



INSO
15987-8
1st Edition
2020

Identical with
ISO 11665-8:
2019

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۵۹۸۷-۸
چاپ اول
۱۳۹۹

اندازه‌گیری پرتوزایی در محیط زیست —
هوای رادون-۲۲۲ —
قسمت ۸: روش‌شناسی تحقیقات اولیه و
تمکیلی در ساختمان‌ها



دارای محتوای رنگی

**Measurement of radioactivity in the
environment —
Air: radon-222 —
Part 8: Methodologies for initial and
additional investigations in buildings**

ICS: 13.040.01; 17.240

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: (۰۲۶) ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸

دورنگار: (۰۲۶) ۳۲۸۰۸۱۱۴

رایانمای: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مركب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشتہ طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Métrologie Legale)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اندازه‌گیری پرتوزایی در محیط زیست - هوا: رادون-۲۲۲ - قسمت ۸: روش‌شناسی تحقیقات اولیه و تکمیلی در ساختمان‌ها»

سمت و/یا محل اشتغال:

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

رئیس:

فتح‌آبادی، نسرین
(دکتری بهداشت محیط)

دبیر:

شرکت مهندسین مشاور افق هسته‌ای

جمشیدی، وحید
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت مهندسین مشاور افق هسته‌ای

اماگی، جواد
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

سازمان حفاظت محیط زیست- مرکز ملی هوا و تغییر اقلیم

بابائی، نادیا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب)

شرکت مهندسین مشاور افق هسته‌ای

خسروپور، بهزاد
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

وزارت راه و شهرسازی- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

Zahed, Fatemeh
(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

سمیع‌پور، فرهاد
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

پژوهشکده سیستم‌های پیشرفته صنعتی

عربلو، رضا
(کارشناسی فیزیک)

نیروگاه اتمی بوشهر

فیروزآبادی، مریم
(کارشناسی ارشد شیمی)

سازمان انرژی اتمی ایران- پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کاکایی، مجتبی
(کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)

مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت و درمان و آموزش

گورانی، علی
(کارشناسی ارشد بهداشت محیط)

پزشکی

سمت و/یا محل اشتغال:

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور

طاهری، مهران

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

سازمان انرژی اتمی ایران - پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

نصیری مفخم، نورا

(دکتری فیزیک پلاسما)

اداره کل استاندارد استان تهران

ویراستار:

سروری، فریده

(کارشناسی ارشد میکروبیولوژی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ح	پیش‌گفتار
ط	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها
۲	۱-۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۲-۳ نمادها
۶	۴ سازماندهی مراحل اندازه‌گیری
۷	۵ تحقیقات اولیه
۷	۱-۵ هدف
۷	۲-۵ روش‌شناسی تحقیق اولیه
۸	۳-۵ انتخاب وسایل اندازه‌گیری
۸	۴-۵ موقعیت مکانی نقاط اندازه‌گیری
۸	۱-۴-۵ کلیات
۸	۲-۴-۵ تعیین و انتخاب نواحی همگن
۹	۳-۴-۵ تعداد وسایل اندازه‌گیری که باید نصب شوند
۹	۴-۴-۵ نصب وسایل اندازه‌گیری
۱۰	۵-۵ نصب و جمع‌آوری دستگاه‌های اندازه‌گیری
۱۱	۶-۵ نحوه پردازش داده‌ها توسط وسایل اندازه‌گیری
۱۱	۷-۵ تجزیه و تحلیل داده‌ها
۱۲	۸-۵ گزارش تحقیق اولیه
۱۳	۶ تحقیقات تکمیلی
۱۳	۱-۶ کلیات
۱۴	۲-۶ روش‌شناسی تحقیقات تکمیلی
۱۴	۱-۲-۶ کلیات
۱۴	۲-۲-۶ نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان
۱۵	۳-۲-۶ شناسایی منابع رادون و راههای ورودی
۱۵	۱-۳-۲-۶ کلیات
۱۵	۲-۳-۲-۶ اندازه‌گیری‌های پرتوسنجی

صفحه	عنوان
۱۵	اندازه‌گیری رادون در هوای خاک، ترک‌ها و مسیرهای عبور لوله‌ها ۳-۳-۲-۶
۱۶	تخمین آهنگ بروندمش سطحی رادون ۴-۳-۲-۶
۱۶	اندازه‌گیری رادون در آب ۵-۳-۲-۶
۱۶	اندازه‌گیری رادون در فضای باز ۶-۳-۲-۶
۱۶	شناسایی مسیرهای انتقال کلیات ۴-۲-۶
۱۶	اندازه‌گیری پیوسته رادون ۲-۴-۲-۶
۱۷	اندازه‌گیری نقطه‌ای رادون ۳-۴-۲-۶
۱۷	اندازه‌گیری محصولات واپاشی کوتاه‌عمر رادون ۴-۴-۲-۶
۱۷	گزارش تحقیقات تكمیلی ۳-۶
۱۸	آزمون فوری پسا-کاهش راه حل‌های فنی به کار گرفته شده ۷
۱۹	کنترل اثربخشی راه حل‌های فنی به کار گرفته شده ۸
۱۹	کنترل قابلیت پایداری ۹
۲۰	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثالی از ساختمان‌های زیرزمینی و سطوح مدفون
۲۱	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) سازماندهی مراحل اندازه‌گیری رادون در یک ساختمان
۲۲	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) گزارش تحقیق اولیه
۲۵	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مثالی از تجزیه و تحلیل نتایج اندازه‌گیری تحقیق اولیه
۲۶	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «اندازه‌گیری پرتوزایی در محیط زیست - هوا: رادون-۲۲۲ - قسمت ۸: روش‌شناسی تحقیقات اولیه و تکمیلی در ساختمان‌ها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در دویست و هفتاد و چهارمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۹/۰۷/۰۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مذبور است:

ISO 11665-8: 2019, Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 8: Methodologies for initial and additional investigations in buildings

مقدمه

ایزوتوب‌های رادون-۲۲۲، رادون-۲۱۹ و رادون-۲۲۰ گازهای پرتوزایی می‌باشند که بر اثر فروپاشی ایزوتوب‌های رادیم-۲۲۶، رادیم-۲۲۴ و رادیم-۲۲۳، که به ترتیب محصولات واپاشی اورانیم-۲۳۸، اورانیم-۲۳۵ و توریم-۲۳۲ هستند، تولید شده و همگی در پوسته زمین یافت می‌شوند (برای اطلاعات بیشتر به پیوست A استاندارد ISO 11665-1: 2019 مراجعه شود). عناصر جامد و پرتوزا که در نهایت به سرب پایدار ختم می‌شوند، بر اثر فروپاشی رادون تولید می‌شوند (به منبع [1] کتابنامه مراجعه شود).

رادون، هنگامی که فروپاشی می‌کند، ذرات آلفا گسیل کرده و در اثر واپاشی، محصولات جامدی را تولید می‌کند که پرتوزا نیز هستند (پولونیم، بیسموت، سرب و غیره). اثرات بالقوه محصولات جامد حاصل از واپاشی رادون بر سلامت انسان، بیشتر از خود رادون است. به‌حال ممکن است محصولات ناشی از واپاشی رادون به آئروسل‌های جوی چسبیده و در اثر تنفس وارد ریه شوند و براساس اندازه‌شان می‌توانند در عمق‌های مختلفی از شاخه‌های نایزه‌های ریوی^۱ نهشته شوند (به منابع [2]، [3]، [4] و [5] کتابنامه مراجعه شود).

امروزه رادون به عنوان اصلی‌ترین منبع پرتوگیری انسان از پرتوهای طبیعی، شناخته می‌شود. منبع [6] کتابنامه نشان می‌دهد که در سطح جهان، تقریباً ۵۲٪ از میانگین کلی پرتوگیری طبیعی، ناشی از پرتوزا می‌رادون است. اثر پرتوشناختی ایزوتوب رادون-۲۲۲، (معادل ۴۸٪) قابل ملاحظه‌تر از ایزوتوب رادون-۲۲۰، (معادل ۴٪) است، در حالی که ایزوتوب رادون-۲۱۹، قابل چشم‌پوشی است (به پیوست A استاندارد ISO 11665-1: 2019 مراجعه شود). به‌همین دلیل، منظور از رادون در این استاندارد، فقط رادون-۲۲۲ است.

غلظت پرتوزا می‌^۲ رادون ممکن است در زمان‌ها و مکان‌های مختلف از یک تا چندین مرتبه بزرگی تغییر کند. پرتوگیری از رادون و محصولات ناشی از واپاشی آن از یک ناحیه به ناحیه دیگر به شدت متفاوت است، زیرا به میزان رادون آزاد شده از خاک و مصالح ساختمانی، شرایط آب و هوایی و به میزان محبوس‌بودن نواحی که در آنجا افراد در معرض رادون قرار می‌گیرند، بستگی دارد.

به‌دلیل افزایش غلظت رادون در فضاهای بسته مانند خانه‌ها، بخش عمده‌ای از پرتوگیری مردم، ناشی از رادون، در محیط‌های داخلی خواهد بود. گاز-خاک به عنوان مهم‌ترین منبع رادون در محل‌های مسکونی از طریق مسیرهای درون‌نشست^۳، شناخته می‌شود. منابع دیگر رادون در قسمت‌های دیگر مجموعه استانداردهای ISO 11665 برای هوا و در مجموعه استانداردهای ISO 13164 برای آب (به منبع [7] کتابنامه مراجعه شود)، شرح داده شده است.

1- Bronchopulmonary tree
2- Activity concentration
3- Infiltration

رادون به درون ساختمان‌ها از طریق مکانیسم نفوذ^۱ ناشی از اختلاف دائمی غلظت پرتوزایی رادون در خاک زیرین و محیط داخلی ساختمان، و نیز از طریق مکانیسم همرفتی که به‌طور ناپایدار از طریق اختلاف فشار بین هوای داخل ساختمان و هوای موجود در خاک زیرین ایجاد می‌شود، وارد می‌شود. غلظت پرتوزایی رادون در محیط داخلی ساختمان به غلظت پرتوزایی رادون در خاک زیرین، ساختار ساختمان، تجهیزات (دودکش، سیستم‌های تهویه و غیره)، پارامترهای محیطی ساختمان (دما، فشار و غیره) و سبک زندگی ساکنان بستگی دارد.

