



HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖLAUTAKUNNAN
JULKAISUJA 2/1992

Jussi Rintala, Markku Viinikka,
Seppo Ahonen ja Pertti Forss

RADONMITTAUKSET HELSINGISSÄ

HELSINKI

1992

Radonmittaukset Helsingissä

1.	Johdanto	1
2.	Luonnossa esiintyvä säteily	2
3.	Radon	2
3.1.	Radon ja sen hajoamistuotteet	2
3.2.	Radonin terveysriskit	4
3.3.	Radonin esiintyminen huoneilmassa	5
3.4.	Radonin ohjearvot ja toimenpiteet asuntojen radonpitoisuuden alentamiseksi	7
4.	Mittaukset	8
4.1.	Mittausten suorittaminen	8
4.2.	Mittauskohteiden valinta	9
5.	Tulokset ja niiden tarkastelu	10
6.	Koulujen ja päiväkotien radonmittaukset	15
7.	Porakaivoveden radonmittaukset	16
8.	Viranomaisten toimenpiteet	17
9.	Radonennustekartta	19
10.	Johtopäätökset	21
11.	Yhteenveto	22
	Kirjallisuus	

RADONMITTAUKSET HELSINGISSÄ

1. Johdanto

Huoneilman radon on merkittävä riskitekijä, sillä yli puolet suomalaisten saamasta säteilystä on peräisin huoneilman radonista. Suomessa ja Ruotsissa radonpitoisuudet ovat huomattavasti maailman keskitasoa korkeammat.¹ Kohonneita huoneilman radonpitoisuuksia on mitattu myös mm. USA:ssa, Norjassa, Kanadassa, Englannissa ja Sveitsissä.²

Suomessa säteilyturvakeskus aloitti huoneilman radonpitoisuuskartoitukset vuonna 1980.² Alustava asuntojen radonkartoitus oli tehty jo vuosina 1977 - 1978.³ Helsingin kaupungin terveysturvakeskuksen valvontaosasto, nykyinen ympäristökeskus, aloitti huoneilman radonpitoisuusmittaukset yhteistyössä säteilyturvakeskuksen kanssa talvikaudella 1983 - 1984. Säteilyturvakeskus oli tätä ennen mitannut huoneilman radonpitoisuuden runsaassa parissakymmenessä asunnossa Helsingissä. Näiden mittausten ja säteilyturvakeskuksen koko maata koskevan yhteenvedon perusteella pääteltiin, että Helsingissä saattaisi olla alueita, joilla asuntojen huoneilman radonpitoisuus olisi korkea.⁴ Mittauksia jatkettiin talvikaudella 1985 - 1986, talvella 1987 sekä talvella 1988. Kaikkiaan Helsingin kaupungin ympäristökeskus on mitannut huoneilman radonpitoisuuden 447 asunnossa.

Säteilyturvakeskus on tehnyt yhteistyössä Helsingin kaupungin kouluviraston ja henkilöstöasiainkeskuksen kanssa marras-joulukuussa 1988 radonpitoisuusmittauksen 88 helsinkiläisessä koulussa. Samoin yhteistyössä säteilyturvakeskus ja henkilöstöasiainkeskus mittasivat radonpitoisuuden 98 helsinkiläisessä päiväkodissa helmi-maaliskuussa 1991. Suurimmassa osassa päiväkodeista mittaukset toistettiin elo-syyskuussa samana vuonna.

Pohjaveden suuret radonpitoisuuden vaihtelut oli todettu säteilyturvakeskuksen suorittamissa mittauksissa jo 1960-luvun loppupuolella. Porakaivoissa radonpitoisuus oli keskimäärin suurempi kuin rengaskaivoissa tai lähteissä. Suurin Suomessa mitattu porakaivoveden radonpitoisuus on yli 40 000 Bq/l.⁵ Helsingin kaupungin ympäristökeskus on mitannut veden radonpitoisuuden 85 porakaivosta.

2. Luonnossa esiintyvä säteily

Ionisoivaa säteilyä on kaikkialla eikä sitä voi millään toimenpiteillä kokonaan välttää. Luonnonsäteilystä osa koostuu avaruussäteilystä ja elimistön kalium 40:stä saatavasta säteilystä, joista saatavat annokset ovat melko samanlaisia kaikkialla maapallolla. Avaruussäteilyn voimakkuus suurenee hiukan etäännyttäessä päiväntasaajasta ja korkeuden merenpinnasta kasvaessa. Suomessa kosminen säteily aiheuttaa 0,3 mSv:n annoksen vuodessa. Elimistön kalium 40:stä saatavan säteilyn määräksi arvioidaan 0,17 mSv vuodessa. Annos on miehillä hiukan suurempi kuin naisilla, sillä lihaskudos sisältää enemmän kaliumia kuin rasvakudos. Ravinnon ja juomaveden mukana elimistöön joutuu kalium 40:n lisäksi muita radionuklideja, joiden aiheuttaman vuotuisen säteilyn suuruudeksi arvioidaan keskimäärin 0,2 mSv.⁶

Ulkoisen säteilyn aiheuttama annos riippuu asuinpaikasta. Suomessa maaperästä ja rakennusmateriaaleista saatava gammasäteily on keskimäärin 0,5 mSv vuodessa. Se on huomattavasti maapallon keskimäärää suurempi ja johtuu uraanipitoisesta graniittikallioperästämme.⁶

Kokonaissäteilyannokseen lasketaan mukaan myös lääketieteellinen säteilyn käyttö, joka aiheuttaa suomalaisille keskimäärin 0,7 mSv:n annoksen vuodessa.⁷

Suurimman säteilylähteen muodostaa huoneilman radon, jonka pitoisuuden aritmeettinen keskiarvo Suomessa on 100 Bq/m³. Tämä aiheuttaa vuodessa 2,2 - 5 mSv:n annoksen laskemistavasta riippuen.^{2,6}

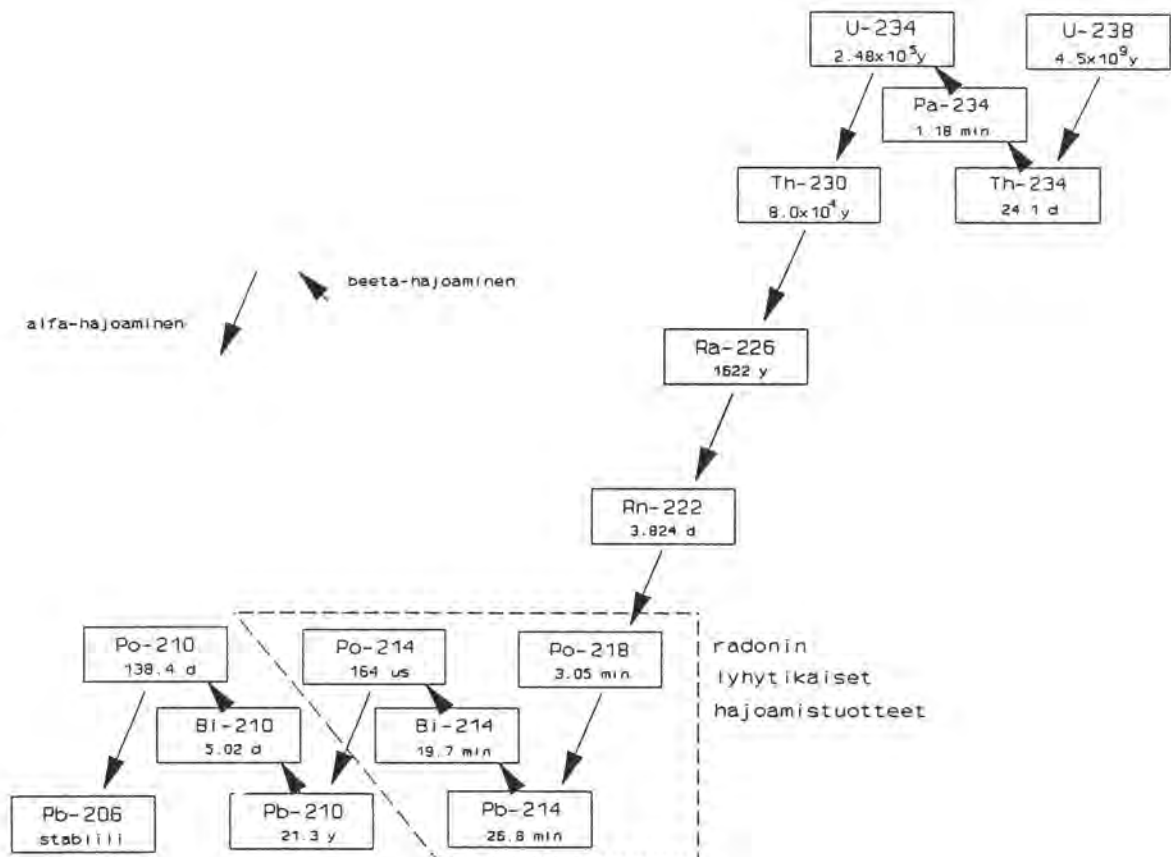
3. Radon

3.1. Radon ja sen hajoamistuotteet

Radon on luonnossa esiintyvä radioaktiivinen jalokaasu. Sitä muodostuu kaikkialla maa- ja kallioperässä olevien radioaktiivisten

alkuaineiden, uraanin ja toriumin hajoamissarjoissa. Toriumin hajoamissarjassa on kaikkiaan 12 jäsentä, joista yksi on radonin isotooppi ^{220}Rn . Sen puoliintumisaika on 55 sekuntia eikä se näin ollen aiheuta merkittävää ongelmaa asuinympäristössä. Myös aktiniumsarjassa, jonka kantanuklidi on ^{235}U , esiintyy hyvin lyhytikäinen radonin isotooppi, ^{219}Rn , jonka puoliintumisaika on vain 4 sekuntia.⁸

Luonnossa esiintyvistä uraanista 99,3 % on isotooppia ^{238}U , joka on uraanisarjan kantanuklidi. Hajoamissarja on esitetty yksinkertaistetussa muodossa kuvassa 1. Siinä on 15 eri jäsentä, ja sarja päättyy lyijyn stabiiliin isotooppiin ^{206}Pb . Tässä sarjassa esiintyy radonin isotooppi, ^{222}Rn , jonka puoliintumisaika on muihin radonin isotooppeihin verrattuna pitkä, noin 3,8 vuorokautta. Pitkästä puoliintumisajasta johtuen tämä radonin isotooppi aiheuttaa huoneilman korkeat radonpitoisuudet.⁸



Kuva 1. Uraani-radiumsarja hieman yksinkertaistettuna.⁸

Radonin hajoamistuotteita on kahdeksan ja ne ovat poloniumin, vismutin ja lyijyn isotooppeja. Neljän ensimmäisen hajoamistuot-

teen puoliintumisaika on lyhyt ja niitä kutsutaankin radonin lyhytikäisiksi hajoamistuotteiksi. Näiden lyhytikäisten hajoamistuotteiden aiheuttamasta säteilystä johtuvat radonin terveydelliset haittavaikutukset. Ihmisen kannalta vahingollisinta on suoraan soluihin kohdistuva, ^{218}Po :n ja ^{214}Po :n hajoamisen yhteydessä syntyvä, alfasäteily.²

