

Juha Nevanpää

RADON RAKENTAMISESSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2011

RADON RAKENTAMISESSA

Nevanpää, Juha
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2011
Ohjaaja: Uusitorppa, Mari
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 3

Asiasanat: radon, rakentaminen, sisäilma, säteily, terveys

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia radonin vaikutuksia rakentamisessa, radonin tuottamia terveyshaittoja sekä radoniin liittyviä lainsäädännöllisiä näkökohtia Suomessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää radonturvalliset rakenneratkaisut. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää radonin aktuaalinen esiintyminen kolmessa eri mittauskohteessa Porin ja Tampereen alueella. Radon valittiin tutkimuskohteeksi, sillä radonin huomioiminen rakentamisessa on tärkeää terveyshaittojen ehkäisemiseksi.

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe toteutettiin etsimällä ajankohtaista ja luotettavaa tietoa radonista ja erilaisista rakenneratkaisuista. Tutkimuksen toisessa vaiheessa tehtiin radonpitoisuusmittaukset kolmeen eri asuntoon Porin ja Tampereen alueella. Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa suoritettiin sähköposti- ja puhelinhaastatteluja. Haastateltavina olivat Porin ja Tampereen kaupunkien rakennustarkastusinsinöörit. Tutkimustulokset osoittavat, että radonpitoisuudet ovat sallittujen raja-arvojen sisällä Porin ja Tampereen mittauskohteissa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että sopivat rakenneratkaisut auttavat pitämään radonpitoisuudet alhaisina jopa korkeiden pitoisuuksien alueilla. Jatkotutkimusehdotuksena suositellaan tekemään tutkimusta radonin ja asunnon painesuhteiden välisestä yhteydestä.

RADON IN CONSTRUCTION

Nevanpää, Juha

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

March 2011

Supervisor: Uusitorppa, Mari

Number of pages: 40

Appendices: 3

Keywords: radon, construction, room air, radiation, health

The purpose of the thesis was to study the effects of radon, the health hazards produced by radon, and the legislative viewpoints in Finland which are related to radon in construction. Secondly, the objective of the thesis was to clarify radon-safe structural solutions. Furthermore, the aim of this thesis was to investigate the actual occurrence of radon in three different measuring targets in the area of Pori and Tampere. Radon was chosen as a research subject because it is important to pay attention to radon in construction in order to prevent health hazards.

The first stage of the study was carried out by looking for current and reliable information about radon and about different structural solutions. At the second stage of the study radon content measurements were made at three different apartments in the area of Pori and Tampere. At the third stage of the study, e-mail interviews and telephone interviews were carried out. The interviewees were construction inspection engineers of the cities of Pori and Tampere. The research results show that the radon contents are within the allowed limit values in the measuring targets of Pori and Tampere.

In conclusion, suitable structural solutions help keep radon levels low even in the areas of high content. Conducting a study on the connection between the pressure relations of radon and apartments is recommended as a further research proposal.

Sisältö

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn tarkoitus ja tavoite	5
1.2	Keskeiset käsitteet.....	6
2	RADON YLEISESTI.....	7
2.1	Radonin ominaisuudet.....	7
2.1.1	Esiintyminen luonnossa.....	7
2.1.1	Radonin terveysvaikutukset	9
2.1.2	Radon ja keuhkosityöpä	10
2.2	Radontutkimuksen historia.....	11
3	RADONIN VAIKUTUS RAKENTAMISTAPOIHIN.....	12
3.1	Radonia koskevat määräykset.....	12
3.2	Rakennustavat.....	13
3.2.1	Radonin kulkeutuminen asuintiloihin	15
3.2.2	Ilmanvaihto ja tiiviys.....	17
3.3	Radonin torjunta	18
3.3.1	Radonkaivo.....	19
3.3.2	Radonimuri.....	21
3.3.3	Ryömintätilainen rakenneratkaisu.....	24
3.3.4	Ilmanvaihtojärjestelmän parannukset.....	24
3.4	Uudisrakennuksen radontorjunnan suunnittelu	25
3.5	Rakennuslupaviranomaisten kanta	28
4	MITTAUKSET JA MENETELMÄT	30
4.1	Radonmittaus- ja tutkimusprosessi	30
4.2	Mittauskohteet	31
4.3	Mittausten toteutus.....	32
5	TULOKSET	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	36
6.1	Tulosten tarkastelu	36
6.2	Eettiset kysymykset	37
6.3	Luotettavuuden pohdinta	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	41

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus ja tavoite

Radon on säteilevä kaasu, joka tuottaa terveyshaittoja maailmanlaajuisesti. Suomessa ongelma on maailman kärkiluokkaa johtuen Suomen maaperästä. Radon altistaa kehon säteilylle, jota kautta se aiheuttaa voimakkaina pitoisuuksina vakavia terveydellisiä haittoja. Tutkimuksissa on todettu radonin aiheuttavan keuhkosityöpää. Näiden seikkojen vuoksi radonpitoisuuden tutkiminen on tärkeää ja radon tulee huomioida tarkasti rakennuksen suunnitteluvaiheesta lähtien. (Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia 2009, 2-3.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia radonin vaikutuksia rakentamisessa, radonin tuottamia terveyshaittoja sekä radoniin liittyviä lainsäädännöllisiä näkökohtia Suomessa. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää radonturvalliset rakenneratkaisut. Lisäksi tavoitteena on selvittää radonin todellinen esiintyminen kolmessa eri mittauskohteessa Porin ja Tampereen alueella.

Opinnäytetyössä tarkastellaan rakennusmääräysten ja rakennuslupaviranomaisten kantaa radonin huomiointiin rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Opinnäytetyössä esitetään myös asuintaloissa suoritettujen radonpitoisuusmittausten tuloksia ja analysoidaan niitä. Mittaukset suoritetaan kahden kuukauden ajanjaksona talviaikaan, jolloin rakennuksen painesuhteet ulkoilmaan nähden ovat otollisimmat radonin esiintymiselle. Talviaikana suoritettussa mittauksessa saadaan mahdolliset ongelmat radonin suhteen paremmin esille.

1.2 Keskeiset käsitteet

Alfasäteily	Alfasäteily on voimakasta, mutta heikosti läpäisevää säteilyä. Hajoamisessa ytimestä poistuu alfahiukkanen. Säteily on ulkoisesti harmitonta, mutta vaarallista päästessään ihmisen elimistöön, johtuen suuresta liikeenergiasta. (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)
Becquerel (Bq)	Becquerel on SI-järjestelmän mukainen aktiivisuuden yksikkö. Aineen aktiivisuus on 1 Bq silloin, kun aineäärässä hajoaa keskimäärin 1 atomi sekunnissa. (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)
Ekvivalenttiannos	Kuvaa ionisoivan säteilyn kerryttämää säteilyannosta ja sen aiheuttamia biologisia vaikutuksia. Saadaan kertomalla absorboituneen annoksen arvo ainekohtaisella painotuskertoimella. Yksikkönä Sievert (Sv). (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)
Puoliintumisaika	Aika, jonka kuluessa puolet atomin ytimistä on hajonnut toisiksi ytimiksi. (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)
Sievert (Sv)	Säteilyannoksen (ekvivalenttiannoksen) yksikkö. Kuvaa säteilyn biologista vaikuttavuutta. (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)

2 RADON YLEISESTI

2.1 Radonin ominaisuudet

Radon on radioaktiivinen jalokaasu. Sen kemiallinen merkki on Rn ja järjestysluku alkuainetaulukossa 86. Radon on kaasu, jonka ominaisuuksia on mahdotonta havaita tavallisen ihmisen normaalein toiminnoin. Radonia ei voi havaita suoranaisesti mitenkään ilman varsinaista radontutkimusta, joka vaatii erityisosaamista ja laitteita tutkimuksen analysointivaiheessa, sillä se on hajuton, mauton ja näkymätön aine. Lisäksi ilman radonpitoisuus luonnossa on niin alhainen, ettei sitä kemiallisin menetelmin havaita. Radonia mitataan pelkästään sen lähettämän säteilyn osalta. Radonpitoisuuksien ilmaisemiseen ei käytetä tavanomaisia paino- tai tilavuusyksiköjä, vaan Becquerellejä. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2011.)

Becquerel (Bq) on SI-järjestelmän yksikkö, joka kuvaa aktiivisuutta. 1 Bq kuvastaa sellaista aktiivisuuden tilannetta, jossa ainemäärässä hajoaa yksi atomi sekunnissa. Radonpitoisuuksien mittaamista varten on olemassa siihen erityisesti suunniteltu tutkimusjärjestelmä, johon tässä opinnäytetyössä otetaan kantaa myöhemmässä vaiheessa radonmittauksia tarkemmin käsiteltäessä. (Suomisanakirjan www-sivut 2011.)

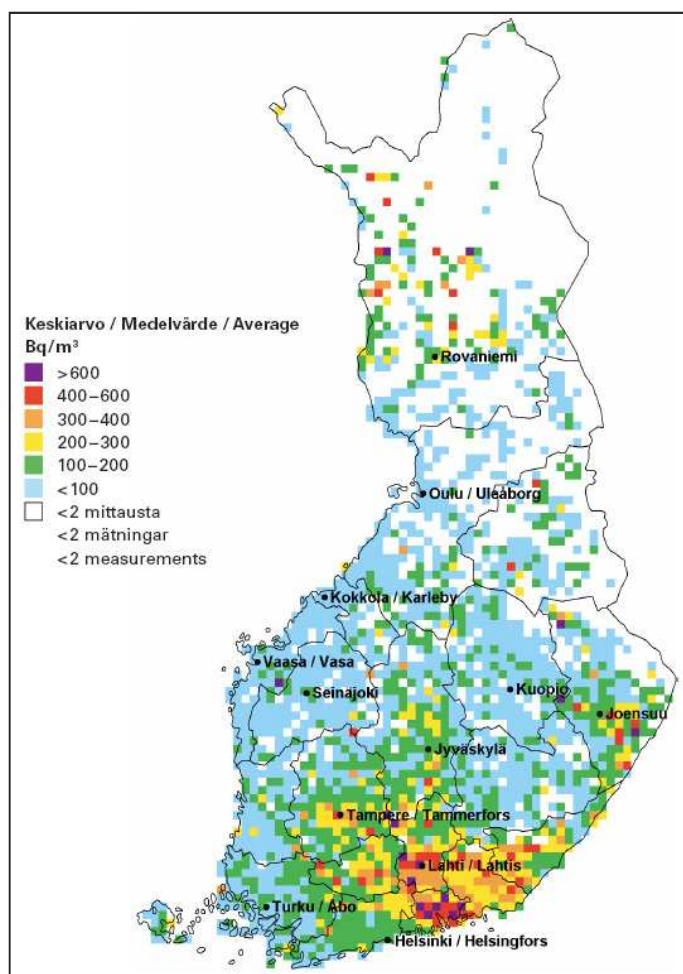
Radon kuuluu uraanisarjaan. Se syntyy hajoamistuotteena uraanista, ^{238}U . Lopulta radon itse hajoaa ja useiden erinäisten välivaiheiden kautta lopputuloksena on stabiili lyijy, ^{206}Pb . (Valtion ympäristöhallinnon www-sivut 2010.)

2.1.1 Esiintyminen luonnossa

Radon on aina esiintymispaikastaan huolimatta peräisin maan sisältä. Radonia syntyy jatkuvasti lisää maaperässä, sillä sitä muodostuu uraanin hajoamistuotteena. Radonia on alueilla, joissa on uraania, tästä esimerkkinä voidaan ajatella Suomea. Maaperämme on hyvin kallioista ja siinä on uraania huomattavat määrät. Lisäksi maaperämme on monissa paikoin erittäin hyvin ilmaa läpipäästävää moreeni-, sora-, ja hiekkamaata. Tästä johtuen Suomessa on maailmanlaajuisesti ajatellen yksi korkeimmista radonpitoisuuksista maaperässä. Erityisesti harjualueilla esiintyminen on

runsasta, muun muassa Tampereen Pispalanharjulla, joka on korkeahko harjukohta. Pispalanharjulla radonpitoisuudet ovat keskimääräisesti korkeampia kuin Länsi-Suomessa (Kuva 1). (Valmari, ym. 2010.)

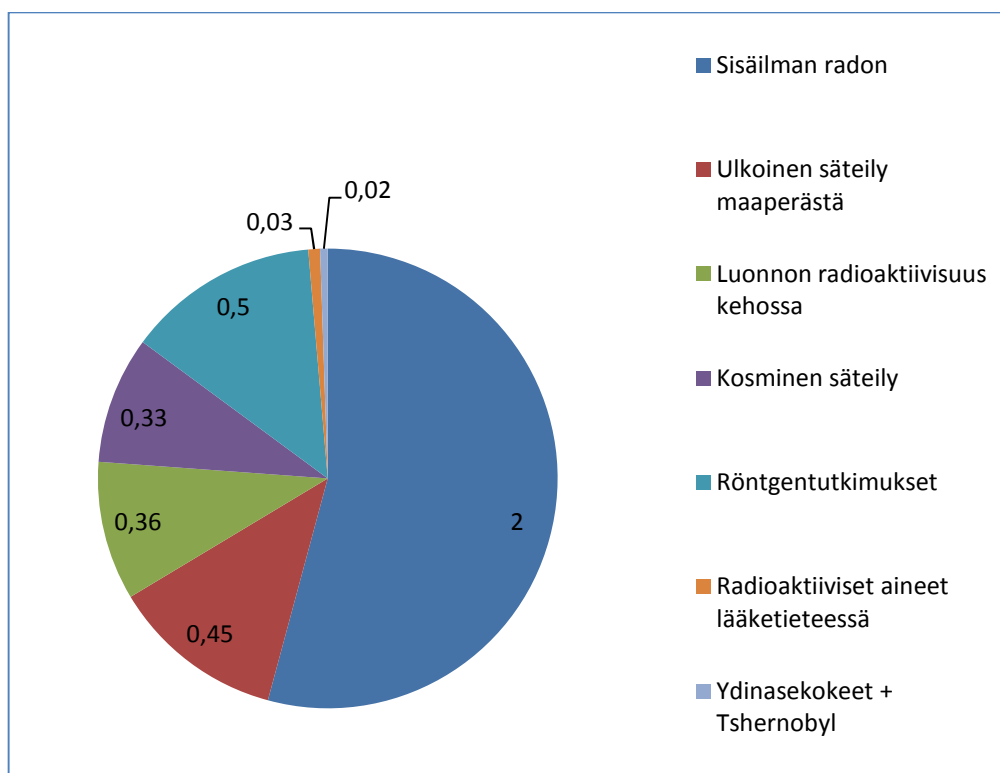
Radonin siirtyminen maaperästä käyttämäämme ilmaan tapahtuu maassa olevia huokosia pitkin, jotka toimivat kulkureittinä ilmalle. Tämä maassa oleva ilma on hyvin radonpitoista kallio- tai moreeniperäisillä alueilla. Tästä syystä esimerkiksi uraanikaivosten säteilymäärät voivat olla jopa yli $100\,000\text{ Bq/m}^3$. Verrattuna sallittuihin asuntojen raja-arvoihin, jotka ovat uudisrakennuksissa 200 Bq/m^3 ja vanhoissa rakennuksissa 400 Bq/m^3 , tämä on luokiteltavissa vaaralliseksi säteilymääräksi. Uraanikaivosten havaintoesimerkki osoittaa maan sisäisen säteilymäärän olevan huomattavan korkea. (Valmari, ym. 2010.)



