

Radon suomalaisissa asunnoissa

Otantatutkimus 2006

I. Mäkeläinen, T. Kinnunen, H. Reisbacka, T. Valmari, H. Arvela

Radon suomalaisissa asunnoissa

Otantatutkimus 2006

I. Mäkeläinen, T. Kinnunen, H. Reisbacka, T. Valmari, H. Arvela

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 978-952-478-506-8 (nid.)

ISBN 978-952-478-507-5 (pdf)

ISSN 0781-1705

Edita Prima Oy, Helsinki 2009

Myynti:

STUK – Säteilyturvakeskus

PL 14, 00881 Helsinki

Puh. (09) 759 881

Faksi (09) 759 88500

MÄKELÄINEN Ilona, KINNUNEN Topi, REISBACKA Heikki, VALMARI Tuomas, ARVELA Hannu. Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. STUK-A242. Helsinki 2009, 45 s. + liitteet 23 s.

Avainsanat: radon, sisäilma, asunnot, otantatutkimus

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin radonpitoisuus 2 882 väestörekisteristä satunnaisesti poimitusta asunnosta. Radonmittaukset tehtiin kahdessa puolen vuoden jaksossa, joista ensimmäinen kesti huhtikuusta marraskuuhun 2006 ja toinen marraskuusta 2006 huhtikuuhun 2007. Mittaukset tehtiin STUKin radonmittauspurkeilla.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 944/92 mukaan radonpitoisuuden ei tulisi ylittää arvoa 400 Bq/m^3 , ja uudet asunnot tulisi rakentaa siten, ettei ylitetä arvoa 200 Bq/m^3 . Myös Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto) antaa rakennusten suunnittelun ohjearvoksi 200 Bq/m^3 . Vuodesta 2004 alkaen on koko maassa vaadittu määräyksen B3 (Pohjarakenteet) perusteella radonin huomioimista kaikessa uudisrakentamisessa. Rakennuslupahakemukseen tulisi liittyä radontekninen suunnitelma. Suunnittelu voidaan jättää tekemättä vain poikkeustapauksissa alueilla, joilla 200 Bq/m^3 ylityksiä esiintyy vain harvoin.

Tässä tutkimuksessa pien- ja kerrostaloasukkaiden valtakunnalliset maakuntien väestömäärillä painotetut keskiarvot olivat 121 Bq/m^3 ja 49 Bq/m^3 , ja koko maan asukaskohtainen keskiarvo 96 Bq/m^3 . Pien- ja kerrostaloasunnoissa enimmäisarvon 200 Bq/m^3 ylitysten osuudet olivat 15,1 % ja 1,5 % ja kaikista asunnoista 10,4 % ylittää 200 Bq/m^3 . Vastaavat pien- ja kerrostaloasuntojen lukumäärät olivat 204 000 ja 16 000. Enimmäisarvon 400 Bq/m^3 ylitysten osuudet olivat pien- ja kerrostaloasunnoissa 3,8 % ja 0,7 %, ja kaikissa asunnoissa 2,7 %. Vastaavat pien- ja kerrostaloasuntojen lukumäärät olivat 51 000 ja 8 000.

Suurimmat radonpitoisuudet ovat Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella, johon kuuluvat maakunnat Itä-Uusimaa, Kymenlaakso, Päijät-Häme, Kanta-Häme, Pirkanmaa ja Etelä-Karjala. Näissä maakunnissa 29–51 % pientaloista ylittää 200 Bq/m^3 .

Ryömintätilaisella perustuksella saavutetaan alimmat radonpitoisuudet. Radonpitoisuudet ovat korkeita maanvaraisella laatalla varustetuissa taloissa. Lisäksi rinne- tai kellariratkaisu, jossa alimman kerroksen ja asunnon välillä

on avoin portaikko, vielä kasvattaa pitoisuuksia. Tähän on syynä maanvastaiset rakenteet, joiden läpi radonpitoinen ilma pääsee virtaamaan maaperästä sisätiloihin. Rakennuspohja vaikutti myös radonpitoisuuteen: Sora- ja hiekka- muodostumilla ja louhitulla kalliolla pitoisuudet olivat suurempia kuin muilla rakennuspohjilla. Korkeita pitoisuuksia on myös tiiviimmillä maalajeilla. Kevytsoraharkon käyttö kasvattaa vuotoja maaperästä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on radonin kannalta edullisempi kuin painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto.

Uusien asuntojen radonpitoisuudet ovat 1960-luvulla alkaneen nousun jälkeen kääntyneet laskuun 2000-luvulla valmistuneissa asunnoissa. Laskuun on vaikuttanut ryömintätillaisen perustuksen ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon yleistyminen. Myös radonin torjuntatoimet uudisrakentamisen yhteydessä ovat lisääntyneet. Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella radonputkisto on asennettu noin 64 %:iin vuoden 1995 jälkeen valmistuneista asunnoista, ja koko maassa vastaava luku on 24 %. Perustusrakenteiden tiivistäminen, joka on tärkeä osa radontorjuntaa, ei kuitenkaan ole yleistynyt toivotulla tavalla. Uudisrakentamisen radontorjunnan onnistumisella on ratkaiseva merkitys tavoiteltaessa alhaista asuntokannan radonpitoisuutta.

MÄKELÄINEN Ilona, KINNUNEN Topi, REISBACKA Heikki, VALMARI Tuomas, ARVELA Hannu. Radon i finländska bostäder – Urvalsundersökning 2006. STUK-A242. Helsingfors 2009, 45 s. + bilagor 23 s.

Nyckelord: radon, inomhusluft, bostäder, kartläggning

Sammanfattning

I undersökningen tog man reda på radonhalten i 2 882 bostäder som valts slumpmässigt ur befolkningsregistret. Radonmätningarna utfördes under två halvårsperioder. Den första av dem räckte från april till november 2006 och den andra från november till april 2007. Mätningarna gjordes med STUK:s radonmätningsburkar.

Enligt social- och hälsovårdsministeriets förordning 944/92 borde radonhalten inte överskrida värdet 400 Bq/m³, och nya bostäder borde byggas så att värdet 200 Bq/m³ inte överskrids. Också i del D2 (Byggnaders inomhusklimat och ventilation) i Finlands byggbestämmelsesamling ges riktvärdet 200 Bq/m³ för planeringen av nya byggnader. Från och med år 2004 kräver man i hela landet utgående från bestämmelse B3 (Geokonstruktioner) att radon tas i beaktande i allt nybygge. Man bör bifoga en radonteknisk plan till bygglovsansökan. Planeringen kan i undantagsfall lämnas ogjord endast på områden där värdet 200 Bq/m³ överskrids väldigt sällan.

I den här undersökningen var medelvärdena för små- och höghusinvånare, viktade med landskapens invånarantal, 121 Bq/m³ respektive 49 Bq/m³, och hela landets medeltal per invånare var 96 Bq/m³. Andelen småhus- och höghuslägenheter där maximivärdet 200 Bq/m³ överskreds var 15,1 % respektive 1,5 % och i 10,4 % av alla bostäder överskreds värdet 200 Bq/m³. Motsvarande antal små- och höghuslägenheter var 204 000 och 16 000. Andelen små- och höghuslägenheter där maximivärdet 400 Bq/m³ överskreds var 3,8 % och 0,7 % och bland alla bostäder 2,7 %. Motsvarande antal små- och höghuslägenheter var 51 000 och 8 000.

De högsta radonhalterna finns i Tavastland och Sydöstra Finland, vartill hör landskapen Östra Nyland, Kymmenedalen, Päijänne-Tavastland, Egentliga Tavastland, Birkaland och Södra Karelen. I dessa landskap överskrids 200 Bq/m³ i 29–51 % av småhusen.

Man uppnår de lägsta radonhalterna med en husgrund försedd med kryputrymme. Halterna är höga i hus med grundplatta på mark. Också sluttnings- eller källarlösningar där det mellan bottenvåningen och bostaden finns

en öppen trappgång ökar radonhalten. Orsaken till detta är konstruktioner som är i kontakt med marken, där radonhaltig luft kommer åt att strömma in i huset från jordmånen. Byggnadsgrunden påverkade också radonhalten: på grus- och sandformationer samt vid sprängt berg var halterna högre än vid andra byggnadsgrunder. Höga halter finns också vid tätare jordarter. Användningen av lättklinker ökar läckaget från jordmånen. Med avseende på radon är maskinell till- och frånluftsventilation fördelaktigare än gravitationsbaserad eller maskinell frånluftsventilation.

Radonhalterna i nya bostäder, som började stiga på 1960-talet, har nu börjat sjunka i bostäder som blivit färdiga på 2000-talet. Sänkningen har påverkats av att husgrunder med kryputrymme samt maskinell till- och frånluftsventilation blivit allt vanligare. Också radonbekämpningsåtgärder vid nybygge har ökat. I Tavastland och Sydöstra Finland har man installerat radonrörssystem i ca 64 % av bostäderna som blivit klara efter år 1995. I hela landet är mot svarande tal 24 %. Tätning av grundkonstruktionerna, som är en viktig del av radonbekämpningen, har däremot inte ännu blivit så allmänt som man hoppats på. Det är avgörande att radonbekämpningen vid nybygge lyckas då man eftersträvar låga radonhalter i hela bebyggelsen.

MÄKELÄINEN Ilona, KINNUNEN Topi, REISBACKA Heikki, VALMARI Tuomas, ARVELA Hannu. Radon in Finnish dwellings – Sample survey 2006. STUK-A242. Helsinki 2009. 45 pp + Appendices 23 pp.

Keywords: radon, indoor air, dwellings, sample survey

Abstract

Indoor radon concentration was measured in 2 882 dwellings randomly selected by the Population Register Centre of Finland. Radon measurements were made in two half-year periods, the first one lasting from April to November 2006 and the second one from November 2006 to April 2007. Measurements were made using STUK's alpha track detectors.

According to the decree 944/92 by the Ministry of Social Affairs and Health, the indoor radon concentration should not exceed the 400 Bq/m³, whereas new buildings should be built so that 200 Bq/m³ is not exceeded. In addition, the part D2 of the National Building Code of Finland (Indoor climate and ventilation of buildings) sets 200 Bq/m³ as a reference value for planning of new buildings. Since 2004, according to the regulation B3 (Foundations), radon should be taken into account in new building in the whole country. A radon technical plan should be included into the building licence application. This plan can be exceptionally ignored only when building in areas where exceeding of 200 Bq/m³ seldom occurs.

In this study the nationwide means weighted by number of inhabitants in provinces in houses and flats were 121 Bq/m³ and 49 Bq/m³, and 96 Bq/m³ for all dwellings. The percentages of dwellings exceeding 200 Bq/m³ for houses and flats were 15.1% and 1.5%, and 10.4% for all dwellings. The respective values for the reference value 400 Bq/m³ were 3.8%, 0.7%, and 2.7%. The numbers of dwellings exceeding 200 Bq/m³ were 204 000 for houses and 16 000 for flats, respectively. The respective numbers of dwellings exceeding 400 Bq/m³ were 51 000 and 8 000.

The highest radon concentrations were measured in the areas of Tavastia and South-Eastern Finland, in the provinces Eastern Uusimaa, Kymenlaakso, Päijänne Tavastia, Tavastia Proper, Pirkanmaa and South Karelia. In these provinces 29–51 per cent of small houses exceed 200 Bq/m³.

The lowest radon concentrations were achieved with a crawl space foundation. Radon concentrations are high in houses using a slab-on-ground foundation. In addition, foundation solution in hillside houses or houses that

have a basement with open staircase between the lowest floor and the rest of the dwelling still increases radon concentrations. This is caused by the ground contact constructions that allow radon-bearing air to flow through them into the living spaces. Also the soil at the building site affects radon concentration. Radon concentrations were higher in houses built on gravel and sand formations and quarried rock than other soil types. High concentrations were found also on tighter soil types. The use of light-weight concrete blocks increases radon leaks from the soil. Radon concentrations were lower in houses with mechanical supply and exhaust ventilation than in houses with natural or mechanical exhaust ventilation.

After the rise in radon concentrations in new houses that started in sixties, concentrations have started to drop in houses built in 2000 and later. This is due to the crawl space foundation and mechanical supply and exhaust ventilation becoming more common. In addition, the use of radon prevention techniques in new building has increased. In the areas of Tavastia and South-Eastern Finland radon piping has been installed in 64 per cent of houses built after 1995, the percentage being 24 in the whole country. The sealing of foundation constructions, which is important for radon prevention, has not become as common as was hoped for. The success of radon prevention in new building is crucial when aiming for low radon concentrations in the building stock.

Sisällys

TIIVISTELMÄ	3
SAMMANFATTNING	5
ABSTRACT	7
1 JOHDANTO	11
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	13
2.1 Valtakunnallisen otannan toteutus	13
2.2 Mittausmenetelmä	13
2.3 Aineiston luokittelu	14
3 TULOKSET	16
3.1 Osallistuminen tutkimukseen	16
3.2 Tietoa suomalaisista asunnoista	16
3.3 Radonpitoisuuden vuosikeskiarvo	18
3.4 Rakennustekniikan vaikutus radonpitoisuuteen	21
3.4.1 Valmistumisvuoden vaikutus radonpitoisuuteen	21
3.4.2 Kerrostalojen radonpitoisuus	22
3.4.3 Pientalotyypin vaikutus radonpitoisuuteen	23
3.4.4 Matalaperustainen pientalo ja radon	27
3.5 Ilmanvaihtotapa ja radon	28
3.6 Radontorjunta uudisrakentamisessa	30
3.7 Radonkorjaukset	31
3.8 Porakaivovesi ja sisäilman radonpitoisuus	32
3.9 Perustamispaikan maalaji ja uraanipitoisuus	33
3.10 Radonpitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu	35
3.11 Radonpitoisuuden enimmäisarvojen ylitykset Suomen asuntokannassa	38
4 VUODEN 1991 JA 2006 OTANTATUTKIMUSTEN VERTAILUA	40
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	42
6 KIRJALLISUUSVIITTEET	44

LIITE 1	TIEDONKERUULOMAKE (SUOMEKSI JA RUOTSIKSI)	47
LIITE 2	SAATEKIRJE (SUOMEKSI JA RUOTSIKSI)	51
LIITE 3	TAULUKOT	53
LIITE 4	TILASTOT	57

1 Johdanto

Sisäilman radonille altistuminen lisää keuhkosityövän riskiä asuinympäristössä (Darby ym. 2005). Suomessa tämä merkitsee noin 300 radonin aiheuttamaa keuhkosityöpätausta vuodessa. Radonpitoisuutta voidaan pienentää tunnistamalla ja korjaamalla asunnot, joissa enimmäisarvo ylitetään, ja rakentamalla uudet asunnot radonturvallisesti. Tupakoinnin vähentäminen on paras keino taistelussa keuhkosityöpää vastaan, mutta sen lisäksi asunnoissa tehtävä radontorjunta on kestävä keino keuhkosityöpätausten määrän pienentämiseksi. Tämä koskee sekä tupakoivaa että tupakoimatonta väestöä. Pitkällä aikavälillä radonpitoisuuden valtakunnallisen keskiarvon aleneminen johtaa keuhkosityöpätausten määrän vähenemiseen.

Radonia koskevat viranomaismääräykset ja ohjeet ovat Suomessa sekä terveydensuojelun että rakentamismääräysten osalta maailmanlaajuisesti katsoen hyvällä tasolla. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 944/92 mukaisesti huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää arvoa 400 Bq/m³. Sen lisäksi uudet asunnot tulee rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa 200 Bq/m³ (Sosiaali- ja terveysministeriö 1992). Aikaisempi, vuonna 1986 vanhoille asunnoille annettu ohjearvo oli 800 Bq/m³ (Lääkintöhallituksen ohjekirje nro 2/1986).

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto (Ympäristöministeriö 2003) antaa uudisrakentamisessa sisäilman radonpitoisuudelle enimmäisarvon 200 Bq/m³. Vuonna 2004 tuli voimaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osa B3, Pohjarakenteet (Ympäristöministeriö 2004), jonka määräysten mukaan rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa. Sen ohjeiden mukaisesti radontekninen suunnittelu voidaan jättää tekemättä vain, jos paikkakuntakohtaiset radontutkimukset selkeästi osoittavat, että radonpitoisuus asunnoissa alittaa enimmäisarvon säännönmukaisesti.

Säteilyturvakeskus (STUK) suoritti ensimmäisen väestöpohjaiseen satunnaisotantaan perustuvan valtakunnallisen asuntojen sisäilman radontutkimuksen vuonna 1991 (Arvela ym. 1993). Siinä arvioitiin radonpitoisuuden asukaskohtaiseksi keskiarvoksi pientaloissa ja kerrostaloissa 145 ja 82 Bq/m³, ja kaikissa asunnoissa 123 Bq/m³. Arvon 200 Bq/m³ ylitysten osuudeksi saatiin pientaloissa 17,9 % ja kerrostaloissa 1,6 %, kaikissa asunnoissa yhteensä 12,3 %. Arvon 400 Bq/m³ ylitysten osuudeksi saatiin pientaloissa 5,0 %, kerrostaloissa 0,8 % ja kaikissa asunnoissa yhteensä 3,6 %. Enimmäisarvon 200 Bq/m³ arvioitiin ylittyvän noin 200 000 asunnossa. Enimmäisarvon 400 Bq/m³ ylittävien asuntojen määräksi arvioitiin otantatulosten perusteella 66 000, joista 59 000 oli pientaloasuntoja ja 7 000 kerrostaloasuntoja (Arvela ja Castrén

1994). Tutkimuksen valmistumisen jälkeen tieto radonista on lisääntynyt sekä viranomaisten, talonrakennusteollisuuden että suuren yleisön keskuudessa. Vuonna 1992 annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen jälkeen ministeriö on julkaissut radontietoa oppaissaan Sisäilmaohje (Sosiaali- ja terveysministeriö 1997), Asumisterveysohje (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003) ja Asumisterveysopas (Sosiaali- ja terveysministeriö 2005, 2008). Ohjeet radonturvallisen rakentamisen toteuttamiseen on julkaistu RT-ohjekorttina (Rakennustieto Oy 2003).

Säteilyturvakeskuksessa haluttiin selvittää, ovatko lisääntynyt tieto ja tiukentuneet viranomaismääräykset vaikuttaneet valtakunnalliseen radon-tilanteeseen. Vertauskohtana toimii vuoden 1991 otantatutkimus. Nyt raportoitava tutkimus toteutettiin vuosina 2006–2007. Lisäksi tavoitteena oli saada ajankohtainen arvio suomalaisten asuntojen huoneilman radonpitoisuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Valtakunnallisen otannan toteutus

Tutkimus suoritettiin pääpiirteittäin samaan tapaan kuin vuosina 1990–1991 toteutettu vastaava tutkimus. Mittaukset tehtiin käyttäen STUKin radonmittauspurkkeja. Tutkimus toteutettiin kahdella peräkkäisellä mittauksella, joista ensimmäinen ajoittui ajalle huhtikuu – marraskuu 2006 ja toinen ajalle marraskuu 2006 – huhtikuu 2007. Asunnoista kerättiin tietoja tiedonkeruulomakkeella, jonka asukkaat itse täyttivät (liite 1).