Maankuoressa syntyy jatkuvasti radonia radiumin hajotessa. Osa radonatomeista irtoaa hajoamisen yhteydessä kiviaineksen kiderakenteesta ja sinkoutuu kiviaineksen huokosiin. Näistä osa jää huokostilaan ja osa törmää seinämiin jääden niihin kiinni. Valtaosa huokostilan radonista ehtii hajota pääsemättä koskaan vapaaseen ilmatilaan. Huokosissa oleva vesi estää atomien kiinnittymistä seinämiin ja ne jäävät veteen. Täten huokosissa oleva vesi estää ilman liikkumista ja radonin vapautumista vapaaseen ilmaan, ellei vesi sitä sinne kuljeta. Huokosissa olevan ilman ja veden mukana radon voi kulkeutua pitkiäkin matkoja syntypaikaltaan. Ilman ja veden liikkeiden sekä diffuusion avulla radon pääsee vapautumaan vapaaseen ilmatilaan. Erittymisnopeudeksi maaperästä arvioidaan yksi atomi sekunnissa neliösenttimetriä kohden.^{6,9}

Maaperän ilmanläpäisevyydellä on tärkeä merkitys radonin kulkeutumiselle vapaaseen ilmatilaan. Hiekka ja sora läpäisevät kaasuja parhaiten, joten harjuaalueilla radonia voi erittyä suurista aine-
määristä. Moreenissa radonin erittyminen saattaa vaihdella suuresti ja on suurin löyhässä hiekkamoreenissa ja pienin tiiviissä savimoreenissa. Savi läpäisee huonosti kaasuja, joten radon pääsee erittymään savialueilla hyvin ohuesta maakerroksesta.¹⁰ Myös maaperän vesipitoisuudella on merkitystä radonin erittymiseen. Huokosissa oleva vesi estää ilman kulkeutumista huokosissa, jolloin radon ei pääse vapaaseen ilmaan.⁹

3.2. Radonin terveysriskit

Ionisoivan säteilyn haittavaikutukset perustuvat DNA-molekyylin vaurioitumiseen. Jos säteilyn aiheuttama DNA-vaurio on paha, solu kuolee eikä sillä ole merkitystä elimistön kannalta, ellei tuhottuneiden solujen määrä ole kovin suuri. Säteily voi kuitenkin aiheuttaa DNA-molekyylissä sellaisia vaurioita, jotka jakautuvissa soluissa periytyvät ja muuttavat solun käyttäytymistä pysyvästi. Tällainen muutos voi johtaa vaurioituneiden solujen kontrolloimattomaan lisääntymiseen, josta voi kehittyä syöpä.⁸

Radon itsessään ei aiheuta merkittävää säteilyannosta, sillä kaasumaisena aineena se ei jää hengitysteihin. Radonin hajoamistuotteet kiinnittyvät huonetilassa seiniin, kalusteisiin ja herkästi myös ilmassa leijuviin hiukkasiin. Osa hajoamistuotteista on ilmassa myös vapaina atomeina tai ioneina. Nämä hiukkasiin kiinnittyneet tai vapaana ilmassa olevat hajoamistuotteet kulkeutuvat hengityksen mukana keuhkoihin. Hengitysilma keuhkoihin jäävät radonin hajoamistuotteet luovuttavat lähes koko alfaenergiansa keuhkokudokseen.⁸ Alfahiukkasten kantama keuhkokudoksessa on vain 0,05 - 0,07 mm. Keuhkojen limakalvo on kuitenkin riittävän ohut päästääkseen alfasäteilyn lävitseen tyvisolukerrokseen, joka jakautuvana solukkona on herkkä säteilyn haittavaikutuksille.^{2,11}

Keuhkojen saamaa säteilyaltistusta kuvaa parhaiten se, kuinka paljon alfaenergiaa vapautuu ennen hajoamistuotteiden muuttumista lyijy-210:ksi. Alfaenergiapitoisuuden yksikkö on $\mu\text{J}/\text{m}^3$. Huoneilmasta ei yleensä mitata alfaenergiapitoisuutta, vaan se voidaan laskea huoneilman radonpitoisuudesta käyttämällä tasapainotekijää 0,446 (tasapainotekijä ilmoittaa todellisen ja teoreettisen hajoamistuotepitoisuuden suhteen). Tällöin radonpitoisuus $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$ vastaa alfaenergiapitoisuutta $0,25 \mu\text{J}/\text{m}^3$.^{8,12}

On mahdotonta laskea tarkasti todellista keuhkokudoksen saamaa efektiivistä alfasäteilyannosta. Yleensä käytetään yksikkönä WLM (working level month). Yksi WLM tarkoittaa sitä, että ihminen hengittää ilmaa, jonka radonpitoisuus on $7400 \text{ Bq}/\text{m}^3$, 170 tunnin ajan. Huoneessa, jonka radonpitoisuus on $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ja jossa ollaan 75 % ajasta, ihminen saa vuosittain 1 WLM:n säteilyannoksen. Suomessa keskimääräinen huoneilman radonpitoisuus on $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$, mikä merkitsee 0,5 WLM:n vuosiannosta. Epidemiologisiin tutkimuksiin verrattaessa 0,5 WLM:n vuosiannos saattaisi aiheuttaa lähes 25 % keuhkosyöpätapauksista.¹³

3.3. Radonin esiintyminen huoneilmassa

Huoneilmaan radonia tulee maaperästä ilmavirtausten mukana ja diffuusion avulla. Lisäksi sitä esiintyy rakennusmateriaaleissa jonkin verran. Talousvedestä peräisin oleva radon voi aiheuttaa korkeita radonpitoisuuksia joissain asunnoissa. Ilmanvaihdon mukana ulkoilmasta tulevan radonin osuus on merkityksettömän pieni samoin kuin talouskaasusta peräisin olevan radonin.⁶

Huoneilman korkeat radonpitoisuudet johtuvat lähes poikkeuksetta maaperästä peräisin olevasta radonista, joka tulee rakennukseen perustuksen läpi paine-eroja tasaavan ilmavirtauksen mukana. Paine-ero huoneilman ja ulkoilman välillä saattaa varsinkin lämmityskautena olla huomattava. Lisäksi tiivis rakentaminen on aiheuttanut sen, että osa korvausilmasta rakennuksiin tulee usein alapohjan kautta. Perustuksessa on halkemia, epätiiviyttä liitoksia tai läpivientejä, joiden kautta ilma pääsee kulkeutumaan sisätiloihin. Jos rakennuksessa on laajapintaisia hyvin läpäiseviä rakenneosia maata vasten, voi radon myös diffundoitua sisätiloihin.^{6,14}

Maaperän huokosissa radonpitoisuus saattaa olla tuhatkertainen tavalliseen huoneilman pitoisuuteen verrattuna. Normaalisti tiivis maaperän pintakerros estää tehokkaasti radonin erittymistä ilmaan, mutta rakentamisen yhteydessä pintakerros poistetaan, jolloin huokosissa olevan ilman kulkeutuminen ulkoilmaan helpottuu. Myös pohjaveden pinnan aleneminen kuivatuksen seurauksena helpottaa ilman liikkeitä maaperän huokosissa. Maaperästä erittyvän radonin määrä riippuu maa- ja kallioperän radiumpitoisuudesta ja rakenteesta. Rikkonaisen kallioperän ja läpäisevien maalajien alueella radonia saattaa tulla hyvinkin syvältä ja laajalta alueelta.^{6,8,14}

Rakennusmateriaalien sisältämä radium 226 muodostaa hajotessaan jatkuvasti radonia, josta osa pääsee diffundoitumaan huoneilmaan. Korkeita huoneilman radonpitoisuuksia on mitattu esim. Ruotsissa, jossa alunaliuskepohjaista kevytbetonia on käytetty rakennusmateriaalina.⁸ Säteilyturvakeskuksen tutkimusten mukaan Suomessa ei ole käytössä korkeita radioaktiivisuuspitoisuuksia sisältäviä rakennusmateriaaleja.¹⁵

Radonpitoinen talousvesi voi joissakin yksittäistapauksissa olla huoneilman tärkein radonlähde. Radonin vapautuminen talousvedestä tapahtuu vettä käytettäessä. Vapautumista lisää veden keittäminen ja juoksuttaminen. Huoneilman radonpitoisuus riippuu käytetyn veden määrästä ja vaihtelee ajallisesti hyvinkin paljon ja on korkeimmillaan niinä vuorokauden aikoina, jolloin vettä käytetään runsaasti. Huoneilman ja veden radonpitoisuuden suhteeksi on määritetty ns. siirtokerroin, joka on 10^{-4} . Se on melko karkea ja yksittäistapaukseen käytettäessä se saattaa johtaa melko kauas todellisesta pitoisuudesta. Jos talousveden radonpitoisuus on 4000 Bq/l, voidaan siitä arvioida aiheutuvan huoneilmaan 400 Bq/m³ radonpitoisuuden.⁸

Riippumatta siitä, mistä lähteestä radon kulkeutuu huoneilmaan, on asunnon ilmanvaihdolla suuri merkitys huoneilman radonpitoisuuteen. Huono tuloilman saanti saattaa aiheuttaa asunnoissa maaperään nähden alipaineen, mikä tehostaa radonin tunkeutumista sisätiloihin. Myös ilmanvaihtuvuus on usein alle suositusten. Työterveyslaitoksen suorittamien mittausten mukaan 46 % mitatuista ilmanvaihtokertoimista pientaloissa alitti Suomen rakentamismääräyskokkoelman ja lääkintöhallituksen ohjeiden mukaisen vähimmäisilmanvaihtuvuuden $0,5 \text{ h}^{-1}$.¹⁶

3.4. Radonin ohjearvot ja toimenpiteet asuntojen radonpitoisuuden alentamiseksi

Lääkintöhallituksen 10.2.1986 antaman ohjekirjeen mukaan radonin hajoamistuotteiden alfaenergian enimmäispitoisuus asunnon huoneilmassa ei saa ylittää $2,0 \mu\text{J}/\text{m}^3$, joka vastaa radonin pitoisuutta $800 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Uusien asuntojen, joiden rakennuslupa on myönnetty 1.1.1987 jälkeen, suunnittelussa tulisi käyttää huoneilman radonin hajoamistuotteiden alfaenergian enimmäispitoisuuden tavoitearvona $0,5 \mu\text{J}/\text{m}^3$, joka vastaa radonin pitoisuutta $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Näillä enimmäispitoisuuksilla tarkoitetaan radonin lyhytikäisten hajoamistuotteiden vuosikeskiarvoja asuintiloissa.¹⁷

Rakennettaessa alueille, joilla epäillään maaperästä erittyvän radonin aiheuttavan korkeita radonpitoisuuksia asunnoissa, tulisi rakennuksen suunnittelussa ottaa huomioon radonvuotojen estäminen. Radonongelman torjuminen tässä vaiheessa ei ole vaikeaa eikä sen kustannukset muodostu kovin korkeiksi.⁸

Radonpitoisuuden alentamiseen valmiissa rakennuksessa saattaa riittää ilmanvaihdon tehostaminen. Korvausilman saanti suoraan ulkoilmasta on varmistettava ja samalla huolehdittava siitä, että huonetilan alipaine ei lisäännä suhteessa maaperään. Ilmanvaihdon tehostaminen auttaa asunnoissa, joissa radonpitoisuus on kaksinkertainen suositusrajaan nähden, vain jos ilmanvaihtuvuus ennestään on alhainen.^{18,19,20}

Maanvastaisten rakenteiden tiivistäminen on myös valmiiden rakennusten kohdalla tehokas tapa radonpitoisuuksien alentamiseksi. Vuotokohtien löytäminen ja tiivistäminen saattaa kuitenkin olla usein vaikea tehtävä.^{18,21}

Tehokkaaksi radonpitoisuuden alentamiseksi on osoittautunut valmiissa rakennuksissa rakennuksen alla olevan tilan tuulettaminen tai tämän tilan ja maaperän alipaineistaminen. Jos alapohjassa on runsaasti halkeamia ja muita epätiiviyyskohtia voi korvaavaa ilmaa tulla huonetiloista ja sen mukana lämpöä ja kosteutta. Lämmön mukana menee energiaa hukkaan ja kosteus voi tiivistyessään aiheuttaa vaurioita rakenteisiin. Seurauksena voi myös olla lattioiden kylmeneminen ja vesijohtojen jäätyminen.^{18,21}

4. Mittaukset

Helsingin kaupungin ympäristökeskus on mitannut radonpitoisuuden 477 asunnossa neljänä talvikautena (1984, 1986, 1987 ja 1988). Ensimmäisen talvikauden mittauksen perusteella laadittiin raportti 26/1985, Huoneilman ja porakaivoveden radonmittaukset Helsingissä.⁴ Raporttiin sisältyy mittaukset 263 asunnon radonpitoisuudesta.