KUVA 1. Keskimääräiset radonpitoisuudet Suomessa 2010 (Valmari, ym. 2010)

2.1.1 Radonin terveysvaikutukset

Suomalaisen keskimääräinen vuotuinen säteilyannos on 3,7 millisievertiä, joka koostuu suurimmalta osin luonnollisista lähteistä peräisin olevasta säteilystä. Oheisesta kuvioista (Kuvio 1) voi päätellä, kuinka huomattavaa osaa ihmisen saamasta ekvivalenttiannoksesta radon edustaa. Terveydelle haitalliseksi radonin tekevät sen alfasäteilyominaisuudet, sekä sen hajoamistuotteiden alfasäteilyominaisuudet. Hajoamistuotteet kulkeutuvat ilman mukana ympäristössä, suljetuissa tiloissa niiden haittojen ollessa huomattavat. Partikkelit tarttuvat hengitysilman mukana kulkeutessaan keuhkoihin ja lähettävät radioaktiivista säteilyä aiheuttaen riskin sairastua muun muassa keuhkosityöpään. Mitä massiivisempi altistus on, sitä suurempi riski sairastua on olemassa. Sairastumisriskiin vaikuttaa altistumisen aika, sekä altistumisympäristön säteilypitoisuus. (Mustonen 2009.)



KUVIO 1. Säteilymäärän jakautuminen vuotuisella tasolla, kokonaismäärän ollessa 3,7 mSv. Luvut millisieverteinä (mSv) (Mustonen 2009)

2.1.2 Radon ja keuhkosityöpä

Tupakointi lisää uhkaa sairastua keuhkosityöpään noin 20-kertaiseksi tupakoimattoman henkilön riskiin nähden. Näin ollen tupakointi on suurin riskitekijä syöpää ajatellen. Keuhkosityövän aiheutumista suhteessa radonille altistumiseen ja tupakointiin on tutkittu eurooppalaisessa yhteistutkimuksessa (Darby et al. 2005), josta johdettiin seuraavaksi esitettäviä johtopäätöksiä.

Tutkimus tehtiin yhdeksässä eurooppalaisessa valtiossa ja tutkimuksen kohteina on noin 7128 keuhkosityöpätapausta. Keuhkosityövän todennäköisyys tupakoimattomalla henkilöllä radonpitoisuudessa 0 Bq/m^3 on noin 0,4 %, pitoisuudessa 100 Bq/m^3 0,5 % ja pitoisuudessa 400 Bq/m^3 riski on 0,7 %. Tutkimus osoittaa radonpitoisuuden kasvun johtavan suurempaan todennäköisyyteen sairastua syöpään. Tupakoivilla riski on vielä noin 25-kertainen verrattuna tupakoimattomaan henkilöön. Tupakoivien henkilöiden riski sairastua edellisten tapausten mukaisissa radonilanteissa on 10 %, 12 % ja 16 %. (Darby et al. 2005.)

Suomessa keuhkosityöpätapauksia todetaan vuosittain noin 2000, joista radon on aiheuttajana noin 300:ssa tapauksessa, kertoo Säteilyturvakeskuksen artikkeli ”Radon aiheuttaa keuhkosityöpää”. Radonin ei katsota ilmaitse levitessään aiheuttavan mitään muita terveysriskejä kuin keuhkosityöpää. Esimerkiksi elintarvikkeet eivät kärsi radonille altistumisesta, eikä ihminen saa myöskään minkäänlaisia nopeasti havaittavissa olevia oireita, kuten pahoinvointia tai huimausta, altistumisen johdosta. Kuitenkin talousveden mukana tulevasta radonista on mahdollista saada säteilyä sisäelimiin. Sisäisesti nautittuna radon saattaa aiheuttaa syöpää myös muihinkin elimiin, kuin keuhkoihin, sillä se pääsee vaikuttamaan nieltynä suoraan moniin herkkiin sisäelimiin. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2011.)

Ilmateiden lisäksi toinen mahdollisuus radonin leviämiseen asuntojen yhteyteen löytyy talousvedestä. Vedessä olevat radionuklidit ovat peräisin maaperän ja kallioperän mineraaleista, jotka ovat lienneet pohjaveteen. Radonpitoisuus talousvedessä saa olla enintään 300 Bq/l , kuitenkin kaivojen tapauksessa asialle kehoitetaan hakemaan ratkaisuja säteilyn pienentämiseksi vasta pitoisuuden ollessa 1000 Bq/l . (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2011.)

2.2 Radontutkimuksen historia

Radonin terveyshaittoja on havaittu olleen jo satoja vuosia sitten kaivostyöläisten keskuudessa. Radon on ollut olemassa ja aiheuttanut sairastapauksia niin kauan kuin on ollut elämää, mutta tutkimusta aiheesta on alettu tehdä vasta suhteellisen vähän aikaa sitten. Kaivosmiehet ovat olleet ensimmäisiä, joissa on havaittu radonin tappavat vaikutukset. (Weltner, ym. 2003.)

Radonin terveyshaittojen tutkimus on alkanut jo 1500-luvulla. Kaivokset, joissa työskenneltiin, nykyisen Saksan alueella, olivat syviä, jopa 400 metriä maanpinnan alapuolelle ulottuvia, eikä työsuojelunormeja ollut vielä kehitetty nykyisenkaltaisiksi. Tämä johti joissakin tapauksissa suuriin kuolleisuusmääriin työläisten keskuudessa, kuoleman johtuessa silloin keuhkosairautena tai vuorisairautena tunnetusta taudista. Vuonna 1879 tauti tunnistettiin keuhkosityöväksi. Kyseisen alueen kaivosmiehistä jopa 75 % menehtyi keuhkosityöpään. Radonia esiintymistä ei tuolloin kuitenkaan vielä tiedostettu. 1898 Pierre ja Marie Curie löysivät uraanista myöhemmin radoniksi nimetyn aineen. Kaivostoiminta uraanin hankkimista varten alkoi maailmanlaajuisesti 1940-luvulla ja Suomessa pari vuosikymmentä myöhemmin. Tutkimus radonpitoisuuksista Suomen kaivoksissa alkoi kuitenkin vasta 1970. (Weltner, ym. 2003.)

Saksassa kaivoksista alettiin mitata radonpitoisuuksia jo 1930-luvulla ja kaivoksista saatiin 70 000 - 120 000:n Bq/m³ lukemia. Suurimmat luvut olivat noin puoli miljoonaa Becquereliä kuutiometrissä ilmaa. Asialle ei aluksi tehty mitään, koska radonin tappavuudesta ei löytynyt varsinaista suoraa todistusta, kuolemien luultiin sen sijaan johtuvan arseenista, jota oli ilmassa. Ensimmäiset epidemiologiset tutkimukset, jotka paljastivat radonin osan kuoleman aiheuttajana kaivoksissa, julkaistiin 1970-luvulla. Siitä asti radonpitoisuuksia on alettu mitata säännöllisesti. Asuntojen mittauksia alettiin suorittaa 1970-luvun puolessa välissä. Ongelmaksi asumuksissa radon tunnistettiin kuitenkin vasta 1980-luvun alussa. (Weltner, ym. 2003.)

3 RADONIN VAIKUTUS RAKENTAMISTAPOIHIN

3.1 Radonia koskevat määräykset

Radonista on säädetty määräyksiä koskien radonpitoisuuksien ohjearvoja sen enimmäismääristä paikoilla, jotka altistavat ihmisen säteilylle. Asuinhuoneistoille ja työpaikoille on säädetty omat määräykset. Säteilylaki, sekä sosiaali- ja terveysministeriö määräävät enimmäisarvot.

Säteilylaki (Säteilylaki 592/91 1991) ottaa kantaa asiaan toteamalla, että Sosiaali- ja terveysministeriö antaa tarkemmat ohjearvot radonpitoisuuksille. Sosiaali- ja terveysministeriö on säätänyt päätöksessään (944/92), että radonin pitoisuus ei saisi ylittää asuinhuoneistoissa raja-arvoa 400 Bq/m^3 . Uudiskohteet tulee kuitenkin suunnitella siten, ettei arvo 200 Bq/m^3 ylity. Radonpitoisuudet asunnoissa mitataan pidemmällä ajanjaksolla, yleensä minimissään ajan ollessa kaksi kuukautta ja niiden mittausten perusteella arvojen tulee alittaa mainitut rajat. Säteilyturvakeskuksen tulee olla hyväksynyt käytetty mittausmenetelmä. (Ympäristöministeriön www-sivut 2011.)

Sosiaali- ja terveysministeriö on 27 päivänä maaliskuuta 1991 annetun säteilylain (592/91) 48 §:n nojalla päättänyt:

1 §

Tämä päätös koskee asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoja. Päätöksen tarkoitus on estää ja rajoittaa huoneilman radonista aiheutuvia terveydellisiä haittavaikutuksia.

Säteilyaltistuksen rajoittamisesta työtiloissa, kokoontumistiloissa ja muissa näihin verrattavissa tiloissa on voimassa mitä säteilyasetuksessa (1512/91) on säädetty.

2 §

Asunnon huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää 400 Bq/m^3 .

Asunto tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa 200 Bq/m^3 .

Radonpitoisuudella tarkoitetaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvoa, joka on mitattu tai mittauksen perusteella määritetty radonpitoisuuden keskiarvo vuoden pituisena yhtäjaksoisena aikana.

3 §

Radonpitoisuus määritetään säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä. Määrityksen tulee perustua vähintään kahden kuukauden pituisena yhtäjaksoisena aikana tehtyyn mittaukseen.

(Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 944/1992 asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista 1992)

Työpaikoilla radonista on säädetty erikseen määräykset (Taulukko 1). Säteilyasetuksen muutoksessa on asetettu, ettei radonpitoisuuden vuotuinen keskiarvo saa ylittää työaikana 400 Bq/m^3 . Tästä voi kuitenkin poiketa tietyissä tapauksissa. Erityistapauksia ovat työpaikat, joissa ei vuositasolla viivytä kuin tietty aika. Määräykset koskevat myös kouluja ja muita julkisia tiloja. (Säteilyasetus 1143/98 1998.)

TAULUKKO 1. Työpaikan radonpitoisuuden lakisääteiset raja-arvot (Arvela & Reisbacka 2008)

Vuotuinen työaika	Toimenpidearvo(Bq/m ³)
Säännöllinen työaika (1600 h)	400
Enintään 600 h	1000
Enintään 300 h	2000
Enintään 100 h	6000

3.2 Rakennustavat

Suomessa on yli 50 000 asuntoa, joissa sisäilman radonpitoisuuden enimmäisarvo 400 Bq / m^3 ylittyy. Näissä asunnoissa tarvitaan radonkorjauksia. Korkeiden radonpitoisuuksien merkittävin aiheuttaja on maaperän erittäin radonpitoinen ilma, joka virtaa perustusten rakojen kautta maaperästä sisätiloihin. Maanvarainen laatta on käytettyin talojen perustamistapa Suomessa, joka ilman radontorjuntatoimia edistää radonpitoisen ilman virtauksia sisätiloihin. Nykyisin suosituissa rinnetaloissa maanvastaiset seinät lisäävät vielä radonvuotoja. (Arvela & Reisbacka 2008.)

Erilaisia rakennustapoja ja rakenneratkaisuja on olemassa lukematon määrä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkemmin parhaimpiin tuloksiin johtaviin eri tapoihin toteuttaa radonaltistumisen kannalta terveellisiä rakenneratkaisuja. Näillä rakenneratkaisuilla voidaan toteuttaa radonin aiheuttamalle alfasäteilylle altistumisen riskin minimointi. Tutkimuksessa tarkastellaan erilaisia pientalojen ratkaisuja, lähinnä perustustapojen ja rakennusmateriaalien valintaa koskien, sekä ilmanvaihdollisia asioita. Samalla selvitetään, miten radon tulee asuintiloihin ja miten siitä pääsee tehokkaasti eroon.

