



OMATOIMINEN RADONKORJAAMINEN

Ville Vesterinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kiinteistönpitotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kiinteistönpidon suuntautumisvaihtoehto

VESTERINEN, VILLE: Omatoiminen radonkorjaaminen

Opinnäytetyön valvoja: lehtori, diplomi-insinööri Pekka Väisälä
Opinnäytetyö: 58 s. liitteet 5 s.
Toukokuu 2011

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli 2010 kevättalvella mitattu radonpitoisuus eräässä 1999 valmistuneessa omakotitalossa. Mittauksesta laskettu vuosikeskiarvo oli 240 Bq/m^3 . Arvo ei ylitä rakennusta koskevaa 400 Bq/m^3 enimmäisarvoa. Säteilyturvakeskus suositteli harkitsemaan kevyitä korjaustoimenpiteitä, koska huoneilman tavoitepitoisuus 200 Bq/m^3 ylittyi.

Työn tavoitteena oli löytää kohteessa omatoimisesti toteutettavia toimenpiteitä radonpitoisuuden alentamiseksi. Toimenpiteistä haluttiin järkeviä, yksinkertaisia ja mahdollisimman edullisia. Työssä tutustuttiin suomalaiseen radonongelmaan ja erityisesti korjausmenetelmiin olemassa olevissa rakennuksissa. Säteilyturvakeskus on julkaissut suurimman osan materiaalista, joka ohjaa näitä toimia. Tämän materiaalin lisäksi perehdyttiin lyhyesti radonia koskeviin lakeihin, radonin ominaisuuksiin ja haittavaikutuksiin sekä yleiseen suhtautumiseen ihmisten keskuudessa. Kohteessa tehtiin mittauksia ja selvityksiä, joiden perusteella laadittiin korjausehdotus.

Suomalaisessa lainsäädännössä on asetettu asuntojen sisäilman radonpitoisuudelle tietyt enimmäisarvot. Vaikka arvot ylittäviä rakennuksia on runsaasti, korjauksia tekeviä yrityksiä löytyi niukasti. Radonin haittavaikutuksista oli saatavissa tutkimustietoa, joka kannusti korjaamaan tilanteen. Omatoimista korjausta tukivat Säteilyturvakeskuksen Asuntojen radonkorjaaminen -oppaan selkeät neuvot. Rakennukseen oli helppo tehdä kaikki tarvittavat selvitykset radonkorjausta ohjaavan oppaan perusteella. Näiden selvitysten jälkeen oli hyvät valmiudet laatia korjausehdotus, jossa suositeltiin radonputkiston käyttöönottoa, vähäisiä tiivistystöitä sekä ilmanvaihdon säätöä ja puhdistusta.

Omatoimisten radonkorjausten eduiksi havaittiin edullisuus, sillä ammattikorjaajien vähäinen määrä pitää kilpailun puuttuessa hintatason korkeana. Toisaalta taidottomuus ja huolimattomuus voivat pilata oikeat ja hyvin suunnitellut toimenpiteet.

Asiasanat: radon, radonkorjaaminen, omakotitalo, maanvarainen, harju

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Option of Facility Engineering

VESTERINEN, VILLE: Do-It-Yourself Improvements to Lower the Indoor Radon Level

Bachelor's thesis 58 pages, appendices 5 pages
May 2011

Starting point for this thesis was radon survey result in a detached house that was built in 1998-1999. The annual average of the indoor radon level was 240 Bq/m³ and STUK – Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority recommended some easy operations to mitigate that level.

The purpose was to find some ways to lower the indoor radon level by do-it-yourself. It was wanted that the improvements should be logical, simple and profitable. The seriousness of the Finnish radon problem and ways to mitigate the indoor radon level in existing houses, were the most important tasks to make clear. STUK has published most of the material to advice people in these matters. It was also essential to get to know Finnish regulations, radon property, harmful effects and attitude to radon among the Finnish people. There were made some measurements and surveys in the house, which are the base for the proposal for action.

There are certain indoor radon levels, which are given in the Finnish law. Although the level is higher in many houses in Finland, there were only few contractors to make improvements. There were many researches that showed the harmful effects of radon and that made the improvements reasonable. STUK has published a manual Asuntojen radonkorjaaminen that represents the methods for the do-it-yourself improvements. The manual gives simple and clear examples. It was easy to do the measurements and survey based on the manual.

Advantage of the do-it-yourself reparation was lower price, because of the small amount of the professionals and poor price competition. On the other hand unskilled and careless worker could spoil well planned reparation.

Keywords: radon, radon mitigation, indoor radon level, detached house

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 RADONIA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	7
2.1 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus	7
2.2 Rakentamiseen liittyvät määräykset ja ohjeet.....	7
3 RADONIN TORJUNNAN SYYT	8
3.1 Radonin esiintyminen Suomessa	8
3.2 Radonin synty ja ominaisuudet.....	10
3.3 Terveyshaitat.....	10
4 KIINNOSTUS RADONISTA	12
4.1 Säteilyturvakeskuksen tekemä tutkimustyö.....	12
4.2 Asukkaiden suhtautuminen radoniin.....	12
5 RADONKORJAAMISEN OHJEISTUS	14
5.1 Säteilyturvakeskuksen radonkorjausoppaat	14
5.2 Lyhyt katsaus oppaisiin	14
5.3 Tutkimusaineisto raportin taustalla	15
5.4 Muutoksia	15
6 RADONIN TORJUNNAN PERIAATTEET	16
6.1 Osion sisältö työn tavoitteen kannalta	16
6.2 Radonin pääsy sisäilmaan.....	16
6.3 Määräykset ja ohjeet	18
6.4 Ilmanvaihto	18
6.5 Alipaineisuus	18
6.6 Menetelmien tehokkuus.....	19
6.7 Asunnon tutkiminen	19
6.7.1 Radonmittaus.....	20
6.7.2 Rakennusmaa ja perustus	20
6.7.3 Ilman vuotoreitit	21
6.7.4 Ilmanvaihdon tarkistaminen	21
7 KORJAUSTAVAT JA TEHOKKUUS	22
7.1 Osion sisältö työn tavoitteen kannalta	22
7.2 Radonimuri	22
7.2.1 Soveltuvuus ja toimintaperiaate	22
7.2.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja	24
7.2.3 Radonimurilla saavutetut tulokset	25
7.3 Radonkaivo	26

7.4 Rakenteiden tiivistäminen.....	26
7.4.1 Periaate	26
7.4.2 Tulokset	27
7.5 Ilmanvaihto	27
7.5.1 Toteutus.....	28
7.5.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	28
7.5.3 Tulokset	28
7.6 Menetelmillä saavutettujen tulosten vertailu	29
8 RADONKORJAUKSIA TEKEVÄT URAKOITSIJAT	31
8.1 Urajoitsijoista pulaa	31
8.2 Korjaustoimenpiteiden hinta	31
9 RADONKORJAUSSELVITYS ESIMERKKIKOhteESSA.....	33
9.1 Perustietoja kohteesta	33
10 KOhteEN RISKIANALYYSI.....	35
10.1 Periaate	35
10.2 Rakennuksen sijainti ja maaperän ominaisuudet	35
10.3 Rakenteellinen toteutus ja radonin mahdolliset tuloreitit.....	39
10.4 Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä	43
10.5 Juomaveden radon.....	43
10.6 Rakenteet radonin torjumiseksi	44
11 TUTKIMUKSET JA HAVAINNOT KOhteESSA.....	45
11.1 Läpiviennit	45
11.2 Radonputkisto	47
11.3 Painesuhdemittaus ja ilmanvaihdon toteutus	49
12 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	51
12.1 Toimenpidesuosituksset korjausoppaan mukaan.....	51
12.2 Säteilyturvakeskuksen tutkijan haastattelu	51
12.3 Toimenpide-ehdotukset kohteessa.....	53
12.4 Kustannusarvio.....	53
12.5 Jälkiseuranta	54
13 OMATOIMISEN RADONKORJAUKSEN HYÖDYT JA HAITAT.....	55
13.1 Pohdintaa	55
13.2 Omatoimikorjauksen puolesta	55
13.3 Omatoimikorjausta vastaan	55
14 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	56
LÄHTEET	57
LIITTEET	58

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan suomalaista radonkorjaamista opastavaan materiaaliin. Ensiksi selvitetään yleiset radonia koskevat lait, määräykset ja ohjeet sekä niiden pohjana oleva tutkimustieto radonin haitoista. Etsitään erityisesti keinoja radonongelman poistamiseksi, kun torjuntaa ei ole tehty rakentamiskäytännössä tai se on puutteellista. Teoriapohjaista selvitystä seuraa osuus, jossa tehdään radonkorjausselvitys vuonna 1999 valmistuneeseen omakotitaloon. Selvityksen pohjalta laaditaan korjausehdotus, jonka toteuttamista ei käsitellä tässä työssä. Tämän työn päällimmäisenä tavoitteena on selvittää keinoja omakotitalojen korjausten toteuttamiseksi erityisesti maanvaraisesti perustetuissa kellarittomissa omakotitaloissa. Korjaustoimenpiteiden suunnittelussa pyritään yksinkertaisuuteen, edullisuuteen ja tietysti tehokkuuteen. Työssä käytettävä opastava kirjallisuus on suurimmaksi osaksi Säteilyturvakeskuksen julkaisemaa.

Yhteiskunnalliset asetukset, määräykset ja ohjeet ovat koskeneet jokaista suomalaista rakentajaa jo useiden vuosien ajan. Niiden täytäntöönpano on ollut vaihtelevaa, koska suhtautuminen näihin rajoituksiin jakaa asukkaita ymmärrettävästi. Kuntien rakennusvalvonnat ovat myös suhtautuneet radonin torjumiin vaihtelevasti, mutta 2000-luvulla niiden vastuuta on korostettu ja se näkyykin jo uusien talojen sisäilman radonpitoisuuksissa. On erittäin olennaista perehtyä Suomen radonongelmaan ja erityisesti syihin, joiden vuoksi se on olemassa olevassa rakennuskannassa. Suoritettavilla tutkimuksilla, laadittavilla suunnitelmillä ja käytännön korjaustoimilla täytyy siis olla oikea motiivi ja järkeenkäypä syy.

Työhön on poimittu joitakin lainauksia ja ajatuksia artikkeleista vuosilta 2009 ja 2010, jotka kertovat millä tavalla ja tasolla radonista keskustellaan tällä hetkellä. Jotkut otteet ja lainaukset keskustelupalstoilta tai kyselyistä antavat jonkinlaisen kuvan asukkaiden suhtautumisesta sekä radontietämyksestä. Voidaan kuitenkin todeta, että tällaiset keskustelufoorumit kokoavat yleensä negatiiviseen sävyyn kirjoittelevia ihmisiä, joiden perustelujen vakuuttavuus ei ole viranomaisastaoa.

2 RADONIA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

2.1 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus

Vanhin voimassa oleva määräys asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista on Sosiaali- ja terveysministeriön 21.10.1992 antama päätös. Päätös perustuu 27.3.1991 annettuun säteilylakiin. Päätökseen sisältyy muun muassa seuraavia mainintoja:

Tämä päätös koskee asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoja. Päätöksen tarkoitus on estää ja rajoittaa huoneilman radonista aiheutuvia terveydellisiä haittavaikutuksia. 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. Radonpitoisuus määritetään säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä.
(Sosiaali- ja terveysministeriö 1992.)

Sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut muutakin ohjaavaa materiaalia. Muun muassa vuonna 2003 on julkaistu Asumisterveysohje sekä vuonna 2009 Asumisterveysoppaasta uusittu 3. painos, joka on laadittu opastamaan Asumisterveysohjeen soveltamista.

2.2 Rakentamiseen liittyvät määräykset ja ohjeet

Ympäristöministeriö on julkaissut Suomen rakentamismääräyskokoelmia, joissa on radonia koskevia uudisrakentamisen määräyksiä ja ohjeita. Kokoelman osassa D2 käsitellään rakennuksen sisäilmaa ja ilmanvaihtoa. Osassa B3 käsitellään pohjarakenteita. Myös Rakennustieto Oy on julkaissut radonin torjuntaan liittyvän ohjekortin (RT 81–10791), jossa ohjeistetaan uudisrakentamisen torjuntakeinoissa. Olemassa olevan rakennuksen radonongelma vaatii erilaista lähestymistapaa, sillä nämä määräykset ja ohjeet on usein jätetty huomioimatta.

3 RADONIN TORJUNNAN SYYT

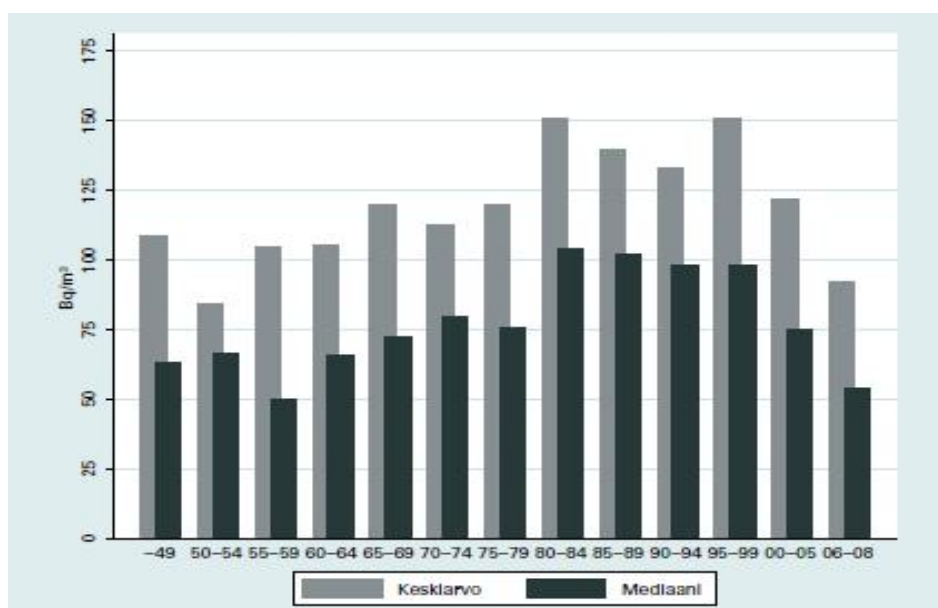
3.1 Radonin esiintyminen Suomessa

Kirjassa Säteily ympäristössä (Weltner ym. 2003) todetaan, että Suomen olosuhteet ovat ilmastoon, maaperän ja rakentamistavan johdosta hyvin otolliset radonin esiintymiselle. Kirjan mukaan syitä korkeisiin radonpitoisuuksiin ovat

- kylmä ilmasto
- rakennusten perustamistapa sekä tiiveys
- tavallista enemmän uraania sisältävä maaperä
- hyvin ilmaa läpäisevä rakennusmaa.

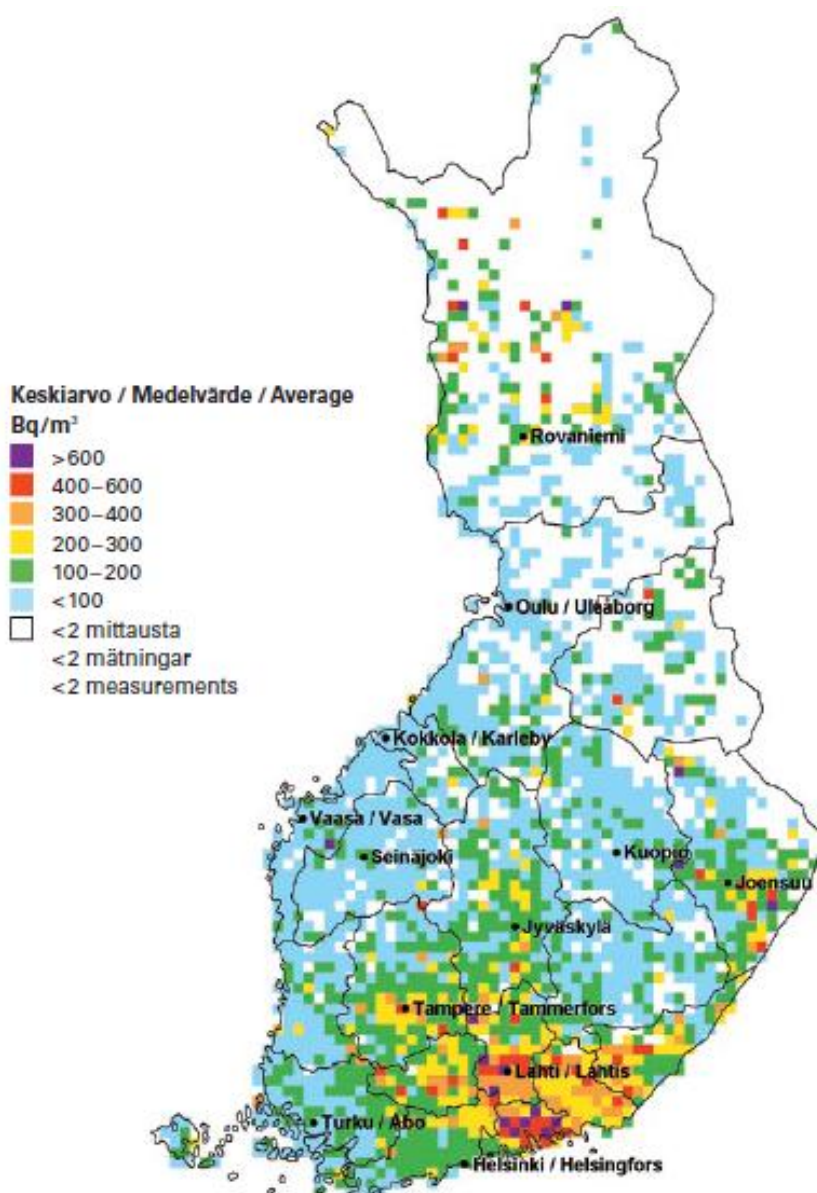
(Weltner ym. 2003, 112.)

Suomalaisen pientalon rakennetekniset ratkaisut ovat muuttuneet vuosien saatossa ja se on vaikuttanut radonpitoisuuksiin (kuvio 1). Monet rakenteelliset uudistukset kasvattivat lukemia 1980-luvun rakennuksista alkaen. Uusimmat ratkaisut, muun muassa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä toimiva radon-torjunta, ovat pienentäneet lukemia 2000-luvulla.



KUVIO 1. Suomalaisten pientalojen radonpitoisuuden vuosikeskiarvot valmistusvuoden mukaan (Arvela, Mäkeläinen, Holmgren & Reisbacka 2010)

Säteilyturvakeskus on julkaissut koko Suomen kattavia radonkarttoja jo vuodesta 1983 lähtien. Tarkkuus on olennaisesti parantunut, sillä kesään 2008 mennessä Säteilyturvakeskus on mitannut kaikkiaan 92 000 asuntoa. (Valmari, Mäkeläinen, Reisbacka & Arvela 2010.) Radonkartassa on eri värein kuvattu pientalojen radonpitoisuuden keskiarvoja Suomessa (kuvio 2). Se antaa hyvän yleiskuvan koko Suomen radontilanteesta. Kartasta voi havaita, että Suomen radonalteimmat alueet sijaitsevat Tampere-Lahti -linjan läheisyydessä ja suurimmat mitatut arvot ovat Kaakkois-Suomessa.



