



ОТЧЕТ
Национално проучване на
концентрацията на радон в
жилищни сгради
2017-2018



НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО
РАДИОБИОЛОГИЯ И
РАДИЦИОННА ЗАЩИТА

РАДИАЦИОННИ
ЕКСПЕРТИЗИ И
МОНИТОРИНГ НА
РАДОН
София, 2018

СЪДЪРЖАНИЕ

РЕЗЮМЕ	3
1. ВЪВЕДЕНИЕ	4
2. ПРИРОДНА СРЕДА НА БЪЛГАРИЯ	7
3. МЕТОДОЛОГИЯ	11
3.1. <i>Райониране на страната за целите на проучването</i>	11
3.2. <i>Период на пробовземане</i>	12
3.3. <i>Обем на извадка на изследваните жилища</i>	12
3.4. <i>Пробовземане</i>	14
3.5. <i>Анкетни карти и протоколи</i>	15
3.6. <i>Методи на измерване и обработка</i>	16
3.7. <i>Осигуряване на качеството и контрол на качеството</i>	17
4. РЕЗУЛТАТИ	19
4.1. <i>Характеристики на измерените резултати</i>	19
4.2. <i>Сезонни корекционни фактори</i>	21
4.3. <i>Оценка на средногодишна обемна активност на радон. Валидиране на сезонните корекционни фактори.</i>	25
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
ЛИТЕРАТУРА:	29
ПРИЛОЖЕНИЕ	30

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

МААЕ	Международна агенция за атомна енергия
НЦРРЗ	Национален център по радиобиология и радиационна защита
РЕМР	Радиационни експертизи и мониторинг на радон
РЗИ	Регионална здравна инспекция
СЗО	Световна здравна организация
AM	Средно аритметична стойност
CR _n	Средногодишна обемна активност
CR _{n1;2;3;4}	Обемна активност на радон за съответната фаза 1-ва; 2-ра; 3-та или 4-та
GM	Геометрична средна стойност
GM _{1;2;3;4}	Геометрична средна стойност за за съответната фаза 1-ва; 2-ра; 3-та или 4-та
GSD	Геометрично стандартно отклонение
SDV	Стандартно отклонение
Min.	Минимална стойност
Max.	Максимална стойност
²²² Rn	Радон 222

РЕЗЮМЕ

Националното проучване на нивата на радон в сгради има за цел определяне на обемната активност на радон в жилища и на сезонните корекционни фактори, въз основа на измервания в продължение на цяла година. Детекторите се сменят през 3-месечен период в продължение на годишните измервания. Тримесечният период включва четирите сезонни времена (пролет, лято, есен, зима) в България.

Измерванията на обемната активност на радон са извършени в 821 жилища в цялата страна през четирите сезона на годината общо за проучването са използвани **3218** детектора. Оценената стойност на средногодишната обемната активност на радон за изследваните жилища е със средна стойност **130 Bq/m³** и средно геометрична стойност **90 Bq/m³**.

За определянето на корекционните фактори за сезоните с цел оценка на средногодишните стойности на обемната активност на радон, са използвани резултатите в жилища, където измерванията са завършени през всичките 4 сезона или на основата на 699 броя измерени жилища. Установено е, че статистическо значимо влияние върху отношенията на сезонните обемни активности оказват само групирането на резултатите по области, за това сезонните корекционни фактори са определени за всяка област (Таблица 2 от Приложение). Корекционните фактори са валидирани чрез сравняване на измерените стойности на обемната активност на радон и моделираните стойности. Разликите между стойностите са незначителни, което означава, че моделираните резултати не се различават съществено от измерваните стойности. Следователно моделът може да бъде прилаган за оценка на средногодишните обемни активности при провеждане на проучваният с по-кратък период на измерване от една година.

Националното проучване на обемната активност на радон в жилищни сгради на цялата територия на България за оценка на сезонните корекционни фактори е разработено и координирано от Национален център по радиобиология и радиационна защита (НЦРРЗ) и проведено в сътрудничество с Регионалните здравни инспекции (РЗИ) в страната за позициониране на детекторите и попълване на въпросници. Детекторите са обработени в Лаборатория „Радиационни експертизи и мониторинг на радон“ (РЕМР) в НЦРРЗ.

Резултатите от това проучване биха могли да послужат за оценка на средногодишната обемна активност на радон чрез определените специфични за всяка област корекционни фактори. Резултатите биха могли да допринесат за по-ефективно и рентабилно изготвяне на радонова карта на България за приоритизиране на дейности, осигуряващи редуциране на нивата на радон, в това число предприемане на мерки при строителство на нови и ремонт на съществуващи сгради, подобряване на информираността и образованието на населението.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Радонът е естествен радиоактивен благороден газ, който е дъщерен продукт при разпада на радия от уран-238 радиоактивно семейство, намиращ се в обширен спектър от скали и почви и варира в широки граници в зависимост от геологията на района. Характеристиките на почвата се влияят от промените в метеорологичните условия, което от своя страна изменя обемната активност на радон от почвения газ [1]. Радонът лесно се разпространява с почвения газ в пропускливи почви и излиза на повърхността. Попаднал на повърхността се разсейва на открито, но може да се концентрира в сгради, където допринася с около 50% от средната годишна доза на населението [2]. Увеличаването на облъчването от радон е свързано с повишен риск за заболяване от рак на белите дробове [3].

Обемната активност на радон в сгради може да варира значително в резултат на различни фактори, които включват: геология на района, пропускливост на почвата, конструкция на сградата и начина на живот. Един от основните фактори, влияещи на вариациите на обемната активност на радон в сгради е климата и метеорологичните условия на района [4]. Нивата на радон са по-високи през нощта, отколкото през деня, като следствие на намалена активност в сградата, и като цяло са по-високи през зимата, в сравнение с лятото. Температурната разлика между сградата и извън нея (на открито) в съчетание с ефекта на вятъра са причина за пониското налягане в сградата. Това води до движение на почвения газ от почвата към сградата, а с него и увеличаване на обемната активност на радон в помещенията [5]. През отоплителния период температурната разлика е по-голяма, съответно потока от земята към сградата е по-голям. Промяната на начина на живот през студения сезон, свързан с намаление на вентилацията на помещенията, също може да доведе до значителни отклонения в обемната активност на радон в сградите. Разликата в температурата и начина на живот през сезоните обуславят сезонните вариации на обемната активност на радон в сградите.

Сезонната вариация на обемната активност на радон е причина за въвеждането на така наречените *фактори за корекция*, които могат да се прилагат за оценка на средната годишна стойност на обемната активност на радон, за измервания с продължителност по-малко от една година. Вариациите на обемната активност на радон съгласно климатичните зони са проучени от различни европейски учени [6, 7, 8, 9]. Ефектът, обаче трудно може да бъде обобщен за повече страни, а дори и в рамките на една страна, тъй като обемната активност на радон зависи от редица други параметри, сред които вида на скалите/почвата, характеристиките на сградата, както и навиците на обитателите. В тази връзка Великобритания е разделена на девет региона [6], Ирландия на пет области [7], а съседната ни Република Македония на две области [9]. Вариациите на обемната активност на радон в съответствие с климата на различните зони показват, че един набор от фактори може да не са приложими за територията на цялата страна и сезонните корекционни фактори трябва да бъдат оценени в района, където те ще бъдат приложени. Сезонните фактори за корекцията подобряват точността на резултата при прогнозиране на дългосрочния риск от облъчването на населението от

радон, но се препоръчва те да бъдат използвани при измерване на обемната активност на радон за повече от 3 месеца [10].