Raportin pohjalta laadittiin yhteistyössä säteilyturvakeskuksen kanssa radonmittaussuunnitelma Helsingin kaupungin alueelle, koska suoritettujen mittauksen perusteella ei voitu varmuudella päätellä, etteikö jokin alue muodostaisi radonhaitta-alueita. Suunnitelman pohjalta mittauksia jatkettiin kolmena edellä mainittuna talvikautena tavoitteena laatia Helsingin alueen radonennustekartta.

4.1. Mittauksen suorittaminen

Mittaukset suoritettiin pääasiassa pientaloissa, koska vain näissä on todettu korkeita radonpitoisuuksia. Talvikausilla 1987 ja 1988 mittauksiin otettiin mukaan myös kerrostaloja, lähinnä kantakaupungin alueelta, jotta saataisiin alueellisesti ja kallioperältään kattavampi mittauksen jakautuma. Mukaan otettiin myös asuntoja, joista asukkaat olivat ottaneet yhteyttä, koska olivat huolestuneita mahdollisista korkeista radonpitoisuuksista.

Mittaukset suoritettiin talvikaudella 1984 filmillä (Kodak LR-115), jonka materiaali on alfahiukkasille herkkää selluloosanitraattia. Myöhemmissä mittauksissa käytettiin edelleen kehitettyä radonmittauspurkkia, jossa alfasäteilylle herkkä filmi sijaitsee purkin pohjalla. Sen päällä on jousella varustettu alumiiniabsorbaattori. Kannen sisäpuolella on suodatinpaperi, joka estää pölyn pääsyn purkkiin. Alfahiukkanen saa filmiin osuessaan aikaan jäljen, joka saadaan esiin käsittelemällä filmiä sähkötekniisellä syö-

vytyksellä. Jälkien lukumäärä on suoraan verrannollinen radonin keskipitoisuuteen ja mittausaikaan.¹ Säteilyturvakeskus huolehti mittausten päätyttyä mittareiden käsittelystä ja tulosten laskemisesta. Radonmittauspurkki oli jokaisessa asunnossa kahden kuukauden ajan ja kaikki mittaukset suoritettiin marras- ja maaliskuun välisenä aikana, jolloin radonpitoisuus on yleensä korkeimmillaan. Mittausajankohdan vaikutus pitoisuuden vaihteluihin on otettu huomioon muuntamalla yksittäiset mittaustulokset vuosikeskiarvoiksi.

Porakaivoveden radonpitoisuudet on mitattu ympäristölaboratoriossa nestetuikelaskentaa käyttäen. Mittauksia on tehty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ja kaivonomistajien toimesta.

4.2. Mittauskohteiden valinta

Mittauskohteet valittiin siten, että saadaan mahdollisimman tasainen jakautuma kaupungin eri alueilta. Liitteessä 1 on esitetty mittausten jakautuminen Helsingissä postialueiden perusteella. Alueilla, joilla mittauksia on tehty keskimääräistä useammassa kohteissa, on joko todettu korkeita huoneilman radonpitoisuuksia tai maa- tai kallioperän laadun perusteella on epäilty löytyvän korkeita pitoisuuksia.

Kallioperän laatu otettiin huomioon mittauskohteiden valinnassa siten, että tutkittujen asuntojen sijoittuminen eri kivilajialueille vastasi mahdollisimman hyvin eri kivilajien esiintymispinta-alaa Helsingissä (taulukko 1).

Taulukko 1. Tutkittujen asuntojen jakautuminen eri kivilajialueille.

kivilaji	tutkittuja asuntoja %	kivilajin osuus pinta- alasta ²² %
kiillegneissi	32	34
graniitti	34	29
amfiboliitti	16	16
granodioriitti	14	15
kvartsimaasälpagneissi	4	6
	100	100

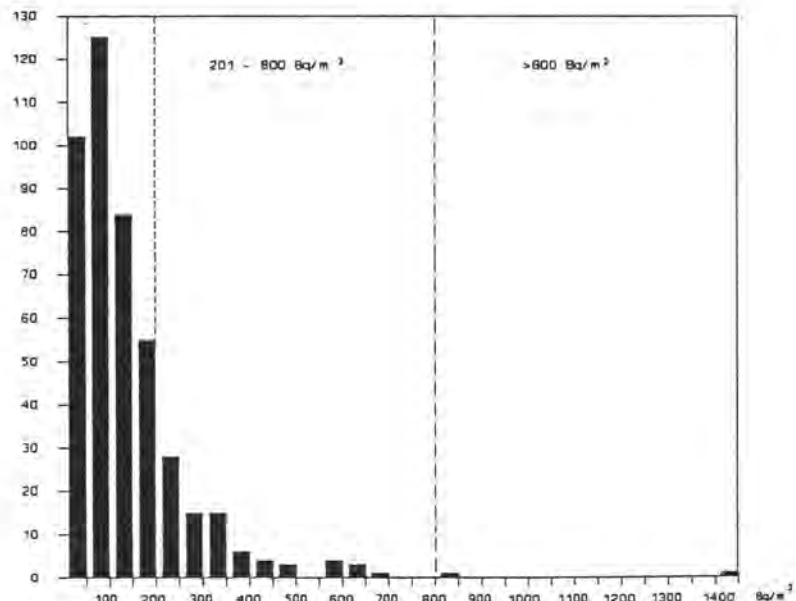
Mittaukset tehtiin pääasiassa eri-ikäisissä ja rakennustavaltaan erilaisissa pientaloissa. Kohteiksi valittiin sekä uusia että peruskorjattuja vanhoja taloja. Samoin valittiin kohteiksi kerrostalojen maata vasten olevia huoneistoja. Ainoastaan kolmessa toisen ja yhdessä kolmannen kerroksen asunnossa kerrostaloissa suoritettiin radonpitoisuuden mittaus.

Mittauspurkin viemisen yhteydessä asukkaille toimitettiin täytettäväksi säteilyturvakeskuksen laatima lomake, jonka tietojen perusteella pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvät tiedot rakennuksesta ja asunnosta (liite 2).

Säteilyturvakeskus on määrittänyt kaikkien tutkittujen asuntojen rakennuspohjan maalajin kyselylomakkeen tietojen ja geologisten karttojen avulla. Kyselylomakkeesta kerättiin tiedot kalliolle rakennetuista kohteista, koska oletettavasti asukkaat tuntevat tämän rakennuspohjatyypin luotettavimmin. Muut maalajit selvitettiin maaperäkartoista ja kivilaji määritettiin kallioperäkartan avulla.

5. Tulokset ja niiden tarkastelu

Lähes 82 %:ssa tutkituista 447 asunnosta huoneilman radonpitoisuus jää alle uusia asuntoja koskevan ohjearvon 200 Bq/m^3 ja vain vajaassa 0,5 %:ssa ylittää vanhoja asuntoja koskevan ohjearvon 800 Bq/m^3 . Kuvassa 2 on esitetty asuntojen jakautuminen mitattujen radonpitoisuuksien mukaan eri ryhmiin.



Kuva 2. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen mittaamien asuntojen huoneilman radonpitoisuus Helsingissä.

Mitattujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on 134 Bq/m^3 . Koko maan aritmeettinen keskiarvo on 100 Bq/m^3 , joten Helsingissä huoneilman radonpitoisuus on jonkin verran sitä korkeampi.⁶ Helsingissä mitatut radonpitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin muualakin Etelä-Suomessa lukuunottamatta itäistä Uttamaata ja rapakivialuetta.²³

Tutkituista asunnoista oli 47 % perustettu kalliolle, 23 % savelle tai siltille, 16 % moreenille, 13 % hiekalle tai soralle ja 1 % harjulle. Erilaiselle perustalle rakennetut asunnot ja mitatut radonpitoisuuden keskiarvot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvo eri maalajeille perustetuissa asunnoissa.

maalaji	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m^3	asuntojen määrä
kallio	153	210
moreeni	114	70
savi tai siltti	109	105
hiekkatai sora	113	56
harju	328	6
		447

Korkea radonpitoisuuden keskiarvo harjulle rakennetuissa asunnoissa johtuu yhdestä asunnosta, jossa todettiin koko aineiston korkein huoneilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvo 1444 Bq/m^3 . Tämä kohottaa aritmeettista keskiarvoa pienessä materiaalissa eikä harjulle rakennettujen asuntojen keskiarvo täten ole vertailukelpoinen muille maalajeille rakennettujen asuntojen keskiarvojen kanssa. Kalliolle rakennettujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on jonkin verran muita korkeampi. Kalliolle rakennettujen talojen radonpitoisuuksien keskiarvot kivilajin mukaan vaihtelivat vain vähän (taulukko 4). Radonpitoisuuden keskiarvo on korkein kvartsimaasälpägneissille perustetuissa taloissa ja matalin amfiboliitille rakennetuissa. On otettava huomioon, että mitkään kivilajialueet eivät ole homogeenisia rakenteeltaan.

Taulukko 4. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvo kalliolle perustetuissa asunnoissa kivilajin mukaan.

kivilaji	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³	asuntojen määrä
graniitti	157	80
kiillegneissi	152	57
amfiboliitti	128	35
granodioriitti	168	30
kvartsimaasälpagneissi	176	8
		210

Tieto mittauskohteiden ilmanvaihtotavasta on käytettävissä 430 asunnosta. Ilmanvaihtotapaa ei ollut merkitty kyselylomakkeeseen 17 asunnon kohdalla. Taulukossa 5 on esitetty ilmanvaihtotavan vaikutus huoneilman radonpitoisuuksiin.

Taulukko 5. Huoneilman radonpitoisuuden keskiarvot ilmanvaihtotavan mukaan.

ilmanvaihtotapa	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³	asuntojen määrä
painovoimainen	128	315
koneellinen poisto	152	89
koneellinen poisto- ja tuloilma	133	26
		430

Radonpitoisuuden keskiarvo on korkein asunnoissa, joissa on koneellinen ilmanpoisto. Tämä saattaisi viitata siihen, että koneellinen ilmanpoisto aiheuttaa asunnon sisälle suuremman alipaineen kuin muut ilmanvaihtotavat ja radonin tunkeutuminen maaperästä huoneilmaan tehostuu. Kuitenkin erot radonpitoisuuksien keskiarvojen välillä eri ilmanvaihtotavan omaavissa asunnoissa ovat niin pieniä, etteivät ne ole tilastollisesti merkittävät.