Asuntojen keskimääräinen radonpitoisuus on Suomessa 120 Bq/m^3 . Esimerkiksi Ruotsissa vastaava arvo on 110 Bq/m^3 ja Englannissa vain 20 Bq/m^3 . Koko maailman asuntojen keskiarvo on UNSCEARin (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) arvion mukaan 40 Bq/m^3 . Suomessa on noin 60 000 asuntoa, joissa radonpitoisuus ylittää enimmäisarvon 400 Bq/m^3 ja yli 200 000 asunnossa ylittyy arvo 200 Bq/m^3 . Radonpitoisuudet ovat korkeampia 1980- ja 1990-luvuilla rakennetuissa taloissa kuin vanhemmassa asuntokannassa. Suurimmat todetut radonpitoisuudet asunnoissa ovat olleet yli $30\,000 \text{ Bq/m}^3$ koko vuoden keskiarvona. Hetkellisesti asuin- tai työtiloissa on mitattu pitoisuuksia jotka ylittävät jopa $100\,000 \text{ Bq/m}^3$. Uusissa asunnoissa ei ongelmaa pitäisi esiintyä, sillä asunnot suunnitellaan nykynormien mukaisesti. Rakennusvalvonta pitää paikkakuntaakohtaisesti huolen rakenteiden suunnittelun aikaisesta radonin poistosuunnitelmasta. Rakennusvalvonta käskää huomioimaan myös rakennusmateriaalien radonpitoisuuden. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2011 & Liite 1.)

3.2.1 Radonin kulkeutuminen asuintiloihin

Rakennuksen sisäilmassa esiintyvä radon on peräisin jostain seuraavista lähteistä:

- rakennuksen alla oleva maaperä
- rakennusmateriaalit
- talousveden käytön yhteydessä vapautuva radon.

Radonpitoisuus on selvästi korkeampi 1980-luvulla ja sen jälkeen rakennetuissa taloissa. Tämä johtuu suurelta osin rakennustavan muuttumisesta. Maanvarainen laatta korvasi niihin aikoihin ennen yleisesti käytössä olleen ryömintätalaisen perustustavan. Myös hyvin ilmaa läpäisevän kevytsoraharkon yleistyminen on kasvattanut radonpitoisuutta. Nykyiset säädökset ehdollistavat kevytsoraharkkojen käytön. Harkkojen tulee olla rapattuja ilmavuotojen ehkäisemiseksi. Rinnetalojen yleistyminen on osaltaan kasvattanut radonin kulkeutumista kyseisiin asuntoihin, sillä niissä on oleskelutiloja kellarikerroksessa ja yhteys ylä- ja kellarikerroksen välillä on avoin. Tuuletuvalla ryömintätalaisella alapohjalla varustetuissa taloissa radonpitoisuudet ovat yleisesti pienempiä. Jos alapohjan ilmanvaihto kuitenkin on liian vähäistä ja alapohjarakenteet läpäisevät ilmaa, voi näissäkin asunnoissa joissain tapauksissa olla korkeita radonpitoisuuksia. Maanvaraisen laatan suurimpia vuotoreittejä ovat laatan ja seinärakenteiden väliset saumat. Betonilaatta kutistuu kuivuuksaan ja sen reunalle syntyy rako. (Arvela & Reisbacka 2008 & Kuva 2.)

Muita mahdollisia vuotoreittejä ovat:

- alapohjan ja kantavien väliseinien liitoskohdat
- kantavat väliseinät, jotka läpäisevät alapohjarakenteen
- kevytsoraharkoista tehdyt seinät, jos seinät ovat tiivistämättömät
- lattialaatan halkeamat
- lattialaatan läpivientikohdat, sähkö- ja vesijohdot
- kellarin maalattiat
- takan lattian saumat tai takkarakenteet
- radonpitoiset rakennusmateriaalit.

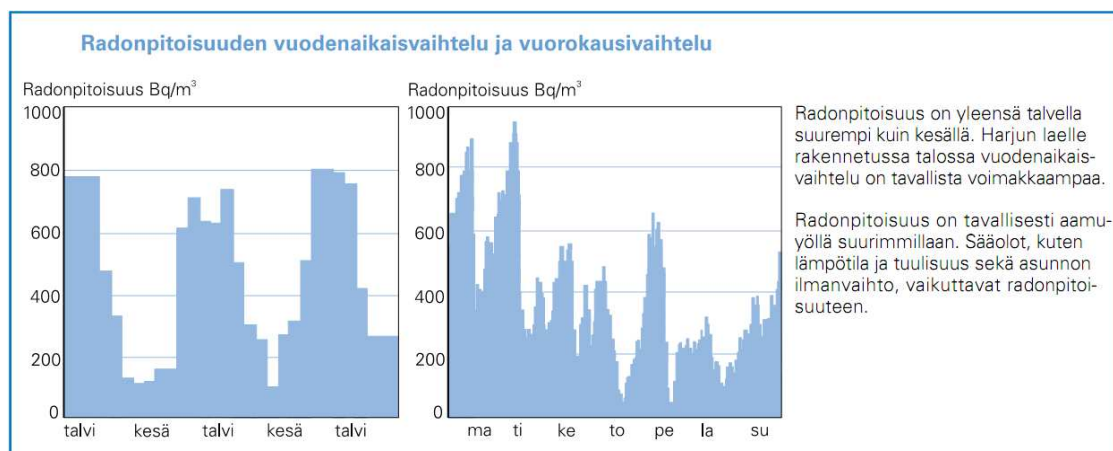
Kerrostaloasunnoissa ei ainakaan yläkerroksien osalta ole merkittävää haittaa maaperästä asuntoon kulkeutuvasta radonista, vaan betoniset rakenteet ovat tällaisissa tapauksissa merkittävin radonlähde. Näistä aiheutuu keskimäärin 70 Bq/m^3 radonpitoisuus. Keskimääräistä suurempia radonpitoisuuksia esiintyy Kaakkois-Suomen kerrostaloissa, joissa betoniin on käytetty uraanipitoista soraa. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut.)

Maaperästä peräisin oleva radon tulee asuintiloihin rakenteiden läpi paine-eroista johtuen. Asunnot ovat alipaineistettuja ja paine-erot varsinkin talvella korostuvat. Näin ollen asunto imee itseensä ilmaa muun muassa alapohjasta. Vuodenaikojen lisäksi vuorokaudenajalla on myös oma osansa asunnon säteilypitoisuuksien suhteen. (Taulukko 2.)



KUVA 2. Radonin kulkureitit asuntoon (Arvela & Reisbacka 2008)

TAULUKKO 2. Radonin esiintymisen vaihtelu vuoden- ja vuorokaudenajan mukaan (Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia 2009)



3.2.2 Ilmanvaihto ja tiiviys

Ilmanvaihdolla on merkittävä osa sisäilman yleisen puhtauden osalta ja näin ollen se myös vaikuttaa radonpitoisuuksiin. Ilmanvaihdon paineisuus on yleisesti rakennuksen sisällä miinuspuolella, eli paine on pienempi, kuin ulkona. Tästä johtuen pitää huolehtia rakennuksen alapohjan riittävästä tiiveydestä sekä ilmavirran riittävästä kulkeutumisesta suunniteltuja reittejä pitkin. Rakennukseen pyritään ohjaamaan ilmaa, mutta se pitää saada tulemaan ilmanvaihtokanavia pitkin. Näin suunniteltaessa pystyy samalla huolehtimaan puhtaan radonittoman ilman pääsystä rakennukseen sekä likaisen sisäilman poispääsystä. Asiaa on tiivistetty Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2. Rakennuksen, sen huoneilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän paineet on suunniteltava siten, että ilma virtaa puhtaammista tiloista sellaisiin tiloihin, joissa syntyy runsaammin epäpuhtauksia. Paineet eivät saa aiheuttaa rakenteisiin pitkäaikaista kosteusrasitusta. (Suomen RakMk D2 2010.)

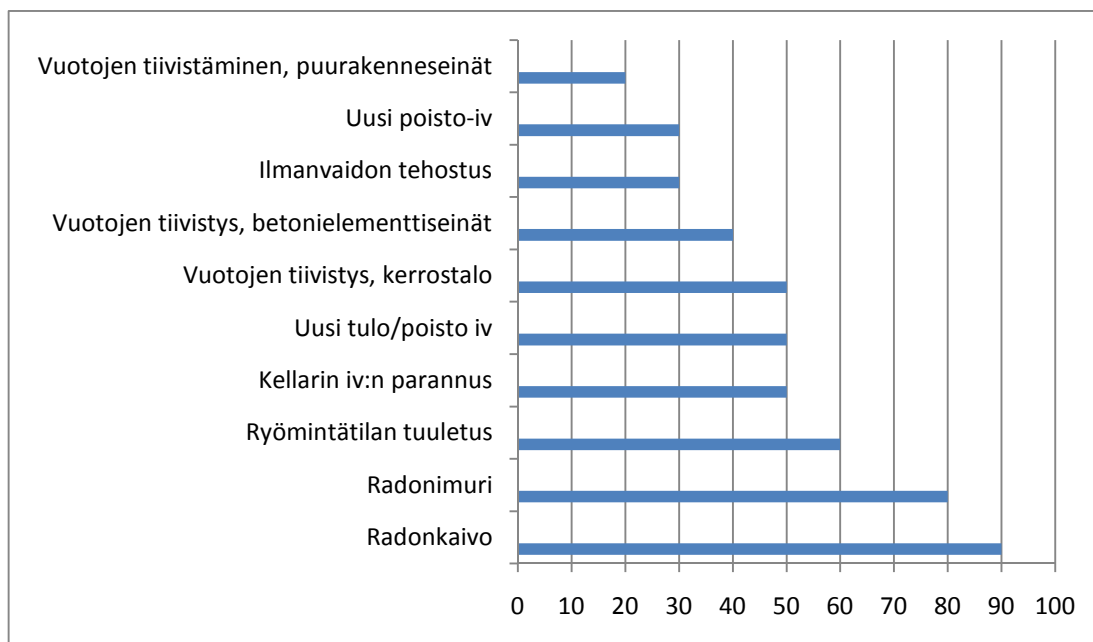
Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä. Sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien olla niin tiiviitä läpi kulkevien ilmavuotojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena. (Suomen RakMK C2 1998.)

3.3 Radonin torjunta

Radonin torjuntaan pitää panostaa. Paras tapa torjua ongelmat on tehdä tehokkaita ratkaisuja talon suunnitteluvaiheessa ja toteuttaa suunnitelmat laadukkaasti. Jos talo on kuitenkin jo olemassa ja siinä esiintyy radonongelmia, pitää alkaa suunnitella korjaustoimenpiteitä. Suunnitelman tekee aina asiaan perehtynyt henkilö saatuaan tiedon asunnon säteilymäärästä, sekä käytetyistä rakenneratkaisuista. Erilaisiin tiloihin voi suunnitella eri järjestelmiä käytettäväksi ja vaikkapa kokonaisella asuinalueella olevaan ongelmaan saattaa olla hyvä etsiä ratkaisu, jolla päästään korjaamaan kokonaistilannetta yhdellä toteutettavalla ratkaisulla. Tällaiseen tilanteeseen hyvä ratkaisu olisi radonkaivo, jolla saadaan imettyä ilmaa maaperästä suuremmalta alueelta.

Erilaisilla ratkaisuilla on eritasoiset vaikutukset. Yleisesti ottaen parhaat tulokset saavutettaneen asentamalla radonkaivo tai radonimuri. Radonkaivolla on saavutettu parhaita tuloksia. Tuloksia voi tarkastella Taulukko 3:sta, jossa on esitetty kaikkien radonkorjaustoimenpiteiden saavutuksia. (Arvela & Reisbacka 2008.)

TAULUKKO 3. Eri korjausmenetelmillä saavutetut radonpitoisuuden alenemat prosentuaalisesti ilmaistuna lähtöarvoihin verraten (Arvela & Reisbacka 2008)



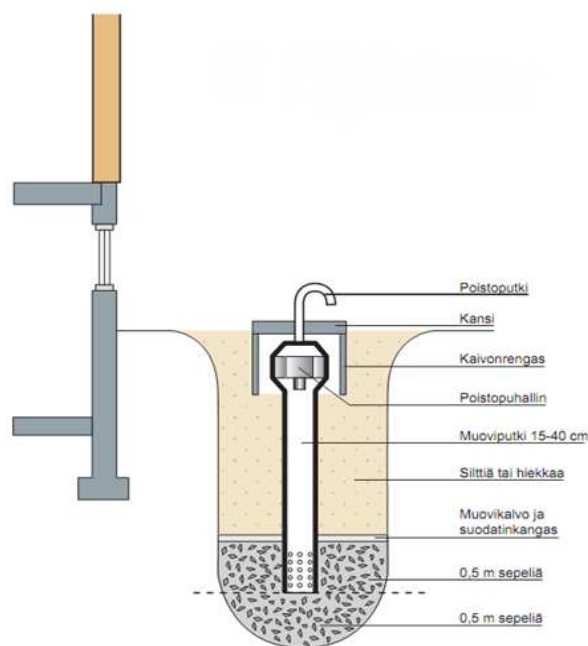
3.3.1 Radonkaivo

Radonkaivon toiminta perustuu maaperän alipaineistamiseen, eli asunnon ympäriltä ja alta imetään pois ilmaa, joka korvautuu puhtaalla ulkoilmalla. Kaivon toimintaan vaikuttaa maaperän tiiviys ja kerroksellisuus, asennuskuopan syvyys sekä poistopuhaltimen teho. Toiminta edellyttää, että maa-aines on sopivan karkeaa, eikä maa-aines saa myöskään olla liian tiivistä. Toimiva ratkaisu saadaan aikaan asentamalla radonkaivo sorasta tai hiekasta koostuvaan maahan. Radonkaivo pyritään sijoittamaan maahan siten, että imupiste on anturoiden alapinnan alapuolella syvyysakselilla ja riittävän etäälle rakennuksen perustuksista horisontaaliakselilla. Sopiva asennuskuopan syvyys on noin 4-5 metriä. Yksittäisen pientalon vaatima radonkaivon imurin puhallinteho on 150 W. Jos olosuhteet ovat riittävän hyvät, alenee radonpitoisuus vielä noin 20–40 metrin etäisyydellä asennuspisteestä. Kaivo asennetaan maakuoppaan ja siitä johdetaan poistoputki maanpinnan pinnalle. (Arvela & Reisbacka 2008; Kuva 3.)