به‌منظور کاهش خطر پرتوگیری افراد، سازمان بهداشت جهانی توصیه کرده است که آستانه مرجع^۲ ملی غلظت پرتوزایی رادون، 100 Bq/m^3 قرار داده شود (به منبع [5] کتاب‌نامه مراجعه شود). در محل‌هایی که رعایت این حد امکان‌پذیر نباشد، این آستانه مرجع نباید از 300 Bq/m^3 فراتر رود. کشورهای عضو اتحادیه اروپا، این آستانه مرجع توصیه شده را پذیرفته و تأیید کرده‌اند و در این کشورها، آستانه مرجع توصیه شده سازمان بهداشت جهانی برای غلظت پرتوزایی رادون در فضای بسته، اجباری می‌باشد. همچنین در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، آستانه‌های مرجع برای میانگین سالانه غلظت پرتوزایی رادون در هوا، نباید بالاتر از 300 Bq/m^3 باشد (به منبع [5] کتاب‌نامه مراجعه شود).

یادآوری- در ایران، در حال حاضر، براساس ضابطه شماره ض-۶۲۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با عنوان «ضوابط فنی حفاظت از ساختمان‌ها در برابر نفوذ گاز رادون»، آستانه اقدام^۳ به‌منظور اقدام برای کاهش غلظت گاز رادون در ساختمان‌های مسکونی و ساختمان‌های محل کار به ترتیب 300 Bq/m^3 و 1000 Bq/m^3 تعیین شده است.

به‌منظور کاهش خطر پرتوگیری برای تمامی مردم، باید مقررات ساختمانی که اقدامات پیشگیرانه مربوط به ورود رادون را در ساختمان‌های در حال ساخت و اقدامات کاهنده رادون را در ساختمان‌های موجود الزام می‌کند، به کار گرفته شوند. از آنجایی که مقررات ساختمانی به تنها‌یی نمی‌تواند تضمین کنند که غلظت رادون کمتر از آستانه مرجع باشد، اندازه‌گیری رادون نیاز است.

ارزیابی غلظت پرتوزایی رادون موجود در هوا، در محیط یک ساختمان مبتنی بر یک روش اجرایی قدم به قدم با دو مرحله اندازه‌گیری است: تحقیق اولیه، به‌منظور برآورد میزان میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان، و در صورت نیاز، تحقیقات تکمیلی.

1- Diffusion

2- Refrence level

۲- آستانه مرجع برای رادون، بیانگر حداقل میانگین سالانه غلظت پرتوزایی مورد تأیید رادون در یک منزل مسکونی است. در صورتی که غلظت پرتوزایی رادون اندازه‌گیری شده بیشتر از آستانه مرجع باشد، اکیداً توصیه می‌شود اقداماتی به‌منظور کاهش غلظت رادون انجام پذیرد.

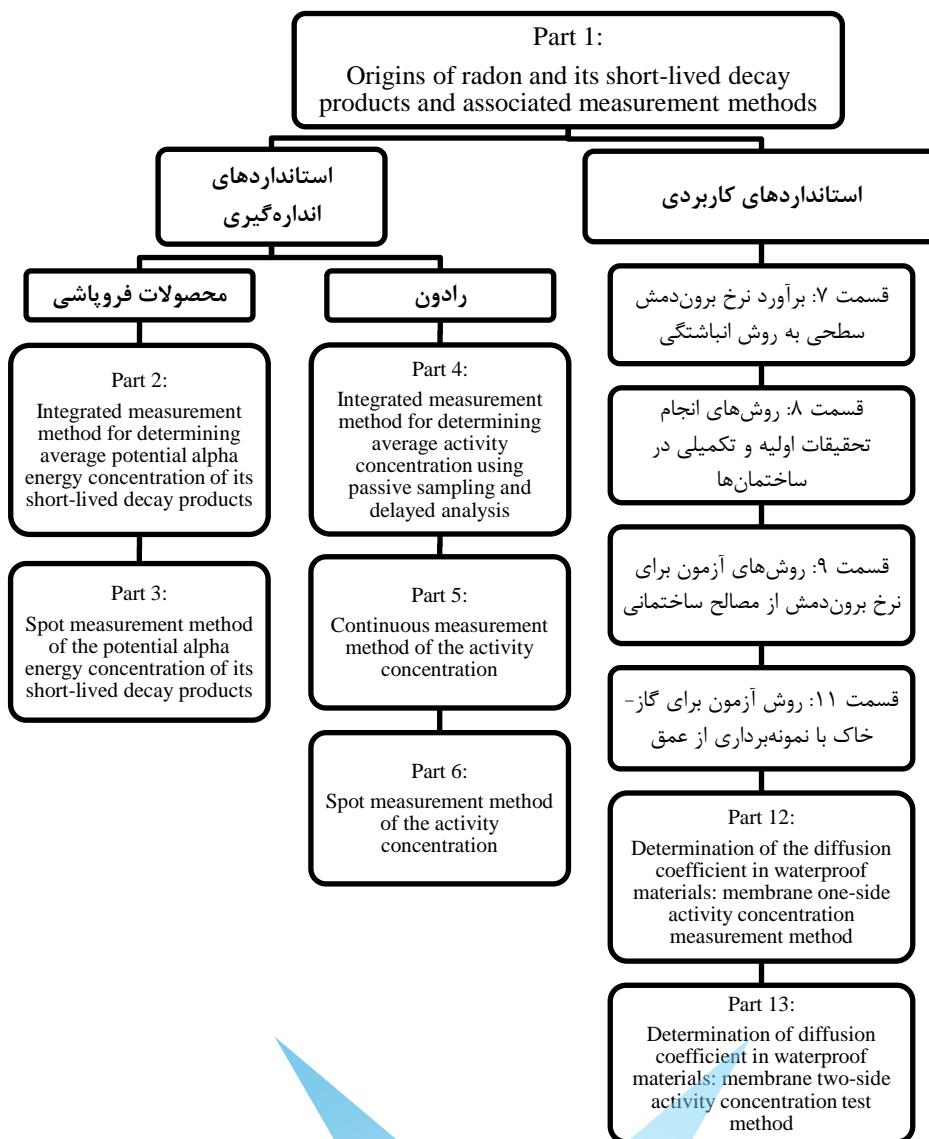
3- Action level

۳- منظور از آستانه اقدام، همان آستانه مرجع می‌باشد که جایگزین آن (آستانه اقدام) شده است.

هنگامی که تصمیم بر آن است که غلظت پرتوزایی رادون در یک ساختمان کاهش یابد، تکنیک‌های کاهش باید با هر مورد انطباق داده شود (به منابع [8]، [9] و [10] کتابنامه مراجعه شود). تأثیر این کاهش با استفاده از اندازه‌گیری‌های مجدد رادون در ساختمان برآورده شود.

یادآوری- منشاً رادون-۲۲۲ و محصولات واپاشی کوتاه‌عمر آن در محیط اتمسفری، همراه با روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها به‌طور کلی در استاندارد ISO 11665-1 شرح داده شده است.

این استاندارد، یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی شماره ۱۵۹۸۷ است که در مورد اندازه‌گیری پرتوزایی رادون-۲۲۲ در محیط هوا، تدوین شده است. قسمت‌های مختلف این مجموعه از استانداردها، در شکل ۱ شرح داده شده است:



شکل ۱- ساختار مجموعه استانداردهای ملی شماره ۱۵۹۸۷

اندازه‌گیری پرتوزایی در محیط زیست - هوا: رادون - ۲۲۲ - قسمت ۸: روش‌شناسی تحقیقات اولیه و تکمیلی در ساختمان‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات برای اندازه‌گیری غلظت پرتوزایی رادون در همه انواع ساختمان‌ها است. این ساختمان‌ها می‌توانند خانه‌های مسکونی مستقل، ساختمان‌های عمومی، ساختمان‌های صنعتی، ساختمان‌های زیرزمینی و غیره باشند.

این استاندارد، روش‌های اندازه‌گیری مورد استفاده برای برآورد میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان‌ها را در حین مرحله تحقیق اولیه شرح می‌دهد. همچنین این استاندارد، به تحقیقات موردنیاز برای شناسایی منبع، راه‌های ورود و مسیرهای نفوذ رادون به داخل ساختمان (تحقیقات تکمیلی) می‌پردازد.

در نهایت این استاندارد، نمایی کلی از الزامات کاربردی برای آزمون پسا-کاهشی که بلافاصله پس از اجرای تکنیک‌های کاهش انجام می‌شوند، پایش اثربخشی آن‌ها و آزمون قابلیت پایداری رفتار ساختمان‌ها در برابر رادون را ارائه می‌دهد.

این استاندارد، به موارد عملیات تشخیصی فنی در ساختمان نپرداخته یا رهنمودهایی برای اقدامات کاهش گاز رادون در ساختمان ارائه نمی‌کند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 6707-1, Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۳۸-۱: سال ۱۳۹۸، مهندسی عمران و کارهای ساختمانی - واژه‌نامه - قسمت ۱: اصطلاحات عمومی، با استفاده از استاندارد ISO 6707-1:2017 تدوین شده است.

2-2 ISO 11665-1, Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods

2-3 ISO 11665-4, Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using passive sampling and delayed analysis

2-4 ISO 11665-7, Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 7: Accululation method for estimating surface exhalation rate

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۹۸۷-۷: سال ۱۳۹۸، اندازه‌گیری پرتوزایی در محیط زیست- هوا: رادون-۲۲۲— قسمت ۷: برآورد نرخ بروندمش سطحی به روش تجمعی، با استفاده از استاندارد ۲۰۱۲: ISO 11665-7 ISO تدوین شده است.