Mitatuista asunnoista on 425 asunnon valmistumisvuosi tiedossa. Taulukossa 6 on esitetty ennen vuotta 1975 ja sen jälkeen valmistuneiden asuntojen radonpitoisuudet ja asunnot, joissa mitattiin yli 200 Bq/m³ radonpitoisuus. Vuonna 1975 tai sen jälkeen valmistu-

neissa asunnoissa radonpitoisuuksien keskiarvo on jonkin verran korkeampi kuin ennen vuotta 1975 valmistuneissa asunnoissa. Samoin niiden asuntojen, joissa mitattiin yli 200 Bq/m³ radonpitoisuus, määrä ja suhteellinen osuus oli korkeampi kuin aikaisemmin valmistuneissa asunnoissa. Energiakriisin jälkeen yleistyi entistä tiiviimpi rakentaminen ja ilmanvaihdon pienentäminen. Näiden energiaa säästävien toimenpiteiden on oletettu aiheuttavan korkeampia radonpitoisuuksia uusissa asunnoissa.²⁴

Taulukko 6. Asunnon valmistumisvuoden vaikutus huoneilman radonpitoisuuteen ja niiden asuntojen määrään, joissa 200 Bq/m³ radonpitoisuus ylittyi.

valm.vuosi	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³	asuntojen määrä	> 200 Bq/m ³ asunnot	ylitysten osuus %
< 1975	122	238	35	14,7
≥ 1975	145	187	38	20,3
		425	73	17,2

Asunnoissa, joissa on kellari tai maanalainen kerros, huoneilman radonpitoisuuden on todettu olevan korkeampi kuin sellaisissa asunnoissa, joissa kellaria ei ole. Tämä johtuu siitä, että maanalaisten rakenteiden maata vasten olevien rakenneosien pinta-ala on suuri ja liitoskohtiin syntyy helposti rakoja, joista radon pääsee tunkeutumaan sisätiloihin. Lisäksi kellarillisessa asunnossa radonpitoisuuteen vaikuttaa se, mennäänkö kellaritiloihin suoraan sisältä vai ulkoa.^{25,26} Mitatuista asunnoista 353:sta on käytettävissä tieto siitä, onko mittauskohteessa maanalainen kerros vai ei. Näistä 153 on sellaisia, joissa on kellari tai maanalainen kerros. Taulukossa 7 on esitetty huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvot kellarillisissa ja ei-kellarillisissa kohteissa. Tässä

Taulukko 7. Kellarillisten ja ei-kellarillisten asuntojen huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvot.

talotyyppi	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³	asuntojen määrä
kellarillinen	122	153
ei-kellarillinen	142	200
		353

aineistossa ei-kellarillisten asuntojen radonpitoisuuskeskiarvo on suurempi kuin kellarillisten asuntojen radonpitoisuuskeskiarvo.

Erilaisten perustamistapojen maanvastaisten rakenteiden ominaisuuksien on todettu vaikuttavan huoneilman radonpitoisuuteen.^{25,26} Mitatuista kohteista 166:ssa rakennuksen perustamistapa on merkity tutkimuslomakkeeseen. Taulukossa 8 on esitetty erilaisten perustamistapojen vaikutus huoneilman radonpitoisuuteen.

Taulukko 8. Perustamistapatyypit ja huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvot.

perustamistapa	radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m ³	asuntojen määrä
sokkeli + maanvarainen lattialaatta	167	44
reunajäykistetty laatta	99	12
ryömintätila + teräsbet. sokkeli	106	14
ryömintätila + kivijalka	211	6
sokkeli + kantava lattialaatta	123	15
<u>perusmuuri + kellari</u>	<u>106</u>	<u>75</u>
		166

Huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvot ovat pienimmät rakennuksissa, joissa on reunajäykistetty laatta. Suurimmat radonpitoisuuksien keskiarvot ovat asunnoissa, joissa on ryömintätilainen perustus ja kivijalka. Suhteellisen suuri keskiarvo on myös niiden asuntojen kohdalla, joissa on sokkeli ja maanvarainen lattialaatta. Vertailun arvoa heikentää epätasainen jakautuma eri perustamistapojen välillä.

Verrattaessa rakennuksessa olevan kellarin ja rakennuksen perustamistavan vaikutusta huoneilman radonpitoisuuteen, on otettava huomioon, että mittauskohteiden maa- ja kallioperä vaihtelevat, joten myös radonlähteen voimakkuus saattaa olla hyvin erisuuruinen.

Liitteessä 1 on mittausten lukumäärä Helsingissä postialueittain. Samoin kullakin alueella mitattujen huoneilman radonpitoisuuksien

keskiarvo ja sekä minimi- että maksimipitoisuudet. Mittauksia on suoritettu 59 alueella 76:sta. Alueilla, joilla mittauskohteita on vähintään 5 kpl, vain Kuusisaari-Lehtisaaren (postinumero 00340) alueella ja eteläisen Vuosaaren (postinumero 00980) alueella huoneilman radonkeskiarvot ylittävät 200 Bq/m³-rajan. Eteläisen Vuosaaren alueen korkeaan huoneilman radonkeskiarvoon on vaikuttamassa koko aineiston maksimipitoisuus, jota ilman keskiarvo olisi 100 Bq/m³.

Suhteellisen korkeita huoneilman radonkeskiarvoja on mitattu myös Reimaran (00370), Länsi-Pakilan (00660), Ala-Malmin (00700), Pihlajamäen (00710), Puistola-Suurmetsän (00760), Tammisalun (00830), Marjaniemen (00930) ja Vartioharju-Mellunmäen (00950) alueilla. Kaikilla näillä alueilla on huoneilman radonkeskiarvo yli 160 Bq/m³.

Postinumeroalueet ovat alueellisesti yhtenäisiä, mutta radonkriittisyyden arvioimiseen ne eivät välttämättä ole hyviä kokonaisuuksia, sillä maaperän geologiset vaihtelut voivat pienenkin alueen sisällä olla huomattavia.

6. Koulujen ja päiväkotien radonmittaukset

Helsinkiläisissä kouluissa ja päiväkodeissa pyrittiin radonmittauksilla selvittämään tämän tyyppisten työpaikkojen ilman radonpitoisuus. Säteilylain (592/91) ja säteilyasetuksen (1512/91) perusteella on työnantajan ryhdyttävä toimenpiteisiin radonpitoisuuden alentamiseksi, jos työpaikan ilman työnaikaisen radonpitoisuuden vuosikeskiarvo säännöllisessä työssä ylittää 400 Bq/m³. Mittauspurkit olivat samoja, joita käytetään asuntojen radonmittauksissa ja ne olivat mittauspaikalla noin kuukauden ajan. Tulokset ilmoitettiin mittausjakson keskiarvona.

Tulokset kouluissa marras-joulukuussa 1988 suoritetuista mittauksista on julkaistu Helsingin koululaitoksen henkilöstölehdessä, Koulu-Helsinki, 2/89. Kouluissa mittauspaikat olivat opettajainhuoneet ja keittiöt ja yksittäisiä mittauksia kertyi 179. Mittaustulosten aritmeettinen keskiarvo oli 60 Bq/m³ ja mediaani n. 50 Bq/m³. Valtaosa mittauksista oli alle 200 Bq/m³. Vain

seitsemässä paikassa ylittyi 200 Bq/m^3 ja 300 Bq/m^3 enää kahdessa paikassa. Kaikki mittaustulokset olivat alle 400 Bq/m^3 .²⁷

Helsinkiläisissä päiväkodeissa helmi-maaliskuussa ja elo-syyskuussa 1991 suoritetuissa radonpitoisuuden mittauksissa aritmeettinen keskiarvo oli talvikaudella 112 Bq/m^3 ja mediaani 80 Bq/m^3 . Kesäkaudella vastaavat arvot olivat 127 Bq/m^3 ja 90 Bq/m^3 . Sekä keskiarvot että mediaanit ovat jonkin verran korkeammat kuin kouluissa mitatut. Asuntojen huoneilman radonpitoisuuden aritmeettinen keskiarvo on Helsingissä 134 Bq/m^3 .

Suurin osa päiväkodeissa mitatuista radonpitoisuuksista oli alle 200 Bq/m^3 . Sekä talvi- että kesäkauden mittauksissa 200 Bq/m^3 ylittyi 11 paikassa. Helmi-maaliskuussa 400 Bq/m^3 ylittyi kahdessa ja elo-syyskuussa viidessä päiväkodissa. Säteilyturvakeskus suoritti yhdessä päiväkodissa, jossa 400 Bq/m^3 ylittyi, hetkellisiä tarkistusmittauksia päiväkodin toiminta-aikana. Näissä tarkistusmittauksissa radonpitoisuudet olivat alle 20 Bq/m^3 . Koko mittausjakson keskiarvo voi yliarvioida todellista työnaikaista pitoisuutta, koska ilmanvaihto on ajoittain osateholla tai kokonaan pois päältä. Ilmanvaihdolla on selvä vaikutus radonpitoisuuteen. Työaikana pitoisuus on pieni ja öisin ja viikonloppuisin se voi kohota kymmenkertaiseksi. Säteilyturvakeskus määrittä yhdessä helsinkiläisessä päiväkodissa radonpitoisuuksia jatkuvasti rekisteröivällä laitteella viikon ajalla tammikuussa 1992. Koko mittausajan radonpitoisuuden keskiarvo oli 250 Bq/m^3 . Arkipäivisin klo 8.00 - 16.00 radonpitoisuus oli 50 - 60 Bq/m^3 . Öisin radonpitoisuus oli keskimäärin 400 Bq/m^3 ja viikonlopun aikana keskimäärin 300 Bq/m^3 .

Sekä koulujen että päiväkotien radontutkimuksen perusteella ei ole havaittavissa erityisiä radonalueita, vaan suurimmat pitoisuudet ovat jakautuneet eri puolille kaupunkia. Onkin oletettavissa, että mittaustuloksiin on vaikuttanut enemmän rakennuksen ilmanvaihto kuin sen sijainti.²⁷

7. Porakaivoveden radonmittaukset

Helsingin kaupungin ympäristökeskus on tutkinut 85 helsinkiläisen porakaivon veden radonpitoisuuden vuosina 1982 - 1990. Tutkituista

kaivoista 13 kpl on väestösuojien porakaivoja. Tulokset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Tutkittujen porakaivojen veden radonpitoisuus.

tutkittuja porakaivoja	mediaani Bq/l	keskiarvo Bq/l	kaivoja, joissa yli 4000 Bq/l kpl	maksimi- pitoisuus Bq/l
			%	
85	360	1573	16	14800
			18,8	

Tutkittujen porakaivojen veden radonpitoisuuden keskiarvo ylittää koko maan keskiarvon, mikä on noin 1000 Bq/l.²⁸ Noin viidesosassa tutkituista porakaivoista radonpitoisuus ylittää 4000 Bq/l. Säteilyturvakeskuksen suorittamissa mittauksissa Helsingin seudulla on tulos ollut samaa suuruusluokkaa.^{4,8}

Talousveden radonpitoisuudesta ei ole annettu virallisia toimenpiderajoja, mutta lääkintöhallituksen radon-työryhmä suositteli huoneilman radonpitoisuuden määrittämistä, mikäli veden radonpitoisuus ylittää 4000 Bq/l.⁸ Talouksista, joissa käytetään porakaivovettä, jonka radonpitoisuus ylittää 4000 Bq/l, on aineistossa vain kahdesta käytettävissä huoneilman radonpitoisuus. Toisessa porakaivoveden radonpitoisuus oli 5200 Bq/l ja huoneilman 141 Bq/m³ ja toisessa vastaavasti 14800 Bq/l ja 640 Bq/m³. Huoneilman radonpitoisuus on näissä kahdessa tapauksessa pienempi kuin saataisiin laskennallisesti käyttämällä lääkintöhallituksen radon-työryhmän mietinnössä esitettyä siirtokerrointa 10⁻⁴.⁸ Näissä tapauksissa mitatut huoneilman radonpitoisuudet lienevät tavanomaisia verrattaessa talousveden radonpitoisuuteen, sillä uusimpien selvitysten mukaan siirtokerroin lienee huomattavasti pienempi kuin työryhmän esittämä.²⁹