Резултатите от проведеното Национално проучване през 2015 – 2016 г. по Националната програма потвърждават различните вариации на обемната активност на радон в съответствие с различните области в България, както и зависимост от геологията на района. Проучването бе проведено в две фази през различни сезони в годината и различията потвърждават необходимостта от прилагането на корекционни фактори при измерване с по-кратък период [11]. Предвид особеностите на вариацията на радон в сгради през различните сезони съобразно с геологията на района и факторите, които влияят на обемната активност на радон в сградата се проведе по-прецизно проучване. Периодът на проучването обхваща цяла календарна година и бе разделен съобразно сезоните в страната на четири фази за по три месеца.

Целта на допълнението към националното проучване е определяне на обемната активност на радон в жилища и на корекционните фактори, въз основа на измервания в продължение на цяла година. Детекторите се сменят през 3-месечен период в продължение на годишните измервания. Тримесечният период включва четирите сезонни времена (пролет, лято, есен, зима) в България. Проучването обхваща измервания в цялата страна по райони, в зависимост от климата и геологията. Получените резултати могат да бъдат използвани за оценка на средногодишната обемна активност на радон чрез корекционните фактори. Определянето на специфичните корекционни фактори би могло да допринесе за по-ефективно, точно и рентабилно изготвяне на радонова карта на България. В отчета са представени обобщени резултатите от проведеното проучване.

Националното проучване на обемната активност на радон в жилищни сгради и сезонните корекционни фактори на територия на България е разработено и координирано от НЦРРЗ и проведено в сътрудничество с РЗИ в страната за позициониране на детекторите и попълване на анкетните карти (въпросници). Детекторите са обработени в Лаборатория „Радиационни експертизи и мониторинг на радон“ (РЕМР) в НЦРРЗ. Проучването е проведено в съответствие с Процедура за Национално проучване (допълнение), изготвена в изпълнение на дейностите по Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на българското население [12].

Референтното ниво за средногодишната обемната активност на радон в сгради в България, регламентирано в Наредбата за норми за радиационна защита (ДВ, бр. 16 от 2018 г.) за жилищни и обществени сгради е 300 Bq/m^3 [13].

При идентифициране на жилищни и обществени сгради, където референтното ниво 300 Bq/m^3 е надвишено, се предприемат мерки за:

1. намаляване на обемна активност на радон във въздуха на сгради в съответствие с принципа за оптимизация;
2. информиране на населението за облъчването от радон в закрити помещения и свързаните с това рискове за здравето, за значението на това да се извършват измервания във връзка с радона и за съществуващите технически мерки за

намаляване на обемна активност на радон (чрез подобряване на вентилацията, ограничаване на постъплението на радон и др.);

3. системен контрол на обемна активност на радон в сгради с повишено съдържание на радон във въздуха

2. ПРИРОДНА СРЕДА НА БЪЛГАРИЯ

Релефът на България е предимно равнинно-хълмист, с равнини в северната и югоизточната част на страната и сравнително малка средна надморска височина (470 m), с голямо вертикално разнообразие и наличие на пет височинни пояса със западно-източно простиране на едрите форми на релефа (низинен, равнинно-хълмист, нископланински, среднопланински и високопланински). От север на юг, страната се разделя на четири геоморфоложки области: Дунавска равнина, Стара планина, Тракийска низина и Рило-Родопски масив. Климатът в България е умерен с четири характерни сезона и се променя с надморската височина и района. Климатът в Северна България е умерено континентален, докато в Южна България той е преходно континентален до средиземноморски. Релефът на България оказва многообразно влияние върху климата. Това се дължи на неговата мозаечна структура. Планините оказват влияние върху климата с надморската си височина, посоката на простиране, изложението на склоновете и др. Под влиянието на релефа отделни елементи на климата променят характеристиките си, засилва се или се смекчава континенталното влияние. В зависимост от териториалното проявление на климатичните елементи и влиянието на климатичните фактори страната ни се разделя на пет климатични области (Фигура 1).



Фигура 1. Климатични области на България

Умерено-континентална климатична област. Обхваща крайдунавските низини, хълмистите райони до Стара планина, най-източните части на Стара планина, Ихтиманското Средногорие и високите котловини на Краище. В България тя заема най-голям дял от територията на страната. В нея се включват Дунавската равнина и Предбалкана, северните склонове на Главната Старопланинска верига (до 1000 м надморска височина), южните склонове и Задбалканските котловини западно от рида Козница, западните и централните нископланински части на Средногорието,

котловините и ниските планини на Краището. Тази климатична област има най-добре изразени континентални характеристики на климата, като континенталността намалява от север на юг. Температурите в тази област носят белезите на континенталното влияние. Средните годишни температури са 10-11°C. Средните януарски температури са -2° до -3°, а средните юлски температури от 25° до 26°C. В тази област са отбелязани най-ниските зимни температури в България /- 38,3° в Трън/, както и много високи летни температури 45°C в Бойчиновци. В тази климатична област през студеното полугодие поради широкото разпространение на котловините и други негативни форми на релефа често се появяват температурни инверсии. Валежите са неравномерно разпределени през годината. Годишната сума на валежите е от 500-600 мм в Дунавската равнина и достига до 800 мм в Предбалкана и котловинните полета. Ясно изразена е тенденцията на нарастване в посока юг и във височина. Валежите се характеризират с максимум през лятото /средномесечен максимум през юни/ и минимум през зимата /средномесечен минимум през февруари/. Това е характерен белег за умерено континентален климат. Основна причина за това е доминирането във въздушния пренос на по-бедните на влага континентални въздушни маси.

Преходно-континентална климатична област. Тази климатична област обхваща източната част от Задбалканските котловини (на изток от рида Козница) и прилежащите склонове на Главната Старопланинска верига, Горнотракийската низина и прилежащите склонове на Родопите и Същинска Средна гора, Сърнена гора, Бакаджишко-Хисарските възвишения, северната част на Тунджанската област, котловините в поречието на Струма между Земенския и Орановски пролом, както и прилежащите склонове на Осогово, Влахина, Конявска и Рила планина. Преходно-континенталната климатична област по климатичните си характеристики заема междинно положение между умерено-континенталната и континентално-средиземноморската климатична област. Климатът в преходната област е повлиян както от географското положение на прехода между два пояса, така и от континенталните въздушни маси на умерените географски ширини, и въздушни маси, идващи от Средземно море и Егейско море. Зимата в преходната област е по-мека от умереноконтиненталната област и по-хладна от континентално-средиземноморската. Това намира израз най-вече в температурите. Средната годишна температура е около 12-13°C. Преходният характер на климата се проявява в по-високите зимни температури /средна януарска температура от -1° до -0,8°C/. Януарските температури се характеризират с известна неустойчивост. Възможно е да се повишат до 20°C, а така също и да спаднат до -25° дори -30°C. Валежите са малко по количество - между 550 и 750 мм/м² годишна сума. Най-малко са в Пазарджишко-Пловдивското поле, където спадат и под 500 мм. Това се дължи на валежната сянка, която образуват околните планини - Рила, Родопи, Стара планина и Същинска Средна гора. Режимът на валежите съществено се отличава от режима в двете съседни области - умерено континенталната и континентално-средиземноморската. Вътрешно годишното разпределение на валежите се характеризира с два валежни максимума /летен и есенно-зимен/ и два минимума /февруари и август/. Снежната покривка е неустойчива, като почти не се

осъществява постоянно и непрекъснато снегонатрупване. Преобладават западните и северозападните ветрове, а през пролетта и лятото в източните части на Горнотракийската низина се проявяват източните и североизточните ветрове.

