arvioitiin aktiivisuusindeksin avulla. 17 %:lla valmistajilta ja maahantuojilta pyydetystä näytteistä aktiivisuusindeksin I_1 arvo oli suurempi kuin 1. Toiminnanharjoittajien tilaamissa mittauksissa ylityksiä oli 28 %. Kalliopeiräisistä kiviläytöksistä lähes joka toisella aktiivisuusindeksin arvo oli suurempi kuin 1. Kun materiaalin käyttötapa otetaan huomioon niin useimmissa tapauksissa toimenpidearvo ei kuitenkaan ylitä.

8 Kiitokset

Lämpimät kiitoksemme Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n ympäristö- ja energiajohtaja Pekka Vuoriselle. Hänen kauttaan saimme yhteystiedot rakennustuotteita valmistaviin ja maahantuoviin yrityksiin. Kiitokset myös kaikille niille yrityksille, jotka lähettivät näytteitä tuotteistaan tätä selvitystä varten.

9 Kirjallisuus

Aaltonen H, Klemola S, Ugletveit F, Validation of a method for computer calculation of germanium detector efficiencies, Nucl. Instr. and Meth. A 339 (1994) 87–91.

Decay Data Evaluation Project, http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.html; 11.4.2013.

Klemola S, Leppänen A., GAMMA-97 - Gamma-Ray Spectrum Analysis Program, Documentation and User's Manual. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 1997.

Markkanen M. Radiation Dose Assessments for Materials with Elevated Natural Radioactivity. Report STUK-B-STO 32. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1995.

Mustonen R, 1984. Natural radioactivity in and radon exhalation from Finnish building materials. Health Physics Vol 46 , No 6, 1195-1203.

Mustonen R, Building materials as sources of indoor exposure to ionizing radiation. STUK-A105, Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1992

Ohje ST 12.2. Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 2010.

Sinkko K. Gammaspektrien tietokoneanalyysi näytemittauksissa. Lisensiaattitutkielma. Helsinki: Helsingin yliopisto. 1981.

Liite 1. Valmistajille ja maahantuojille lähetetty kirje.



1 (1)

Tutkimus ja ympäristövalvonta

22.3.2012

Rakennusmateriaalien radioaktiivisuuden selvittäminen

Säteilyturvakeskuksessa toteutetaan vuosien 2012–14 aikana tutkimushanke "Luonnonmateriaaleissa olevat radioaktiiviset aineet ja niiden kulkeutuminen teollisuuden prosesseissa". Rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta koskeva osuus aloitetaan vuonna 2012. Tutkimus koskee sekä Suomessa valmistettuja rakennusmateriaaleja että tuontimateriaaleja.

Rakennusmateriaalit sisältävät pääasiassa luonnon radioaktiivisia aineita, joita ovat uraanin ja toriumin (^{238}U ja ^{232}Th) hajoamissarjoihin kuuluvat radioaktiiviset aineet sekä kaliumin radioaktiivinen isotooppi (^{40}K). Jos rakennusmateriaalin osana käytetään teollisuuden sivutuotteita tai tuhkaa, voi rakennusmateriaali sisältää myös keinotekoisia radioaktiivisia aineita, erityisesti cesiumia (^{137}Cs). (viite: Ohje ST 12.2 Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus; www.finlex.fi/data/normit/16550-ST12-2.pdf) Tutkimuksessa määritetään näiden radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspotensiaalit rakennusmateriaaleissa. Tutkimuksesta laaditaan julkaisu.

Pyydämme Teitä osallistumaan tutkimukseen lähettämällä näytteitä valmistamistanne tai maahantuomistanne rakennusmateriaaleista. Tutkimukseen osallistuvat saavat veloituksetta materiaalin radioaktiivisuuden mittaustulokset sisältävän tulosselosteen. Mittaustuloksia käytetään vain tutkimukseen, eikä tutkimustuloksia lähetetä rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta valvovalle viranomaisosastolle.

Kunkin materiaalinäytteen mukana pyydämme Teitä lähettämään täytettynä oheisen lomakkeen, jossa kysytään materiaalin taustatietoja. Mikäli Teillä on kysyttävää toimitettavien näytteiden määrästä tai näytteiden valinnasta, pyydämme Teitä ottamaan yhteyttä Säteilyturvakeskukseen.

Lisätietoja tutkimuksesta ja materiaalinäytteiden toimittamisesta antavat: Seppo Klemola (puh. 09 7598 8594, s-posti: seppo.klemola@stuk.fi)
Jussi Huikari (puh. 09 7598 8605, s-posti: jussi.huikari@stuk.fi).

Seppo Klemola
erikoistutkija

Liitteet

Lomake "Rakennusmateriaalin taustatiedot"

Liite 2. Näytteenotto-ohje ja taustatietolomake.