8. Viranomaisten toimenpiteet

Lääkintöhallituksen 10.2.1986 antamassa ohjekirjeessä velvoitetaan terveyslautakuntaa selvittämään yhteistyössä säteilyturvakeskuksen kanssa voidaanko kunnan tai kuntainliiton aluetta tai sen osaa pitää radonhaitta-alueena, jolla asuntojen radonpitoisuuden voidaan olettaa ylittävän 800 Bq/m³. Mikäli tällaisia alueita todetaan, tulisi terveyslautakunnan tehdä päätös näillä alueilla

tehtävästä asunnontarkastuksesta, jolla selvitetään radonin esiintyminen asunnoissa mahdollisen terveydellisen haitan toteamiseksi (Thl 19 §).¹⁷

Terveyslautakunnan on tiedotettava teettämiensä mittausten tuloksista mitattujen asuntojen omistajille ja haltijoille. Ohjearvon ylittyessä lautakunnan on neuvoteltuaan kunnan rakennusvalvontaviranomaisen kanssa, opastettava asianomaisia tarvittavien toimenpiteiden valinnassa asunnon ilman radonpitoisuuden alentamiseksi terveydellisesti hyväksyttävälle tasolle.¹⁷

Terveyslautakunnan tulee lähettää rakennusvalvontaviranomaiselle tiedoksi alueellaan tehdyt radonia koskevat tutkimukset. Lautakunnan tulee kaavaehdotuksia ja rakentamista koskevissa lausunnoissa esittää tarvittaessa, että radonhaitta otetaan huomioon rakennusten suunnittelun tai rakentamisen yhteydessä.¹⁷

Mittausten tulokset on tiedotettu asukkaille kirjallisena. Ennen lääkintöhallituksen ohjekirjeen antamista tulokset luokiteltiin mitatun radonpitoisuuden mukaan neljään luokkaan, jotka olivat: alle 160 Bq/m³, 160 - 400 Bq/m³, 401 - 800 Bq/m³ ja yli 800 Bq/m³. Alin raja johtui siitä, että lääkintöhallituksen radon-työryhmä oli ehdottanut mietinnössään uusien asuntojen huoneilman radonin enimmäispitoisuudeksi 160 Bq/m³.⁸ Ohjekirjeen antamisen jälkeen kaksi alinta luokkaa muutettiin luokiksi: ≤ 200 Bq/m³ ja 201 - 400 Bq/m³. Alimmassa luokassa radonpitoisuus todettiin normaaliksi eikä alentaviin toimenpiteisiin ole tarvetta ryhtyä. Luokassa 201 (160) - 400 Bq/m³ huoneilman radonpitoisuuden todettiin olevan jonkin verran kohonnut ja sitä voidaan alentaa huolehtimalla riittävästä tuuletuksesta ja ilmanvaihdosta. Selvästi kohonneeksi huoneilman radonpitoisuus todettiin luokassa 401 - 800 Bq/m³ ja sitä tulisi alentaa huolehtimalla riittävästä tuuletuksesta ja ilmanvaihdosta. Aineistossa on vain kaksi asuntoa, joissa huoneilman radonpitoisuus ylitti 800 Bq/m³.

9. Radonennustekartta³⁰

säteilyturvakeskus toimitti kesäkuussa 1988 terveysturvaviraston valvontaosaston tilauksesta radonennustekartan Helsingin alueelta. Työssä on arvioitu, miten huoneilman radonpitoisuudet vaihtelevat Helsingin alueella eri maalajeille rakennetuissa ja eri ikäisissä taloissa. Aineistona on käytetty kaupungin mittauttaman 430 asunnon sekä säteilyturvakeskuksen yksityishenkilöiden toimeksiannosta mittaaman 152 asunnon radonpitoisuuksia ja mittauskohteista saatuja tietoja, jotka koskivat perustamistapaa, maapohjaa, ilmanvaihtoa ja talon valmistumisvuotta. Lisäksi asunnot luokiteltiin eri osa-alueisiin kuuluviksi kallioperäkartan perusteella.

Huoneilman radonpitoisuuden perusteella alueita yhdistettiin niin, että saataisiin maantieteellisesti ja radonpitoisuuden suhteen yhtenäisiä alueita. Näiden osa-alueiden lukumäärä on 16. Aineistossa on otettu huomioon mahdollisimman monta radonpitoisuuteen vaikuttavaa tekijää ja tilastollisen mallin avulla on voitu arvioida minkälaisia radonpitoisuuksia asunnoissa esiintyy käytettäessä 1980-luvun rakennustapaa, jossa ei erityisesti pyritä estämään radonin mahdollista kulkeutumista huonetiloihin. Mallissa käytettiin luokittelumuuttujina maalajia (luokat: kallio ja irtaimet maalajit), talon valmistumisvuotta (luokat: valmistumisvuosi ≥ 1975 ja < 1975) ja osa-aluetta (16 aluetta). Mallista saatiin oma ennusteensa kullekin kombinaatiolle ($2 \times 2 \times 16 = 64$ kpl).

Seuraavassa vaiheessa 16 osa-aluetta jaettiin kolmeen vyöhykkeeseen siten, että vyöhykkeessä 1 radonennuste on korkein ja vyöhykkeessä 3 matalin. Vyöhykerajat valittiin siten, että vyöhykkeen 1 kalliolle rakennetuissa uusissa taloissa radonennuste oli 200 Bq/m^3 ja vyöhykkeen 3 vastaavissa alle 100 Bq/m^3 . Tällä vyöhykemallilla saatiin $2 \times 2 \times 3 = 12$ ennustetta, jotka ovat odotettuja geometrisiä keskiarvoja ja samalla mediaaneja (puolessa asunnoista radonpitoisuus tulee alittamaan ja puolessa ylittämään ko. luvun). Taulukossa 10 on esitetty kolmijakoisen vyöhykemallin mukaiset ennusteet radonpitoisuuden mediaanille vanhoissa ja uusissa ja kallioille ja irtaimille maalajeille rakennetuissa taloissa. Taulukossa on myös ennusteet 200 Bq/m^3 ja 800 Bq/m^3 ylittävien asuntojen prosentuaalisille osuuksille. Kaikilla vyöhykkeillä kalliot ovat radonin suhteen kriittisempiä kuin irtaimet maalajit.

Taulukko 10. Radonennusteet eri vyöhykkeillä.

	vyöhyke 1	vyöhyke 2	vyöhyke 3
Vanhat talot			
irtaimet maalajit			
mediaani Bq/m ³	94	62	38
>200 Bq/m ³ %	18	8	2
>800 Bq/m ³ %	0,5	0,1	0,0
kalliot			
mediaani Bq/m ³	138	91	56
>200 Bq/m ³ %	33	17	6
>800 Bq/m ³ %	1,8	0,5	0,1
Uudet talot			
irtaimet maalajit			
mediaani Bq/m ³	134	89	54
>200 Bq/m ³ %	32	17	6
>800 Bq/m ³ %	1,7	0,5	0,1
kalliot			
mediaani Bq/m ³	198	130	80
>200 Bq/m ³ %	49	30	14
>800 Bq/m ³ %	4,9	1,6	0,3

Liitteessä 3 on esitetty radonennustekartan laatimisessa käytetyt osa-alueet ja liitteessä 4 Helsingin radonvyöhykkeet. Vyöhykkeitä määritettäessä keskusta rajattiin pois kerrostalovaltaisena alueena. Myös Vuosaari jätettiin pois, koska se on muuhun Helsinkiin verrattuna poikkeuksellinen alue Kallahden harjumuodostuman vuoksi. Edellisten lisäksi rajattiin pois alueet, jotka ovat asumattomia tai joilta ei ole riittävästi radonmittauksia.

Vyöhykkeellä 1 radonkriittisimmät alueet ovat Ala-Malmi, Puotila-Vartiokylä-alue sekä Lehtisaari ja Kuusisaari. Helsingin itä- ja keskiosissa vyöhykkeellä 2 radonkriittisyys kasvaa pohjoisesta etelään. Herttoniemessä, Kulosaarella ja Laajasalossa radonkriittisyys on korkeampi kuin muualla vyöhykkeellä 2. Länsi-Helsingissä Malminkartano-Hakuninmaa on vyöhykkeen 2 radonkriittisintä aluetta. Vyöhykkeen 3 alhaisin radonennuste on Metsälä-Käpylä-Vanhakaupunki-alueella.

vuosaaressa kalliolle perustettaessa radonpitoisuuden arviot ovat vyöhykkeiden 1 ja 2 välillä. Harjulle rakennettaessa on sen sijaan odotettavissa korkeita radonpitoisuuksia.

Keskustan alueen radonennustetta nykyistä pientalorakentamista ajatellen ei voi luotettavasti antaa. Kerrostalomittauksiin perustuen radonkriittisyys on kuitenkin saman suuruinen kuin vyöhykkeellä 2 keskimäärin.

Helsingin radonvyöhykkeillä (liite 4) on jätetty valkoisiksi alueet, joilla ei ole asutusta tai riittävästi mittauksia. Todennäköisesti Itä-Helsingissä rakentamaton alue ei poikkea ympäröivästä vyöhykkeestä 2. Länsi-Helsingissä Töölöstä Etelä-Kaarelaan ulottuvassa kapeassa alueessa on vaikeampi vetää rajoja kolmen eri vyöhykkeen kesken. Yleisesti voidaan vyöhykerajojen tulkinnasta sanoa, että radonkriittisyys muuttuu vyöhykkeeltä toiselle siirryttäessä jatkuvasti eikä rajan kohdalla tapahdu hyppäystä.

10. Johtopäätökset

Helsingin alue ei ole radonin suhteen ongelma-alueita, vaan mitatut huoneilman radonpitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin muuallakin Etelä-Suomessa lukuunottamatta itäistä Uuttamaata ja rapakivialuetta.

Pääosa radonista tulee huoneilmaan suoraan maaperästä, joten suurimmat erot mitatuissa radonpitoisuuksissa johtuvat todennäköisimmin rakennuspohjan geologisesta rakenteesta, joka saattaa vaihdella pienelläkin alueella huomattavasti. Täten myös radonlähteen voimakkuus voi olla erisuuruinen jopa vierekkäisten talojen kohdalla.

Osan korkeista huoneilman radonpitoisuuksista voidaan katsoa johtuvan asuntojen ilmanvaihdossa esiintyvistä puutteista. Huonosti järjestetty tuloilman saanti saattaa aiheuttaa huonetiloihin ulkoilmaan ja maaperään nähden alipaineen, mikä tehostaa radonin tunkeutumista maaperästä asuntoihin. Lisäksi ilmanvaihtokertoimien on todettu olevan lähes 50 %:ssa pintaloista alle Suomen rakentamismääräyskokoelman ja lääkintöhallituksen ohjeiden mukaisen vähimmäisilmanvaihtuvuuden.

11. Yhteenveto

Helsingin teveysviraston valvontaosasto, nykyinen Helsingin kaupungin ympäristökeskus, on mitannut radonpitoisuuden 477 asunnossa neljänä talvikautena; 1984, 1986, 1987 ja 1988. Ensimmäisen talvikauden mittausten pohjalta laadittiin raportti: Huoneilman ja porakaivoveden radonmittaukset Helsingissä. Raportin pohjalta säteilyturvakeskus laati radonmittaussuunnitelman Helsingin alueelle tavoitteena laatia Helsingin alueen radonennustekartta.

Tutkittujen 447 asunnon radonpitoisuus jää lähes 82 %:ssa alle uusia asuntoja koskevan ohjearvon, 200 Bq/m^3 ja ylittää vain vajaassa 0,5 %:ssa vanhoja asuntoja koskevan ohjearvon, 800 Bq/m^3 . Mitattujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo on 134 Bq/m^3 . Koko maan aritmeettinen keskiarvo on 100 Bq/m^3 . Mitatut radonpitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin muullakin Etelä-Suomessa lukuunottamatta itäistä Uuttamaata ja rapakivialuetta.