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO 11665-1 و ISO 6707-1 اصطلاحات با تعاریف زیر نیز به کار می‌روند^۱.

۱-۱-۳ تحقیقات تکمیلی

additional investigations

مرحله‌ای از اقدامات، شامل اندازه‌گیری‌ها، در هنگام شناسایی منابع رادون و راههای ورودی و مسیرهای انتقال آن در یک ساختمان است.

۲-۱-۳ ساختمان

building

هر چیز ساخته شده یا منتج از عملیات‌های ساخت، معمولاً به صورت جزئی یا کلی محصور شده و به منظور ماندن دائم در یک مکان طراحی شده، که هدف اصلی آن فراهم کردن پناهگاهی برای ساکنان و آنچه که در آن قرار دارد، است.

یادآوری ۱- در این استاندارد، چنانچه بام یک ساختمان به صورت جزئی یا کاملاً زیر زمین قرار گیرد، آن ساختمان به عنوان یک ساختمان زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود (به شکل الف-۱ در پیوست الف مراجعه شود).

یادآوری ۲- سطوح مدفون شده یک ساختمان، سطوحی هستند که سقف آن‌ها به صورت کامل زیر سطح زمین است (به شکل الف-۲ در پیوست الف مراجعه شود).

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های <http://www.iso.org/obp> و <http://www.electropedia.org> قابل دسترس است.

نگاشت (غلظت پرتوزایی رادون) ساختمان

building mapping

نمایشِ فضایی از نتایج اندازه‌گیری است که نشان دهنده توزیع داده‌های غلظت پرتوزایی رادون در فضاهای مختلف ساختمان بوده و به منظور شناسایی فضاهای با بالاترین غلظت پرتوزایی رادون می‌باشد؛
یادآوری - اندازه‌گیری‌های انجام شده برای نگاشت غلظت پرتوزایی رادون ساختمان، نماینده شرایط غالب در زمان نمونه‌برداری است و بنابراین نمی‌توانند برای تعیین میانگین سالیانه غلظت‌های پرتوزایی به کار گرفته شوند.

ناحیه همگن

homogeneous zone

ناحیه‌ای شامل یک یا چند فضای مجاور در داخل ساختمان است که مشخصات یکسان یا بسیار نزدیک به هم (نوع دیوارها، کف‌ها، زیرزمین، پی‌ها، تراز ساختمان، آبرسانی، الگوهای مصرف آب، تهویه، بازشوها، دما و غیره) با غلظت پرتوزایی همگنی از رادون دارند؛

یادآوری ۱ - یک ناحیه همگن بر مبنای معیارهای اصلی زیر تعریف می‌شود:

- نوع یکسانی از سطح مشترک خاک-ساختمان؛
- شرایط تهویه یکسان (بدون سیستم تهویه، تهویه طبیعی، تهویه مکانیکی و غیره)؛ و
- سطح دمای یکسان.

یادآوری ۲ - در جاهایی که ممکن است آب یک منبع بالقوه رادون باشد، معیارهای تکمیلی زیر نیز به کار گرفته می‌شوند:

- شیوه یکسان آبرسانی (مستقیم، غیرمستقیم، پیوسته، بازچرخشی)؛
- الگوهای یکسان مصرف آب (شستشو، دوش گرفتن، مراقبت درمانی^۱)؛

تحقیق اولیه

initial investigation

اولین مرحله از اقدامات، شامل اندازه‌گیری‌ها، در هنگام تعیین میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون در یک ساختمان است.

1- Therapeutic care

۶-۱-۳

تکنیک‌های کاهش

mitigation techniques

تمهیدات فنی اجرا شده در یک ساختمان موجود به منظور کاهش غلظت پرتوزایی رادون است.

۷-۱-۳

فضای اشغالی

occupied volume

فضایی است که به طور منظم با یک زمان اقامت توجیه‌پذیر، با درنظرگرفتن خطر پرتوگیری رادون، اشغال شده است.

مثال: اتاق نشیمن، کارگاه، دفتر کار، کلاس درس و غیره.

۸-۱-۳

راههای ورود رادون

radon entry routs

مجاری و حامل‌هایی (هوای آب) هستند که به رادون اجازه نفوذ به ساختمان را می‌دهند.

یادآوری- رادون به صورت یکنواخت به کل پوشش ساختمان وارد نمی‌شود. ترک‌های موجود در سطح مشترک خاک- ساختمان، مسیرهای عبور لوله‌ها و غیره، راههای ورودی ترجیحی هستند.

۹-۱-۳

منبع رادون

radon source

منشأ رادون موجود در ساختمان است.

یادآوری- منبع اصلی رادون در ساختمان‌ها معمولاً خاک زیرین است. در برخی موارد، مصالح ساختمانی، هوای بیرون، آب (آب جاری، آب شبکه آبرسانی، آب گرمایش و غیره) و حتی گاز شهری منابع دیگری هستند که ممکن است غلظت پرتوزایی رادون را افزایش دهند.

۱۰-۱-۳

مسیرهای انتقال رادون

radon transfer pathways

مجاری و حاملهایی (هوای آب) هستند که به رادون اجازه می‌دهند در داخل ساختمان از فضایی به فضای دیگر جابه‌جا شود.

یادآوری- مسیرهای انتقال رادون معمولاً شامل مسیرهای عبور لوله‌ها، پلکان‌ها، راهروها و غیره است.

۱۱-۱-۳

سطح تماس خاک-ساختمان

soil-building interface

سطح تماس بین خاک و ساختمان است.

یادآوری- به عنوان مثال، سطح مشترک خاک-ساختمان می‌تواند از موارد زیر تشکیل شده باشد:

- کف خاکی غلتک‌خورده؛

- کف خاکی؛

- یک سطح مسطح یا کف در یک فضای گربه‌رو^۱، فضای دسترسی فنی، زیرزمین یا انبار؛

- دیوارهای مدفون یا نیمه‌مدفون در تماس با زمین؛ و

- غیره.

۱۲-۱-۳

عملیات تشخیصی فنی در ساختمان

technical building diagnostic

عملیات تحقیقاتی است که به منظور شناسایی دلایل حضور رادون آشکارسازی شده در یک ساختمان، حين تحقیق اولیه، و فراهم آوردن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب تکنیک‌های مناسب طولانی‌مدت کاهش گاز رادون، راهبری می‌شود.

1- Crawl space

۱۳-۱-۳

مقدار مطلوب**value of interest**

مقدار از پیش مقرر شده میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون، که به واسطه آن باید اقداماتی به منظور کاهش میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی در یک ساختمان انجام گیرد (به منبع [11] کتاب نامه مراجعه شود) یادآوری- مقادیر مطلوب، که با عنوان آستانه‌های مرجع نیز به آن‌ها ارجاع می‌شود، به وسیله ضوابط وضع شده از طریق مرجع قانونی^۱ یا با توافق بین طرفین قرارداد، مقرر می‌شوند.

۱۴-۱-۳

فضا**volume**

فضای بسته در یک ساختمان است.

مثال: اتاق، راهرو، اتاق بسیار کوچک، کارگاه، اتاق کار، کلاس درس، فضای گربه‌رو، انبار و غیره.

۲-۳ نمادها

در این استاندارد، علاوه بر نمادهای ارائه شده در استاندارد ISO 11665-1، نمادهای زیر نیز به کار می‌روند:

\bar{C} میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون، بر حسب بکرل بر متر مکعب ($Bq.m^{-3}$)

\bar{C}_I مقدار مطلوب غلظت پرتوزایی رادون، بر حسب بکرل بر متر مکعب ($Bq.m^{-3}$)

۴ سازماندهی مراحل اندازه‌گیری

برآورد غلظت پرتوزایی رادون در فضای داخل ساختمان بر مبنای یک روش اجرایی قدم به قدم با مراحل مختلف اندازه‌گیری زیر است:

- وجود رادون در یک ساختمان باید از طریق تحقیق اولیه مطابق با الزامات توصیف شده در بند ۵ اثبات شود. هدف از این مرحله، به دست آوردن داده‌های اندازه‌گیری است که از طریق آن‌ها بتوان میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون که با مقدار مطلوب مقایسه خواهد شد، برآورد کرد.

- اگر تحقیق اولیه نشان دهد که غلظت پرتوزایی رادون کمتر از هر مقدار مطلوبی است، مطابق با الزامات نشان داده شده در بند ۹ قابلیت پایداری رفتار ساختمان‌ها در مقابل رادون پایش می‌شود.

۱- در حال حاضر مرجع قانونی در خصوص آستانه‌های مرجع پرتوزایی، سازمان انرژی اتمی ایران- مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور است.

اگر تغییرات در ساختمان بتواند قابلیت پایداری آن را تغییر دهد، باید دوباره مطابق با الزامات نشان داده شده در بند ۵، تحقیق اولیه انجام گیرد.

- اگر تحقیق اولیه نشان دهد که غلظت پرتوزایی رادون بیشتر از هر مقدار مطلوبی است، به منظور شناسایی دلایل حضور رادون در این سطح از غلظت داخل ساختمان (عملیات تشخیصی فنی در ساختمان و غیره) باید تحقیقاتی انجام گیرد. بسته به نوع ساختمان و بهویژه برای ساختمان‌های بزرگ با پیکربندی‌های ساختاری پیچیده، ممکن است تحقیقات تکمیلی برای شناسایی منابع رادون (خاک، مصالح ساختمانی و آب) و راههای ورودی و مسیرهای انتقال آن به داخل ساختمان انجام شوند. این تحقیقات تکمیلی باید مطابق با الزامات نشان داده شده در بند ۶ انجام شوند.

- اگر تکنیک‌های کاهشی (اقدامات ساده‌ای مانند افزایش توان تهویه، کارهای ساختمانی و غیره) پیاده‌سازی می‌شوند، آزمون فوری پسا-کاهش با استفاده از اندازه‌گیری‌های کوتاه‌مدت رادون^۱ که نماینده مقدار میانگین سالیانه (به بند ۷ مراجعه شود) نیستند، می‌توانند انجام شوند. اثربخشی و قابلیت پایداری این تکنیک‌های کاهش باید مطابق با الزامات نشان داده شده در بند ۸ و بند ۹ پایش شوند.

