

# Radonkorjausmenetelmien tehokkuus

Olli Holmgren ja Päivi Kurttio

Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00881 Helsinki  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

Lisätietoja  
Olli Holmgren  
[olli.holmgren@stuk.fi](mailto:olli.holmgren@stuk.fi)  
puhelin 09 759 88 555

ISBN 978-952-309-355-3 (pdf)

## Sisällys

Tiivistelmä.....	1
Kiitokset.....	1
1 Johdanto .....	2
2 Aineisto ja menetelmät.....	5
2.1 Kysely.....	5
2.2 Mittausmenetelmä.....	6
3 Tulokset.....	6
3.1 Käytetyt radonkorjausmenetelmät ja niiden tehokkuus.....	6
3.1.1 Korjausten onnistuminen.....	8
3.1.2 Radonputkiston aktivointi.....	9
3.1.3 Radonimuri.....	12
3.1.4 Vapaasti tuulettuva putkisto ja imupiste .....	15
3.1.5 Radonkaivo.....	16
3.1.6 Ilmanvaihdon parantaminen.....	16
3.1.7 Vuotokohtien tiivistäminen .....	17
3.2 Radonkorjausten hinta .....	18
3.3 Uusintamittaukset .....	19
4 Pohdintaa.....	21
5 Johtopäätökset.....	21

## **Tiivistelmä**

Radonkorjauksen tavoitteena tulisi olla mahdollisimman pieni radonpitoisuus, jolloin radonista aiheutuva keuhkosityöpäriski saadaan mahdollisimman pieneksi. Radonputkiston aktivointi oli tehokkain korjausmenetelmä. Sillä on saavutettu suurimmat radonpitoisuuden alenemat prosentteina ja pienimmät radonpitoisuudet korjauksen jälkeen. Radonputkiston aktivointikaan ei kuitenkaan aina toimi, joten syiden selvittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

Tässä työssä tutkittiin eri korjausmenetelmien vaikutusta asuntojen sisäilman radonpitoisuuteen. Suurin osa radonkorjausten kustannuksista muodostui työkuiluista. Tarvikkeet maksoivat keskimäärin vain 100 - 300 euroa, jos uusia ilmanvaihtokoneita ei lasketa mukaan. Radonimurin keskihinta teetettynä oli 2500 euroa. Radonkorjauksia tekeviä firmoja on yhä enemmän, joten kuluttajan kannattaa kilpailuttaa urakka. Radonimurin omistajista ja radonputkiston aktivoineista 30 % raportoi, että radonimuriin on kertynyt haitallisen paljon jäätä. Radonkorjausmenetelmät osoittautuivat yleensä tehokkaiksi. Radonpitoisuutta oli saatu pienennettyä keskimäärin yli 60 % ja 77 % 400 Bq/m<sup>3</sup> ylittäneistä asunnoista oli saatu korjattua niin, että sisäilman radonpitoisuus oli alle tämän pitoisuuden. Kyselyn tavoitteena oli hankkia yksityiskohtaista tietoa 2000-luvulla tehdyistä radonkorjauksista. Kysely lähetettiin 1885 asukkaalle, jotka STUKin tietojen mukaan olivat tehneet radonkorjauksen 2000-luvulla. Lopullisessa aineistossa oli 496 asuntoa.

## **Kiitokset**

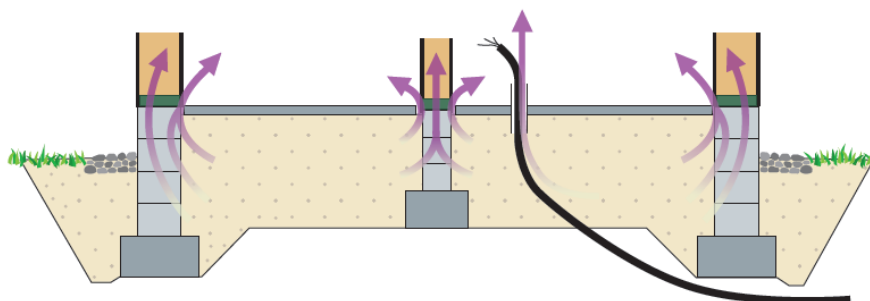
Kiitämme Tuomas Valmaria arvokkaista kommentteista ja avusta sekä Maria Laihoa, Salla Rantasta, Meiru Zhouta ja Marjo Perälää lomaketietojen tallennuksesta sekä lomakkeiden ja aineiston käsittelystä.

## 1 Johdanto

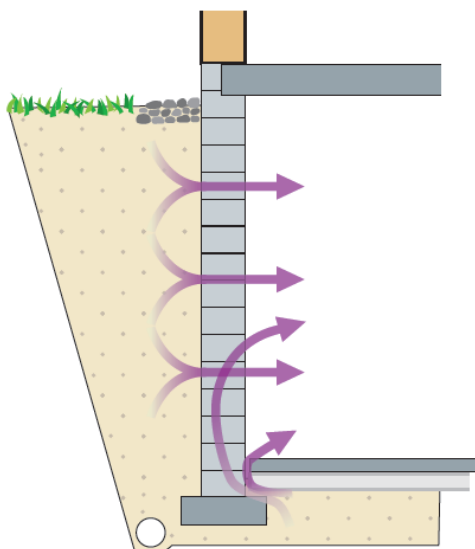
Sisäilman radon on yleinen ongelma Suomessa. Sosiaali- ja terveysministeriön asettama radonpitoisuuden enimmäisarvo  $400 \text{ Bq/m}^3$  ylittyy 51 000 pientaloasunnossa, joka on noin 4 % kaikista pientaloasunnoista [1]. Suurin osa ylityksistä esiintyy Etelä- ja Kaakkois-Suomessa [2], mutta enimmäisarvon ylityksiä löytyy kaikkialta Suomesta.

Maaperä on merkittävin sisäilman radonin lähde. Myös porakaivoveden korkea radonpitoisuus kasvattaa sisäilman radonpitoisuutta. Lisäksi rakennusmateriaalit tuottavat sisäilmaan jonkin verran radonia. Lähes aina maaperästä tuleva ilma on syypää sisäilman liian suuriin radonpitoisuuksiin. Tyypillisin vuotoreitti on betonilaatan ja sokkelin välinen kutistumarako, jonka kautta asunnossa vallitseva alipaine imee maaperän radonpitoista ilmaa sisälle (Kuva 1). Jo pienikin rako ja vuotoilmavirta riittävät nostamaan radonpitoisuutta. Myös kevytsoraharkot sokkelissa ja maanvastaisissa seinissä (Kuva 2) kasvattavat radonpitoisuutta. Erityisesti kevytsoraharkoista tehdyt maanvastaiset seinät voivat hankaloittaa radonkorjauksen onnistumista, koska niitä on työlästä saada tiivistettyä.

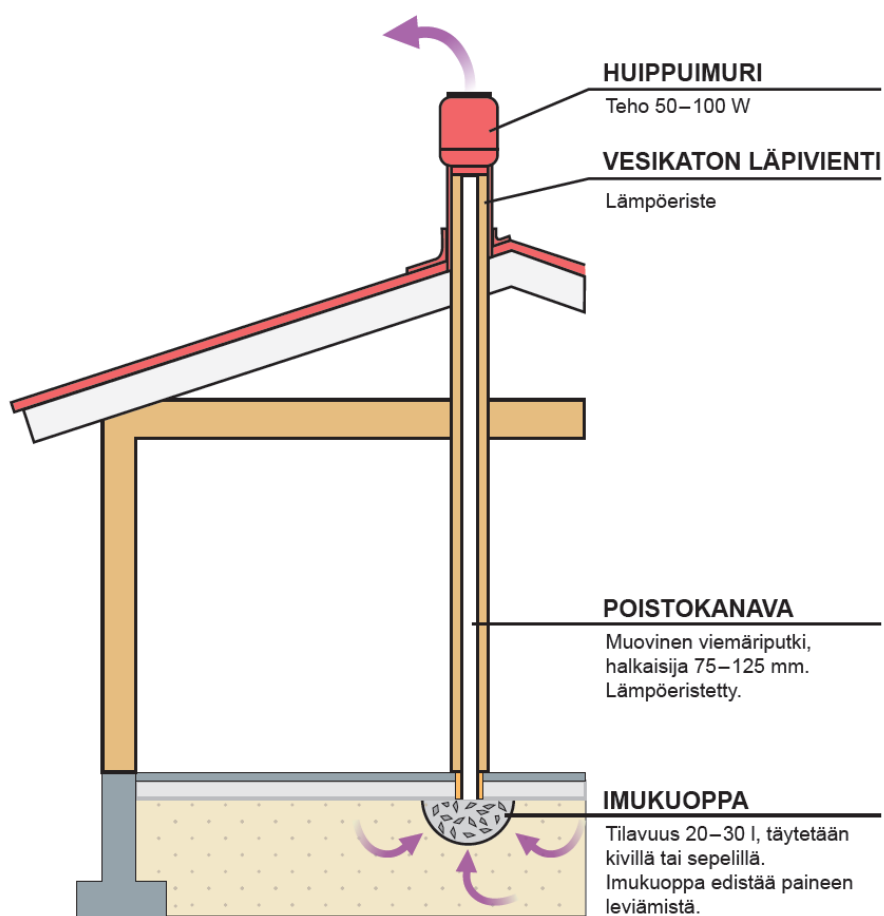
Asunnon alipaineisuuteen vaikuttaa mm. ulkolämpötila, ilmanvaihtotapa ja rakenteiden tiiviys. Yleensä muulloin kuin helteellä talon ulkopuolella on kylmempää ilmaa kuin sisätiloissa. Näiden ilmassojen lämpötilaero aiheuttaa sen, että sisätiloissa vallitsee alipaine ulkoilmaan nähden. Tämä alipaine vallitsee erityisesti lattian tasolla, minkä vuoksi maaperän radonpitoinen ilma virtaa maaperästä asunnon sisätiloihin. Koneellista ilmanvaihtoa käytettäessä asunnon alipaineisuus on aina suurempi kuin painovoimaisen ilmanvaihdon talossa. Tämä johtuu siitä, että ilmanvaihtolaite on rakentamismääräysten mukaan säädettävä siten, että asunto jää alipaineiseksi. Ylipaine asunnossa voi johtaa rakenteiden kosteusvaurioihin. Siksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä tulo- ja poistoilmavirrat säädetään siten, että asunto jää vain lievästi alipaineiseksi. Koneellista poistoilmanvaihtoa käytettäessä alipaineisuus on huomattavasti suurempi kuin koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa käytettäessä. Tiiviit betonielementtiseinät kasvattavat alipainetta entisestään.



Kuva 1. Radonpitoisen huokosilman vuotoreittejä talossa, jossa on maanvarainen lattialaatta ja kevytsoraharkoista tehty sokkeli.



Kuva 2. Radonin vuotoreittejä kellarillisessa rakennuksessa tai rinnetalon alimmassa kerroksessa, jossa maanvastainen seinä on tehty kevytsoraharkoista eikä sitä ole tiivistetty.

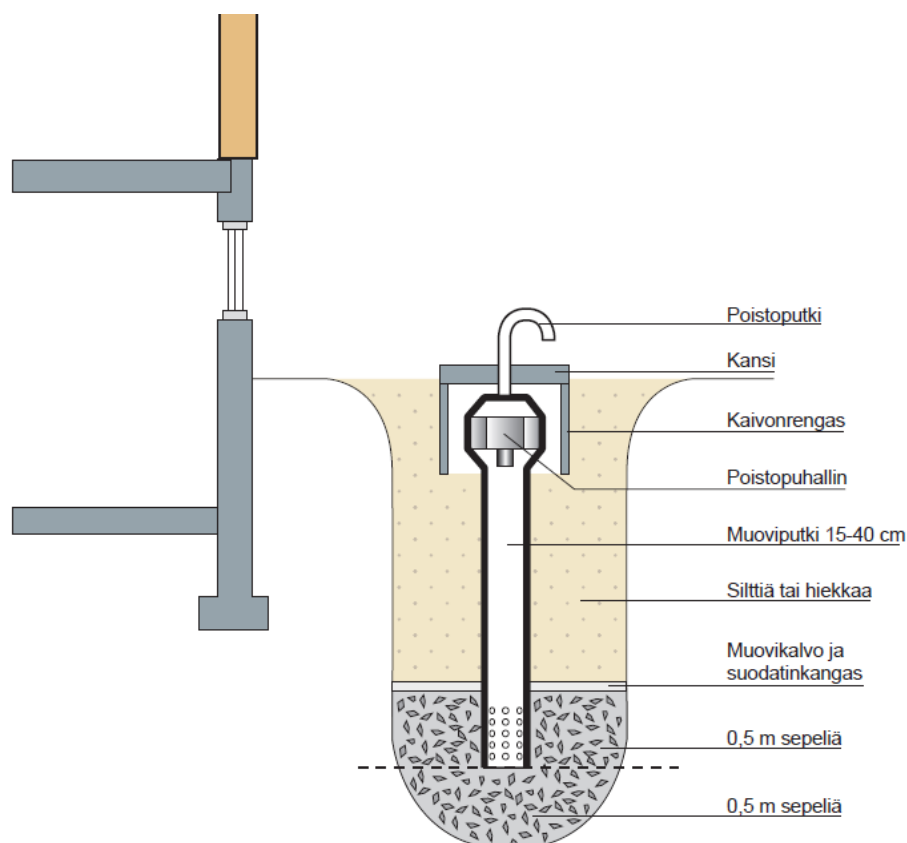


Kuva 3. Radonimurilla imetään radonipitoista huokosilmaa lattian alta.

Korkeaa radonpitoisuutta voidaan pienentää tekemällä radonkorjaus [3]. Tehokkain menetelmä, joka voidaan tehdä kaikkiin asuntoihin, on radonimuri. Sillä imetään ilmaan täyttösorasta lattian alta, mikä alentaa sisäilman radonpitoisuutta kahdella tavalla: se luo lattian alle alipainekentän, joka vähentää maaperästä sisälle tulevia virtauksia, ja toisaalta se tuulettaa maaperää pienentäen maaperän huokosilman radonpitoisuutta. Molemmat mekanismit ovat tärkeitä. Ilmaa voidaan imeä joko lattian alle rakennettavan imukuopan (Kuva 3) avulla tai uusien talojen alle asennetun radonputkiston kautta.

Radonkaivo on myös tehokas korjausmenetelmä, mutta se soveltuu vain karkeille hiekka- ja soramaille, koska radonkaivon syvyys on hyvä olla 4 - 5 metriä (Kuva 4). Radonkaivo rakennetaan talon ulkopuolelle ja siksi se soveltuu erityisen hyvin soraharjuilla sijaitseviin rivitaloihin, koska radonkaivon vaikutus voi suotuisissa olosuhteissa ulottua kymmenien metrien päähän, jolloin yhdellä kaivolla saadaan pienennettyä useamman asunnon radonpitoisuutta. Tietyissä tilanteissa myös asunnon ilmanvaihtoa (IV) parantamalla tai vuotokohtia tiivistämällä voidaan asunnon radonpitoisuutta pienentää.