Tutkituista asunnoista oli 47 % perustettu kalliolle, 23 % savelle tai siltille, 16 % moreenille, 13 % hiekalle tai soralle ja 1 % harjulle. Harjulle perustettujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo oli selvästi muita korkeampi, mutta se ei ole vertailukelpoinen pienestä materiaalista johtuen muille maalajeille rakennettujen asuntojen keskiarvon kanssa. Kalliolle rakennettujen asuntojen radonpitoisuuden keskiarvo oli korkein, 153 Bq/m^3 , ja savelle tai siltille rakennettujen matalin, 109 Bq/m^3 . Kalliolle perustettujen talojen korkein radonpitoisuuden keskiarvo oli kvartsimaasälpagneissille rakennetuissa asunnoissa, 176 Bq/m^3 , ja matalin amfiboliitille rakennetuissa, 128 Bq/m^3 . Muille kivilajeille rakennetuissa asunnoissa keskiarvot olivat graniitille 157 Bq/m^3 , kiillegneissille 152 Bq/m^3 ja granodioriitille 168 Bq/m^3 .

Radonpitoisuuden keskiarvo oli 152 Bq/m^3 asunnoissa, joissa on koneellinen poistoilma. Asunnoissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihtotapa, keskiarvo oli 128 Bq/m^3 ja asunnoissa, joissa on koneellinen poisto- ja tuloilma, keskiarvo oli 133 Bq/m^3 . Tämä saattaisi viitata siihen, että koneellinen ilmanpoisto aiheuttaa asunnon sisälle suuremman alipaineen kuin muut ilmanvaihtotavat ja radonin tunkeutuminen maaperästä huoneilmaan tehostuu.

Vuonna 1975 tai sen jälkeen rakennetuissa asunnoissa radonpitoisuuden keskiarvo oli 145 Bq/m^3 ja ennen vuotta 1975 rakennetuissa 122 Bq/m^3 . Uusissa asunnoissa 200 Bq/m^3 ylittyi 20,3 %:ssa ja vanhoissa 14,7 %:ssa. Energiakriisin jälkeen yleistyi entistä tiiviimpi rakennustapa ja ilmanvaihdon pienentäminen. Näiden toimenpiteiden on oletettu aiheuttavan korkeampia radonpitoisuuksia uusissa asunnoissa.

Kellarin tai maanalaisen kerroksen vaikutus huonetilojen radonpitoisuuteen voitiin arvioida 353 mitatusta asunnosta. Tässä aineistossa kellarillisten asuntojen huoneilman radonpitoisuuksien keskiarvo oli 122 Bq/m^3 ja asuntojen, joissa kellaria ei ole, keskiarvo oli 142 Bq/m^3 .

Alueellisesti mittaukset jakautuivat siten, että mittauksia on suoritettu Helsingin 76 postinumeroalueesta 59:llä. Alueilla, joilla mittauskohteita on vähintään 5 kpl, vain Kuusisaari-Lehtisaaren ja eteläisen Vuosaaren alueilla huoneilman radonkeskiarvot ylittivät 200 Bq/m^3 rajan. Eteläisen Vuosaaren radonkeskiarvoon on vaikuttamassa koko aineiston korkein mitattu huoneilman radonpitoisuus, 1444 Bq/m^3 , jota ilman keskiarvo olisi 100 Bq/m^3 .

Kouluissa ja päiväkodeissa radonpitoisuusmittaukset liittyivät työpaikkojen radonpitoisuuskartoitukseen. Kouluissa mittaustulosten aritmeettinen keskiarvo oli 60 Bq/m^3 ja mediaani n. 50 Bq/m^3 . Valtaosa mittaustuloksista oli alle 200 Bq/m^3 ja kaikki alle 400 Bq/m^3 . Päiväkodeissa radonpitoisuusmittaukset tehtiin noin kuukauden mittausjaksoina sekä talvi- että kesäkaudella. Helmi-maaliskuussa aritmeettinen keskiarvo oli 112 Bq/m^3 ja mediaani 80 Bq/m^3 . Vastaavat arvot elo-syyskuun mittauksissa olivat 127 Bq/m^3 ja 90 Bq/m^3 . Suurin osa päiväkotien mittaustuloksista oli alle 200 Bq/m^3 . Talvikaudella 400 Bq/m^3 ylittyi kahdessa ja kesäkaudella viidessä päiväkodissa. Säteilyturvakeskuksen suorittamissa hetkellisissä tarkistusmittauksissa yhdessä päiväkodissa, jossa 400 Bq/m^3 ylittyi, radonpitoisuudet päiväkodin toiminta-aikana olivat alle 20 Bq/m^3 . Koko mittausjakson keskiarvo voi yliarvioida todellista työnaikaista radonpitoisuutta, koska ilmanvaihto on ajoittain osateholla tai kokonaan pois päältä. Työaikana pitoisuus on pieni ja öisin ja viikonloppuisin se voi kohota kymmenkertaiseksi.

Helsingin kaupungin ympäristökeskus on tutkinut 85 helsinkiläisen porakaivon veden radonpitoisuuden vuosina 1982 - 1990. Mittauksia on tehty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ja yksityisten kaivonomistajien toimesta. Noin viidesosassa tutkituista porakaivoista radonpitoisuus ylitti 4000 Bq/l, mikä on ehdotettu raja huoneilman radonpitoisuuden mittaamiselle. Aineistossa vain kahdesta taloudesta, joissa mainittu arvo ylittyi, on käytettävissä myös huoneilman radonpitoisuuden mittaustulos. Toisessa porakaivoveden radonpitoisuus oli 5200 Bq/l ja huoneilman 141 Bq/m³ ja toisessa vastaavasti 14800 Bq/l ja 640 Bq/m³. Huoneilman radonpitoisuudet lienevät näissä tapauksissa tavanomaisia verrattaessa veden radonpitoisuuteen.

Säteilyturvakeskus on laatinut Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tilauksesta radonennustekartan Helsingin alueelta. Työssä on arvioitu, miten huoneilman radonpitoisuudet vaihtelevat Helsingin alueella eri maalajeille rakennetuissa ja eri ikäisissä taloissa. Ennusteessa Helsingin alue jaettiin kolmeen radonvyöhykkeeseen, joilla radonennuste on vyöhykkeellä 1 korkein ja vyöhykkeellä 3 matalin. Lisäksi ennusteessa on arviot siitä, millä todennäköisyydellä pitoisuus 200 Bq/m³ ylitetään. Kallio on kaikkialla radonin suhteen kriittisempi rakennuspohja kuin irtaimet maalajit. Uusissa taloissa radonpitoisuudet ovat korkeampia kuin vanhoissa.

KIRJALLISUUS

1. Radon asunnoissa STUK tiedottaa 1/90. Säteilyturvakeskus 1990.
2. Radontoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1987:61. Ympäristöministeriö 1987.
3. Mäkeläinen, J.: Radonin mittausmenetelmät. Ympäristö ja Terveys 1982:7:515-519.
4. Forss, P., Viinikka, M., Voutilainen, A., Mäkeläinen, I.: Huoneilman ja porakaivoveden radonmittaukset Helsingissä. Helsingin kaupungin terveysvirasto, Raportti 26/1985, 14 s.
5. Asikainen, M.: Talousveden luonnollinen radioaktiivisuus. Ympäristö ja Terveys 1982:7:500-503.
6. Castrén, O., Annanmäki, M.: Luonnonsäteily. Kirjassa Säteily ja turvallisuus 1988:197-222. Toim. Toivonen, H., Rytömaa, T., Vuorinen, A.. Säteilyturvakeskus, Valtion painatuskeskus, Helsinki.
7. Tapiovaara, M., Järvinen, H., Asikainen, M., Kaituri, M., Väisälä, S.: Säteilyn käyttö lääketieteessä ja teollisuudessa. Kirjassa Säteily ja turvallisuus 1988: 223-288. Toim. Toivonen, H., Rytömaa, T., Vuorinen, A.. Säteilyturvakeskus, Valtion painatuskeskus, Helsinki.
8. Lääkintöhallituksen työryhmien mietintöjä nro 8. Radon-työryhmän mietintö, Helsinki 1982, 56 s.
9. Castrén, O.: Fysikaalista perustietoa radonista. Ympäristö ja Terveys 1982:7:491-496.
10. Winqvist, K.: Maa- ja kallioperän vaikutus huoneilman radonpitoisuuteen. Ympäristö ja Terveys 1982:7:509-511.

11. Castrén, O.: Radonista aiheutuva säteilyrasitus. Suomen Lääkärilehti 1990:11:1046-1049.
12. Jaakkola, J.J.K., Heinonen, O.P.: Sisäilman radon ja keuhkosyöpä. Suomen Lääkärilehti 1987:35:3420-3426.
13. Ruosteenoja, E.: Indoor radon and risk of Lungcancer, an epidimiological study in Finland. STUK-A99, Helsinki 1991, 111 pp.
14. Castrén, O.: Pientalojen radonongelmat. LVI-lehti 1982: 9:38-41.
15. Mustonen, R.: Rakennusmateriaalit säteilylähteinä asunnoissa. Ympäristö ja Terveys 1982:7:504-508.
16. Niemelä, R., Toppila, E.: Kenttämittaustuloksia ilmanvaihdon vaikutuksesta huoneilman formaldehydipitoisuuteen. Rakennustekniikka 1983: 2: 91 - 93.
17. Terveystieteiden tutkimuskeskus (469/65) ja asetuksen (55/67) nojalla annetut huoneilman radonia koskevat ohjeet. Lääkintöhallituksen ohjekirje nro 2/1986, Dno 5740/02/85.
18. Asuntojen kuntoa ja hoitoa koskeva opas. Lääkintöhallitus 1990, 54 s.
19. Keskinen, J., Niinisaari, M., Graeffe, G., Ukkonen, A.: Radonhaitan torjuminen rakennetuissa asunnoissa. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto, Fysiikka, raportti 3-89, Tampere 1989, 32 s.
20. Arvela, H.: Radontutkimus 250 eri ilmanvaihtojärjestelmällä varustetussa asunnossa. Sisäilmastoseminaari 7. - 6.1990. Raportti 6, Teknillinen korkeakoulu LVI-tekniikan laboratorio, Espoo 1990, 85-93.
21. Radonin torjuminen asunnoissa. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Tiedotuksia 3/1986, Helsinki 1986, 24 s.

22. Salmelainen, J.: Helsingin kallioperän geologiasta ja kivilajien lujuusominaisuuksista porattavuuden kannalta, geoteknisen toimiston tiedote 34, Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 1983.
23. Castrén, O., Wingvist, K., Mäkeläinen, I., Voutilainen, A.: Huoneilman radonmittauksia Suomessa, STL-B-TUTO-27. Säteilyturvallisuuslaitos, Helsinki 1983, 11 s.
24. Mäkeläinen, I., Voutilainen, A., Castrén, O.: Uppskattning av radonhalten i småhus på basen avlokation och byggnadsdata. Nordiska Sällskapet för Strålskydd, Mariehamn 26-28 augusti 1987, 6 s.
25. Radon-planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder, Statens planverk, rapport 59. Stockholm 1982, 28 s.
26. Lehtoviita, T., Holkko, J., Viljanen, M., Slunga, E.: Radonin merkitys talonrakennustekniikassa. Tutkimuskohteiden rakennustekninen tarkastelu. Teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto, Rakennustekniikan laitos, julkaisu 73, Espoo 1985, 53 s.
27. Oksanen, E.: Koulujen radonpitoisuudet tutkittu. Koulu-Helsinki, Helsingin koululaitoksen henkilöstölehti 2/89, Helsinki 1989, 26-27.
28. Pirinen, P.: Radon ja talousvesi. Ympäristö ja Terveys 1991:1:44-46.
29. Pirinen, P., Mäki-Petäys, N.: Selvitys radonpitoisen porakaivoveden käytöstä talousvetenä ja siitä aiheutuvan terveysriskin arviointi. Ympäristö ja Terveys 1991:1:48-51.
30. Voutilainen, A., Mäkeläinen, I.: Huoneilman radonennuste Helsingin alueella. Tutkimusselostus. Säteilyturvakeskus 1988, 10 s.