Преходно-средиземноморската климатична област. Тази област е част от средиземноморската климатична област в Европа, обхващаща южните части на Балканския полуостров. Тя заема много по-малка площ от територията на страната, сравнена с умерено-континенталната. Обхваща най-южните части на страната покрай южната ни граница - долината на р. Струма (на юг от Кресненския пролом), долината на Места (на юг от Момина клисура), Източните Родопи, Сакар, Дервентските възвишения и Странджа. Формира се под влияние на по-южното си географско положение, на въздушните маси от Средиземно и Егейско море, спецификата на релефа и особено простирането на едрите му форми. Характерно за климата на тази област е меката, понякога дори топла, с много валежи зима и горещо и сухо лято. Тази особеност на континентално-средиземноморската климатична област се обуславя от по-честото преминаване през зимата над тези райони на средиземноморски циклони и разширяването на влиянието през лятото на Азорския максимум. Температурите се отличават с по-високи стойности в сравнение с умерено-континенталната климатична област. Средногодишните температури са около 13-14°C. Годишните температурни амплитуди са 21-22°C. Средната януарска температура е положителна от 1° до 2°C, а средната юлска температура е 24° – 25°C. Режимът на валежите /с есенно-зимен максимум и летен минимум/ е характерен за средиземноморския тип климат. Периодът на засушаване не е така продължителен и максимумите и минимумите на валежите са относително по-слабо изразени. Годишните валежни суми са между 500-600 мм, а в южната планинска част достигат до 700-1000 мм. Снежната покривка е много непостоянна, задържа се 1-2 дни, като по долините на Струма и Места тя се образува веднъж на няколко години. Като количество валежи е неравномерно разпределено.

Черноморска климатична област. Обхваща ивица с ширина 20- 40 км. на запад от брега на Черно море. Климатичното влияние на Черно море е ограничено. Проявява се в тясна ивица с ширина 40-60 км. навътре в сушата. Това се обуславя от малката му водна площ и разположението му на изток от територията на страната. По този начин формираните или трансформирани над него въздушни маси се отнасят предимно на изток. Неговото влияние е по-чувствително през летния сезон, когато добре изразена е денонощната смяна на бризовата циркулация. Най-значима особеност на климата, която го отличава от климата на другите области, е сравнително меката и влажна зима и горещото, слънчево и сухо лято. Пролетта е прохладна, а есента е по-топла, сравнена със същите сезони в другите области. Средните годишни температури са сравнително високи за страната. Средната януарска температура е положителна 0,8°C /за северното крайбрежие/ и 3,2°C /по Южното Черноморие/. Областта се характеризира със слаби валежи. Така например в Добруджа те не достигат 500 мм, но в южната част нарастват на 900 мм. В зависимост от термичните условия снежната покривка в северната част се задържа около 2-4 седмици, а в южната 4-5 денонощия.

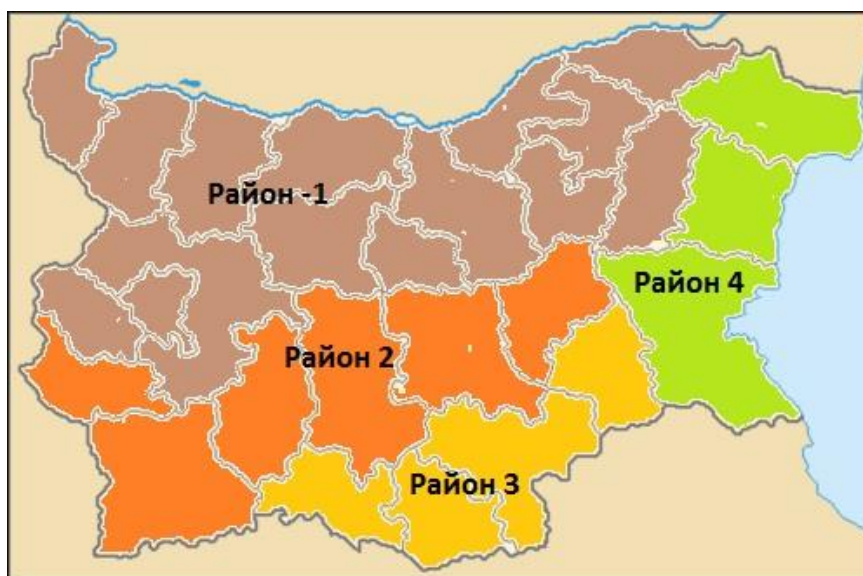
Планинска климатична област. Обхваща районите с надморска височина над 1000 м. Това са високите части на Стара планина, Витоша, Средна Гора, Рила, Пирин, западните Родопи и др. Планинската климатична област се отличава със съществени различия в стойностите на климатичните елементи в сравнение с другите климатични области. Освен атмосферната циркулация причина за това е релефът, неговата надморска височина, разчлененост, простиране, изложение на склоновете и т.н. Въз основа на измененията на климатичните елементи се различават нископланински климат /до 1000м/, среднопланински /до 1800 м/ и високопланински /над 1800м/. Температурите в тази област са най-ниските в страната. Средните годишни температури са $-3/+6^{\circ}\text{C}$. Средните януарски температури на височина 1200 – 1300 м са от $-3,5^{\circ}$ до $-4,5^{\circ}\text{C}$, а на височина 1180-1900 м са от -6° до -7°C . В най-високите части на планините средните януарски температури достигат до -10°C . Характерна особеност на планинската климатична област са значително по-високите стойности на валежите и големият относителен дял на снеговалежи и образуването на дебела и продължително време задържаща се снежна покривка - от 5 до 9 месеца. По билата на планините духат много силни ветрове - скоростта им достига до 30 м/с.

3. МЕТОДОЛОГИЯ

За провеждане на националното проучване на нивата на радон НЦРРЗ е изготвил допълнение към „Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване на нивата на радон в сгради“ [12], където се описва метода на измерване, методология на проучването, размер на извадката, метод на оценка на корекционните фактори, разпределение на детекторите и етапите на провеждане на проучването. В Процедурата са описани дейностите, които се извършват за планиране и изпълнение, за подготовка, поставяне и събиране на детекторите в цялата страна.

3.1. Райониране на страната за целите на проучването

За целите на определяне на корекционните фактори на сезонните вариации на обемната активност на радон в къщи, за оценка на средногодишната стойност при краткосрочни измервания, България е разделена на 4 района (Фигура 2).



Фигура 2. Райони в България в зависимост от корекционните сезонни фактори за определяне на средногодишни концентрации на радон

При определянето районите за изследване на сезонните вариации на обемната активност на радон са взети под внимание климатичните зони в България и административното разделяне на страната. Планинската климатична област не е взета под внимание при националното проучване, тъй като тя обхваща територия с надморска височина над 1000 м., а там се предполага, че няма сграден фонд.