Tässä työssä tutkittiin eri korjausmenetelmien vaikutusta asuntojen sisäilman radonpitoisuuteen kyselyn avulla. Kyselyn tavoitteena oli hankkia tietoa 2000-luvulla tehdyistä radonkorjauksista. Tuloksia hyödynnetään radonkorjausten ohjeistuksen ja koulutusmateriaalin kehittämisessä.



Kuva 4. Radonkaivolla imetään ilmaa 4 - 5 metrin syvyydeltä maaperästä talon ulkopuolelta.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Kysely

Kyselyn kohdejoukko valittiin Säteilyturvakeskuksen radonmittaustietokannasta. Siihen valittiin asuntoja, joissa on tehty radonmittaus sekä ennen radonkorjausta että sen jälkeen. Joukkoa rajattiin siten, että ensimmäinen radonmittaus on tehty 1.11.2000 jälkeen eli tutkimuksessa keskityttiin 2000-luvulla tehtyihin radonkorjauksiin. Tällaisia asuntoja oli yhteensä 2743, joista 858 karsiutui pois osoitteen tarkistuksen yhteydessä (esim. jos asukas oli vaihtunut).

Kyselylomake lähetettiin 1885 henkilölle syyskuussa 2012. Vastauksia tuli 544 kpl (29 %). Vastauksista 36 täytettiin sähköisellä lomakkeella ja loput 508 palautettiin paperilla. Lopullisessa aineistossa oli yhteensä 496 asuntoa (osallistumisprosentti oli 26 %). Osa vastauksista karsittiin pois puutteellisten mittausten tai puutteellisesti tai epäselvästi täytetyn lomakkeen takia.

Kysely oli varsin yksityiskohtainen ja pitkä. Siinä oli noin 160 kysymystä, joista vain osaan vastattiin riippuen siitä, mitä korjausmenetelmiä oli käytetty (Liite 1).

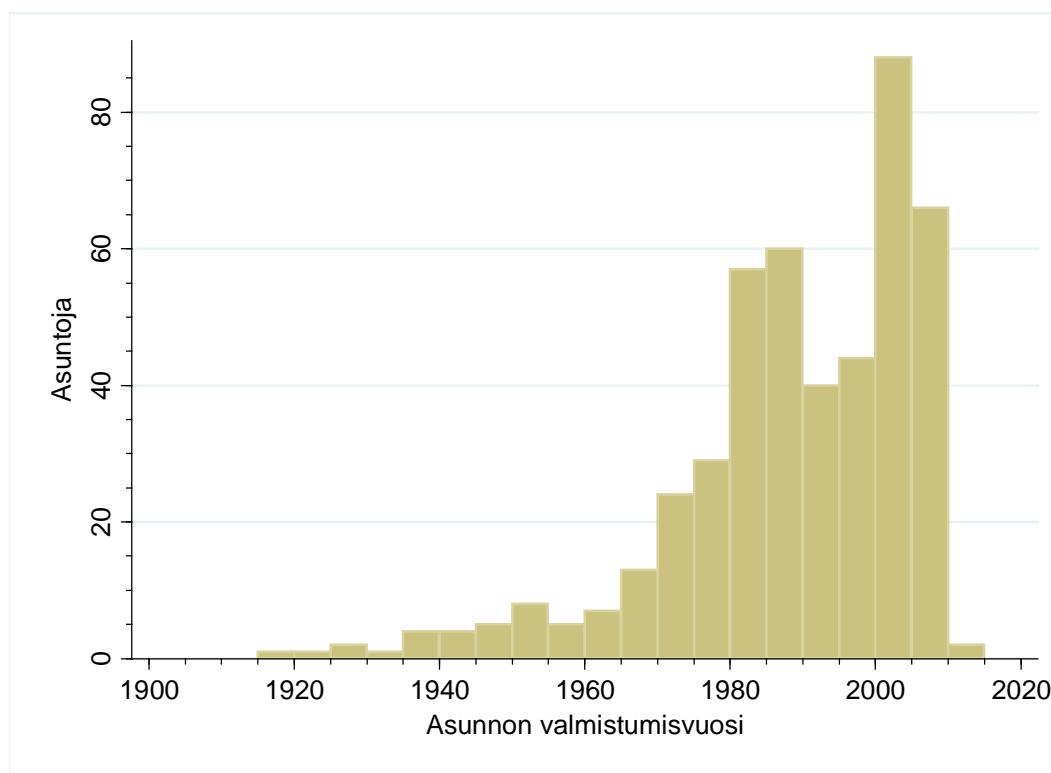
Rakennukset sijaitsevat pääasiassa korkean radonpitoisuuden maakunnissa. Niistä 63 % sijaitsi Uudellamaalla, Pirkanmaalla tai Päijät-Hämeessä (Taulukko 1).

Rakennusten ikäjakauma on esitetty Kuva 5:ssä. Kohteista 75 % on valmistunut 1980-luvulla ja sen jälkeen. Ennen 60-lukua valmistuneita rakennuksia aineistossa on vain 7 %.

Taulukko 1. Tutkimukseen osallistuneiden rakennusten lukumäärä maakunnittain.

Maakunta	n	Osuus (%)
Uusimaa	113	22,8
Pirkanmaa	107	21,6
Päijät-Häme	92	18,6
Kymenlaakso	56	11,3
Kanta-Häme	40	8,1
Keski-Suomi	36	7,3
Etelä-Karjala	21	4,2
Pohjois-Karjala	10	2,0
Varsinais-Suomi	8	1,6
Pohjois-Savo	4	0,8
Etelä-Savo	3	0,6
Etelä-Pohjanmaa	2	0,4
Lappi	2	0,4
Satakunta	2	0,4
<b>Yhteensä</b>	<b>496</b>	<b>100</b>





Kuva 5. Asuntojen lukumäärä valmistumisvuoden mukaan.

## 2.2 Mittausmenetelmä

Radonmittaukset on tehty STUKin radonmittauspurkeilla [4] vuosina 2000–2012 marraskuun alun ja huhtikuun lopun välisenä aikana. Mittauksen kesto oli vähintään kaksi kuukautta. Kullekin kohteelle laskettiin radonpitoisuuden alenema becquereleinä kuutiossa ja prosentteina.

## 3 Tulokset

### 3.1 Käytetyt radonkorjausmenetelmät ja niiden tehokkuus

Radonputkiston aktivointi oli yleisin yksittäinen korjausmenetelmä, jossa radonputkiston poistoputkeen asennetaan puhallin, esim. huippumuri. Sitä oli käytetty 113 korjauskohteessa. Taulukossa 1 listattujen menetelmien lisäksi kellarin tai ryömintätilan tuuletusta oli tehostettu tai talousveden radonpitoisuutta oli pienennetty. Muita yksittäisiä menetelmiä oli käytetty 24 kohteessa. Yhteensä 201 kohteessa oli käytetty yhdistelmiä eri korjausmenetelmistä. Erilaisia yhdistelmiä oli yli 20. Käytetyimpiä olivat radonimurin, ilmanvaihdon parantamisen ja tiivistämisen eri yhdistelmät.

Kaikki kohteet huomioiden radonpitoisuus oli pienentynyt keskimäärin  $510 \text{ Bq/m}^3$  ja keskimääräinen alenemaprocentti oli 61 %.

Tehokkaimmat yksittäiset menetelmät olivat radonputkiston aktivoiminen, radonimuri ja radonkaivo, jotka pienensivät radonpitoisuutta keskimäärin 70 - 80 %. Pelkästään ilmanvaihtoa parantamalla tai pelkästään vuotokohtia tiivistämällä radonpitoisuus on pienentynyt keskimäärin 30 %. Uudemmissa rakennuksissa helposti toteutettavalla radonputkiston aktivoinnilla on päästy keskimäärin  $100 \text{ Bq/m}^3$  radonpitoisuuteen, joka on huomattavasti alhaisempi taso kuin millään muulla menetelmällä tai niiden yhdistelmällä. Tosin radonpitoisuuden lähtötaso oli myös pienempi ( $590 \text{ Bq/m}^3$ ) kuin muilla.

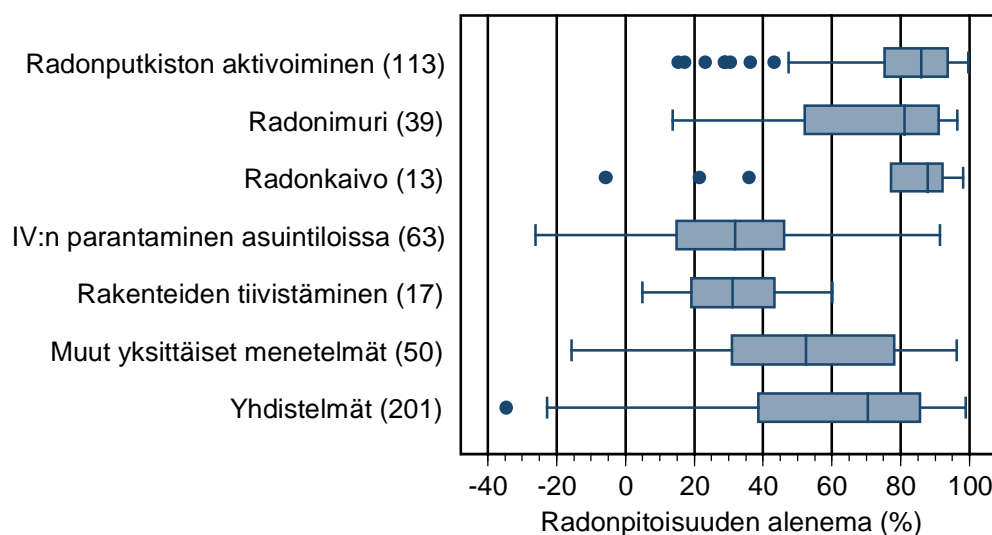
Yhdessä radonimurin kanssa tehdyillä tiivistämisillä ja/tai ilmanvaihdon parantamisella on saatu suurempi alenema becquereleinä kuutiossa kuin radonimurilla yksinään, vaikka keskimääräinen alenemaprocentti on ollut samaa suuruusluokkaa (70 – 80 %). Keskimääräinen radonpitoisuus ennen korjausta oli ollut suurempi näissä kohteissa verrattuna kohteisiin, joissa radonpitoisuutta oli pienennetty yksin radonimureilla.

Kuva 6:ssa on esitetty tarkemmin eri korjausmenetelmien tehokkuuksia. Radonputkiston aktivoinnilla, radonimurilla ja radonkaivolla on parhaimmillaan saavutettu yli 98 % radonpitoisuuden alenema. Yhdeksässä radonputkisto-, seitsemässä radonimuri- ja kolmessa radonkaivokohdeissa alenema on jäänyt alle 50 %.

Joissakin tapauksissa radonkorjauksella ei ole ollut mitään vaikutusta, jolloin vuosien välisen satunnaisen radonpitoisuuden vaihtelun ja rajallisen mittaustarkkuuden takia korjauksen jälkeen on voitu mitata jopa suurempi radonpitoisuus kuin ennen korjausta. Näin kävi yhteensä 19 kohteessa. Radonpitoisuus oli kasvanut yleensä muutamia prosentteja, mutta suurin pitoisuuden kasvu oli 35 %. Tässä kohteessa oli koneellinen poisto ja korjausta oli yritetty tiivistämällä ja ilmanvaihtoa säätämällä. Epäselväksi jää johtuuko suurempi tulos sattumasta vai onko radonpitoisuus oikeasti kasvanut ilmanvaihdon säädön seurauksena.

Taulukko 1. Radonpitoisuuksien keskiarvot ennen ja jälkeen radonkorjauksen sekä radonpitoisuuden alenemat (keskiarvot) eri menetelmille.

Radonkorjausmenetelmä (N)	Radonpitoisuus		Radonpitoisuuden	
	ennen (Bq/m <sup>3</sup> )	jälkeen (Bq/m <sup>3</sup> )	alenema (Bq/m <sup>3</sup> )	alenema (%)
Radonputkiston aktivoiminen (113)	590	100	500	81
Radonimuri (39)	890	210	680	72
Radonkaivo (13)	1270	240	1030	73
Ilmanvaihdon parantaminen (63)	550	360	190	32
Vuotokohtien tiivistäminen (17)	510	350	160	31
Muut yksittäiset menetelmät (50)	510	250	260	51
Radonputkiston akt. + tiivistäminen (27)	780	130	650	82
Radonimuri + ilmanvaihdon parant. (17)	1240	250	990	78
Radonimuri + tiivistäminen + IV parant. (24)	1320	320	1000	74
Tiivistys + ilmanvaihdon parantaminen (40)	530	320	210	36
Muut yhdistelmät (93)	950	290	660	58
Yhteensä (496)	750	240	510	61



Kuva 6. Radonkorjausmenetelmien tehokkuus. Jakaumat on esitetty siten, että 50 % tapauksista sijoittuu laatikon sisään. Laatikon keskellä oleva viiva kuvaa mediaania ja sen reunat 25. ja 75. persenttiilejä. Janat kuvaavat sitä aluetta, jolla valtaosa tapauksista sijaitsee. Janat ulottuvat korkeintaan 1,5 kertaa laatikon mitan päähän tai tapausten ääriarvoihin. Janojen ulkopuolelle jäävät havainnot kuvataan pistellä.

### 3.1.1 Korjausten onnistuminen

Taulukossa 2 korjauskohteet on ryhmitelty ennen korjausta ja korjauksen jälkeen mitatun radonpitoisuuden mukaan. Taulukossa on mukana vain ne kohteet, joissa radonpitoisuus ennen korjausta oli yli 400 Bq/m<sup>3</sup>. Näiden lisäksi radonkorjaus oli tehty 168 kohteessa, joissa radonpitoisuus oli ennen korjausta ollut alle 400 Bq/m<sup>3</sup>. Näistä kolmanneksessa radonputkisto oli aktivoitu.

Kaikista enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup> ylittäneistä kohteista 77 % on päässyt alle enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup>. Radonputkiston aktivoineista jopa 94 sadasta oli päässyt alle tämän enimmäisarvon. Yli 400 Bq/m<sup>3</sup> pitoisuuden jääneistä kohteista 36:ssa oli käytetty putkiston aktivointia, radonimuria tai radonkaivoa yksinään tai osana korjausta ja 36:ssa jotain muuta menetelmää.