Kaivon toiminnan estäviä tekijöitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- liian tiivis maa, esimerkiksi savi tai siltti
- liian tiiviit tai liian läpäisevät maakerrokset kaivon ja perustusten välillä
- ilman poistuminen väärillä reiteillä, kuten salaojien tai kaapelikourujen, sekä sadevesikaivojen kautta ennen perustuksia.

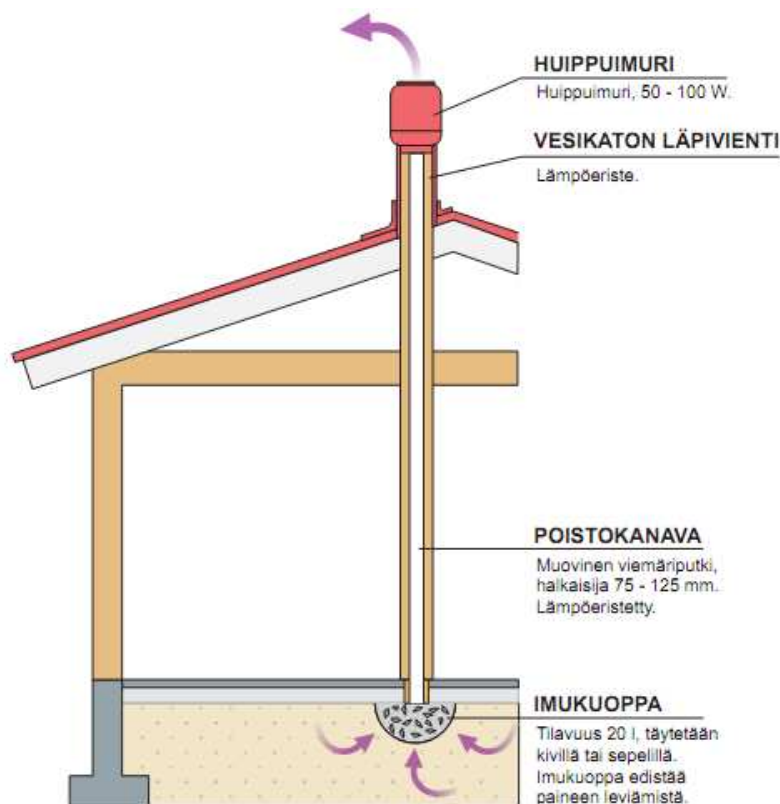
Haittavaikutuksina voi esiintyä maaperän jäätymistä syvemmillä kuin ennen korjaustilannetta sekä meluhaittoja. Näistä kuitenkin voidaan päästä eroon toteuttamalla asennukset kunnolla. Maaperän jäätyessä vaarassa ovat maahan asennetut kaivot, putket ja kaapelit. Nämä voidaan, ja pitääkin, kuitenkin eristää asianmukaisesti ottaen huomioon ympäristölliset vaikutukset. Melua, joka aiheutuu puhaltimen käytöstä, voidaan minimoida sijoittamalla putken ilmanpoistoaukot kauemmas rakennuksesta joko korkeussuunnassa tai sitten vaakatasoisena etäisyytenä. Putkea suunniteltaessa voidaan ottaa melutilanne huomioon, jolloin on mahdollista vetää putkea maan alla pidemmänkin matkan, jolloin putken pään paikan voi valita oman miltymyksen mukaan. Tällä valinnalla ei ole vaikutusta radonkaivon toimintaan radoninpoistossa tai kulutuksessa. (Arvela & Reisbacka 2008.)



KUVA 3. Radonkaivon osat asennettuna maahan (Arvela & Reisbacka 2008)

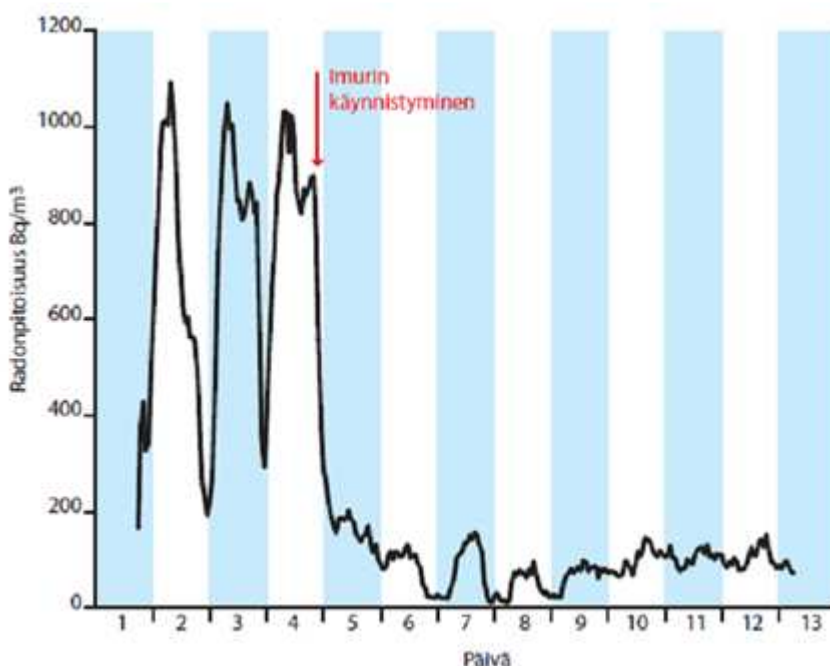
3.3.2 Radonimuri

Radonimurin toiminta perustuu asunnon lattialaatan alapuolisen maan alipaineistukseen, joka näkyy kohdassa Kuva 4. Imuri toimii periaatteessa alapohjan tuuletuksen tavoin. Imuria käytetään tapauksessa, jossa tuulettusta ei voida järjestää muin tavoin kuin mekaanisesti tuottamalla imua ja tuomalla tilaan ulkoilmaa korvausilmaksi. Radonimuri imee ilmaa maasta yhdestä tai useammasta pisteestä tarpeen mukaan suunniteltuna. Periaatteessa on mahdollista suotuisissa olosuhteissa saavuttaa tilanne, jossa maaperän huokosista peräisin oleva ilma ei virtaa asuntoon enää lainkaan, vaan ilma on ulkoa tuotettua puhdasta vapaata ulkoilmaa. Tällaisessa tapauksessa radonpitoisuus asunnossa vähenee merkittävästi, lähestulkoon poistuu kokonaan. Joka tapauksessa ero on merkittävä, kuten esitetty kohdassa Kuva 5. Radonimurin asennuksen sijoituksessa talon pohjan alle saattaa ilmetä ongelmia, jos rakennus on esimerkiksi ositettu perustusosiltaan moneen lohkoon, kuten esimerkiksi rakentamalla kantavien väliseinien anturoita. (Arvela & Reisbacka 2008.)



KUVA 4. Radonimurin toimintaperiaate rakenteeseen asennettuna (Arvela & Reisbacka 2008)

Imuria suunniteltaessa on huomioitava maaperän rakenne, sekä alapohjan rakenne. Myös kosteustekniset seikat pitää suunnitella huolella, sillä ilmavirran suunnan muuttuminen talosta maahan päin saattaa johtaa rakenteiden kostumiseen ja tätä kautta ajan kuluessa mahdollisiin kosteusongelmiin. Imuria asennettaessa on huomioitava lisäksi myös toiminnan kannalta tärkeä tiivistäminen. Kaikki ilman vuoreitit alapohjasta pitää tarkastaa ja mahdollisesti samalla tiivistää, jos asia katsotaan asiantuntijan kannalta relevantiksi. Joka tapauksessa kaikki 2 metrin säteellä imukuopasta sijaitsevat halkeamat ja saumat tulee tiivistää, sillä imurin toiminta alipaineistuksessa heikkenee muussa tapauksessa. Alapohjan rakenteet on tarkastettava kantavien väliseinien osalta. Imurin toiminta kattaa alueet, jotka ovat vaaka-akselilla samassa tasossa. Kantavat väliseinät osastoivat rakennuksen ja siksi niiden kohdilla tulee imukuoppien sijoittelu olla tarkoituksen mukainen. Jokaiseen osastoituu alueeseen tulee olla mielellään oma imurinsa taatakseen radonin poistuvuuden (Kuva 6.) (Arvela & Reisbacka 2008.)



KUVA 5. Helsinkiläisen paritaloasunnon radonpitoisuuden aleneminen, kun radonimuri otettiin käyttöön (Arvela & Reisbacka 2008.)

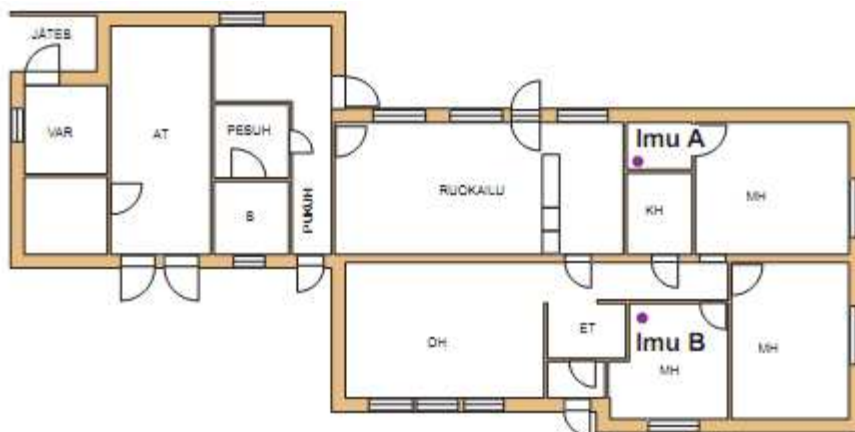
Radonimuri on jälkikäteen asennettuna omakotitaloihin hyvä ratkaisu. Suuremmille alueille radonimurin teho ei riitä, vaan niihin tulee etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja, esimerkiksi radonkaivo. (Arvela & Reisbacka 2008.)

Imurin hyvään toimintatehoon vaikuttavia asioita ovat:

- pieni pohjapinta-ala
- yksinkertainen laatan muoto
- liian läpäisevä maa laatan alla

Imurin toimintaa huonontavia tekijöitä ovat:

- imupisteiden vähäisyys ja huono sijoitus
- ilmanvaihdon aiheuttama suuri alipaine
- tiivis täytemaa
- liiallisesti ilmaa läpäisevä alapohja



KUVA 6. Esimerkki imukuoppien sijoittelusta, kun talossa on alapohjan osastoiva kantava väliseinä (Arvela & Reisbacka 2008.)

3.3.3 Ryömintätilainen rakenneratkaisu

Ryömintätilaisessa alapohjassa, eli tuulettuvassa alapohjassa, perusideana on lattian perustaminen perusmuurien päälle, jolloin saavutetaan tilanne, jossa laatta tai puupohja ei ole kosketuksissa maan kanssa. Ryömintätilaisessa rakenneratkaisussa radonpitoisuudet ovat keskimäärin kaikkein alhaisimpia. Jos tällaisessa rakennetapauksessa esiintyy kuitenkin sallitut raja-arvot ylittäviä radonpitoisuuksia, tulee tutkia johtuuko asia alapohjan rakenteissa olevista vuodoista vai ryömintätilan liian vähäisestä ilmanvaihdosta. (Arvela ym. 2010.)

Mahdollisia vikoja voivat olla seuraavat asiat:

- pieni tuuletusaukkojen määrä ryömintätilan seinissä
- aukkojen suljettuna oleminen
- hyvin ilmaa läpäisevä alapohja
- tiivistämättömät aukot alapohjassa

Ryömintätilasta on määrätty rakenteellisten osien kannalta Suomen rakennusmääräyskokoelmassa, jossa todetaan aukkojen pinta-alan tulevan olla vähintään 4 promillea pohjan alasta. Ryömintätilaan ei myöskään saa jäädä tuulettumattomia alueita. Pohjan tuuletus voidaan hoitaa myös koneellisesti. Aukkojen vähimmäiskooksi on määrätty 150 cm^2 ja aukkojen väliseksi enimmäisetäisyydeksi 6 metriä. Toisaalta liiallinen ilmanvaihto alapohjassa vaikuttaa rakennuksen lämmitystarpeeseen talviaikaan, mutta koneellisessa ilmanvaihdossa voi säätää ilmamäärän vaihtumista ja luukkuja voi talvisin tarpeen tullessa sulkea, kunhan huolehtii tarvittavasta ilmanvaihdosta siinäkin tapauksessa. (Suomen RakMK C2 1998.)

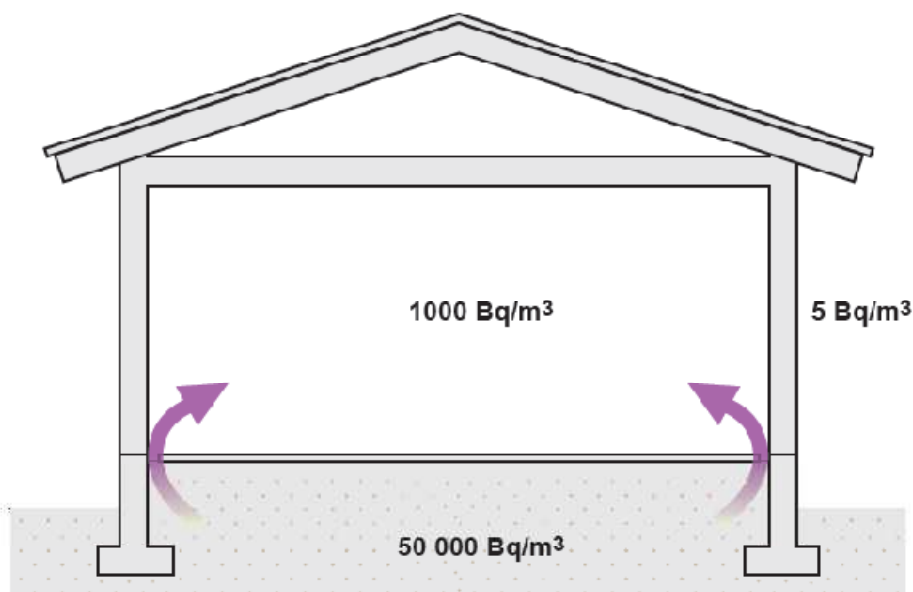
3.3.4 Ilmanvaihtojärjestelmän parannukset

Ilmanvaihdon parantaminen suoritetaan asentamalla kohteeseen joko kokonaan uusi ilmanvaihtojärjestelmä tai parantamalla vanhaa. Vanhan ilmanvaihdon parantaminen merkitsee usein lisäjärjestelmien asentamista tai vanhojen koneiden uudelleen mitoittamista. Tämä ratkaisu ei useimmiten ole edullisimmasta päästä, mutta toimivuudeltaan melko tehokas. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa tulee huomioida kuitenkin talon

painesuhde ulkoilmaan nähden. Taloa ei saa liiallisesti alipaineistaa, sillä se aiheuttaa samalla lisääntyntä virtausta alapohjan kautta, joka taas vastavuoroisesti lisää huoneiston radonpitoisuutta. Ilman vaihtumiseen asunnossa sen sijaan pitää kiinnittää huomiota ja parantaa sitä. Samalla pitää huomioida, että ilman tulee vaihtua asuinrakennuksessa kerran kahdessa tunnissa. (Suomen RakMK D2 2010.)