Tutkittavat asunnot valittiin käyttäen yksinkertaista satunnaisotantaa. Otokseen valittiin 6 000 Suomessa asuvaa Suomen kansalaista, jolloin tietyn asunnon todennäköisyys osua otantaan oli verrannollinen kyseisessä asunnossa asuvien henkilöiden lukumäärään. Poiminnan suoritti Väestörekisterikeskus. Jos poimintaan osui alaikäinen henkilö, yhteyshenkilöksi valittiin hänen huoltajansa. Liitteen 3 taulukossa I on esitetty maakunnittain asukkaiden ja otantaan valittujen henkilöiden lukumäärät pientalo- ja kerrostaloasunnoissa sekä muissa asunnoissa.

Otokseen valituille lähetettiin radonista kertova esite ja kutsu osallistua tutkimukseen (liite 2). Heille annettiin myös mahdollisuus kysyä radonista tai tutkimuksesta puhelimitse tai sähköpostitse. Kutsu osallistua tutkimukseen oli henkilökohtainen. Jos henkilö ilmoitti haluavansa osallistua, mutta oli muuttamassa lähiaikoina, hänellä oli mahdollisuus siihen, jos hän ilmoitti uuden osoitteensa. Myönteisen vastauksen antaneille lähetettiin radonmittauspurkki käyttöohjeineen, edellä mainittu asuntoa koskeva tiedonkeruulomake ja STUKin ”Sisäilman radon” -katsaus (Säteilyturvakeskus 2005). Lomake pyydettiin palauttamaan STUKiin täytettynä heti mittauksen alettua. Marraskuussa 2006 osallistujille lähetettiin toinen radonmittauspurkki sekä ohjeet ja valmiiksi maksettu kirjekuori ensimmäisen purkin palauttamista varten. Huhtikuussa 2007 asukkaita pyydettiin palauttamaan jälkimmäinen purkki samanlaisessa kuoressa STUKiin.

2.2 Mittausmenetelmä

Säteilyturvakeskuksen Tutkimus ja ympäristönvalvonta on standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaan FINASin akkreditoima testauslaboratorio T167, ja sen yhtenä pätevyysalueena on radonin pitoisuus sisäilmassa.

Mittausmenetelmänä on alfajälkimenetelmä. Siinä alfahiukkanen osuessaan filmiin heikentää filmimateriaalia ja jälki saadaan näkyväksi sähkökemiallisella syövytyksellä eli etsauksella. Filmimateriaali on 0,25 mm:n paksuista Bayerin Makrofol-polykarbonaattimuovia. Etsausliuksena käytetään

kaliumhydroksidin ja alkoholin seosta. Jännitekentän aikaansaamiseksi toisella puolella filmiä on suolaliuosta. Aluksi tehdään pelkkää kemiallista syövytystä, sitten sen rinnalle kytketään 720 V ja 2 kHz vaihtojännite, joka suurentaa jälkikokoa.

Radonmittauspurkit kalibroitiin STUKin radonkammiossa käyttäen vertailumittalaitteena jatkuvatoimista Alphaguard (Saphymo GmbH) -radonmonitoria. Vertailumittalaitteen kalibroinnit tehtiin Physikalisch-Technische Bundesanstaltissa (PTB) primääristandardia vasten Saksassa heinäkuussa 2006 ja helmikuussa 2009. Lisäksi tehtiin vertailumittaukset sekä vertailumittalaitteella että radonmittauspurkeilla Health Protection Agency'n kanssa Englannissa syyskuussa 2007.

Koska radonpurkit palautuvat postissa kirjekuurissa ja saattavat matkalla altistua radonille, lähetettiin tästä mahdollisesti aiheutuvan taustan selvittämiseksi viidelle paikkakunnalle eri puolilla Suomea 10 kpl testipurkkeja kuhunkin. Kaikki purkit palautuivat kahdessa päivässä STUKiin. Paikkakuntaryhmien taustajälkien keskiarvo oli $2 \pm 0,5$ jälkeä/cm², joka kuuden kuukauden mittauksessa vastaa vähemmän kuin 1 Bq/m³ pitoisuutta. Postikuljetus ei siis lisännyt taustan määrää.

2.3 Aineiston luokittelu

Tärkein asuntoja koskeva informaatiolähde oli asukkaiden täyttämä tiedonkeruulomake (liite 1). Tietoa saatiin myös kiinteistörekisteristä. Tärkein tällainen tieto oli rakennuksen käyttötarkoitus eli talotyyppi, jonka mukaan asunnot voitiin luokitella pientaloiksi (omakotitalot, paritalot ja rivitalot) sekä kerrostaloiksi. Myös asukkaiden lukumäärä kussakin asunnossa saatiin kiinteistörekisteristä. Väestörekisteristä saatiin tieto asunnon käyttötarkoituksesta tilastokeskuksen rakennusluokituksen mukaisesti. Tutkimuksessa pientaloiksi luokiteltiin ryhmät 11–22 eli yhden asunnon talot, kahden asunnon talot, muut erilliset pientalot, rivitalot ja ketjutalot. Kerrostaloiksi luokiteltiin luokat 32 ja 39 eli luhtitalot ja varsinaiset kerrostalot. Kaikki muut asunnot luokiteltiin luokkaan muut (esim. asunnot liike- ja koulurakennuksissa).

Pääsääntöisesti luotettiin asukkaan ilmoitukseen talotyyppistä. Asukkaat pystyivät tunnistamaan useimmat kiinteistörekisterin ”muut”-luokan asunnoista omakoti-, pari- tai kerrostaloiksi. Joskus talolomakkeen ja kiinteistörekisterin antamat tiedot olivat ristiriidassa keskenään (42 kpl). Silloin käytettiin talolomakkeen tietoa, mikäli se näytti muuten johdonmukaiselta. Noin puolessa tapauksissa syynä oli tällöin muutto toiseen asuntoon ennen tutkimuksen aloittamista. Aineistosta jätettiin pois 16 vapaa-ajan asuntoa, koska ei ollut varmuutta siitä, oliko niitä käytetty vakituksena asuntona.

Asukkaiden täyttämässä lomakkeissa on luonnollisesti jonkin verran puutteellisuuksia ja virheitä. Näitä pyrittiin selvittämään ilmeisissä tapauksissa. Erityisesti pyrittiin tarkistamaan perustamistapaa ja pientalotyyppiä koskevat kohdat. Virheitä on todennäköisesti eniten tietyissä vaativissa kysymyksissä.

Rakennuspaikan maalajitieto on poimittu Geologian tutkimuskeskuksen tätä tutkimusta varten käyttöömme luovuttamista 1:20 000 -mittakaavaisista digitaalisista maaperäkartoista (Aineistohaku – Maaperä 1:20 000. www.gtk.fi/aineistohaku/).

3 Tulokset

3.1 Osallistuminen tutkimukseen

Tutkimukseen kutsutuista 48 %:n kohdalla tutkimus päättyi hyväksytyyn radonmittaustulokseen (taulukko 1). Heiltä saatiin kattava radonpitoisuustieto ja riittävät tiedot mittauksen kestosta lomakkeelta. Vaatimuksena oli, että kahden mittauksen yhteenlaskettu kesto oli välillä 365 ± 30 päivää.

Suurin osa poisjääneistä, 36 % alkuperäisestä perusjoukosta, ei ottanut minkäänlaista yhteyttä. Näin toimi 30 % pientaloasukkaista ja 48 % kerrostaloasukkaista. Tulos oli odotettu, koska monet suomalaiset ovat jo tietoisia siitä, että radon on suuremmassa määrin pientalojen kuin kerrostalojen ongelma. Ryhmässä, jossa radonmittaustulosta tai lomaketietoja ei saatu, asukkaat mm. muuttivat toiseen asuntoon kesken mittauskauden, sairastuivat tai purkki joutui kadoksiin.

Alkuperäiseen otanta-aineistoon valittujen henkilöiden ja asuntojen lukumäärät maakunnittain on esitetty liitteen 3 taulukossa I. Osallistumisaktiivisuudessa oli alueellisia eroja (liite 3, taulukko II). Huonoiten (36, 44 ja 44 %) osallistuttiin Keski-Pohjanmaan, Pohjois-Karjalan ja Pohjanmaan maakunnissa, ja parhaiten (59, 58 ja 57 %) Itä-Uudellamaalla, Etelä-Karjalassa ja Kymenlaaksossa. Suurin osallistumisaktiivisuus oli yleisesti ottaen maakunnissa, joissa oli suurimmat radonpitoisuudet (Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso), ja pienin niissä, joissa oli pienimmät pitoisuudet (Pohjanmaa ja Keski-Pohjanmaa) (liite 3, taulukot III ja IV).

3.2 Tietoa suomalaisista asunnoista

Tiedonkeruulomake kertoo suomalaisten pien- ja kerrostaloasuntojen tyypillisistä piirteistä. Lomakkeen täyttämistä on tietoa liitteessä 4. Tärkeimpiä kysyttäviä asioita ovat talotyyppi (omakoti-, rivi- tai paritalo, kerrostalo) ja talon perustamistyyppi (matalaperusteinen eli kellariton, talossa kellari tai osakellari, rinnetalo). Yhteenveto tyypillisen suomalaisen asunnon ominaisuuksista tässä ja edellisessä otantatutkimuksessa on esitetty taulukossa 2. Verrattuna vuoden 1991 otantatutkimukseen (Arvela ym. 1993) on joitakin muutoksia, mm. asunnot ovat tässä tutkimuksessa pinta-alaltaan hiukan suurempia. Asunnot ovat myös vanhempia kuin vuonna 1991.

Taulukko 1. Tutkimuksen alkuperäiseen aineistoon valittujen, siitä poistuneiden ja lopulliseen aineistoon hyväksytyjen henkilöiden lukumäärät talotyyppiin mukaan. Alkuperäisen aineiston talotyyppi perustuu kiinteistörekisterin tietoihin. Lopullisessa aineistossa talotyyppi on otettu asukkaan täyttämältä lomakkeelta.

Tutkimukseen kutsuttujen tilanne osallistumisen suhteen	Tutkimushenkilöiden lukumäärä				Prosenttia tutkimukseen kutsutuista talotyypeittäin			
	Pientalo-asukkaat	Kerros-talo-asukkaat	Muut*	Yhteensä	Pientalo-asukkaat	Kerros-talo-asukkaat	Muut*	Yhteensä
Alkuperäinen aineisto	3 915	1 943	142	6 000	100	100	100	100
Ei vastannut kutsukirjeeseen	1 174	938	68	2 180	30	48	48	36
Kieltäytyi osallistumasta	193	194	13	400	5	10	9	7
Suostui tutkimukseen, mutta ei saatu hyväksyttävää radonmittaustulosta tai lomaketietoja	281	212	45	538	7	11	32	9
Alkuperäisestä aineistosta poistuneet yhteensä	1 648	1 344	126	3 118	42	69	89	52
Lopullinen aineisto	2 267	599	–	2 866	58	31	–	48

* Asunnot muissa kuin asuinrakennuksissa

Taulukko 2. Suomalaisten pien- ja kerrostaloasuntojen tyypilliset ominaisuudet tiedonkeruulomakkeen mukaan. Suluissa vuoden 1991 otantatutkimuksen arvo, mikäli se poikkeaa tämän tutkimuksen tuloksesta.

Asunnon tai rakennuksen ominaisuus	Pientaloasunto	Kerrostaloasunto
Asukkaiden lukumäärä, keskiarvo	3,2	2,1 (2,2)
Asukkaat asuneet vuodesta: mediaani	1993 (1981)	2000 (1984)
Valmistumisvuosi, mediaani	1980 (1974)	1974 (1971)
Pinta-ala m ² , keskiarvo	129 (109)	68 (64)
Kerrosten lukumäärä, yleisin	1	4 (3)
Julkisivumateriaali, yleisin	Puu	Betoni
Kantavien rakenteiden materiaali, yleisin	Puu	Betoni
Lämmitystapa, yleisin	Vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys
Lämmönlähde, yleisin	Sähkö	Kaukolämpö
Ilmanvaihto, yleisin	Painovoimainen	Koneellinen poisto
Pientalotyyppi (perustamistapa), yleisin	Matalaperustainen eli kellariton	

3.3 Radonpitoisuuden vuosikeskiarvo

Radonpitoisuuden vuosikeskiarvo laskettiin kullekin asunnolle kahden mittausjakson mittausajoilla painotettuna keskiarvona. Koska osallistumisaktiivisuus vaihteli sekä talotyypeittäin että alueittain, laskettiin lopulliset tunnusluvut painottamalla asuntojen vuosikeskiarvot ja muut tunnusluvut kunkin maakunnan pien- ja kerrostaloasukkaiden lukumäärillä. Tiedot saatiin Tilastokeskuksen StatFin-tietokannasta (pxweb2.stat.fi/database/StatFin/databasetree_fi.asp). Painottaminen oli tarpeen sekä kaikkien asuntojen että pien- ja kerrostalojen osalta. Kaikkien asuntojen painottamaton keskiarvo oli 109 Bq/m³ ja painotettu 96 Bq/m³ (taulukko 3). Pientalojen osalta vastaavat luvut olivat 125 Bq/m³ ja 121 Bq/m³, ja kerrostalojen osalta 51 Bq/m³ ja 49 Bq/m³. Maakuntakohtaiset aritmeettiset keskiarvot sekä minimi- ja maksimipitoisuudet on esitetty liitteen 3 taulukossa III. Pientalojen radonpitoisuuden keskiarvot ja mediaanit on esitetty teemakarttoina kuvassa 1.

Radonitilanteen kannalta keskeinen tieto keskiarvon lisäksi on Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaisten enimmäisarvojen ylittävien asuntojen osuudet. Kaikista asunnoista 10,4 % ylittää arvon 200 Bq/m³. Maakuntakohtaiset arvot on esitetty liitteen 3 taulukossa IV. Suurimmat pientalojen 200 Bq/m³ ylitysosuudet olivat Itä-Uudenmaan (51 %), Kymenlaakson (48 %), Päijät-Hämeen (39 %) ja Pirkanmaan (31 %) maakunnissa (kuva 1). Pienimmät ylitysprosentit olivat Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan maakunnissa, joissa ei löytynyt yhtään 200 Bq/m³ ylittävää asuntoa. Suurimmat 400 Bq/m³ ylittävien prosentit olivat samoilla alueilla kuin 200 Bq/m³ ylittävien. Pientalojen 800 Bq/m³ ylityksiä esiintyi kahdeksassa maakunnassa, suhteellisesti eniten Itä-Uudellamaalla, missä osuus oli 8 % (4 asuntoa). Taulukossa 4 on verrattu Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella sijaitsevia kuutta suuren radonpitoisuuden maakuntaa muuhun Suomeen. Kyseisissä kuudessa maakunnassa asuu noin neljännes koko maan pientaloasukkaista.

Suurimat yksittäiset radonpitoisuuden vuosikeskiarvot, 2 269 Bq/m³ ja 2 227 Bq/m³, mitattiin Itä-Uudellamaalla kellarittomissa omakotitaloissa. Toisessa näistä taloista porakaivoveden käyttö on saattanut lisätä radonpitoisuutta. Kolmas 2 000 Bq/m³ ylittävä radonvuosikeskiarvo löytyi Kainuusta, niin ikään omakotitalosta. Suurin kerrostalossa mitattu vuosikeskiarvo (687 Bq/m³) mitattiin Päijät-Hämeessä, alimman kerroksen asunnossa, jonka lattialaatta on suoraan yhteydessä maaperään.

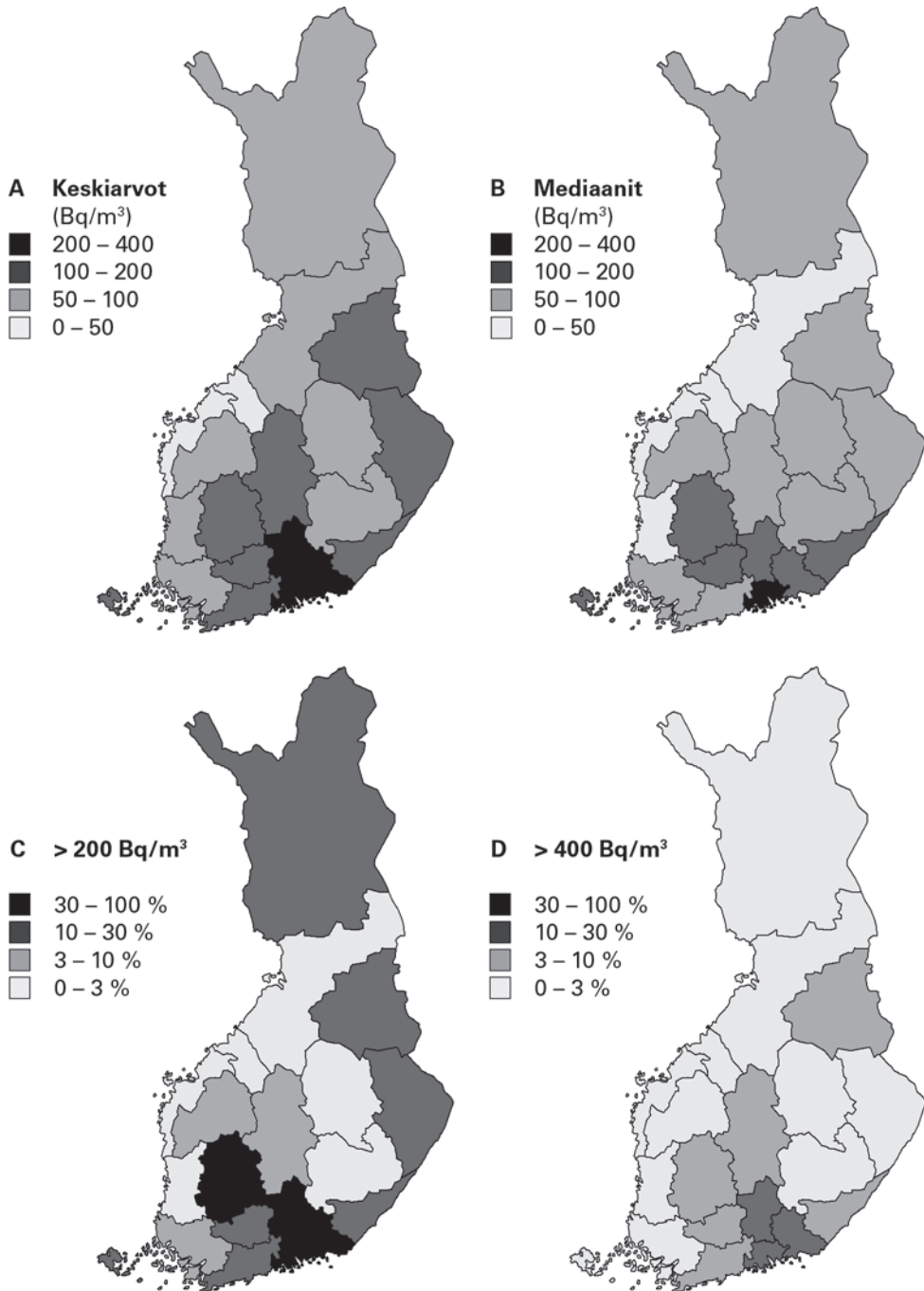
Taulukko 3. Asuntojen sisäilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvon tunnuslukuja. Painotetut luvut on painotettu maakuntien pien- ja kerrostaloasukkaiden lukumäärillä. Suluissa väestöpainotetun keskiarvon luottamusväli.