Kohteista, joissa oli yli tuhannen Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuus ennen korjausta, 61 % (n=49) on päässyt alle 400 Bq/m<sup>3</sup> ja 41 % (n=33) oli päässyt alle uusien talojen enimmäisarvon 200 Bq/m<sup>3</sup>. Kohteista, jotka jäivät yli 400 Bq/m<sup>3</sup> radonpitoisuuden, seitsemän oli yrittänyt käyttää jotain muuta menetelmää kuin radonimuria, jolloin radonpitoisuus ei ollut laskenut riittävästi. Vain yksi radonimuri oli täysin epäonnistunut, eikä lisätoimia oltu tehty. Muilla radonimurin tehneillä radonpitoisuus oli alentunut yli 50 %. Neljässä radonimurikohteessa ja yhdessä radonkaivokohteessa, joissa radonpitoisuus ennen korjausta oli ollut monta tuhatta Bq/m<sup>3</sup>, lopputulos oli jäänyt vielä yli 400 Bq/m<sup>3</sup>, vaikka radonpitoisuus olikin pienentynyt yli 84 prosenttia.

Taulukko 2. Korjauskohteiden lukumäärät ryhmiteltynä ennen korjausta ja korjauksen jälkeen mitatun radonpitoisuuden mukaan.

Radonpitoisuus ennen korjausta (Bq/m <sup>3</sup> )	Radonpitoisuus korjauksen jälkeen (Bq/m <sup>3</sup> )					Yhteensä
	<100	100–199	200–399	400–599	600– 4600	
400–599	46	31	42	12	2	133 (41 %)
600–999	42	25	19	21	8	115 (35 %)
1000–8800	16	17	16	15	16	80 (24 %)
Yhteensä	104 (32 %)	73 (22 %)	77 (23 %)	48 (15 %)	26 (8 %)	328

### 3.1.2 Radonputkiston aktivointi

Radonputkiston aktivointia oli käytetty yksinään 111 korjauskohteessa. Yhdistelmiä oli käytetty 43 kohteessa. Yleisimmät yhdistelmät olivat:

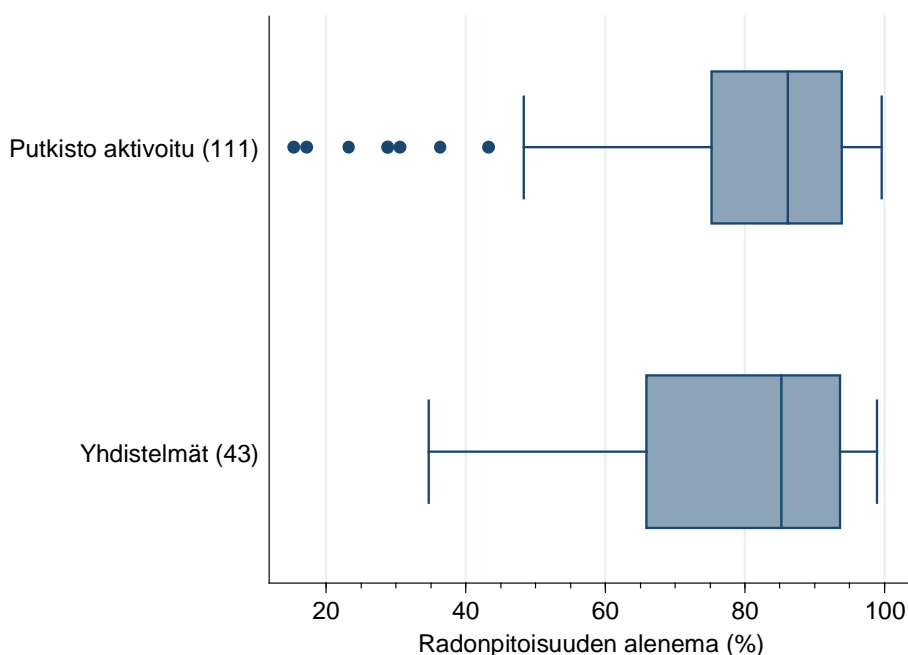
- radonputkiston aktivointi + rakenteiden tiivistäminen
- radonputkiston aktivointi + ilmanvaihdon parantaminen asuintiloissa
- radonputkiston aktivointi + rakenteiden tiivistäminen + ilmanvaihdon parantaminen.

Kohteissa, joissa oli käytetty yhdistelmiä, keskimääräinen radonpitoisuus ennen ja jälkeen korjauksen oli paljon suurempi kuin kohteissa, joissa on pelkästään aktivoitu radonputkisto (Taulukko 2). Keskimääräinen alenemaprocentti oli suunnilleen sama näille molemmille. Pelkkä radonputkiston aktivointi siis riittää useissa korjauskohteissa. Keskimääräinen tehokkuus on sama kaikissa, jolloin päästään myös pienempään pitoisuuteen korjauksen jälkeen. Vaikeissa korjauskohteissa pelkkä putkiston aktivointi ei riitä, vaan tarvitaan IV-säätöjä ja/tai tiivistyksiä.

Radonputkiston aktivoiminen alentaa radonpitoisuutta keskimäärin 75 - 94 % (Kuva 7). Suurin radonpitoisuuden alenema oli 99,6 %. Yhdistelmille keskimääräinen alenema oli 66 - 94 %. Kahdessatoista kohteessa alenema jäi alle 50 %. Kymmenessä näistä radonpitoisuus ennen korjausta oli alle 400 Bq/m<sup>3</sup>, kahdeksassa radonpitoisuus jäi yli 200 Bq/m<sup>3</sup> ja vain kahdessa yli 300 Bq/m<sup>3</sup>.

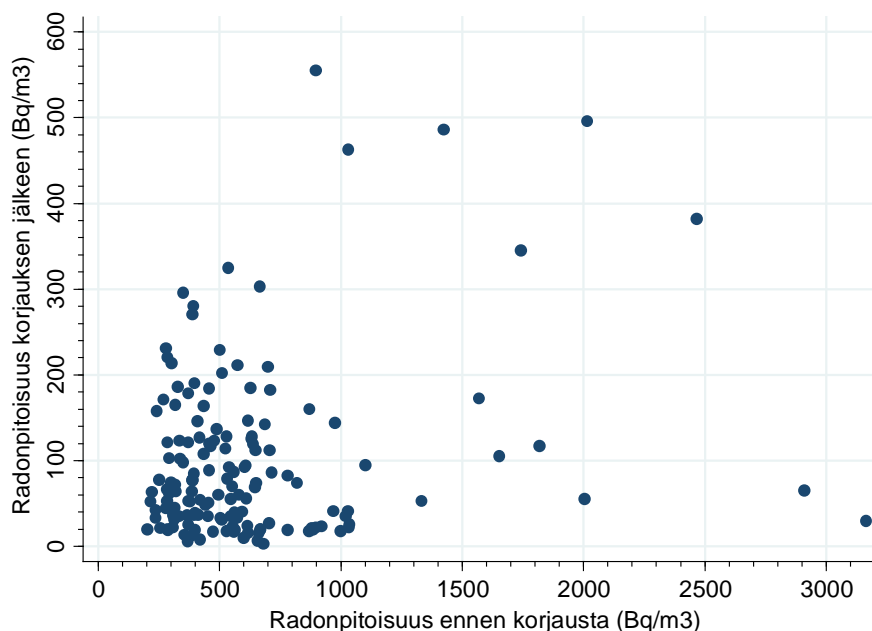
Taulukko 2. Radonpitoisuuden keskiarvo (ka) ja mediaani (med.) ennen korjausta ja korjauksen jälkeen sekä alenemien keskiarvot, kun radonputkisto on aktivoitu pelkästään tai jonkun muun menetelmän lisäksi.

Menetelmä (N)	Radonpitoisuus ennen korjausta, ka / mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, ka / mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	Alenema, ka / med. (%)
Radonputkisto aktivoitu (111)	600 / 480	95 / 60	81 / 86
Yhdistelmät (43)	880 / 610	200 / 85	79 / 85
Yhteensä (154)	680 / 520	130 / 66	80 / 86



Kuva 7. Radonputkiston aktivoinnin vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen. Yhdistelmissä on radonputkiston aktivoinnin lisäksi käytetty jotain muuta korjausmenetelmää.

Kuva 8:ssa on esitetty radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonputkiston aktivoinnin. 87 % radonputkiston aktivoineista pääsi alle uusien rakennusten radonpitoisuuden ohjearvon 200 Bq/m<sup>3</sup> ja 64 % alle arvon 100 Bq/m<sup>3</sup> (Taulukko 3). Yli ohjearvon 200 Bq/m<sup>3</sup> jääneistä 6 oli kellarittomia taloja, 11 rinnetaloja ja 3 talossa oli kellari. Yhdeksässä näistä taloista maanvastainen seinä oli tehty kevytsoraharkkoista ja neljässä valubetonista. Lisäksi viidessä talossa oli käytetty vain pato-levyä maanvastaisen kevytsoraharkkoseinän.



Kuva 8. Radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonputkiston aktivoinnin (N=152). Kuvassa on mukana myös yhdistelmät, joissa radonputkisto on aktivoitu. Kaksi kohdetta on jätetty kuvan ulkopuolelle, jotta kuvan luettavuus säilyy hyvänä. Näissä kohteissa radonpitoisuudet ennen korjausta olivat 5900 ja 3000 Bq/m<sup>3</sup> ja korjauksen jälkeen 2900 ja 1400 Bq/m<sup>3</sup>.

Taulukko 3. Korjauskohteiden (radonputkisto aktivoitu) lukumäärät ryhmiteltynä ennen korjausta ja korjauksen jälkeen mitatun radonpitoisuuden mukaan.

Radonpitoisuus ennen korjausta (Bq/m <sup>3</sup> )	Radonpitoisuus korjauksen jälkeen (Bq/m <sup>3</sup> )					Yhteensä
	<100	100–199	200–399	400–599	600– 2900	
200–399	36	11	6	0	0	53 (34 %)
400–599	29	11	4	0	0	44 (29 %)
600–999	24	11	2	1	0	38 (25 %)
1000–5900	9	3	2	3	2	19 (12 %)
Yhteensä	98 (64 %)	36 (23 %)	14 (9 %)	4 (3 %)	2 (1 %)	154

Kevytsoraharkkoilla ei näyttäisi olevan juurikaan vaikutusta radonputkiston tehokkuuteen eli radonpitoisuuden alenemaprocentin keskiarvoon, vaikka kevytsoraharkollisissa rinne- ja kellaritaloissa onkin suuremmat radonpitoisuudet sekä ennen että jälkeen radonkorjauksen kuin vastaa- vissa betonirakenteisissa taloissa (Taulukko 4). Tämä näkyy myös ohjearvon 200 Bq/m<sup>3</sup> ylityk- sissä korjauksen jälkeen.

Taulukko 4. Keskimääräiset radonpitoisuudet ja alenemat rinnetaloissa, joissa maanvastainen seinä on tehty joko kevytsoraharkosta tai betonista.

	Radonpit. keskiarvo (Bq/m <sup>3</sup> )		Keskimääräinen alenema (%)
	Ennen	Jälkeen	
Rinnetalo, kevytsoraharkko (29)	933	235	76
Rinnetalo, betoni (22)	669	112	80

Joka kolmannessa radonputkiston puhaltimessa oli havaittu haitallisen paljon jäätä. Jos huipumuriin kertyy niin paljon jäätä, että imuri pysähtyy, asunnon radonpitoisuus nousee takaisin alkuperäiselle korkealle tasolle. Tällaisesta ei kuitenkaan näkynyt merkkejä, kun vertailtiin radonpitoisuuksia ja alenemia jääongelmia raportoineiden ja muiden kesken kohteissa, joissa radonputkisto oli aktivoitu (Taulukko 5).

Taulukko 5. Radonpitoisuuden alenema ja radonpitoisuus korjauksen jälkeen (radonputkiston aktivointi m. yhdistelmät) jaoteltuna kahteen luokkaan sen mukaan, onko puhaltimeen kertynyt haitallisen paljon jäätä.

	Puhaltimeen on kertynyt haitallisen paljon jäätä	
	Kyllä	Ei
N	34	69
Radonpitoisuuden aleneman keskiarvo (%)	82	81
Radonpitoisuuden aleneman mediaani (%)	89	86
Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, keskiarvo (Bq/m <sup>3</sup> )	76	160
Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	54	65

### 3.1.3 Radonimuri

Radonimuria oli käytetty yksinään 39 korjauskohteessa. Yhdistelmiä oli käytetty 66 kohteessa. Yleisimmät yhdistelmät olivat

1. radonimuri + rakenteiden tiivistäminen
2. radonimuri + ilmanvaihdon parantaminen asuintiloissa
3. radonimuri + rakenteiden tiivistäminen + ilmanvaihdon parantaminen.

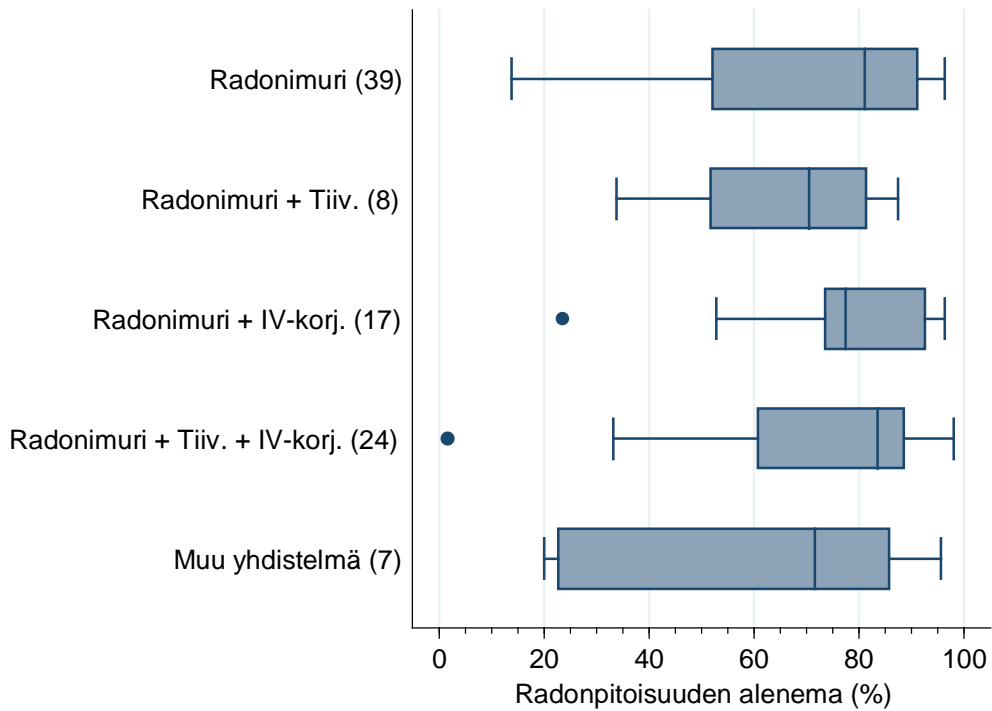
Kohteissa, joissa oli käytetty yhdistelmiä, keskimääräinen radonpitoisuus ennen ja jälkeen korjauksen oli suurempi kuin kohteissa, joissa on pelkästään asennettu radonimuri (Taulukko 6). Keskimääräiset alenemaprosentit olivat suunnilleen samoja eri yhdistelmille. Pelkkä radonimuri siis riittää useissa korjauskohteissa. Vaikeissa korjauskohteissa pelkkä radonimuri ei riitä, vaan tarvitaan IV-säätöjä ja/tai tiivistyksiä.