3.4 Uudisrakennuksen radontorjunnan suunnittelu

Paras tapa vaikuttaa radontorjunnallisiin ratkaisuihin on tehdä ratkaisuja heti rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Tällöin ratkaisut ovat helppoja suunnitella perustamispaikkaan sopiviksi ja toteutus on huomattavasti helpompaa. Täten toimiessa myös kustannukset pysyvät yleensä pienempinä johtuen työnkuvan helpottumisesta. Suomessa nykyrakentamisen trendinä on tehdä talo maanvaraisen laatan varaan. Tämä tapa on edustettuna 80 %:ssa uusista pientaloista ja 64 % kokonaismäärästä on maanvaraisella laatala varustettuja matalaperusteisia rakennuksia. Nämä rakennustavat ovat ongelmallisia radonia ajatellen, sillä laatasta on aina vuotokohtia, esimerkiksi seinään liittyvässä kohdassa (Kuva 7). Rakennusmateriaalit itsessään luovuttavat radonia huoneilmaan, mutta suurimmat pitoisuudet ovat maaperästä ilman mukana siirtyviä. (Arvela, ym. 2010.)



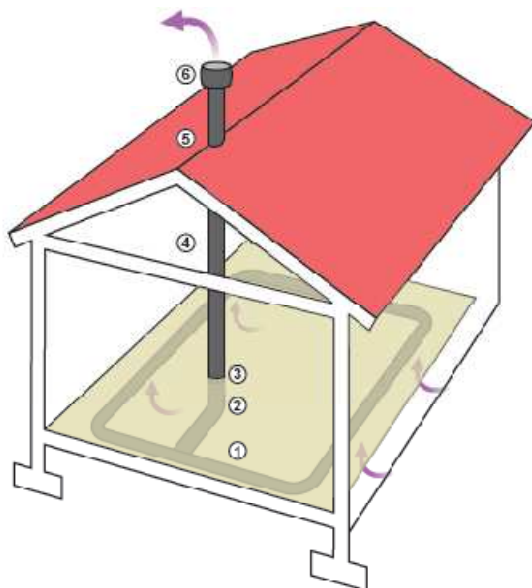
KUVA 7. Radontilanne asunnossa ja maaperässä (Arvela, ym. 2010)

Rakennusmateriaaleista betoni on aine, josta radonia vapautuu huoneilmaan. Pitoisuudet, jotka rakennusmateriaalit luovuttavat, ovat noin 20–70 Bq/m³, sallittavan kokonaisen enimmäispitoisuuden ollessa uudisrakennuksissa 200 Bq/m³. (Arvela, ym. 2010.) Rakennuksen perustusten täyttöön käytettävä maa-aines tulisi aina olla tarkastettua. Useimmat suuret, maa-ainesta myyvät yhtiöt luovuttavat radontarkastusasiakirjan myymästään materiaalista sellaista pyydettyä. Porin kaupungin rakennustarkastusinsinööri Pauli Pelkkikankaan mukaan ostettava maa-aines on yksi merkittävä asia tarkastuslistalla rakennettaessa uutta taloa. Maa-aineksen hankintapaikka määrää maan radonpitoisuuden. Tilanteessa, jossa rakennetaan uutta, on aina varmistettava materiaalien puhtaus. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2011.)

Maanvaraista laattaa käytettäessä tulee kiinnittää huomio erityisesti laatan ja sokkelin välisen raon tiivistämiseen ja radonputkiston asentamiseen. Radonputkiston toiminta perustuu rakennuspohjan alipaineistukseen. Tässä toiminta on siis samaan tapaan ideoitu, kuin radonkaivoissa tai radonimurissa. Poistopuhallin imee ilmaa rakennuksen alta ja näin poistaa samalla myös radonia, joka muussa tapauksessa kulkeutuisi maan huokosista ilmavirran mukana pienemmän paineen suuntaan rakennuksen sisäilmaan. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Eri ilmanvaihtojärjestelmien tavoitteelliset paine-erot. Miinusmerkki tarkoittaa, että ilmanpaine sisällä pienempi kuin ulkona (Asumisterveysopas 2008)

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0...-5 Pa ulkoilmaan +0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5...-20 Pa ulkoilmaan 0...-5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtolämmitys	0...-2 Pa ulkoilmaan +0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan



Kuvan selitykset

1. Imukanavisto, muovista salaojaputkea, etäisyys perusmuurista noin 1,5 m, vähintään 20 cm lämmöneristeen alapuolella. Pari- ja rivitaloissa käytetään haravamallista kanavistoa.
2. Siirtokanava, muovista viemäriputkea
3. Tiivistetty läpivienti lattialaattassa
4. Lämpöeristetty poistoputki
5. Läpivienti vesikatolle
6. Piippuhattu vapaasti tuulettuvassa järjestelmässä tai vaihtoehtoisesti huippumuri koneellisessa radonimurijärjestelmässä.

KUVA 8. Radonputkiston asennus talon alapohjan alle. (Arvela, ym. 2009)

Parasta kuitenkin radonasiaa ajateltaessa olisi perustaa talot radonturvallisella tavalla, käyttäen tuulettuvaa alapohjaa, joka on paras ratkaisu säteilyturvallisuuden kannalta, tai vaihtoehtoisesti reunavahvistettua laattaa.

Säteilyturvakeskuksen otantatutkimuksessa (Arvela, ym. 2010.) tutkittiin tarkemmin uusien pientalojen radonpitoisuuksia. Tutkimuksessa myös eriteltiin eri rakennustapojen vaikutusta radonpitoisuuteen. Tutkimukseen hyväksyttiin käytettäväksi 1561 näytettä. (Taulukko 5.) Kaikista tutkimukseen osallistuneista kiinteistöistä laskettiin tutkimuksessa erikseen sallitut radonpitoisuuden raja-arvot ylittävät kiinteistöt (Taulukko 6.)

TAULUKKO 5. Mitattuja radonpitoisuuksia uudisrakennuksissa. Alue 1:een kuuluu Itä-Uusimaa, Kymenlaakso, Päijät-Häme, Pirkanmaa, Etelä-Karjala ja Kanta-Häme. Alue 2 on muu Suomi (Arvela, ym. 2010)

Tutkimus ja alue	Radonpitoisuuden keskiarvo			Radonpitoisuuden mediaani			Radonpitoisuuden mediaanin (keskiarvon) alenema uudisrakennuksissa verrattuna koko pientalokantaan, vuoden 2006 otantatutkimus %		
	Bq/m ³			Bq/m ³					
	Okt	Rivit	Yht	Okt	Rivit	Yht	Okt	Rivit	Yht
Tämä tutkimus									
Alue 1	110	154	125	72	79	74	46 (44)	55 (31)	48 (38)
Alue 2	86	77	83	55	47	53	17 (12)	33 (22)	21 (15)
Koko maa	92	100	95	59	54	58	21 (25)	36 (22)	25 (24)
Otanta-tutkimus 2006									
Alue 1	196	222	203	132	174	141			
Alue 2	98	99	98	66	70	67			
Koko maa	123	128	125	75	85	77			

TAULUKKO 6. Radonpitoisuuden sallittujen enimmäisarvojen ylitykset eri perustapojen mukaan luokiteltuna (Arvela, ym. 2010)

Perustustapa	200 Bq/m ³ ylitysosuus %			400 Bq/m ³ ylitysosuus %		
	Omakotitalot	Rivitalot	Kaikki	Omakotitalot	Rivitalot	Kaikki
Maanvarainen laatta	10,0	13,1	10,7	1,4	2,5	1,6
Reunavahvistettu laatta 1)	0	0	0	0	0	0
Tuulettuva alapohja	3,2	0	2,6	0	0	0
Rinne- ja kellarit	24,2	15,9	22,3	6,7	2,2	5,7
Ei tietoa	6,0	10,9	9,7	0	3,8	2,8
Kaikki	10,4	11,0	10,6	1,8	2,9	2,1

3.5 Rakennuslupaviranomaisten kanta

Sähköposti- ja puhelinhaastattelut suoritettiin Tampereen ja Porin rakennustarkastuksen henkilöstöille. Porin kaupungin rakennustarkastusinsinööri Pelkkikankaalta saatiin vastaukset puhelinhaastattelussa. Tampereen kaupungin rakennustarkastusinsinööri Timo Toivo puolestaan antoi haastattelun puhelimitse, sekä vastasi sähköpostikyselyyn. Näissä haastatteluissa kävi ilmi, että radonista ollaan kyllä huolissaan mo-

lemmissä kunnissa. Kuntien olosuhteet ovat hyvin erilaiset, Porin ollessa enimmäkseen vähäisen radonpitoisuuden aluetta ja Tampere puolestaan korkeimpien pitoisuuksien kunta (Kuva 1.) Eroista huolimatta rakennustarkastusinsinöörit, Porissa Pelkkikangas ja Tampereella Toivo, olivat hyvin tietoisia ongelmasta ja sen terveyttä uhkaavista ominaisuuksista. Puhelimessa käydyssä keskustelussa kävi ilmi Pelkkikankaan ja Toivon kannat siitä, että radoniin kannattaa suhtautua vakavasti. (Henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2011.)

Sekä Porissa, että Tampereella rakennustarkastusinsinöörit kertoivat, että kannattaa aina suhtautua rakennusta suunniteltaessa siten, että radonia on alueella liikaa. Toivo vastasi, että erillisiä suunnitelmia ei silti heilläkään pakoteta esittämään, mutta rakennuslupaa haettaessa suunnitelmissa pitää ilmoittaa radonasian huomiointi. Muutoin, muun muassa mittausten suhteen, asia jää asukkaan itsensä päätettäväksi. Kuitenkin radonin poistaminen on huomioitava asia, sillä sähköpostissaan (Liite 1) Toivo toteaa, että ”Erytysuunnitelmissa, joita vaaditaan rakennusluvan ehdoissa, esitetään sitten radonratkaisuja - rakennesuunnitelmissa alapohjan ratkaisut, tiiveys ja tuulettuvuus sekä LVI-suunnitelmissa mahdollinen putkisto vesikatolle ja varaus radonimurille.”(Liite 1.) Hän myös vertasi osuvasti radonia samankaltaiseksi rasitteeksi, kuin lumikuorma tai kosteus. (Nevanpää & Liite 1.)

4 MITTAUKSET JA MENETELMÄT

4.1 Radonmittaus- ja tutkimusprosessi

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe toteutettiin etsimällä ajankohtaista ja luotettavaa tietoa radonista ja erilaisista rakenneratkaisuista. Tutkimuksen toisessa vaiheessa tehtiin radonpitoisuusmittaukset kolmeen eri asuntoon Porin ja Tampereen alueella. Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa suoritettiin sähköposti- ja puhelinhaastatteluja. Haastateltavina olivat Porin ja Tampereen kaupunkien rakennustarkastusinsinöörit.

Radonin mittaus tapahtuu Säteilyturvakeskukselta tilattavilla radonmittauspurkeilla. Purkki asennetaan huoneistoon paikkaan, joka ei ole vetoisa ja on noin metrin korkeudella. Mittausaika on kaksi kuukautta. Mittaus tulee suorittaa marraskuun alun ja huhtikuun loppu välisenä aikana. Purkki poistetaan suojamuoveistaan ja sen jälkeen asetetaan paikalleen purkin reiällinen puoli ylöspäin. Kahden kuukauden kuluttua purkki lähetetään Säteilyturvakeskukselle, jossa se analysoidaan. Tulokset saadaan postilla noin kuukauden kuluessa mittauksen päättymisestä. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2010.)

Radonmittaukset suoritettiin kohteisiin noin kahden kuukauden ajanjaksolla. Säteilyturvakeskus on Suomen virallinen taho säteilyasioissa. Tutkimuksessa edettiin soittamalla Säteilyturvakeskuksen tutkimusprofessori Hannu Arvelalle, jonka kanssa neuvoteltiin radonin tutkimisesta. Mittauspurkit tilattiin samasta paikasta. Prosessi lähti käyntiin mittauspurkkien saavuttua opinnäytetyön tekijälle. Radonpurkit asennettiin aiemmin neuvoteltuihin kohteisiin. Radonmittaukset on hyvä tehdä talvella, jolloin asunnon ja ulkoilman välinen paine-ero on suurempi ja näin ollen saadaan suuremmat todelliset mittausarvot. Suositeltava mittausaika on marraskuun alusta huhtikuun loppuun. (Säteilyturvakeskuksen www-sivut 2010.)