KUVIO 2. Radonpitoisuus pientaloasunnoissa (Valmari, Mäkeläinen, Reisbacka & Arvela 2010, 73)

3.2 Radonin synty ja ominaisuudet

Radon saattaa olla usealle tuttu kahtena kirjaimena (Rn) alkuaineiden jaksollisessa järjestelmässä, mutta on hyvä tietää, miten se saa alkunsa ja millainen aine se on. Kuten jo edellisen alaluvun luetelmassa todettiin, radonia esiintyy uraanipitoisessa maaperässä. Tähän liittyen radonista mainitaan edelleen kirjassa Säteily ympäristössä, että se on radioaktiivisten alkuaineiden, uraanin ja toriumin, hajoamissarjojen ainoa kaasu. Hajoamissarja päättyy stabiiliin eli pysyvään lyijyyn, joka ei tuota säteilyä. Radonin ja pysyvän lyijyn väliset pysymättömät alkuaineet lähettävät radonin tavoin vaarallista alfasäteilyä. Kaasumaisen olomuotonsa ansiosta radon voi siis kulkeutua maaperästä ilmaan. Radonista on monia eri isotooppeja, mutta pysyvää muotoa ei ole olemassa. Pitkäkestoisimman ²²²Rn-isotoopin puoliintumisaika on 3,8 vrk, ja siksi se on käytännössä ainoa muoto, jolle ihminen voi altistua. Noin puolet suomalaisten säteilyannoksesta, 2 millisievertiä, aiheutuu sisäilman radonista. (Weltner ym. 2003, 112.)

Koska radon on alkuaineena hajuton, mauton ja väritön kaasu, sen havaitsemiseen tarvitaan erikoisvälineistöä ja tutkimuksia. Koska radonia ei voi ihmisaisin havaita, ongelmaa on helppo väheksyä. Radonin torjuntaa voisi pikaisesti ajatellen myös väheksyä siksi, että maaperässä hajoavan uraanin täytyy joskus loppua, ja siten radonin esiintyminen lakkaa. Se ei kuitenkaan ole syy jättää radon torjumatta, koska rakennuksen elinkaari on hyvin minimaalinen verrattuna radonin lähtöaineena toimivan ²³⁸U-isotoopin 4,5 miljardin vuoden puoliintumisaikaan (Weltner ym. 2003, 120).

3.3 Terveyshaitat

Radon on siis radioaktiivinen kaasu ja sen on sisäilmaan päästessään todettu lisäävän riskiä sairastua keuhkosityöpään. On arvioitu, että suomalaisista noin 2 000 keuhkosityöpatapauksesta jopa 300 on radonin aiheuttamia. Ei ole kuitenkaan havaittu, että radonista aiheutuisi muita terveyshaittoja. Radoniin liittyvä syöpäriski ei kuitenkaan aiheudu pelkästään radonkaasusta vaan erityisesti sen lyhytikäisistä hajoamistuotteista. Radonkaasun osuus hengityselinten säteilyan-

noksesta onkin vain pari prosenttia. Merkittävimmän osuuden säteilystä aiheuttavat radonin kiinteät hajoamistuotteet, joita leijaillee radonpitoisessa ilmassa. Nämä alfasäteilyä lähettävät hiukkaset kulkeutuvat hengityselimiin, tarttuvat kudosten pinnalle ja aiheuttavat niille säteilyannoksen, joka lisää riskiä sairastua keuhkosityöpään. (Weltner ym. 2003, 115.)

Vuosina 2009 ja 2010 on mediassa ajoittain kirjoitettu radontutkimuksista ja julkaistu artikkeleita uusista terveysvaikutusselvityksistä. Tekniikka ja talous - lehden Internet-sivuilta löytyvässä uutiskomentissa viitataan johonkin Säteilyturvakeskuksen senaikaiseen uutisointiin ja mainitaan, että ”maasta nouseva radonkaasu on silti melkoinen tappaja: radonaltistus aiheuttaa noin 1 300 keuhkosityöpäkuolemaa Pohjoismaissa joka vuosi. Arviolta joka kymmenes keuhkosityöpä on radonin aiheuttama. Radon tappaa myös paljon pienemmillä pitoisuuksilla kuin mitä on aiemmin arvioitu. Uusien tutkimusten mukaan lähes kaksi kolmannesta radonaltistukseen kuolleista on altistunut alle 200 becquerelin pitoisuuksille.” (Törmänen, 2009.) Tupakointi on kuitenkin suurin keuhkosityöpärisäki, ja kirjassa Säteily ympäristössä mainitaankin, että tupakoitsijan riski sairastua vastaa tupakoimattoman ihmisen elinikäistä asumista 3 000–10 000 Bq/m³ radonpitoisuudessa (Weltner ym. 2003, 119).

Näiden tietojen perusteella radoniin ei tule suhtautua kevyesti. Virallinen tutkimustieto saa aina vastustajia, mutta harvoin heidän kommenttinsa ovat varteenotettavia. Usein niihin tutustuminen sen sijaan vahvistaa luottamusta viralliseen tietoon ja näkemykseen. Sen vuoksi työn seuraavaan osioon on poimittu muutamia radonongelmaa vähätteleviä kommentteja.

4 KIINNOSTUS RADONISTA

4.1 Säteilyturvakeskuksen tekemä tutkimustyö

Suomen valtio rahoittaa Sosiaali- ja terveysministeriön välityksellä Säteilyturvakeskuksen tekemää tutkimus- ja ohjeistustyötä. Säteilyturvakeskus on tämän ministeriön alainen riippumaton turvallisuusviranomainen. Vierailu säteilyturvakeskuksen Internet-sivuilla (www.stuk.fi) vahvistaa käsitystä siitä, että sieltä löytyy varmasti vastaus kaikkiin radonia koskeviin kysymyksiin. Radoniin liittyvä ilmainen tietopankki on niin laaja ja monipuolinen, että kenelläkään ei ole tarvetta tehdä kilpailevia tutkimuksia ja laatia vastaavaa määrää aineistoa. Tämä vakuuttava kirjasto ei kuitenkaan ole kaikkien tiedossa, sillä jokaisessa kyselyssä ja keskustelussa on useita radonongelman vähättelijöitä.

4.2 Asukkaiden suhtautuminen radoniin

Kuopion yliopiston tutkimuksessa, joka on tehty vuonna 2008 Säteilyturvakeskuksen Radontalkoot -projektin yhteydessä, on poimintoja ja laskelmia asukkaille tehdystä kyselystä. Kyselyn oli palauttanut 173 taloutta. Vastanneista 23 % ei aio ruveta korjaustoimenpiteisiin, vaikka neljänneksellä tästä ryhmästä mittausarvo ylitti sallitun 400 Bq/m^3 :n raja-arvon. Myönteisenä seikkana nähtiin, että 77 % vastaajista oli tehnyt tai aikoo tehdä arvon pudottamiseksi toimenpiteitä. Mitauksesta oli tosin 2 vuotta, eikä puolet tästä ryhmästä ollut tehnyt vielä mitään. Raportin liitteessä on suoria lainauksia kyselyyn vastanneiden ajatuksista asuntonsa radon-arvosta. Tähän yhteyteen on poimittu muutaman asukkaan kommentti, joista ilmenee myös asunnon radonpitoisuus. (Haapanen 2008, 32–38.)

- 2430 Bq/m^3 . ”Asennettu imupumput sadevesikaivoihin. Päijät-Hämeessä on tehty tutkimus, jonka mukaan radon ei lisää keuhkosityöpärisiä. Ainoastaan tupakointi aiheuttaa keuhkosityöpää.”

- 680 Bq/m³. ”Olemme asuneet kodissamme 31 vuotta ja aiomme asua edelleen.”
- 2500 Bq/m³. ”Rakensimme radonkaivon, lukema on nyt 111 Bq/m³. ”
- 310 Bq/m³. ”Tuuletan huoneita aiempaa enemmän pitämällä ovet ja ikkunat hetken auki.”
- 260 Bq/m³. ”Kun rakensimme vuonna 1987, ei asiasta paljoa puhuttu, nyt on vähän hankala pienin kustannuksin tehdä mitään. Hyvä, että asiasta puhutaan enemmän.”
- 660 Bq/m³. ”Radonputket asennettiin jo rakennusvaiheessa ja otettiin mittauksen jälkeen käyttöön sekä asennettiin imuri. Uusi lukema on alle 20 Bq/m³. ”

(Haapanen 2008, 46.)

Näiden kommenttien perusteella voidaan havaita, että osa vastanneista arvostaa hanketta ja pyrkii tekemään asialle jotain, mutta kaikkein jyrkimmät kieltäytymiset tulevat valitettavasti niiltä, joiden asunnossa mitattu arvo on suuri.

Yksi Iltalehden Internet-sivujen keskusteluista on otsikoitu ”Oletko huolissasi radonin terveysvaikutuksista?”. Keskustelun on aloittanut lehden toimitus, joka viittaa 27.11.2010 julkaistuun artikkeliin, jossa uutisoidaan radonin enimmäisarvon alentamisesta 200 Bq/m³:iin myös vanhoissa taloissa. Keskusteluun on kirjoitettu 3.12.2010 mennessä 81 viestiä. (Iltalehden Internet-sivut 2010.)

Suurin osa viesteistä on sävyiltään negatiivisia ja ivallisia päättäjiä kohtaan. Tällaiset keskustelualueet vääristävät kuvaa yleisestä suhtautumisesta asioita kohtaan, mutta auttavat ymmärtämään minkälaisia ajatuksia on välinpitämättömyyden taustalla. Yksi kirjoittajista viittaa vallanpitäjien haluun parantaa suomalaisten terveyttä ja mainitsee, että tulisi ennemmin keskittyä alkoholihaittoihin, kuin näennäisesti turhaan radonriskiin. Radonongelma nimetään myös valtion keinoksi pakottaa suomalaiset käyttämään rahaa. Useassa kommentissa mainitaan kuinka ihmiset ovat aina asuneet samoilla seuduilla ja syöpiä ei sairastettu. Syöpäriski liitetään tupakkaan ja lisäaineisiin. Tämä vastarinta ei ole edeltävän tutkimustiedon tapaan vakuuttavaa. (Iltalehden Internet-sivut 2010.)

5 RADONKORJAAMISEN OHJEISTUS

5.1 Säteilyturvakeskuksen radonkorjausoppaat

Kuten jo alaluvun 4.1 yhteydessä mainittiin, Säteilyturvakeskus tekee suuren osan suomalaisesta radoniin liittyvästä kirjallisuudesta sekä tutkinnasta ja onkin vuosien varrella valistanut viranomaisia, rakentajia ja yksityisiä talonmistajia radonin torjunnassa. Uusin säteilyturvakeskuksen julkaisu radonkorjauksista on vuodelta 2008 ja se on otsikoitu Asuntojen radonkorjaaminen (Arvela & Reisbacka 2008). Se korvaa edellisen vuonna 1995 julkaistun Asuntojen radonkorjauksen menetelmät -oppaan (Arvela 1995). Kummankin oppaan tavoitteeksi sanotaan, että se soveltuisi korjausyritysten käyttöön mutta myös omatoimisille korjaajille. Ne sisältävät perustietoa radonin esiintymisestä sekä havainnollisia kuvia radonin pääsemisestä rakennuksien sisäilmaan ja esimerkkitapauksia radonkorjauksista. (Arvela & Reisbacka 2008; Arvela 1995.) Tässä luvussa pureudutaan lyhyesti näihin korjausoppaisiin ja erityisesti tarkastellaan millaisiin tutkimuksiin ja taustatietoihin nämä oppaat perustuvat. Luvuissa 6 ja 7 keskitytään radonintorjunnan teoriaan ja radonkorjausmenetelmiin. Luvusta 9 alkaen käsitellään esimerkkikohteen rakenteita ja järjestelmiä sekä kohteeseen selviytyksen perusteella soveltuvia korjauskeinoja.

5.2 Lyhyt katsaus oppaisiin

Sisällysluettelo antaa hyvän kokonaiskuvan oppaiden laajuudesta ja otsikoinnista. Tulee ensinnäkin huomioida, että uudempi korjausopas on tehty korvaamaan aikaisempi, joten sisällön ja jaottelun voidaan olettaa noudattavan samankaltaista kaavaa edellisen kanssa. Uusi korjausopas on laajuudeltaan liitteineen 140 sivua. Vanha korjausopas on toisaalta vain 42 sivun mittainen. Pelkästään oppaiden visuaalista ilmettä vertailtaessa voidaan todeta, että uusi opas on ilmeeltään selkeä ja ammattimainen. Kuvien laatu on huomattavasti parempi ja niitä on enemmän. (Arvela & Reisbacka 2008; Arvela 1995.)

5.3 Tutkimusaineisto raportin taustalla

Molempien korjausoppaiden sisältö on sidoksissa todellisiin tapauksiin ja tutkimuksiin. Vuonna 1995 julkaistu opas pohjautuu vuosina 1992 ja 1995 Säteilyturvakeskuksen lähettämiin kyselyihin radonkorjauksista. Silloin vastauksia tuli noin 450 ja radonkorjausmenetelmä pystytettiin luokittelemaan noin 400 talossa. Vuoden 2008 korjausopas perustuu vuosien 2000 ja 2001 kyselyihin, joissa halettiin tietoa vuosina 1995–2000 tehdyistä radonkorjauksista. Tähän kyselyyn saatiin yli 500 vastausta ja korjausmenetelmä luokiteltiin 400 talossa. Mittauksissa käytettiin Säteilyturvakeskuksen alfa-jälkimenetelmää, jossa postissa lähetettävä purkki kerää merkintöjä kaksi kuukautta. Purkkien sisältö analysoidaan laboratoriossa. Uudempaan tutkimukseen sisältyy myös joitakin erillisiä kohteita, joissa Säteilyturvakeskus on ollut mukana. (Arvela & Reisbacka 2008; Arvela 1995.)

5.4 Muutoksia

Radonin torjunnan pääperiaatteet eivät ole muuttuneet vuosien kuluessa. Uudet tutkimukset ovat vaikuttaneet eri tekijöiden tärkeyden painotukseen, mutta paljoakaan uutta ja mullistavaa ei uudesta raportista löydy. Oppaat ovat sisällöltään ja teoriaosuudeltaan hyvin samankaltaiset ja paikoitellen teksti ja viittaukset ovat täysin samoja. Vuoden 2008 oppaassa esitetään yksityiskohtaisempaa tietoa esimerkiksi ilmiöistä, joiden vaikutuksesta radon pääsee huoneilmaan. Korjausten toteuttaminen ja eri menetelmien tehokkuus selvitetään myös laajemmin, sillä niistä vuosien mittaan saatu kokemus auttaa huomioimaan riskejä. Raportin rakenne ja eteneminen on loogista. Marssijärjestys on: teoria, korjauksia edeltävät tutkimukset, korjausmenetelmät ja niiden tehokkuus sekä korjausmenetelmän valinta. (Arvela & Reisbacka 2008; Arvela 1995.) On perusteltua käyttää esimerkkitilanteeseen sopivien korjausmenetelmien etsimiseen vuonna 2008 julkaistua korjausopasta.

6 RADONIN TORJUNNAN PERIAATTEET

6.1 Osion sisältö työn tavoitteen kannalta

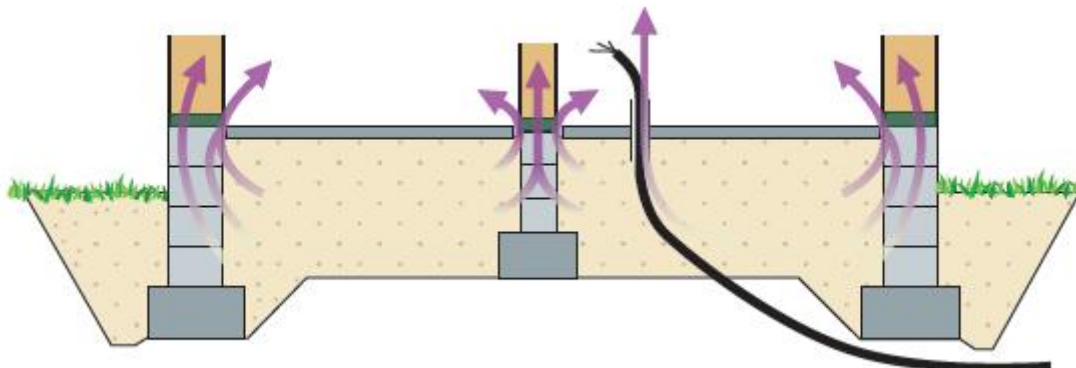
Asuntojen radonkorjaaminen -oppaan kolme ensimmäistä lukua keskittyvät esittelemään teoriaa radonin päätyemisestä asuinrakennusten sisäilmaan sekä periaatteita sen estämiseksi. Tässä opinnäytetyössä keskitytään lähtökohtaisesti yleisiin periaatteisiin, jotka soveltuvat suurimpaan osaa rakennuskantaa. Yksityiskohtiin puututaan, mikäli ne liittyvät työn taustalla olevaan esimerkkiomakotitaloon. Näin vältetään tavoitteen kannalta epäoleellisilta asioilta.

6.2 Radonin pääsy sisäilmaan

Ensimmäiseksi oppaassa on käsitelty maaperäolosuhteita sekä yleisimpiä perustamisratkaisuja ja niiden tyypillisimpiä radonvuotokohtia. Korjausoppaassa on selvitetty ilmiötä, jossa rakennuksen sisä- ja ulkolämpötilaeron aiheuttama ilmanpaine-ero vaikuttaa merkittävästi radonin johtumiseen sisäilmaan. Suomessa rakennuksen sisälämpötila on suuren osan vuodesta ulkolämpötilaa korkeampi. Se aiheuttaa rakennuksen perustusten tasolle alipaineen, jonka ansiosta radonpitoinen ilma liikkuu maaperästä sisäilmaan, mikäli sitä ei ole tehokkaasti estetty. (Arvela & Reisbacka 2008, 11.)

Oppaassa korostetaan erityisesti rakentamisen laadun tärkeyttä, sillä siinä nostetaan esiin sokkelin ja laatan välisten kutistumisrakojen suuruuden merkitys ilman virtaavuuteen. Sen mukaan jo millin rako voi aiheuttaa merkittävän vuodon, jos muut olosuhteet ovat suotuisat. Suomessa maanvaraisen laatan alla yleisesti käytettävät täyttösora-ainekset ovat ilmanläpäisevyydeltään parhaita ja edistävät radonin liikkumista huokosilmassa. Oppaassa sanotaan, että pääasiallinen radonin torjunnan keino onkin estää maaperästä ilmavirtojen mukana sisäilmaan kulkeutuva radon. Radonin siirtyminen maaperän huokosilmasta rakennuksen sisäilmaan on siis monen eri tekijän summa. (Arvela & Reisbacka 2008, 12.) Omatoimisen korjaajan ei tarvitse ymmärtää kaikkea tätä teorian tietoa,

mutta on erittäin olennaista ymmärtää merkittävimmät sisäilman radonpitoisuu-
teen vaikuttavat seikat. Perustietojen avulla voi tehdä selvityksen oman talonsa
radonriskeistä.