Разпределението на административните области в районите, за оценка на вариациите са опиани със съответните кодове в допълнение към Процедурата за национално проучване [12]. Въведените кодове за областите и общините се спазваха в съответствие с дадените по Националното проучване. Номерата на жилищата, обследвани в настоящото проучване следваха последния номер от проучването през

2015-2016 г. с цел избягване на повторенията и допълване на базата данни.

3.2. Период на пробовземане

Проучването се извърши в четири фази в зависимост от четирите климатични сезона. Сезоните се определят всяка година от Институт по астрономия с национална астрономическа обсерватория към Българската академия на науките в астрономически календар [14]. Всяка година на интернет страницата на института се публикува актуален астрономически календар за годината. Фазите са определени на базата на астрономически календар за 2016 г. [14] и в приближение се приема че, интервалите на четирите фази за проучването се разделят на:

- зима - от 20 декември до 20 март;
- пролет - от 20 март до 20 юни;
- лято - от 20 юни до 20 септември;
- есен - от 20 септември до 20 декември.

Почти всички РЗИ са спазили периода на подмяна на детекторите с изключение на 6 РЗИ (Велико Търново, Кюстендил, Ловеч София-град, Сливен и Хасково), които са поставяли и подменяли детекторите с приблизително 20 дена разлика. В предвид сезонните изменения и неопределеността във вариациите, се приема, че тази разлика няма да повлияе на определянето на корекционните фактори.

3.3. Обем на извадка на изследваните жилища

При формирането на представителната извадка от жилища, които ще бъдат изследвани за проучването са използвани данни за жилищния фонд в България от Националният статистически институт за 2015 г. [15]. Извадката е стратифицирана (районирана) с безвъзвратен подход, като за критерии за райониране са използвани климатичните зони в България и административните области.

При този подход единиците са избрани, след като генералната съвкупност на жилищния фонд е райониран по климатичните зони. Районирането се извършва с цел подобряване точността на оценките, т.е. намаляване на стохастичната грешка при един и същ обем на извадката. Методът е приложим при работа с хетерогенни генерални съвкупности. Смисълът на разделянето на генералната съвкупност на качествено еднородни райони в съответствие с приблизителното разположение на областта в климатичната зона се свежда до разпределянето на съвкупността на хомогенни групи. В приложеният модел за определяне на обема се използва непропорционалният подбор от всяка група, независимо от нейния обем, се подбират еднакъв брой единици. Единиците и на двете степени са избрани чрез систематичен случаен подбор, с вероятност пропорционална на броя на жилищния фонд в дефинираните гнезда (областите).

Таблица 1. Разпределение на жилищата и детекторите по райони

райони за сезонни корекционни фактори	Брой жилища към 2015	в градове	в села	брой изследвани жилища	Общ брой детектори	% разпределение на детекторите в градове	% разпределение на детекторите в села
Общо за страната	3935105	2613418	1321687	840	3360	70	30
Район -1	2015293	1337288	678005	450	1800	70	30
Район -2	889550	572643	316907	180	720	60	40
Район -3	391177	221034	170143	120	480	60	40
Район -4	639085	482453	156632	90	360	75	25

Моделът и обемът на извадката са определени така, че да бъде осигурена достатъчна точност на получените резултати, т.е. максималната относителна грешка на оценките да не надвишава 15% при 5% доверителен интервал (вероятност $P=0.95$). Обемът на извадката, за първата степен на разпределение е определен по формулата [16]:

$$n = \frac{z^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\Lambda^2 \cdot N + z^2 \cdot \sigma^2}$$

където:

z - коефициент, съответстващ на приетата вероятност от 0.95, $z=1.96$;

N - генералната съвкупност жилища за България по статистически данни за 2015 г.;

Λ - максимална относителна грешка;

σ – стандартно геометрично отклонение от предишно проучване.

Разпределението на измерванията на обемната активност на радон в жилища е лог-нормално, за това при определянето на размера на извадката е използвано стандартното геометрично отклонение. От резултатите на проведеното Национално проучване през 2015-2016 г. стандартното геометрично отклонение е $\sigma=2.15$.

Определеният обем на извадката по формулата е 813 броя жилища, които са разпределени по райони пропорционално, в зависимост от броя гнезда (области) в района. На базата на определения обем на извадката е дефиниран броя жилища за област при втората степен на разпределение (≈ 30 броя), което променя обема на извадката на 840 броя жилища. Точния брой детектори, който е определен по описания метод е представен в Таблица 1 за всеки район.

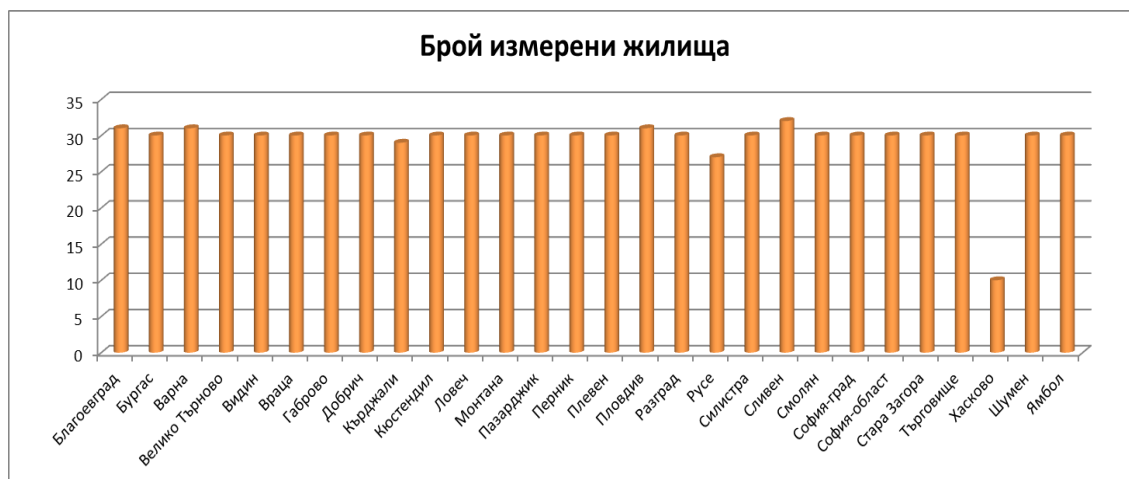
В изследването на обемната активност на радон във въздух е заложен принципът на доброволното участие на случайно подбрани жилища. Всяко случайно избрано жилище, което не желае или няма възможност да сътрудничи на изследването, се подменя с друго от същото гнездо (област). Набирането на единиците в областта е извършено от служителите на РЗИ. Случайният подбор на жилищата и личният разговор на служителите от РЗИ „от врата до врата“, гарантират представителността на извадката. На всяко РЗИ са предоставени 120 детектори общо за провеждането на измерванията в 30 броя жилища за четирите фази.

3.4. Пробовземане

Схемата за вземане на проби (измерване на обемната активност на радон в жилища) беше ограничена до извадка от 840 жилища за всички 28 области (Таблица 1). Извадката обхваща както селските, така и градските райони във всички административни области в България. Във всяка област в България се извърши измерване в 30 жилища, или общо 840 жилища, а разпределението им в областта е стратифицирано по вида населени места (градски и селски вид). Измерваните помещения на жилищни сгради се намират на приземни обитавани етажи („кота 0” от земната повърхност) в дневната/хол или спалнята/детска стая.