4.2 Mittauskohteet

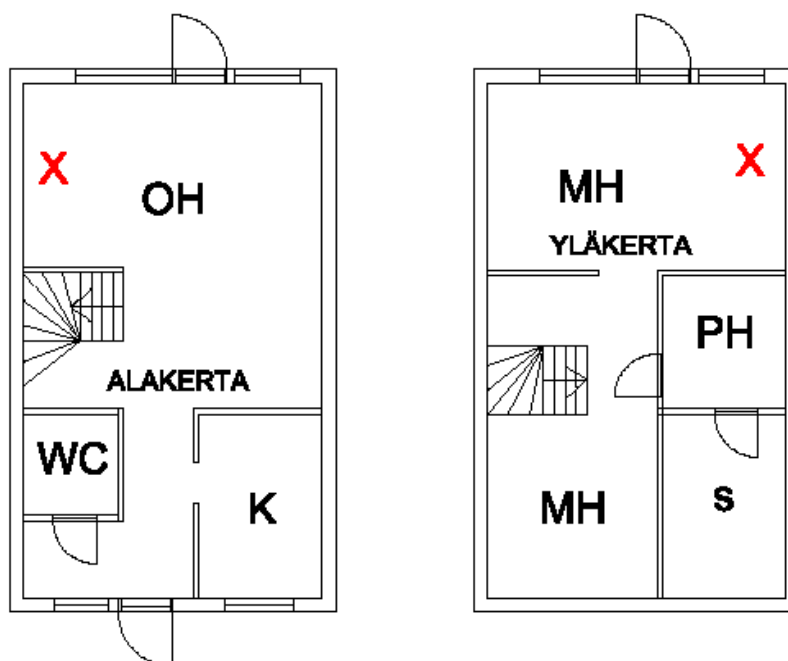
Mittauskohteiksi valittiin kolme kohdetta. Kaksi kohdetta on Porissa, tarkemmin ottaen kaupunginosissa Uusikoivisto ja Toukari. Porissa sijaitsevat kohteet ovat molemmat omakotitaloja. Yksi kohde sijaitsee Tampereella Epilässä.

Uudellakoivistolla sijaitseva kohde on vuonna 1944 rakennettu kaksikerroksinen, pinta-alaltaan 80 m² oleva puutalo. Mittauspisteet olivat kumpikin alakerrassa, toinen keittiössä ja toinen olo/työhuoneessa. Talossa on betonianturaperustus ja osittain talon alla sijaitsee kellari. Asunnossa on ilmanvaihtojärjestelmää parannettu asentamalla olohuoneeseen ilmanlämpöpumppu pitäen silmällä enemmän asunnon lämmitystä ja jäähdytystarvetta, kuin radonpitoisuuksia. Muuten talon korjaukset eivät ole vaikuttavia tekijöitä radonin esiintymisen kannalta. Rossipohjainen rakenne itsessään on radoninpoiston kannalta tehokas tapa pitää säteilyarvot pieninä. Alapohjan tuuletus pitää huolen riittävästä ilman puhdistumisesta talon pohjassa. Talvella sokkelissa olevat tuuletusaukot ovat osittain kiinni johtuen alapohjan liiallisesta kylmenemisestä.

Toukarilla sijaitseva kohde on vuonna 1990 rakennettu yksikerroksinen omakotitalo. Talossa on perustustapana reunavahvisteinen laatta ja runkona puurunko, ulkoverhoisuus on laattaa. Taloon on jälkikäteen asennettu ilmanlämpöpumppu. Talon perustusvaiheessa ei ole otettu huomioon radonin torjuntaa, eikä näin ollen sinne ole asennettu mitään radonin poistoon auttavaa järjestelmää laatan alle, eikä viereen. Mittauspisteet talossa sijaitsivat olohuoneessa ja makuuhuoneessa. Talon alapohjan rakenne on hyvä tapa pitää radonpitoisuudet alhaisina, sillä pohjaan ei jää vuotavia saumakohtia ja tiivistystä ei ole tarpeellista suorittaa.

Yksi kohde sijaitsee Tampereella Epilän kaupunginosassa., joka on lähellä yhtä Suomen radonpitoisimmista alueista, Pispalanharjua (Kuva 1). Kohde on huoneisto vuonna 2007 rakennetusta kaksikerroksisesta rivitalosta. Mittauspaikat talossa olivat alakerran olohuoneessa ja yläkerrassa sijaitsevassa makuuhuoneessa. (Kuva 8.) Asunnossa on koneellisesti toimiva tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Talo on perustettu betonianturoille ja runko on myös betonia Ala- ja välipohja on ontelolaattaa. Talossa on käytetty runsain määrin betonia, mutta nykyajan rakennusmääräysten mukaisesti

betonin radonpitoisuus on pidettävä alhaisena. Taloyhtiön alueelle on asennettu radonkaivo. Radonkaivo on tarpeellinen toimenpide ottaen huomioon rakennuspaikan sijainnin. (Taulukko 3, Kuva 3).



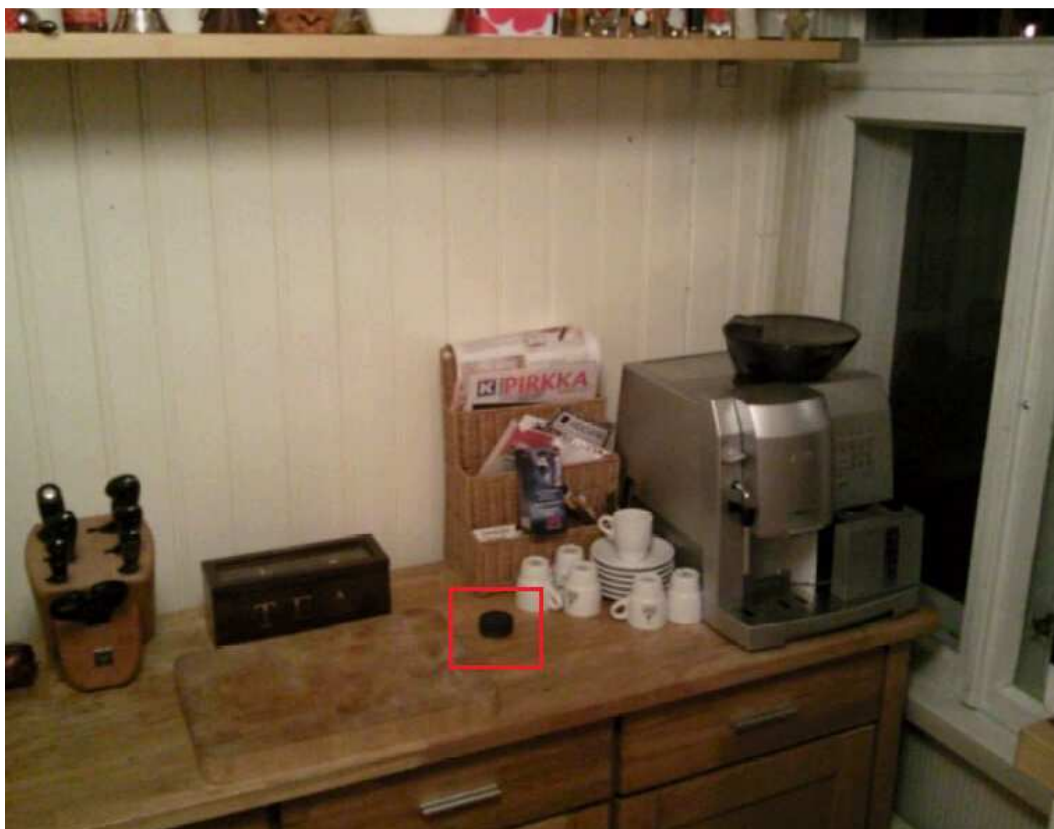
KUVA 8. Esimerkkitalous radonmittauspurkkien sijoittelusta. Pohjakuvat ovat Tampereella sijaitsevan mittauskohteen periaatepiirroksia. Punaiset X-merkit ovat purkkien paikat asunnossa.

4.3 Mittausten toteutus

Radonmittaukset suoritettiin liukuvalla aikataululla kohteiden välisen etäisyyden vuoksi. Tampereen Epilässä sijaitsevan mittauskohteen mittaus tapahtui aikavälillä 17.12.2010 - 13.2.2011. Porin Toukarille mittauspurkit asennettiin 3.12.2010 ja mittaus päättyi 11.2.2011. Porin Uudellekoivistolle mittaus suoritettiin 13.12.2010 - 9.2.2011. (Taulukko 8.) Purkit asennettiin hyvin arkipäiväisiin paikkoihin (Kuva 9). Pääperiaatteena on huolehtia siitä, että purkit eivät ole suoralle vedolla alttiina ja siitä, että purkit olisivat noin metrin korkeudella lattiatasosta. Asentamalla radonmittauspurkit ohjeiden mukaisesti saadaan aikaan mahdollisimman realistiset mittaustulokset. Purkeissa on toisella puolella reikiä, joista pääsee ilma sisälle. (Kuva 10). Nämä reiät tulee olla suunnattu ylöspäin. On tärkeää huolehtia siitä, etteivät radon-

mittauspurkit ole normaalille kulutukselle alttiina. Radonmittauspurkkien tulisi sijaita mieluiten mahdollisimman rauhallisessa paikassa, kuitenkin siten, että huone on asuttu. Mittauskohteet olivat jokaisessa talossa sijoitettuna makuu- ja olohuoneisiin, sekä keittiöön. Nämä huoneet ovat kyseisten kohteiden käytetyimpiä paikkoja.

Purkit asennettiin joulukuun 2010 alussa ja kerättiin pois helmikuun 2011 alkupuolella. Tämän jälkeen purkit lähetettiin kaikki yhdessä Säteilyturvakeskuksen laboratorioon Helsinkiin. Purkkien tilauksen yhteydessä lähetyksen mukana saapuu palautuskuori, johon purkit laitetaan. Tulokset saapuvat tilaajan osoitteeseen yleensä noin kuukauden kuluttua palautuksesta, mutta tässä tutkimuksessa olleiden aikamääreiden vuoksi sovittiin tutkimusprofessori Arvelan kanssa kiireisemmästä analysointiaikataulusta. Tämän vuoksi tulokset saapuivat jo parin viikon kuluttua palautuslähetyksestä.



KUVA 9. Radonmittauspurkki käytössä. Purkki sijaitsee keittiössä Porin Uudenkiviston mittauskohteessa



KUVA 10. Radonmittauspurkki. Huomioi mittauspurkin asettelu reikäpuoli ylöspäin.
Purkin koko on tulitikkiuaskin luokkaa

5 TULOKSET

Radonmittaustulokset saatiin takaisin Säteilyturvakeskukselta noin kahden viikon kuluttua mittauspurkkien lähettämisestä analysointiin. Tulokset olivat joka mittauskohteessa hyvät radonin esiintymisen vähäisyyden kannalta. Tampereen radonmittauspurkkien postissa viettämä aika on saattanut vaikuttaa tuloksiin niitä pienentävästi (Liite 3.) Tampereen Epilässä tapahtuneen mittauksen tulokset on esitetty taulukossa 8 numeroilla 275760 ja 275761. Radonpitoisuudet kohteessa olivat alakerran mittauspisteessä, olohuoneessa, 30 Bq/m^3 . Saman kohteen yläkerran makuuhuoneen mittauspisteen radonpitoisuus oli alempi, 20 Bq/m^3 . Porissa sijainneita mittauskohteita oli kaksi kappaletta. Porin Toukarilla sijainneessa kohteessa tulokset olivat otannan alhaisimmat. Kohteessa purkit oli sijoitettu makuuhuoneeseen ja olohuoneeseen. Mittaustulokset olivat alle 20 Bq/m^3 . Voidaan todeta, että radonia ei ole kohteessa vaarallisia määriä ja tätä alemmas ei ole mahdollista päästä. Porin toisessa mittauskohteessa, Uudellakoivistolla, ei ollut radonia myöskään ongelmaksi asti. Radonpitoisuudet olivat sekä keittiön, että olohuoneen mittauspisteissä 20 Bq/m^3 .

Säteilyturvakeskuksen analyysin tulosten mukana seurasi myös korjausehdotus, mutta tutkimuksessa mukana olleiden kohteiden osalta ei ole tarvetta tehdä korjaustoimenpiteitä. Kohteet olivat erilaisia rakenneratkaisuiltaan ja sijainniltaan, mutta kaikki olivat radonpitoisuuksiltaan kiitettävällä tasolla. Nykyarvojen mukaan radonpitoisuudet saisivat olla uudisrakennuksissa 200 Bq/m^3 ja jo olemassa olevissa rakennuksissa 400 Bq/m^3 . Kaikkien kohteiden radonpitoisuudet alittivat reilusti nämä raja-arvot.

TAULUKKO 8. Radonmittausten tulokset.

Purkin numero	Mittausaika	Purkin sijainti	Radonpitoisuus	Huomioita
275760	17.12.2010– 13.2.2011	OH, kerros 1	30 Bq/m ³	Mittauspurkit yli 2 vk matkalla
275761	17.12.2010– 13.2.2011	MH, kerros 2	<20 Bq/m ³	Mittauspurkit yli 2 vk matkalla
275762	13.12.2010– 9.2.2011	K, kerros 1	20 Bq/m ³	
275763	13.12.2010– 9.2.2011	OH, kerros 1	20 Bq/m ³	
275764	3.12.2010– 11.2.2011	MH, kerros 1	<20 Bq/m ³	
275765	3.12.2010– 11.2.2011	OH, kerros 1	<20 Bq/m ³	

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

6.1 Tulosten tarkastelu

Tulokset kirjallisuuteen liittyen on tarkastettu ja todettu oikeellisiksi. Kirjallisuuslähteitä on tutkimuksessa käytetty tarkasti asioita tutkien ja viittaukset kirjallisuuteen on merkitty tutkimusraporttiin. Radonmittaustulokset on saatu aikaan tekemällä mittaukset ohjeistuksien mukaan. Säteilyturvakeskus määrää mittaustavat ja niitä on noudatettu kirjaimellisesti tässä opinnäytetyössä. Tulokset kertovat eri kohteiden todellisista radonpitoisuuksista ja ovat näin ollen tarpeellista tietoa rakennustekniikan saralla. Kohteet ovat kuvattu kirjallisesti selvityksin. Mittaustulosten mukaan kohteissa ei ole tarvetta radonkorjauksiin. Tämä johtuu Porissa olevien kohteiden osalta Porin maaperän suhteellisen matalista radonpitoisuuksista, rakenneratkaisuista ja rakentamisen laadullisesta toteutuksesta. Tampereen kohteen osalta voitaneen todeta hyvän rakenteen ja toteutuksen laadukkuuden olevan syy alhaisiin pitoisuuksiin. Tuloksia voidaan käyttää esimerkkitapauksina opetuksessa ja lisäämään tietoutta rakennus-

suunnittelun osa-alueella. Tuloksia ei voinut ennen virallista mittausosuutta arvioida, vaan vasta Säteilyturvakeskuksen suorittama analyysi selvitti pitoisuudet.