KUVA 1. Tyypillisimmät maanvaraisen laatan radonvuotokohdat (Arvela & Reisbacka 2008, 13)

Kuvassa 1 on esitetty maanvaraisen betonilaatan ja kevytsoraharkkosokkelin tyypillisimmät vuotokohdat. Merkittävin radonin vuotoreitti on maanvaraisen lattialaatan ja sokkelin välinen kutistumarako. Muita mahdollisia radonin vuotoreittejä ja lähteitä ovat

- alapohjalaatan ja kantavien väliseiniin liitoskohdat
- kantavat väliseinärakenteet, jotka läpäisevät alapohjarakenteet
- lattialaatan halkeamat
- kellarin maalattia
- lattialaatan läpivientikohdat, pääsähköjohto ja vesijohto
- takan perustusten ja lattian saumat tai takkarakenteet
- radonpitoinen talousvesi porakaivoissa
- kivipohjaiset rakennusmateriaalit.

Julkaisussa otetaan kantaa rakennusmateriaalien radontuottoon, kun siinä mainitaan betonielementtitalojen seinien aiheuttavan yleisesti 30–100 Bq/m³:n radonpitoisuuden ja pelkän betonilaatan noin 30 Bq/m³:n pitoisuuden. Oppaassa mainitaan kuitenkin, että tiettävästi pelkkien rakennusmateriaalien johdosta ei ole enimmäisarvoa ylitetty. (Arvela & Reisbacka 2008, 12–13.)

6.3 Määräykset ja ohjeet

Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa viitataan Sosiaali- ja terveysministeriön vuonna 2003 julkaisemaan Asumisterveysohjeeseen, joka ohjeistaa radonpitoisuuden mittaamista. Yksi merkittävä ohjeistus on mittausajan rajoittaminen marraskuun 1. ja huhtikuun 30. väliselle ajalle hyväksyttävän arvon saamiseksi. Myös mittausarvojen tulkintaan ja korjaussuosituksiin annetaan selkeitä ohjeita. Säteilyturvakeskus on noudattanut näitä ohjeita ja on jopa kehottanut edullisiin ja helppoihin toimenpiteisiin, vaikka mittautulos olisi vain hieman yli 200 Bq/m³. (Arvela & Reisbacka 2008, 14–15, Sosiaali- ja terveysministeriö 2003 mukaan)

6.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon merkitystä huoneilman radonpitoisuuden alentamisessa on syytä pohtia. Oikein toimiva ilmanvaihto vähentää radonin ja muiden ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia sisäilmassa. Radonpitoisuus on suoraan verrannollinen ilmanvaihdon määrään. Rakennusmääräyskokoelman osassa D2 määrätään ja ohjataan rakennusten ilmanvaihtoa ja siinä sanotaan, että puolet rakennuksen ilmasta tulisi vaihtua yhden tunnin aikana (Ympäristöministeriö 2010, 10). Ilmanvaihto täytyy tietysti mitoittaa niin, että huomioidaan muut olosuhdeasiat eikä pelkästään radonia. Oppaassa viitataan Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveyteen liittyviin julkaisuihin, jotka sisältävät ohjeita muun muassa ilmanvaihdon tarpeesta ja parantamisesta. (Arvela & Reisbacka 2008, 15–16.)

6.5 Alipaineisuus

Rakennuksen ilmanpaine-ero ulkoilmaan nähden on yksi tärkeimmistä keinoista vaikuttaa radonpitoisuuteen. Osiossa mainitaan, miten alipaineisuus vaikuttaa radonpitoisen ilman vuotamiseen huoneilmaan. Tuulellakin on oma osansa paine-erojen muodostumisessa, mutta ilmanvaihdon vaikutus on jatkuva. Koneellisen ilmanvaihdon ilmavirtojen suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon rakennus kokonaisuutena sekä kaikki mahdolliset ilmanlaatua heikentävät teki-

jät. Ilmanvaihto on Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D2 mukaisesti suunniteltava ja säädettävä hieman alipaineiseksi, sillä ylipaine aiheuttaisi kosteusvaurioriskin (Ympäristöministeriö 2010, 19). Alipaineisuus on kuitenkin pidettävä maltillisena. Ilmanvaihdon mitoituksella ja säädöillä on siis suuri merkitys radonin torjunnassa ja radonpitoisuuksien hallinnassa. (Arvela & Reisbacka 2008, 16–17.)

6.6 Menetelmien tehokkuus

Raportissa on selvästi panostettu menetelmien tehokkuuden esittämiseen. Niitä ei esitetä vain yleisellä tasolla lyhyesti, vaan niitä on eritelty sanallisesti korjausmenetelmittain. Kuvat ovat myös havainnollistavia ja kertovat tiivistetysti eri menetelmien tehokkuuden korjauskohteissa. Tekstissä kerrotaan myös, mitkä raportin luvut keskittyvät yksityiskohtaisemmin kyseisiin menetelmiin. Oppaan luvut 4 - 11 keskittyvät korjausmenetelmien yksityiskohtaiseen selostamiseen ja luku 15 sisältää lyhyen valintaohjeen, jota voi käyttää korjausmenetelmien valitsemiseksi erityyppisissä kohteissa (Arvela & Reisbacka 2008, 24).

6.7 Asunnon tutkiminen

Selkeän etenemisjärjestyksen mukaisesti oppaassa käsitellään seuraavaksi asunnon tutkimista ennen korjaustoimenpiteitä. Tämän lisäksi oppaan luku 12 käsittelee lyhyesti menetelmiä, joilla voidaan tutkia asuntoa. Korjausoppaassa tähän yhteyteen on kerätty luettelo viidestä asiasta, jotka on hyvä selvittää ennen korjauksia. Ne on lueteltu seuraavaksi tärkeysjärjestyksessä:

1. Rakennusmaan ja täyttömaan ilmanläpäisevyys
 2. Radonin mahdolliset tuloreitit asuntoon
 3. Asunnon ilmanvaihto ja alipaineisuus
 4. Porakaivoveden radonpitoisuuden vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen
 5. Uudisrakentamisvaiheen torjuntatoimenpiteiden vaikutus korjaustapaan
- (Arvela & Reisbacka 2008, 25.)

6.7.1 Radonmittaus

Osiossa kerrotaan, mitkä olosuhdeasiat vaikuttavat radonpitoisuuteen ja millä tavalla saadaan luotettavia mittaustuloksia. On olennaista, että radonkorjauksen pohjana oleva radonmittaus tehdään jo viitatus Sosiaali- ja terveysministeriön määräyksen mukaisesti. Siinä mittausaika on rajattu marras-huhtikuuhun, ja sen tulee kestää kaksi kuukautta. Tämä on olennaista, koska kesällä radonpitoisuus on yleensä huomattavasti pienempi kuin talven lämmityskaudella. Olosuhteilla sekä asukkaiden toiminnalla on vaikutus radonpitoisuuteen ja ne vääristäisivät lyhyttä mittausta. Lyhytaikaisia mittauksia voidaan kuitenkin hyödyntää korjauksien jälkiseurannassa, mutta korjauspäätökset tulisi aina tehdä hyväksytyn kahden kuukauden mittauksen pohjalta. Harjuaalueilla vuodenaikojen vaihtelujen vaikutus radonin kulkeutumiseen saattaa kuitenkin olla poikkeuksellista. (Arvela & Reisbacka 2008, 25–26.)

6.7.2 Rakennusmaa ja perustus

Korjausoppaassa on tarkasteltu myös rakennusmaan ja rakennuksen perustuksen vaikutusta korjauksen suunnitteluun. Oppaassa viitataan Ympäristöministeriön julkaisemaan radonimurioppaaseen vuodelta 2008, josta on poimittu lueitelma rakenneteknisen selvityksen tekemisen avuksi. Korjausta edeltävässä rakenneteknisessä selvityksessä tarkastettavia asioita ovat

- rakennuspohjan maaperä
- täyttömaiden laatu ja paksuus
- alapohjarakenteet ja perustamistapa
- kantavien väliseinien sijainti
- kellari- ja rinnetalojen maanvastaisten seinien rakenne
- matalat maanvastaiset rakenteet mm. porrastukset talon sisällä
- alapohjassa olevat lämpö-, vesi- ja sähköjohtojen läpiviennit
- rakenteiden kunto
- tiivistämistarve ja tiivistämismahdollisuudet.

(Arvela & Reisbacka 2008, 26, Ympäristöministeriö 1996 ja 2008 mukaan.)

6.7.3 Ilman vuotoreitit

Yhdeksi selvitettäväksi asiaksi nostetaan radonpitoisen ilman vuotoreitit, koska jopa yksi merkittävä vuotokohta voi aiheuttaa suuria pitoisuuksia. Oppaan mukaan tulee kiinnittää huomiota läpivienteihin, koska yksi huonosti tiivistetty läpivienti voi mahdollistaa raja-arvot ylittävän vuodon. Näin ollen tämä vaikuttaa merkittävästi korjaustoimenpiteisiin, koska vuotoreittien, erityisesti läpivientien, kartoituksella ja tiivistämisellä voidaan välttyä suurilta, työläiltä ja kustannuksiltaan korkeammilta toimenpiteiltä. (Arvela & Reisbacka 2008, 26–27.)

6.7.4 Ilmanvaihdon tarkistaminen

Korjausoppaassa korostetaan myös ilmanvaihdon tarkistamista, sillä väärin säädetty tai toteutettu ilmanvaihto voi merkittävästi lisätä alipaineisuutta ja siten myös radonin kulkeutumista epätiiviyskohdista. Osiossa on eritelty suoritettavat tarkastukset painovoimaiselle, koneelliselle poisto- sekä koneelliselle tulo- ja poistoilmanvaihdolle. Kiinnitetään huomiota rakennuksiin, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, koska esimerkkikohteen ilmanvaihto on toteutettu siten.

Järjestelmän tarkastuksessa tulee huomioida neljä eri vaihetta. Ensiksi tulee tutustua ilmanvaihtojärjestelmän toteutukseen. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustetussa asunnossa tulee olla tuloilmaventtiilit oleskelu- ja makuuhuoneissa sekä poistoilmaventtiilit keittiössä ja pesutiloissa. Järjestelmä on varustettu lämmöntalteenotolla. Toiseksi on hyvä selvittää ilmanvaihtokoneen käyttöteho ja -aika. Lähtökohtaisesti järjestelmä on tarkoitettu jatkuvasti käytettäväksi ja säätäminen onnistuu erillisestä säätöpaneelistä. Seuraava huomioitava seikka on järjestelmän huoltaminen. Suodattimet tulee puhdistaa säännöllisesti ja myös vaihtaa aika ajoin. Koko järjestelmän puhdistusta suositellaan 10 vuoden välein. Viimeinen tarkastettava seikka on tulo- ja poistoilmavirtojen säädöt. Ilmavirtojen säätämisestä tulisi löytyä mittauspöytäkirja, josta voi arvioida järjestelmän ilmavirtojen suhdetta. (Arvela & Reisbacka 2008, 27–28.)

7 KORJAUSTAVAT JA TEHOKKUUS

7.1 Osion sisältö työn tavoitteen kannalta

Opinnäytetyön tavoitteen ja näkökulman kannalta keskitytään maanvaraisella laadulla toteutettujen kellarittomien omakotitalojen korjausmenetelmiin. Korjausoppaasta pyritään löytämään juuri tähän asuntokantaan soveltuvat korjaustoimenpiteet. On tärkeää tietää menetelmien tehokkuus ja myös korjattavan kohteen rakenteelliset vaatimukset niiden suhteen. Poimitut korjausmenetelmät ja niihin liittyvä tieto on uudemmasta korjausoppaasta, Asuntojen radonkorjaaminen (Arvela & Reisbacka 2008).

7.2 Radonimuri

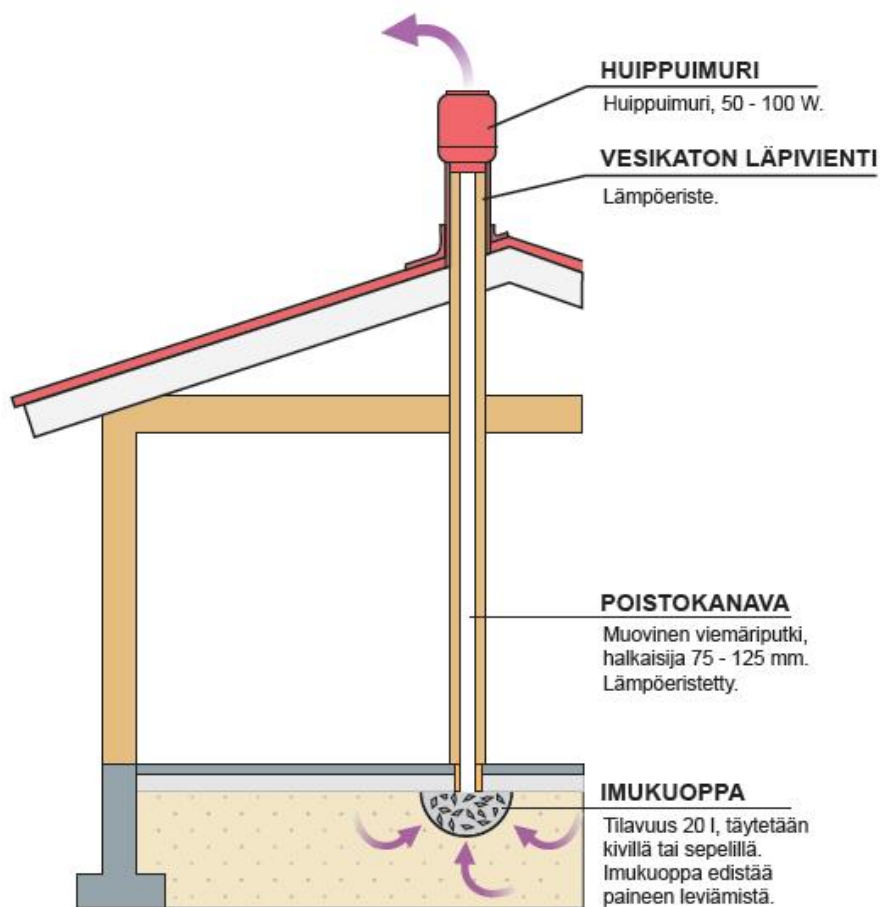
Radonimurisovelluksille on korjausoppaassa käytetty sivut 29–50. Arvela ja Reisbacka ovat poimineet tärkeimmät seikat Ympäristöministeriön julkaisemasta oppaasta ”Pien- ja rivitalojen radontekninen korjaus, Imupistemenetelmä” (Ympäristöministeriö, 2008). Tähän työhön poimitaan olennaisimmat menetelmää esittelevät seikat. (Arvela & Reisbacka 2008).

7.2.1 Soveltuvuus ja toimintaperiaate

Oppaan mukaan radonimurin käyttö on mahdollista, kun lattialaatan alla on hyvin ilmaa läpäisevää materiaalia, muun muassa hiekkaa, soraa ja mursketta. Radonimurin käytön siis mahdollistavat samat seikat, jotka edistävät radonin kulkeutumista maaperässä. (Arvela & Reisbacka 2008, 29).

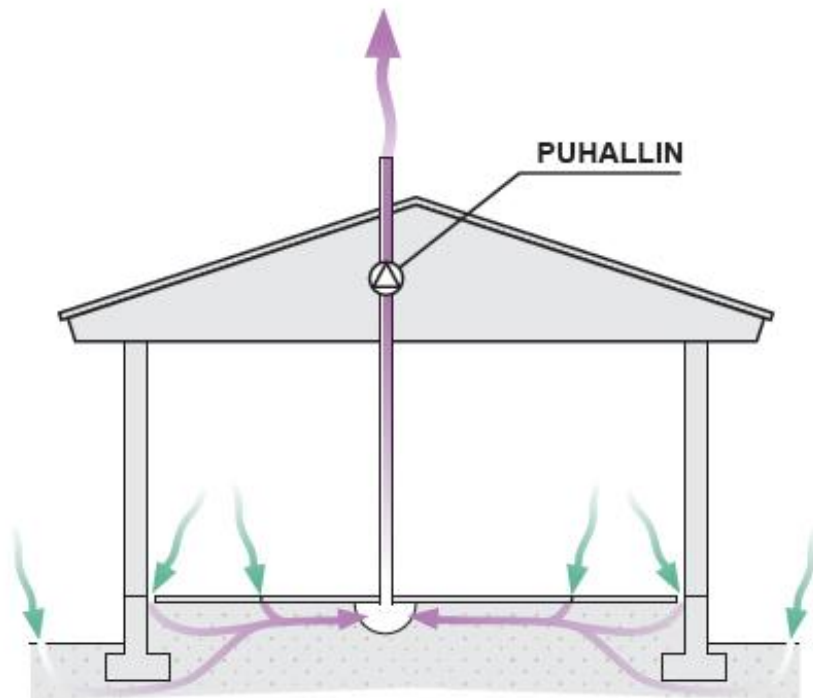
Radonimurilla tehdään alipaine maanvaraisen laatan alle, mikä vähentää ilmavirtauksia maaperästä asuntoon tai jopa estää ne kokonaan. Alipaine saadaan aikaiseksi puhaltimella, joka imee ilmaa pisteestä laatan alta (kuva 2). Radonimurin vaikutus voi ulottua koko maanvaraisen laatan alueelle (kuva 3), jos

rakenteessa ei ole kantavia väliseiniä. (Arvela & Reisbacka 2008, 29–32, Ympäristöministeriö 1996 ja 2008 mukaan). Täytyy huomioida, että materiaali maanvaraisen laatan alla ei saa kuitenkaan olla liian harvaa, koska se estäisi alipaineen muodostumisen, joka taas hankaloittaisi imurin toimintaa tai jopa estäisi sen kokonaan. Ennen suunnittelua on siksi olennaista selvittää monia rakenteellisia seikkoja, jotta voidaan arvioida toimenpiteen kannattavuus.



KUVA 2. Radonimurin toimintaperiaate ja osat (Arvela & Reisbacka 2008, 31)

Radonimuri voidaan toteuttaa rakenteellisesti muutamien eri tavoin, mutta aina tulee huomioida myös rakennusfysikaaliset seikat. Muun muassa Imukanavan eristämällä vältetään kesäisiltä hikoiluongelmilta, koska laatan alta tuleva ilma on lämpötilaltaan viileämpää. Kanava viedään tiiviiden rakenneosien läpi ja toteutus vaatii siksi huolellisuutta. Imu voidaan toteuttaa katolle asennettavalla huippuimurilla tai poistokanavaan asennettavalla kanavapuhaltimella.