Radonpitoisuuden tunnusluku	Painotettu			Painottamaton		
	Pientalot	Kerrostalot	Kaikki yhteensä	Pientalot	Kerrostalot	Kaikki yhteensä
Mitattujen asuntojen lukumäärä	2 267	599	2 866	2 269	599	2 866
Aritmeettinen keskiarvo ja 95 % luottamusväli Bq/m ³	121 (115, 127)	49 (45, 52)	96 (92,100)	125	51	109
Geometrinen keskiarvo Bq/m ³ ja 95 % luottamusväli Bq/m ³	80 (77, 82)	38 (36, 40)	62 (60, 64)	82 (79, 85)	39 (37, 41)	70 (68, 72)
Geometrinen keskihajonta				2,44	1,92	2,45
Mediaani Bq/m ³	75	36	56	77	37	66
Minimi Bq/m ³	5	8	5	5	8	5
Maksimi Bq/m ³	2 269	687	2 269	2 269	687	2 269
200 Bq/m ³ ylittävien %-osuus	15,1	1,5	10,4	15,8	1,7	12,8
400 Bq/m ³ ylittävien %-osuus	3,8	0,7	2,7	4,0	0,8	3,4
800 Bq/m ³ ylittävien %-osuus	0,8	0,0	0,5	0,9	0,0	0,7

Taulukko 4. Painotetut keskiarvot ja 200 ja 400 Bq/m³ ylittävien asuntojen osuudet Hämeen ja Kaakkois-Suomen sekä muun Suomen alueella.

Alue	Keskiarvo Bq/m ³			200 Bq/m ³ ylittävien osuus %			400 Bq/m ³ ylittävien osuus %		
	Pientalot	Kerros-talot	Yhteensä	Pientalot	Kerros-talot	Yhteensä	Pientalot	Kerros-talot	Yhteensä
Häme ja Kaakkois-Suomi*	201	64	156	35,8	3,0	25,9	9,4	1,5	6,8
Muu Suomi	96	44	78	8,5	0,6	6,0	2,0	0,5	1,4
Koko maa	121	49	96	15,1	1,5	10,4	3,8	0,7	2,7

* Maakunnat Itä-Uusimaa, Kymenlaakso, Päijät-Häme, Pirkanmaa, Etelä-Karjala ja Kanta-Häme

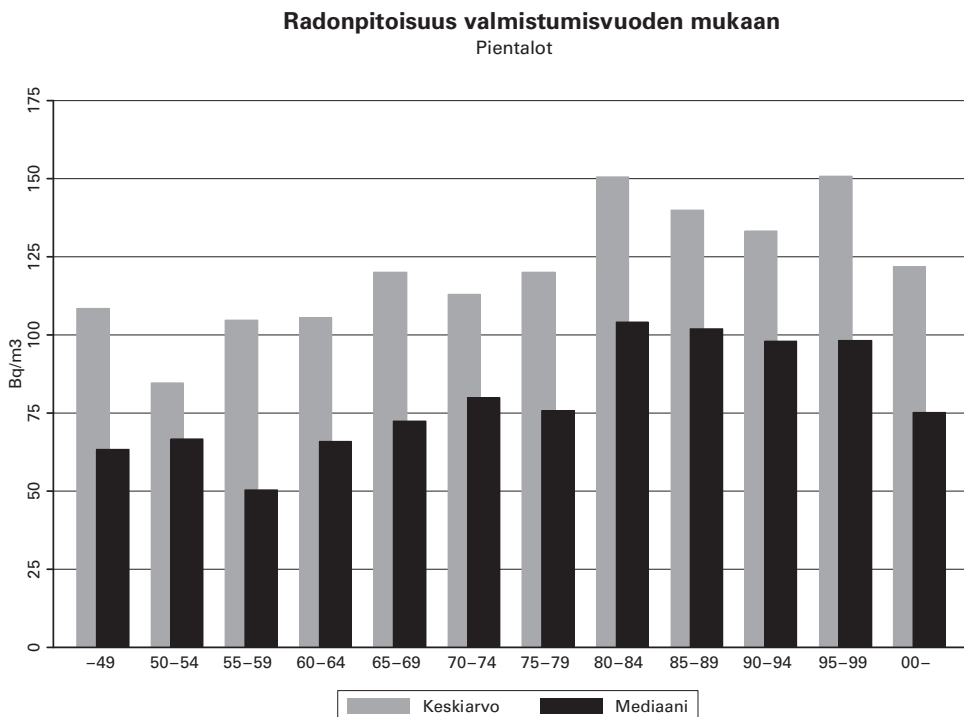


Kuva 1. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvo pientaloasunnoissa: keskiarvot (A), mediaanit (B), 200 Bq/m³ ylittävien (C) ja 400 Bq/m³ ylittävien (D) osuus kaikista pientaloista maakunnittain. Kartta-aineisto: Tilastokeskus.

3.4 Rakennustekniikan vaikutus radonpitoisuuteen

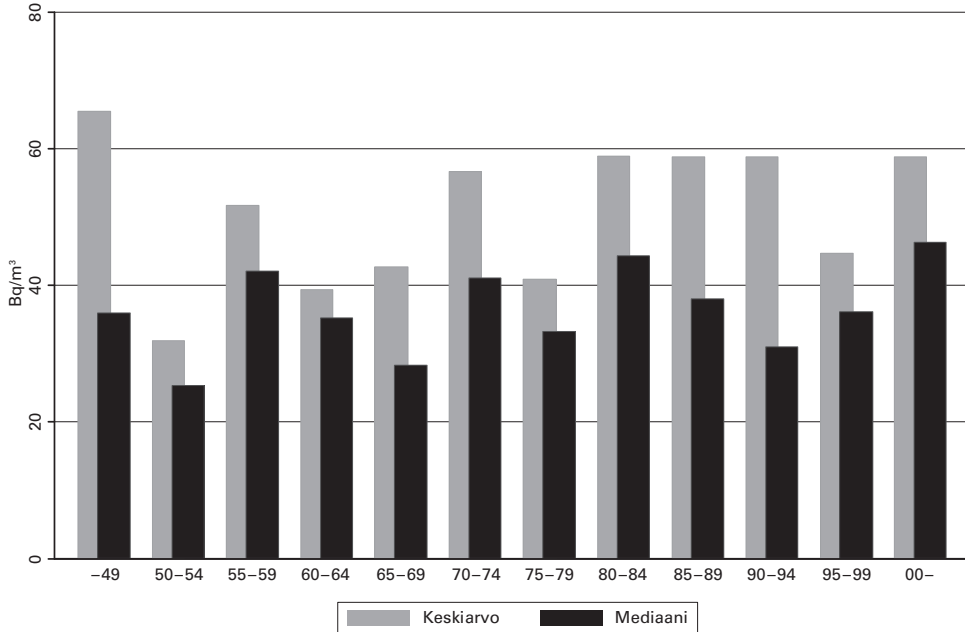
3.4.1 Valmistumisvuoden vaikutus radonpitoisuuteen

Pientalojen radonpitoisuudet olivat pienimmillään ennen 60-lukua valmistuneissa taloissa (kuva 2). 60- ja 70-luvuilla pitoisuudet lähtivät nousuun, ollen 80-luvun alkupuoliskolla jo kaksinkertaisia 50-luvuun jälkipuoliskoon verrattuna. Sen jälkeen pitoisuudet kääntyivät laskuun, ja 2000-luvulla valmistuneiden pientaloasuntojen sisäilman radonpitoisuus on samaa luokkaa kuin 60- ja 70-luvuilla. Muutokset johtuvat rakentamistavan muutoksista, joita käsitellään tarkemmin kappaleissa 3.4.3–3.8. Radonpitoisuuksien pienentyminen 2000-luvun asunnoissa havaittiin myös radontalkoissa vuosina 2003–2008 mitatuissa 14 000 asunnossa (Arvela ym. 2008). Kerrostalojen radonpitoisuudessa ei ole havaittavissa selvää riippuvuutta valmistumisvuodesta (kuva 3).



Kuva 2. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon keskiarvot ja mediaanit valmistumisvuoden mukaan pientaloissa.

Radonpitoisuus valmistumisvuoden mukaan Kerrostalot



Kuva 3. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon keskiarvot ja mediaanit valmistumisvuoden mukaan kerrostaloissa.

3.4.2 Kerrostalojen radonpitoisuus

Kerrostalojen yleisin kantavien rakenteiden materiaali on betoni, jonka osuus on 80–90 % niistä kerrostaloista, joista tutkimuksessa saatiin tietoa (liite 4). Lomakkeiden mukaan vain 1 % kerrostaloista on kantavilta rakenteiltaan puuta, ja loppujen materiaali on tiiltä tai kevytbetonia. Kiviainesta sisältävistä rakennusmateriaaleista erittyy aina jonkin verran radonia asuntoon.

Jos kerrostalon ensimmäisen kerroksen asunto on rakennettu suoraan maata vasten, se muistuttaa radonteknisesti pientaloasuntoa, jossa suurin osa radonista on peräisin talon alla olevasta maaperästä. Tämä näkyy myös tässä tutkimuksessa. Kun verrataan kerrostalojen maata vasten olevia (maakontaktiasuntoja) ja ylempien kerrosten asuntoja, havaitaan, että edellisten keskiarvo 122 Bq/m^3 on paljon suurempi kuin jälkimmäisten, 44 Bq/m^3 (taulukko 5).

Joissakin tapauksissa maaperän radonpitoinen ilma voi kulkeutua myös kerrostalon ylempiin kerroksiin. Aineistossa oli kaksi kerrostaloasuntoa, jotka eivät sijainneet maata vasten mutta joiden radonpitoisuudet olivat 424 Bq/m^3 ja 412 Bq/m^3 . Asunnot sijaitsivat 3. ja 1. asuinkerroksessa.

Ylempien kerrosten keskimääräistä radonpitoisuutta, noin 40 Bq/m³, voidaan hyvin perustein pitää myös rakennusmateriaalien aiheuttamana osuutena maakontaktiasuntojen radonpitoisuuteen. Rakennusmateriaaleista erittävän radonin määrän vaihtelu on huomattavasti vähäisempää kuin maaperästä virtaavan.

Tässä tutkimuksessa puolet ensimmäisen kerroksen asunnoista ja 9 % kaikista kerrostaloasunnoista oli maakontaktiasuntoja. Näiden asuntojen asukkaat ovat todennäköisesti osallistuneet tutkimukseen muita kerrostaloasukkaita aktiivisemmin. Jos oletetaan, että kerrostalojen maakontaktiasuntojen asukkaat ovat osallistuneet tutkimukseen yhtä aktiivisesti kuin pientaloasukkaat, saadaan näiden asuntojen osuudeksi 5 % kerrostaloasunnoista.

Taulukko 5. Radonpitoisuus kerrostalon maata vasten sijaitsevissa ja muissa asunnoissa (painottamattomat tunnusluvut).

Asunnon alla on	Keskiarvo Bq/m ³	Minimi Bq/m ³	Maksimi Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Asuntojen lukumäärä
Toinen asunto tai muita tiloja	44	8	424	36	523
Maata tai kalliota	122	16	687	79	49
Yhteensä	51	8	687	37	572

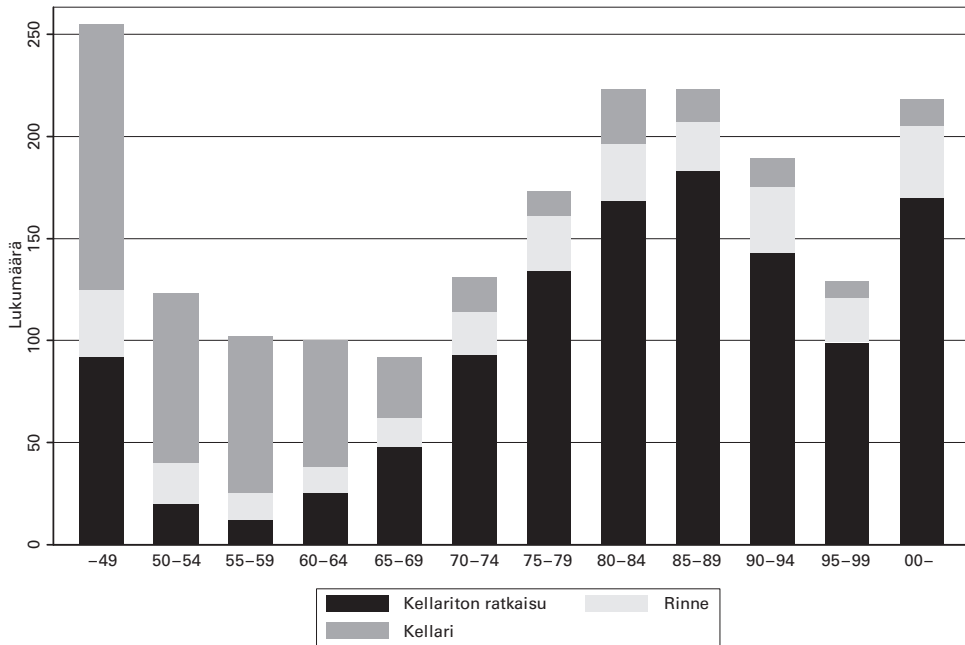
3.4.3 Pientalotyypin vaikutus radonpitoisuuteen

Pientalot jaettiin kolmeen perustamistapaa kuvaavaan tyyppiin sen mukaan, millaisia osittain tai kokonaan maanalaisia tiloja niihin liittyy. Jako kuvastaa radonin erilaisia vuotoreittejä näissä talotyypeissä. Talot, joissa alin kerros on osaksi tai kokonaan maanpintatason alapuolella, voidaan jakaa kellarillisin taloihin ja niin kutsuttuihin rinnetaloihin. Kolmas tyyppi on kellariton eli matalaperustainen ratkaisu. Asukas on valinnut omaa asuntoaan parhaiten kuvaavan pientalotyypin tiedonkeruulomakkeen 2. sivulta (liite 1).

Erityyppisten pientalojen lukumäärä ja osuus valmistuneista pientaloista on muuttunut vuosikymmenien myötä (kuva 4). 60-luvun alkupuolelle saakka yleisin perustamistapa oli kellari tai osakellari. Sen jälkeen matalaperustainen ratkaisu on yleistynyt. 80-luvun loppupuolelta alkaen rinnetalo on ollut yleisempi kuin perinteinen kellariratkaisu.

Sekä ennen 90-lukua ja sen jälkeen valmistuneissa taloissa suurimmat radonpitoisuudet esiintyvät rinnetaloissa (mediaanit 92 ja 156 Bq/m³, taulukko 6). Vanhemmista taloista pienimmät pitoisuudet löytyvät kellarillisista taloista (mediaani 66 Bq/m³). Uusien kellaritalojen pitoisuudet (152 Bq/m³) ovat lähes samaa luokkaa kuin rinnetalojen (156 Bq/m³). Matalaperustaisissa taloissa pitoisuudet ovat vanhoissa ja uusissa taloissa lähes samat (mediaanit 77 ja 78 Bq/m³).

Pientalotyyppien yleisyys valmistumisvuoden mukaan



Kuva 4. Pientalotyyppien lukumäärät tutkimusaineistossa valmistumisvuoden mukaan.

Taulukko 6. Pientalotyyppi ja radonpitoisuus.

Pientalo- tyyppi	Kaikki pientalot*			Ennen 1990-lukua valmistuneet			1990- ja 2000-luvulla valmistuneet		
	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³
Matala- perustainen ratkaisu	1 253	119	76	775	118	77	412	117	78
Osa alakerran seinistä maanvastaisia (rinnetalo)	288	156	102	193	143	92	89	191	156
Kellari tai osakellari	519	117	66	454	111	66	35	183	152
Tieto puuttuu	207	135	84	145	134	84	49	130	84
Yhteensä	2 267	125	77	1 567	121	75	585	133	87

* Mukana myös ne, joista puuttuu valmistumisvuosi

Rinne- ja kellaritalojen rakennus- ja käyttötapa ei ole samanlainen ennen vuotta 1990 ja sen jälkeen valmistuneissa taloissa. Alimman kerroksen käyttö asuintilana on yleisempää uudemmissa kuin vanhemmissa taloissa. Tila määriteltiin asuinkäytössä olevaksi, jos siellä oli makuuhuone, takkahuone tai työhuoneeksi kutsuttu huone. Rinnetaloissa niiden talojen osuus, joissa alakerrassa oli asuintiloja, oli vanhemmissa taloissa 60 % ja uudemmissa 81 %, kellaritaloissa vastaavasti 21 % ja 55 %. Tämä selittää osaltaan, miksi radonpitoisuudet uusissa kellaritaloissa ovat suurempia kuin vanhemmissa.

Radonpitoisuuden vaikuttaa myös se, miten kulkuyhteys alimman kerroksen ja muun asunnon välillä on toteutettu. Rinnetaloiksi luokitelluissa yli puolessa kulkuyhteys on avoin portaikko, kellaritaloissa taas vain noin viidenneksessä (taulukko 7). Kellaritaloista valtaosassa kulkuyhteytenä on portaat ja ovi, jolloin radon ei pääse yhtä helposti kulkeutumaan ylempään kerrokseen kuin avoimen portaikon kautta. Sekä rinne- että kellaritaloissa suurimmat pitoisuudet olivat taloissa, joissa ala- ja yläkerran välillä on avoin portaikko.

Taulukko 7. Alimman kerroksen ja muun asunnon välisen kulkuyhteyden prosenttiosuudet ja radonpitoisuuden mediaanit rinne- ja kellaritaloissa.

Kulkuyhteys alimman kerroksen ja muun asunnon välillä	Osa alakerran seinistä maanvastaisia (rinnetalo)		Talossa kellari tai osakellari (kellaritalo)	
	Lukumäärä (%-osuus)	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä (%-osuus)	Mediaani Bq/m ³
Avoim portaikko	146 (57 %)	132	54 (18 %)	101
Portaat ja ovi	72 (28 %)	72	318 (72 %)	64
Vain ulkokautta	40 (16 %)	107	79 (10 %)	66
Yhteensä	258 (100 %)	107	451 (100 %)	66

Avoim portaikko on yleistynyt sekä rinne- että kellaritaloissa: Kun niiden osuus ennen 90-lukua valmistuneissa rinnetaloissa oli 47 %, on se uudemmissa rinnetaloissa noin 79 %. Kellaritaloissa avoimen portaikon osuudet olivat vastaavasti 11 % ja 23 %.