6.2 Eettiset kysymykset

Tutkimuksessa on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä. Kaikki käytetty kirjallisuus on mainittu lähdeluettelossa ja siihen on viitattu tekstin yhteydessä. Asiat on varmistettu epäselvissä tapauksissa opinnäytetyön ohjaajalta ja tekijänoikeuksien haltijoilta. Muiden tutkijain asioita ei ole esitetty omana tietona. Kuviin ja lainauksiin on kysytty lupa oikeuksien omistajalta. Tieto on varmistettu aina kirjallisuudesta, eikä tutkimuksen teoriaosuudessa ole käytetty siihen sopimattomissa tilanteissa omia pohdintoja asioiden pätevydestä. (Satakunnan ammattikorkeakoulun www-sivut 2011.)

6.3 Luotettavuuden pohdinta

Tutkimuksen luotettavuuden pohdinta on yksi tärkeä osa tutkimusprosessia. Luotettavuuden pohdinta viittaa opinnäytetyöntekijän arvioon muun muassa siitä, onko tutkimuksella saavutettu sille asetetut tavoitteet. Lisäksi luotettavuuden arvioinnilla pyritään osoittamaan, että tutkimus on suoritettu totuudenmukaisesti ja oikeissa olosuhteissa. Virheiden minimointi tutkimusprosessin aikana ja tarkka kuvaus käytetyistä menetelmistä lisäävät opinnäytetyön luotettavuutta. Näiden seikkojen lisäksi opinnäytetyön tekijän olisi hyvä pohtia tutkimusprosessin aikana esiintyvien mahdollisten häiriötekijöiden vaikutusta tutkimukseen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2010, 231–233.)

Radonmittausprosessi, mittauskohteet ja mittauksen toteutus on pyritty selventämään mahdollisimman tarkasti ja yksityiskohtaisesti opinnäytetyössä. Radonmittausprosessi kokonaisuudessaan on suoritettu mahdollisimman tarkasti Säteilyturvakeskuksen antamien ohjeiden mukaan ottaen huomioon muun muassa käytetty mittausaika ja radonmittauspurkin oikeaoppinen sijoittelu mittausjakson aikana. Lisäksi mittaukset suoritettiin talviaikana, kuten ohjeissa suositeltiin. Mittauskohteita oli yhteensä kolme, jotta kohteita voitaisiin verrata toisiinsa. Kohteet olivat myös kahdesta eri kunnasta, jolloin vertailua voitiin suorittaa myös alueellisesti. Itse mittauskohteet kuvat-

tiin opinnäytetyössä yksityiskohtaisesti. Lisäksi yhdestä mittauskohteesta piirrettiin kuva AutoCadilla havainnollistamaan tilannetta. Mittausten toteutuksessa kuvattiin radonmittauspurkkien paikat kyseisissä mittauskohteissa. Lisäksi mittausajanjaksot selvennettiin päivämäärän tarkkuudella. Yhdessä tapauksista, Tampereen mittauskohteessa, mittauspurkit olivat joutuneet olemaan matkalla postissa oletettua kauemmin. Tämän vuoksi mittaustulokset ovat saattaneet pienentyä todellisista radonpitoisuusarvoista.

Opinnäytetyön voitaisiin olettaa olevan luotettavampi, mikäli tutkimusprosessiin olisi voitu käyttää enemmän aikaa ja resursseja, jolloin mittauskohteita olisi saatu enemmän. Työn luonteesta riippuen ja olosuhteet huomioiden tähän ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta. Voidaan todeta, että opinnäytetyön laajentaminen ja suuremman otannan käyttö tutkimuksessa olisivat lisänneet luotettavuutta.

Säteilyturvakeskus (STUK) suoritti radonpitoisuusanalyysit mittauspukeista; epäilemättä voidaan olettaa, että analyysit on suoritettu luotettavasti. Lisäksi keskustelut Säteilyturvakeskuksen tutkimusprofessori Hannu Arvelan, Porin ja Tampereen kaupunkien rakennustarkastusinsinöörien Pelkkikangas ja Toivo kanssa ovat lisänneet opinnäytetyön luotettavuutta, sillä kyseiset henkilöt ovat omien alojensa asiantuntijoita.

LÄHTEET

Aallos-Ståhl, S-M. 2010. Luonnon säteilylähteet ja ympäristön radioaktiivisuus. [www-sivut:https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/tfy-56.4232/luennot/Tfy-56_4232_luonnonsateily.pdf](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/tfy-56.4232/luennot/Tfy-56_4232_luonnonsateily.pdf). Viitattu 7.1.2011.

Arvela, H., Mäkeläinen, I., Holmgren, O. & Reisbacka, H. Radon uudisrakentamisessa. Otantatutkimus 2009. STUK-244. 2010. Helsinki: Karisto Oy.

Arvela, H. & Reisbacka, H. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A229. 2008. Helsinki: Edita Prima Oy.

Asumisterveysopas. 2008. 2. korjattu painos. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas. Ympäristö ja terveys-lehti. Pori. 2008.

Darby et al. 2005. Radon in homes and risk of lung cancer: Collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal*, 330, 23–227.

Edilexin www-sivut. <http://www.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST12-1> Viitattu 11.1.2011.

Henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2011. Puhelinkeskustelu Pelkkikangas Paulin kanssa.

Henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2011. Puhelinkeskustelu Toivo Timon kanssa.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja Kirjoita. Helsinki: Tammi.

Mustonen, R. (toim.) 2009. Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2008. STUK-B 103. Helsinki: Edita Prima Oy.

Nevanpää Juha. Opinnäytetyön kysely radonista. Vastaanottaja: Timo.Toivo@tampere.fi. Lähetetty 23.2.2011 klo. 16.14. Viitattu 24.2.2011.

Satakunnan ammattikorkeakoulun www-sivut. Eettisyys.
http://www.samk.fi/opiskelijat/opinnaytetyo/sopimukset_ja_luvat. Viitattu 7.3.2011

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. 944/1992. 1992.

Suomen RakMK C2. 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö: Asunto ja rakennusosasto.

Suomen RakMK D2. 2010. Rakentamisen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö: Rakennetun ympäristön osasto.

Suomisanakirjan www-sivut. www.suomisanakirja.fi Viitattu 10.2.2011.

Säteily- ja ydinturvallisuuskatsauksia. Sisäilman radon. 2009. Säteilyturvakeskus. Helsinki: Yliopistopaino.

Säteilyasetus 1143/98. Helsinki. 1998.

Säteilylaki. 1991. 27.3.1991/592

Säteilyturvakeskuksen www-sivut. www.stuk.fi. Viitattu 20.1.2011

Valmari, T., Mäkeläinen, I., Reisbacka, H. & Arvela, H. STUK-A245. 2010. Helsinki: Edita Prima Oy.

Valtion ympäristöhallinnon www-sivut. www.ymparisto.fi. Viitattu 20.12.2010

Weltner, A., Arvela, H., Turtiainen, T., Mäkeläinen, I. & Valmari, T. Säteily ja ydinturvallisuus. 2003. Hämeenlinna: Karisto Oy.

LIITTEET

LIITE 1: Sähköpostikysely Tampereen kaupungin rakennustarkastajalle.

LIITE 2: Radonmittauksen kyselylomake

LIITE 3: Radonmittaustulokset

VS: Opinnäytetyön kysely radonista
Toivo Timo [Timo.Toivo@tampere.fi]
Lähetetty: 23. helmikuuta 2011 16:14
Vastaanottaja: Nevanpää Juha
Hei.

Radon on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa koko kaupungin alueella. Se on samanlainen räsitustekijä kuin kosteus tai lumikuorma. Ohjeita on kaupungin kotisivuilla: www.tampere.fi > Asuminen ja rakentaminen > Lait ja ohjeet > Rakennetekniikan ohjeet > Radon ja rakentaminen

Koska asia periaatteessa koskee kaikkia, ei luvan yhteydessä esitetä yksityiskohtia, vaan enintään maininta, että radon otetaan huomioon. Erityissuunnitelmissa, joita vaaditaan rakennuslupan ehdoissa, esitetään sitten radonratkaisuja - rakennesuunnitelmissa alapohjan ratkaisut, tiiveys ja tuulettuvuus sekä LVI-suunnitelmissa mahdollinen putkisto vesikatolle ja varaus radonimurille.

Työmaakäynneillä, aloituskokous, pohja-, rakenne-, LVI- ja loppukatselmuksissa usein vielä keskustellaan valituista ratkaisuista. Erillistä "radontarkastusta" ei tehdä. Mittaukset jäävät kiinteistönhaltijan harkinnan varaan, koska lopputilanne vaatii asumista talvisaikaan, eikä meillä ole tarjota mitään mittauspalveluita.

Rakennusjärjestyksen (parhaillaan uusittavana) liitteenä on ollut kartta ongelma- ja erityisalueista, kuten arseeni-, radon- ja pohjavesialueet, mutta nykyään radoniin varaudutaan koko kaupungin alueella (STUKin suosituksesta).

Rakentavin terveisin
Timo Toivo rakennustarkastusinsinööri
TAMPEREEN KAUPUNKI rakennusvalvonta
osoite PL 487 33101 TAMPERE
käyntiosoite Frenckellinaukio 2 B
puh. 0400624602, sis.puh. 49807
sähköposti etunimi.sukunimi@tampere.fi www.tampere.fi

-----Alkuperäinen viesti----- Lähettäjä: Nevanpää Juha
[mailto:juha.nevanpaa@student.samk.fi]
Lähetetty: 23. helmikuuta 2011 15:14 Vastaanottaja: Toivo Timo Aihe: Opinnäytetyön kysely radonista

Terve!

Olin aiemmin puhelimitse yhteydessä teihin radonaiheiseen opinnäytetyöhöni liittyen. Tässä olisi kysymyksiä, joihin toivon vastausta. Kiittäisin vielä yhteistyöhalukkuudestanne ja siitä, että annatte panoksenne opinnäytetyöhöni!

Miten paikkakunnallanne suhtaudutaan radoniin rakennuslupaa haettaessa?

Mitä dokumentteja lupaa haettaessa pitää esittää radonin torjuntaan liittyen, pitääkö lainkaan?

Miten radonintorjunnan toteuttamista rakennuksessa valvotaan, tehdäänkö mittauksia etukäteen tai jälkikäteen?

Onko virastossanne alueellista radonkarttaa ja perustuuko radonin huomioiminen rakennuspaikan osoitteeseen perustuvaan riskiin?

Terveisin,
Juha Nevanpää
Satakunnan ammattikorkeakoulu



PL 14, 00881 HELSINKI
Puh. (09) 759881

HUONEILMAN RADONMITTAUS

Pyydämme täyttämään oheisen lomakkeen tekstaamalla. Muistakaa mittauksen aloitus- ja lopetuspäivämäärä, jotka ovat välttämättömiä radonpitoisuuden laskemiseksi.

Etunimi <input type="text"/> Sukunimi <input type="text"/> Puhelinnumero <input type="text"/> - <input type="text"/>		1. purkin sijainti asunnossa. Valitkaa 0, jos kerros on kokonaan tai osittain maantason alapuolella (esim. kellari tai rintetalon alin kerros). <table border="1"> <tr> <td>Huone</td> <td>Kerros</td> <td>1. purkin numero</td> <td rowspan="4">STUK täyttää</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Olohuone</td> <td>0 <input type="checkbox"/></td> <td rowspan="3"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Makuuhuone</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Muu, mikä</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>		Huone	Kerros	1. purkin numero	STUK täyttää	<input type="checkbox"/> Olohuone	0 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Makuuhuone	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Muu, mikä	2 <input type="checkbox"/>		3 <input type="checkbox"/>	
Huone	Kerros	1. purkin numero	STUK täyttää														
<input type="checkbox"/> Olohuone	0 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>															
<input type="checkbox"/> Makuuhuone	1 <input type="checkbox"/>																
<input type="checkbox"/> Muu, mikä	2 <input type="checkbox"/>																
	3 <input type="checkbox"/>																
Mittauspaikan osoite <input type="text"/> Postinumero <input type="text"/> Postitoimipaikka <input type="text"/> Kunta <input type="text"/>		2. purkin sijainti asunnossa. <table border="1"> <tr> <td>Huone</td> <td>Kerros</td> <td>2. purkin numero</td> <td rowspan="4">STUK täyttää</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Olohuone</td> <td>0 <input type="checkbox"/></td> <td rowspan="3"><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Makuuhuone</td> <td>1 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Muu, mikä</td> <td>2 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3 <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>		Huone	Kerros	2. purkin numero	STUK täyttää	<input type="checkbox"/> Olohuone	0 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Makuuhuone	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Muu, mikä	2 <input type="checkbox"/>		3 <input type="checkbox"/>	
Huone	Kerros	2. purkin numero	STUK täyttää														
<input type="checkbox"/> Olohuone	0 <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>															
<input type="checkbox"/> Makuuhuone	1 <input type="checkbox"/>																
<input type="checkbox"/> Muu, mikä	2 <input type="checkbox"/>																
	3 <input type="checkbox"/>																
		Aloituspäivämäärä (pp.kk.vv) <input type="text"/> - <input type="text"/> - <input type="text"/> Lopetuspäivämäärä (pp.kk.vv) <input type="text"/> - <input type="text"/> - <input type="text"/>															

Pyydämme Teitä ystävällisesti vastaamaan myös seuraaviin kysymyksiin. STUK käyttää tietoja radonin esiintymistä ja torjuntaa koskeviin tutkimuksiin. Vastaaminen on vapaaehtoista. Voitte jättää vastaamatta kysymyksiin, joihin ette tiedä vastausta.