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen suorittamat huoneilman radonpitoisuuden mittaukset postialueittain. Kullakin alueella suoritettujen mittausten lukumäärä sekä keskiarvot ja minimi- ja maksimipitoisuudet.

<i>postinu- mero</i>	<i>kpl</i>	<i>keski- arvo</i>	<i>minimi- pitoisuus</i>	<i>maksimi- pitoisuus</i>	<i>postinu- mero</i>	<i>kpl</i>	<i>keski- arvo</i>	<i>minimi- pitoisuus</i>	<i>maksimi- pitoisuus</i>
00100	9	142	43	386	00620	5	55	20	142
00120	2	84	43	12	00630	5	133	91	168
00130	2	94	82	106	00640	7	101	27	186
00140	3	75	46	105	00650	8	95	17	162
00150	2	257	134	379	00660	14	165	8	446
00160	2	316	245	386	00670	16	131	32	338
00170	4	103	28	162	00680	9	126	13	278
00180	4	179	48	468	00700	20	194	4	832
00200	17	71	26	154	00710	14	174	11	415
00210	5	107	52	184	00720	7	115	26	258
00250	4	42	23	62	00730	13	101	8	281
00260	1	38			00740	9	111	29	258
00330	3	81	34	155	00750	6	89	38	141
00340	7	220	34	591	00760	40	174	18	662
00350	2	98	51	145	00770	5	113	75	166
00370	9	168	14	640	00780	12	68	11	170
00380	1	20			00800	8	122	21	217
00390	7	117	8	270	00830	6	199	39	557
00400	4	96	14	177	00840	20	116	2	315
00410	2	86	75	96	00850	9	137	38	228
00420	4	75	32	162	00870	3	243	128	303
00430	9	97	12	218	00900	1	30		
00510	2	152	137	167	00910	2	70	63	77
00520	1	336			00920	9	109	52	153
00530	3	215	78	309	00930	6	174	5	415
00550	1	48			00940	10	105	26	233
00560	10	96	8	279	00950	21	198	37	553
00570	12	96	25	208	00960	4	101	24	187
00600	6	82	7	247	00980	11	222	18	1444
00610	9	100	6	393					
					yht.	447			

**SÄTEILYTURVAKESKUS**

(STUK) – Strålsäkerhetscentralen
Finnish Centre for Radiation and
Nuclear Safety – Helsinki Finland

PL 268
00101 HELSINKI
Puh. (90) 70 821

Säteilyturvakeskus täyttää

HUONEILMAN RADONMITTAUS Liite 2.

Korjaustunnus

Kaivotunnus

Asuntotunnus

ASUKASTIEDOT

1 Nimi	
2 Lähiosoite	
3 Postinumero ja postitoimipaikka	
4 Kunta	5 Puhelinnumero
6 Asukkaiden lukumäärä	7 Nykyiset asukkaat asuneet vuodesta
Jos kyseessä on mittaus työpaikalla, joka ei ole oman asunnon yhteydessä, laita rasti tähän. <input type="checkbox"/>	

MITTAUSTIEDOT

8 Purkin sijainti (Kerros: katso kuvat A1–C2)	
Huone	Purkin nro
<input type="checkbox"/> Olohuone Kerros	
<input type="checkbox"/> Makuuhuone	
<input type="checkbox"/> Muu, mikä	
9 Aloituspäivämäärä	Päivä, jolloin purkki on tullut asuntoon
/ / 199	
10 Lopetuspäivämäärä	Päivä, jolloin kirjekuori viedään postiin
/ / 199	
11 Onko tämä ensimmäinen radonmittaus asunnossanne?	
<input type="checkbox"/> On	<input type="checkbox"/> Ei
Jos ei, niin aikaisempien mittauksen ajankohdat	
/	/

TALO

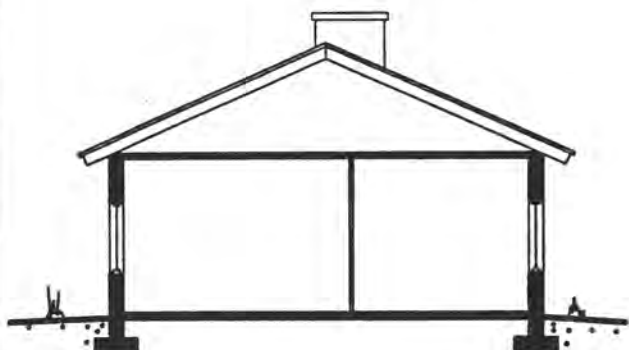
12 Talotyyppi	
<input type="checkbox"/> A Omakotitalo	<input type="checkbox"/> B Rivi- tai paritalo
<input type="checkbox"/> D Muu, mikä	<input type="checkbox"/> C Kerrostalo
13 Valmistumisvuosi	
Jos tarkka vuosiluku ei ole tiedossa, ilmoitetaan suunnilleen, esim. 40–50 -luku.	
14 Perustamispaikka	
Onko talo perustettu kalliolle?	
<input type="checkbox"/> A Ei	<input type="checkbox"/> B Kyllä
<input type="checkbox"/> C Kalliota on louhittu	
Lisätietoja (jos tiedossa), rakennuspaikan maalajit ja täytemaan paksuus	
15 Saadaanko talousvesi porakaivosta?	
<input type="checkbox"/> A Ei	<input type="checkbox"/> B Kyllä
16 Onko porakaivoveden radonpitoisuus tutkittu?	
<input type="checkbox"/> A Ei	<input type="checkbox"/> B Kyllä
17 Pääasiallinen julkisivumateriaali (vain yksi rasti)	
<input type="checkbox"/> A Puu	<input type="checkbox"/> B Tiili
<input type="checkbox"/> C Betoni	<input type="checkbox"/> D Kevytbetoni
<input type="checkbox"/> E Muu, mikä	<input type="checkbox"/> F En tiedä
18 Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali (vain yksi rasti)	
<input type="checkbox"/> A Puu	<input type="checkbox"/> B Tiili
<input type="checkbox"/> C Betoni	<input type="checkbox"/> D Kevytbetoni
<input type="checkbox"/> E Muu, mikä	<input type="checkbox"/> F En tiedä
19 Lämmitystapa (Jos merkitset useita rasteja, alleviivaa pääasiallinen)	
<input type="checkbox"/> A Vesikeskuslämmitys	<input type="checkbox"/> B Suora sähkölämmitys
<input type="checkbox"/> C Ilmakeskuslämmitys (kiertoilmalämmitys)	<input type="checkbox"/> D Uunilämmitys
<input type="checkbox"/> E Muu, mikä	

20 Lämmönlähde (Jos merkitset useita rasteja, alleviivaa pääasiallinen)	
<input type="checkbox"/> A Kauko- tai aluelämpö	<input type="checkbox"/> B Polttoöljy
<input type="checkbox"/> C Puu tai turve	<input type="checkbox"/> D Kaasu
<input type="checkbox"/> E Sähkö	<input type="checkbox"/> G En tiedä
<input type="checkbox"/> F Muu, mikä	
21 Ilmanvaihto	
<input type="checkbox"/> A Painovoimainen eli luonnollinen	
Liesituuletin toiminnassa	tuntia vuorokaudessa
<input type="checkbox"/> B Koneellinen poisto, toiminnassa	tuntia vuorokaudessa
<input type="checkbox"/> C Koneellinen poisto ja sisäänpuhallus, toiminnassa	tuntia vuorokaudessa
<input type="checkbox"/> D En tiedä	
22 Ilmanvaihdon tehokkuus mielestäni	
<input type="checkbox"/> A Hyvä	<input type="checkbox"/> B Kohtuullinen
<input type="checkbox"/> C Huono	

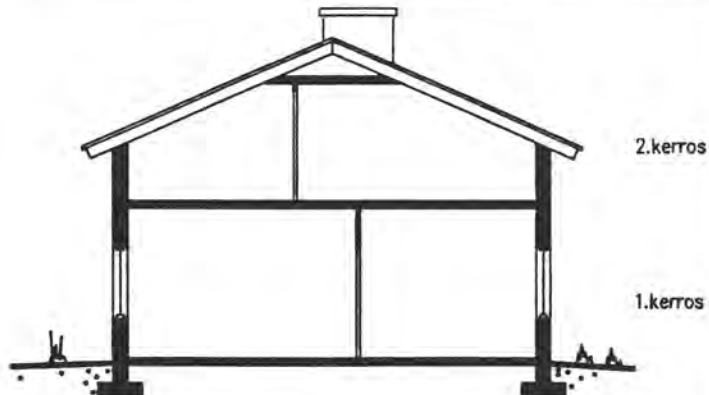
KERROSTALOASUNTO

23 Asunto	
kerroksessa. (Maan tasalla oleva kerros on 1. kerros)	
24 Onko talossa kellarikerros?	25 Kerrosten lukumäärä (kellaria ei huomioida)
<input type="checkbox"/> On	<input type="checkbox"/> Ei
26 Asuinpinta-ala	
m ²	

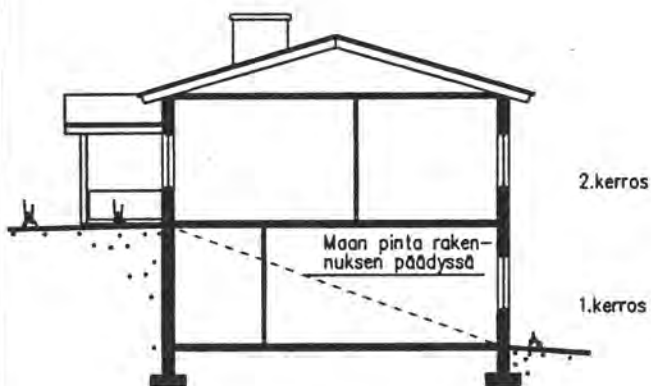
PIENTALOTYYPPI



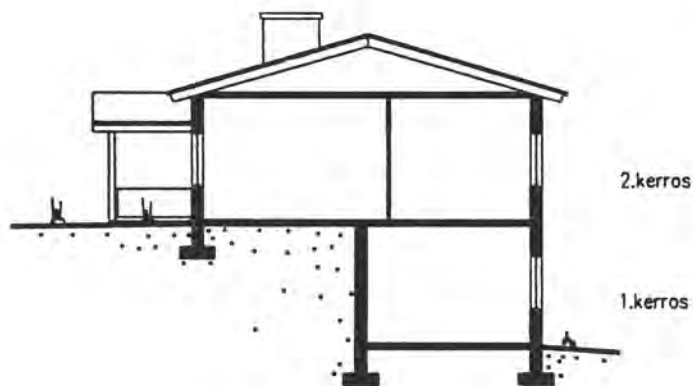
KUVA A1 Kellariton ratkaisu
1 kerroksinen



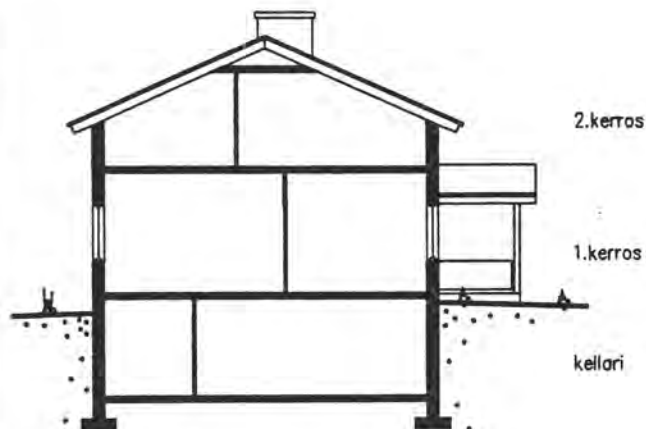
KUVA A2 Kellariton ratkaisu
1.5 kerrosta