Kyselylomakkeella määritellään, että 1. kerros on maan tasalla oleva kerros. Asukkaita oli ohjeistettu sijoittamaan radonmittauspurkki alimpaan asuttuun kerrokseen. Asukkaiden tulkinnot asutuista tiloista ovat saattaneet vaihdella jonkin verran, samoin tulkinta siitä, mitä merkitsee maanpäällinen kerros. Rinnetalojen asukkaista 13 % ja kellaritalojen 5 % oli ilmoittanut mittauksen suoritetuksi maanpintatasoa alemmassa kerroksessa. Näissä tiloissa radonpitoisuuden mediaani oli 140 Bq/m³, mikä oli selvästi suurempi arvo kuin yleisissä kerroksissa (taulukko 8).

Taulukko 8. Mitattujen asuntojen lukumäärät ja radoninpitoisuuden vuosikeskiarvon mediaanit alimman kerroksen ja muun asunnon välisen kulkuyhteyden ja mittauskerroksen mukaan ja rinne- ja kellaritaloissa.

Mittauskerros	Avoin portaikko		Portaat ja ovi		Vain ulkokautta		Kaikki kulkuyhteydet yhteensä	
	Lukumäärä	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Mediaani Bq/m ³
Maanpintatasoa alempana	34	134	13	190	3	175	50	140
1. maanpäällinen	122	121	286	64	94	89	502	76
2. maanpäällinen	22	87	37	67	10	62	69	78
Yhteensä	178	118	336	66	107	79	621	80

Taulukosta 8 voidaan myös nähdä, että kun kulkuyhteys alimman kerroksen ja muun asunnon välillä kellari- tai rinnetalossa on avoin portaikko, alimman ja seuraavan kerroksen radonpitoisuudessa ei ole suurta eroa. Ilman sekoittuminen kerrosten välillä avoimen portaikon kautta aiheuttaa myös sen, että maanalaisen kerroksen radonpitoisuudet ovat pienempiä kuin silloin, kun avointa yhteyttä ei ole. 83 %:ssa avoimen portaikon asunnoista alakerta oli asuinkäytössä. Asunnoissa, joissa kulkuyhteys oli portaat ja ovi, asuttujen tilojen osuus oli vain 25 %. Tästä johtuu, että rinnetaloissa suurempi osa mittauksista oli tehty maanalaisessa kerroksessa kuin kellaritaloissa.

Taulukko 9. Matalaperustaisen pientalon perustamistapa ja radonpitoisuus. Reunavahvistetun laatan tunnistus on aineistossa epävarma.

Perustamistapa	Kaikki yhteensä			Ennen 1990-lukua valmistuneet			1990- ja 2000-luvulla valmistuneet		
	Lukumäärä	Keski-arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Keski-arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Keski-arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³
Perusmuuri ja maanvarainen lattialaatta	688	132	94	415	134	96	251	130	93
Reunavahvistettu laatta	169	93	59	109	87	61	47	100	51
Ryömintätilainen perustus	150	61	44	96	59	48	49	60	38
Yhdistelmä	31	107	75	24	94	80	4	239	119
Muu	16	226	87	9	351	106	4	91	74

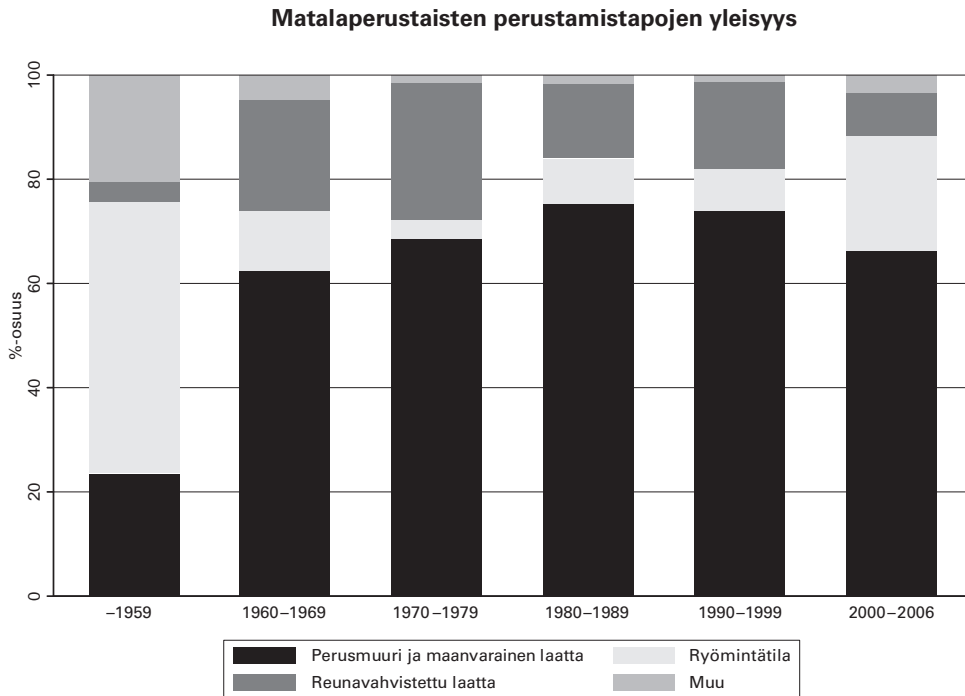
3.4.4 Matalaperustainen pientalo ja radon

Matalaperustainen eli kellariton perustus on ollut suosituin ratkaisu pientaloissa 60-luvun puolestavälistä lähtien (kuva 4). Tässä talotyypissä käytetään erilaisia perustamistapoja, joiden radonalttius on erilainen. Perusmuuria ja maanvaraista laattaa käytettäessä radon pääsee sisätiloihin laatan ja sokkelin välisestä raosta ja läpivientien kautta, jos näitä ei ole tiivistetty. Ryömintätilainen perustus on suhteellisen radonturvallinen, mikäli radonin pääsy sisätiloihin on estetty tiivistämällä alapohjan liitokset ja läpiviennit ja huolehtimalla ryömintätilan tuuleutuksesta. Reunavahvistettu laatta (lomakkeella käytetty termiä reunajäykistetty laatta) on oikein toteutettuna radonturvallinen. Sen käyttö on pientaloissa suhteellisen harvinaista, ja osa lomakkeella tähän luokkaan merkityistä asunnoista kuuluisi luokkaan perusmuuri ja maanvarainen laatta. Tämän perustamistavan käsittelyyn ei siksi ole edellytyksiä tässä tutkimuksessa.

Maanvaraisen laatan ja ryömintätilaisen ratkaisun erot suhteessa radonpitoisuuteen näkyvät selvästi (taulukko 9). Radonpitoisuudet ovat sekä ennen että jälkeen 1990-luvun valmistuneissa maanvaraisen laatan taloissa korkeampia (mediaanit 96 ja 93 Bq/m³) kuin ryömintätilaisen perustuksen taloissa (mediaanit 48 ja 38 Bq/m³).

Ryömintätilainen perustamistapa on yleistynyt 2000-luvulla (kuva 5). Tutkimusaineiston mukaan ryömintätilainen perustamistapa on 2000-luvulla ollut yleisempi kuin milloinkaan 50-luvun jälkeen. Kun 1970-luvulla valmistuneiden ryömintätilaisen perustuksen talojen osuus oli noin 4 %, vastaava luku 2000-luvulla oli yli 20 %. Perusmuurin ja maanvaraisen laatan osuus matalaperustaisista taloista on vastaavasti pienentynyt.

Maanvaraisen laatan taloissa sokkelimateriaalilla on suuri merkitys radonpitoisuudelle (taulukko 10). Kevytsoraharkko on ilmaa läpäisevää, joten radonpitoinen ilma pääsee kulkeutumaan kevytsoraharkkosokkelin kautta maaperästä sisätiloihin. Ennen 90-lukua valmistuneissa maanvaraisen laatan taloissa oli harkkosokkeli 31 %:ssa, mutta sen jälkeen valmistuneissa jo 66 %:ssa. Sekä vanhemmissa että uudemmissa taloissa valubetoni on selvästi radonturvallisempi vaihtoehto (mediaanit 75 Bq/m³ ja 58 Bq/m³) kuin kevytsoraharkko (mediaanit 136 Bq/m³ ja 106 Bq/m³). Sokkelimateriaalista riippumatta pitoisuudet ovat pienempiä uusissa kuin vanhoissa taloissa. Tämä saattaa johtua radonturvallisten ratkaisujen lisääntymisestä maanvaraisen laatan taloissa. Myös siirtyminen koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon voi olla osasyynä muutokseen (luku 3.5). Koska kuitenkin harkkosokkelin osuus vanhoissa taloissa on suurempi kuin uusissa, radonpitoisuus perusmuurin ja maanvaraisen laatan taloissa ei ole juuri muuttunut (mediaanit 96 Bq/m³ ja 93 Bq/m³, taulukko 9).



Kuva 5. Matalaperustaisten pientalojen perustamistapojen suhteelliset osuudet valmistumisvuosikymmenen mukaan. Ryhmään "Muu" kuuluvat luokat "yhdistelmä" ja "muu perustamistapa". Reunavahvistetun laatan tunnistus on aineistossa epävarma.

3.5 Ilmanvaihtotapa ja radon

Ylivoimaisesti yleisin ilmanvaihtojärjestelmä suomalaisissa pientaloissa on edelleenkin painovoimainen, vaikka koneellinen tulopoistojärjestelmä on asennettu useimpiin 1990-luvulla ja sen jälkeen valmistuneisiin pientaloasuntoihin. Ennen 60-luvun puoltaväliä valmistuneissa taloissa painovoimainen ilmanvaihto takasi usein riittävän ilmanvaihdon, koska talon puurakenteinen runko oli ilmaa läpäisevä. Lisäksi suurin osa näistä taloista oli radonin kannalta turvallisia kellaritaloja. Tästä syystä ilmanvaihtotapojen vertailu tehtiin matalaperustaisissa maanvaraisen laatan taloissa. Se on suurin perustamistaparyhmä eikä radonpitoisuus ole muuttunut 90-luvun jälkeen, kuten edellisessä luvussa todettiin. Tarkastelu osoittaa, että radonin kannalta huonoin ilmanvaihtotapa on alipainetta ja radonin sisään virtausta lisäävä koneellinen poisto (taulukko 11). Painovoimaisen ilmanvaihdon taloissa radontilanne on vain hieman parempi. Koneellinen tulopoisto on tutkimusaineistossa selvästi radonin kannalta paras ilmanvaihtotapa. Tämä oli odotettavissa: hyvin säädetty

Taulukko 10. Matalaperustaisen pientalon radonpitoisuus sokkelimateriaalin mukaan, kun perustamistapa on maanvarainen laatta.

Sokkeli- materiaali	Kaikki pientalot			Ennen 1990-lukua valmistuneet			1990- ja 2000-luvulla valmistuneet		
	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³
Valubetoni	324	109	71	237	114	75	74	91	58
Kevytsora- harkko	256	154	119	105	158	136	146	150	106

Taulukko 11. Ilmanvaihtojärjestelmä ja radonpitoisuus matalaperustaisissa pientaloissa, joissa perustamistapa on sokkeli ja maanvarainen laatta.

Ilmanvaihto- järjestelmä	Kaikki yhteensä			Ennen 1990-lukua valmistuneet			1990- ja 2000-luvulla valmistuneet		
	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³	Luku- määrä	Keski- arvo Bq/m ³	Mediaani Bq/m ³
Paino- voimainen	284	143	97	244	140	98	28	183	104
Koneellinen poisto	141	148	115	68	136	104	69	163	137
Koneellinen tulo ja poisto	230	110	76	78	118	81	147	104	75

tulo- ja poistojärjestelmä takaa riittävän ilmanvaihdon ja alentaa osaltaan alipainetta ja vähentää radonin virtausta sisätiloihin.

Ilmanvaihtotavan arviointi on kerrostaloasukkaalle vieraampi ja vaikeampi asia kuin pientaloasukkaalle. Vain kaikkein vanhimmissa kerrostaloissa, lähinnä 1900-luvun alkupuolella valmistuneissa, on vielä painovoimaista ilmanvaihtoa. Koneellinen poistoilmanvaihto on ylivoimaisesti yleisin. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on yleistynyt vasta vuoden 2003 energiamääräysten tultua voimaan. Tätä ennen tällaisia järjestelmiä on asennettu vain satunnaisesti. Kyselylomaketulokset osoittavat että lomakkeen täytössä on paljon epäluotettavuutta. Tuloksissa ei näy merkittäviä eroja eri ilmavaihtotyyp-
pien välillä. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon merkitys radonpitoisuu-
teen on kerrostaloissa erittäin merkittävä alimman kerroksen asunnoissa. Säteilyturvakeskuksen tutkimusten mukaan alipainetasot alimman kerroksen asunnoissa ovat keskimäärin yli 10 Pa, tehostetun ilmanvaihdon aikana yli 20 Pa (Arvela ja Reisbacka 2008). Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla

alipainetasot ja radonpitoisen ilman virtaukset maaperästä ovat huomattavasti alhaisempia. Uusia tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustettuja alimman kerroksen asuntoja on aineistossa liian vähän arvioiden tekemiseksi.

3.6 Radontorjunta uudisrakentamisessa

Uudisrakentamisen radontorjunnan ohjeistusta on ollut käytettävissä vuodesta 1994 alkaen (Ympäristöministeriö 1994). Alla olevassa tarkastelussa rajoitustaankin vain tämän jälkeen valmistuneisiin matalaperustaisiin maanvaraisen laatan pientaloihin. Edellä mainitut ohjeet koskevat pääsääntöisesti tätä perustamistapaa. Tämän ensimmäisen oppaan korvasi vuonna 2003 ilmestynyt RT-ohjekortti (Rakennustieto Oy 2003). Ohjeissa suositellaan maanvastaisten rakenteiden tiivistämistä ja sen lisäksi radonputkiston asentamista laatan alle. Jos valmistumisen jälkeen suoritettu radonmittaus osoittaa, että pitoisuus on yli 200 Bq/m³, ohjeessa kehoitetaan asentamaan putkistoon puhallin, jonka avulla radonpitoista ilmaa imetään pois laatan alta. Radonputkisto pienentää jossain määrin radonpitoisuutta, kun poistoputken pää on avoimena talon katolla. Putkiston varsinainen tarkoitus on kuitenkin olla varoimenpide. Jos radonpitoisuus ylittää enimmäisarvon, sitä voidaan tehokkaasti alentaa kytkemällä putkistoon poistopuhallin. Taulukossa 12 on tietoja torjuntatoimenpiteistä ja radonpitoisuuksista edellä mainituissa pientaloissa.

Radonputkisto on Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella asennettu noin 60 %:iin vuonna 1995 ja sen jälkeen valmistuneista maanvaraisen laatan pientaloista. Muun Suomen alueella vastaava osuus on noin 14 %. Putkistoista vain yksi oli aktiivinen eli siihen oli kytketty poistopuhallin. Tiivistämisen osalta prosenttiluvut Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella ja muun Suomen alueella ovat 18 % ja 14 %. Sekä putkisto että tiivistämistoimet oli toteutettu vastaavasti 11 %:ssa ja 4 %:ssa taloista. Kyselylomakkeen tieto on tiivistystöiden osalta epävarmempaa kuin putkiston asentamisen osalta. Putkiston asentaminen on siis Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella huomattavasti yleisempää kuin muun Suomen alueella, ja kummallakin alueella putkiston asentaminen on selvästi yleisempää kuin tiivistystoimet. Sama havaittiin radontalkoissa (Arvela ym. 2008).

Pelkän putkiston vaikutus radonpitoisuuteen ei näy tässä aineistossa. Pitoisuudet ovat muun Suomen alueella jopa suurempia asunnoissa, joissa putkistoa ei ole kuin niissä, joissa se on asennettu. Tähän vaikuttanee, että alueen sisällä korkeamman radonpitoisuuden alueella torjuntatoimet ovat yleisempiä kuin matalan radonin alueella. Vaikka aineisto on pieni, tulokset Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella viittaavat siihen, että tiivistäminen pienentäisi radonpitoisuutta (5 asuntoa). Ohjeiden mukainen torjunta, eli radonputkisto yhdessä perustusten tiivistyksen kanssa, näyttäisi alentavan

Taulukko 12. Radontorjuntatoimet Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella ja muualla Suomessa: vuonna 1995 ja sen jälkeen valmistuneet matalaperustaiset pientaloasunnot, joiden perustamistapa on perusmuuri ja maanvarainen laatta.

Torjunta-toimenpide	Torjuntatoimenpide tehty:				Kaikki torjuntakysymykseen vastanneet		
	Kyllä		Ei		Lukumäärä	Radonpitoisuuden mediaani Bq/m ³	Torjuntatoimien osuus %
	Lukumäärä	Radonpitoisuuden mediaani Bq/m ³	Lukumäärä	Radonpitoisuuden mediaani Bq/m ³			
Alue							
Radonputkisto:							
Häme ja Kaakkois-Suomi*	18	118	10	118	28	118	64 %
Muu Suomi	15	73	96	82	111	81	14 %
Yhteensä	33	105	106	82	139	90	24 %
Perustusrakenteiden tiivistäminen:							
Häme ja Kaakkois-Suomi*	5	72	23	139	28	118	18 %
Muu Suomi	15	89	96	81	111	81	14 %
Yhteensä	20	81	119	90	139	90	14 %
Radonputkisto ja perustusrakenteiden tiivistäminen:							
Häme ja Kaakkois-Suomi*	3	57	25	129	28	118	11 %
Muu Suomi	4	46	107	82	111	81	4 %
Yhteensä	7	54	132	91	139	90	5 %

* Maakunnat Itä-Uusimaa, Kymenlaakso, Päijät-Häme, Pirkanmaa, Etelä-Karjala ja Kanta-Häme.

koko maan alueella radonpitoisuutta (7 asuntoa). Arviot ovat suuntaa antavia, ja niihin vaikuttavat myös muut muutokset rakentamisessa, esim. siirtyminen tulo- ja poistoilmanvaihtoon.

3.7 Radonkorjaukset

Korkeaa radonpitoisuutta voidaan alentaa jälkepäin tehtävillä korjauksilla. Radonimurin tai -kaivon avulla pitoisuus alenee jopa 70–90 % (Arvela ja Reisbacka 2008). Toisaalta radonkorjaukseksi voidaan tulkita yksinkertaisia toimenpiteitä, esim. ilmanvaihtojärjestelmän säätöä, joiden vaikutus pitoisuuteen on yleensä pieni. Tutkimusaineistossa oli 15 pientaloasuntoa, joissa asukkaahan ilmoituksen mukaan oli tehty radonkorjaus. Näistä kahdeksassa ei asukkaahan ilmoituksen mukaan ollut suoritettu radonmittausta aiemmin. Kyseessä on voinut olla esim. muusta syystä tehty korjaus, joka asukkaahan arvion mukaan on myös alentanut radonpitoisuutta. Radonkorjaus arvioitiin siten tehdyn seitsemässä pientaloasunnossa (taulukko 13). Tämä on 0,35 % ko. kohtaan vastanneista. Kerrostaloasunnoissa oli raportoitu yksi korjaus.