Onko tämä ensimmäinen radonmittaus asunnossanne? <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei Aiemman mittauspurkin numero tai mittauksen ajankohta, jos tiedossa <input type="text"/>		RAKENNUSVAIHEEN RADONTORJUNTA Tiivistämistoimet maanvastaisissa rakenteissa <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/> En tiedä <input type="checkbox"/> Sokkelin ja lattiaalaan liitoksen tiivistäminen <input type="checkbox"/> kumibitumikermillä <input type="checkbox"/> elastisella saumaaineella <input type="checkbox"/> muulla, millä? <input type="text"/>	
Onko asunto ollut asuinkäytössä mittauksen aikana? <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei (esim. tyhjiään) Oliko 1. purkki sijoitettu asuintiloihin? <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei (esim. kellariin) Oliko 2. purkki sijoitettu asuintiloihin? <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei (esim. kellariin)		<input type="checkbox"/> Putkien ja kaapeleiden läpivientien tiivistäminen maanvastaisissa ja alapohjarakenteissa <input type="checkbox"/> Maanvastaisten harkkoseinien tiivistäminen <input type="checkbox"/> kumibitumikermillä <input type="checkbox"/> ohutrappaamalla <input type="checkbox"/> Harkkosokkelin sisäpuolen tiivistäminen ohutrappaamalla <input type="checkbox"/> Muu toimenpide, mikä? <input type="text"/>	
Talotyyppi <input type="checkbox"/> Omakotitalo <input type="checkbox"/> Paritalo <input type="checkbox"/> Rivitalo <input type="checkbox"/> Kerrostalo <input type="checkbox"/> Luhtitalo <input type="checkbox"/> Muu, mikä <input type="text"/>		Asunnon käyttö <input type="checkbox"/> Vakituinen <input type="checkbox"/> Vapaa-ajan asunto Valmistumisvuosi <input type="text"/> Asuinpinta-ala, m² <input type="text"/>	
Onko talo perustettu kalliolle? <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Kalliota louhittu		Asennettiinko lattiaalaan alle rakennusvaiheessa radonputkisto? <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/> Kyllä. Putkistoon ei ole kytketty poistopuhallinta (tai puhallin ei ole ollut mittauksen aikana päällä). Putkiston poistokanavan pää on <input type="checkbox"/> tulpattu ilmatiiviisti. <input type="checkbox"/> avonaisena ulkona. <input type="checkbox"/> Kyllä. Putkisto on otettu käyttöön kytkemällä siihen poistopuhallin. Puhallin on ollut päällä mittauksen aikana.	
Saadaanko talousvesi porakaivosta? <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/> Kyllä Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali (usein eri kuin julkisivumateriaali) (vain yksi rasti) <input type="checkbox"/> Puu <input type="checkbox"/> Kevytbetoni <input type="checkbox"/> Tiili <input type="checkbox"/> En tiedä <input type="checkbox"/> Betoni <input type="checkbox"/> Muu, mikä <input type="text"/>		RADONKORJAUSTOIMENPITEET (rakennuksen valmistuksen jälkeen) <input type="checkbox"/> Ei toimenpiteitä <input type="checkbox"/> Asennettu radonimuri (imu lattiaalaan alta) * <input type="checkbox"/> Tehty radonkaivo talon ulkopuolelle * <input type="checkbox"/> Rakenteita tiivistetty (esim. lattiaalaan ja seinän välistä rakoa tai lattiaalaan läpivientejä) <input type="checkbox"/> Tehty ilmanvaihtotoimenpiteitä <input type="checkbox"/> Ryömintätilan tuuletusta tehostettu <input type="checkbox"/> Muu, mikä? <input type="text"/>	
Ilmanvaihto <input type="checkbox"/> Painovoimainen eli luonnollinen <input type="checkbox"/> Koneellinen poistoilmanvaihto <input type="checkbox"/> Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto		* Ilmoittakaa vain, jos poistopuhallin on ollut mittauksen aikana päällä.	

KERROSTALOASUNTOA KOSKEVAT KYSYMYKSET (myös luhtitalot)

Asunto on kerroksessa (1. kerros on maan tasalla).

Talossa on kerrosta (kellaria ei huomioida).

Onko talossa kellarikerros?

Ei Kyllä

Asunnon alapuolella on

Toinen asunto tai muita tiloja Maa tai kallio

Alla olevat kysymykset koskevat omakoti-, rivi- ja paritaloja.

PIENTALOTYYPPI
Valitkaa talonne parhaiten kuvaavan kuvan alla oleva ruutu.

Kellariton talo		<input type="checkbox"/>
Talossa kellarit		<input type="checkbox"/>
Talossa osakellarit		<input type="checkbox"/>
Talorinteellä		<input type="checkbox"/>
Talorinteellä		<input type="checkbox"/>

MAANPINTATASON ALAPUOLELLA OLEVAT TILAT

Onko talossa tiloja, jotka ovat kokonaan tai osittain maanpintatason alapuolella?

- Ei
- Kellankuoppa (käynti luukun kautta sisätiloista)
- Tiloja, joissa ei oleskella (esim. talouskellari, varasto)
- Tiloja, joissa oleskellaan jonkin verran (esim. saunatilat, kodinhoituhuone)
- Tiloja, joissa oleskellaan paljon (esim. olohuone, keittiö)
- Makuuhuone tai makuuhuoneeksi sopiva tila

Kulkuyhteys aiamman kerroksen ja muun asunnon välillä

Avoin portaikko Portaattaja ovi Vain ulkokautta

Aimman kerroksen tai kellarin pinta-ala on m²

Aimman kerroksen tai kellarin lattiamateriaali

Betoni Maa tai kallio Muu, mikä

Maarvastaisten seinien materiaali

Betoni Kevytsojarahkko Muu, mikä

Kiitos vastaamisesta. Tarkistattehan vielä etusivulta mittauksen aloitus- ja lopetuspäivämäärät.

PIENTALON PERUSTAMISTAPA

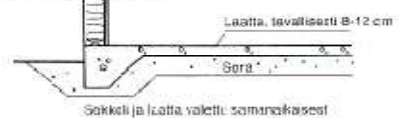
Kellarittoman talon tai kellarittoman talon osan perustus
Valitkaa oikea vaihtoehto A-C

A. Sokkeli ja maarvaranen lattialaatta

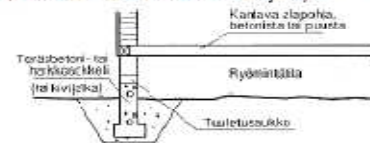


Sokkeli on betonista kevytsorarahkoista.

B. Reunajäykistetty laatta



C. Ryömintätaiainen perustus, jossa teräsbetoni- tai harkkosokkeli (tai vanhemmissa rakennuksissa kivijalka).



Alapohja on betonista puusta.

Yhdistelmä perustustavoista A-C, mistä

Muu, mikä

En tiedä

LISÄSELVITYKSIÄ



23.02.2011

73987/RADON

SAMK Rakennustekniikka/Mari Uusitorppa
SAMK Tekniikka ja merenkulu Pori
Tekniikantie 2
28600 Pori

HUONEILMAN RADONMITTAUS

Palauttamienne filmipurkkien perusteella Säteilyturvakeskus on määrittänyt radonpitoisuudet niissä huoneiloissa, joissa purkkeja on pidetty. Edellyttäen, että tilaajan Säteilyturvakeskukselle ilmoittamat tiedot ovat oikeat ja mittauspurkkien huoneiloihin sijoittamisessa on noudatettu Säteilyturvakeskuksen antamia ohjeita, ovat mitattujen huoneiltojen radonpitoisuudet olleet kyseisenä mittausaikana oheisen tulosliitteen mukaiset.

Jos mittaustulos ylittää 400 Bq/m³

Säteilyturvakeskus suosittelee asunnon omistajaa tai haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin radonpitoisuuden pienentämiseksi niissä huoneiloissa, joissa mittaustulos on ylittänyt 400 Bq/m³. Näissä tiloissa radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ylittää sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä (944/92) annetun enimmäisarvon huoneilman radonpitoisuudelle tai on sitä lähellä. Tulosliitteessä tällaiset tulokset on merkitty huomautuksella "korjausta suositellaan". Uusintamittaus tehtyjen korjaustoimenpiteiden tehokkuuden todentamiseksi on suositeltavaa.

Jos mittaustulos ylittää 200 Bq/m³

Jos mitattu huoneilman radonpitoisuus ylittää 200 Bq/m³, Säteilyturvakeskus suosittelee asunnon omistajaa tai haltijaa käyttämään tarkoituksenmukaisia, helposti toteutettavia korjaustoimenpiteitä radonpitoisuuden alentamiseksi (esim. ilmanvaihdon tehostaminen). Tämä radonpitoisuus vastaa sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä rakennettaville asunnoille annettua tavoitteellista enimmäisarvoa. Tulosliitteessä tällaiset tulokset on merkitty huomautuksella "korjausta syytä harkita". Uusintamittaus tehtyjen korjaustoimenpiteiden tehokkuuden todentamiseksi on suositeltavaa.

Jos mittaustulos alittaa 200 Bq/m³

Jos mitattu huoneilman radonpitoisuus on alle 200 Bq/m³, Säteilyturvakeskus katsoo kyseisen huoneilman radonturvallisuuden olevan riittävä. Tulosliitteessä tällaiset tulokset on merkitty huomautuksella "ei toimenpiteitä".

Laboratorioinsinööri

Tiina Oinas

LIITE Tulosliite

Säteilyturvakeskuksen Tutkimus ja ympäristönvalvonta (TKO) on standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaan FINASin akkreditoima testauslaboratorio T167. Tulosten tulkinta ei sisälly akkreditointiin.

STUK SÄTEILYTURVAKESKUS STRÅLSÄKERHETS CENTRALEN RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY	OSOITE/ADDRESS	POSTIOSOITE/POSTAL ADDRESS	PUH/TEL	FAX
	Leippatie 4 00881 Helsinki/Helsingfors	Leippatie 4, PLP.O.Box 14 FIN - 00881 HELSINKI	(09) 759 881 +358 9 759 881	09 759 88 556 +358 9 759 88 556



TULOSLIITE

23.02.2011

73987/RADON

Purkin-numero	Mittausaika	Radonpitoisuus Bq/m ³	Huone/kerros	Huom	Toimenpide
275760	17.12.2010 - 13.02.2011	30	oh 1	33	ei toimenpiteitä
275761	17.12.2010 - 13.02.2011	< 20	mh 2	33	ei toimenpiteitä
275762	13.12.2010 - 09.02.2011	20	keittiö 1		ei toimenpiteitä
275763	13.12.2010 - 09.02.2011	20	oh 1		ei toimenpiteitä
275764	03.12.2010 - 11.02.2011	< 20	mh		ei toimenpiteitä
275765	03.12.2010 - 11.02.2011	< 20	oh		ei toimenpiteitä

Säteilyturvakeskuksen Tutkimus ja ympäristönvalvonta (TKO) on standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaan FINASin akkreditoima testauslaboratorio T167. Tulosten tulkinta ei sisälly akkreditointiin.

STUK SÄTEILYTURVAKESKUS STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY	OSOITE/ADRESS	POSTIOSOITE/POSTAL ADDRESS	PUH/TEL	FAX
	Laijppatie 4 00881 Helsinki/Helsingfors	Laijppatie 4, P.L/P.O.Box 14 FIN - 00881 HELSINKI	(09) 759 801 +358 9 759 881	09 759 88 556 +358 9 759 88 556

HUOM

10. MITTAUSPURKKI AVATTU ASIAKKAAN LUONA.
MITTAUS PILALLA, EI TULOSTA.
11. MITTAUSPURKKI AVATTU ASIAKKAAN LUONA.
MITTAUS PILALLA/TULOS EPÄLUOTETTAVA.
21. PUUTTEELLISET TIEDOT LOMAKKEELLA.
TULOS VOIDAAN LASKEA, KUN SAADAAN TARKAT TIEDOT.
22. MITTAUKSEN ALOITUSPÄIVÄ JA/TAI LOPETUSPÄIVÄ ARVIOITU.
25. TULOS MUUTTUNUT EDELLISESTÄ TULOSKIRJEESTÄ,
ASIAKAS ILMOITTANUT UUDEN MITTAUSAJAN.
28. MITTAUSPURKKI PALAUTETTU KÄYTTÄMÄTTÖMÄNÄ.
30. SELVITYS ERIKSEEN.
33. YLI 2 VIIKKOA MATKALLA -
POSTITUSPÄIVÄN JA ALOITUSPÄIVÄN JA/TAI LOPETUSPÄIVÄN JA SAAPU-
MISPÄIVÄN VÄLINEN ERO YLI 2 VIIKKOA.
PITKÄ SÄILYTYSAIKA ON SAATTANUT VAIKUTTAA TULOKSEN TARKKUUTEEN.
40. LIEVÄ ETSASHÄIRIÖ, TULOS ARVIOITU KONTROLLIFILMIN AVULLA.
41. ETSASHÄIRIÖ, ASIAKAS SAA UUDEN ILMAISEN MITTAUKSEN.
42. MATERIAALIVIRHE, ASIAKAS SAA UUDEN ILMAISEN MITTAUKSEN.
50. PURKKI KADONNUT.

ASUNTOJEN RADONKORJAUKSEN MENETELMÄT - TILAUSKORTTI
ASIAKKAALLE, JONKA RADONPITOISUUS ON YLI 200 BQ/M³