За измерване на жилищата (840) през четирите сезона са подготвени общо **3360** броя детектори. На всяка област са отделени 125 броя детектори или общо са изпратени 3508 детектора за цялото проучване. От тях 120 детектора за измерване на жилищата, 4 броя дублиращи детектори за контрол на качеството на измервания, 1 нулев (транзитен) детектор. За област Сливен са предоставени 132 броя за две допълнителни жилища. Детекторите се сменят на всеки три месеца и се изпращат в НЦРРЗ за обработка.

Обследваните жилища в края на периода са 821, като разпределението на жилищата по области е представено на Фигура 3.



Фигура 3. Разпределение на измерени жилища по области

В почти всички области броя на измерените жилища е 30, в съответствие с указанията, в област Кърджали измерените жилища са 29, в област Русе 27, а в област Хасково само 10 броя. РЗИ Хасково предостави свалените от четвърта фаза детектори, но не предостави информация за 20 жилища, поради загуба на анкетни карти, което доведе до липса на окончателен резултат за средната годишна обемна активност на радон за тях.

Общо за четирите фази в лаборатория РЕМР са обработени **3218** броя детектори. Общо изгубените детектори за цялото проучване са **66** броя или 2%. В случаите когато детекторите са върнати в лабораторията неотваряни от защитното фолио или след обработката на чиповете, резултата е под минимално

откриваемото ниво, също се счита за загуба на резултат, броят на тези детектори е 91 броя.

Броят на детекторите с резултат по-малък от минимално детектируемата активност е по-голям от реалните загуби на детектори, което показва, че участниците не са достатъчно добре информирани за начина на измерване и за целите на проучването. Следователно една от задачите, на която трябва да се обърне внимание при следващите действия по „Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон“ е по-добра информираност на населението по проблема както и представяне на основните цели на Стратегията.



Фигура 4. Процент на загубите на резултат по фази

Разпределението на загубите на резултат по фази е представено на Фигура 4. Загубите са най-много през пролетта 41%, вероятно, защото е началото на проучването и участниците не са добре запознати. Общо загубите на детектори и резултат през четирите фази е 157 броя или 4.7%.

3.5. Анкетни карти и протоколи

За събиране на допълнителна информация при провеждане на Националното проучване са изготвени анкетни карти (*Приложение № 1*). Анкетната карта е оформена така, че да се получи необходимата за базата данни информация за обследваните жилища. Попълването на анкетната карта, съгласно Процедурата се извършва от собственици на измерваните жилища или техни представители, с помощта на служителите на РЗИ. Тази информация се попълва в електронен вид от служителите на РЗИ и е изпратена в НЦРРЗ.

След приключване на проучването копия на попълнените анкетни карти са изпратени в НЦРРЗ от 25 РЗИ. Не са предоставени копия на анкетни карти от РЗИ Видин, РЗИ Кюстендил, РЗИ Смолян. РЗИ Хасково предоставиха само 10 бр.

анкетни карти. Електронни таблици с информация от анкетните карти бяха предоставени попълнени от всички РЗИ, с изключение на РЗИ Хасково.

В началото на месец юни 2018 г. бяха издадени протоколи за всяко РЗИ с резултатите за измерената средногодишна обемна активност на радон на участниците. Протоколите се предоставиха на Министерство на здравеопазването с писмо на НЦРРЗ изх. № РД -02-07-92/19.06.2018 г., а Министерството съответно на РЗИ. РЗИ информира всеки участник в проучването за обемната активност в жилището с писмо, което съдържа и допълнителна информация за начините за редуциране на нивата.

3.6. Методи на измерване и обработка

За провеждане на националното проучване са използвани пасивни детектори за измерване на обемната активност на радон в жилищни сгради. Детекторите се състоят от CR-39 чип, поставен в цилиндрична дифузионна камера, представляваща филтър за прах и дъщерните продукти на радон (Фигура 5). Основният детекторен чип е разположен в основата на дифузионна камера тип RSKS. Алфа-частиците попаднали върху чипа оставят следи (трекове) върху него. Следите по материала, с диаметър няколко десетки нанометра, получени след химична обработка, се четат с помощта на електронен микроскоп. За обработката на детекторите и оценяване на обемната активност на радон във въздух в лаборатория „РЕМР“ се използва RADOSYS система, която се състои от: баня за ецване, микроскоп за четене на трековете и софтуер за обработка на данните. Обработката на детекторите и средствата за измерване се подготвят за работа съгласно инструкциите за измерване в Лаборатория „Радиационни експертизи и мониторинг на радон“.



Фигура 5 . Детектор тип RSKS камери на Radosys система

При изпращането на детекторите от РЗИ те се завеждат в дневник, който е в електронен вид. При връщането в лаборатория РЕМР те се отразяват в дневника. Разглобяват се с помощта на клещи, като се използват ръкавици, за да се избегне замърсяването на чиповете, поставят се на слайдове и се съхраняват в ексикатор с

активен въглен до подготовката за ецване и събиране на достатъчен брой детектори.

Връщането на детекторите във възможно кратък срок е важен елемент за своевременна обработка на чиповете. През едногодишния период на провеждане на проучването имахме проблем, с това че детекторите не се предоставяха за обработване в лаборатория РЕМР в указания срок, а се допускаха закъснения, които забавяха процеса на обработка. Този проблем се появява поради изчакване за събиране на всички детектори, но за следващи проучвания е необходимо обмисляне на поэтапно изпращане на детекторите в лабораторията.

Пробовземането, обработката и изчислението на резултатите се извършва съгласно процедури и инструкции, изготвени в съответствие с ISO 11665-4:2012 „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“.

Определеното ниво на детектиране (откриване) на базата на калибрирането и оцененния фон е $LD=10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ за партидите детектори, използвани при провеждане на Националното проучване.

В лаборатория Радиационни експертизи и мониторинг на радон са обработени 3218 броя чипове от детектори поставени в жилищата, 137 броя чипове от дублиращи детектори и нулеви за осигуряване на качеството или общо за проучването **3355** броя чипове.

3.7. Осигуряване на качеството и контрол на качеството

Основният елемент за осигуряване качество на изпитванията е подсигуряване на проследимостта на резултата до международен еталон. Лаборатория „РЕМР“ осигурява проследимост на измерваната величина до първичен еталон, чрез непрекъснатата верига от калибрания. Чрез калибрирането се определя стойността, която преобразува измереното число трекове във физична величина – обемна активност на радон. Проследимостта на резултатите за обемната активност на радон във въздух, измерени с RADOSYS система до референтна атмосфера се извършва за всяка закупена партида детектори в три или пет точки (различни стойности на обемната активност на радон) съгласно ISO 11665-4:2012. Облъчването на детекторите в референтна атмосфера, проследима до международен еталон се извършва от външна акредитирана лаборатория. За партидата детектори, използвани в националното проучване Лаборатория „РЕМР“ е изпратила детектори за облъчване до акредитирана лаборатория в Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Германия. Издаден е сертификат за калибриране от BfS D-K-15063-01-00/14.02.2017г. за партида 7, използвана в националното проучване. Облъчените детектори се подлагат на идентична обработка и се определя калибровъчен фактор, който се използва за оценка на резултатите. Издаден е сертификат за калибриране СК №07/02.06.2017г., които се съхраняват в досието на измерващата система.