Radonimuri alentaa radonpitoisuutta keskimäärin 52 - 91 % (Kuva 9). Suurin radonpitoisuuden alenema pelkällä radonimurilla oli 96 % ja yhdistelmällä 98 %. Yhdistelmille, joissa oli parannettu ilmanvaihtoa, keskimääräinen alenema oli parempi kuin pelkällä radonimurilla. Kuudessatoista kohteessa alenema oli pienempi kuin 50 %. Kolmessa näistä radonpitoisuus ennen korjausta oli alle 400 Bq/m<sup>3</sup> ja yhdeksässä radonpitoisuus jäi yli enimmäisarvon 400 Bq/m<sup>3</sup>.

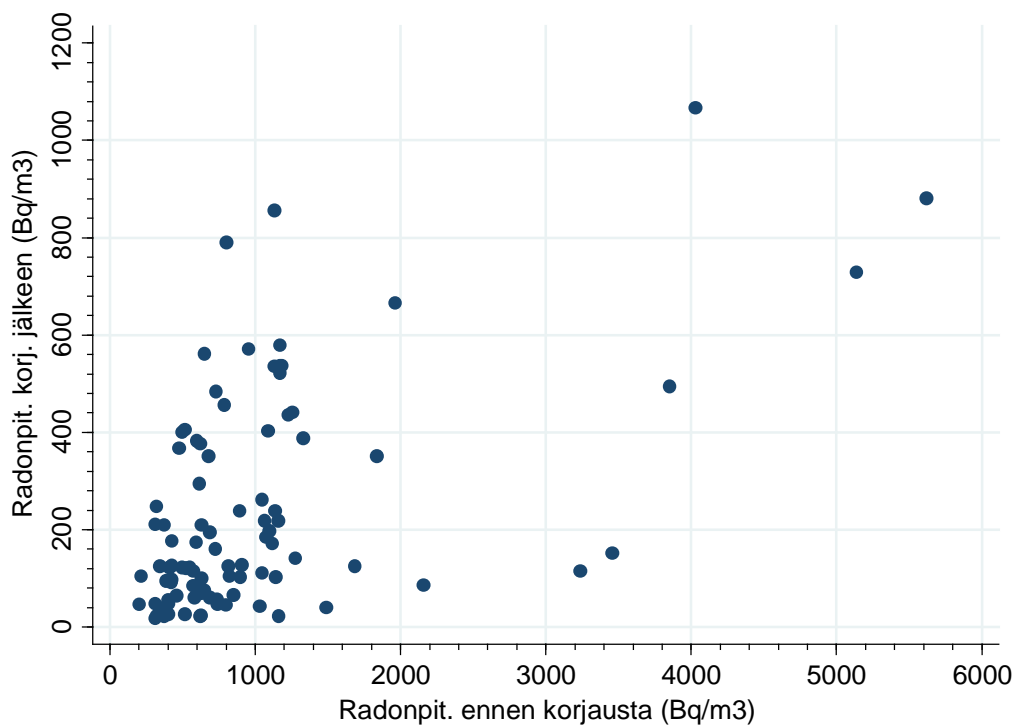
Kuva 10:ssä on esitetty radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonimurin asentamisen (mukaan lukien yhdistelmät). Korjauskohteista 76 % (N=72) pääsi alle arvon 400 Bq/m<sup>3</sup> (Taulukko 7).

Taulukko 6. Radonpitoisuuden keskiarvo (ka) ja mediaani (med.) ennen korjausta ja korjauksen jälkeen sekä alenemien keskiarvot, kun taloon on asennettu radonimuri pelkästään tai yhdistelmän kanssa.

Menetelmä (N)	Radonpitoisuus ennen korjausta, ka / mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, ka / mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	Alenema, ka / med. (%)
Radonimuri (39)	890 / 650	210 / 140	72 / 81
Radonimuri + Tiiv. (8)	750 / 770	260 / 140	66 / 71
Radonimuri + IV korj. (17)	1240 / 630	250 / 120	78 / 77
Radonimuri + Tiiv. + IV korj. (24)	1320 / 980	320 / 130	74 / 84
Radonimuri + muu yhdistelmä (7)	1700 / 690	340 / 370	62 / 72
Yhteensä (95)	1110 / 730	260 / 140	72 / 80



Kuva 9. Radonimurin ja eri yhdistelmien vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen.



Kuva 10. Radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonimurin asentamisen (N=93). Kuvassa on mukana myös yhdistelmät, joissa radonimurin lisäksi parannettu ilmanvaihtoa ja/tai tehty tiivistyksiä. Kaksi kohdetta on jätetty kuvan ulkopuolelle, jotta kuvan luettavuus säilyy hyvänä. Näissä kohteissa radonpitoisuudet ennen korjausta olivat 8800 ja 3100 Bq/m<sup>3</sup> ja korjauksen jälkeen 1200 ja 1600 Bq/m<sup>3</sup>.



Taulukko 7. Korjauskohteiden, joissa on asennettu radonimuri (ml. yhdistelmät), lukumäärät ryhmiteltyinä ennen korjausta ja korjauksen jälkeen mitatun radonpitoisuuden mukaan.

Radonpitoisuus ennen korjausta (Bq/m <sup>3</sup> )	Radonpitoisuus korjauksen jälkeen (Bq/m <sup>3</sup> )					Yhteensä
	<100	100–199	200–399	400–599	600– 3100	
200–399	8	2	3	0	0	35 (37 %)
400–599	9	8	2	2	0	26 (27 %)
600–999	9	7	5	4	1	21 (22 %)
1000–8800	4	9	6	9	7	13 (14 %)
Yhteensä	30 (32 %)	26 (27 %)	16 (17 %)	15 (16 %)	8 (8 %)	95

Joka kolmannessa radonimurin puhaltimessa oli havaittu haitallisen paljon jäätä. Jos puhaltimeen kertyy niin paljon jäätä, että se pysähtyy, asunnon radonpitoisuus nousee takaisin alkuperäiselle korkealle tasolle. Tällaisesta ei kuitenkaan näkynyt merkkejä, kun vertailtiin radonpitoisuuksia ja alenemia jääongelmia raportoineiden ja muiden kesken kohteissa, joihin oli asennettu radonimuri (Taulukko 8).

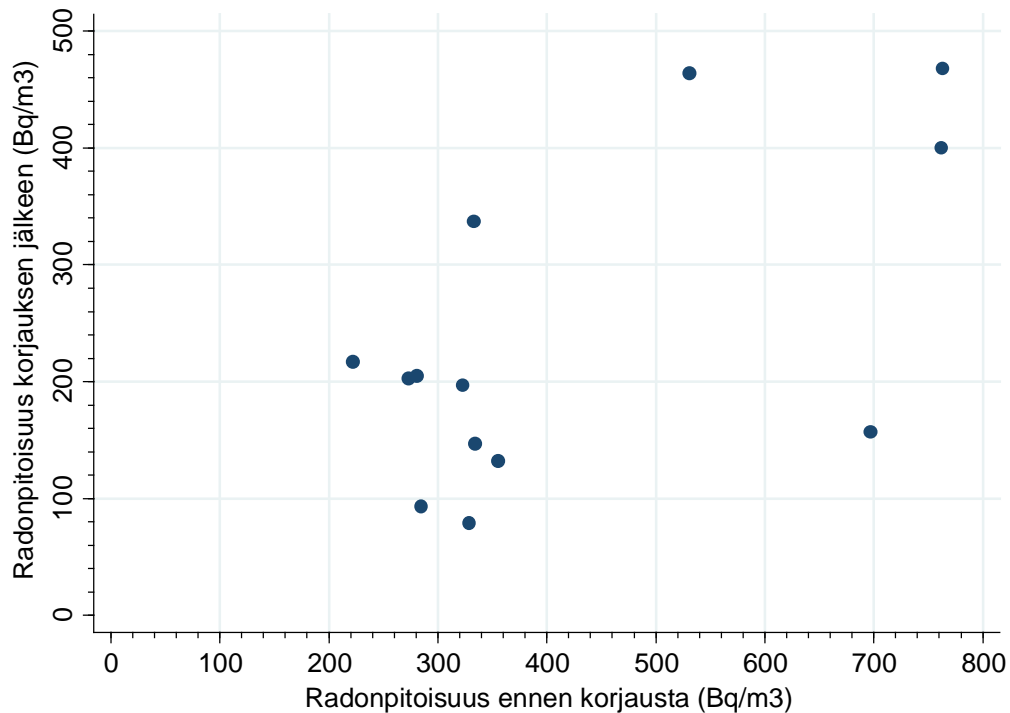
Taulukko 8. Radonpitoisuuden alenema ja radonpitoisuus korjauksen (radonimuri ml. yhdistelmät) jälkeen jaoteltuna kahteen luokkaan sen mukaan, onko puhaltimeen kertynyt haitallisen paljon jäätä.

	Puhaltimeen on kertynyt haitallisen paljon jäätä	
	Kyllä	Ei
N	29	55
Radonpitoisuuden aleneman keskiarvo (%)	76	70
Radonpitoisuuden aleneman mediaani (%)	84	77
Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, keskiarvo (Bq/m <sup>3</sup> )	280	250
Radonpitoisuus korjauksen jälkeen, mediaani (Bq/m <sup>3</sup> )	100	160

### 3.1.4 Vapaasti tuulettuva putkisto ja imupiste

Vapaasti tuulettuvaa radonputkistoa oli käytetty yhteensä 13 kohteessa, mutta näistä 10:ssä oli myös parannettu ilmanvaihtoa tai tehty tiivistyksiä tai molempia. Kohteiden keskimääräinen radonpitoisuuden alenema oli 41 % (Kuva 11).

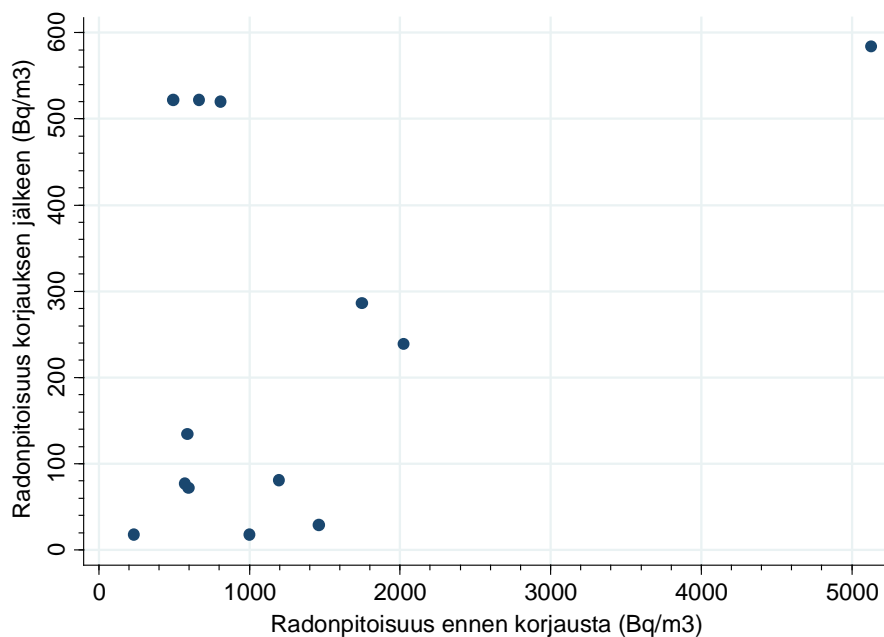
Vapaasti tuulettuvaa imupistettä oli käytetty kahdessa kohteessa, joissa radonpitoisuus oli pienentynyt 67 ja 23 %. Lisäksi yhdessä kohteessa oli vapaasti tuulettuvan imupisteen lisäksi tehty tiivistyksiä ja parannettu ilmanvaihtoa, jolloin radonpitoisuus oli pienentynyt 40 %.



Kuva 11. Radonpitoisuus ennen ja jälkeen korjauksen, jossa on käytetty vapaasti tuulettuvaa radonputkistoa tai sen lisäksi parannettu ilmanvaihtoa ja/tai tehty tiivistyksiä (N=13).

### 3.1.5 Radonkaivo

Radonkaivoja raportoitiin kyselyssä vain 13 kpl. Radonpitoisuus pieneni tyypillisesti 77 - 92 %. Keskiarvoa laskivat muutama epäonnistunut radonkaivon rakennus, joissa alenema oli alle 40 %. Syinä huonoon lopputulokseen oli luultavasti kaivon mataluus, liian suuri etäisyys talosta ja liian tiivis maaperä. Radonpitoisuudet ennen korjausta vaihtelivat välillä 500 - 5100 Bq/m<sup>3</sup> (Kuva 12). Hieman alle puolessa (6 kpl) radonkaivokohteista radonpitoisuus tippui alle 100 Bq/m<sup>3</sup> arvoon.

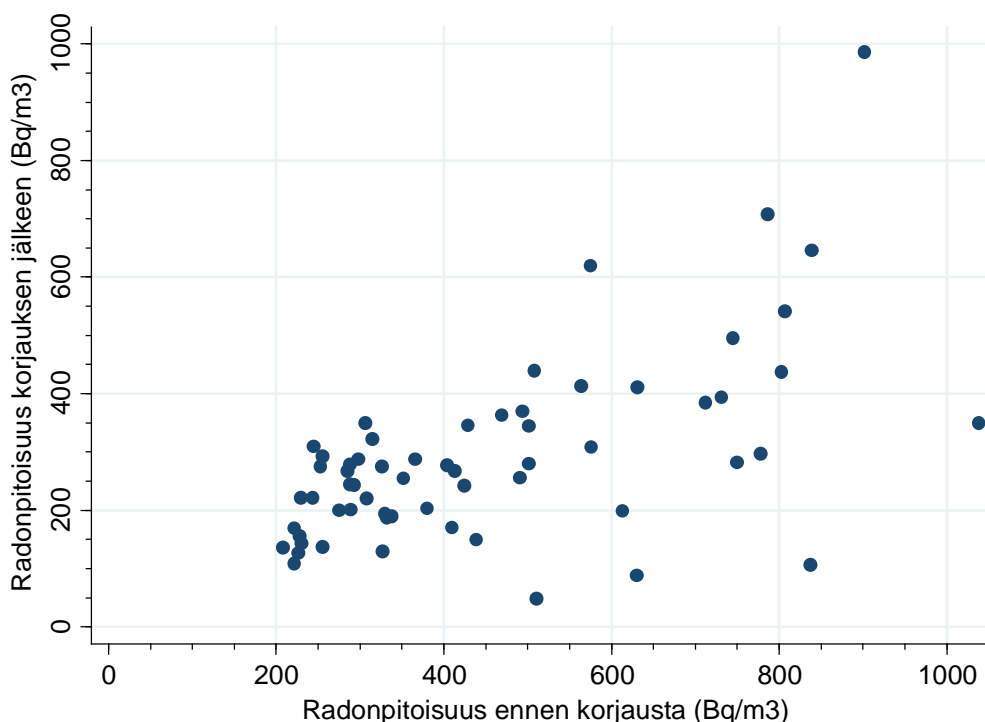


Kuva 12. Radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonkaivon asennuksen (N=13).