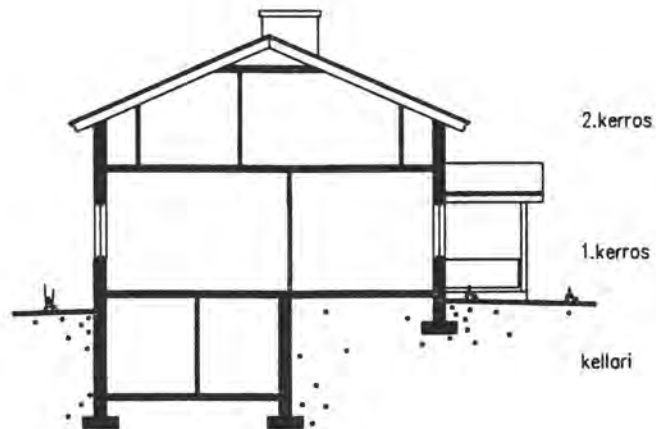
KUVA B1 Osa alakerran seinistä
maata vasten



KUVA B2 Osa alakerran seinistä
maata vasten



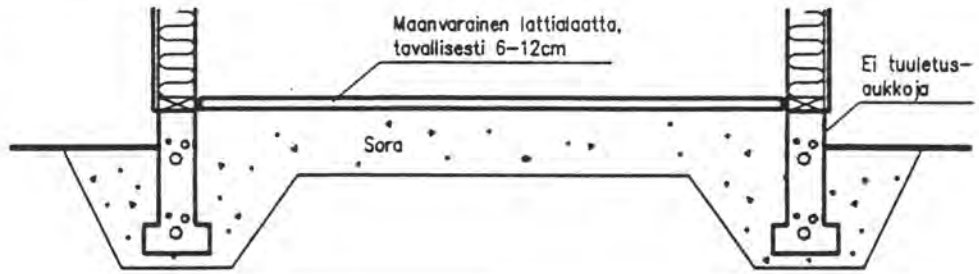
KUVA C1 Kellari



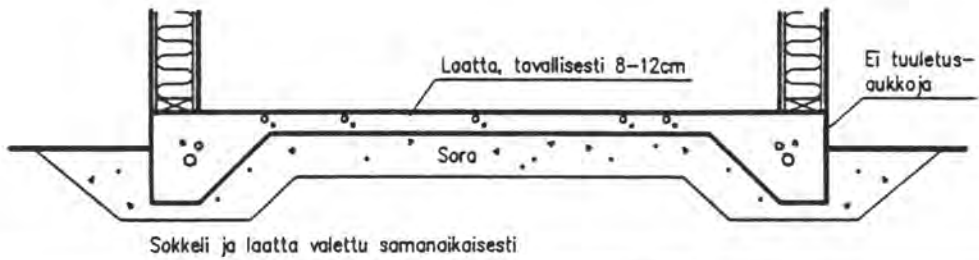
KUVA C2 Osakellari

PERUSTAMISTAPA

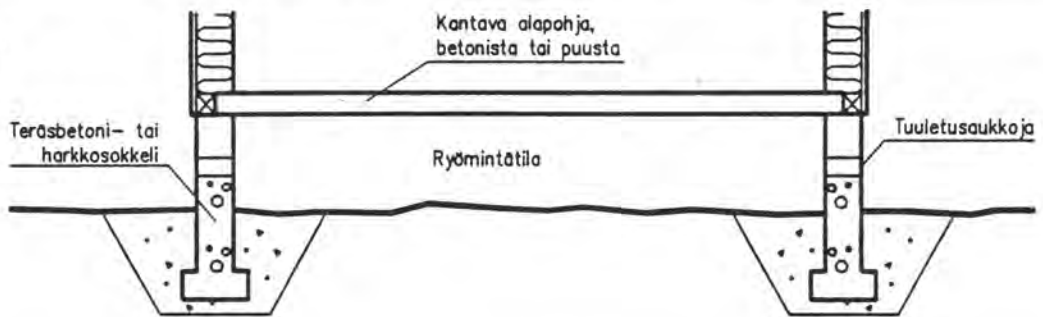
KUVA P1
Perusmuuri (sokkeli) ja
maanvarainen lattialaatta



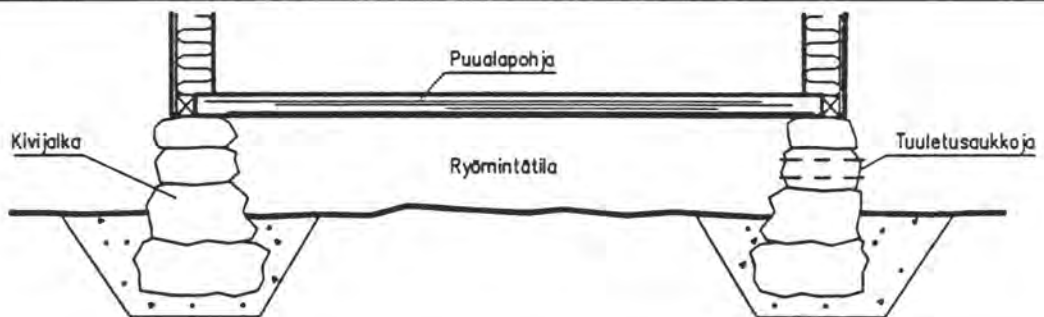
KUVA P2
Reunajäkistetty laatta



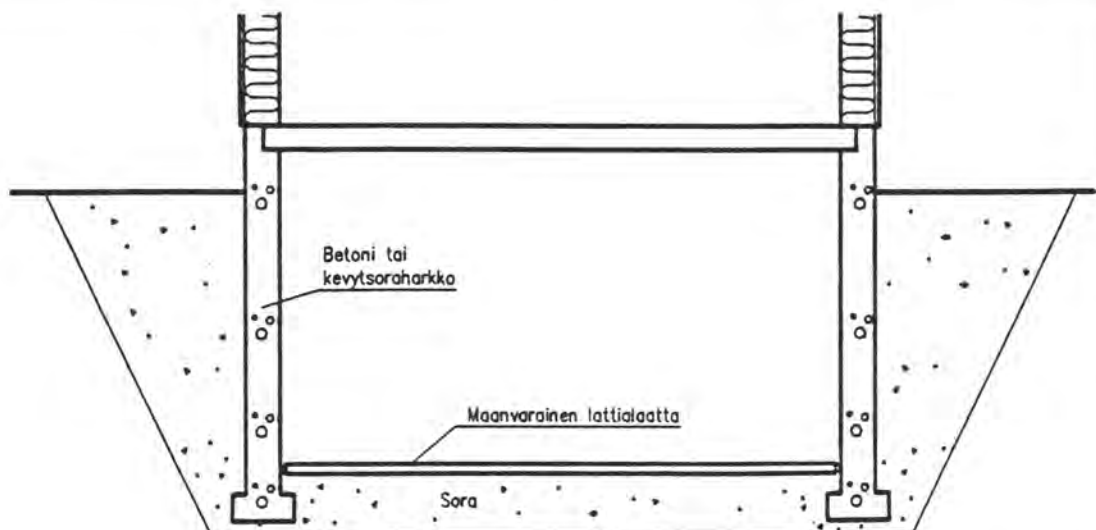
KUVA P3
Ryömintätilainen perustus,
missä teräsbetoni- tai
harkkosokkeli



KUVA P4
Ryömintätilainen perustus,
missä kivijalka

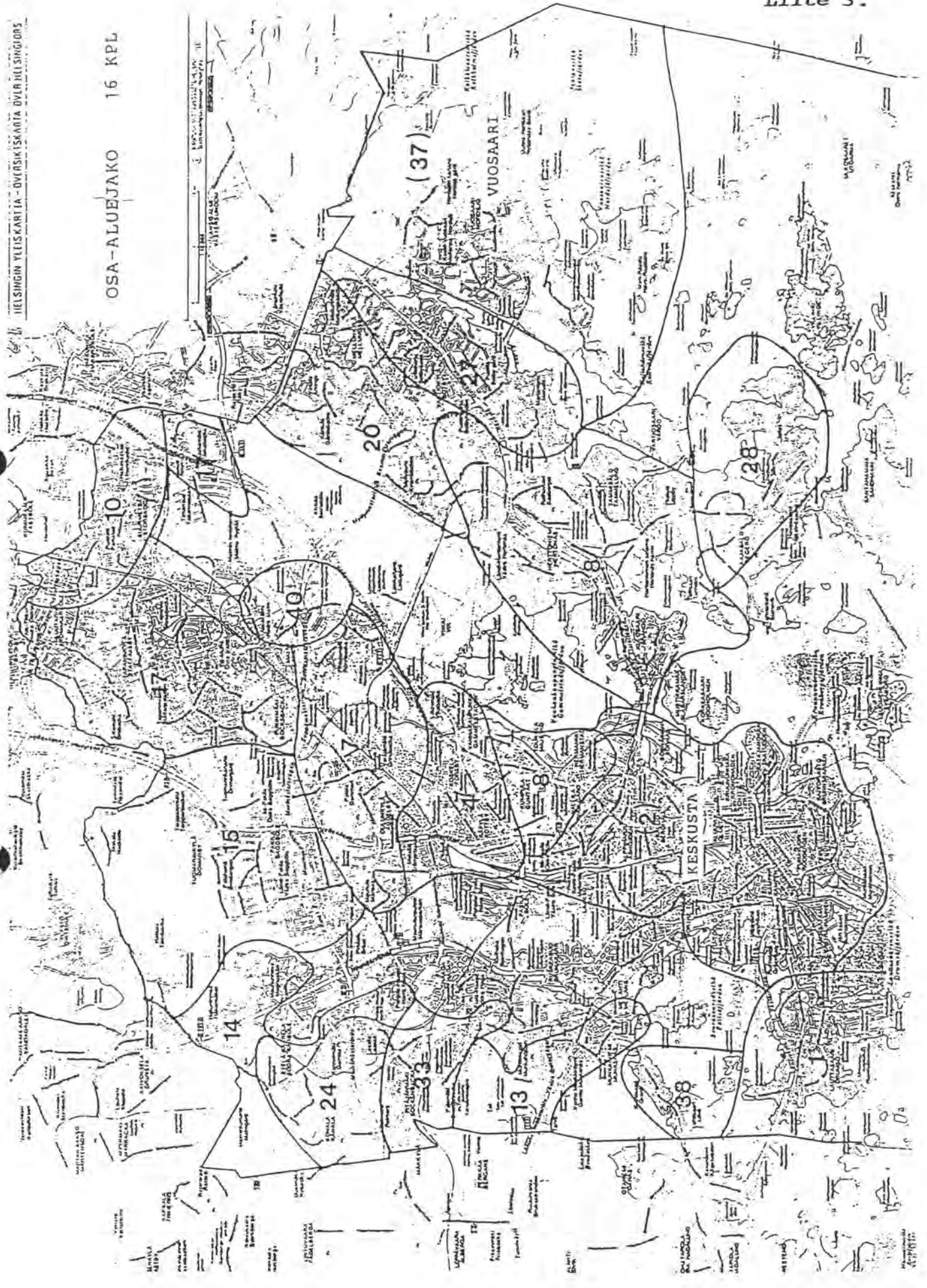


KUVA P5
Kellari ja perusmuuri



HELSINGIN YLEISKARTTA - ÖVERSIKTSKARTA ÖVER HELLINGÖRS

OSA-ALUEJAKO 16 KPL



HELSINGIN RADONVYÖHYKKEET