Добър и широко използван начин за доказване на качеството на резултатите е участие в междулабораторни сравнения, които се организират от референтни лаборатории. През ноември 2017 г лаборатория РЕМР участва в междулабораторни сравнения в Radon dosimetry Team от Public Health England (PHE). Резултатите все още не са получени.

За да се гарантира точността на получените резултати, се провеждат измервания за контрол на качеството. За оценка на точността и прецизността на измерваните концентрации на радон се разпространени дублиращи и нулеви детектори. С дублиращи измервания се оценява прецизността на измерванията. Те се използват за оценка на качеството на измерването през целия процес. Дубликати са детектори, разположени на същото място, за същия период на измерване. Дублиращите детектори за нащото проучване са 4 % от целия брой детектори. Дублиращите детектори се обработват в лабораторията за анализ по същия начин като останалите детектори. Резултатите от дублиращия детектор, трябва да са приблизително равни на резултатите от основния.

За дублиращи измервания са изготвени протоколи № РЕМР-02/18.06.2018г. за дублиращи детектори поставени в едно и също жилище (къща) през четирите фази на проучването. Сравнени са средните стойности на обемната активност на радон в жилището. Всички резултати са с приемлив резултат (*Приложение № 2*). За дублиращи детектори поставяни в различни жилища в различните фази на проучването е изготвен протокол № РЕМР-03/18.06.2018 г., в който са оценени резултатите за измерванията в съответните фази (*Приложение № 2*) общо 35 детектора. При оценката на прецизността на измерванията не е отчетен начина на пробовземане, а са включени дейностите в лабораторията, които се извършват за получаването на резултат за обемната активност на радон. Резултатите от дублиращите измерванията се считат за приемливи, когато общия процент на неприемливите резултати е под 10%. Общият брой дублиращи детектори са **112** броя. *Дублиращи детектори за проучването в област Кърджали не са поставени.*

Оценка на точността се извършва с нулеви детектори. Те се използват за оценка на влиянието на пренасянето от лабораторията до помещението и обратно, съхранението и други процеси при определяне на концентрацията на радон в помещението. Нулевите детектори са детектори, които не се разопаковат или отварят, за да не могат да регистрират радон. Те престояват същия период от време в измерваното помещение, но в затворено състояние. Тъй като нулевите детектори не са изложени на облъчване с радон, то тяхната стойност теоретично трябва да е приблизително равна на фона на партидата. В лабораторията не са върнати нулеви детектори от области: Кърджали, София-област и Хасково Най-високи стойности на нулевите детектори са оценени на област Габрово и област Враца. Средна стойност на трековете на нулевите детектори е 0.57 track/mm^2 , което е с приблизително 0.1 track/mm^2 повече от трекове от оценените фоновите стойности. *Предприети са мерки за закупуване на метални пликове, в които да бъдат съхранявани и транспортирани детектори, които са за обработка.*

4. РЕЗУЛТАТИ

4.1. Характеристики на измерените резултати

Обобщените резултати от измерените обемни активности по фази са представени в Таблица 2. В таблицата е представена дескриптивната статистика на данните.

Таблица 2 Дескриптивна статистика на измерените стойности на CRn по фази

	Брой жилища	Брой липси	Min.	Max.	AM	SD	GM	GSD
CRn ₁ пролет (Bq/m ³)	821	64	12	2267	117	149	77	2.43
CRn ₂ лято (Bq/m ³)	821	36	11	1278	77	85	56	2.13
CRn ₃ есен (Bq/m ³)	821	20	10	2471	169	209	110	2.43
CRn ₄ зима (Bq/m ³)	821	37	10	3332	158	226	95	2.63

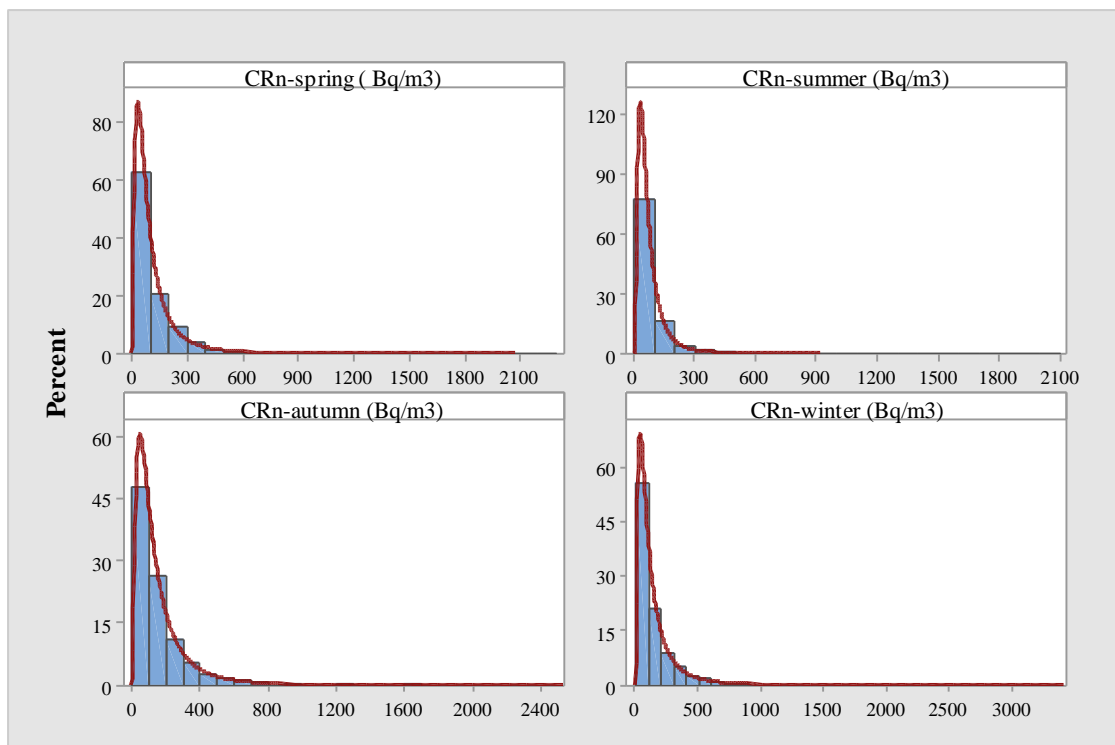
Валидните резултати през първата фаза (пролет) са 757 със средна аритметична стойност 117 Bq/m³ и средна геометрична стойност 77 Bq/m³. През втората фаза (лято) резултатите са 785 броя и както се очаква са с най-ниски стойности - средна аритметична стойност 77 Bq/m³ и средна геометрична стойност 56 Bq/m³. През трета фаза (есен) резултатите са 801 броя със средна аритметична стойност 169 Bq/m³ и средна геометрична стойност 110 Bq/m³. През четвъртата фаза (зима) резултатите са 784 броя със средна аритметична стойност 158 Bq/m³ и средна геометрична стойност 95 Bq/m³. Стойностите на обемната активност на радон в трета и четвъртата фаза са приблизително еднакви, което показва по-топла зима и студена есен. Климатичните промени, които се наблюдават оказват влияние съответно и на обемната активност на радон в сградите. Най-високата стойност на обемната активност на радон в жилище е измерено през зимата 3332 Bq/m³.