RAKENNUSMATERIAALIN TAUSTATIEDOT

Näytteenotto-ohje

- Näytteen tulee edustaa luotettavasti tarkasteltavaa rakennusmateriaalia
- Mikäli mahdollista, näytteen tulisi olla valmiiksi murskattu (raekoko mielellään alle 8 mm) ja näytteen kokonaismäärän vähintään noin litra
- Murskatun näytteen lisäksi pyydämme toimittamaan pienen näytteen ehjistä materiaalista; esim. kaakeli, tiili tai näyte rakennuslevystä (koko n. 10 cm x 10 cm).
- Lomake täytetään jokaisesta erillisestä materiaalinäytteestä
- Näytteen mukana on hyvä toimittaa materiaaliesite, mikäli sellainen on olemassa
- Näyte sekä tämä kaavake toimitetaan STUKiin (Laippatie 4, Helsinki) tai lähetetään osoitteeseen:

Säteilyturvakeskus
NAL/NORM-selvitys
PL 14
00881 HELSINKI

Tiedot materiaalista ja sen valmistajasta/maahantuojasta

Rakennusmateriaalin valmistaja

Rakennusmateriaalin maahantuoja

Näytteen toimittaja
Yrityksen nimi
Postiosoite
Postinumero ja postitoimipaikka
Yhteyshenkilö
Puhelin
Sähköpostiosoite
Näytteen toimituspäivä

Materiaalin tiedot (täytetään soveltuvin osin)	
Materiaalin nimi ja kuvaus (esim. koostumus)	
Käyttötarkoitus	
Tuotteen paksuus (jos levy tai vastaava)	Ominaispaino (kg/m ³)
Tuotteen alkuperämaa/-paikkakunta	
Raaka-aineiden alkuperämaa/-paikkakunta	
Lisätietoja (käytä tarvittaessa kääntöpuolta)	

Liitteenä materiaaliesite

Liite 3. Vuonna 2012 Säteilyturvakeskukseen toimitettujen rakennusmateriaalinäytteiden aktiivisuuspitoisuudet.

Taulukko L1. ⁴⁰K:n, ²²⁶Ra:n ja ²³²Th:n aktiivisuuspitoisuus suomalaisissa rakennusmateriaaleissa ja niistä lasketut aktiivisuusindeksit I₁.

Materiaali		⁴⁰ K Bq/kg	¹³⁷ Cs Bq/kg	²²⁶ Ra Bq/kg	²³² Th Bq/kg	Aktiivisuus- indeksi I ₁
Elementtilaatta		1120 ± 220		67 ± 25	72 ± 14	0.95 ± 0.13
Elementtilaatta		1110 ± 220	0,42 ± 0,22	94 ± 38	63 ± 13	1.00 ± 0.16
Elementtilaatta		875 ± 170		58 ± 23	77 ± 15	0.87 ± 0.12
Kipsilevy	erikoiskova	15 ± 3		4,0 ± 1,1	1,1 ± 0,4	0.023 ± 0.004
Masuunikuona		139 ± 11		160 ± 32	240 ± 19	1.77 ± 0.14
Rakennuskivi	graniitti	1470 ± 120		180 ± 46	130 ± 13	1.72 ± 0.17
Rakennuskivi	graniitti	1410 ± 170		77 ± 23	100 ± 20	1.24 ± 0.14
Rakennuskivi		1500 ± 120		120 ± 26	110 ± 9	1.47 ± 0.11
Rakennuskivi		1420 ± 110		89 ± 25	150 ± 12	1.50 ± 0.11
Rakennuskivi		1630 ± 160		70 ± 20	51 ± 5	1.03 ± 0.09
Rakennuskivi		1290 ± 100		53 ± 13	64 ± 5	0.93 ± 0.06
Rakennuskivi		1490 ± 150		85 ± 31	82 ± 8	1.19 ± 0.12
Rakennuskivi		159 ± 32		25 ± 8	30 ± 7	0.29 ± 0.04
Rakennuskivi		3,9 ± 0,9		10 ± 3	16,0 ± 3,7	0.11 ± 0.02
Rakennuskivi		1370 ± 330		22 ± 7	8,2 ± 2,0	0.57 ± 0.11
Rakennuskivi	pihakivi	1270 ± 130		30 ± 6	48 ± 6	0.76 ± 0.06
Rakennuslevy	sisäverhouslevy	9,2 ± 2,6		7,0 ± 5	1,1 ± 0,4	0.03 ± 0.01
Sementti		240 ± 19		16 ± 5	11,0 ± 1,3	0.19 ± 0.02
Sementti		232 ± 19		25 ± 10	18,0 ± 1,8	0.25 ± 0.04
Sementti		254 ± 25		37 ± 13	28,0 ± 2,8	0.35 ± 0.04
Sementti		250 ± 25		43 ± 23	47 ± 5	0.46 ± 0.08
Sementti		113 ± 11	0,46 ± 0,16	48 ± 16	12,0 ± 1,5	0.26 ± 0.05
Sementti		112 ± 9		60 ± 11	40 ± 3	0.43 ± 0.04
Sementti		115 ± 9	0,38 ± 0,14	51 ± 14	19,0 ± 1,9	0.30 ± 0.05
Sementti		123 ± 12	0,49 ± 0,14	50 ± 16	12,0 ± 1,4	0.27 ± 0.05
Sementti		123 ± 10	0,33 ± 0,13	43 ± 12	13,0 ± 1,3	0.25 ± 0.04
Sementti		10 ± 2		11 ± 6	4,2 ± 0,7	0.06 ± 0.02
Sementti		487 ± 49		71 ± 16	25,0 ± 2,5	0.53 ± 0.06
Tasoite	lattiatasoite	349 ± 28		25 ± 7	25 ± 2	0.33 ± 0.03
Tasoite	seinätasoite	60 ± 6		4,3 ± 2,0	2,8 ± 0,3	0.05 ± 0.01
Tiili	julkisivu	801 ± 160		68 ± 23	70 ± 14	0.85 ± 0.12
Tiili	julkisivu	1150 ± 230		57 ± 25	75 ± 15	0.95 ± 0.14
Tiili	kalkkihiekka	703 ± 70	0,50 ± 0,14	21 ± 8	16,0 ± 1,9	0.38 ± 0.04
Tiili	kalkkihiekka	453 ± 91		25 ± 8	18,0 ± 3,7	0.33 ± 0.04