KUVA 3. Radonimurin vaikutusalue yhtenäisellä laattalla (Arvela & Reisbacka 2008, 32)

7.2.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja

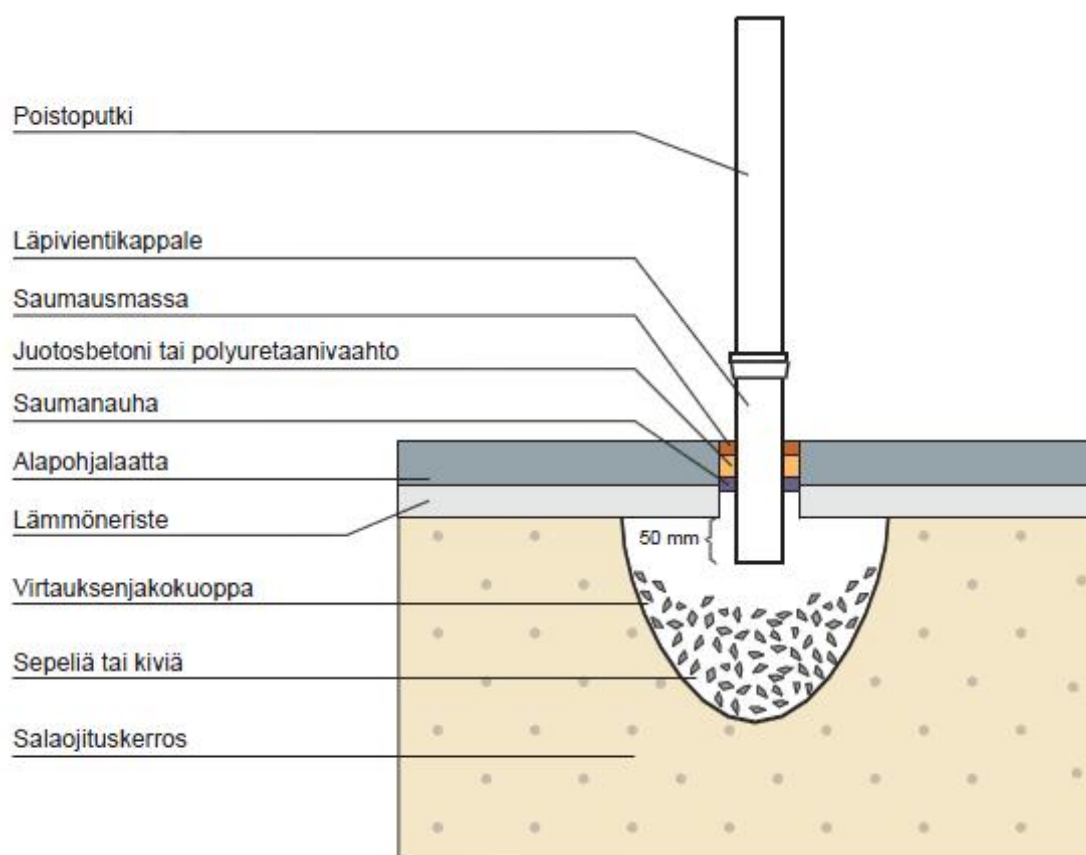
Radonimuria suunniteltaessa tulee selvittää rakenteellisia seikkoja, jotka saattavat estää imurin toiminnan tai vaikeuttaa sitä merkittävästi. Esimerkkikohteessa tulee huomioida radonimuria suunniteltaessa:

- Rakennuspohjan maalajit.
- Virtauksen aiheuttama kosteuden tiivistyminen
- Maanvastaisten rakenteiden tiivistys imun tehostamiseksi (Erityisesti läpiviennit imupisteen lähellä.)
- Imupisteen ja poistoputkien sijoitusmahdollisuudet
- Imupisteiden määrä ($<120\text{m}^2$ yhtenäinen ala pistettä kohden)

(Arvela & Reisbacka 2008, 33,34.)

Maanvaraisen laatan alla olevat täyttömaat voivat siis pahimmassa tapauksessa estää imurin toiminnan kokonaan, varsinkin kun kyseessä on liian karkeat maa-ainekset. Tällöin vaadittavaa alipainetta ei pääse muodostumaan. Imurin

imuteho on myös mitoitettava niin, että ilmavirtaukset eivät aiheuta rakenteiden kosteusvaurioita tai jäätymishaittoja muun muassa vesijohdoille. Ongelmat voidaan myös välttää oikealla imupisteen sijoituksella ja riittävällä imupisteiden määrällä. Jos yritetään selviytyä yhdellä imurilla, vaikka pinta-ala tarvitsisi kaksi, voi imutehon kasvattaminen johtaa mainittuihin ongelmiin. Imurin sijoittamiseen voi vaikuttaa myös betonilaatassa kulkevat lattialämmityskaapelit. Ellei rakenteellisia esteitä ole, imukuopan toteutusta on ohjeistettu hyvin (kuvio 3).



KUVIO 3. Radonimurin imukuopan toteutus ja rakennekerrokset (Arvela & Reisbacka 2008, 39)

7.2.3 Radonimurilla saavutetut tulokset

Tulosten perusteella radonimuri on yksi parhaista menetelmistä radonpitoisuuden alentamiseksi. Pitoisuus on tavallisesti laskenut noin 70–90% alkuperäisarvosta. Menetelmää käytetään yleisesti korkean radonpitoisuuden asunnoissa. Tämän korjausmenetelmän toteuttaminen vaatii runsaasti selvityksiä, jotta lopputulos on toivottu. Huolellisuus ja ohjeiden noudattaminen on erityisen tärkeää

esimerkiksi läpivientien kohdalla, koska poistoputki viedään vesikatolle tiiviiden rakenteiden läpi. Menetelmän yhteydessä on monesti tehtävä joitakin toimintaa tehostavia toimenpiteitä muun muassa tiivistystöitä, joita käsitellään alaluvussa 7.4. (Arvela & Reisbacka 2008, 48,49.)

7.3 Radonkaivo

Radonkaivoa käsitellään korjausoppaassa sivuilla 51–68. Radonkaivon toimintaperiaate on samankaltainen radonimurin kanssa, mutta kaivo sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle. Virtaus alentaa asuntoon maaperästä kulkeutuvan ilman radonpitoisuutta, mutta se ei luo laatan alle alipainetta, joka estää virtaukset kokonaan. Radonkaivon rakentamisessa tarvitaan kokemusta ja maaperän asiantuntemusta, joten sen tekeminen omatoimisesti ei takaa hyviä lopputuloksia, koska muun muassa harjuissa eri maalajikerrokset vaikuttavat merkittävästi kaivon vaikutusalueeseen ja sen muotoon. (Arvela & Reisbacka 2008, 51.) Tästä syystä radonkaivon toimintaa ei tarkastella sen yksityiskohtaisemmin.

7.4 Rakenteiden tiivistäminen

Rakenteiden tiivistämiseen keskitytään sivuilla 69–76. Asiaan on viitattu jo useissa kohdissa raporttia, mutta siihen halutaan vielä syventyä erikseen, koska hyvällä tiiveydellä voidaan parhaassa tapauksessa jopa välttyä muilta kalliimmilta torjuntamenetelmiltä. Tiivistämiseen on vaikea antaa yksityiskohtaisia neuvoja, koska jokainen kohde asettaa erilaiset vaatimukset. Itse tiivistystyöhön soveltuu kuitenkin aina samoja käytäntöjä, jotta saavutetaan hyvä laatu. (Arvela & Reisbacka 2008.)

7.4.1 Periaate

Tiivistämisellä voidaan vähentää ilman virtausta maaperästä asuntoon. Yleisimmät vuotoreitit ovat lattialaatan ja sokkelin välinen rako sekä läpiviennit.

Vuotoreitit pitäisi saada mahdollisimman täydelleen umpeen, koska ilmavirta etsii aina uuden raon, vaikka edellinen olisi onnistuneesti tukittu. Laatan alapuolisen materiaalin karkeus asettaa suurempia vaatimuksia tiivistystyön laajuudelle ja sen laadulle. Raportissa on esimerkkejä vedeneristysmateriaalien, kuuma-bitumin sekä polyuretaanipohjaisten massojen käytöstä. Näiden kaikkien materiaalien kohdalla on olennaisinta varmistaa hyvä tartunta ja tasainen laatu. (Arvela & Reisbacka 2008, 69.) Tiivistystöitä harkittaessa on hyvä pohtia niiden haastavuutta, sillä toimenpiteiden laajuus voi yllättää omatoimisen korjaajan. Tietysti räikeisiin puutteisiin läpivientien tiivistyksessä on olennaista puuttua, mutta on hyvä miettiä etukäteen tiivistystöiden haluttu laatutaso.

7.4.2 Tulokset

Pientalojen tiivistyksissä tulokset eivät aina ole toivotunlaisia. Tiivistyksillä on yleisesti päästy puuseinärakenteissa 0-30 % alenemiin, mutta eri toimenpiteiden yhdistelmillä on päästy jopa 50 % alenemaan. Sokkelin ja laatan välisiä vuotokohtia voi rakenteista riippuen olla haastavaa tiivistää, sillä ilmavirta voi kulkeutua sokkelista seinärakenteisiin. Erityisesti tiivistämätön harkkosokkeli aiheuttaa vaikeuksia. Nykyisten määräysten mukaan sokkelin ja laatan välinen rako tulee asianmukaisesti tiivistää kumibitumikermillä, joten yksittäiset läpiviennit saattavat olla suurin ongelma. (Arvela & Reisbacka 2008, 71,72.) Tämän perustella voidaan todeta, että korjaussuunnitteluvaiheessa tulee selvittää mahdolliset uudisrakentamisvaiheen radonintorjuntakeinot sokkelissa, jottei tehdä turhia tiivistyksiä.

7.5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon korjauksia käsitellään sivuilla 80–86. Ilmanvaihdon avulla tehtäviin korjauksiin vaikuttaa oleellisesti rakennuksen ilmanvaihdon toteutus. Ilmanvaihto voi olla painovoimainen, koneellinen poisto- tai koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmanvaihdolla on suuri vaikutus rakennuksen ilmanpaine-eroon

ulkoilman kanssa, kuten alaluvuissa 6.4 ja 6.5 todettiin. (Arvela & Reisbacka 2008.)

7.5.1 Toteutus

Hyvä ilmanvaihto ei ole ainoastaan radonin torjuntakeino, vaan se edistää rakennuksen viihtyisyyttä ja suojaa sitä muun muassa kosteusvaurioilta ja sisäilmaongelmilta. Rakentamismääräysten mukaan asunnon ilman tulisi vaihtua kerran kahdessa tunnissa eli ilmanvaihtokerroin on 0,5 1/h (Ympäristöministeriö D2 2010). Jos ilmanvaihtuvuus on jo hyvällä tasolla, ei sen tehostamisella tule yrittää madaltaa pitoisuuksia, koska muutos saattaa laskea viihtyisyyttä esimerkiksi vedon tunteen vuoksi. (Arvela & Reisbacka 2008, 80.)

7.5.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Uudemmissa taloissa, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtuvuus on yleensä hyvää tasoa. Puutteet ilmanvaihtuvuudessa ovat yleensä merkki puhaltimen liian alhaisesta käytöstä tai huonekohtaisten venttiilien vääristä säädöistä. Järjestelmä pyritään pitämään hieman alipaineisena, sillä tulo- ja poistoilmamäärien liiallinen epätasapaino vaikuttaa merkittävästi radonin vuotovirtoihin epätiiviyskohdista. Likainen tuloilmasuodatin lisää alipaineisuutta, joten puhdistus ja huoltaminen edesauttavat radonin torjuntaa. (Arvela & Reisbacka 2008, 82). Yleinen suositus ilmanvaihtokanaviston puhdistusväliksi on noin 10 vuotta. Työhön kuuluu yleensä puhdistuksen lisäksi järjestelmän perussäätö eli ilmavirtojen säätö määräykset täyttäviksi.

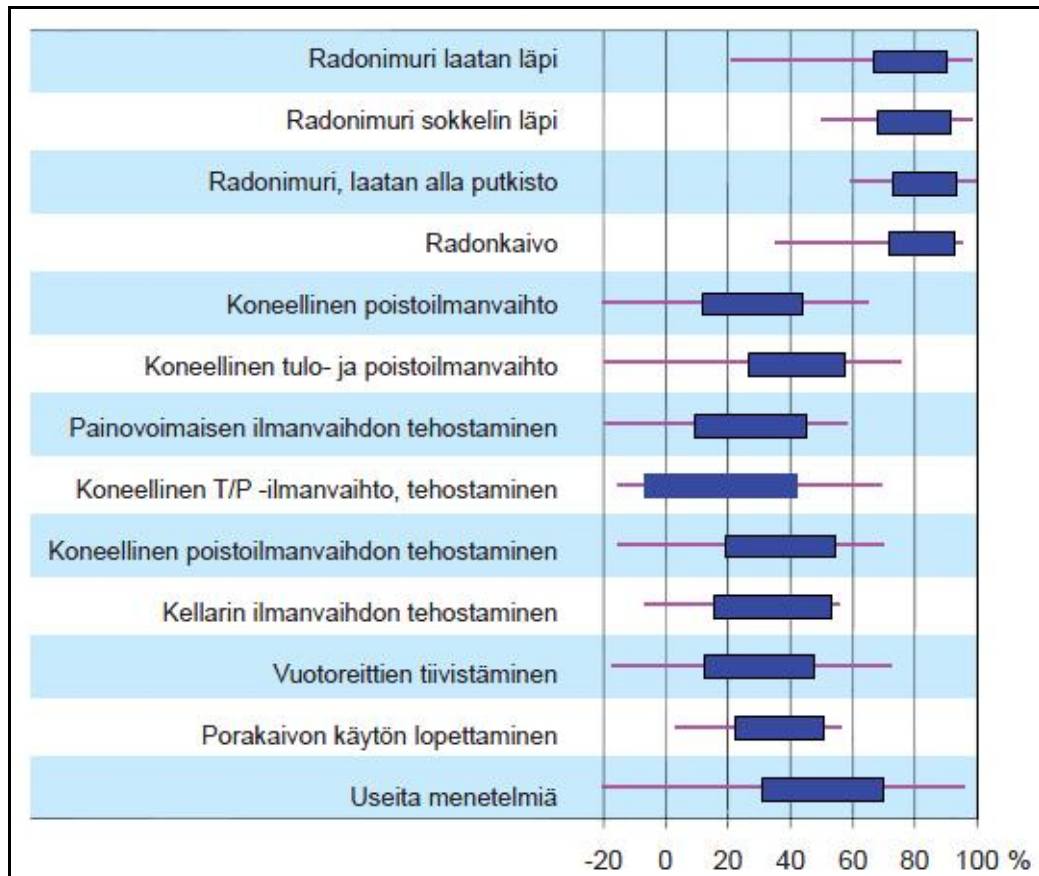
7.5.3 Tulokset

Ilmanvaihdon muutos- ja säätötoimenpiteillä on yleisesti saavutettu noin 10–30 % alenemia. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon yhteydessä keskeisiä toimenpiteitä ovat olleet käyttötehon kasvattaminen sekä erilaiset puhdistus ja

huoltotyöt. Ilmanvaihdon puhdistuksella ja perussäädöllä pystytään vaikuttamaan sisäilmaan laajemminkin, joten niiden tekeminen palvelee koko asunnon sisäilmastoa ja lisää viihtyvyyttä. (Arvela & Reisbacka 2008, 83,84.)

7.6 Menetelmillä saavutettujen tulosten vertailu

Korjausoppaassa esitetään havainnollisesti eri radonintorjuntamenetelmillä saatuja tuloksia (kuvio 4). Radonimurin eri sovellukset ja radonkaivo ovat tuloksiltaan parhaita menetelmiä, sillä niillä saavutettu keskimääräinen radonpitoisuuden alenema on ollut noin 70–90%. Ilmanvaihdolle tehdyillä toimenpiteillä ei ole päästy keskimäärin samanlaisiin tuloksiin. Kaaviosta voidaan havaita, että hyvältä vaikuttavat toimenpiteet voivat huonosti suunniteltuina tai toteutettuina jopa lisätä sisäilman radonpitoisuutta. Korjausten suunnittelussa korostuu hyvä valmistautuminen, johon sisältyy rakenteiden toteutuksen sekä rakennuspaikan ominaisuuksien selvittäminen ja myös toimenpiteiden huolellinen sekä perusteltu valinta. Tämän ei kuitenkaan tulisi säikäyttää omatoimista korjaajaa, koska uuden oppaan kattava selvitys korjausmenetelmistä tarjoaa hyvät edellytykset onnistuneeseen korjaukseen.



KUVIO 4. Eri korjausmenetelmillä saatuja radonpitoisuuden alenemia. Sininen palkki kuvaa keskimääräistä vaihtelua ja ohut viiva kokonaisvaihtelua (Arvela & Reisbacka 2008, 21)

Asuntojen radonkorjaaminen -opas käsittelee korjausmenetelmiä hyvin yksityiskohtaisesti ja kaikkea sitä tietoa ei voi tähän työhön siirtää. Tämän työn lukujen 9-12 yhteydessä selvitetään esimerkkiomakotitalon rakenteiden ja järjestelmien radonriskit. Selvityksen perusteella pohditaan sopivia korjausmenetelmiä hieman yksityiskohtaisemmin, jotta voidaan laatia perusteltu korjausehdotus radonpitoisuuden alentamiseksi. Tämä työ käsittelee omatoimista radonkorjausta, mutta luulisi Suomessa olevan urakoitsijoita, jotka osaavat soveltaa Säteilyturvakeskuksen korjausopasta. Mikä sitten kannustaa yksityistä talonmistajaa tähän omatoimisuuteen?

8 RADONKORJAUKSIA TEKEVÄT URAKOITSIJAT

8.1 Urajoitsijoista pulaa

Heti aluksi voidaan todeta, että radonkorjauksia tekevät yritykset eivät mainosta itseään liiaksi. Säteilyturvakeskuksen Internet-sivuilta voi löytää listan yrityksistä, jotka tekevät radonkorjauksia. TM Rakennusmaailmassa (Kaskinen 2010) oli artikkeli radonkorjaamisesta, jossa mainittiin asiaan liittyen seuraavaa: ”Radonkorjaukset tai -torjunnat yksin eivät ilmeisesti elätä ainuttakaan yrittäjää. Päinvastoin puhelinkierros paljasti, että moni yritys, joka numeropalvelujen tai Säteilyturvakeskuksen verkkosivujen perusteella tekee radonkorjauksia, oli luopunut niistä”. Kysyntä ja tarjonta eivät ole kohdanneet toisiaan, tai sitten kysyntää ei ole tarpeeksi. Samaisessa artikkelissa haastatellaan Säteilyturvakeskuksen tutkimusprofessoria Hannu Arvelaa, joka toteaa että: ”Alan yrityksistä on edelleen pulaa”. Kirjoituksessa todetaan, että Säteilyturvakeskus kouluttaa talokooalueilla yrittäjiä yhden päivän koulutuksin tekemään radonkorjauksia. (Kaskinen 2010.) Esimerkkikohteen kannalta mielenkiinto kohdistuu Pirkanmaan radonkorjausyritysten määrään. Säteilyturvakeskuksen Internet-sivuilla on 11.3.2011 päivitetty lista jossa on 4 Pirkanmaalaista radonkorjauksia tekevää urakoitsijaa, 2 Tampereella, 1 Kangasalla ja 1 Pirkkalassa. (Säteilyturvakeskus, Internet-sivut.)