Разпределението на стойностите на обемната активност на радон е лог-нормално [17]. За оценка на разпределението на логаритмично трансформирани стойности на обемната активност на радон по фази е приложен Колмогоров-Смирнов тест при 95% ниво на значимост (ефектът е значим, когато $p > 0.05$). Нулевата хипотеза, че данните по фази имат лог-нормално разпределение е приета за фазите пролет, лято и есен (Таблица 3) при 95 % доверителен интервал, а зима при 90 % доверителен интервал.

Таблица 3. Резултати на р-стойност по фази от проверка на разпределението на резултатите

Колмогоров-Смирнов тест	р стойност
lnCRn ₁ пролет (Bq/m ³)	0.1915
lnCRn ₂ лято (Bq/m ³)	0.0635
lnCRn ₃ есен (Bq/m ³)	0.1056
lnCRn ₄ зима (Bq/m ³)	0.0212

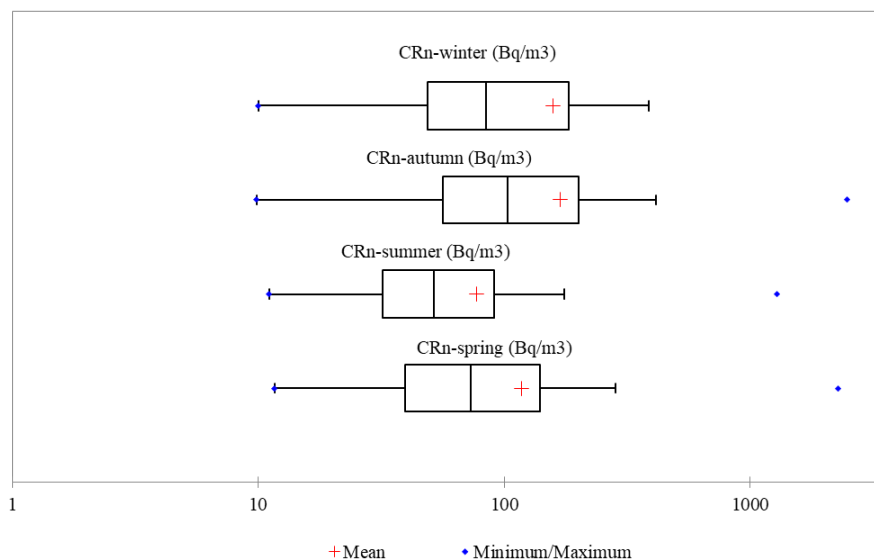
На Фигура 6 са представени хистограмите на логаритмично трансформирани измерени обемни активности на радон по фази, от където се вижда, че стойностите имат лог-нормално разпределение.



Фигура 6. Хистограми на разпределението на измерените логаритмично трансформирани стойности на обемната активност на радон по фази

За да се оценят различията в стойностите на обемната активност на радон в измерваните жилища по различните фази по сезони (пролет, лято, есен, зима) се приложи теста на Крускал-Уолис за сравнение на средните стойности. Установена е статистически значима разлика между измерванията през четирите сезона (KW, $p < 0.0001$) (Фигура 7).

Разликата между стойностите на обемната активност на радон в измерваните жилища обосновава определянето на сезонните корекционни фактори за оценяването на средногодишната обемна активност в сградата при по-краткосрочни измервания.



Фигура 7. Сравнение на средните стойности на измерените обемни активности на радон по фази (пролет, лято, есен, зима)

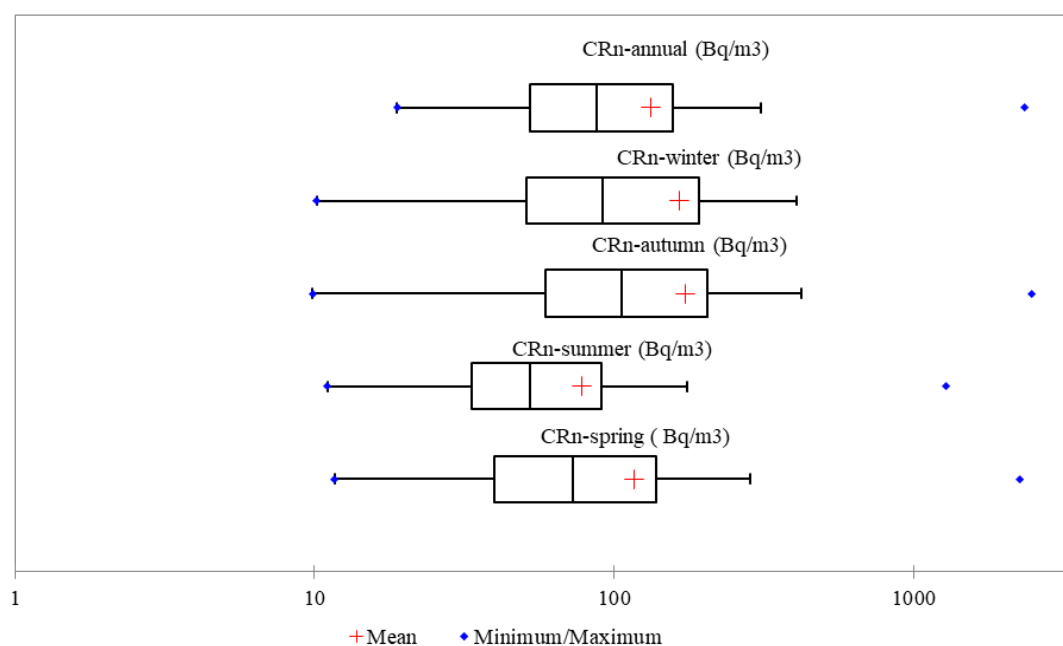
4.2. Сезонни корекционни фактори

За определянето на корекционните фактори за сезоните с цел оценка на средногодишните стойности на обемната активност на радон, са използвани резултатите в жилища, където измерванията са завършени през всичките 4 сезона. В част от жилищата има загуба на детектори, в друга детекторите не са поставени и резултатът е под минималното ниво на окриване, а част от участниците са отказали да продължат проучването, други са се включили в последствие. Жилищата, където е измерена обемната активност на радон през четирите сезона са общо 699 броя. Описателни статистически данни от тези резултати са дадени в Таблица 4. За тези жилища е оценена средногодишната обемна активност на радон, като средна стойност от четирите измервания в помещенията.