یادآوری- مثالی از سازماندهی این مراحل مختلف در پیوست ب ارائه شده است.

۵ تحقیقات اولیه

۱-۵ هدف

هدف از تحقیقات اولیه باید تعیین این موضوع باشد که آیا در یک ساختمان یا قسمتی از آن، مقدار میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون بالاتر از مقادیر مطلوب است.

۲-۵ روش‌شناسی تحقیق اولیه

تحقیق اولیه باید به ترتیب زمانی شرح داده شده در زیر، انجام شود:

- انتخاب وسایل اندازه‌گیری؛
- تعیین موقعیت مکانی نقاط اندازه‌گیری در ساختمان؛
- نصب و جمع‌آوری وسایل اندازه‌گیری؛
- پردازش وسایل اندازه‌گیری برای استخراج داده‌ها؛
- تجزیه و تحلیل داده‌های نتایج اندازه‌گیری که برای هر ناحیه همگن به دست آمده است؛ و

1- Short-term radon measurement

- تهیه پیش‌نویس گزارش تحقیق اولیه.

۳-۵ انتخاب وسایل اندازه‌گیری

روش اندازه‌گیری مورد استفاده برای برآورده میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی باید روش اندازه‌گیری تجمعی بلندمدت مطابق با استاندارد ۴ ISO 11665 باشد.

ممکن است در حین تحقیق اولیه از چندین نوع وسیله اندازه‌گیری مطابق با الزامات استاندارد ۴ ISO 11665 استفاده شود. با این وجود برای تسهیل تجزیه و تحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج اندازه‌گیری، برای هر ساختمان باید نوع یکسانی از وسیله اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گیرد.

برای یک فضای خاص با یک ضریب تعادلی بهشدت متغیر (فضای گرد و خاکی، با رطوبت بالا، با تهویه بالا و غیره) باید یک وسیله اندازه‌گیری غیرفعال که به آن «پیکربندی بسته»^۱ گفته می‌شود مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۵ موقعیت مکانی نقاط اندازه‌گیری

۱-۴-۵ کلیات

نصب وسایل اندازه‌گیری از یک شیوه‌نامه سه مرحله‌ای پیروی کرده که موارد زیر را تعیین می‌کند:

- نواحی همگن در ساختمان تحت بررسی؛

- تعداد وسایل در هر ناحیه همگن که برای انجام اندازه‌گیری‌های نماینده مورد نیاز است؛ و

- موقعیت مکانی نقاط اندازه‌گیری در این نواحی همگن.

۲-۴-۵ تعیین و انتخاب نواحی همگن

به منظور انتخاب مرحله‌ای سطح کل ناحیه همگن اشغالی که دست کم برابر با سطح کف زمین ساختمان است، نواحی همگن از پایین‌ترین طبقه به سمت بالا تعیین می‌شوند. انتظار می‌رود با این رویکرد، نواحی همگن با بیشترین غلظت پرتوزایی را دون انتخاب شود.

این رویکرد طی دو مرحله زیر اجرا می‌شود:

- ۱- تعیین نواحی همگن مبتنی بر معیارهای زیر است:

الف- معیارهای اصلی:

- سطح مشترک یکسان خاک-ساختمان؛

1- Closed configuration

- شرایط تهویه یکسان (بدون سیستم تهویه، تهویه طبیعی، تهویه مکانیکی و غیره)؛ و
 - سطح دمای یکسان.
- ب- معیارهای تکمیلی (هنگامی که آب می‌تواند منبع بالقوه‌ای برای رادون باشد):
- شیوه یکسان آبرسانی (مستقیم، غیرمستقیم، پیوسته، بازچرخشی)؛ و
 - الگوهای یکسان مصرف آب (شستشو، دوش گرفتن، مراقبت درمانی).
- ۲- انتخاب نواحی همگن باید دست‌کم شامل یک اتاق اشغالی باشد.

در موارد ویژه‌ای که منابع خاصی غیر از خاک (آب و/یا مصالح ساختمانی) شناسایی شده‌اند، این رویکرد برای هر طبقه از ساختمان مورد نظر اجرا می‌شود.

برای سطوح مدفون یک ساختمان، این رویکرد برای هر طبقه ساختمان اشغالی که زیر سطح زمین قرار گرفته‌اند، انتخاب می‌شود.

برای ساختمان‌های زیرزمینی، این رویکرد برای هر طبقه ساختمان اجرا می‌شود.

در مورد ساختمان‌های بزرگ یا ساختمان‌های با ساختار پیچیده، تعیین نواحی همگن، نیازمند بازدید از کاربری ملک^۱ است.

در مورد خانه‌های مسکونی مستقل، از آنجایی که هر طبقه یک ناحیه همگن را تشکیل می‌دهد، تعیین نواحی همگن معمولاً ساده است.

۳-۴-۵ تعداد وسائل اندازه‌گیری که باید نصب شوند

دست‌کم یک وسیله اندازه‌گیری در هر ناحیه همگن انتخاب شده، با حداقل دو وسیله به ازای هر ساختمان، نصب شود.

در مورد نواحی همگن بزرگ، یک وسیله به ازای هر m^2 ۲۰۰ نصب می‌شود.

۴-۴-۵ نصب وسائل اندازه‌گیری

برای هر ناحیه انتخاب شده همگن، وسیله (وسائل) اندازه‌گیری باید در یک فضای اشغالی از ساختمان نصب شود. نواحی که نماینده شرایط پرتوگیری نیستند، به خصوص ورودی‌ها، انبارها، گاراژها، گذرگاه‌ها و اتاق‌های کوچک زیرشیروانی، باید کنار گذاشته شوند.

نوع کاربری ملک، انتخاب موقعیت مکانی را تحمیل می‌کند. شرایط عادی کاربری و اشغال ملک، نباید حین اندازه‌گیری تغییر داده شود.

1- Premise

وسیله اندازه‌گیری باید روی یک سطح آزاد در فاصله بین ۱ m تا ۲ m بالای سطح زمین و تحت شرایط زیر قرار داده شود:

- موقعیت درنظر گرفته شده باید به گونه‌ای انتخاب شود که یک فضای آزاد سازگار با حجم آشکارسازی وسیله اندازه‌گیری داشته باشد تا این اطمینان حاصل شود که اندازه‌گیری، نماینده فضای ناحیه همگن است. اگر دیوارها از مصالح ساختمانی ساخته شده‌اند که حاوی مقدار زیادی توریم می‌باشند، باید یک فضای آزاد دست‌کم به اندازه ۲۰ cm اطراف حسگرهای ایجاد شود تا از تأثیر بروندمش تورون^۱ از دیوارها اجتناب شود (به منبع [8] کتابنامه مراجعه شود).

- وسیله اندازه‌گیری باید دور از موارد زیر قرار داده شود:

- منبع گرما (رادیاتور، دودکش، تجهیزات الکتریکی، تلویزیون، نور مستقیم خورشید و غیره)؛
- خروجی آبرسانی (خطر پاشش) یا یک منبع نقطه‌ای میان؛ و
- یک منبع افکنش بزرگ.^۲

- موقعیت درنظر گرفته شده به گونه‌ای است که توصیه می‌شود شرایط نصب در حین اندازه‌گیری به هر دلیلی (افتادن کتاب‌ها، کارهای مهندسی، حس کنجکاوی و غیره) تغییر نکند. بنابراین باید به ساکنان توصیه‌هایی به منظور جلوگیری از مختل کردن شرایط پرتودهی وسیله اندازه‌گیری ارائه شود. وسیله اندازه‌گیری باید حین پرتوگیری ایمن نگه داشته شود.

۵-۵ نصب و جمع‌آوری دستگاه‌های اندازه‌گیری

برای دست‌یابی به میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون در یک ساختمان و به منظور جلوگیری از تخمین دست‌پایین آن:

- باید دست‌کم نیمی از دوره زمانی اندازه‌گیری در زمستان یا فصول استفاده از وسایل گرمایشی باشد؛

- وسایل اندازه‌گیری باید دست‌کم به مدت دو ماه کار کنند. اندازه‌گیری‌ها باید در دوره زمانی انجام شوند که تعداد روزهای متوالی که در آن مدت، ملک‌ها اشغال شده نیستند از ۲۰٪ دوره زمانی درنظر گرفته شده بیشتر نشود. از ملک‌هایی که برای مدتی طولانی اشغال نشده‌اند، به دلیل آن که رادون می‌تواند در اثر عدم تجدید هوا تجمع کند، صرف نظر شود.

وسیله اندازه‌گیری، باید هنگام نصب به منظور «اندازه‌گیری» (به توصیه‌های سازندگان وسیله اندازه‌گیری مراجعه شود) و هنگام جمع‌آوری برای «توقف» پیکربندی شود.

زمان‌های (تاریخ و ساعت) مراحل نصب و جمع‌آوری باید ثبت و بایگانی شود.

1- Thoron
2- Fat Projection

در تمامی وضعیت‌ها، شرایط اندازه‌گیری باید به صورت صحیح در گزارش آزمون مستند شوند (به پیوست پ مراجعه شود).

برای ساکنان مهم است که حین فرآیند اندازه‌گیری، کارهای روزانه معمول خود را انجام دهند.
در صورت عدم سکونت فصلی، دوره زمانی اندازه‌گیری باید نسبت به دوره زمانی سکونت تنظیم شود.

۶-۵ نحوه پردازش داده‌ها توسط وسایل اندازه‌گیری

به استاندارد ISO 11665-4 و توصیه‌های سازنده درباره نحوه پردازش داده‌ها توسط وسایل اندازه‌گیری مراجعه کنید. میزان میانگین غلظت پرتوزایی را دون بر حسب بکرل بر مترمکعب ($Bq \cdot m^{-3}$) بیان می‌شود که عدم قطعیت گسترش یافته آن با ضریب گسترش، k ، برابر با ۲ است.