### 3.1.6 Ilmanvaihdon parantaminen

Ilmanvaihtotapoja ovat painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Kaikkia näitä voidaan tehostaa tai säätää. Lisäksi vanhan ilmanvaihdon tilalle voidaan asentaa uusi koneellinen ilmanvaihto. Tässä työssä ei ole tarkemmin analysoitu näiden eri ilmanvaihtoteknisten korjausmenetelmien tehokkuutta.

Yleisesti ottaen ilmanvaihdon parantamisella on vain harvoin saavutettu yli 50 % radonpitoisuuden alenema (Kuva 6 ja Kuva 13). Ilmanvaihdon parantaminen pienentää radonpitoisuutta parhaiten niissä kohteissa, joissa ilmanvaihto toimii aluksi huonosti. Suurin alenema oli 90 %. Jos IV toimii kohtalaisesti tai hyvin, ilmanvaihtoa parantamalla ei voida juurikaan vaikuttaa sisäilman radonpitoisuuteen.



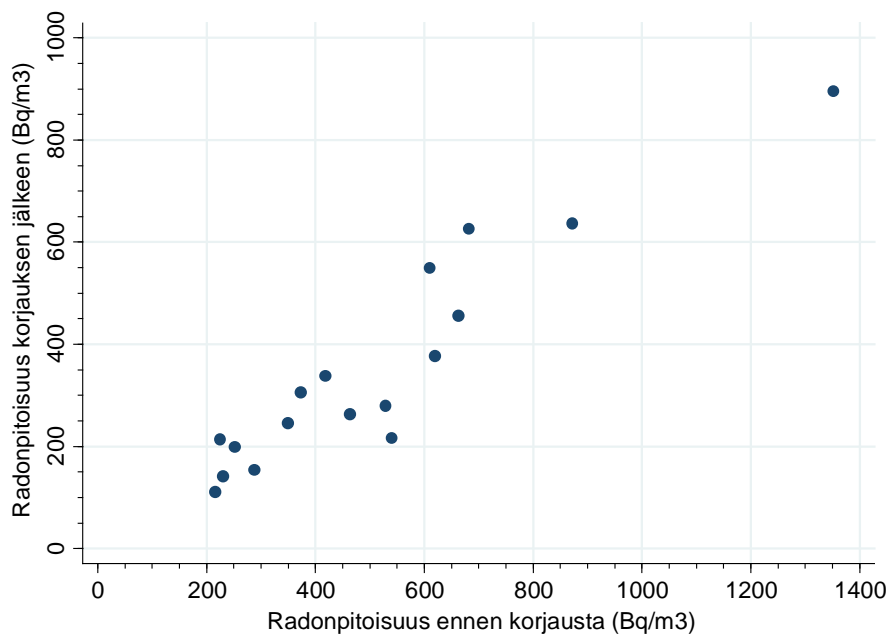
Kuva 13. Radonpitoisuus ennen ja jälkeen ilmanvaihdon parantamisen (N=63). Kaksi kohdetta on jätetty kuvan ulkopuolelle, jotta kuvan luettavuus säilyy hyvänä. Näissä kohteissa radonpitoisuudet ennen korjausta olivat 4700 ja 2100 Bq/m<sup>3</sup> ja korjauksen jälkeen 4600 ja 180 Bq/m<sup>3</sup>.

### 3.1.7 Vuotokohtien tiivistäminen

Vuotokohtien tiivistäminen on osoittautunut erittäin haastavaksi tyypillisessä suomalaisessa puurunkoisessa pientalossa, jossa tiivistysmassaa on vaikea saada betonilaatan ja sokkelin liitokseen.

Vuotokohtien tiivistämistä oli käytetty yksinään vain 17 kohteessa. Radonpitoisuus oli pienentynyt keskimäärin 31 %. Tiivistettyjä kohteita olivat mm. lattian ja sokkelin välinen rako (7 kohteessa), lattian ja kantavan väliseinän välinen rako (4) sekä läpiviennit (4). Muunlaisia tiivistämiä oli tehty neljässä kohteessa.

Puurunkoisia taloja, joissa radonkorjaus oli tehty tiivistämällä, oli 11. Muita seinien kantavia materiaaleja olivat tiili (n=1), Betoni (n=3) ja kevytbetoni (n=2). Seinän kantava materiaali ei kuitenkaan kerro sitä, mitä materiaalia vasten tiivistysaine laitettiin. Nimittäin neljässä puutalo kohteessa tiivistysaine oli laitettu oikeaoppisesti betoni- tai harkkopintoja vasten. Tarkempaa analyysiä tästä ei kuitenkaan pysty tekemään, koska 8 vastaajaa oli jättänyt siihen liittyvän kysymyksen tyhjäksi.



Kuva 14. Tiivistyskohteissa mitattu radonpitoisuus ennen ja jälkeen radonkorjauksen.

### 3.2 Radonkorjausten hinta

Taulukossa 3 on esitetty radonkorjausten kuluja. Suurin osa radonkorjausten kustannuksista muodostui työkuluista. Osat ja tarvikkeet maksoivat keskimäärin 100 - 300 euroa, jos uusia ilmanvaihtokoneita ei lasketa mukaan. Radonputkiston aktivointi yrityksellä teetettynä maksoi keskimäärin 500 euroa (mediaani). Työn itse tehneet maksoivat tarvikkeista 200 - 300 euroa. Jälkikäteen asennetun radonimurin sai keskimäärin 2500 eurolla. Kohteita, joissa oli käytetty rakenteiden tiivistämistä ainoana toimenpiteenä, oli vähän, joten hintatietoa ulkopuolisen tekemistä tiivistämisistä on varsin niukasti. Tiivistysmassojen mediaanihinta oli 50 euroa.

Ilmanvaihdon parantamisen kustannukset vaihtelevat paljon tehtyjen korjausten laajuudesta riippuen. Vähiten maksaa korvausilmaventtiilien lisääminen, kun taas uuden koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtolaitteen asentaminen maksaa eniten. Siksi kustannusten tyypillinen vaihteluväli ilmanvaihdon parantamisessa on suuri: ulkopuoliselle työlle 500 - 9500 euroa ja tarvikkeille 200 - 6500 euroa.

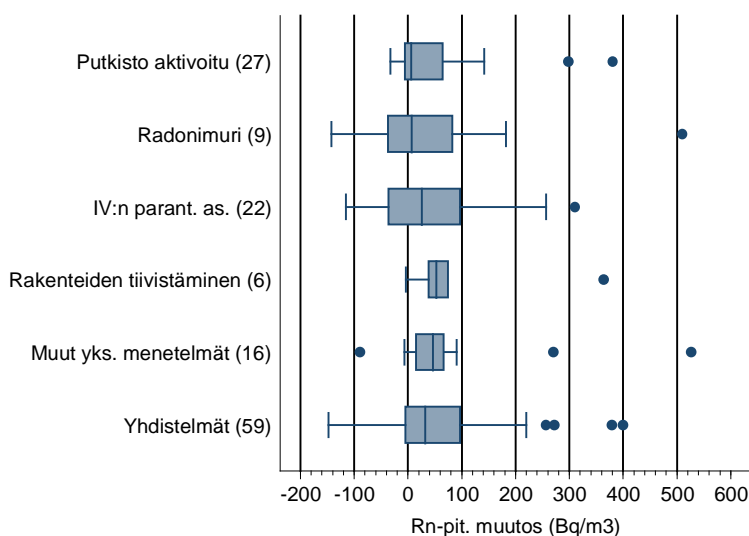
Taulukko 3. Radonkorjausten kokonaiskuluja yrityksellä teetettynä ja tarvikkekuluja, kun korjaus on kokonaan tai osittain itse tehty. N on vastaajien määrä, ka keskiarvo, P25 25. persentiili ja P75 75. persentiili.

Radonkorjausmenetelmä	Kokonaiskulut, korjaus teetetty yrityksellä (€)			Tarvikkeet, kokonaan tai osittain itse tehtynä (€)		
	N	mediaani (P25 - P75)	ka	N	mediaani (P25 - P75)	ka
Huippuimurin kytkeminen radonputkistoon	30	500 (300 - 1500)	1010	36	230 (150 - 300)	260
Radonimuri, poistokanava lattialaatan läpi	26	2350 (1180 - 3900)	3440	23	300 (200 - 500)	440
Radonimuri, poistokanava sokkelin läpi	9	2790 (2000 - 5000)	4560	6	150 (50 - 300)	180
Rakenteiden tiivistäminen	4	1000 (510 - 1000)	760	22	50 (20 - 150)	90
Ilmanvaihdon parantaminen asuintiloissa	36	2400 (480 - 9490)	5790	22	650 (200 - 6500)	1600

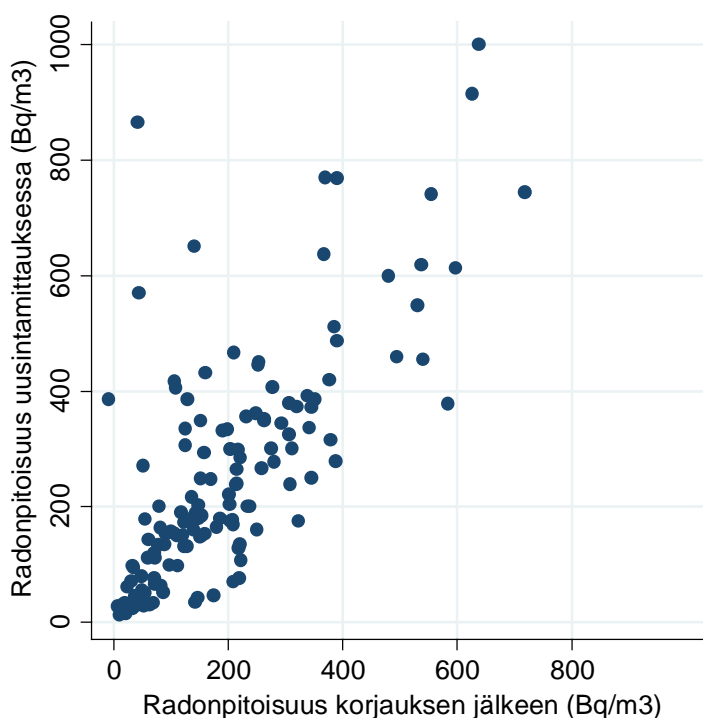
### 3.3 Uusintamittaukset

Uusintamittauksilla (145 kpl) tutkittiin, miten radonpitoisuus on muuttunut korjauksen jälkeisenä vuosina. Korjauksen jälkeinen mittaus tehtiin vuosina 2001 - 2012 ja uusintamittaukset tehtiin 11/2012 - 5/2013 välisenä aikana. Pitoisuudet olivat kasvaneet hieman korjauksen jälkeen (mediaani 32 Bq/m<sup>3</sup>) (Kuva 15 ja Kuva 16). Jos kyseessä oli iso muutos (>300 Bq/m<sup>3</sup>), syynä oli useimmissa tapauksissa radonimurin rikkoutunut puhallin.

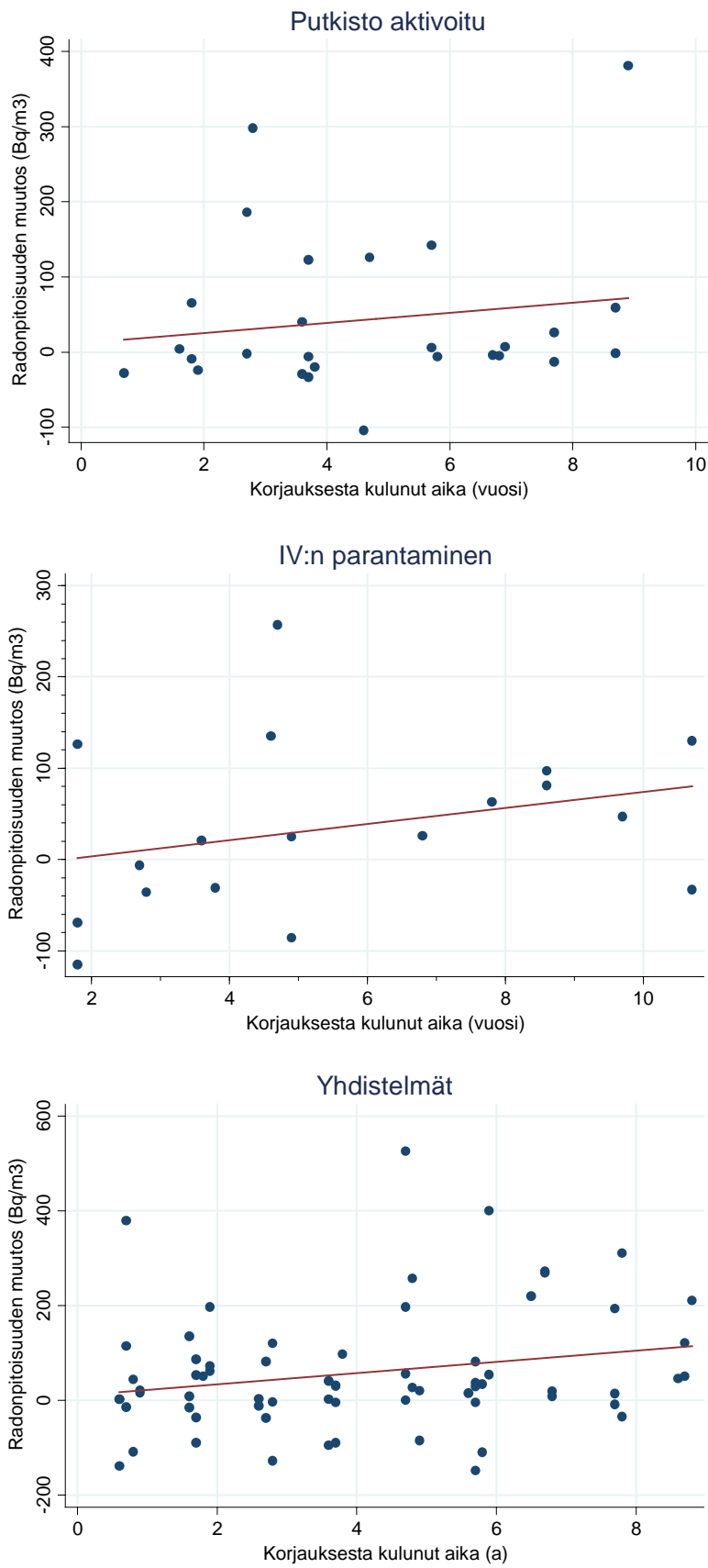
Radonpitoisuuden kasvu korreloi lievästi korjauksesta kuluneeseen aikaan (Kuva 17). Mitä pidempi aika on korjauksen jälkeisen mittauksen ja uusintamittauksen välillä, sitä isompi muutos on tapahtunut radonpitoisuudessa. Radonputkiston aktivoineista kuudessa kohteessa radonpitoisuus on kasvanut yli 100 Bq/m<sup>3</sup> ja muissa radonpitoisuus on pysynyt melko lailla samana. Sama pätee ilmanvaihtoteknisiin radonkorjauksiin ja yhdistelmäkorjauksiin. Muille menetelmille tällaista analyysiä ei kannattanut tehdä niiden pienen lukumäärän takia.