Jos oletetaan, että kaikissa korjatuissa pientaloasunnoissa vuosikeskiarvo on ollut alun perin yli korjausrajan 400 Bq/m^3 (ylityksiä 3,8 % pientaloista, lukumäärä on 51 000), voidaan arvioida, että korjattujen asuntojen osuus näistä on noin 9 % (3–16 %) eli noin 5 000 (2 000–7 000) pientaloasuntoa. Prosenttiluku on pienempi kuin radontalkoiden yhteydessä tehdyissä kyselyissä, jossa 37–60 % kyselyyn vastanneista oli tehnyt radonkorjauksen (Arvela ym. 2008). Kysely oli osoitettu niille, joiden asunnoissa oli talkoomittauksessa ylitetty korjausraja. Ero on ymmärrettävä, koska talkoot ovat painottuneet radonalueille ja niissä on tiedotettu aktiivisesti radonkorjaamisesta.

Korjatuista pientaloista yhdessä oli asennettu radonimuri, yhdessä radonkaivo ja yhdessä ilmanvaihtoa oli parannettu. Näissä asunnoissa radonpitoisuudet olivat välillä $210\text{--}380 \text{ Bq/m}^3$. Muista neljästä kohteesta ei ollut tietoa korjausmenetelmästä.

Korjatuissa asunnoissa oli edelleen suurempi radonpitoisuus kuin niissä, joita ei ole korjattu. Vain kahdessa asunnossa radonpitoisuus oli alle 200 Bq/m^3 , ja yhdessä asunnossa ylitettiin 400 Bq/m^3 .

Taulukko 13. Pientalojen radonpitoisuus ja radonkorjaukset pientaloasunnoissa asukkaan ilmoituksen mukaan*.

	Pientaloasuntojen lukumäärä	Keskiarvo Bq/m^3	Mediaani Bq/m^3	Minimi Bq/m^3	Maksimi Bq/m^3
Radonkorjaus tehty	7	276	247	80	517
Ei radonkorjausta	2 008	125	78	4	2 269

* Mukana ovat ne korjatut pientalot, joissa asukas on vastannut "ei" kysymykseen "onko tämä ensimmäinen radonmittaus asunnossanne", ja ne korjaamattomat pientalot, joissa asukas on vastannut kysymykseen joko "kyllä" tai "ei".

3.8 Porakaivovesi ja sisäilman radonpitoisuus

Tutkimukseen osallistuneista 202 pientaloasukasta ja yksi kerrostaloasukas ilmoitti käyttävänsä porakaivovettä talousvetenä. Tämän perusteella voidaan arvioida, että Suomessa olisi noin 130 000 porakaivovettä vakituksena talousvetenä käyttävää taloutta, joihin kuuluu noin 310 000 henkeä (taulukko 14). Edellisen otantatutkimuksen (Arvela ym. 1993) aineiston ja vuoden 1991 väestötietojen perusteella tilanne ei näytä muuttuneen vuoden 1991 tilanteesta. Tu-loksiin on kuitenkin suhtauduttava varauksella. Korkka-Niemi arvioi väitös-kirjassaan, jonka aineisto perustuu vuoden 1991 tilanteeseen, että julkisen vesi-huollon ulkopuolella oli noin 360 000 taloutta, ja näistä 23 % käytti porakaivoa talousvesikaivona (Korkka-Niemi 2001). Tämän perusteella porakaivonkäyttäjien määrä olisi noin 200 000. Ero saattaa johtua siitä, että myös muun kaivon

Taulukko 14. Tietoa porakaivoista arvioituna tämän tutkimuksen ja vuoden 1991 otanta-tutkimuksen perusteella.

Otanta-tutkimus	Porakaivo-talouksien lukumäärä	Porakaivojen käyttäjien lukumäärä	Huoneilman radonpitoisuus pientaloissa, jos talousvetenä käytetään/ei käytetä porakaivovettä			
			Keskiarvo Bq/m ³		Mediaani Bq/m ³	
			Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
1991	120 000	320 000	181	149	106	92
2006	130 000	310 000	137	124	91	76

kuin porakaivon käyttäjät ovat vastanneet ”Kyllä” kysymykseen ”Saadaanko talousvesi porakaivosta”. Porakaivon käyttäjät ovat myös saattaneet osallistua tutkimukseen aktiivisemmin kuin muut pientaloasukkaat.

Tämän tutkimuksen toiseksi suurin huoneilman radonpitoisuus, 2 227 Bq/m³, mitattiin pientalossa, jossa käytetään porakaivovettä. Sisäilman radonpitoisuuden keskiarvo porakaivovettä käyttävissä pientaloasunnoissa oli 137 Bq/m³ ja muissa asunnoissa 124 Bq/m³. Mediaanit olivat vastaavasti 91 ja 76 Bq/m³ (taulukko 14). Radonpitoisen porakaivoveden käyttö talousvetenä lisää huoneilman radonpitoisuutta. Voidaan arvioida, että 1 000 Bq/l radonpitoisuus vedessä aiheuttaa noin 100 Bq/m³ lisäyksen sisäilman radonpitoisuuteen (National Research Council 1999).

Sekä vuoden 1991 että tässä tutkimuksessa radonpitoisuudet porakaivovettä käyttävissä pientaloasunnoissa olivat hiukan suurempia (mediaanien erotukset 14 ja 15 Bq/m³) kuin muissa. Vaikka näistä luvuista ei voi suoraan arvioida porakaivoveden käytöstä huoneilmaan aiheutuvan radonin osuutta, tulokset sopivat yhteen suomalaisen porakaivoveden radonpitoisuuden mediaanin, 130 Bq/l kanssa (Vesterbacka ym. 2005).

3.9 Perustamispaikan maalaji ja uraanipitoisuus

Perustamispaikan maaperän läpäisevyys ja uraanipitoisuus vaikuttavat voimakkaasti pientaloasuntojen radonpitoisuuteen. Jos talo oli ilmoitettu perustetuksi kalliolle, käytettiin tätä tietoa. Kallio perustamispaikkana jaettiin vielä kahteen ryhmään sen mukaan, oliko kalliota louhittu rakennusvaiheessa vai ei. Jos taloa ei ollut perustettu kalliolle, luokiteltiin perustamispaikan maalaji Geologian tutkimuskeskuksen digitaalisten maaperäkarttojen avulla. Luokittelu tehtiin pohjamaan eli 1 m syvyydessä olevan maalajin mukaan. Sora ja hiekka jaettiin edelleen syntyvän perusteella kahteen luokkaan: harjut ja Salpausselät ym. reunamuodostumat sekä muu sora ja hiekka. Perustamispaikka pystytettiin määrittelemään 1 686:lle eli 74 %:lle pientaloasunnoista (taulukko 15).

Taulukko 15. Pientaloasuntojen lukumäärät ja radonpitoisuuden keskiarvo ja mediaani rakennuspaikan maalajin ja alueen mukaan. Kallio määritetty asukkaan ilmoituksen perusteella, muut maalajit GTK:n digitaalikartoilta.

Rakennus- paikan maalaji	Häme ja Kaakkois-Suomi*			Muu Suomi			Koko maa		
	Luku- määrä	Keski- arvo	Mediaani	Luku- määrä	Keski- arvo	Mediaani	Luku- määrä	Keski- arvo	Mediaani
Sora ja hiekka: harjut ja reunamuodostumat	81	289	168	54	178	122	135	245	142
Muu sora ja hiekka	47	191	143	159	84	55	206	108	68
Moreeni	124	182	137	394	91	64	518	113	71
Savi ja hieta, eloperäiset maalajit	141	157	132	335	97	63	476	115	77
Kallio, ei louhittu	38	188	135	141	88	66	179	109	75
Kallio, louhittu	45	241	152	127	153	119	172	176	129
Yhteensä	476	200	142	1 210	102	67	1 686	130	80

* Maakunnat Itä-Uusimaa, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Kanta-Häme, Pirkanmaa ja Etelä-Karjala

Suurimmat pientalojen radonpitoisuudet ovat Hämeen ja Kaakkois-Suomen sora- ja hiekkamuodostumilla, joista tärkeimpiä ovat pitkittäisharjut ja reunamuodostumat eli Salpausselät (taulukko 15). Tällä alueella näille maalajeille perustettujen pientaloasuntojen osuus on 17 %, huomattavasti suurempi kuin muun Suomen alueen osuus 4 %. Myös muun Suomen alueella sora- ja hiekkamuodostumille rakennetuissa pientaloasunnoissa on suuremmat radonpitoisuudet kuin muille maalajeille rakennetuissa.

Edellisen otantatutkimuksen aineiston perusteella arvioitiin, että kaikkien soralle ja hiekkalle rakennettujen pientaloasuntojen osuus kaikista pientaloasunnoista alueella, joka käsitti Uudenmaan läänin itäosan, Kymen läänin länsiosan ja Hämeen läänin, oli 28 % ja muualla maassa 15 % (Voutilainen ym. 1997). Vastaavat prosenttiluvut tässä tutkimuksessa lähes samoilla alueilla ovat 27 ja 18 %.

Jos talo on perustettu kalliolle, jota on louhittu rakennusvaiheessa, radonpitoisuudet ovat lähes yhtä suuria kuin sora- ja hiekkamuodostumilla. Louhimattomalle kalliolle rakennetuissa taloissa pitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin tiiviille maalajeille rakennetuissa.

Kuusi taulukossa 15 mainittua suurimman keskiarvopitoisuuden maakuntaa muodostavat yhtenäisen Hämeeseen ja Kaakkois-Suomeen sijoittuvan

alueen, jossa keskimääräinen radonpitoisuus (201 Bq/m^3) on kaksinkertainen muuhun Suomeen (96 Bq/m^3) verrattuna. Alueen korkeat pitoisuudet johtuvat toisaalta siitä, että alueen taloista suhteellisen suuri osa on rakennettu sora- ja hiekkamuodostumille ja toisaalta siitä, että maaperän uraanipitoisuus on alueella korkea. Näissä maakunnissa moreenin uraanipitoisuudet olivat Geologian tutkimuskeskuksen kartoituksen mukaan Suomen suurimpia, 4–6 ppm tai yli (Koljonen ym. 1992). Pienimmät radonpitoisuudet ovat Pohjanmaan sekä Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa, joissa soralle ja hiekalle on rakennettu alle 6 % pientaloista. Näissä maakunnissa moreenin uraanipitoisuudet ovat matalia tai maan keskitasoa.

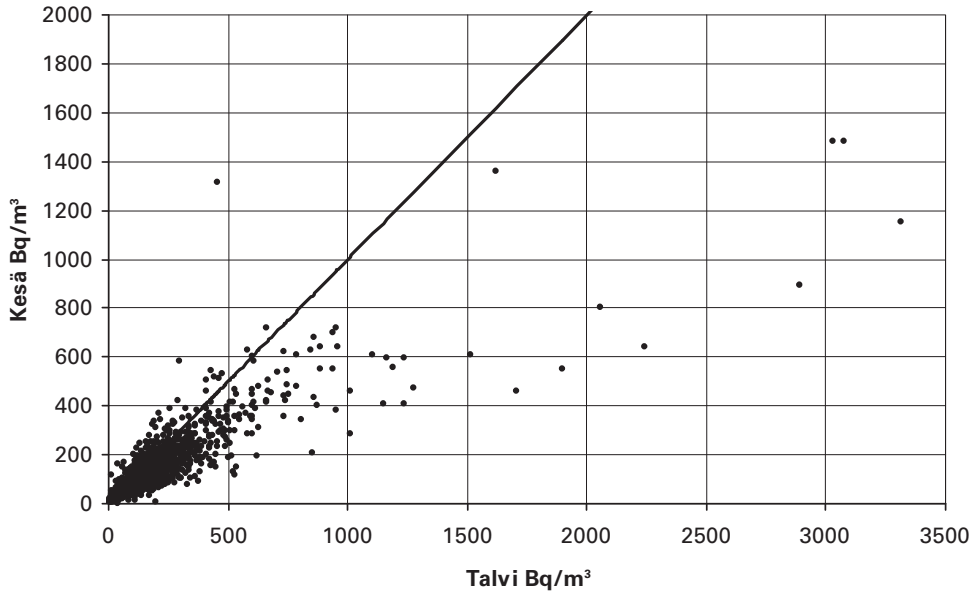
3.10 Radonpitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu

Kesämittausten aloituspäivän mediaani oli 25.4.2006 ja lopetuspäivän 23.10.2006. Talvimittausten vastaavat päivämäärät olivat 23.10.2006 ja 19.4.2007. Kesä- ja talvimittaukset olivat mediaanien perusteella lähes yhtä pitkiä: kesämittaus 181 ja talvimittaus 180 päivää. Radonpitoisuudet ovat yleensä kesällä pienempiä kuin talvella (kuva 6). Pientaloissa radonpitoisuuksien keskiarvo talvimittauksissa oli 146 Bq/m^3 ja kesämittauksissa 103 Bq/m^3 . Kerrostaloissa vastaavat luvut olivat 58 Bq/m^3 ja 44 Bq/m^3 .

Kesä- ja talvimittausten suhteiden geometriset keskiarvot on esitetty taulukossa 16. Kun talvipitoisuus on alle 100 Bq/m^3 , suhde on pientaloissa keskimäärin 0,82. Tätä suuremmilla talvipitoisuuksilla suhde on 0,68, eli jos talvella mitattu radonpitoisuus on suuri, on kesä- ja talvipitoisuuksien suhde pienempi kuin pienillä talvipitoisuuksilla. Suuret talvella mitatut radonpitoisuudet merkitsevät yleensä, että maaperästä peräisin olevan radonin osuus on selvästi suurempi kuin rakennusmateriaaleista erittyvän (Arvela 1995).

Vaikka talvipitoisuudet ovat useimmiten suurempia kuin kesäpitoisuudet, poikkeuksiakin on (kuva 6). Syyt voivat olla moninaisia. Erityisesti tällaisia asuntoja on löydetty harjujen alarinteiltä (Arvela ym. 1994). Harjun sisäisten ilmavirtojen vuodenaikaisvaihtelu saa kesällä aikaan maaperän radonpitoisen ilman virtaamisen lämmenteestä yläosasta alarinteen suuntaan ja sisälle asuntoihin. Talvella virtauksen suunta vaihtuu, ja radonpitoisuus näissä taloissa on pienempi kuin kesällä.

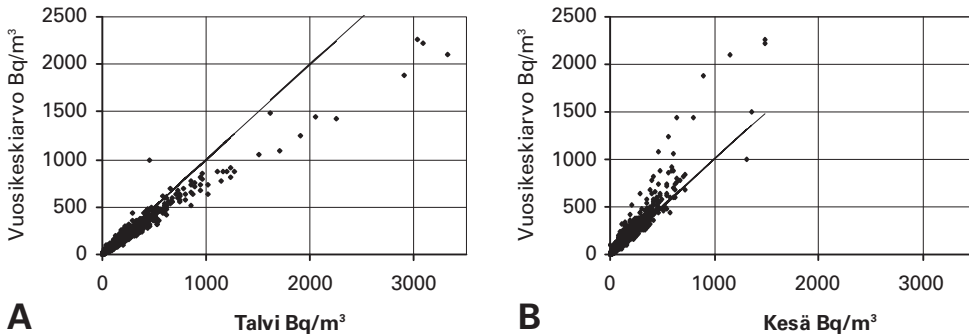
Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä 994/92 antamat enimmäisarvot tarkoittavat vuosikeskiarvoa. Vuosikeskiarvo voi olla vuoden yhtäjaksoisena aikana mitattu radonpitoisuus tai vähintään kahden kuukauden yhtäjaksoisen mittauksen perusteella arvioitu radonpitoisuus (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003).



Kuva 6. Radonpitoisuus kesällä ja talvella pientaloissa. Suoran yläpuolella kesäpitoisuus on talvipitoisuutta suurempi ja alapuolella pienempi.

Taulukko 16. Radonpitoisuuden talvi- ja kesämittaukset. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon sekä talvi- ja kesäpitoisuuksien suhteiden geometrinen keskiarvo.

	Kesä/talvi -pitoisuussuhde			Vuosi/kesä -pitoisuussuhde			Vuosi/talvi -pitoisuussuhde		
	Lukumäärä	Geom. keskiarvo	95 % luottamusväli	Lukumäärä	Geom. keskiarvo	95 % luottamusväli	Lukumäärä	Geom. keskiarvo	95 % luottamusväli
Pientaloasunnot									
Talvipitoisuus < 100 Bq/m ³	1 219	0,82	(0,81, 0,84)	1 220	1,13	(1,11, 1,14)	1 241	0,93	(0,92, 0,94)
Talvipitoisuus ≥ 100 Bq/m ³	998	0,68	(0,66, 0,69)	999	1,26	(1,24, 1,28)	1 018	0,85	(0,84, 0,86)
Kaikki pientaloasunnot	2 217	0,75	(0,74, 0,77)	2 219	1,18	(1,17, 1,20)	2 259	0,89	(0,89, 0,90)
Kerrostaloasunnot									
Kaikki kerrostaloasunnot	586	0,77	(0,75, 0,80)	588	1,17	(1,15, 1,20)	592	0,91	(0,89, 0,92)



Kuva 7. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvo talvipitoisuuden (A) ja kesäpitoisuuden (B) mukaan pientaloissa. Suoran yläpuolella vuosikeskiarvo on talvipitoisuutta/kesäpitoisuutta suurempi ja alapuolella pienempi.

Talvimittaus kuvaa vuosikeskiarvoa hyvin (kuva 7A), selvästi paremmin kuin kesämittaus (kuva 7B). Kesämittausta ei voikaan käyttää enimmäisarvon ylityksen toteamiseen. Lyhyen kesämittauksen ennustearvo olisi vielä huomattavasti heikompi kuin tässä tutkimuksessa esitettyjen 6 kuukauden mittausten. Noin 20 %:ssa mittauksista talvimittauksen tulos on pienempi kuin todellinen vuosikeskiarvo.

STUKin ohjeiden mukaan asuntojen radonmittaukset tehdään marraskuun alun ja huhtikuun lopun välisenä aikana, ja mittauksen kesto on vähintään kaksi kuukautta. STUKin radonmittauspalvelun asiakkaille antamat korjaussuositukset perustuvat tästä mittauksesta saatuun tulokseen, joka useimmissa tapauksissa hiukan yliarvioi vuosikeskiarvoa.

Otanta-aineiston perusteella nykyinen käytäntö toimii kuitenkin hyvin, koska suurin osa vuosikeskiarvoa koskevan enimmäisarvon ylityksistä pystytään tunnistamaan. Aineistossa oli vain kaksi kohdetta, joissa vuosikeskiarvo oli yli 400 Bq/m³ vaikka talvimittauksien tulos oli alle 400 Bq/m³. Enimmäisarvosta ei olla kaukana niissäkään tapauksissa, joissa korjaussuositus olisi annettu vaikka vuosikeskiarvon ylitystä ei olisi tapahtunut. Aineistossa oli 46 asuntoa, joissa talvipitoisuus oli yli 400 Bq/m³ ja vuosikeskiarvo alle 400 Bq/m³. Näiden kohteiden vuosikeskiarvojen keskiarvo oli 354 Bq/m³. Viisi havaintoa oli alle 300 Bq/m³, ja pienin arvo oli 247 Bq/m³. Korjaus on näissäkin tapauksissa perusteltu terveysvaikutusten kannalta.