میانگین غلظت پرتوزایی را دون به دوره نمونه‌برداری و دوره زمانی سالی که در آن اندازه‌گیری انجام می‌شود، وابسته است. این مورد همچنین به سبک زندگی ساکنان، سطوح ارتفاع نقاط اندازه‌گیری (زیرزمین، طبقه همکف، طبقات بالایی) یا مشخصات تهویه (تهویه عادی ساختمان که پایدار نگه داشته شده) وابسته است.

نتایج می‌تواند در قالبی شبیه به آنچه در پیوست پ نشان داده شده، بیان شوند.

۷-۵ تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج اندازه‌گیری برای هر ناحیه همگن انتخاب شده در ساختمان، تجزیه و تحلیل می‌شوند.

در تجزیه و تحلیل داده‌ها، معیارهای زیر باید لحاظ شوند:

- کمیت‌های تأثیرگذار شرح داده شده در استاندارد ISO 11665-4؛

- تغییرات ساختمان که منجر به تغییر معیارهای مورد استفاده برای تعریف ناحیه همگن حین اندازه‌گیری/نمونه‌برداری (نوع کاربری، تهویه و غیره) می‌شوند؛

- تغییرات در نوع اقامت ساکنین ملک‌ها حین اندازه‌گیری (انتقال‌ها، تغییر کاربری، عدم حضور و غیره)؛

- مدت زمان نمونه‌برداری.

هنگامی که اختلاف نتایج اندازه‌گیری به دست آمده از یک ناحیه همگن یکسان، کمتر از عدم قطعیت‌ها باشد، میانگین غلظت پرتوزایی را دون محاسبه می‌شود. این مقدار میانگین، بر حسب بکرل بر مترمکعب، بدون عدم قطعیت مربوط، به ناحیه همگن نسبت داده می‌شود (به پیوست ت مراجعه شود). این مقدار با مقادیر مطلوب مقایسه می‌شود.

هنگامی که توزیع نتایج اندازه‌گیری به دست آمده در درون همان ناحیه همگن بیشتر از عدم قطعیت‌ها باشد، باید یک تجزیه و تحلیل در مورد علت ریشه‌ای این توزیع انجام شود:

- اگر این علت از وسایل اندازه‌گیری ناشی می‌شود، اندازه‌گیری‌های تجمعی باید تحت شرایط نشان داده شده در زیربند ۴-۵ تکرار شوند؛

- اگر این علت از عوامل روش‌شناسی ناشی می‌شود، اندازه‌گیری‌های تجمعی باید تحت شرایط نشان داده شده در زیربند ۴-۵ تکرار شوند یا بزرگترین مقدار ثبت شده، با صرفنظر کردن از عدم قطعیت اندازه‌گیری آن، انتخاب و به ناحیه همگن نسبت داده می‌شود (به پیوست ت مراجعه شود). این مقدار با مقدار مطلوب مقایسه می‌شود.

یادآوری- برای یک ناحیه همگن معین، اگر مجموعه اندازه‌گیری‌ها شامل نتایجی پایین‌تر از حد آشکارسازی باشند، مقدار نسبت داده شده به این ناحیه همگن، تنها بر اساس نتایج معنی‌دار (نتایج بالاتر از حد آشکارسازی) تعیین می‌شود.

۸-۵ گزارش تحقیق اولیه

در گزارش تحقیق اولیه از قابلیت ردیابی اندازه‌گیری‌ها اطمینان حاصل شده و انطباق آن‌ها بررسی می‌شود.
گزارش تحقیق اولیه باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- الف- ارجاع به این استاندارد ملی ایران و در صورت مقتضی، ارجاع به ضوابط مراجع قانونی و ذی‌صلاح؛
- ب- تاریخ گزارش؛
- پ- زمان‌های نمونه‌برداری: زمان‌های شروع و پایان (تاریخ و ساعت)؛
- ت- مکان‌های نمونه‌برداری؛
- ث- روش اندازه‌گیری (تجمعی)؛
- ج- نوع حسگر آشکارساز؛
- چ- گزارش آزمون آزمون مطابق با استاندارد ISO 11665-4؛ گزارش آزمون باید به گزارش تحقیق اولیه ضمیمه شود؛
- ح- تجزیه و تحلیل نتایج اندازه‌گیری؛
- خ- نتیجه‌گیری همراه با تجزیه و تحلیلی جامع از مقدار نسبت داده شده به هر ناحیه همگن انتخاب شده نسبت به مقادیر مطلوب از پیش تعیین شده.

اطلاعات تکمیلی، همانند موارد زیر، می‌توانند تهیه شوند:

- مشخصات نهاد/شخص درخواست‌کننده تحقیق اولیه،
- نویسنده (نویسنده‌گان) گزارش؛ و
- اشخاص مسئول تحقیق اولیه؛

- کد گزارش، درج شده بر روی هر صفحه گزارش، همراه با شماره گذاری صفحات به گونه‌ای که تعداد کل صفحات را نیز نشان دهد. هنگامی که نیاز است یک نسخه جدید از گزارش تحقیق اولیه منتشر شود باید یک کد جدید یا شاخص نسخه جدید به آن اختصاص داد و گزارش باید شامل عبارتی باشد که نشان دهد این نسخه جایگزین نسخه قبلی شده است؛

شرح روش شناسی پیروی شده؛ -

توجهیه تعیین و انتخاب نواحی همگن؛ -

توجهیه تعداد وسایل اندازه‌گیری نصب شده؛ -

نقشه ترسیمی از ساختمان، موقعیت‌های مکانی علامت‌گذاری شده به همراه وسایل اندازه‌گیری نصب شده، و

توصیف شرایط اندازه‌گیری. -

۶ تحقیقات تکمیلی

۱-۶ کلیات

تحقیقات تکمیلی فقط در ساختمان‌هایی انجام می‌شود که قبلاً در آن‌ها تحقیقات اولیه مطابق با روش اجرایی شرح داده شده در بند ۵، انجام شده است. این تحقیقات می‌توانند در سراسر سال انجام شوند و می‌توانند به عملیات تشخیص فنی در ساختمان کمک کنند.

تحقیقات تکمیلی برای شناسایی موارد زیر به کار برده می‌شوند:

منابع رادون؛ -

راه‌های ورود رادون به داخل ساختمان؛ -

مسیرهای انتقال رادون در ساختمان. -

تحقیقات تکمیلی به اطلاعاتی از قبیل موارد زیر نیاز دارند:

نتایج تحقیق اولیه یا تحقیقات قبلی و نتیجه‌گیری از گزارش‌های مربوط؛ -

مشخصات ساختمان و محوطه آن؛ -

سبک زندگی ساکنان؛ و -

در صورت نیاز، اطلاعات جمع‌آوری شده حین عملیات تشخیص فنی. -

تحقیقات تکمیلی مستلزم اجرای چندین روش اندازه‌گیری در داخل ساختمان و در صورت نیاز، خارج از ساختمان است.

۲-۶ روش‌شناسی تحقیقات تکمیلی

۱-۲-۶ کلیات

در ابتدا باید از محوطه، بازدید به عمل آید. پس از آن که بازدید از محوطه کامل شد، تحقیقات تکمیلی مطابق با مراحل زیر آغاز می‌شوند:

- نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان؛
- شناسایی منبع(منابع) رادون و راه(های) ورودی؛
- شناسایی مسیرهای انتقال رادون؛و
- تهیه پیش‌نویس گزارش تحقیقات تکمیلی.

برخی از این مراحل می‌توانند به صورت همزمان انجام شوند.

۲-۲-۶ نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان

نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان، تصویری لحظه‌ای از غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان را در یک زمان معین فراهم می‌آورد.

نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان مبتنی بر نتایج اندازه‌گیری‌های غلظت پرتوزایی رادون در سراسر تمامی فضاهای ساختمان (شامل انبارها، اتاق‌های کوچک و غیره) یا در داخل قسمت‌هایی از ساختمان، بر مبنای نتایج تحقیق اولیه و همچنین مشخصات ساختمان است.

توصیه می‌شوند از روش‌های اندازه‌گیری نقطه‌ای (به استاندارد ۶ ISO 11665-6، منبع [12] کتابنامه مراجعه شود) یا روش‌های اندازه‌گیری پیوسته (به استاندارد ۵ ISO 11665-5، منبع [13] کتابنامه مراجعه شود) استفاده شود. اندازه‌گیری‌ها چند ساعت پس از بسته شدن درها و پنجره‌ها انجام می‌شوند. به دلیل تغییر زیاد غلظت‌های پرتوزایی رادون نسبت به زمان، این اندازه‌گیری‌ها باید به صورت همزمان یا در بازه زمانی کوتاه (در حدود چند ساعت) در تمامی فضاهای ساختمان انجام شوند.

نتایج اندازه‌گیری‌ها می‌تواند به شناسایی فضاهایی که غلظت پرتوزایی رادون در آن‌ها بالاترین مقدار است، کمک کند. این نتایج برای کمک به شناسایی قسمتی(هایی) از ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند که برای انجام عملیات‌هایی با هدف مشخص کردن منابع رادون، راه‌های ورودی و مسیرهای انتقال می‌توانند در اولویت باشند.

۳-۲-۶ شناسایی منابع رادون و راههای ورودی

۱-۳-۲-۶ کلیات

براساس اطلاعات جمع‌آوری شده در زیریند ۱-۶، چندین منبع بالقوه رادون و راههای ورودی می‌توانند دخیل باشند. این منابع بالقوه رادون و راههای ورودی را می‌توان با به کارگیری یک یا چند تکنیک اندازه‌گیری که در ادامه آمده است، شناسایی کرد. انتخاب تکنیک(های) اندازه‌گیری و تعداد اندازه‌گیری‌های برنامه‌ریزی شده بستگی به شرایط پیش‌رو دارد.