8.2 Korjaustoimenpiteiden hinta

Eri korjaustoimenpiteiden kustannukset koostuvat suunnittelu-, rakentamis- ja sähkötöistä sekä laite- ja tarvikekuluista. Radonkorjausurakoitsijoiden kesken ei ole kovinkaan paljon kilpailua, joten korjausten kokonaishinta saattaa kohota hyvinkin korkeaksi esimerkiksi pelkkiin laite- ja tarvikekuluihin verrattuna. Tämä kustannuksien välinen suhde ilmenee taulukosta 1, jossa on eritelty eri toimenpiteiden laite- ja tarvikekulut sekä kokonaiskulut. On ymmärrettävää, että Säteilyturvakeskuksen tutkijat yrittävät saada yrityksiä mukaan radonkorjauksiin, jotta korjauksien määrä kasvaisi, laatu paranisi ja hinta alenisi kilpailun johdosta. Kun

kustannuksia miettii remonttitaitoisen asunnonomistajan kannalta, niin ne voivat parhaimmillaan olla noin 10 % rakennusyrityksen kokonaishintaan verrattuna, kun ei huomioida käytettyä aikaa. (Arvela & Reisbacka 2008, 117,118.)

TAULUKKO 1. Korjausmenetelmien tarvike- ja kokonaiskulut vuoden 2008 hintatasossa (Arvela & Reisbacka 2008, 118)

Korjausmenetelmä	Tarvikkeet euroa	Kokonaiskulut, hinta-alue euroa
Radonimuri lattian läpi, yksipisteimuri	450 - 600	1700 - 3000
Radonimuri lattian läpi, monipisteimuri	500 - 700	2000 - 5000
Radonimuri sokkelin läpi	200 - 400	2000 - 4000
Radonkaivo	400 - 800	2500 - 4500
Vuotojen tiivistäminen	50 - 200 1)	1)
Ulkoilmaventtiilien asennus, 4 venttiiliä	120 - 200	600 - 800
Tulo- ja poistoilmanvaihto, järjestelmän asennus	3000 - 4500	8000 - 12000
Poistoilmanvaihtojärjestelmän asennus	1000 - 1500	2500 - 5000

1) Tiivistystöissä rakenteiden purkamisen tarve vaihtelee suuresti. Tarvikekulut ovat arvio tyypillisistä saumaustarvikkeiden kuluista matalaperustaisessa talossa, jossa tiivistetään lattian ja sokkelin välistä rakoa. Läpivientien tiivistämisen voi toteuttaa pienemmillä tarvikekuluilla. Maanvastaisten rakenteiden tiivistämistä ohutrappauksella ja niihin liittyviä purku- ja uudelleenrakennustöitä ei ole arvioitu.

On selvää, että omatoiminen korjaaja säästää urakoitsijan työhön, kuluihin sekä katteeseen kuluvan rahan. Tämä korostuu erityisesti toimenpiteissä, joissa ei tarvita esimerkiksi maansiirtourakoitsijaa tai sähköasentajaa. Useammat menetelmät vaativat jotain erikoisosaamista tai ovat luvanvaraista toimintaa ja siksi työvaiheet, esimerkiksi sähkötyöt, voi joutua tilaamaan erikseen, ellei perhe- tai ystäväpiirissä ole osaamista.

9 RADONKORJAUSSELVITYS ESIMERKKIKOhteessa

9.1 Perustietoja kohteesta



KUVA 4. Talo kesällä

Sijainti:	Takalukontie 12, 36600 PÄLKÄNE
Rakennustyyppi:	Omakotitalo, yksikerroksinen
Valmistumisajankohta:	Kevät 1999
Pinta-ala:	Kokonaisala n. 150 m ²
Mitattu radonpitoisuus:	240 Bq/m ³
Mittausaika:	16.2.2010–16.4.2010

Kohdetta koskee vanhojen rakennusten huoneilman radonpitoisuuden raja-arvo 400 Bq/m^3 . Liitteenä olevan radonmittausraportin yhteydessä Säteilyturvakeskus kehottaa tekemään helppoja sekä tarkoituksenmukaisia toimenpiteitä pitoisuuden alentamiseksi, jos arvo on ylittänyt 200 Bq/m^3 ja myös tekemään uusintamittauksen toimenpiteiden tulosten arvioimiseksi (Liite 1 Säteilyturvakeskuksen radonmittausraportti 2010). Tämä Säteilyturvakeskuksen suosima menettely perustuu säteilysuojelulain perusperiaatteisiin. Niiden mukaan säteilyaltistusta kuuluu pienentää aina silloin, kun sen on tarkoituksenmukaista ja käytännöllisin keinoin toteutettavissa (Weltner ym. 2003, 140).



KUVA 5. Julkisivukuva talosta. Oikealla autotallin perustukset. (Kuva: Esko Vesterinen 1999)

10 KOHTEEN RISKIANALYYSI

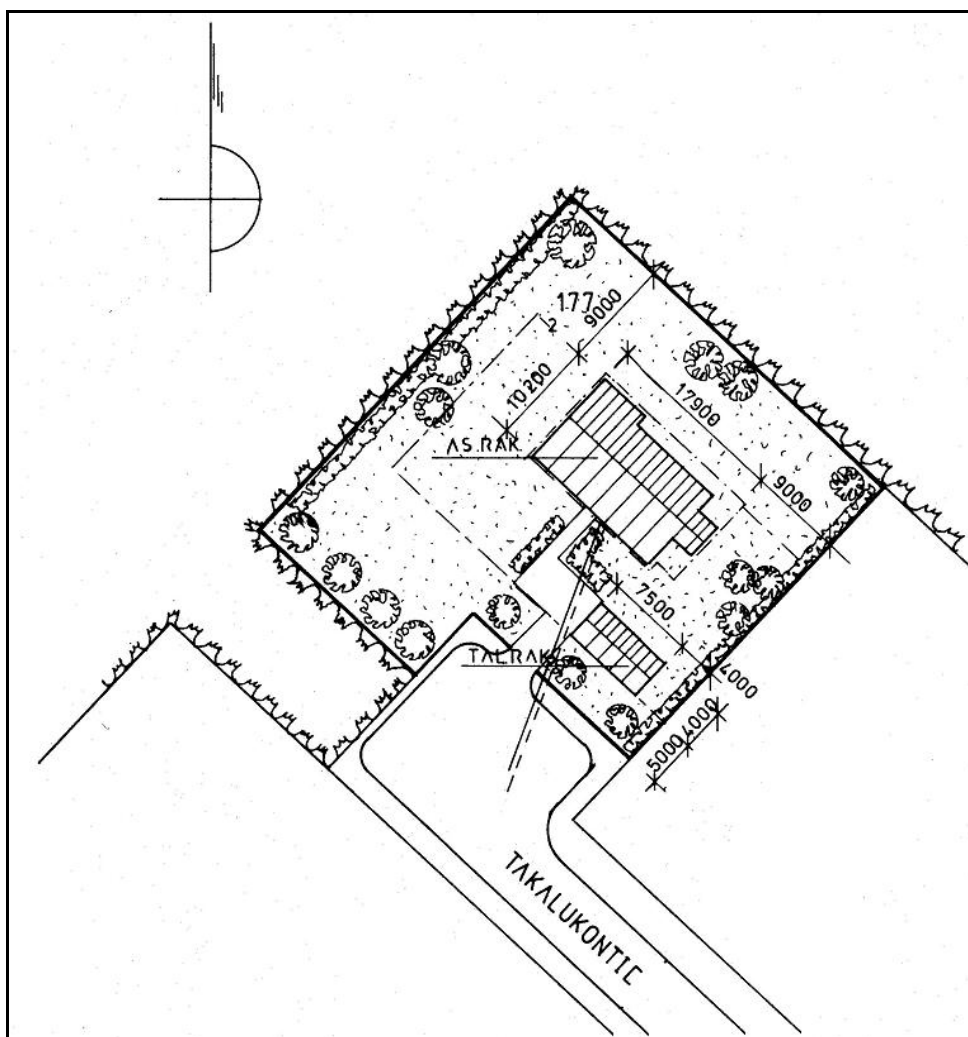
10.1 Periaate

Ennen korjaussuunnittelun aloittamista on oleellista tutustua rakennuksen sijaintiin, rakenteelliseen toteutukseen sekä moniin muihin seikkoihin, joilla on vaikutusta radonin esiintymiseen ja kulkeutumiseen asuinrakennuksen sisätiloihin. Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa (Arvela & Reisbacka 2008) on luettelo, joka on poimittu jo alaluvun 6.7 yhteyteen. Luettelossa on tärkeysjärjestyksessä viisi asiaa, jotka on hyvä selvittää ennen radonkorjaustoimenpiteitä. Nämä viisi asiaa ovat:

1. Rakennusmaan ja täyttömaan ilmanläpäisevyys
2. Radonin mahdolliset tuloreitit asuntoon
3. Asunnon ilmanvaihto ja alipaineisuus
4. Porakaivoveden radonpitoisuuden vaikutus sisäilman radonpitoisuuteen
5. Uudisrakentamisvaiheen torjuntatoimenpiteiden vaikutus korjaustapaan (Arvela & Reisbacka 2008, 25.)

10.2 Rakennuksen sijainti ja maaperän ominaisuudet

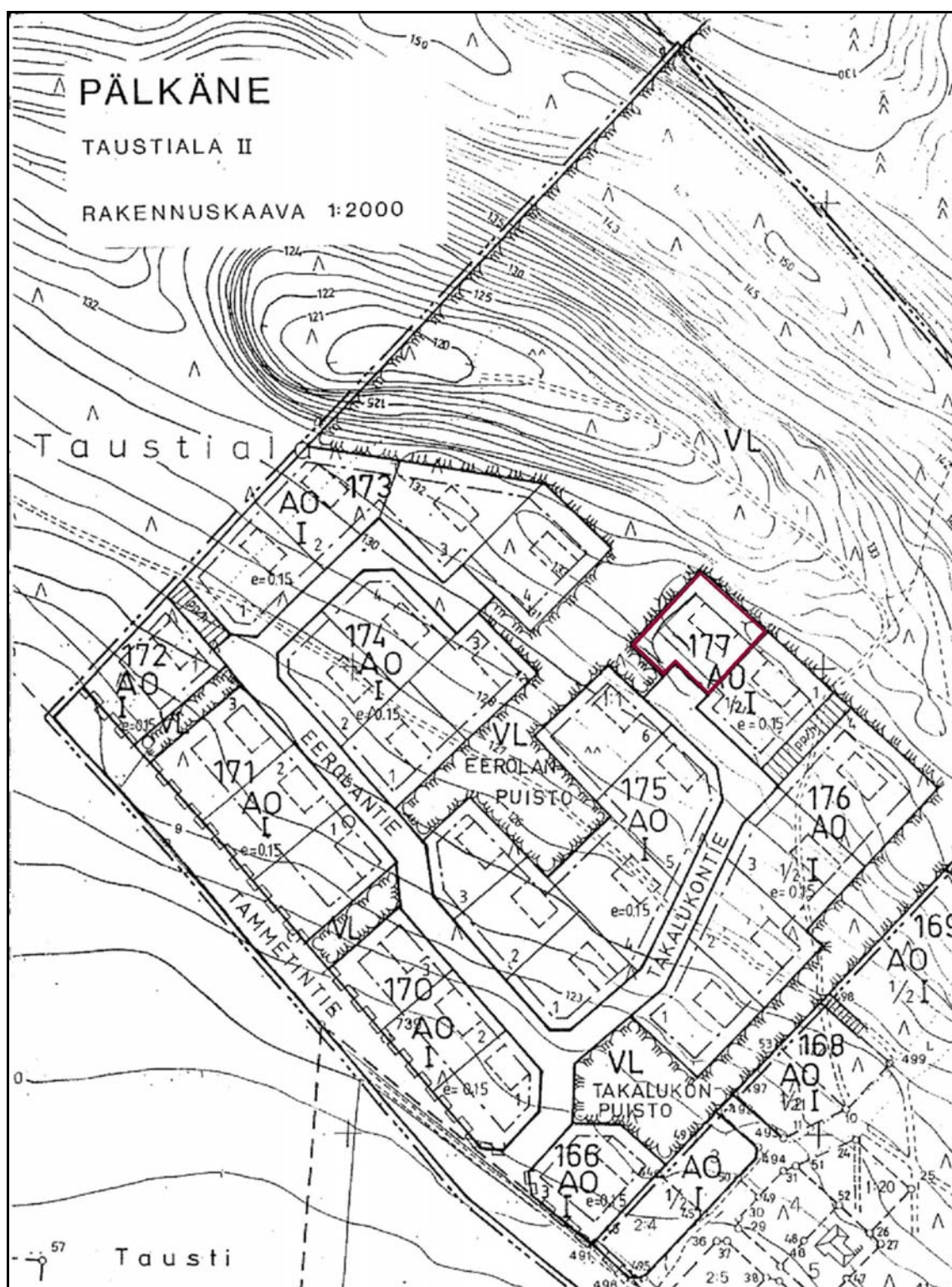
Asuinrakennus sijaitsee Pälkäneellä Taustiala II -asuinalueella. Alue sijaitsee harjun kupeessa noin kolmen kilometrin etäisyydellä keskustasta Tampereen suuntaan. Taustiala II:n talot on rakennettu pääosin vuosien 1990 ja 2000 välisenä kymmenenä vuotena, joten kohteena oleva talo on alueen uusinta rakennuskantaa, koska se on valmistunut vuonna 1999. Tontti on erittäin aurinkoinen, sillä rakennuksen julkisivu on lounaaseen päin. Rakennuksella on ainoastaan yksi rajanaapuri, sillä tontti rajautuu kolmelta sivulta puistoalueeseen. Kuvassa 6 on rakennuksen asemapiirros, josta selviää joitakin mittoja sekä sijainti ilman suuntien suhteen. Harjualueilla maaperä on hyvin ilmaa läpäisevää, ja siksi sisäilman radonpitoisuuksien nouseminen yli sallittujen raja-arvojen on erittäin todennäköistä.



KUVA 6. Rakennuksen asemapiirros (Nurmi 1998)

Asuinalueella, jolla rakennus sijaitsee, on tutkittu maaperän radonpitoisuutta keväällä 1990, ennen kuin aluetta on alettu rakentaa. Talon asiakirjojen joukosta löytyy Hollolalaisen Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n tekemä ja Pälkäneen ympäristölautakunnan tilaama viiden maaperänäytteen tutkimusraportti. Raportin mukaan alueen maaperässä on siltistä hiekkaa, hiekkaa ja soraista hiekkaa. Valitettavasti raportista puuttuu liite, johon on merkitty näytteenottopaikat asuinalueella. Radonpitoisuudet maaperän huokosilmassa vaihtelivat näytteissä välillä 41 000 – 82 000 Bq/m³. Raportissa todetaan, että on todennäköistä, että tavanomaista rakennustapaa käyttäen suunnitteluarvo 200 Bq/m³ huoneilman radonpitoisuudelle ylitetään kaikkien maanäytteiden maapohjilla. Kun rakennuspohja on karkeimman näytteen mukaista soraista hiekkaa, huoneilman

radonpitoisuus voi yksittäistapauksissa nousta yli silloisen 800 Bq/m^3 :n toimenpiderajan. (Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1990.)



KUVA 7. Asuinalueen rakennuskaava. Kohteen tontti on rajattu kaavaan punaisella värillä. (Pälkäneen kunta 1989)

Edellisen sivun kuvassa 7 on Taustiala II -asuinalueen rakennuskaava, jonka korkeuskäyrien perusteella saa jonkinlaisen kuvan alueen korkeusvaihteluista. Talon kohdalla kulkee käyrä 134 m merenpinnasta. Talon takana maanpinta laskee joitakin metrejä, kunnes se nousee hyvin jyrkästi harjun laelle 150 m:n korkeuteen merenpinnasta. Alarivin korttelimerkinnän 166 lävitse kulkee käyrä 120 m merenpinnasta, joten korkeuseroa siihen on 14 m. Korkeuserot vaihtelevat alueen rakennetulla osuudella hyvin maltillisesti, mutta alueen ulkopuolella harjun laelle mentäessä rinteiden jyrkkyys on jo huomattava.

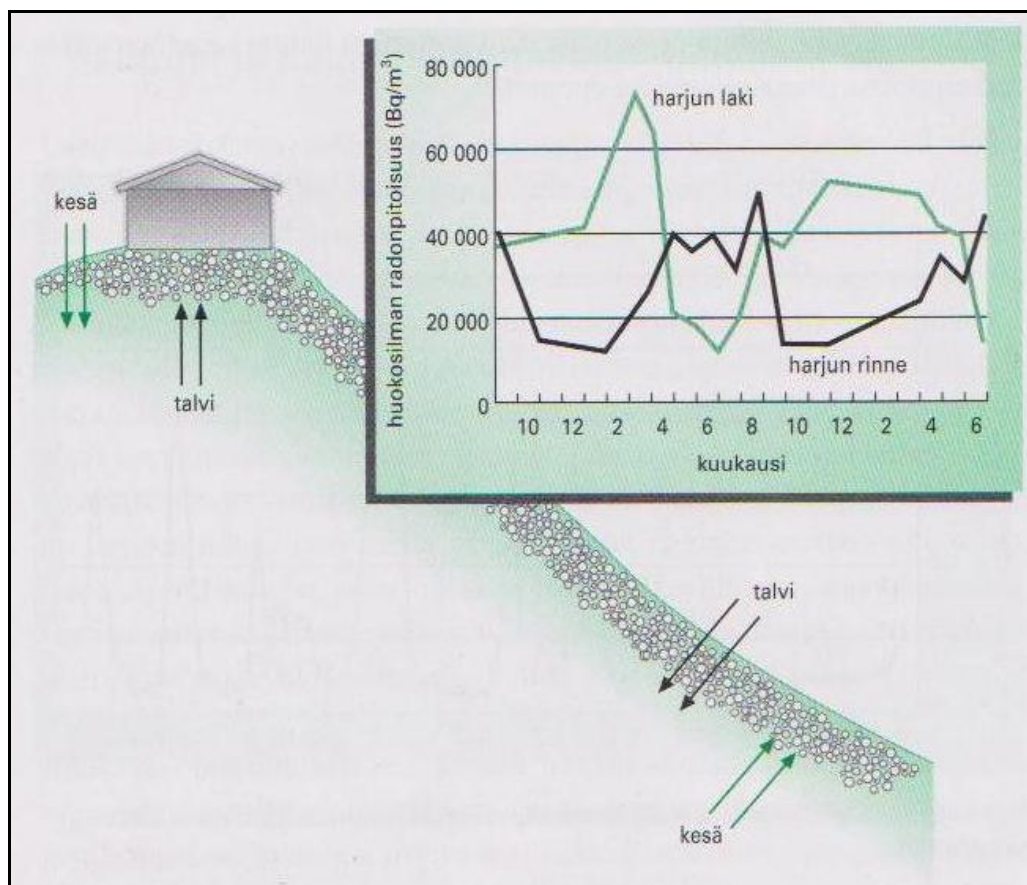
Radonin esiintymisen ja Säteilyturvakeskuksen mittaustuloksen pohdinnassa on oleellista tutustua harjualueiden ominaisuuksiin. Harjun sisäiset lämpötilaerot aiheuttavat maaperän huokosilmassa virtauksia ja onkin olennaista missä kohtaa harjun rinnettä rakennus sijaitsee. Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa mainitaan harjualueista seuraavaa:

Harjuseuduilla säätilan aiheuttamat muutokset voivat olla poikkeavan voimakkaita. Harjun laella vuosikeskiarvo voi olla vain puolet talven korkeista lukemista. Alarinteillä voi esiintyä alueita, joilla pitoisuus on suurempi kesällä kuin talvella. Tällöin vuosikeskiarvo on suurempi kuin talvimittauksen tulos. Ainoa tapa varmistua tällaisista vaihteluista on suorittaa tarvittaessa useita mittauksia eri vuodenaikoina. Korjauspäätöksen tulee perustua asuintiloissa tehtyyn radonmittaukseen. Kellari- ja varastotiloissa voi esiintyä huomattavan korkeita radonpitoisuuksia, vaikka radonpitoisuus asuintiloissa on kunnossa. Tällaisia tiloja, joissa oleskellaan vain lyhyesti, ei tarvitse lähteä korjaamaan.