Kuva 15. Radonpitoisuuden muutos korjauksen jälkeisen mittauksen ja uusintamittauksen välillä.



Kuva 16. Radonpitoisuudet korjauksen jälkeen ja uusintamittauksessa.



Kuva 17. Radonpitoisuuden muutos korjauksesta kuluneen ajan funktiona eri korjausmenetelmille.

## 4 Pohdintaa

Rinne- ja kellaritaloissa radonpitoisuudet ovat suurempia ennen ja jälkeen radonputkiston aktiivoinnin, vaikka radonpitoisuuden alenemat prosentteina ovat saman suuruisia kuin muissakin talotyypeissä. Erityisesti kevytsoraharkosta tehdyt maanvastaiset seinät, joita ei ole tiivistetty oikein, kasvattavat radonpitoisuuksia ja korjaukset ovat haastavampia. Toki rinnetalot voivat muita useammin olla perustettu soralle tai kalliomurskeelle, joka myös kasvattaa radonpitoisuuksia ja heikentävät radonputkiston toimintaa, jos alipaine kenttä ei pääse kehittymään tasaisesti koko laatan alueelle.

Nykyään korjataan aiempaa enemmän matalamman radonpitoisuuden asuntoja, mikä johtuu osaksi radonputkiston yleistymisestä. Uusissa taloissa, joissa radonputkisto on asennettu, korjaus on helppo tehdä ja niissä usein myös halutaan alle uusien talojen ohjearvon 200 Bq/m<sup>3</sup>. Radonpitoisuuden keskimääräinen alenema oli nyt 510 Bq/m<sup>3</sup> kun se edellisen v. 2001 tehdyssä vastavassa kyselytutkimuksessa [3] oli 800 Bq/m<sup>3</sup>.

Radonimurin asentaminen ei välttämättä aina ole yksinään riittävä toimenpide, koska sillä ei ole ensi yrittämällä saavuteta haluttua radonpitoisuuden tasoa. Tiivistyksiä ja ilmanvaihdon parantamisia on tehty radonimurin asentamisen yhteydessä, sitä ennen ja sen jälkeen, mutta vain harvassa lomakkeessa korjausajat oli merkitty, joten korjausten järjestyksen vaikutusta ei voinut analysoida tarkemmin. Tiivistämisillä ja/tai ilmanvaihdon parantamisella yhdessä radonimurin kanssa on saatu suurempi alenema becquereleinä kuutiossa kuin radonimurilla yksinään, vaikka keskimääräinen alenemaprocentti on ollut samaa suuruusluokkaa (72 – 82 %). Keskimääräinen radonpitoisuus ennen korjausta oli ollut suurempi näissä kohteissa verrattuna kohteisiin, joissa radonpitoisuutta pyrittiin alentamaan yksin radonimureilla.

## 5 Johtopäätökset

Radonkorjauksen tavoitteena tulisi olla mahdollisimman pieni radonpitoisuus, jolloin radonista aiheutuva keuhkosityöpäriski saadaan mahdollisimman pieneksi.

Radonputkiston aktivointi oli tehokkain korjausmenetelmä. Sillä on saavutettu suurimmat radonpitoisuuden alenemat prosentteina ja pienimmät radonpitoisuudet korjauksen jälkeen. Radonputkiston aktivointikaan ei kuitenkaan aina toimi, joten syiden selvittämiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

Jos radonputkistoa ei ole asennettu, radonimuri ja radonkaivo ovat seuraavaksi tehokkaimpia radonkorjausmenetelmiä. Niitä kannattaa käyttää ensisijaisina korjausmenetelminä. Toki ilmanvaihdon tulee aina toimia riittävän hyvin ja sitä tulee käyttää oikein. Tiivistämisistä kannattaa käyttää vain tarkoin harkituissa tilanteissa, koska sillä saavutetut radonpitoisuuden alenemat ovat yleensä jääneet pieniksi.

Yksi radonkorjauksissa havaittu ongelma oli se, että joka kolmannessa radonimurissa oli havaittu haitallisen paljon jäätä. Jos huippumuriin kertyy niin paljon jäätä, että imuri pysähtyy, nousee asunnon radonpitoisuus takaisin alkuperäiselle korkealle tasolle. Siksi radonimurin toimintaa kannattaa tarkkailla erityisesti pitkien kovien pakkasjaksojen aikana tai jos katolle kertyy paljon lunta. Radonimurin toimintaa valvovia automaattisia sähköisiä hälytysjärjestelmiä on myös saatavilla. Radonimurin jäätyminen johtuu ainakin kosteasta maaperän radonpitoisesta ilmasta sekä puutteellisesta lämmöneristyksestä. Jään kertymisen syitä ja seurauksia olisi hyvä tutkia lisää.

Suurin osa radonkorjausten kustannuksista muodostuu työkuuluista. Korjausten kustannukset ovat olleet keskimäärin 500 €, jos talon alla on ollut radonputkisto valmiina ja 2400 €, jos putkistoa ei ole ollut. Kustannusten vaihteluväli on varsin suuri kaikilla menetelmillä, joten radonkorjauksen teettäminen ja tilaaminen yritykseltä kannattaa kilpailuttaa. Radonkorjauksen onnistuminen kannattaa todentaa aina vähintään 2 kuukauden pituisella radonpurkkimittauksella.



Uuden ilmanvaihtojärjestelmän asentaminen on kallis toimenpide. Tämän vuoksi tilanne on arvioitava huolellisesti ennen uuden ilmanvaihtojärjestelmän asentamista – varsinkin, jos ainoa peruste valinnalle on radonpitoisuuden alentaminen. Yleensä uuteen ilmanvaihtojärjestelmään on päädytty tilanteessa, jossa samanaikaisesti halutaan uudistaa asunnon heikosti toimivaa ilmanvaihtoa ja parantaa asunnon energiatehokkuutta. Radonimuri ja radonkaivo ovat kuitenkin keskimäärin tehokkaampia ja halvempia radonkorjausmenetelmiä kuin uuden koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtolaitteen asennus.

Radonpitoisuudet olivat kasvaneet hieman korjauksen jälkeen, mikä joissain tapauksissa johtui radonimurin rikkoutumisesta. Radonpitoisuuden kasvu korreloi lievästi korjauksesta kuluneeseen aikaan. Mitä pidempi aika on korjauksen jälkeisen mittauksen ja uusintamittauksen välillä, sitä isompi muutos on tapahtunut radonpitoisuudessa. Radonputkiston aktivoinneista kohteissa radonpitoisuus oli pysynyt melko lailla samana. Radonkorjauksen onnistuminen ja sen pysyvyys tulisikin aika ajoin varmistaa sisäilman radonpitoisuusmittauksilla.

### **Lähdeluettelo**

1. Mäkeläinen, I., Kinnunen, T., Reisbacka, H., Valmari, T., ja Arvela, H. Radon suomalaisissa asunnoissa – Otantatutkimus 2006. STUK-A242 (Säteilyturvakeskus, 2009).
2. Valmari, T., Mäkeläinen, I., Reisbacka, H., ja Arvela, H. Suomen radonkartasto 2010. STUK-A245 (Säteilyturvakeskus, 2010).
3. Arvela, H., Holmgren, O., ja Reisbacka, H. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252 (Säteilyturvakeskus 2012).
4. Reisbacka H. Radon Measurement Method with Passive Alpha Track Detector at STUK, Finland. In: Proceedings – Third European IRPA Congress, 14–18 June 2010, pp. 642–645 (2011, Säteilyturvakeskus) ISBN 978-952-478-551-8.

### **Liitteet**

Liite 1. Kyselylomake

Ympäristön säteilyvalvonta  
Tutkimus ja ympäristövalvonta

Kyselylomake  
15.8.2012

«Etunimi\_päivitetty» «Sukunimi\_päivitetty»  
«Osoite\_päivitetty»  
«Postinumero\_päivitetty» «Postitoimipaikka\_päivitetty»

Asuntonumero: «Asnro»

## Asuntojen radonkorjausten seurantatutkimus

Arvoisa Vastaanottaja

Teidät on valittu mukaan Säteilyturvakeskuksen tutkimukseen, jossa selvitetään asuntojen radonkorjausten tehokkuutta. Osanottajiksi on valittu 1900 suomalaista, jotka ovat radonmittauksen yhteydessä vuosina 2001 - 2011 ilmoittaneet tehneensä radonkorjauksen. Edellinen vastaava tutkimus tehtiin 2000 - 2002.

Tutkimuksen tulokset julkaistaan yhteenvetoraporttina, josta teidän asuntoanne ei voida tunnistaa. Tuloksia hyödynnetään radonkorjaustyön ohjeistuksen ja erityisesti radonkorjausoppaan kehittämisessä.

**Kaikkien vastanneiden kesken arvotaan 200 maksutonta radonmittausta** (yksi mittari/vastaaja).

Jos haluatte osallistua tutkimukseen, palauttakaa oheinen kyselylomake Säteilyturvakeskukseen. Postimaksu on maksettu. Kyselylomakkeen **sivut 2-5 koskevat kaikkia asuntoja. Sivut 6-11 täytetään vain käytettyjen menetelmien osalta.** Mikäli teillä ei ole tietoa kysytystä asiasta, pyydämme teitä ohittamaan sen kysymyksen. Korjauksen kuvaaminen piirustuksilla helpottaa huomattavasti korjauksen arviointia. Voitte piirtää kuvan lisätietoihin tai voitte laittaa liitteeksi kopion esimerkiksi pohjapiirustuksesta. Kyselylomakkeessa mainitut korjausmenetelmät on kuvattu Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa (STUK-A127, STUK-A229 tai STUK-A252). Viimeisin radonkorjausopas löytyy netistä [www.radon.fi](http://www.radon.fi) - Radonkorjaus.

Halutessanne voitte täyttää kyselyn myös internetissä osoitteessa [www.stuk.fi/radonkorjauskysely](http://www.stuk.fi/radonkorjauskysely). Tällöin teidän tulee antaa www-kyselyn alussa asuntonumero, joka löytyy tämän kirjeen oikeasta yläkulmasta.

Lisätietoja antavat tutkija Olli Holmgren, puh 09 759 88 555 ja tutkija Tuomas Valmari, puh 09 759 88 471. Kysymyksiä voi lähettää myös sähköpostiosoitteeseen [oli.holmgren@stuk.fi](mailto:oli.holmgren@stuk.fi).

Kiitämme Teitä jo etukäteen yhteistyöstä!

Ystävällisin terveisin

tutkija Olli Holmgren

Ilmainen mittaus: Täytetyn lomakkeen palauttaneiden kesken arvotaan 200 maksutonta radonmittausta (yksi mittari/vastaaja). Mittarit lähetetään marraskuussa 2012.

1. haluan osallistua maksuttoman mittauksen arvontaan.

Halutessanne lomakkeen täyttäjän puhelinnumero: \_\_\_\_\_

Lomakkeen täyttäjää, jos muu kuin vastaanottaja: \_\_\_\_\_

## A. RAKENNUKSEN PERUSTUS JA SIJAINTI

Rakennuksen lattialaatan liitoskohdat, sokkeli ja kantavat väliseinärakenteet ovat pahimpia radonin vuotoreittejä. Erityisesti rakennusmaa, täytemaa ja sijainti harjulla vaikuttavat radonpitoisuuteen.

### PERUSTIEDOT

Talotyyppi

1. omakotitalo                       3. rivitalo  
 2. paritalo                                       4. muu \_\_\_\_\_

Valmistumisvuosi \_\_\_\_\_.

Asuinpinta-ala \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>.

Kantavien seinärakenteiden pääasiallinen rakennusmateriaali (vain yksi rasti)

1. puu                       4. kevytbetoni  
 2. tiili                       5. en tiedä  
 3. betoni                       6. muu \_\_\_\_\_.

### PERUSTAMISTAPA

1. sokkeli ja maanvarainen laatta  
 2. reunavahvistetta laatta / kantava alapohja  
 3. ryömintätilainen perustus  
 4. muu \_\_\_\_\_  
 5. en tiedä.

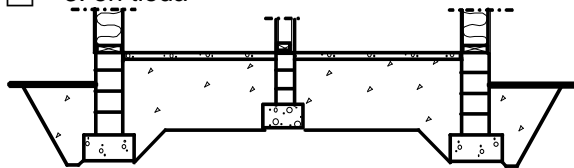
### KANTAVAT VÄLISEINÄT

Rakennuksessa

1. on omalle anturalle perustettuja kantavia väliseinärakenteita (esim. kuva 1).

Väliseinän sokkeli on tehty

- 1.1. kevytsoraharkoista  
 1.2. valubetonista  
 2. ei ole kantavia väliseiniä  
 3. en tiedä



Kuva1. Maanvarainen laatta ja väliseinän kantava perustus.

### PIENTALOTYYPPI

Valitkaa taloanne parhaiten kuvaava vaihtoehto.



### SOKKELI

Rakennuksen sokkeli on tehty

1. kevytsoraharkoista  
 2. valubetonista  
 3. betonielementeistä  
 4. muusta: \_\_\_\_\_  
 5. en tiedä.

Harkkosokkeli on pintakäsitelty betonitasoitteella

1. sisäpuolelta                       3. ei ole pintakäsitelty  
 2. ulkopuolelta                       4. en tiedä.

### TALON SIJAINTI

1. sora- tai hiekkamäen (esim. harjun) laella  
 2. sora- tai hiekkamäen rinteellä  
 3. moreenimäen laella tai rinteellä  
 4. kalliolla  
 5. muunlaisella paikalla.

Lyhyt kuvaus rakennuksen sijaintipaikasta (esim. savipelto, hiekkakangasmetsikkö, moreenirinne metsän reunassa):

**MAANPINTATASON ALAPUOLISET TILAT**

Onko talossa tiloja, jotka ovat kokonaan tai osittain maanpintatason alapuolella (kellari- ja rinitalot)?