۱-۶-۳-۲-۶ اندازه‌گیری‌های پرتوسنجی^۱

ساخر اندازه‌گیری‌های پرتوسنجی، مانند اندازه‌گیری آهنگ دُز، می‌توانند برای تکمیل غلظت پرتوزایی رادون انجام شوند. اندازه‌گیری نرخ دُز که به صورت نرخ دُز معادل (Sv.h^{-1}) یا شمارش فوتون [تعداد شمارش‌ها بر ثانیه (c.s^{-1})] بیان می‌شود، می‌تواند میزان تابش گاما می محیطی و/یا تابش گاما می در تماس با خاک و/یا مصالح ساختمانی را تعیین کند.

این اندازه‌گیری‌ها برای شناسایی نواحی به کار می‌روند که به دلیل حضور قابل ملاحظه گونه‌هسته‌های پرتوزایی گسیلنده گاما، به ویژه رادیم-۲۲۶ و محصولات واپاشی آن، آهنگ‌های دُز یا شمارش‌های فوتون بالاتری را نشان می‌دهند.

در صورت انحراف قابل ملاحظه از تابش زمینه، ممکن است نیاز باشد که نمونه‌هایی گرفته شوند، تا به منظور شناسایی و کمی‌سازی گونه‌هسته‌های پرتوزایی موجود، اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری به کمک انجام تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی بر روی ریزدانه‌های کوچک‌تر انجام گیرد.

۱-۶-۳-۲-۶ اندازه‌گیری رادون در هوای خاک، ترک‌ها و مسیرهای عبور لوله‌ها

روشی که اغلب برای اندازه‌گیری غلظت پرتوزایی رادون در هوای خاک، ترک‌های آشکار یا مسیرهای عبور لوله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اندازه‌گیری نقطه‌ای است (به استاندارد ISO 11665-6، منبع [12] کتاب‌نامه مراجعه شود). ممکن است در شرایط معینی از دستگاه‌های اندازه‌گیری پیوسته استفاده شود (به استاندارد ISO 11665-5، منبع [13] کتاب‌نامه مراجعه شود).

قبل از خروج رادون و رقیق شدن آن در هوای محیط، تکنیک‌های مختلفی برای جمع‌آوری نمونه‌های هوای در منبع رادون، به کار گرفته می‌شود. از آن جایی که نقاط اندازه‌گیری در حالت عادی نمی‌توانند به صورت مستقیم در دسترس قرار گیرند، اغلب یک سیستم نمونه‌برداری ویژه مورد نیاز است (سرنگ مجهز به فیلتر، لوله مؤئینه، پروب نمونه‌برداری).

۶-۲-۴ تخمین آهنگ بروندمش سطحی رادون

آهنگ بروندمش سطحی، امکان کمی‌سازی رادون گسیل شده از یک سطح معین بر واحد زمان را می‌دهد. سطح تحت بررسی می‌تواند زمین واقع در فضای باز، سطح مشترک خاک-ساختمان (کف خاکی غلتک خورده، صفحه کف، دیوار مdfون و غیره)، مصالح ساختمانی وغیره باشد. اندازه‌گیری مطابق با الزامات استاندارد ISO 11665-7 انجام می‌شود.

۶-۲-۵ اندازه‌گیری رادون در آب

آب تأمینی ساختمان تحت بررسی یا آب مورد استفاده برای اهداف مختلف در درون ساختمان، می‌تواند با استفاده از روش اندازه‌گیری مناسب (به مجموعه استانداردهای ISO 13164، منبع [2] کتابنامه مراجعه شود) به منظور تعیین غلظت پرتوزایی رادون اندازه‌گیری شود.

۶-۲-۶ اندازه‌گیری رادون در فضای باز

برخی اوقات هوای موجود در فضای باز می‌تواند منبع قابل ملاحظه‌ای از رادون باشد. برای اندازه‌گیری غلظت پرتوزایی رادون در فضاهای باز، توصیه می‌شود از دستگاه اندازه‌گیری که به صورت پیوسته چندین ساعت کار می‌کند (دست کم چهار ساعت) (به استاندارد ISO 11665-5، منبع [13] کتابنامه مراجعه شود) استفاده شود.

۶-۲-۷ شناسایی مسیرهای انتقال

۶-۲-۸ کلیات

به چندین مسیر بالقوه انتقال رادون می‌توان مشکوک بود. این مسیرهای بالقوه انتقال می‌توانند با به کارگیری یک یا تعدادی از تکنیک‌های نشان داده شده در ادامه شناسایی شوند. انتخاب تکنیک(های) اندازه‌گیری و تعداد اندازه‌گیری‌ها به موقعیت پیش رو بستگی دارد.

۶-۲-۹ اندازه‌گیری پیوسته رادون

اندازه‌گیری پیوسته رادون (به استاندارد ISO 11665-5، منبع [13] کتابنامه مراجعه شود) در کی از تغییرات غلظت پرتوزایی رادون بر حسب زمان در فضای تحت بررسی را نسبت به تغییرات پارامترهایی نظر الگوهای سکونت، گرمایش، تهویه و غیره فراهم می‌کند. اجرای اندازه‌گیری‌های پیوسته در فضاهای مجاور، شناسایی مسیرهای انتقال رادون بین این فضاهای امکان‌پذیر می‌سازد. این اندازه‌گیری‌ها طی یک چرخه روزانه-شبانه انجام می‌شوند و به طور معمول دست کم یک شب و یک روز سکونت را پوشش می‌دهند.

یادآوری ۱- تعیین غلظت پرتوزایی رادون، طی سکونت معمول و واقعی در فضای ساختمان بسیار مفید است. از این طریق، می‌توان عامل تعیین‌کننده^۱ که درجه اضطرار را برای انجام اقدامات چاره‌ساز الزام می‌کند، به دست آورد.

یادآوری ۲- تعیین تأثیر سیستم تهویه بر غلظت پرتوزایی رادون در فضای ساختمان بسیار مفید است. این اندازه‌گیری‌ها با آزمون (قطع کردن، آغاز به کار، تنظیمات) سیستم تهویه امکان‌پذیر می‌شود.

۶-۴-۳ اندازه‌گیری نقطه‌ای رادون

اندازه‌گیری نقطه‌ای رادون (به استاندارد ۶-۱۱۶۶۵ ISO، منبع [12] کتاب‌نامه مراجعه شود) تعیین مشخصات مسیرهای انتقال رادون بین دو فضا در داخل ساختمان را ممکن می‌سازد. این اندازه‌گیری در سطوح مشترک بین دو فضا (پوشش دیوار، کف)، در مسیرهای عبور لوله‌ها، چاه‌ها، پلکان‌ها و غیره انجام می‌شود. برای انجام این اندازه‌گیری‌ها، غلظت پرتوزایی رادون داخلی باید به صورت همزمان در فضاهای مربوط اندازه‌گیری شود.

۶-۴-۴ اندازه‌گیری محصولات واپاشی کوتاه‌عمر رادون

اندازه‌گیری انرژی بالقوه ذرات آلفای ناشی از محصولات واپاشی کوتاه‌عمر رادون، هنگامی که همزمان با اندازه‌گیری گاز رادون انجام شود، تعیین ضریب تعادل بین رادون و محصولات واپاشی کوتاه‌عمر آن را امکان‌پذیر می‌سازد (به استاندارد ۳-۱۱۶۶۵ ISO، منبع [14] کتاب‌نامه مراجعه شود). مقدار ضریب تعادل، نشان‌دهنده شرایط تهویه فضای مربوط است.

۶-۳ گزارش تحقیقات تکمیلی

گزارش تحقیقات تکمیلی از قابلیت‌ردیابی اندازه‌گیری‌ها اطمینان حاصل نموده و انطباق آن‌ها را بررسی می‌کند. گزارش تحقیقات تکمیلی باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- الف- ارجاع به این استاندارد ملی ایران و در صورت مقتضی، به ضوابط مراجع قانونی و ذی‌صلاح؛
- ب- علت درخواست برای تحقیقات تکمیلی؛
- پ- تاریخ گزارش تحقیقات تکمیلی؛
- ت- زمان‌های نمونه‌برداری، زمان ابتدا و انتهای (تاریخ و ساعت)؛
- ث- مکان‌های نمونه‌برداری؛
- ج- شرح روش‌شناسی پیروی‌شده و توجیه اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمان تحقیقات تکمیلی؛
- چ- شرح روش‌های اندازه‌گیری انجام شده؛
- ح- نتایج نگاشت غلظت پرتوزایی رادون در ساختمان و تفسیر آن‌ها؛

1- Determinant factor

- خ- نتایج و تفسیر اندازه‌گیری‌های انجام‌شده برای شناسایی منابع و راه‌های ورودی رادون؛
- د- نتایج و تفسیر اندازه‌گیری‌های انجام‌شده برای شناسایی مسیرهای انتقال رادون؛ و
- ذ- نتیجه‌گیری همراه با خلاصه‌ای از تفسیر نتایج اندازه‌گیری و شناسایی منابع رادون، راه‌های ورودی و مسیرهای انتقال آن.

برخی از اطلاعات تکمیلی نظیر آنچه در ادامه آمده، را می‌توان در گزارش ذکر کرد:

- مشخصات شخص درخواست کننده تحقیقات تکمیلی؛
- نویسنندگان گزارش؛
- اشخاصی که مسئول تحقیقات تکمیلی بودند؛
- کد گزارش، درج شده بر روی هر صفحه گزارش، همراه با شماره‌گذاری صفحات به‌گونه‌ای که تعداد کل صفحات را نیز نشان دهد؛ هنگامی که نیاز است یک نسخه جدید از گزارش تحقیقات تکمیلی منتشر شود باید یک کد جدید یا شاخص نسخه جدید به آن اختصاص داده شود و گزارش باید شامل عبارتی باشد که نشان دهد این نسخه، جایگزین نسخه قبلی شده است،
- نتیجه تحلیل اطلاعاتی که از قبل جمع‌آوری شده‌اند (اطلاعات مرتبط با عملیات تشخیصی فنی، نتایج حاصل از تحقیق اولیه یا تحقیقات قبلی، اطلاعات مرتبط با ساختمان)؛
- نقشه ترسیمی از ساختمان، علامت‌گذاری موقعیت‌های مکانی نقاط اندازه‌گیری؛ و
- توصیفی از شرایط اندازه‌گیری (نمونه‌برداری، شرایط محیطی).