3.11 Radonpitoisuuden enimmäisarvojen ylitykset Suomen asuntokannassa

Radonpitoisuuden 200, 400 ja 800 Bq/m³ ylittävien asuntojen määrät olivat noin 200 000, 60 000 ja 10 000 (taulukko 17). Arviot perustuvat tilastokeskuksen vuoden 2006 pien- ja kerrostalojen asuntokuntien määriin (Tilastokeskus, StatFin-tietokanta). Vuoden 1991 tutkimuksessa vastaavat luvut olivat 200 000, 70 000 ja 20 000 (Arvela ym. 1993). Enimmäisarvon 200 Bq/m³ ylittävien asuntojen määrä on pysynyt ennallaan, mutta 400 Bq/m³ ja varsinkin 800 Bq/m³ ylittävien asuntojen määrä on pienentynyt verrattuna edelliseen otantatutkimukseen. Tässä tutkimuksessa ei löytynyt yhtään kerrostaloasuntoa, jossa olisi ylitetty 800 Bq/m³, kun niitä edellisessä tutkimuksessa oli 3.

Taulukko 17. Kaikkien asuntojen ja 200, 400 ja 800 Bq/m³ ylittävien asuntojen ja niissä asuvien asukkaiden lukumäärät pien- ja kerrostaloissa Suomessa vuonna 2006.

Lukumäärät	Asunnot			Asukkaat		
	Pientalot	Kerrostalot	Yhteensä	Pientalot	Kerrostalot	Yhteensä
Kaikki asunnot/asukkaat	1 350 000	1 070 000	2 420 000	3 340 000	1 740 000	5 080 000
200 Bq/m ³ ylittävät	204 000	16 000	220 000	505 000	26 000	531 000
400 Bq/m ³ ylittävät	51 000	8 000	59 000	127 000	12 000	139 000
800 Bq/m ³ ylittävät	11 000	– *	11 000	27 000	– *	27 000

* Aineistossa ei ollut yhtään 800 Bq/m³ ylitystä kerrostaloasunnoissa

Vaikka tässä tutkimuksessa kaikki ylitysprosentit olivat hiukan pienempiä kuin vuoden 1991 otantatutkimuksessa, muutos ei suoraan näy kyseisten arvojen ylittävien asuntojen määrissä. Tämä johtuu asuntokannan kasvusta. Ylityksistä valtaosa on pientaloissa, joiden määrä oli vuonna 2006 noin 200 000 asuntoa suurempi kuin vuonna 1991.

Kun halutaan arvioida, miten torjuntatoimet vähentävät väestössä ilmaantuvia keuhkosityöpiä eri radonpitoisuusluokissa, tarvitaan tietoa kussakin luokassa saatavasta radonaltistuksesta. Vaikka 400 Bq/m³ pitoisuuden ylittävissä asunnoissa asuu vain 3 % väestöstä, tämän joukon saama osuus radonaltistuksesta on 19 % (taulukko 18).

Taulukko 18. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon keskiarvot sekä väestön ja sen saaman altistuksen suhteelliset osuudet pitoisuusluokittain.

Radonpitoisuus Bq/m ³	Radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³			Suhteellinen osuus väestöstä			Suhteellinen osuus altistuksesta		
	Pien-talot	Kerros-talot	Yhteensä	Pien-talot	Kerros-talot	Yhteensä	Pien-talot	Kerros-talot	Yhteensä
< 100	51	39	46	61 %	93 %	72 %	26 %	75 %	34 %
100–199	141	136	141	24 %	5 %	17 %	28 %	15 %	26 %
200–399	267	232	266	11 %	1 %	8 %	25 %	4 %	21 %
400–	688	466	669	4 %	1 %	3 %	21 %	7 %	19 %
Kaikki yhteensä	121	49	96	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

4 Vuoden 1991 ja 2006 otantatutkimusten vertailua

Vuoden 1991 ja 2006 otantatutkimusten tuloksissa on eroja osallistumisaktiivisuudessa, radonpitoisuuksissa ja myös asuntojen ominaisuuksissa. Monet edellisessä tutkimuksessa tehdyt havainnot radonpitoisuuteen vaikuttavista tekijöistä ovat edelleen ajankohtaisia.

Vuoden 1991 tutkimuksen valtakunnallinen osallistumisprosentti oli 63 %, pientaloissa 73 % ja kerrostaloissa 51 %. Tämän tutkimuksen osallistumisprosentti oli selvästi huonompi, kokonaisuutena 48 %, pientalojen osalta 58 % ja kerrostalojen osalta 31 %.

Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon valtakunnallinen painotettu keskiarvo oli tässä tutkimuksessa pienempi kuin vuoden 1991 tutkimuksessa. Kaikkien asuntojen osalta ero oli 27 Bq/m³, pientalojen osalta 24 Bq/m³ ja kerrostalojen 33 Bq/m³. Kerrostalojen osalta ero oli 26 Bq/m³, kun vuoden 1991 kerrostalotuloksista oli jätetty pois poikkeuksellisen suuri ja epätyypillinen kerrostalo-asunto. Mediaanit olivat pientaloissa 15 Bq/m³ ja kerrostaloissa 22 Bq/m³ pienempiä kuin vuoden 1991 tutkimuksessa. Nämä erot ovat niin suuria, että se ei voi johtua pelkästään sattumasta.

Tämän tutkimuksen pientaloasunnoista 27 % ja kerrostaloasunnoista 24 % on valmistunut edellisen otantatutkimuksen jälkeen. Pientaloasuntojen radonpitoisuuden keskiarvo oli näissä uudemmissa pientaloasunnoissa 13 Bq/m³ ja kerrostaloasunnoissa 5 Bq/m³ suurempi kuin vanhemmassa asuntokannassa. Tämä ero suurentaa pientalo-, kerrostalo- ja kaikkien asuntojen keskiarvoja kuitenkin vain 3, 1 ja 3 Bq/m³.

Vuoden 2006 tutkimus ajoittui aikaisempaa tutkimusta lämpimämmälle ajanjaksolle. Koko mittauskauden keskilämpötila oli Helsinki-Vantaan lentoasemalla noin kaksi astetta suurempi kuin vuoden 1991 tutkimuksessa. Talvimittausten aikaiset keskilämpötilat olivat vuoden 2006 ja 1991 tutkimuksessa +0,1 ja -1,4 °C, ja kesämittausten 14,6 ja 11,1 °C. Kesällä 2006 oli Ilmatieteen laitoksen tilastojen mukaan usealla paikkakunnalla yli 30 hellepäivää, vaikka niitä vertailukaudella 1971–2000 oli keskimäärin alle 20 (Ilmatieteen laitos: www.ilmatieteenlaitos.fi/saa/tilastot_161.html). Talvimittausten keskiarvopitoisuudet olivat tässä ja edellisessä tutkimuksessa 133 Bq/m³ ja 147 Bq/m³, kesämittausten vastaavasti 103 Bq/m³ ja 133 Bq/m³.

Ulko- ja sisälämpötilan välisestä lämpötilaerosta johtuva paine-ero aiheuttaa radonpitoisen ilman virtauksen asuntoon alapohjassa olevien rakojen kautta. Radonpitoista ilmaa kulkeutuu taloon suuremman lämpötilaeron takia eniten talvella. Lämpimänä kesänä pidetään ikkunoita paljon auki. Tällöin

ilmanvaihto kasvaa ja asunnon alipaineisuus vähenee voimakkaasti. Nämä seikat alentavat voimakkaasti radonpitoisuutta. Korkeampi lämpötila ja erityisesti helteinen kesä ovat olleet mukana vaikuttamassa siihen, että tämän tutkimuksen radonpitoisuudet ovat pienempiä kuin edellisessä tutkimuksessa. Lämpötilaeron ja ilmanvaihdon huomioivan mallin (Arvela 1995) perusteella vuoden 2006 otannan radonpitoisuuden tulisi olla yli 10 % alhaisempi kuin vuoden 1991 otannassa.

Ilmastollisten erojen lisäksi vuosien 1991 ja 2006 otantatutkimusten eroon vaikuttaa muutokset radonpurkin kalibroinnissa. STUK hankki 1990 luvulla uusia referenssimittalaitteita radonkalibrointiin. Samalla kalibroinnit sidottiin saksalaisen PTB:n radonstandardeihin. Kalibrointierot sekä myös erot radonpurkin sisäisen taustan huomioimisessa vaikuttavat osaltaan alentuneisiin keskiarvoihin. Kansainvälisissä vertailumittauksissa 5–10 % erot eri laboratorioiden välillä ovat edelleen tavallisia.

5 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan uusien rakennusten enimmäisarvon 200 Bq/m³ ylittää 15,1 % suomalaisista pientaloasunnoista, 1,5 % kerrostaloasunnoista ja 10,4 % kaikista asunnoista. Vanhoja asuntoja koskevan enimmäisarvon 400 Bq/m³ osalta vastaavat luvut ovat 3,8 %, 0,7 % ja 2,7 %. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvojen keskiarvot pien-, kerros- ja kaikissa asunnoissa olivat 121, 49 ja 96 Bq/m³ ja mediaanit 75, 36 ja 56 Bq/m³. Luvut ovat yleisesti ottaen hiukan pienempiä kuin edellisessä otantatutkimuksessa. Tämä johtuu osittain siitä, että vuosi 2006 oli poikkeuksellisen lämmin. Sen lisäksi eri otantojen tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia radonmittausmenetelmän kalibroinnissa tapahtuneiden muutosten takia. Tämän otannan pientaloista 27 % on valmistunut edellisen otannan jälkeen. Niissä radonpitoisuus on jonkin verran suurempi kuin sitä vanhemmissa taloissa. Uudemmat talot nostavat pientalojen keskiarvoa vain noin 3 Bq/m³.

Asuntoja, joissa 200 Bq/m³ ylitetään, arvioidaan olevan Suomessa 220 000, joista pientaloja 204 000 ja kerrostaloja 16 000. 400 Bq/m³ ylitysten osalta asuntojen määrät ovat 59 000, 51 000 ja 8 000. Sekä väestön määrä että asuntokanta ovat kasvaneet edellisen otantatutkimuksen jälkeen. Tästä johtuen 200 Bq/m³ ylittävien asuntojen määrä on pysynyt suunnilleen samana, vaikka niiden suhteellinen osuus on nyt pienempi kuin edellisessä otantatutkimuksessa. 400 Bq/m³ ylittävien määrä on hiukan pienentynyt. Suurimman radonpitoisuuden alue muodostuu kuudesta Hämeen ja Kaakkois-Suomen maakunnasta, jotka ovat Itä-Uusimaa, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Kanta-Häme, Pirkanmaa ja Etelä-Karjala. Näissä maakunnissa 200 Bq/m³ ylittää 29–51 %, ja 400 Bq/m³ 7–22 % pientaloista.

Valmistumisajankohta vaikuttaa voimakkaasti radonpitoisuuteen, johon eri aikoina yleisimmin käytetyistä rakennusteknisistä ratkaisuista. Kuusikymmenluvun puolivälin jälkeen alkanut pientalojen radonpitoisuuden nousu taittui 1990-luvun alussa ja laskeva suuntaus näyttää jatkuvan 2000-luvulla.

Radonpitoisuuksien pienenemiseen on vaikuttanut ryömintätilaisten talojen osuuden kasvaminen 2000-luvulla. Ryömintätila on radonturvallinen ratkaisu, jos radonpitoisen ilman virtaus asuntoon estetään tiivistämällä alapohja ja läpiviennit.

Toinen radonpitoisuutta alentava tekijä on koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon yleistyminen. Nykyiset ilmanvaihtoa koskevat määräykset edellyttävät käytännössä koneellista tulo-poistoilmanvaihtoa. Tämä ilmanvaihtotapa minimoi paine-eron, joka lisää radonin virtausta asuntoon.

Kolmas radonpitoisuuksia pienentävä tekijä on uudisrakennusvaiheessa tapahtuva radontorjunta. Torjuntatoimia on toteutettu yleisesti vasta vuoden

1995 jälkeen, kun radonturvallisen rakentamisen ohjeita on ollut saatavilla. Vuoden 1995 jälkeen valmistuneissa matalaperustaisissa maanvaraisen laatan pientaloasunnoissa Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella 64 % on varustettu laatan alle asennetulla radonputkistolla. Putkiston osuus muun Suomen alueella on 14 %. Toisaalta perustusrakenteiden tiivistystä on tehty Hämeen ja Kaakkois-Suomen alueella alle 20 %:ssa ja muun Suomen alueella vain noin 14 %:ssa kyseisistä asunnoista.

Vaikka radonpitoisuudet ovat kääntyneet laskuun, on myös tekijöitä, jotka ovat hidastaneet tätä kehitystä. Radonaltiiden rinnetalojen osuus on kasvanut. Sekä rinne- että kellaritaloissa on 1980-luvun jälkeen yhä useammin rakennettu osittain tai kokonaan maanalaiseen kerrokseen asuintiloja, ja kulkuyhteys alemman kerroksen ja muun asunnon välillä on useammin kuin ennen avoin portaikko. Tämäntyyppiset ratkaisut kasvattavat radonpitoisuutta. Samaan suuntaan on vaikuttanut perusmuurin materiaalina yhä useammin käytettävä ilmaa läpäisevä kevytsoraharkko.

Vuonna 2004 tuli voimaan Rakentamismääräyskokoelman pohjarakenteita koskeva osa B3. Se edellyttää radonteknistä suunnittelua ennen rakennusluvan myöntämistä, ja radonpitoisuuden valmiissa asunnossa on oltava alle 200 Bq/m³. Kun määräyksen soveltamisen tulokset alkavat näkyä, on odotettavissa, että radonpitoisuuden aleneminen jatkuu.

6 Kirjallisuusviitteet

Arvela H, Mäkeläinen I, Castrén O. Otantatutkimus asuntojen radonista Suomessa. STUK-A108. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1993.

Arvela H, Castrén O. Asuntojen radonkorjauksen kustannukset Suomessa. STUK-A114. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1994.

Arvela H, Voutilainen A, Honkamaa T, Rosenberg A: High indoor radon variations and the thermal behaviour of eskers. *Health Physics* 1994; 67: 254–260.

Arvela H. Seasonal variation in radon concentration of 300 dwellings with model comparisons. *Radiation Protection Dosimetry* 1995; 59 (1): 33–42.

Arvela H, Reisbacka H. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A229. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Arvela H, Valmari T, Reisbacka H, Niemelä H, Oinas T, Mäkeläinen I, Laitinen-Sorvari R. Radontalkoot – Tilannekatsaus 2008. STUK-A233. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008.

Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Schaffrath Rosario A, Tirmarche M, Tomášek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal* 2005; 330: 23–227.

Koljonen T, Gustavsson N, Noras P, Tanskanen H. Näytteet, kemialliset analyysit ja tulosten käsittely. Kirjassa: Koljonen T (toim.). Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Espoo: Geologian tutkimuskeskus; 1992. s. 14–27.

Korkka-Niemi K. Cumulative geological, regional and site-specific factors affecting groundwater quality in domestic wells in Finland. *Monographs of the boreal environment research* 20. Helsinki: Finnish Environment Institute; 2001.

Lääkintöhallituksen ohjekirje nro 2/1986. Terveystieteiden tutkimuskeskuksen (469/65) ja -asetuksen (55/67) nojalla annetut huoneilman radonia koskevat ohjeet. Helsinki: Painatuskeskus Oy, 1986.

National Research Council. Risk Assessment of Radon in Drinking Water. Washington DC: National Academy of Sciences; 1999.

Rakennustieto Oy. Radonin torjunta. RT ohjekortti RT 81-10791, 2003.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. n:o 944, 1992.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Sisäilmaohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1997: 1.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003: 1.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysopas. Ympäristö ja terveys -lehti, 2005.

Sosiaali- ja terveysministeriö. Asumisterveysopas. Ympäristö ja terveys -lehti, 2008, 2. uudistettu painos.

Vesterbacka P, Mäkeläinen I, Arvela H. Natural radioactivity in drinking water in private wells in Finland. Radiation Protection Dosimetry 2005; 113: 223–232.

Voutilainen A, Mäkeläinen I, Reisbacka H, Castrén O. Asuntojen radonpitoisuus Suomessa. STUK-A146. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 1997.

Säteilyturvakeskus. Sisäilman radon. Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Helmikuu 2005.

Ympäristöministeriö. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2.

Ympäristöministeriö. Pohjarakenteet, Määräykset ja ohjeet. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa B3.

Ympäristöministeriö. Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa. Maanvastaisten rakenteiden radontekninen suunnittelu. Opas 2 1993. Helsinki: Painatuskeskus Oy; 1994.

- LIITE 1** TIEDONKERUULOMAKE (SUOMEKSI JA RUOTSIKSI)
- LIITE 2** SAATEKIRJE (SUOMEKSI JA RUOTSIKSI)
- LIITE 3** TAULUKOT
- LIITE 4** TILASTOT

PIENTALOASUNTO

Asuinpinta-ala on m²

Pientalotyyppi Laita rasti taloksi parhaiten kuvaavan kuvan alla olevaan ruutuun. Voitte myös piirtää selventäviä kuvia kohtaan lisäselvityksiä tai erilliselle paperille.

Kellariton talo

Talossa kelleri

Talossa osakellari

Talo rinteellä

Talo rinteellä

KELLARIKUOPPA (käynti luukun kautta)

Talon alla ei ole kellarikuoppaa

Talon alla on kellarikuoppa, jonka pinta-ala on m²

Kellarikuopan lattia materiaali

Betoni

Maa tai kallio

Muu, mikä

Kellarikuopan seinien materiaali

Betoni

Kevytsoraharkko

Muu, mikä

KELLARI, OSAKELLARI TAI RINNETALON ALIN KERROS

Alimman kerroksen käyttötarkoitus (merkitse kaikki sopivat vaihtoehdot)

Lämmityslaitteet Makuuhuone

Autotalli Työhuone

Talouskellari/varasto Takkahuone

Sauna Muu, mikä

Pesutilat

Alimman kerroksen tai kellarin pinta-ala on m²

Kulkuyhteys alimman kerroksen ja muun asunnon välillä

Avoin portaikko Portaat ja ovi Vain ulkokautta

Alimman kerroksen tai kellarin lattia materiaali

Betoni Maa tai kallio Muu, mikä

Maanvastaisten seinien materiaali

Betoni Kevytsoraharkko Muu, mikä

PIENTALON PERUSTAMISTAPA

Kellarittoman talon tai kellarittoman talon osan perustus, merkitse rasti oikeaan vaihtoehtoon A-D

A Perusmuuri ja maanvarainen lattialaatta

Perusmuuri (sokkeli)

Betonista Kevytsoraharkkoista En tiedä

B Reunajäykistetty laatta

Laatta, tavallisesti 8-12 cm

Sora

Sokkeli ja laatta valettu samanaikaisesti

C Ryömintätilainen perustus, jossa teräsbetoni- tai harkkosokkeli

Kantava alapohja, betonista tai puusta

Ryömintätila

Tuuletusaukko

Teräsbetoni- tai harkkosokkeli

Alapohja Betonista Puusta

D Ryömintätilainen perustus, jossa kivijalka

Puualapohja

Ryömintätila

Kivijalka

Yhdistelmä perustustavoista A-D, mistä

Muu, mikä

En tiedä

LISÄSELVITYKSIÄ (tarvittaessa eri paperille)

KIITOS VAIVANNÄÖSTÄ!
Tarkistathan vielä aloitus- ja lopetuspäivämäärät.