1. ei  
 2. kellarikuoppa (käynti luukun kautta)  
 3. tiloja, joissa ei oleskella (esim. kellari, varasto)  
 4. tiloja, joissa oleskellaan jonkun verran (esim. saunatilat, kodinhoitohuone)  
 5. tiloja, joissa oleskellaan paljon (esim. olohuone, keittiö)  
 5. makuuhuone, makuuhuoneeksi sopiva tila.

Kellarin pinta-ala on \_\_\_ m<sup>2</sup> ja korkeus \_\_\_ m.

Ensimmäisen asuinkerroksen (kellarin yläpuolisen kerroksen) pinta-ala on yhteensä \_\_\_ m<sup>2</sup>.

Kulkuyhteys kellariin tai alimpaan kerrokseen:

1. avoin portaikko  
 2. portaat ja ovi. Onko ovesta tiivisteet?  
 2.a. kyllä  2.b. ei.  
 3. vain ulkokautta.

Maanvastaiset seinät on rakennettu

1. kevytsoraharkoista  
 2. valubetonista  
 3. muusta \_\_\_\_\_  
 4. en tiedä.

Kellarin katon kantava materiaali

1. betoni  2. puu  
 3. muu \_\_\_\_\_  
 4. en tiedä.

Alimman kerroksen tai kellarin lattiamateriaali

1. betoni  2. maa tai kallio  
 3. muu \_\_\_\_\_.

**RAKENNUSMAA**

Lattialaatan alla oleva täytemaa on

1. sepeli tai pesty singeli  
 2. karkeata soraa (raekoko enimm. yli 2 cm)  
 3. soraa (raekoko enimmäkseen yli 2 mm)  
 4. hiekkaa (raekoko enimm. alle 2 mm)  
 5. soran ja hiekan sekoitus  
 6. muunlaista \_\_\_\_\_  
 7. en tiedä.

Rakennuksen perustuksen ja täytemaan alla on

1. kallio  2. savea  
 3. silttiä (lajittunutta erittäin hienoa ja tiivistä maata, rakeet alle 0,1 mm)  
 4. hiekkaa (rakeet enimmäkseen alle 2 mm, mutta vielä silmin havaittavissa)  
 5. soraa (rakeet enimmäkseen yli 2 mm)  
 6. moreenia (lajittumaton sekoitus soraa, hiekkaa ja savea, kivet kulmikkaita)  
 7. muuta \_\_\_\_\_  
 8. en tiedä.

**RAKENNUSVAIHEEN RADONTORJUNTA**

Tiivistämistoimet maanvastaisissa rakenteissa

1. ei  2. en tiedä  
 3. sokkeli-lattialaatta-liitoksen tiivistäminen  
 3.a. kumibitumikermillä  
 3.b. elastisella saumausaineella  
 3.c. muulla \_\_\_\_\_  
 4. putkien ja läpivientien tiivistäminen alapohja- ja maanvastaisissa rakenteissa  
 5. maanvastaisten harkkoseiniä tiivistäminen  
 5.a. kumibitumikermillä  
 5.b. ohutrappaamalla  
 5.c. kosteudeneristys patolevyllä  
 6. harkkosokkelin sisäpuolen tiivistäminen ohutrappaamalla  
 7. muu \_\_\_\_\_.

Asennettiinko lattialaatan alle rakennusvaiheessa radonputkisto?

1. kyllä  2. ei  3. en tiedä.

## B. ASUNNON ILMANVAIHTO ENNEN KORJAUSTA

Mikä oli asuntonne ilmanvaihtotapa **ennen** radonkorjausta?

Valitkaa sopiva kohta ja vastatkaa vain sen kohdan kysymyksiin.

### 1. PAINOVOIMAINEN ILMANVAIHTO

Poistoventtiilien lukumäärä \_\_\_\_ kpl (yleensä pesutiloissa ja keittiössä).

Talon ulkoseiniin tai ikkunoihin  
 1. on asennettu tuloilmaventtiilejä  
 \_\_\_\_\_ kpl

2. ei ole asennettu venttiilejä.

Venttiilien tuotenimi \_\_\_\_\_

ja koko \_\_\_\_ mm.

Mitattu alipaine (jos tiedossa) \_\_\_\_ Pascalia (Pa).

### 2. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO

Koneellinen poistoilmanvaihto on ollut käytössä

1. koko ajan

2. osan aikaa, \_\_\_\_\_ tuntia / vuorokausi.

Millä asennolla ilmanvaihtokone yleensä on?

\_\_\_\_\_ - Montako asentoa säätimessä on?

Talon ulkoseiniin tai ikkunoihin

1. on asennettu tuloilmaventtiilejä  
 \_\_\_\_\_ kpl

2. ei ole asennettu venttiilejä.

Venttiilien tuotenimi \_\_\_\_\_

ja koko \_\_\_\_ mm.

Mitattu alipaine (jos tiedossa) \_\_\_\_ Pascalia (Pa).

Mitattu kokonaispoistoilmamäärä \_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s)

Poistoilmanvaihtojärjestelmällä ilma poistetaan seuraavista huoneista: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3. KON. TULO- JA POISTOILMANVAIHTO

Koneellinen ilmanvaihto on ollut käytössä

1. koko ajan

2. osan aikaa, \_\_\_\_\_ tuntia / vuorokausi.

Millä asennolla ilmanvaihtokone yleensä on?

\_\_\_\_\_ - Montako asentoa säätimessä on?

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ilmamäärät

1. säädetty vastaamaan tehtyjä ilmanvaihtosuunnitelmia

2. säätöjä on muutettu. Miten? \_\_\_\_\_

3. en tiedä onko säädetty.

Säädön yhteydessä mitattu (jos tiedossa) kokonaispoistoilmamäärä \_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s) ja kokonaistuloilmamäärä \_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s).

Mitattu alipaine (jos tiedossa) \_\_\_\_ Pascalia (Pa).

Ilmanvaihtokoneen tuotenimi ja malli \_\_\_\_\_

Säännöllisesti suoritettut ilmanvaihdon huolto-

ja puhdistustoimenpiteet:

- suodattimien vaihto \_\_\_\_ kertaa vuodessa, mihin aikaan vuodesta? \_\_\_\_\_
- kanavien puhdistus viimeksi vuonna \_\_\_\_\_.

## C. RADONKORJAUKSEN TEKIJÄ, KULUT JA TIETOLÄHTEET

### Korjauksen tekijä ja kulut eriteltyinä

(myös samanaikaisesti suoritettavat korjaukset esim. korjaus 1: ilmanvaihtotekninen korjaus, korjaus 2: radonimuri), jatkakaa tarvittaessa lisätietoihin

#### Korjaus 1: \_\_\_\_\_

1. Työ suoritettu osaksi itse.  
 2. Työ suoritettu kokonaan itse.  
 3. Työ teetettiin yrityksellä.

Kokonaiskulut noin \_\_\_\_\_ €.

Tarvikkeiden (jos on tiedossa) hinta n. \_\_\_\_\_ €

Työpalkkiot (jos on tiedossa) noin \_\_\_\_\_ €

#### Korjaus 2: \_\_\_\_\_

1. Työ suoritettu osaksi itse.  
 2. Työ suoritettu kokonaan itse.  
 3. Työ teetettiin yrityksellä.

Kokonaiskulut noin \_\_\_\_\_ €.

Tarvikkeiden (jos on tiedossa) hinta n. \_\_\_\_\_ €

Työpalkkiot (jos on tiedossa) noin \_\_\_\_\_ €

#### Korjaus 3: \_\_\_\_\_

1. Työ suoritettu osaksi itse.  
 2. Työ suoritettu kokonaan itse.  
 3. Työ teetettiin yrityksellä.

Kokonaiskulut noin \_\_\_\_\_ €.

Tarvikkeiden (jos on tiedossa) hinta n. \_\_\_\_\_ €

Työpalkkiot (jos on tiedossa) noin \_\_\_\_\_ €

**Tietolähteet:** olen saanut tietoa korjausmenetelmistä seuraavista lähteistä:

1. kunnan rakennustarkastaja  
 2. kunnan terveysvalvontaviranomaiset  
 3. julkaisu, mikä \_\_\_\_\_  
 4. lehtiartikkeli  
 5. yliopistot ja korkeakoulut  
 6. ympäristöministeriön julkaisut  
 7. Säteilyturvakeskus  
 8. muualta \_\_\_\_\_

## D. YHTEENVETO KÄYTTÄMISTÄNNE KORJAUSMENETELMISTÄ

Merkitkää tähän käyttämäne radonkorjausmenetelmät ja **täyttäkää seuraavat sivut vain käyttämienne menetelmien osalta**. Laittakaa tarkemmat kuvaukset tarvittaessa lisätietoihin, esim. korjauksen vaikeudet, erikoispiirteet, haittavaikutukset. **Mikäli teillä ei ole tietoa kysytystä asiasta, pyydämme teitä ohittamaan sen kysymyksen.**

Käyttämäne radonkorjausmenetelmät:

1. radonimuri, imu lattialaatan alta tai salaojasta, (sivut 6 ja 7)  
 2. rakenteiden tiivistäminen (sivu 7)  
 3. radonkaivo, talon ulkopuolella (sivu 8)  
 4. ilmanvaihdon parantaminen asuintiloissa (sivu 9)  
 5. kellarin (ei asuttu) tuuletuksen tehostaminen (sivu 10)  
 6. ryömintätilan tuuletuksen tehostaminen (sivu 10)  
 7. porakaivoveden radonpoistolaitteisto tai porakaivoveden käytöstä luopuminen (sivu 11)  
 8. muu menetelmä (kuvaillkaa menetelmä lisätietoihin sivulle 11)

## E. RADONIMURI

Valitkaa käyttämäänne menetelmä ja vastatkaa vain sen kohdan kysymyksiin ja lisäksi sivun 7 kysymyksiin.

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.

**1. Radonputkistoon on kytketty imuri**

Talon rakennusvaiheessa lattialaatan alle asennettiin imuputkisto ja imuputkisto on nyt aktivoitu radonpitoisuuden alentamiseksi.

**2. Poistokanava asennettu laatan läpi**

Imukuoppien lukumäärä \_\_\_\_\_ kpl.  
Imukuopan halkaisija \_\_\_\_\_ cm ja syvyys \_\_\_\_\_ cm (kuva 2), tai tilavuus \_\_\_\_\_ l.

Poistokanavaan (halkaisija \_\_\_\_\_ cm)

1. on asennettu puhallin  
 2. ei ole asennettu puhallinta vaan se toimii painovoimaisesti.

Poistokanavaan asennettu puhallin on sijoitettu

1. vesikaton yläpuolelle  
 2. vesikaton alapuolelle yläpohjaan/ullakolle  
 3. rakennuksen ulkoseinälle  
 4. muualle \_\_\_\_\_.

**3. Poistokanava asennettu sokkelin läpi**

Imupisteiden lukumäärä \_\_\_\_\_ kpl.

Laatan alle (kuva 3)

1. on kaivettu onkalo sokkelin lähelle  
 2. on kaivettu tunneli, pituus \_\_\_\_\_ m,  
 3. on asennettu imuputki, halkaisija \_\_\_\_\_ cm, pituus \_\_\_\_\_ m,

Puhallin on asennettu

1. suoraan sokkeliin tehtyyn aukkoon  
 2. koteloon sokkelin ulkopuolelle

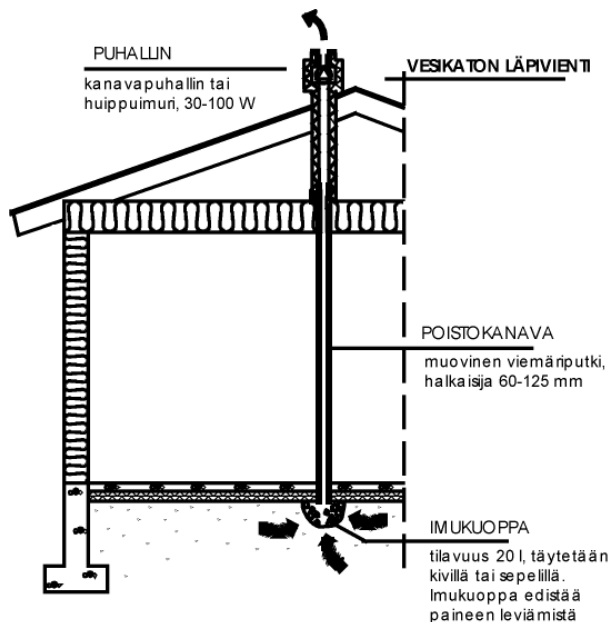
**4. Salaojan kytketty radonimuri**

Millä syvyydellä salaoja on siinä kohdassa johon imuri on liitetty? \_\_\_\_\_ m

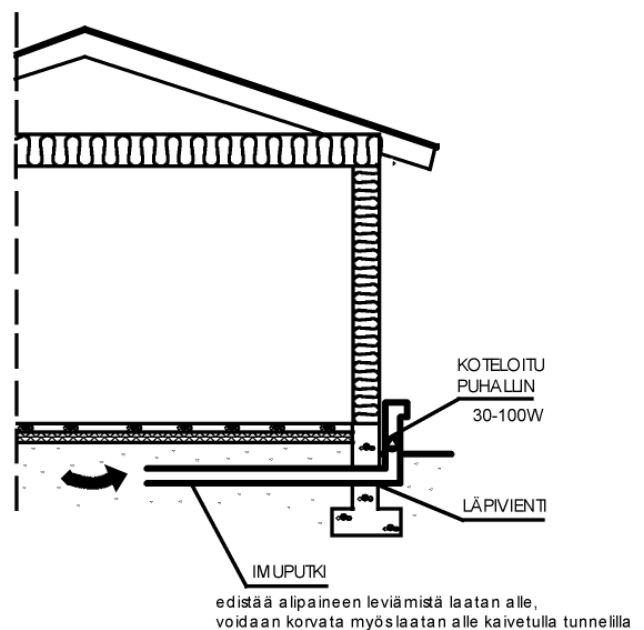
Rinnetalot: salaojan syvyys talon toisella puolella kuin imuri: \_\_\_\_\_ m.

Täyttömaa salaojan päällä ja sokkelin vieressä:

1. kalliomurskettä  4. hiekkaa  
 2. sepeliä  5. en tiedä  
 3. soraa  6. muu  
\_\_\_\_\_.



Kuva 2. Lattian läpi toteutetun radonimurin rakenne.



Kuva 3. Sokkelin läpi toteutetun radonimurin rakenne.

Vastatkaa lisäksi seuraaviin kysymyksiin, jotka ovat yhteisiä kaikille radonimureille.

Imukuopasta poistettu maa-aines oli

1. soraa (raekoko enimmäkseen yli 2 mm)  
 2. hiekkaa (raekoko enimmäkseen alle 2 mm)  
 3. soran ja hiekan sekoitus  
 4. muunlaista \_\_\_\_\_.

Puhaltimen merkki ja malli \_\_\_\_\_  
 ja nimellisteho \_\_\_\_\_ W.