(Arvela & Reisbacka 2008, 26.)

Kuvassa 8 havainnollistetaan juuri tätä rakennuksen sijainnin merkitystä harjualueella. Säteilyturvakeskus on mitannut huokosilman radonpitoisuuksia harjun laella ja rinteellä puolentoista vuoden ajalla. Kuvan yhteydessä esitetään graafisesti näiden kahden mittauspisteen maaperän huokosilman radonpitoisuuden arvo kuukausittain. Talvella harjun sisäinen huokosilma on lämmintä verrattuna ulkoilmaan. Lämmin ilma kohoaa ylöspäin, joten virtaukset ovat harjun laen

suuntaan ja ne rasittavat laella olevia rakennuksia ja aiheuttavat niiden sisäilmaan radontuottoa. Kesällä sama ilmiö kääntyy päinvastaiseksi, koska harjun sisäinen huokosilma on viileämpää kuin ulkoilma. Tuuli vaikuttaa myös oleellisesti harjualueiden ilmanpaineisiin ja ilmavirtoihin. (Weltner ym. 2003, 133.)



KUVA 8. Huokosilman radonpitoisuuksien vaihtelu harjualueella vuodenaikojen mukaan (Weltner ym. 2003, 133)

10.3 Rakenteellinen toteutus ja radonin mahdolliset tuloreitit

Rakennus on yksikerroksinen omakotitalo, jossa on maanvarainen alapohjalaatta. Pohjapiirroksista (Liite 2 Talo Vesterinen Pohjapiirros 1998) näkee, että lattia on kahdessa eri tasossa. Olohuone on 40 cm muuta lattiatasoa alempana. Rakennuksen piirustukset eivät anna täysin oikeaa käsitystä talon toteutuneista rakenneratkaisuista, sillä muun muassa ulkoseinärakenteita muutettiin piirroksista poikkeaviksi rakennusvaiheessa. Piirustuksia ei ole päivitetty toteutusta vastaaviksi. Tämän työn yhteydessä on päivitetty vanhassa pohjapiirroksessa näkyvä leikkaus A-A, joka on työssä liitteenä (Liite 3 Talo Vesterinen Rakenne-

leikkaus A-A 2011). Talon rakenteita on selvitetty asiakirjojen ja rakennusaikaisen valokuvien perusteella. Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa on luetelma maanvaraisella laaatalla toteutettujen rakennusten tyypillisimmistä radonvuotokohdista. Tähän on poimittu tuosta listasta kohteeseen sopivat riskikohdat.

- Maanvaraisen lattialaatan ja sokkelin välinen kutistumarako
- Lattialaatan halkeamat
- Lattialaatan läpiviennit: pääsähköjohto, viemärointi ja vesijohdot
- Takan perustusten ja lattian saumat tai takkarakenteet
- Kivipohjaiset rakennusmateriaalit

Kevytsoraharkkosokkelin ja maanvaraisen laatan välinen rako on tässäkin kohteessa se merkittävin riskikohta. Radonin johtumisen kannalta on myös huomioitava 40 cm:n lattiatasoero. Pykälä on toteutettu erillisellä anturalla ja kevytsoraharkkomuurilla, jonka pinnoitus on todennäköisesti vaillinainen. Radonpitoinen ilma pääsee virtaamaan huokoisten kevytsoraharkkojen läpi, jos harkkojen pintaa ei ole ohutrapattu sisä- ja ulkopinnalta (RT 81-10791 2003). Tätä rappausta ei ole tehty millekään harkkorakenteelle koko kohteessa.

Tekstin yhteyteen on liitetty joitakin kuvia talon rakennusvaiheesta, joista selviää joitakin oleellisia yksityiskohtia rakenteellisesta toteutuksesta. Kuvissa 9 ja 10 on rakennuksen perustus valettuna ja sokkeli muurattuna kesällä 1998. Kolme ensimmäistä harkkoriviä on muurattu 200mm leveistä kevytsoraharkkoista ja ylimmäinen 150mm leveistä. Näin toteutetaan sokkelin 50mm eristehalkaisu. Kuvissa näkyvä maaperä on tontin alkuperäistä maapohjaa, sillä rakennusvaiheessa ei työmaalle tuotu montaakaan kuormaa kiviainesta. Tontilta kuorittiin pintamaa ja esille paljastui soraista hiekkaa.



KUVA 9. Kevytsoraharkoista muurattu perusmuuri (Kuva: Esko Vesterinen 1998)



KUVA 10. Rakennuksen perustus, perusmuuri ja pohjamaa (Kuva: Esko Vesterinen 1998)

Kuvat 11 ja 12 on otettu Lokakuussa 1998 ennen lattiavalua ja sen jälkeen. Kuvista selviää millaista laatan alla oleva täyttöaines on ja myös se, että eristettä on reunoilla 150 mm ja keskellä 100 mm. Savupiipun ja takan perustuksen liittymä maanvaraiseen laattaan ovat yksi mahdollinen radonin vuotokohta. Kuvista käy kuitenkin ilmi, että lattiavalu peittää tuo perustuksen kokonaan ja ainoa liitoskohta jää piipun ja maanvaraisen laatan välille. Kuvista voi myös havaita, että höyrynsulkumuovi on runkotolppien ja sisäpuolisen koolauksen välissä. Muovi on hieman ylipitkä, joten se limittyy maanvaraisen laatan ja eristeen väliin. Tämä voidaan katsoa radonintorjunnan kannalta hyväksi asiaksi.



KUVA 11. Tulisijan ja savupiipun perustus, alapohjan eristys, sekä höyrynsulun sijainti. (Kuva: Esko Vesterinen 1998)



KUVA 12. Lattiavalun jälkeen (Kuva: Esko Vesterinen 1998)

10.4 Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä

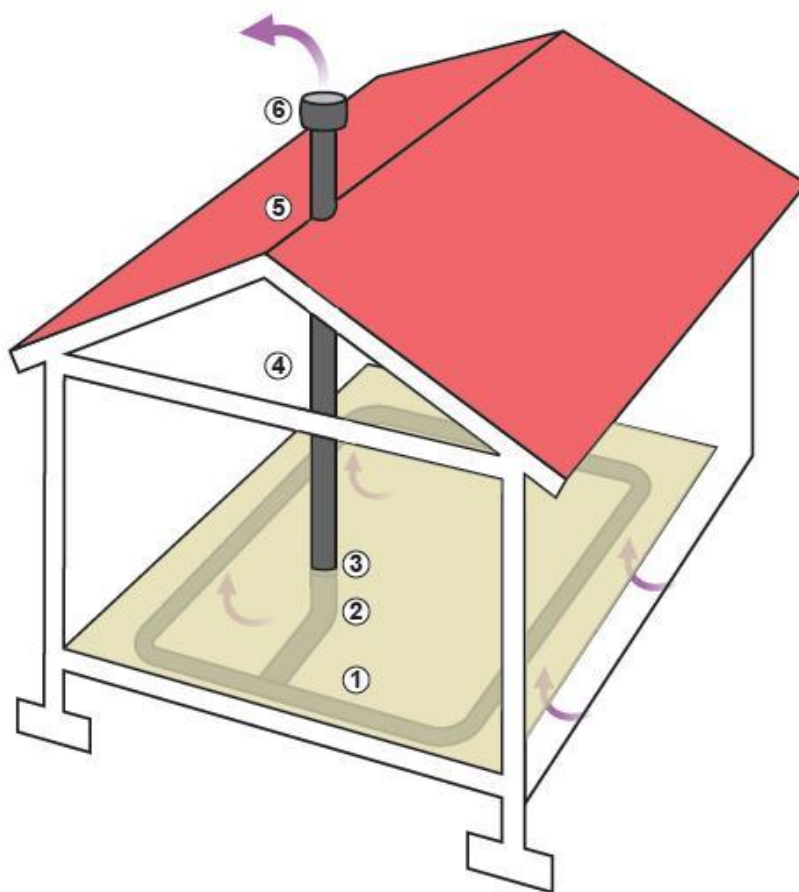
Ilmanvaihto on toteutettu koneellisena tulo- ja poistoilmanvaihtona. Ilmanvaihtokoneena on MUH Ilmava 100, jossa on lämmöntalteenotto. Suunnitteluasiakirjojen mukaan rakennuksen ilmanvaihto on 5l/s alipaineinen. Tuloilman arvoksi on merkitty 52l/s ja poistoilman 57l/s. Ilmanvaihtojärjestelmää ei ole nuohottu ja säädetty sen valmistumisen jälkeen. Ilmanvaihdon säätötoista ei löydy asiakirjaa, sillä se on tehty lainamittarilla omistajan toimesta.

10.5 Juomaveden radon

Asuinrakennuksessa käytetään kunnallista vesijohtovettä, jota koskevat suuremmat vaatimukset, kuin esimerkiksi oman kaivon vettä. Juomaveden erittäin merkittävä radontuotto olisi mahdollista, jos käytössä olisi oma porakaivovesi. Tämän perusteella käyttöveden radontuottoa ei tarvitse ottaa huomioon.

10.6 Rakenteet radonin torjumiseksi

Maanvaraisen laatan alla kulkee radonputkisto, joka on toteutettu hieman vaillinaisena, sillä siitä puuttuu katolle viety poistoputki. Putkisto lähtee kiertämään sokkelinvierustaa talon päädystä ja putken pää palaa samaan pätyyn kierrettyään lenkin koko talon alla. Radonputkiston oikeaa toteutustapaa esitetään kuvassa 13. Kohteen radonputkistoa ei ole mahdollista, pienin kustannuksin ja yksinkertaisin menetelmin, muuntaa ohjeiden mukaiseksi, mutta se voidaan ottaa käyttöön ohjeita ja eri menetelmiä soveltaen. Radonputkiston toteutusta on selvitetty alaluvussa 11.2.



Kuvan selitykset:

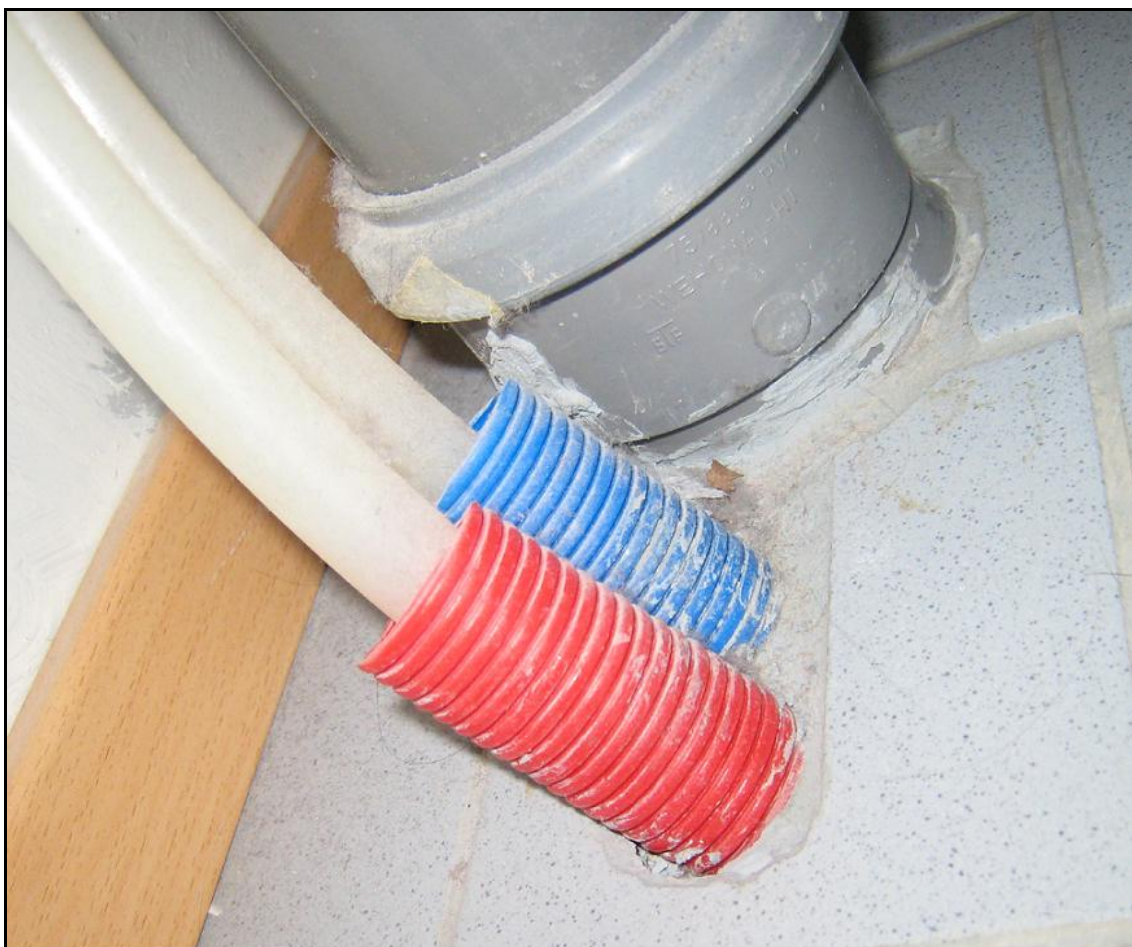
1. Imukanavisto, muovista salaojaputkea, etäisyys perusmuurista n. 1,5m, vähintään 20 cm lämmöneristeen alapuolella
2. Siirtokanava, muovista viemäriputkea
3. Tiivistetty läpivienti lattialaatasta
4. Lämpöeristetty poistoputki
5. Läpivienti vesikatolla
6. Huippumuri

KUVA 13. Maanvaraisen laatan alapuolinen radonputkisto (Arvela & Reisbacka 2008, 125.)

11 TUTKIMUKSET JA HAVAINNOT KOHTEESSA

11.1 Läpiviennit

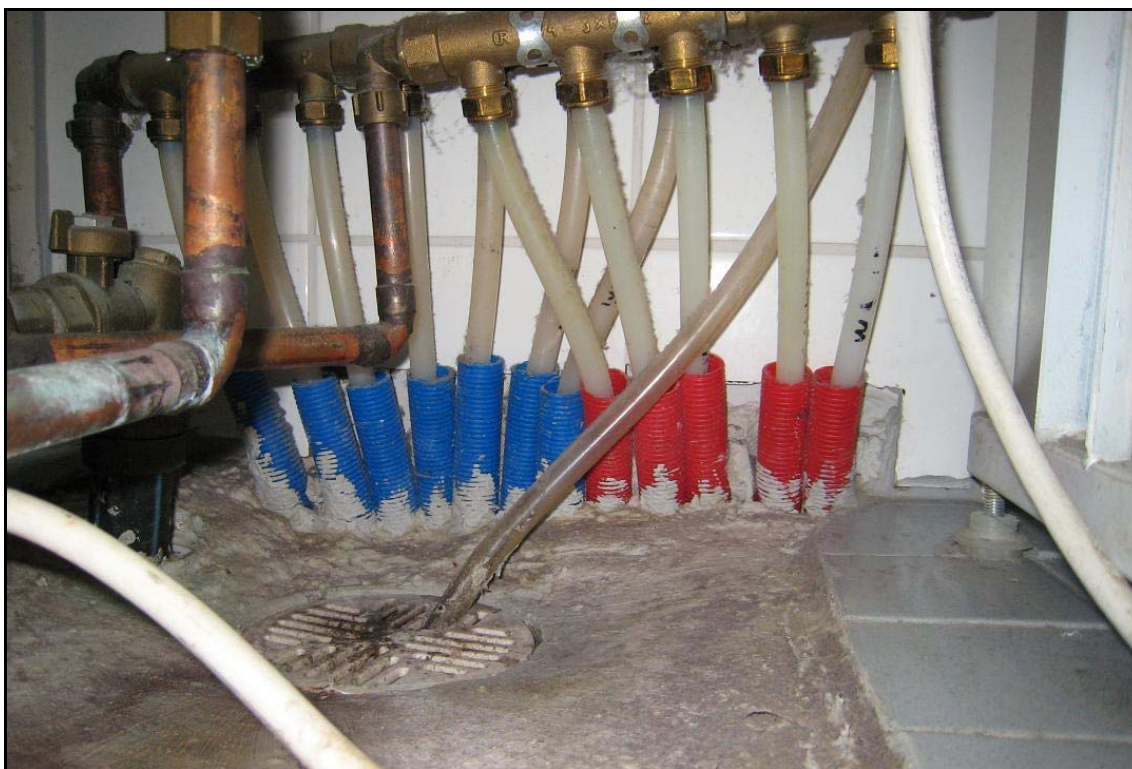
Kaikki rakennuksen maanvaraisen laatan läpiviennit paikannettiin ja tutkittiin aistinvaraisesti. Ne näyttivät suurimmaksi osaksi tiiviiltä, mutta niiden määrä on vähäinen ja siksi tiiveyden varmistaminen ei olisi kovinkaan suuri työ. Kuvassa 14 on wc:n pesualtaan viemäroinnin ja vesiputkien läpivienti, jossa ei aistinvaraisesti havaittu puutteita. Toteutusta ja viimeistelyä ei kuitenkaan nähty joka suunnasta luotettavasti, joten täyttä takuuta niiden tiiveydestä ei ole. Esimerkiksi kuvassa 15 keittiön tiskialtaan vesiputket ja viemäröinti on tiivistetty hieman epämääräisesti, jos ollenkaan. Putkien ympärillä näkyy ilmastointiteippiä sekä viemäriputken ja vesiputkien välissä on rako.