Taulukko L2. ^{40}K :n, ^{226}Ra :n ja ^{232}Th :n aktiivisuuspitoisuus maahantuoduissa rakennusmateriaaleissa ja niistä lasketut aktiivisuusindeksit I_1 .

Materiaali		^{40}K Bq/kg	^{226}Ra Bq/kg	^{232}Th Bq/kg	Aktiivisuus- indeksi I_1
Betonin seosaine	piioksidi	285 ± 29	31 ± 5	$7,7 \pm 1,2$	$0,24 \pm 0,02$
Kipsi	luonnonkipsi	$5,2 \pm 2,8$	$10,0 \pm 3,2$	$< 0,8$	$0,04 \pm 0,01$
Kipsi	teollisuuskipsi	< 4	$6,0 \pm 3,6$	$< 0,7$	$0,02 \pm 0,01$
Kipsilevy		$9,8 \pm 3,1$	$5,5 \pm 1,8$	$< 0,5$	$0,02 \pm 0,01$
Masuunihiekka		127 ± 13	120 ± 27	210 ± 21	$1,51 \pm 0,14$
Rakennuskivi		$11,5 \pm 2,8$	$2,6 \pm 0,8$	$1,0 \pm 0,3$	$0,017 \pm 0,003$
Rakennuskivi	pihakivi	1270 ± 130	30 ± 6	48 ± 6	$0,76 \pm 0,06$
Rakennuslevy	palosuojalevy	$6,7 \pm 2,7$	$14,0 \pm 4,4$	$< 0,7$	$0,05 \pm 0,02$
Rakennuslevy	tuulensuojalevy	45 ± 9	$7,2 \pm 6,5$	$0,9 \pm 0,5$	$0,04 \pm 0,02$
Rakennuslevy	märkätilalevy	38 ± 6	$11,0 \pm 2,8$	$< 0,8$	$0,05 \pm 0,01$
Rakennuslevy	kuituvahvistelevy	69 ± 8	$7,0 \pm 2,8$	$2,0 \pm 0,6$	$0,06 \pm 0,01$
Rakennuslevy	sisäverhouslevy	$9,2 \pm 2,6$	$7,0 \pm 3,5$	$1,1 \pm 0,4$	$0,03 \pm 0,01$
Sementti		278 ± 28	31 ± 12	$16,0 \pm 1,9$	$0,27 \pm 0,04$
Sementti		$10,0 \pm 2,0$	11 ± 6	$4,2 \pm 0,7$	$0,06 \pm 0,02$
Sementti		490 ± 50	71 ± 16	$25,0 \pm 2,5$	$0,53 \pm 0,06$
Sisustuslaatta		500 ± 50	53 ± 17	42 ± 4	$0,55 \pm 0,06$
Tiili	julkisivu	430 ± 30	27 ± 13	31 ± 3	$0,39 \pm 0,05$
Tiili	julkisivu	650 ± 120	47 ± 20	59 ± 8	$0,67 \pm 0,09$