BOX 14, 00881 HELSINGFORS
Tel. (09) 759881

MÄTNING AV RADON I INNELUFT
65

SPVM
STUK fyller i NIMIKIRJ

Förman

Släktnamn

Näradress

Postnummer Postanstalt

Kommun

Telefonnummer -

Kryssa här, om mätningen utförs på arbetsplatsen, som inte står i förbindelse med egen bostad. Resultatet skall då anmälas till STUKS avdelning för användning av strålning i industrin.

Antal invånare Nuvarande invånare bott sedan år

Fastighetsbeteckning (debetsedeln för fastighetsskatt, fråga disponenten) - - - -

1. Burkens placering i bostaden

Rum Våning (1=marknivån)
 Vardagsrum 0 1 2 3
 Sovrum
 Annat, vilket

1. Burkens nr

2. Burkens placering i bostaden

Rum Våning (1=marknivån)
 Vardagsrum 0 1 2 3
 Sovrum
 Annat, vilket

2. Burkens nr

Begynnelse datum (dd.mm.åå)

Avslutningsdatum (dd.mm.åå)

Är detta den första radonmätningen i Er bostad?
 Ja Nej

Om inte, burkens nummer eller mätningens tidpunkt, om Ni vet dem

HUSET

Hustyp
 Egnahemshus Fritidshus
 Rad- eller parhus Annat, vilket

Flervåningshus

Färdigställt år

Tomt
Är huset byggt på berg?
 Nej Ja Berg har sprängts
Tilläggsuppgifter: byggnadsplatsens jordarter och fyllnadsjordens tjocklek

Värmekälla (det viktigaste = 1, näst viktigaste = 2)

Fjärr- eller distriktsvärme El
 Bränsolja Vet inte
 Ved eller torv Annan, vilken

Gas

Luftväxling
 Självdragsventilation Spisfläkten påkopplad timmar i dygnet
 Mekanisk frånluftsventilation, påkopplad timmar i dygnet
 Mekanisk till- och frånluftsventilation, påkopplad timmar i dygnet
 Vet inte

Fås hushållsvattnet från borrhunn?
 Nej Ja

Har radonhalten i borrhunnsvattnet mätts?
 Ja Nej

Min åsikt om ventilationens effektivitet
 Bra Någorlunda Dålig

Golvytans material (kryssa ett eller flera alternativ)
 Plastmatta Brädgolv
 Parkett Annat, vilket

VENTILATIONSROUTIN
Bostaden ventileras under uppvärmningsperioden (oktober-maj) genom öppet fönster
 Tillfälligt Nästan dagligen över 30 min
 Nästan dagligen under 10 min Om nätterna
 Nästan dagligen 10-30 min Ständligt

Huvudsakligt fasadmateriäl (kryssa bara ett alternativ)
 Trä Lättbetong
 Tegel Vet inte
 Betong Annat, vilket

RADONBEKÄMPNING VID NYPRODUKTION
Åtgärder man har vidtagit:
 Grundläggningen har tätats Annan åtgärd
 Under golvplattan har monterats utsugningsrör Inga åtgärder
 Utsugningsrör och fläkt påkopplad

Huvudsakligt byggnadsmateriäl i bärande konstruktioner (kryssa bara ett alternativ)
 Trä Lättbetong
 Tegel Vet inte
 Betong Annat, vilket

RADONREPARATIONSÅTGÄRDER
Har man i Er bostad gjort reparationer för att sänka radonhalten?
Ge en kort beskrivning av reparationer i fältet för tilläggsuppgifter.
 Nej Ja

Uppvärmningssätt (det viktigaste = 1, näst viktigaste = 2)
 Vattencentralvärme Ungaeldning
 Direkt elvärme Annat system, vilket

Luftcentralvärme (cirkulerande luft)

FLERVÅNINGSHUS (fyllas bara när bostad är flervåningshus)

Bostad i våningen. (våningen på marknivån är första vån)

Antal våningar (källaren räknas inte)

Har huset källarvåning?
 Nej Ja Bostadsyta m²

Under bostaden finns
 En annan bostad eller andra rum Jord eller berg

Antal friskluftventiler st
Ventilerna var öppna under radonmätningen Ja Nej

7892364784

0001

VÄND

SMÅHUS

Bostadsyta m²

Typ av småhus Kryssa för rutan under den bild, som bäst motsvarar Ditt hus. Du kan också rita klargörande skisser i fältet för tilläggsuppgifter eller på skilt papper.

Hus utan källare			
Källare			
Delkällare			
Terrasshus			
Terrasshus			

KÄLLARGROP (ingång genom lucka)

Under huset finns ingen källargrop

Under huset finns källargrop med utan m²

Källargropens golvmaterial är av

Betong

Jord eller berg

Annat, vilket

Källargropens väggar mot marken är av

Betong

Lättbetong

Annat, vilket

KÄLLARE, DELKÄLLARE ELLER TERRASSHUSETS BOTTENVÄNING

Bottenvåningens användning (kryssa för alla lämpliga alternativ)

Värmeanläggning Sovrum

Garage Arbetsrum

Förråd Gillesstuga

Bastu Annat, vilket

Tvättutrymmen

Bottenvåningens eller källarens yta m²

Förbindelse upp till den övriga bostaden

Öppen trappa Trappor och dörr Bara yttre vägen

Bottenvåningens eller källarens golvmaterial är av

Betong Jord eller berg Annat, vilket

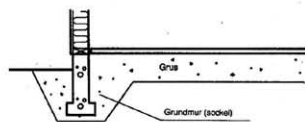
Bottenvåningens eller källarens väggar mot marken är av

Betong Lättbetong Annat, vilket

SMÅHUSETS GRUNDLÄGGNINGSSÄTT

Grundläggning för källarlöst hus eller för den del av hus, som är utan källare (kryssa rätt alternativ A-H)

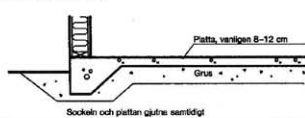
A Grundmur (sockel) och golvsplatta på mark



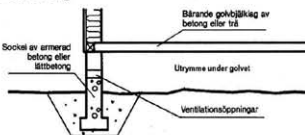
Grundmursmaterial

Betong Murblock av lättbetong Vet inte

B Kantförstyvad platta

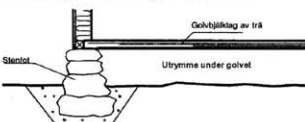


C Grund med utrymme under golvet och sockel av armerad betong eller lättbetong



Golvbjälklag av Betong Trä

D Grund med utrymme under golvet och stenot



Kombination av grundtyperna A-D, vilka

Annat, vilket

Vet inte

TILLÄGGSUPPGIFTER (på skilt papper vid behov)

Blank area for additional notes or drawings.

TACK FÖR BESVÄRET! Kontrollera ännu begynnelse- och avslutningsdatum.



SÄTEILYTURVAKESKUS
Tutkimus ja ympäristövalvonta

10.3.2006

Arvoisa Vastaanottaja

TUTKIMUS ASUNTOJEN SISÄILMAN RADONISTA

Teidät on valittu mukaan Säteilyturvakeskuksen tutkimukseen, jossa selvitetään sisäilman radonpitoisuutta Suomen kodeissa. Osanottajiksi on valittu satunnaisesti 6000 suomalaista. Edellinen vastaava tutkimus tehtiin vuosina 1990–1991.

Radon on hajuton ja näkymätön radioaktiivinen kaasu, jota joutuu asuntoihin talon alla olevasta maaperästä ja rakennusmateriaaleista. Radonille altistuminen lisää riskiä sairastua keuhkosyöpään. Tarkempia tietoja on oheisessa esitteessä ”Onko kodissasi radonia”, sekä internetissä osoitteessa www.stuk.fi/radon.

Jos päätätte osallistua tutkimukseen, saatte kotiinne kaksi radonmittauspurkkia. Ensimmäinen lähetetään huhtikuussa 2006. Pyöreä purkki on noin tulitikkulaatikon kokoinen. Sitä pidetään mittauksen ajan jossain kotinne asuinhuoneessa, esimerkiksi makuu- tai olohuoneessa. Lokakuussa 2006 pyydämme ensimmäisen purkin takaisin analysoitavaksi, ja lähetämme samalla uuden. Tämän toisen purkin pyydämme takaisin huhtikuussa 2007.

Lähetämme asuntonne mittaustulokset teille, kun molemmat purkit on analysoitu. Osallistumalla tähän tutkimukseen saatte nämä mittaukset ilmaiseksi. Säteilyturvakeskuksesta tilattuina mittausten hinta olisi 80 €. Mittaustuloksia ja muita antamiinne tietoja käsitellään luottamuksellisesti, eikä niitä luovuteta sivullisille. Tulokset julkaistaan yhteenvetoraporttina, josta teidän asuntoanne ei voida tunnistaa.

Jos haluatte osallistua tutkimukseen, palauttakaa oheinen lomake Säteilyturvakeskukseen mahdollisimman pian, mieluiten viikon sisällä sen saapumisesta. Postimaksu on maksettu. Vaihtoehtoisesti voitte ilmoittautua tutkimukseen myös internetin kautta. Osoite on www.webropol.com/radon.net ja salasana radon. Internetissä tarvitsette lomakkeella olevan henkilökohtaisen tunnuksen.

Toivomme teidän osallistuvan tutkimukseen, vaikka asuntonne radonpitoisuus olisi jo mitattu. Vuoden pituinen mittaus antaa tarkemman tuloksen kuin normaali kahden kuukauden mittaus.

Lisätietoja antavat erikoistutkija Ilona Mäkeläinen, puh 09 7598 8472, tutkija Heikki Reisbacka, puh 09 7598 8465 ja tutkija Tuomas Valmari, puh 09 7598 8471. Kysymyksiä voi lähettää myös sähköpostiosoitteeseen Radontutkimus@stuk.fi.

Kiitämme Teitä jo etukäteen yhteistyöstä.

Erikoistutkija

Ilona Mäkeläinen

Osoitelähde: Väestötietojärjestelmä, Väestörekisterikeskus, PL 70, 00581 HELSINKI



STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
Forskning och miljöövervakning

10.3.2006

Ärade mottagare

UNDERSÖKNING AV LUFTENS RADONHALT I BOSTÄDER

Ni har valts att delta i Strålsäkerhetscentralens undersökning, vilken skall kartlägga luftens radonhalt i finländska hem. 6000 finländare har slumpmässigt valts ut som deltagare i undersökningen. Den senaste motsvarande undersökningen gjordes åren 1990–1991.

Radon är en luktlös, osynlig gas, som kommer in i bostäder från jordmånen under huset och från byggnadsmaterialen. Utsättning för radon ökar risken att insjukna i lungcancer. Detaljerad information finns i den bifogade broschyren "Radon i inomhusluft" och på internet, www.stuk.fi/radon.

Om Ni väljer att delta i undersökningen, kommer vi att sända Er två radonmätningsturkar hem. Den första skickas i april 2006. Den runda burken är ungefär så stor som en tändsticksask. Den skall hållas i ett bebott rum i hemmet, t.ex. i sovrummet eller vardagsrummet. I oktober 2006 ber vi att få burken tillbaka för analys, och samtidigt skickar vi Er en ny. Den andra burken ber vi att få tillbaka i april 2007.

Vi skickar Er resultaten av mätningarna när båda burkarna är analyserade. Genom att delta i denna undersökning får Ni dessa mätningar utförda gratis. Om mätningarna beställs av Strålsäkerhetscentralen, skulle de kosta ca 80 €. Mätresultaten och andra uppgifter som Ni uppger kommer att behandlas konfidentiellt och de kommer inte att överlämnas till utomstående. Ett sammandrag av resultaten kommer att publiceras i en rapport, i vilken Er lägenhet inte kan identifieras.

Om Ni vill delta i undersökningen, returnera då den bifogade blanketten till Strålsäkerhetscentralen så fort som möjligt; helst inom en vecka efter att Ni fått den. Portot är betalt. Alternativt kan Ni anmäla Er till undersökningen via internet. Adressen är www.webropol.com/radon-sv.net och lösenordet är radon. På webbsidan behöver Ni den personliga koden från blanketten.

Vår önskan är att Ni deltar i undersökningen även om radonhalten i Er lägenhet redan skulle vara mätt. En årslång mätning ger ett noggrannare resultat än den vanliga mätningen på två månader.

Tilläggsuppgifter fås av specialforskare Ilona Mäkeläinen, tel 09 7598 8472, forskare Heikki Reisbacka, tel 09 7598 8465 samt forskare Tuomas Valmari, tel 09 7598 8471. Frågor kan också skickas till e-postadressen Radontutkimus@stuk.fi.

Tack på förhand för samarbetet.

Specialforskare

Ilona Mäkeläinen

Adresskälla: Befolkningsdatasystemet, Befolkningsregistercentralen, PB 70, 00581 HELSINGFORS

Taulukko I. Tutkimukseen valittujen henkilöiden määrä maakunnittain ja maakunnan asukkaiden lukumäärä vuoden 2005 väestötilastoja mukaan.

Maakunta	Otantaan valittujen henkilöiden määrä				Asukkaiden määrä maakunnassa, tuhatta		
	Pientalo-asunnot	Kerrostalo-asunnot	Muut asunnot*	Asunnot yhteensä	Pientalo-asukkaat	Kerrostalo-asukkaat	Asukkaat yhteensä
Ahvenanmaa	24	4	1	29	21	5	26
Etelä-Karjala	107	40	2	149	93	38	133
Etelä-Pohjanmaa	217	19	3	239	170	17	191
Etelä-Savo	127	43	5	175	118	37	158
Itä-Uusimaa	90	26	2	118	71	19	91
Kainuu	83	32	3	118	66	17	84
Kanta-Häme	150	49	6	205	117	46	166
Keski-Pohjanmaa	71	13	2	86	59	9	70
Keski-Suomi	225	99	4	328	185	76	265
Kymenlaakso	129	54	2	185	128	51	182
Lappi	196	51	6	253	141	37	183
Pirkanmaa	336	176	12	524	280	168	458
Pohjanmaa	182	46	3	231	127	40	171
Pohjois-Karjala	132	33	2	167	128	34	165
Pohjois-Pohjanmaa	335	93	10	438	289	78	373
Pohjois-Savo	193	87	3	283	170	71	245
Päijät-Häme	135	104	1	240	115	78	196
Satakunta	187	64	9	260	174	47	226
Uusimaa	736	735	17	1 488	592	718	1 325
Varsinais-Suomi	327	143	14	484	286	152	445
Yhteensä	3 982	1 911	107	6 000	3 327	1 735	5 154

* Tilastokeskuksen rakennusluokituksessa muissa kuin varsinaisissa asuinrakennuksissa sijaitsevat asunnot

Taulukko II. Mitattujen asuntojen määrä ja tutkimukseen osallistuminen maakunnittain.

Maakunta	Mitatut asunnot			Osallistuminen %		
	Pientalo- asunnot	Kerrostalo- asunnot	Asunnot yhteensä	Pientalo- asunnot	Kerrostalo- asunnot	Asunnot yhteensä
Ahvenanmaa	13	1	14	54	25	48
Etelä-Karjala	72	15	87	67	38	58
Etelä-Pohjanmaa	108	2	110	50	11	46
Etelä-Savo	68	11	79	54	26	45
Itä-Uusimaa	63	7	70	70	27	59
Kainuu	49	11	60	59	34	51
Kanta-Häme	87	13	100	58	27	49
Keski-Pohjanmaa	27	4	31	38	31	36
Keski-Suomi	133	39	172	59	39	52
Kymenlaakso	81	25	106	63	46	57
Lappi	110	10	120	56	20	47
Pirkanmaa	195	58	253	58	33	48
Pohjanmaa	90	11	101	49	24	44
Pohjois-Karjala	67	6	73	51	18	44
Pohjois-Pohjanmaa	178	18	196	53	19	45
Pohjois-Savo	104	28	132	54	31	47
Päijät-Häme	78	39	117	58	38	49
Satakunta	110	22	132	59	34	51
Uusimaa	441	236	677	60	32	45
Varsinais-Suomi	193	43	236	59	30	49
Yhteensä	2 267	599	2 866	58	31	48

Taulukko III. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon keskiarvo, mediaani ja suurin arvo (Bq/m³) maakunnittain painotettuna maakuntien pien- ja kerrostaloasukkaiden lukumäärillä.

Maakunta	Pientaloasunnot			Kerrostaloasunnot			Kaikki asunnot	
	Keski-arvo	Mediaani	Suurin	Keski-arvo	Mediaani	Suurin	Keski-arvo	Mediaani
Ahvenanmaa	116	115	301	16	16	16	98	75
Etelä-Karjala	180	129	1 443	40	32	91	138	81
Etelä-Pohjanmaa	80	55	484	25	25	27	75	50
Etelä-Savo	88	77	292	33	34	55	75	55
Itä-Uusimaa	317	200	2 269	94	77	184	270	162
Kainuu	150	69	2 100	42	32	140	128	57
Kanta-Häme	159	130	627	48	40	95	128	87
Keski-Pohjanmaa	45	41	124	32	27	57	43	39
Keski-Suomi	118	82	1 436	52	34	272	99	65
Kymenlaakso	230	186	877	83	61	460	188	120
Lappi	100	72	436	28	26	47	85	58
Pirkanmaa	176	124	1 492	46	36	183	127	69
Pohjanmaa	43	34	162	29	24	55	40	32
Pohjois-Karjala	108	95	457	75	48	201	101	75
Pohjois-Pohjanmaa	57	44	371	35	31	100	52	38
Pohjois-Savo	72	64	233	34	30	152	61	48
Päijät-Häme	218	167	1 086	103	59	687	172	114
Satakunta	64	49	251	32	26	61	57	43
Uusimaa	137	93	1 880	50	39	412	89	53
Varsinais-Suomi	95	71	476	33	29	82	73	48
Yhteensä	121	75	2 269	49	36	687	96	56

Taulukko IV. Radonpitoisuuden vuosikeskiarvon 200 Bq/m³, 400 Bq/m³ ja 800 Bq/m³ ylitykset maakunnittain painotettuna maakuntien pien- ja kerrostaloasukkaiden lukumäärillä, % asukkaista.