KUVA 14. WC:n pesualtaan vesijohdot ja viemäröinti



KUVA 15. Keittiön käyttövesiputket ja viemärointi



KUVA 16. Kodinhoitohuoneen vedenjaon useat läpiviennit.



KUVA 17. Eteisen sähkökeskuksen putkiläpiviennit ovat väliseinän sisällä.

Kuvan 16 on otettu kodinhoitohuoneesta lämminvesivaraajan alta, jossa on useita läpivientejä talon vedenjaossa sekä muussa tekniikassa. Kaikkien tiiveydestä ei voi tässäkään tapauksessa mennä takuuseen, mutta suuria aukkoja ei ainakaan näkynyt. Rakennuksen sähkötaulu on eteisessä ja kaikki sähköputkien läpiviennit ovat seinän sisällä. Niihin ei pääse käsiksi rakenteita rikkomatta, joten niiden tiiveyttä ei tarkastettu. Kuvassa 17 näkyvät kaksi luukkua paljastivat vain kotelot, joiden kautta ei ollut näkymää läpivienteihin.

11.2 Radonputkisto

Kuten alaluvussa 10.6 ilmeni, rakennuksessa on vaillinaisesti toteutettu radonputkisto. Järjestelmästä puuttuu vesikatolle johdettu poistoputki, joka olisi varustettu huippumurilla tai kanavapuhaltimella. Liitteenä oleva piirros kuvaa radonputkiston ohjeiden mukaista sijoittumista maanvaraisen laatan alla rakennuksen perustuksiin nähden (Liite 4 Talo Vesterinen Radonputkiston oletettu toteutus

2011). Ohjeiden mukaisista etäisyyksistä, muun muassa 1,5 m:n etäisyys sokkeliin, ei voi antaa mitään takuuta. Putkisto on vapaasti tuulettuva, mutta sen oletettu vaikutus huoneilman radonpitoisuuteen on tällä hetkellä hyvin heikko. Kuva 18 esittää putkiston lähtö ja päättymiskohdat talon varastopäädyssä.



KUVA 18. Talon päädyssä näkyvät radonputkiston päät

Kuvasta 19 voidaan nähdä, että putki on halkaisijaltaan suhteellisen pieni ja se aiheuttaa mahdollisessa käyttöönotossa joitakin ongelmia. Putkiston ilmavirtaukset ovat vaikeammin hallittavissa, sillä halkaisijaltaan pienessä putkessa syntyy pienilläkin imutehoilla suuria ilmavirtauksia. Putkiston käyttöönotto edellyttää toisen pään tukkimista riittävällä etäisyydellä kevytsoraharkkosokkelista, jotta voidaan minimoida tiivistämättömän sokkelin läpi virtaava ilma. Myös putkiston pää, johon imuri liitetään, tulee samasta syystä varustaa umpiputkella riittävällä matkalla, jotta imu saadaan vaikuttamaan koko rakennuksen maanvaraisen laatan alueella.



KUVA 19. Sokkelin läpivienti on toteutettu erillisellä läpivientikappaleella. Radonputkiston salaojaputki kääntyy alaspäin

11.3 Painesuhdemittaus ja ilmanvaihdon toteutus

Rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välinen ilmanpaine-ero voi pahimmassa tapauksessa vaikuttaa hyvin merkittävästi radonin kulkeutumiseen sisäilmaan. Taulukossa 1 esitetään jo aiemmin todettu seikka, että rakennuksen sisäpuolella tulisi vallita noin 2-5 Pascalin alipaine ulkoilmaan nähden (Arvela & Reisbacka 2008, 17). Kohteessa mitattiin ilmanpaine-eroa Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriosta lainatulla Testo 510 ilmanpaine-eromittarilla. Mittaushetkellä ulko- ja sisäilman välinen lämpötilaero oli noin 20 astetta, sillä ulkona oli muutama aste pakkasta ja sisällä 21 astetta lämmintä. Ilmanvaihto oli mittausajan kohtana asennossa 2, jossa se normaalisti pidetäänkin. Kovilla pakkasilla ilmanvaihtokone asetetaan asentoon 1 ja tietyssä pakkasessa kone pysähtyy automaattisesti.

TAULUKKO 2. Alipaineisuuden ohjearvot, kun ulkolämpötila on 0 °C (Arvela & Reisbacka 2008, 17)

Ilmanvaihtomenetelmä	Asumuksen tyypillinen alipainetaso Pa (pascalia)
Painovoimainen	1-2
Koneellinen poisto	7-10
Koneellinen tulo ja poisto	2-5

Mittari antoi paine-ero lukemiksi arvoja -2 Pa ja -3 Pa, joten rakennuksen alipaineisuus on suositusten mukainen. Mittausajankohtana ulkoilman lämpötila oli lähellä nollaa, joten mittaukselliset tulokset ovat täysin vertailukelpoisia taulukossa 2 esitettyihin tyypillisiin alipainetasoihin. Alipaineisuuteen vaikuttaa kohteessa takan ja kiukaan lämmittäminen sekä ulkolämpötila. Kovilla pakkasilla lämmitettäessä takkaa, voidaan olettaa alipaineisuuden olevan korkeimmillaan. Mittauksen perusteella voidaan myös todeta, että ilmanvaihdon säädöt ovat suunnilleen kohdallaan, eikä ole syytä ryhtyä pelkkiin säätötoimenpiteisiin. Toimenpiteisiin kannustaa ennemmin 10 vuoden välein suositeltu kanaviston puhdistus.

Ilmanvaihto on toteutettu määräysten mukaisesti, sillä tulo- ja poistoventtiilit sijaitsevat niille määräyksissä osoitetuissa tiloissa. Ilmanvaihto on määräysten ja ohjeiden mukainen ja sille ei ole järkevästi tehtävissä radonpitoisuutta madaltavia toimenpiteitä. Ilmanvaihtokerroin on hyvin lähellä arvoa 0,5 l/s, sillä poistoilman arvo 57 l/s tarkoittaa noin 200 m³/h ilmavirtaa. Rakennuksen tilavuus voidaan karkeasti laskea 150 m²:n pinta-alalla ja kun otetaan huomioon 50 m²:n alueella oleva korkeampi huonekorkeus, niin kokonaistilavuus on noin 400 m³. Ilmanvaihdolle mahdollisesti tehtävät toimenpiteet liittyvät lähinnä järjestelmän puhtauteen. Viihtyvyyden turvaamiseksi ei ole syytä kasvattaa ilmanvaihdon tehoa.

12 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

12.1 Toimenpidesuosituksat korjausoppaan mukaan

Asuntojen radonkorjaaminen -oppaan luvussa 15 on lyhyt valintaohje korjaustoimenpiteille erityyppisissä rakennuksissa. Tähän yhteyteen on poimittu lista, jossa on matalaperustaisen, maanvaraisella laaalla perustetun, talon korjaus-suositukset.

- Radonimuri tai -kaivo ensisijainen
- Tarvittaessa tehostamistoimia (ilmanvaihto, alipaine, tiivistäminen)
- Ilmanvaihdon tehostamisella tai alipaineisuuden vähentämisellä on vain harvoissa tapauksissa saavutettu yksinään korkeita alenemia (yli 50 %)
- Tiivistäminen yksinään on erittäin vaativa toimenpide, jos tavoitteena on yli 50 % alenema

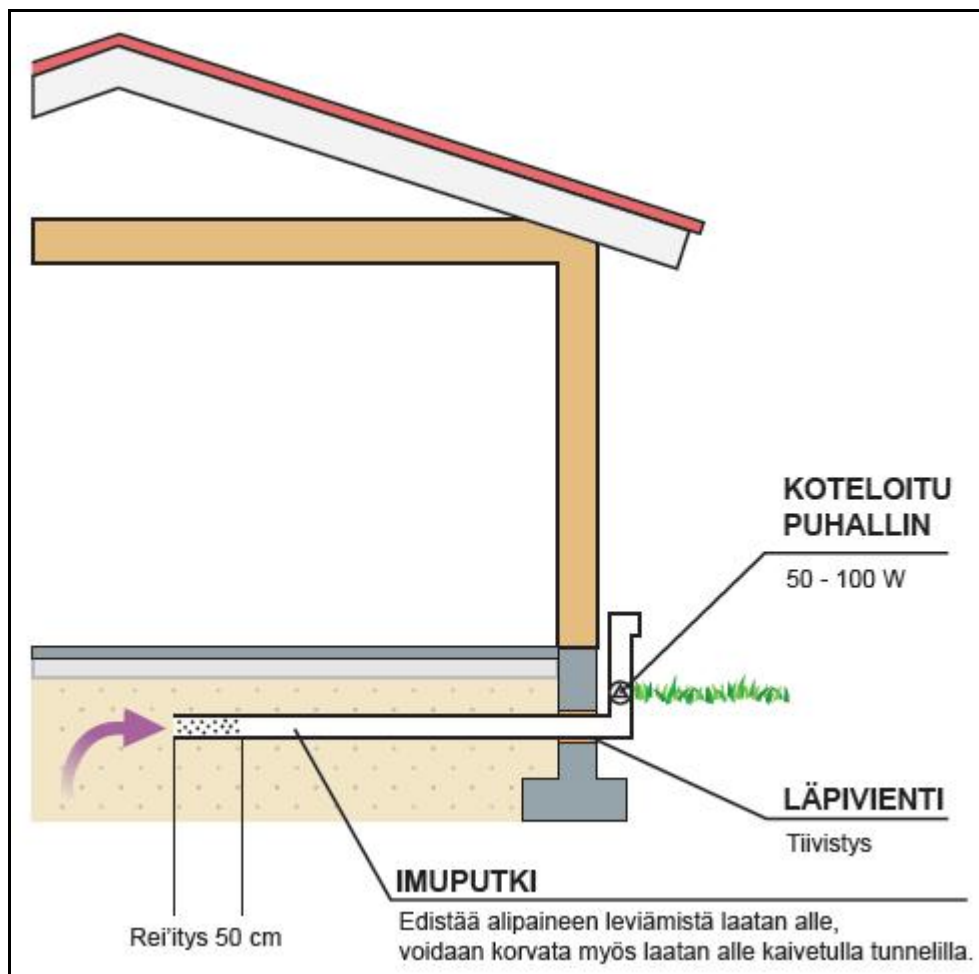
(Arvela & Reisbacka 2008, 127)

12.2 Säteilvrturvakeskuksen tutkijan haastattelu

Asta Rakentaja 2011 -messuille oli järjestetty Säteilvrturvakeskuksen tietoisku Pirkanmaan radontilanteesta. Perjantaina 11.2.2011 tilaisuudessa esiintyivät Säteilvrturvakeskuksen tutkijat Heikki Reisbacka, Tuomas Valmari sekä Olli Holmgren. He esittelivät Pirkanmaan Radontalkoissa saatuja tuloksia, radonkorjausten radonin torjunnan periaatteita ja torjuntakeinoja uudisrakentamisessa. Esityksen jälkeen heitä oli mahdollista haastatella. Reisbackalle esiteltiin kohdetta ja kerrottiin joitakin perustietoja rakenteellisesta toteutuksesta. Hän suositteli radonputkiston käyttöönottoa, vaikka sen tarkasta toteutuksesta ei ole tietoa. Putkisto voi sijaita liian lähellä kevytsoraharkkosokkela ja liian suurella imuteholla se voi vetää ilmaa sokkelin läpi. Tämä saattaa pahimmissa tapauksissa aiheuttaa putkien jäätymistä, rakenteiden viilentymistä tai jopa kosteusvaurioita. Epävarmuuksien takia imurin tai puhaltimen teho tulee säätää hyvin maltilliseksi, jotta välttään mahdollisilta haittavaikutuksilta. Maanvaraisen laatan alapuo-

linen radonputkisto voidaan ottaa käyttöön sokkelin läpi tehdyn imurin periaatteella, koska putkistosta ei ole johdettu kanavaa katolle. (Reisbacka 2011.)

Suosittelua menetelmää selventää kuva 20, jossa on kuvattu sokkelin läpi toteutettu radonimuri. Sokkelin ulkopuolinen imuri tai puhallin liitettäisiin esimerkiksi kohteessa suoraan maanvaraisen laatan alla olevaan radonputkistoon. Puhallin voidaan koteloida äänen vaimentamiseksi tai seinää pitkin voidaan johtaa poistokanava ylös. On hyvä varmistautua siitä, ettei radonpitoinen ilma pääse talon ilmanvaihtojärjestelmään ja huoneilmaan rakennuksen tuloilmanoton kautta. Talon pohjapiirrosta ja radonputkiston oletettua sijaintia kuvaavaa piirrosta vertailemalla voidaan havaita, että putkiston ja sokkelin välisellä jäätymisvaaravyöhykkeellä ei ole merkittävästi vesi- ja viemäriinjoja (Liite 2 ja Liite 4).



KUVA 20. Radonimuri sokkelin läpi (Arvela & Reisbacka 2008, 45).

12.3 Toimenpide-ehdotukset kohteessa

Korjausoppaiden, kohteessa tehtyjen tutkimusten sekä tutkijan haastattelun jälkeen on päätettävä mitkä toimenpiteet voisivat olla järkeviä toteuttaa. Kohteessa tehtyjen ilmanpaine-eromittausten ja aistinvaraisten tutkimusten perusteella ei havaittu suuria puutteita, jotka vaatisivat laajoja toimenpiteitä. Lopullinen toimenpide-ehdotus on seuraavanlainen:

- Radonputkiston käyttöönotto
- Läpivientien tiiveyden varmistaminen
- Ilmanvaihdon puhdistus ja perussäätö

Radonputkiston käyttöönotto on päämenetelmä, jolla pyritään alentamaan sisäilman radonpitoisuutta. Menetelmää tukevana toimenpiteenä voidaan tiivistää läpivientejä joko vedeneristysaineella tai polyuretaanimassalla. Sokkelin ja maanvaraisen laatan välisen raon tiivistämiseen ei tule tässä vaiheessa lähteä työn laajuuden johdosta. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja perussäätö suositellaan tehtäväksi asuinrakennuksissa 10 vuoden välein. Tämän tekeminen varmistaisi ilmanvaihdon asianmukaisen toiminnan ja palvelisi samalla yleistä tavoitetta saavuttaa terveellisen ja viihtyisän sisäilmasto. Tätä toimenpidettä ei pysty tekemään omatoimisesti.

12.4 Kustannusarvio

Asuntojen radonkorjaaminen -oppaan kustannukset perustuvat vuoden 2008 hintatasoon, mutta niiden avulla pystyy arvioimaan jonkin suuruusluokan ehdotetuille toimenpiteille. Sokkelin läpi toteutetun radonimurin ainekustannukset olivat 200–400 € ja läpivientien tiivistystöiden noin 50 €. Ilmanvaihtojärjestelmän nuohoukselle ja säätötöille voi laskea 500 €, koska siihen käytettävästä työstä saa kotitalousvähennyksen. Kokonaiskustannukset ovat näiden hintojen perusteella noin 750–1000 €. Ilmanvaihtojärjestelmässä ei havaittu puutteita, joten

sen osuus ei ole pelkästään radonin torjuntaa vaan yleistä ilmanlaatua ja viihtyvyyttä parantavaa.

12.5 Jälkiseuranta

Radonmittaus olisi hyvä uusien korjaustoimenpiteiden suorittamista seuraavan talven aikana, jotta saadaan jonkinlainen vertailuarvo edelliselle mittaukselle. Sen perusteella voidaan arvioida tehtyjen toimenpiteiden onnistumista. Toimenpiteiden vaiheittainen tekeminen on myös mahdollista, mutta siinä tapauksessa radonmittauksia on syytä tehdä useampaan kertaan.

13 OMATOIMISEN RADONKORJAUKSEN HYÖDYT JA HAITAT

13.1 Pohdintaa

Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa käsitellään korjaamismenetelmiä ja niihin liittyviä mahdollisia ongelmia hyvin kattavasti. Kaiken tuon teorian tiedon ja myös esimerkkikohteessa tehtyjen käytännön selvitysten perusteella on olennaista arvioida omatoimisten korjausten kannattavuutta.

13.2 Omatoimikorjauksen puolesta

Toimenpiteiden hinta on usein suurin este niiden toteuttamiseksi. Omatoimisesti suoritettuina radonkorjauksen hinta voi muodostua vain aine- ja tarvikekuluista. Kun korjaukseen liittyy ulkopuolista osaamista, mutta suurin osa työstä toteutetaan omatoimisesti, säästöt voivat olla sadoista euroista tuhansiin euroihin. Radonkorjauksiin erikoistuneita tai niitä toteuttavia yrityksiä on vähän ja kustannuksia laskevaa hintakilpailua ei muodostu. Omatoimisen korjauksen tukena ovat kattavat korjausoppaat ja muut ohjeet sekä muun muassa Säteilyturvakeskuksen muu radoniin liittyvä tieto. Asiallisesti toteutetulla radonkorjauksella taistellaan terveyshaittoja vastaan. Varsinkin ilmanvaihtoon liittyvät selvitykset voivat paljastaa merkittäviä puutteita, joiden korjaaminen ei pienennä ainoastaan sisäilman radonpitoisuutta vaan edistää hyvää ja terveellistä sisäilmaa.

13.3 Omatoimikorjausta vastaan

Radonkorjaukset eivät aina johda toivottuihin tuloksiin, kuten ilmenee kuviosta 2 sivulla 29. Tekijän tiedot tai taidot voivat olla puutteellisia. Väärä toteutus voi jopa kasvattaa radonpitoisuutta tai aiheuttaa muita haittoja. Lähtökohtaisesti oppaiden ohjeet ovat yksinkertaisia ja havainnollisia, mutta onnistuminen edellyttää huolellisuutta. Joidenkin toimenpiteiden yhteydessä omatoimiselta korjaajalta vaaditaan jonkinlaista rakennusalan kokemusta tai siitä on ainakin etua.

14 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Radonin torjunnan periaatteet ovat suhteellisen yksinkertaisia, mutta radonkorjauksissa kohteen toteutus voi tehdä prosessista mutkikkaan. Asuntojen radonkorjaaminen -oppaassa annetaan hyvin perusteellinen selvitys radonongelman syistä ja olemassa olevien rakennusten radonkorjaustoimenpiteistä. Toimenpiteiden onnistumiseksi on ansiokkaasti eritelty asioita, joita on hyvä huomioida niitä edeltävissä selvityksissä ja suunnitelmissa. Myös erilaisten rakenteiden ja järjestelmien sekä erityyppisten rakennuksien erot on huomioitu. Esimerkkikohteen rakenteet eivät aiheuttaneet vaikeuksia, mutta vaillinaisen radonputkiston käyttöönottoa ei ymmärrettävästi ole käsitelty korjausoppaassa. Ongelmatilanteissa on mahdollista ottaa yhteyttä Säteilyturvakeskuksen asiantuntijoihin, joilla on kokemusta sadoista rakennuksista ja niissä käytetyistä korjausmenetelmistä ja eri menetelmien sovelluksista.