۷ آزمون فوری پسا-کاهش راه حل‌های فنی به کار گرفته شده

آزمون فوری پسا-کاهش راه حل‌های فنی به کار گرفته شده می‌تواند با استفاده از اندازه‌گیری‌های کوتاه‌مدت رادون انجام شود. این مرحله در قسمت‌هایی از ساختمان که در آن جا تکنیک‌های کاهش انجام شده و همچنین در فضاهای مجاور، با استفاده از یک روش اندازه‌گیری پیوسته غلظت پرتوزایی رادون (به استاندارد ISO 11665-5 مراجعه شود) اجرا می‌شود.

نتایج اندازه‌گیری پیوسته رادون می‌تواند برای برآورد اثربخشی پیاده‌سازی هر نوع تکنیک کاهش فعال (تهویه مکانیکی ساختمان یا زیرزمین، فشارشکنی فعال زیرسطحی) مورد استفاده قرار گیرد. نتایج هر آزمون کوتاه‌مدت نباید به عنوان نماینده میانگین سالیانه غلظت پرتوزایی رادون درنظر گرفته شود.

این اندازه‌گیری‌ها می‌توانند در هر زمانی حین و بعد از پیاده‌سازی راه حل‌های کاهش انجام شوند.

۸ کنترل اثربخشی راه حل های فنی به کار گرفته شده

اثربخشی راه حل های فنی به کار گرفته شده باید مطابق با روش اجرایی مرحله تحقیق اولیه با تعریف جدیدی از نواحی همگن برآورد شود. اندازه گیری ها باید تحت شرایط شرح داده شده در زیربند ۴-۵ انجام شوند. تحقیق اولیه جدید به جای این که در فضاهای و/یا نواحی با بالاترین غلظت پرتوزایی رادون انجام شود باید در سراسر کل ساختمان انجام شود.

یادآوری ۱- هرگونه تغییر در ساختمان ممکن است انتقال رادون در آن را تحت تأثیر قرار دهد و بنابراین منجر به افزایش در غلظت پرتوزایی رادون در قسمت هایی از ساختمان شود که قبلًا تحت تأثیر قرار نمی گرفتند.

یادآوری ۲- هنگامی که یک تکنیک کاهش پیاده سازی می شود، ممکن است نیاز باشد کار کرد درست آن در طول زمان پایش شود.

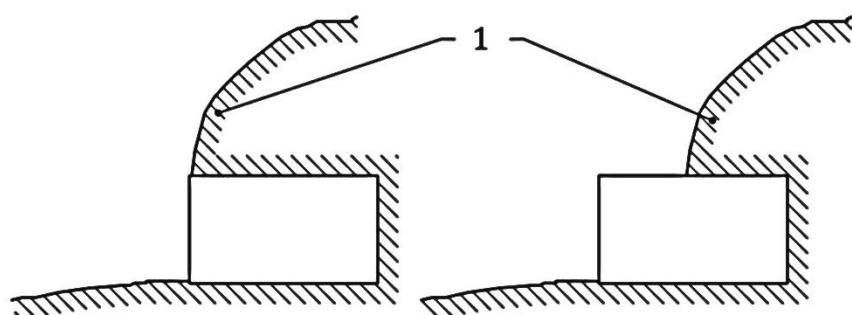
۹ کنترل قابلیت پایداری

باید قابلیت پایداری رفتار ساختمان ها نسبت به رادون به طور منظم برآورد شود. کنترل قابلیت پایداری توسط اندازه گیری غلظت پرتوزایی رادون در سراسر ساختمان، مطابق با شرایط تحقیق اولیه شرح داده شده در بند ۵ انجام می شود.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

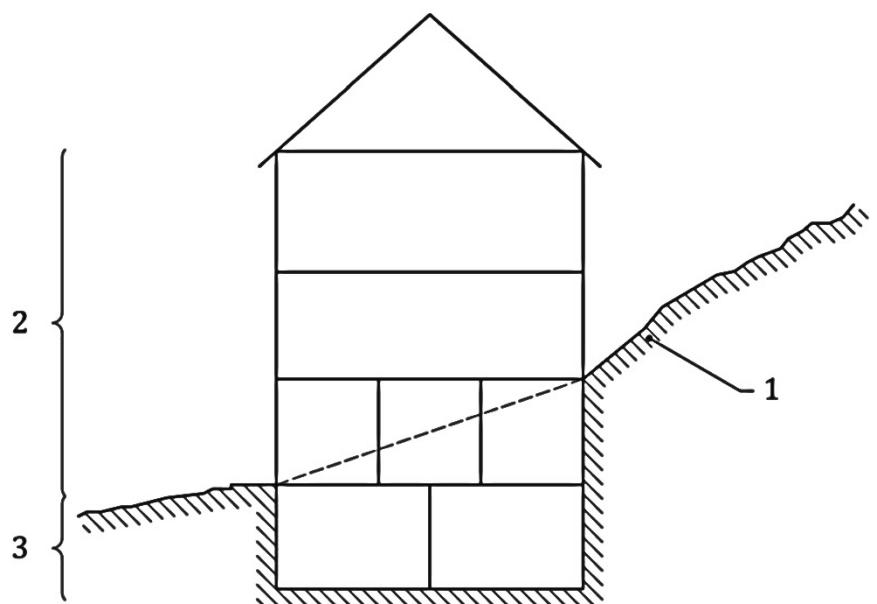
مثالی از ساختمان‌های زیرزمینی و سطوح مدفون



راهنمای:

1 خاک

شکل الف-۱- نقشه‌های ترسیمی از ساختمان‌های زیرزمینی



راهنمای:

1 خاک

2 سطوح بالای زمین

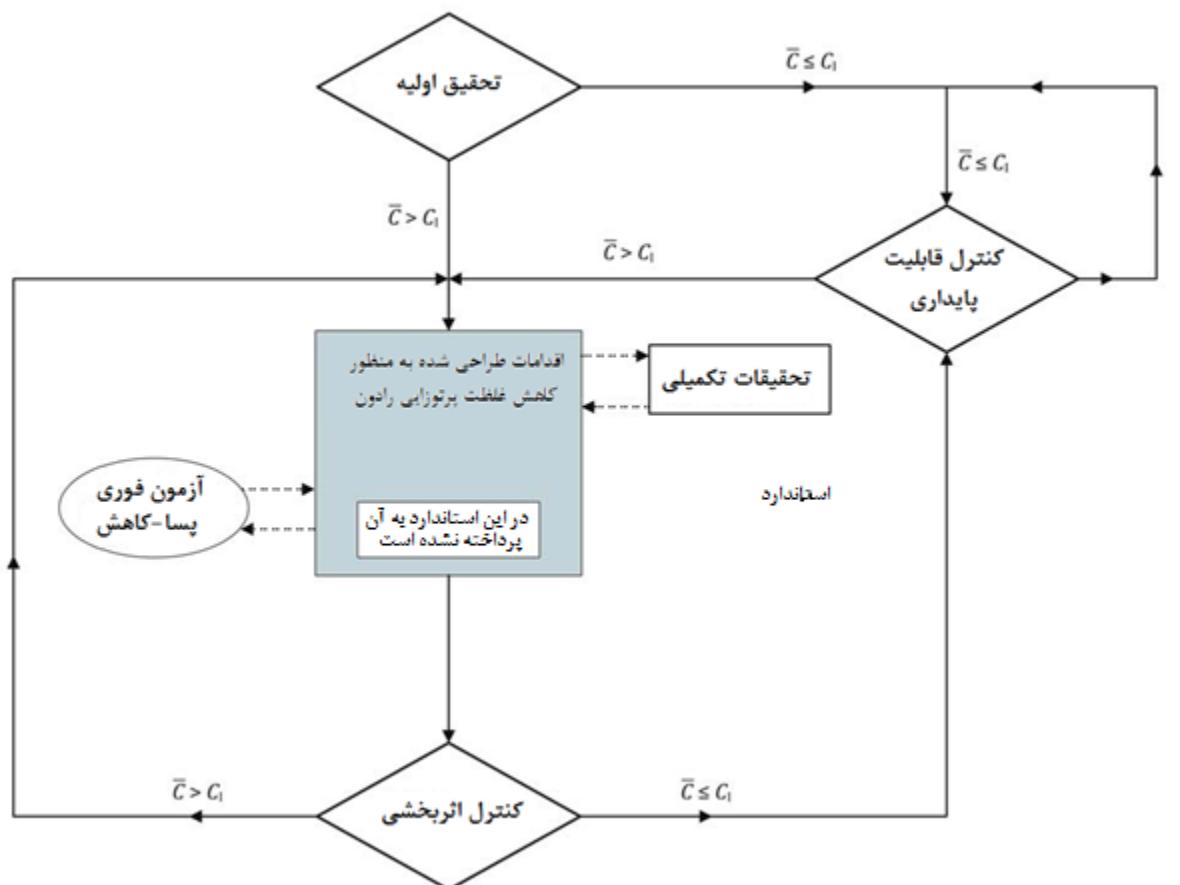
3 سطوح مدفون

شکل الف-۲- نقشه‌های ترسیمی از یک ساختمان با یک سطح مدفون

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

سازماندهی مراحل اندازه‌گیری رادون در یک ساختمان



راهنمای:



اندازه‌گیری‌های بلند مدت که تحت شرایط توصیف شده در بند ۵ انجام شده‌اند



اندازه‌گیری‌هایی که تحت شرایط توصیف شده در بند ۶ انجام شده‌اند



اندازه‌گیری‌هایی کوتاه مدت که تحت شرایط توصیف شده در بند ۷ انجام شده‌اند



اقدام غیرسیستمی



اقدام سیستمی

شکل ب-۱- سازماندهی مراحل اندازه‌گیری رادون در یک ساختمان

پیوست پ

(آگاهی دهنده)

گزارش تحقیق اولیه

برای هر ساختمان

.....	مشخصات مالک
.....	مشخصات درخواست‌کننده

.....	آزمایشگاه یا شرکت	مشخصات طرف‌های مداخله کننده
.....	نام متصرف	
.....	مهارت‌های متصرف	
امضا	تاریخ	نام و نام خانوادگی

.....	نام بنا	مشخصات و موقعیت مکانی ساختمان
خانه خصوصی، مدرسه، ...	نوع بنا	
.....	اداره/دفتر	
.....	منطقه/ناحیه	
.....	نشانی	
.....	پلاک	
.....	کد پستی	
.....	تعداد طبقات	شرح ساختمان
.....	مساحت زمین ساختمان	
.....	مصالح ساختمانی	

.....	نواحی همگن، موقعیت مکانی و تعداد آن‌ها را (بر روی یک نقشه) تعیین کنید	مشخصه نواحی
-------	--	-------------

برای هر ناحیه همگن انتخاب شده

.....	مساحت تقریبی سطح	مشخصات ناحیه همگن
.....	تعداد اتاق‌ها در ناحیه همگن	
.....	موقعیت مکانی	
.....	تعداد وسایل اندازه‌گیری نصب شده	
.....	نوع تهویه	
.....	شرایط سکونت	
.....		مشاهدات طرفهای مداخله کننده
.....		