Puhaltimen tyyppi

1. huippuimuri  3. muu  
 2. kanavapuhallin  en tiedä.

Puhaltimen imutehoa

1. voidaan säätää. Puhaltimen kytkin on ollut asennossa \_\_\_\_\_, asentoja on kaikkiaan \_\_\_\_\_.  
 2. ei voi säätää  3. en tiedä.

Onko imuriin koskaan kertynyt haitallisen paljon jäätä?  1. kyllä  2. ei  3. en tiedä.

Asuntojen radonkorjausoppaassa (STUK-A252 s.47) on neuvottu yksinkertainen menetelmä ilmapirran mittaamiseksi (150 litran jätessäkki ja sekuntikello).

Poistoilmavirtaus

1. on mitattu. Tulokseksi on saatu \_\_\_\_\_ l/s.  
 Käytetty mittausmenetelmä \_\_\_\_\_.

2. ei ole mitattu  3. en tiedä.

Järjestelmässä

1. on painemittari. Mitattu alipaine: \_\_\_\_\_ Pa, mittauskohta \_\_\_\_\_.  
 2. muu järjestelmä, jolla voidaan seurata radonimurin toimintaa, mikä?  
 \_\_\_\_\_.

Imuputken läpivienti laattassa tai sokkelissa

1. on tiivistetty. Käytetty tiivistämateriaali oli:  
 \_\_\_\_\_.  
 2. ei ole tiivistetty  3. en tiedä.

## F. RAKENTEIDEN TIIVISTÄMINEN

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.

Suoritettavat tiivistämistoimenpiteet

1. lattian ja sokkelin välisen raon tiivistäminen  
 2. lattian ja kantavien väliseinien raon tiiv.  
 3. takan ja lattialaatan sauman tiivistäminen  
 4. läpivientien tiivistäminen  
 5. maanvastaisten seinien seinäpintojen tiiv.  
 6. muu tiivistäminen \_\_\_\_\_.

Saumojen tiivistämisessä käytetty tiivistysaine:  
 \_\_\_\_\_.

Maanvaraisten seinien tiivistämisessä käytetty tiivistysaine:  
 \_\_\_\_\_.

Läpivientien tiivistämisessä käytetty tiivistysaine:  
 \_\_\_\_\_.

### LATTIALAATAN JA SEINÄN VÄLINEN RAKO

Rako on puhdistettu ennen tiivistämistä

1. avartamalla  3. imuroimalla  
 2. harjaamalla  4. ei ole.

Tiivistystyö tehtiin

1. huolella  2. nopeasti.

Mitä materiaalia vasten raon tiivistysaine laitettiin?

1. betoni  4. lastulevy  
 2. harkko  5. kipsilevy  
 3. puu  6. muu  
 \_\_\_\_\_.

### LÄPIVIENTIEN TIIVISTÄMINEN

Tiivistäminen tehtiin suojauputkien

1. sisäpuolelta  2. ulkopuolelta.  
 Suojauputkien halkaisijat \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ mm  
 ja niiden lukumäärät \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.  
 Aukkojen pinta-ala yhteensä: \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>.



## G. RADONKAIVO

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.  
Kaivon etäisyys talosta on \_\_\_ m ja kaivon syvyys on \_\_\_ m.

Kaivoputken halkaisija on \_\_\_\_\_ mm.

Poistoputken halkaisija on \_\_\_\_\_ mm.

Perustuksen anturoiden syvyys verrattuna maanpinnan tasoon kaivon kohdalla on \_\_\_ m.

Kaivon pohja on sepelillä tai kivillä täytetty, kerroksen paksuus on \_\_\_ m (kuvasa 4 kerroksen paksuus on yksi metri).

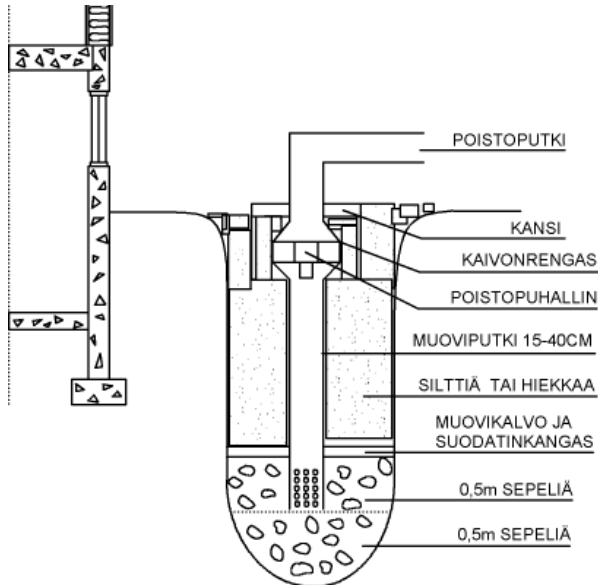
Onko kaivon imua suunnattu putkella talon perustusten alle?

1. kyllä  2. ei  3. en tiedä.

Onko kaivo toteutettu porakaivotekniikalla?

1. kyllä  2. ei  3. en tiedä.

Porakaivoputken halkaisija on \_\_\_\_\_ mm ja pituus \_\_\_ m, putken pää on \_\_\_ m syvyydellä.



Kuva 4. Radonkaivon rakenne.

Kaivolla on yritetty alentaa radonpitoisuutta

1. vain yhdessä asunnossa  
 2. useammassa asunnossa: \_\_\_\_\_ kpl  
 3. en tiedä.

Jos talo sijaitsee rinteellä, radonkaivo sijaitsee

1. rinteellä talon yläpuolella  
 2. rinteellä talon alapuolella  
 3. rinteellä talon päädyssä  
 4. en tiedä.

Kaivon on asentanut

1. asukas itse  
 2. ulkopuolinen urakoitsija, kuka:

\_\_\_\_\_

3. muu, kuka \_\_\_\_\_.

Puhaltimen/kaivopakettin tuotenimi ja malli \_\_\_\_\_ ja puhaltimen nimellisteho \_\_\_\_\_ W.

Puhaltimen imutehoa

1. voidaan säätää  
 2. ei voi säätää  
 3. en tiedä.

Puhaltimen kytkin on ollut asennossa \_\_\_\_\_, asentoja on kaikkiaan \_\_\_\_\_.

Poistoilmavirtaus

1. on mitattu. Tulos \_\_\_\_\_ l/s.

Käytetty mittausmenetelmä \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ei ole mitattu.

3. en tiedä.

Maalaji, joka nostettiin kaivannosta, oli

1. karkeata soraa (raekoko enimm. yli 2 cm)  
 2. soraa (raekoko enimmäkseen yli 2 mm)  
 3. hiekkaa (raekoko enimmäkseen alle 2 mm)  
 4. soran ja hiekan sekoitus  
 5. muunlaista \_\_\_\_\_  
 6. en tiedä.

## H. ILMANVAIHTOTEKNISET KORJAUKSET ASUINTILOISSA

Ilmanvaihdon parantamisen tai käytön tehostamisen ajankohta (esim. 7/ 2008): \_\_\_\_\_  
Mitattu alipaine korjauksen jälkeen (jos tiedossa) \_\_\_\_\_ Pa.

Jos olette tehneet ilmanvaihtoon liittyviä korjauksia asunnossanne, valitkaa seuraavista kohdista talonne ilmanvaihtotapa ja vastatkaa vain sen kohdan kysymyksiin.

### **1. PAINOVOIMAISEN ILMANVAIHDON TEHOSTAMINEN**

1. lisäämällä tuloilmaventtiilejä asunnon ulkoseiniin \_\_\_\_\_ kpl, tai ikkunaan \_\_\_\_\_ kpl.
2. poistamalla \_\_\_\_\_ kpl ikkunoista ikkunakarmin ja yläpuitteen välistä tiivistettä \_\_\_\_\_ cm:n matkalta
3. aukaisemalla painovoimaisia poistoilma-venttiilejä suurempaan asentoon
4. asentamalla lisää poistoventtiilejä (kanavat viety vesikaton yläpuolelle) \_\_\_\_\_ kpl.
- Venttiilien tuotenimi \_\_\_\_\_  
ja koko \_\_\_\_\_ mm.

### **2. KONEELLINEN POISTOILMANVAIHTO**

1. Uuden poistoilmanvaihtolaitteen asennus
2. Kon. poistoilmanvaihdon tehostaminen
- Korjauksen jälkeen ilmanvaihto on ollut käytössä
1. \_\_\_\_\_ koko \_\_\_\_\_ ajan
2. osan aikaa, \_\_\_\_\_ tuntia / vuorokausi.
- Millä asennolla ilmanvaihtokone yleensä on?  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_ - Montako asentoa säätimessä on?  
\_\_\_\_\_

Talon ulkoseiniin tai ikkunoihin

1. on asennettu radonkorjauksen yhteydessä lisää tuloilmaventtiilejä \_\_\_\_\_ kpl.
2. ei ole asennettu venttiilejä
- Mitattu kokonaispoistoilmamäärä \_\_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s).
- Venttiilien tuotenimi \_\_\_\_\_  
ja koko \_\_\_\_\_ mm.

### **3. KONEELLISEN TULO- JA POISTOILMANVAIHTOLAITTEEN**

1. Uuden tulo- ja poistoilmanvaihtolaitteen asennus
2. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon tehostaminen tai säätö
- Korjauksen jälkeen ilmanvaihto on ollut käytössä
1. \_\_\_\_\_ koko \_\_\_\_\_ ajan
2. osan aikaa, \_\_\_\_\_ tuntia / vuorokausi.
- Millä asennolla ilmanvaihtokone yleensä on?  
\_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_ - Montako asentoa säätimessä on?  
\_\_\_\_\_

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ilmamäärät

1. on säädetty vastaamaan ilmanvaihtosuunnitelmia
2. säätöjä on muutettu. Miten? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
3. en tiedä onko säädetty.
- Säätö suoritettiin
1. IV-koneen asentamisen yhteydessä
2. radonkorjauksena
3. ilmanvaihtokanavien puhdistamisen yhteydessä
- Säädön jälkeen mitattu (jos tiedossa) kokonaispoistoilmamäärä oli \_\_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s) ja kokonaistuloilmamäärä \_\_\_\_\_ dm<sup>3</sup>/s (=l/s).
- Ilmanvaihtokoneen tuotenimi ja malli \_\_\_\_\_.

Säännöllisesti suoritettujen ilmanvaihdon huolto- ja puhdistustoimenpiteet korjauksen jälkeen:

- suodattimien vaihto \_\_\_\_\_ kertaa vuodessa

- kanavien puhdistus viimeksi vuonna \_\_\_\_\_.

## I. KELLARIN ILMANVAIHDON TEHOSTAMINEN

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.

Korjaus suoritettiin :

1. asentamalla tuuletusaukkoja, \_\_\_\_\_ kpl.  
 2. aukaisemalla olemassa olevia tuuletusaukkoja, \_\_\_\_\_ kpl.  
 3. asentamalla katolle johdettu ilmanvaihtokanava  
 4. ottamalla käyttöön kellarin tuuletushormi  
 5. asentamalla puhallin ja ilmanvaihtokanava

6. liittämällä kellari asunnon poistoilma-kanavistoon  
 7. tiivistämällä lisäksi kellarin ovi  
 8. tiivistämällä lisäksi kellarin katossa, seinissä ja/tai lattiassa olevat läpiviennit  
 9. muulla tavoin, miten? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_.

## J. RYÖMINTÄTILAN TUULETUKSEN TEHOSTAMINEN

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.

Ryömintätilan pinta-ala \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> ja

korkeus \_\_\_\_\_ m.

Ensimmäisen asuinkerroksen pinta-ala \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>.

Kulkuyhteys ryömintätilaan:

1. ulkokautta  3. ei kulkua  
 2. asunnosta  4. en tiedä.

Alapohjan kantava materiaali

1. betoni  2. puu  4. en tiedä.  
 3. muu \_\_\_\_\_.

Onko ryömintätilassa ilman kuivauskone?

1. kyllä  2. ei  3. en tiedä.

Ryömintätilan tuuletus ennen korjausta

1. painovoimainen  
 2. koneellinen  
 3. poistoputken pää katolla  
 4. en tiedä.

Korjaus suoritettiin:

1. lisäämällä tuuletusaukkoja ryömintätilan seinämään, \_\_\_\_\_ kpl, koko \_\_\_\_\_.  
 2. aukaisemalla olemassa olevia tuuletusaukkoja, \_\_\_\_\_ kpl, koko \_\_\_\_\_.  
 3. asentamalla puhallin ja tuloilma-aukkoja ryömintätilaan. Puhallin (nimellisteho \_\_\_\_\_ W) asennettiin:  3.1. sokkelin seinämään  3.2. katolle vievään putkeen.  
 4. tehostamalla ryömintätilan koneellista poistoilmanvaihtoa  
 5. asentamalla katolle vievä putki ilman puhallinta  
 6. ryömintätila liitetty asunnon ilmanvaihtoon  
 7. muulla tavalla, miten? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_.

## K. PORAKAIVOVESI

---

Korjauksen ajankohta (esim. 7/2008): \_\_\_\_\_.

Porakaivovedestä on mitattu radonpitoisuus:

- ennen korjausta \_\_\_\_\_ Bq/l
- korjaukset jälkeen \_\_\_\_\_ Bq/l.

- 1. ilmastamalla
- 2. aktiivihiihisuodattimella
- 3. muulla tavalla \_\_\_\_\_.

Porakaivoveden käyttö on lopetettu vuonna \_\_\_\_\_.

Porakaivovedestä on poistettu radonia

## L. LISÄTIETOJA

---

Korjauksen erikoispiirteet, vaikeudet, haittavaikutukset jne. Piirtäkää tähän myös kuvia (mittasuhteet toisarvoisia) tai liittäkää mukaan kopio pohjapiirustuksesta tai korjaussuunnitelmasta, josta käy ilmi esimerkiksi:

- tiivistettyjen seinien ja lattialaatan saumojen kohdat

- radonpurkkien sijainnit mittausten aikana

- huoneiden käyttötarkoitus

- Ilmanvaihtotekniset toimenpiteet:

- asunnon aikaisempien sekä korjauksen

yhteydessä

- lisättyjen tulo- ja poistoilmanvaihtoventtiilien

sijainnit

- ikkunat ja ovet, joista on ilmanvaihdon parantamiseksi poistettu tiivisteitä
- puhaltimien sijainnit

- radonkaivon sijainti taloon nähden

- radonimuri:

- imupisteiden lukumäärä

- imupisteiden sijainnit lattialaatan alla

- mahdollisen puhaltimen (imurin) sijainti

- lattialaatan alla kaivettu kuoppa tai onkalo

- poistokanava

- tummennetulla viivalla kantavat perusrakenteet (eli ne seinät jotka ulottuvat syvemmälle kuin lattialaatta) ja ohuesti muut väliseinät

Kiitos vastaamisesta!