On myönnettävä, että korjausmenetelmät eivät ole vaativuudeltaan samaa tasoa, joten korjaajan taidoillakin on merkitystä. Vaikka omatoimikorjaaja vetäytyisi korjauksesta opasta luettuaan, on tietämys erittäin arvokasta ulkopuolista urakoitsijaa etsittäessä ja työtä sekä sen laatua valvottaessa. Valitettavan usein kustannukset nousevat terveystarkastuksia suuremmaksi tekijäksi, kun mietitään korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä.

Kokonaisuutena selvitys toteutti sille asetetun tavoitteen. Esimerkkikohteen rakenteelliset riskikohdat oli helposti löydettävissä ja toimenpide-ehdotus oli helppo laatia. Ehdotukset perustuvat tarkkaan pohdintaan sekä asiantuntijoiden laatiin ohjeisiin. Toimenpiteiden toteuttaminen ja jälkiseuranta paljastavat niiden onnistumisen ja lopulliset kustannukset.

LÄHTEET

Arvela, H. 1995. Asuntojen radonkorjauksien menetelmät. Säteilyturvakeskus. STUK-A127. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

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

Arvela, H., Mäkeläinen, I., Holmgren, O. & Reisbacka, H. 2010. Radon uudisrakentamisessa. Otantatutkimus 2009. STUK-A244. Helsinki: Edita Prima Oy.

Haapanen, A. 2008. Hyvinkään kaupungin ja Riihimäen seudun terveystieteiden kuntayhtymän radontalkoiden seuranta. Kuopion yliopiston koulutus ja kehittämiskeskus. Täydennyskoulutuksen lopputyö. Luettu 23.3.2011.
<http://www.talokki.fi/uploads/assets/radon.pdf>

Iltalehden Internet-sivut 2010. Keskustelualue. Oletko huolissasi Radonin terveysvaikutuksista? Keskustelu luotu 27.11.2010. Luettu 23.3.2011.
<http://portti.iltalehti.fi/keskustelu/showthread.php?t=396395>

Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy 1990. Pälkäneen ympäristölautakunnan tiilaama maanäyteraportti.

Kaskinen, H. 2010. TM Rakennusmaailma 9/2010. Imuri vie pahan radonin maasta. Helsinki: Otavamedia Oy.

Nurmi, M. 1998. Talo Vesterinen piirtäjä.

Pälkäneen kunta 1989. Taustiala II:n omakotitontit. Asuinalueen rakennuskaava

Reisbacka, H. tutkija. 2011. Haastattelu 11.2.2011. Haastattelija: Vesterinen, V.

RT 81-10791 2003. Radonin torjunta. Rakennustietosäätiö.

Sosiaali- ja terveysministeriö 1992. Päättös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. 21.10.1992. 944/1992.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920944>

Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki: Oy Edita Ab.

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

Säteilyturvakeskus. Internet-sivut. www.stuk.fi/radon

Törmänen, E. 2009. Onko asunnossasi tappavaa radonia? Tekniikka ja talous lehden uutiskommentti. Luotu 16.9.2009. Luettu 31.1.2011.
<http://www.tekniikkatalous.fi/kommentit/uutiskommentti/article328526.ece>

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

Vesterinen, E. 1998 & 1999. Valokuva-arkisto. Valokuvia rakennusvaiheista.

Weltner A., Arvela H., Turtiainen T., Mäkeläinen I. & Valmari T. 2003. Radon sisäilmassa. Teoksessa Pöllänen, Roy (toim.). Säteily ympäristössä. Säteilyturvakeskus. Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 2. Hämeenlinna: Karisto, 110-161.

Ympäristöministeriö 2010. D2 Suomen rakennusmääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Valmistelija: Pekka Kalliomäki. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=377177&lan=FI>

LIITTEET

Liite 1 Säteilyturvakeskuksen radonmittausraportti 2010

Liite 2 Talo Vesterinen Pohjapiirros 1998

Liite 3 Talo Vesterinen Rakenneleikkaus A-A 2011

Liite 4 Talo Vesterinen Radonputkiston oletettu toteutus 2011



11.06.2010

71699/RADON

Vesterinen Markku

Takalukontie 12
36600 Pälkäne

HUONEILMAN RADONMITTAUS

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

Jos mittautulos ylittää 400 Bq/m³

Säteilyturvakeskus suosittelee asunnon omistajaa tai haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin radonpitoisuuden pienentämiseksi niissä huonetiloissa, joissa mittautulos 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 mittautulos 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.

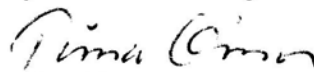
Jos mittautulos alittaa 200 Bq/m³

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

Mistä lisätietoja?

Kunnan terveys- ja rakennusviranomaiset antavat neuvoja radonin torjuntaan liittyvissä asioissa. Heiltä saa myös tietoja radonkorjausavustuksista ja niiden hakemisesta.

Tutkimusassistentti


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



TULOSLIITE

11.06.2010

71699/RADON

Purkin- numero	Mittausaika	Radonpitoi- suus Bq/m ³	Huone/ kerros	Huom	Toimenpide
266829	16.02.2010 - 16.04.2010	240	käytävä 1		korjausta syytä harkita

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

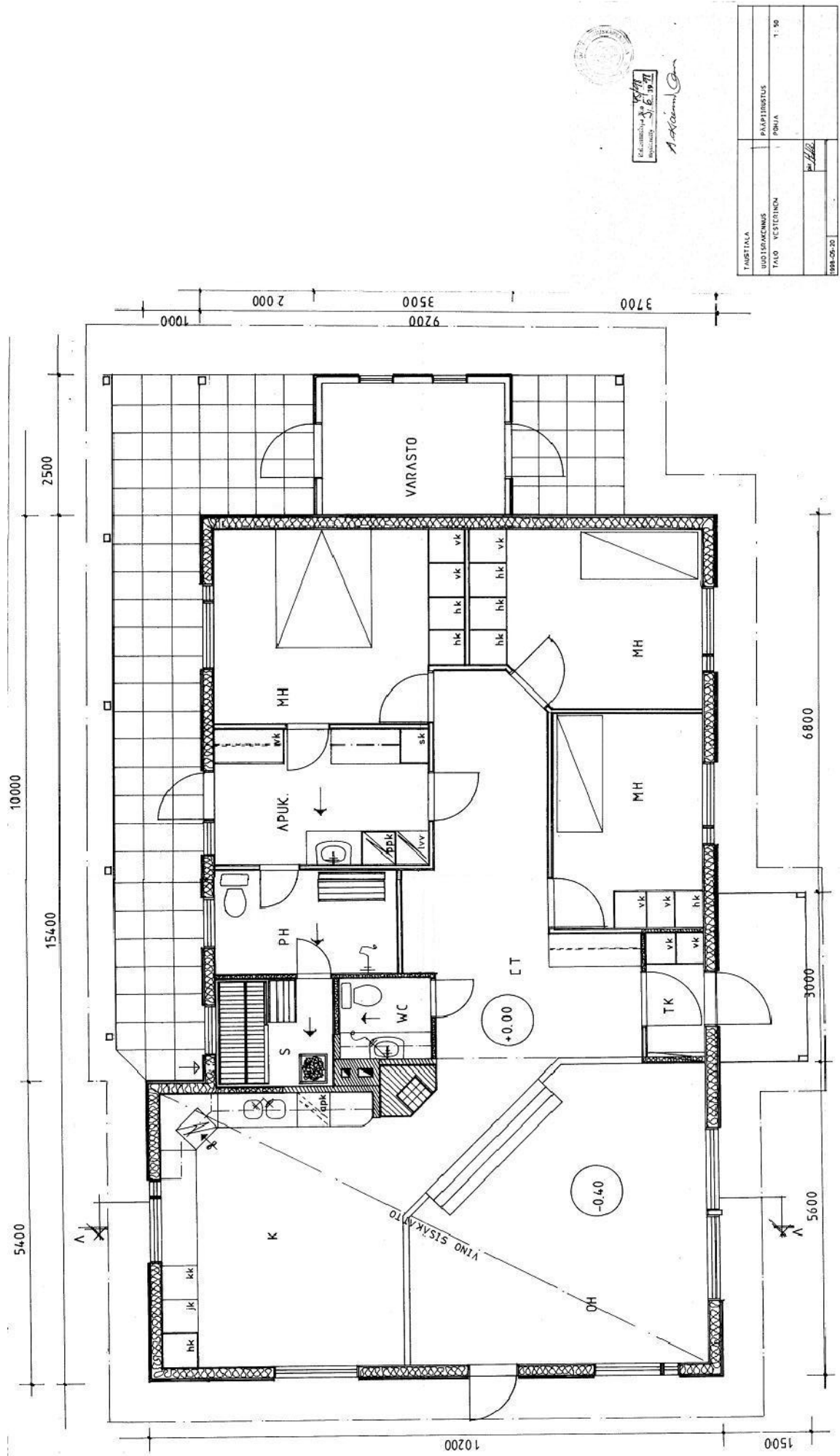
OSOITE/ADRESS
 Laippatie 4
 00881
 Helsinki/Helsingfors

POSTIOSOITE/POSTAL ADDRESS
 Laippatie 4,
 PL/P.O. Box 14
 FIN - 00881 HELSINKI

PUH/TEL
 (09) 759 881
 +358 9 759 881

FAX
 09 759 88 556
 +358 9 759 88 556

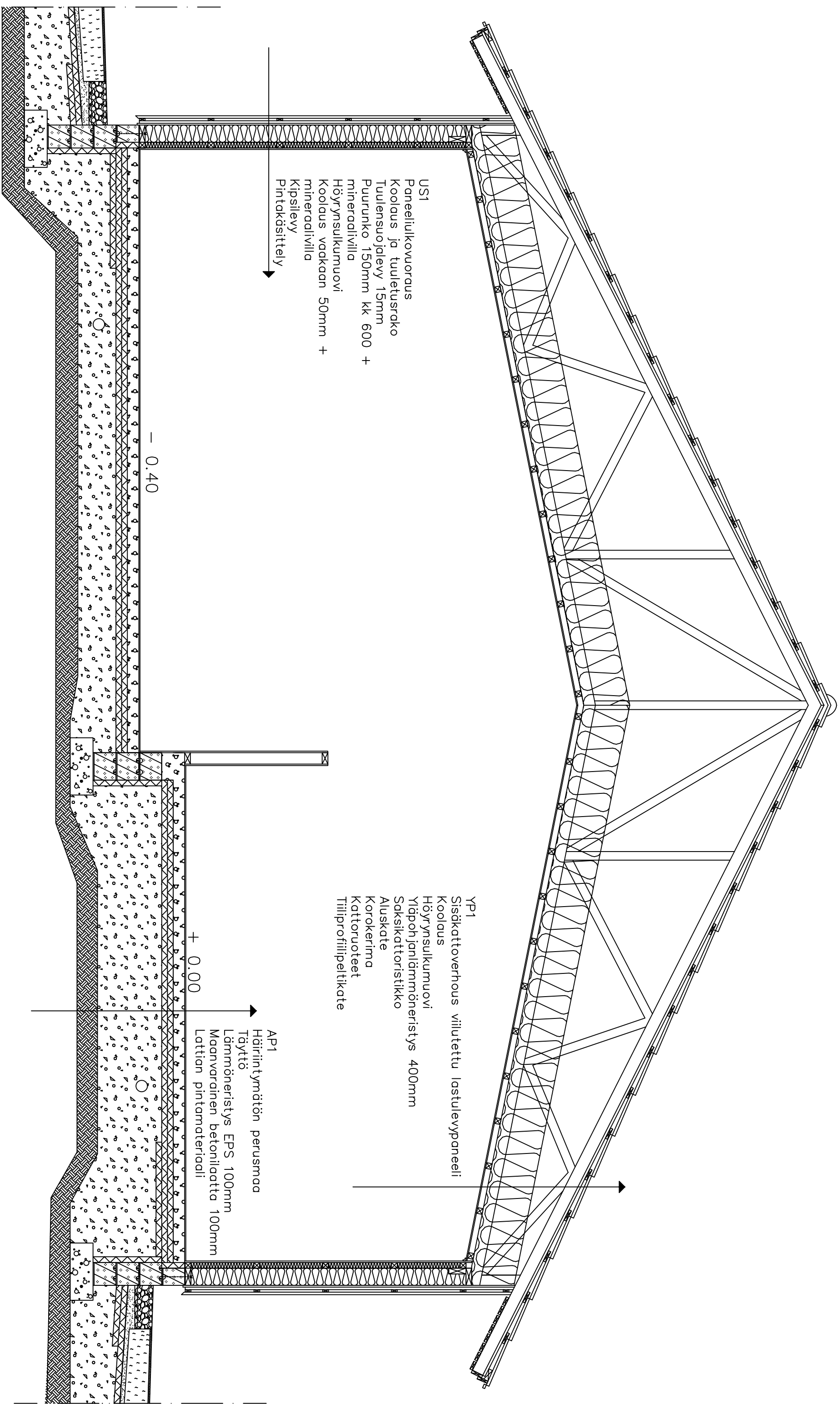
LIITE 2. POHJAPIIRROS TALO VESTERINEN



Edustushenkilö: *[Signature]*
Pöytäkirja: *[Signature]*
A. Kämäläinen

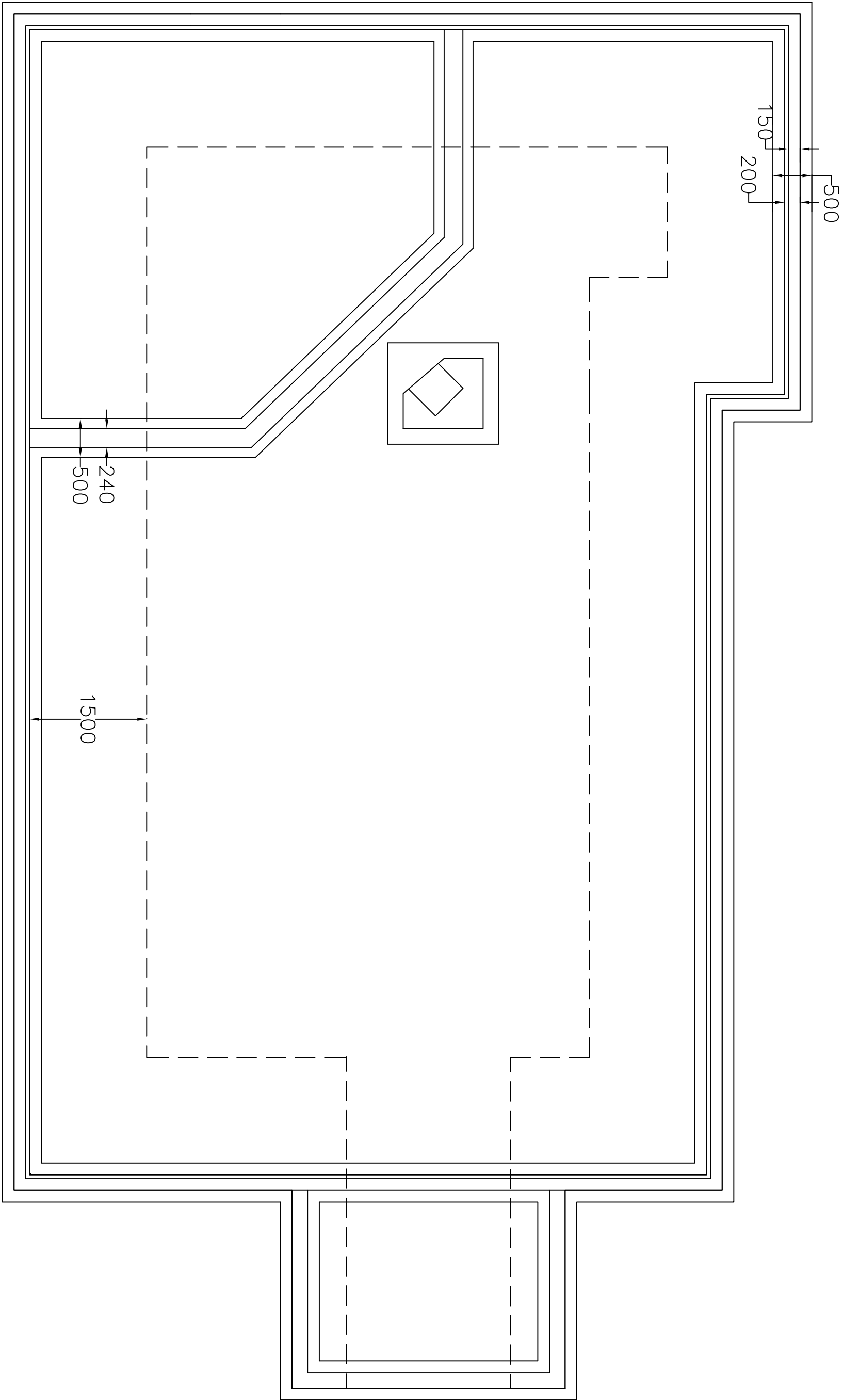
TAUSTATILA	TAUSTATILA
UUDISRAKENNUS	RAAJIPIIRUSTUS
TALO VESTERINEN	POHJA
	1:50
1998-05-20	

Liite 3. Leikkaus A–A. Talo Vesterinen.



Kaupunginosa	Korttel/tila	Tontti/no	Vieromösten merkintä	
Toustila			Finustadji	Juoksa
Rakennustienpide			Finustadji	Juoksa
Rakennuskohde	Talo Vesterinen		Finustadji	Juoksa
			Leikkauspiirustus	1:30
			A-A	
Suunnittelutoimisto	Arkkitehtitoimisto		Suunnittelusta, tekniikka ja piirustusten numero	Muutos
			Yhteystiedot	Tiedosto
Päivitys, suunnittelija, nimen selitys ja koulutus				
13.4.2011 Ville Vesterinen				

Liite 4. Anturat ja kevytsoraharkkomuurit sekä Radonputkisto.
Talo Vesterinen.



Kaupunginosa	Korttel/vila	Tontti/no	Vierasmiesien merkityk	
Taustiala			Finatidat	Uudekno
Rakennusohje			Enityspirustus	
Rakennuskohde			Finatidat sisit	Mittakort
Talo Vesterinen			Radonputkisto ja perustukset	1:50
Suunnittelukunta				
Suunnittelukunta			Suunnittelukunta, Yhteinen ja jirustuksen numero	Muutos
Rakennus, suunnittelija, nimen selvitys ja koulutus			Yhteinen	Tiedosto
13.4.2011 Ville Vesterinen				