Maakunta	200 Bq/m ³			400 Bq/m ³			800 Bq/m ³		
	Pien-talo-asunnot	Kerros-talo-asunnot	Kaikki asunnot	Pien-talo-asunnot	Kerros-talo-asunnot	Kaikki asunnot	Pien-talo-asunnot	Kerros-talo-asunnot	Kaikki asunnot
Ahvenanmaa	15,4	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Etelä-Karjala	29,2	0,0	20,7	6,8	0,0	4,9	1,4	0,0	1,0
Etelä-Pohjanmaa	6,5	0,0	5,9	1,9	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
Etelä-Savo	2,9	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Itä-Uusimaa	50,8	0,0	40,1	22,2	0,0	17,5	7,9	0,0	6,3
Kainuu	12,2	0,0	9,7	8,2	0,0	6,5	4,1	0,0	3,2
Kanta-Häme	26,4	0,0	19,0	3,4	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
Keski-Pohjanmaa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Keski-Suomi	9,8	2,6	8,2	3,0	0,0	2,1	0,8	0,0	0,5
Kymenlaakso	48,1	4,0	35,6	12,3	4,0	10,0	3,7	0,0	2,6
Lappi	10,9	0,0	8,0	0,9	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Pirkanmaa	31,3	0,0	19,7	7,7	0,0	4,8	1,5	0,0	1,0
Pohjanmaa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pohjois-Karjala	11,9	16,7	12,9	1,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
Pohjois-Pohjanmaa	2,2	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pohjois-Savo	1,9	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Päijät-Häme	38,5	12,8	27,8	10,3	5,1	8,1	1,3	0,0	0,8
Satakunta	1,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uusimaa	17,2	0,8	8,3	5,0	0,8	2,7	0,9	0,0	0,4
Varsinais-Suomi	9,3	0,0	6,1	1,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	15,1	1,5	10,4	3,8	0,7	2,7	0,8	0,0	0,5

Tilastotietoja suomalaisista asunnoista

Tiedot perustuvat tutkimusaineistoon hyväksytyjen asukkaiden liitteen 1 tiedonkeruulomakkeen kysymyksiin antamiin vastauksiin. Tiedot on jaoteltu seuraavasti:

- Asukastiedot
- Mittaustiedot
- Talo
- Kerrostaloasunto
- Pientaloasunto
- Alin kerros ja kellari
- Perustamistapa, pientalot

Asukastiedot

Asukkaiden lukumäärä	Pientalot		Kerrostalot	
Keskiarvo	3,2		2,1	
Lukumäärä	2 246	99 %	586	98 %
Ei täytetty, lukumäärä	21	1 %	13	2 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Nykyiset asukkaat asuneet vuodesta	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
1900–1949	35	1,5 %	2	0,3 %
1950–1959	49	2,2 %	0	0,0 %
1960–1969	95	4,2 %	12	2,0 %
1970–1979	183	8,1 %	37	6,2 %
1980–1989	498	22,0 %	69	11,5 %
1990–1999	611	27,0 %	142	23,7 %
2000–	708	31,2 %	294	49,1 %
Ei täytetty	88	3,9 %	43	7,2 %
Yhteensä	2 267	100,0 %	599	100,0 %
Keskiarvo	Vuosi 1990		Vuosi 1996	
Mediaani	Vuosi 1993		Vuosi 2000	

Mittaustiedot

Radonmittauspurkin sijainti	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Makuuhuone	515	23 %	134	22 %
Olohuone	1 567	69 %	435	73 %
Muu	142	6 %	15	3 %
Ei täytetty	43	2 %	15	3 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Mittauskerros (pientalot)	Lkm	%
0	59	2,6 %
1	1 767	78 %
2	104	5 %
Ei täytetty	337	15 %
Yhteensä	2 267	100 %

Onko tämä ensimmäinen radonmittaus asunnossanne?	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Ei	130	5,7 %	1	0,2 %
Kyllä	2 089	92 %	569	95 %
Ei täytetty	48	2 %	29	5 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Talo

Talotyyppi	Lkm	%
Omakotitalo	1 774	78 %
Rivi- tai paritalo	483	21 %
Muu, mikä (vastaus tulkittu pientaloksi)	10	0,4 %
Yhteensä	2 267	100 %
Kerrostalo	596	99,5 %
Muu, mikä (vastaus tulkittu kerrostaloksi)	3	0,5 %
Yhteensä	599	100 %

Valmistumisvuosi	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Ennen vuotta 1940	164	7 %	37	6 %
1940 – 1944	19	1 %	3	1 %
1945 – 1949	80	4 %	3	1 %
1950 – 1954	129	6 %	16	3 %
1955 – 1959	107	5 %	21	4 %
1960 – 1964	102	4 %	47	8 %
1965 – 1969	100	4%	59	10 %
1970 – 1974	151	7 %	72	12 %
1975 – 1979	201	9 %	63	11 %
1980 – 1984	255	11 %	47	8 %
1985 – 1989	259	11 %	21	4 %
1990 – 1994	202	9 %	36	6 %
1995 – 1999	147	6 %	33	6 %
2000 –	236	10 %	56	9 %
Ei täytetty	115	5 %	85	14 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %
Keskiarvo	Vuosi 1974		Vuosi 1973	
Mediaani	Vuosi 1980		Vuosi 1974	

PERUSTAMISPAIKKA Onko talo perustettu kalliolle?	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Ei	1 773	78 %	291	49 %
Kyllä (ainoa valinta)	184	8 %	83	14 %
Kalliota louhittu (ainoa valinta)	104	5 %	40	7 %
Valittu sekä "Kyllä" että "Kalliota louhittu"	70	3 %	30	5 %
Epäselvä (Valittu "Ei" ja lisäksi jokin toinen vaihtoehto)	23	1 %	1	0 %
Ei täytetty	113	5 %	154	26 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Saadaanko talousvesi porakaivosta?	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Ei	2 009	89 %	502	84 %
Kyllä	202	9 %	1	0,2 %
Ei täytetty	56	2 %	96	16 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Porakaivoveden radonpitoisuus on tutkittu	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Kyllä	48	2 %	1	0,2 %
Ei täytetty	2 219	98 %	598	99,8 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %
Porakaivoista tutkittu	24 %		100 %	

Pääasiallinen julkisivumateriaali	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Puu	1 184	52 %	11	1,8 %
Tiili	823	36 %	179	30 %
Betoni	58	3 %	289	48 %
Kevytbetoni	33	1 %	19	3 %
En tiedä	4	0 %	42	7 %
Yhdistelmä	31	1 %	12	2 %
Muu	117	5 %	21	4 %
Ei täytetty	17	1 %	26	4 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Puu	1 756	77 %	6	1 %
Tiili	108	5 %	43	7 %
Betoni	198	9 %	415	69 %
Kevytbetoni	46	2 %	6	1 %
En tiedä	63	3 %	83	14 %
Yhdistelmä	24	1 %	7	1 %
Muu	35	2 %	9	2 %
Ei täytetty	37	2 %	30	5 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Esisijainen lämmitystapa	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Vesikeskuslämmitys	1 133	50 %	468	78 %
Suora sähkö	795	35 %	44	7 %
Kiertoilmalämmitys	38	2 %	4	1 %
Uuni	199	9 %	25	4 %
Muu	71	3 %	0	0 %
Ei täytetty	31	1 %	58	10 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Esisijainen lämmönlähde	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Kauko- tai aluelämpö	322	14 %	505	84 %
Polttoöljy	522	23 %	22	4 %
Puu tai turve	444	20 %	2	0 %
Kaasu	10	0 %	3	1 %
Sähkö	900	40 %	29	5 %
Muu	36	2 %	1	0 %
En tiedä	6	0 %	21	4 %
Ei täytetty	27	1 %	16	3 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Toissijainen lämmitystapa	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Vesikeskuslämmitys	7	0 %	1	0 %
Suora sähkö	180	8 %	3	1 %
Kiertoilmalämmitys	12	1 %	2	0 %
Uuni	670	30 %	3	1 %
Muu	90	4 %	10	2 %
Ei täytetty	1 308	58 %	580	97 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Toissisijainen lämmönlähde	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Kauko- tai aluelämpö	3	0,1 %	10	1,7 %
Polttoöljy	46	2 %	4	1 %
Puu tai turve	693	31 %	4	1 %
Kaasu	1	0 %	1	0,2 %
Sähkö	315	14 %	10	2 %
Muu	42	2 %	3	1 %
En tiedä	6	0,3 %	1	0,2 %
Ei täytetty	1 161	51 %	566	94 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Ilmanvaihto	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Painovoimainen	1 194	53 %	134	22 %
Koneellinen poisto	394	17 %	290	48 %
Koneellinen tulo- ja poisto	482	21 %	51	9 %
En tiedä	33	1 %	76	13 %
Yhdistelmä (valittu useampi kuin 1 vaihtoehto)	55	2 %	20	3 %
Ei täytetty	109	5 %	28	5 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Koneellisen ilmanvaihdon käyttöaika vuorokaudessa	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	Keskiarvo tuntia/vrk	Lkm	Keskiarvo tuntia/vrk
Painovoimainen (liesituuletin)	1 099	3,4	130	5,5
Koneellinen poisto	336	15,5	117	14,7
Koneellinen tulo- ja poisto	349	20,4	23	16,0

Ilmanvaihdon tehokkuus mielestäni	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Hyvä	771	34 %	144	24 %
Kohtuullinen	1 241	55 %	321	54 %
Huono	166	7 %	111	19 %
Ei täytetty	89	4 %	23	4 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

TUULETUSTAVAT Asunnossa tuuletetaan lämmityskauden aikana (loka–toukokuu) avoimen ikkunan kautta:	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Satunnaisesti	1 327	59 %	190	32 %
Lähes päivittäin alle 10 min	336	15 %	100	17 %
Lähes päivittäin 10–30 min	332	15 %	148	25 %
Lähes päivittäin yli 30 min	103	5 %	72	12 %
Öisin	8	0,4 %	1	0,2 %
Jatkuvasti	19	1 %	19	3 %
Yhdistelmä edellisistä	102	4 %	50	8 %
Ei täytetty	40	2 %	19	3 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Rakennusvaiheen radontorjunta	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
Tiivistys	102	4 %	13	2 %
Imuputkisto	61	3 %	3	1 %
Imuputkisto ja imuri toiminnassa	4	0,2 %	2,0	0 %
Muu	30	1 %	4	1 %
Yhdistelmä (valittu useampi kuin 1 vaihtoehto)	31	1 %	1	0,2 %
Ei toimenpiteitä	1 517	67 %	214	36 %
Ei täytetty	522	23 %	362	60 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

RADONKORJAUSTOIMENPITEET Onko asunnossanne tehty korjauksia radonpitoisuuden alentamiseksi?	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
On	15	0,7 %	1	0,2 %
Ei	2 043	90 %	419	70 %
Ei täytetty	209	9 %	179	30 %
Yhteensä	2 267	100 %	599	100 %

Kerrostaloasunto

Asunto kerroksessa ja kerrosten lukumäärä	Asunto kerroksessa		Kerrosten lukumäärä	
Kerros	Lkm	%	Lkm	%
1	93	16 %	0	0 %
2	160	27 %	44	7 %
3	135	23 %	147	25 %
4	86	14 %	133	22 %
5	36	6 %	66	11 %
6	30	5 %	70	12 %
7	21	4 %	64	11 %
8	8	1 %	37	6 %
9	2	0,3 %	7	1,2 %
10	0	0 %	1	0,2 %
11	0	0 %	2	0,3 %
12	0	0 %	2	0,3 %
13	0	0 %	0	0 %
14	1	0,2 %	1	0,2 %
15	0	0 %	0	0 %
16	0	0 %	1	0,2 %
Ei täytetty	27	5 %	24	4 %
Yhteensä	599	100 %	599	100 %

Onko talossa kellarikerros?	Lkm	%
On	353	59 %
Ei	212	35 %
Ei täytetty	34	6 %
Yhteensä	599	100 %

Asunnon alapuolella on	Lkm	%
Toinen asunto tai muita tiloja	523	87 %
Maa tai kallio	47	8 %
Yhdistelmä edellisistä	2	0 %
Ei täytetty	27	5 %
Yhteensä	599	100 %

Asuinpinta-ala m ²	Pientalot		Kerrostalot	
	Lkm	%	Lkm	%
0–25	1	0,0 %	5	1 %
25–50	18	0,8 %	76	13 %
50–75	115	5,1 %	246	41 %
75–100	329	14,5 %	161	27 %
100–125	646	28,5 %	25	4 %
125–150	290	12,8 %	4	1 %
150–200	338	14,9 %	2	0 %
200–250	109	4,8 %	3	1 %
250–300	40	1,8 %	0	0 %
300–	24	1,1 %	0	0 %
Ei täytetty	357	15,7 %	77	13 %
Yhteensä	2 267	100,0 %	599	100 %
Keskiarvo	129 m ²		68 m ²	
Mediaani	120 m ²		67 m ²	

Pientaloasunto

Pientalotyyppi*	Kerrosten lukumäärä			Yhteensä	%
	1	1,5	2		
Kellariton talo	717	328	208	1 253	55 %
Talossa kellari	39	64	108	211	9 %
Talossa osakellari	114	96	98	308	14 %
Talo rinteellä (a)	102	53	42	197	9 %
Talo rinteellä (b)	38	24	29	91	4 %
Ei täytetty	0	0	0	207	9 %
Yhteensä	1 010	565	485	2 267	100 %

* Katso kuva tiedonkeruulomakkeen sivulla 2, vasemmalla ylhäällä (liite 1)

Onko talon alla kellarikuoppa?	Lkm	%
On	155	7 %
Ei	1 146	51 %
Ei täytetty	966	43 %
Yhteensä	2 267	100 %

Kellarikuopan pinta-ala m ²	Lkm	%
0–1,99	24	15 %
2–4,99	68	44 %
5–9,99	30	19 %
10–	17	11 %
Ei täytetty	16	10 %
Yhteensä	155	100 %

Kellarikuopan lattiamateriaali	Lkm	%
Betoni	90	58 %
Maa tai kallio	36	23 %
Muu	16	10 %
Yhdistelmä	6	4 %
Ei täytetty	7	5 %
Yhteensä	155	100 %

Kellarikuopan maanvastaisten seinien materiaali	Lkm	%
Betoni	107	69 %
Kevytsoraharkko	23	15 %
Muu	15	10 %
Yhdistelmä	3	2 %
Ei täytetty	7	5 %
Yhteensä	155	100 %

Alin kerros ja kellari

Alimman kerroksen käyttötarkoitus Koskee vain kellari- ja rinnetaloja	Lkm	%
Asuinkäytössä*	509	63 %
Ei asuinkäytössä**	219	27 %
Ei täytetty	79	10 %
Yhteensä	807	100 %

* Täytetty vähintään yksi kohdista makuuhuone, työhuone tai takahuone

** Täytetty vähintään yksi kohta, mutta ei yhtään yllä mainituista

Kulkuyhteys alimman kerroksen ja muun asunnon välillä Koskee vain kellari- ja rinnetaloja	Lkm	%
Avoin portaikko	200	25 %
Portaat ja ovi	390	48 %
Vain ulkokautta	119	15 %
Ei täytetty	98	12 %
Yhteensä	807	100 %

Alimman kerroksen tai kellarin lattiamateriaali Koskee vain kellari- ja rinnetaloja	Lkm	%
Betoni	607	75 %
Maa tai kallio	40	5 %
Muu	25	3 %
Yhdistelmä	73	9 %
Ei täytetty	62	8 %
Yhteensä	807	100 %

Alimman kerroksen maanvastaisten seinien materiaali Koskee vain kellari- ja rinnetaloja	Lkm	%
Betoni	473	59 %
Kevytsojarahkko	179	22 %
Muu	31	4 %
Yhdistelmä	56	7 %
Ei täytetty	68	8 %
Yhteensä	807	100 %

Perustamistapa, pientalot (Kellariton talo tai talon osa)

Matalaperustaiset talot (Kellariton talo)	Lkm	%
Perusmuuri ja maanvarainen laatta	688	55 %
Reunavahvistettu laatta*	169	13 %
Ryömintätila, betonisokkeli	100	8 %
Ryömintätila, kivijalka	50	4 %
Yhdistelmä edellisistä	31	2 %
Muu	16	1 %
En tiedä	82	7 %
Epäselvä	1	0 %
Ei täytetty	116	9 %
Yhteensä	1 253	100 %

Kellari- ja rinnetalot	Lkm	%
Perusmuuri ja maanvarainen laatta	221	27 %
Reunavahvistettu laatta*	37	5 %
Ryömintätila, betonisokkeli	55	7 %
Ryömintätila, kivijalka	37	5 %
Yhdistelmä edellisistä	37	5 %
Muu	7	1 %
En tiedä	35	4 %
Epäselvä	0	0 %
Ei täytetty	378	47 %
Yhteensä	807	100 %

Pientalotyyppi ei tiedossa	Lkm	%
Perusmuuri ja maanvarainen laatta	23	11 %
Reunavahvistettu laatta*	7	3 %
Ryömintätila, betonisokkeli	3	1 %
Ryömintätila, kivijalka	5	2 %
Yhdistelmä edellisistä	0	0 %
Muu	0	0 %
En tiedä	5	2 %
Epäselvä	0	0 %
Ei täytetty	164	79 %
Yhteensä	207	100 %

*Tiedonkeruulomakkeella (liite 1) käytetty termiä reunajäykistetty laatta

STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A242 Mäkeläinen I, Kinnunen T, Reisbacka H, Valmari T, Arvela H. Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. Helsinki 2009.

STUK-A241 Saxén R, Outola I. Vesistöjen ja juomaveden ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr ja ³H sekä pitoisuuksien arviointi valmiustilanteessa. Helsinki 2009.

STUK-A240 Kostiainen E, Ylipietä J. Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä. Helsinki 2009.

STUK-A239 Toroi P. Patient exposure monitoring and radiation qualities in two-dimensional digital x-ray imaging. Helsinki 2009.

STUK-A238 Ilus E. Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. Doctoral thesis. Helsinki 2009.

STUK-A237 Arvela H, Reisbacka H. Radonsanering av bostäder. Helsinki 2009.

STUK-A236 Saxén R, Rask M, Ruuhijärvi J, Vuorinen P, Rantavaara A, Koskelainen U. ¹³⁷Cs in small forest lakes of Finland after the Chernobyl accident. Helsinki 2009.

STUK-A235 Mustonen R, Sjöblom K-L, Bly R, Havukainen R, Ikäheimonen T, K, Kosunen A, Markkanen M, Paile W. Säteilysuojelun perussuositukset 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. Helsinki 2009.

STUK-A234 Belyakov OV (Ed.). Non-targeted effects of ionising radiation. Proceedings of the RISC-RAD specialised training course “Non-targeted effects of ionising radiation”. STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finland 14–16 February 2005. Helsinki 2008.

STUK-A233 Arvela H, Valmari T, Reisbacka H, Niemelä H, Oinas T, Mäkeläinen I, Laitinen-Sorvari R. Radontalkoot – Tilannekatsaus 2008. Helsinki 2008.

STUK-A232 Kiljunen T. Patient doses in CT, dental cone beam CT and in projection radiography in Finland, with emphasis on paediatric patients. Helsinki 2008.

STUK-A-raportit STUKin verkkosivuilla:

www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/tutkimusjulkaisut



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-506-8

ISSN 0781-1705

Edita Prima Oy, Helsinki 2009