در هر ناحیه همگن، برای هر دستگاه اندازه‌گیری نصب شده

.....	نوع دستگاه	مشخصات دستگاه اندازه‌گیری
.....	شماره سریال	
.....	سایر اطلاعات (مشخص کنید)	

زمان	روز/ماه/سال	شروع	تاریخ و زمان	شرایط وسیله اندازه‌گیری در هنگام اندازه‌گیری گاز رادون		
زمان	روز/ماه/سال	پایان				
مدت زمان						
موقعیت مکانی داخل ساختمان						
طبقه		موقعیت مکانی نمونه‌برداری				
موقعیت مکانی اتاق						
(ارتفاع نمونه‌برداری (۱۵۰ m))		ارتفاع نمونه‌برداری (۱۵۰ m))				
(فاصله از دیوار (۰۲۰ m))		فاصله از دیوار (۰۲۰ m))				

گزارش آزمون آزمایشگاه

.....	مدت زمان اندازه‌گیری رادون
.....	تعداد روزهایی که اتاق در دوره زمانی پرتوگیری، ساکن ندارد
عدم قطعیت گسترش یافته ($k = 2$) $Bq.m^{-3}$	$Bq.m^{-3}$	غلظت پرتوزایی

در هر ناحیه همگن

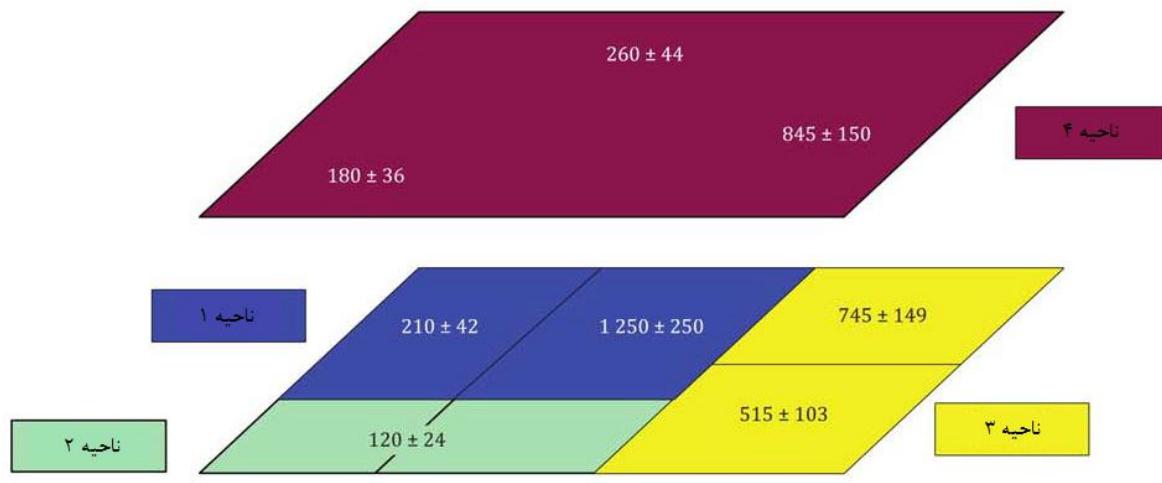
	غلظت پرتوزایی ناحیه همگن
Bq.m ⁻³	

.....	توضیحات
.....	

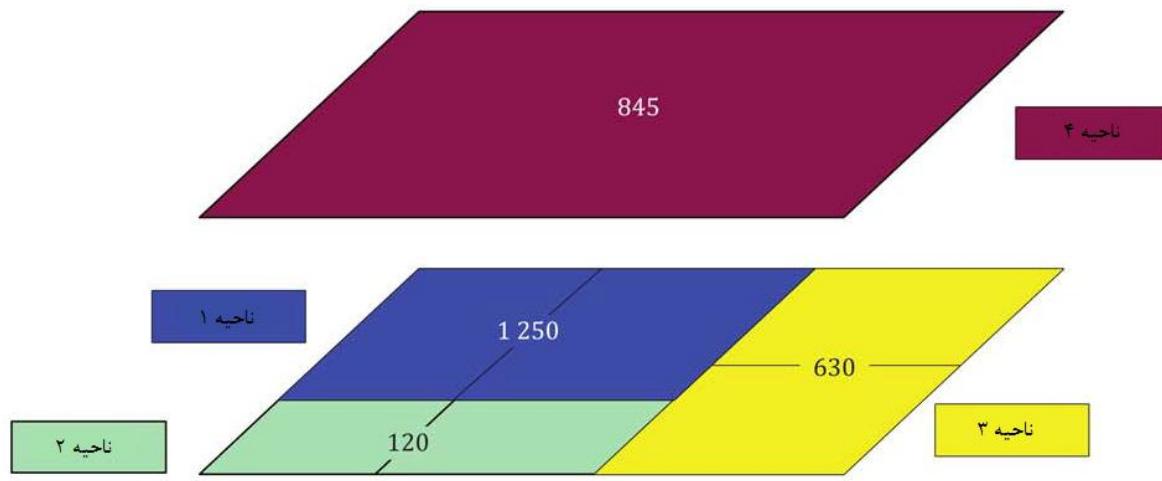
پیوست ت

(آگاهی دهنده)

مثالی از تجزیه و تحلیل نتایج اندازه‌گیری تحقیق اولیه



الف- نتایج اندازه‌گیری‌های تجمعی غلظت پرتوزایی رادون که در نواحی همگن انتخاب شده از یک ساختمان زیرزمینی اجرا شده است



ب- نتایج مقادیر نسبت داده شده به هر ناحیه همگن انتخابی به عنوان قسمتی از تحقیق اولیه در یک ساختمان زیرزمینی

شکل ت-۱- نمونه‌ای از تجزیه و تحلیل نتایج اندازه‌گیری رادون (شکل ب) و تحقیق اولیه اجرا شده (شکل الف) در یک ساختمان با دو سطح مدفون

کتابنامه

- [1] Nuclear Data Base issued from the Decay Data Evaluation Project, Available at: <http://www.nucleide.org/DDEP> WG/DDEPdata.htm
- [2] ICRP Publication 39, Principles for limiting exposure of the public to natural sources of radiation. In: Annals of the ICRP, 14 (1), 1984
- [3] ICRP Publication 60, Recommendations of the International Commission on Radiation Protection. In: Annals of the ICRP, 21(1-3), 1990
- [4] ICRP Publication 65, Protection against radon-222 at home and at work. In: Annals of the ICRP, 23 (2), 1993
- [5] WHO, Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective. World Health Organization, 2009
- [6] UNSCEAR 2006 Report: Effects of ionizing radiation (Vol. 1, report to the General Assembly and two scientific annexes). United Nations Publication, New York, 2008
- [7] ISO 13164 (all parts), Water quality- Radon-222

یادآوری - مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۶۹۱ با استفاده از استانداردهای ISO 13164 تدوین شده‌اند.

- [8] COLLIGNAN B., Le radon dans les batiments existants: Guide pour la remediation des constructions existantes et la prevention des constructions neuves, guide technique CSTB, July 2008
- [9] Building Research Establishment, Guide to Radon Remedial Measures in Existing Dwellings: Dwellings with Cellars and Basements. BRE, Watford, 1998
- [10] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses: Technical Guidance (Third Edition) for Active Soil Depressurization. UPEPA Publication 625-R-93-011, Washington D.C., 1993
- [11] Institute for Protection and Nuclear Safety - General Directorate for Health, National measurement campaign for domestic exposure to radon-Measurement report and mapping at 1January 2000
- [12] ISO 11665-6, Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon-222 - Part 6: Spot measurement method of the activity concentration
- [13] ISO 11665-5, Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon -222 - Part 5: Continuous measurement method of the activity concentration
- [14] ISO 11665-3, Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon - 222 - Part 3: Spot measurement method of the potential alpha energy concentration of its short-lived decay products
- [15] ISO 11665-2, Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon - 222 – Part 2. Integrated measurement method for determining average potential alpha energy concentration of its short- lived decay products
- [16] IEC 61577-1, Radiation protection instrumentation - Radon and radon decay product measuring instruments - Part 1: General principles

- [17] IEC 61577-2, Radiation protection instrumentation - Radon and radon decay product measuring instruments - Part 2: Specific requirements for radon measuring instruments
- [18] IEC 61577-3, Radiation protection instrumentation - Radon and radon decay product measuring instruments - Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments
- [19] ROBE M.C., METIVIER H., Le radon de l'environnement à l'homme, Collection Livre IPSN. EDP Sciences, 1999
- [20] TOKONAMI S., Why is ^{220}Rn (Thoron) measurement important Radiat. Prot. Dosimetry. 2010, 141 (4) pp. 335-339