Табела 4. Дискриптивна статистика на обемната активност на радон в 699 жилища

	Брой	Min.	Max.	AM	SD	GM	GSD
CRn ₁ пролет (Bq/m ³)	699	12	2267	116	146	77	2.40
CRn ₂ лято (Bq/m ³)	699	11	1278	78	86	57	2.10
CRn ₃ есен (Bq/m ³)	699	10	2471	172	212	114	2.38
CRn ₄ зима (Bq/m ³)	699	10	3332	166	234	101	2.58
CRn средна (Bq/m ³)	699	19	2337	133	156	94	2.20

За оценка на различията на средните стойности на обемната активност на радон, измерени през годишните сезони е приложен отново теста на на Крускал-Уолис. Установена е статистически значима разлика между стойностите на обемната активност радон през сезоните за жилищата, където CRn е измервана през всичките фази (Фигура 8)



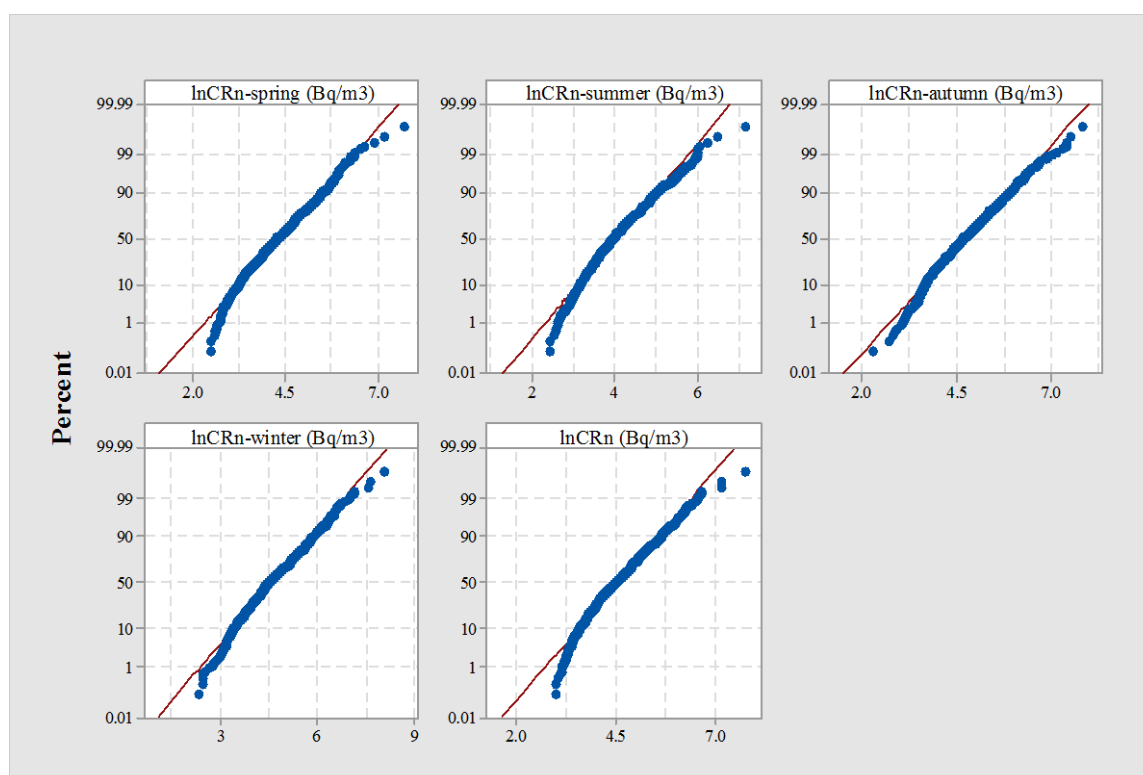
Фигура 8. Сравнение на средните стойности на измерените обемни активности на радон по фази (пролет, лято, есен, зима) и оценената средногодишна обемна активност на радон в жилището

За определяне на разпределението на обемната активност на радон по сезони, както и на средногодишните обемни активности е приложен теста на Колмогоров-Смирнов на логаритмично трансформираниите стойности. Резултатите за р-стойностите са представени в Таблица 5.

Таблица 5. Разпределение на ln трансформираниите резултати

Колмогоров-Смирнов тест	р стойност
$\ln CRn_1$ пролет (Bq/m^3)	0.2961
$\ln CRn_2$ лято (Bq/m^3)	0.0309
$\ln CRn_3$ есен (Bq/m^3)	0.2027
$\ln CRn_4$ зима (Bq/m^3)	0.0645
$\ln CRn$ годишна (Bq/m^3)	0.0888

Проверена бе нулева хипотеза, че лог-трансформираниите стойности на обемните активности на радон през сезоните и оценената средногодишна обемна активност на радон следват нормално разпределение. Тестът е значителен за данните през пролетта, зимата, есента и средногодишната стойност на CRn при 95% доверителен интервал, а за лятото при доверителен интервал 90%. Стойностите за обемната активност на радон през пролет, лято, есен, зима и оценената средногодишна следват лог-нормално разпределение, както разпределения от други проучвания [17]. За проверка на лог-нормалното разпределение на логаритмично трансформираниите стойности за всичките сезони и стойностите на средногодишната обемна активност на радон са поставени на 45-градуса наклонена права на нормалното разпределение и са изготвени P-P плот за всеки набор от данни (Фигура 9).



Фигура 9. P-P плот на ln трансформираниите стойности на обемната активност на радон за всеки сезон и средногодишната обемна активност

Лог-трансформираните данни лежат на правата за това може да се заключи, че разпределението на данните е нормалното. В областта на ниските и високите стойности се наблюдава отклоние, което се изправя с изваждане на фоновите стойности на радон на открито [17], но за България не са проведени такива измервания.

Изследвана е взаимовръзката между обемната активност на радон през четирите сезона и средногодишната стойност. За мярка, изразяваща зависимостта между обемните активности е използван коефициента на корелация на Пирсън, който изразява линейна връзка между величините. Корелационната матрица е представен в Таблица 6.

Таблица 6. Корелационна матрица (коефициент на Пирсън)

Променливи (Bq/m ³)	lnCR _{n1} -пролет (Bq/m ³)	lnCR _{n2} -лято (Bq/m ³)	lnCR _{n3} -есен (Bq/m ³)	lnCR _{n4} -зима (Bq/m ³)	lnCR _n (Bq/m ³)
lnCR _{n1} -пролет	1				
lnCR _{n2} -лято	0.6938	1			
lnCR _{n3} -есен	0.8091	0.6393	1		
lnCR _{n4} -зима	0.7285	0.5718	0.8137	1	
lnCR _n годишна	0.9039	0.7475	0.9463	0.8920	1

Удебелените стойностите са различни от 0 с ниво на значимост $\alpha=0.05$

Стойности на коефициента на Пирсън от корелационната матрица (Таблица 6) показват, че корелацията между всички променливи е статистически значима. Колкото по-голяма е стойността на коефициента на Пирсън, което е мярка за връзката между променливите, толкова по-силна е корелацията. Съответно, измерените стойности на обемната активност на радон през пролетта са най-силно свързани с есента, обемната активност на радон през лятото е свързана с пролетта, през есента с зимата и зимата с есента. Средногодишната обемна активност на радон е силно зависима от измерванията през есента, пролетта и зимата, а най-силна корелация на средногодишната обемна активност е с измерените стойности през есента ($r=0.9463$). Следователно при измервания на обемната активност на радон само през лятото има вероятност стойността да е значително по-ниска от реалната стойност на обемната активност на радон в помещенията.

За да се определят сезонните корекционни фактори, се изчисляват съотношенията на резултатите с най-силна корелация между измерените стойности, както следва: пролет/есен ($r=0.8091$), лятото/пролет ($r=0.6393$), есен/зима ($r=0.8137$), съгласно матрицата. Отношението е определено за всяко измерване и обобщените данни са представени в Таблица 7.

Таблица 7. Дескриптивна статистика за отношенията пролет/есен, лято/пролет, есен/зима

	брой	Min.	Max.	AM	SD	GM	GSD
пролет/есен	699	0.06	8.92	0.80	0.64	0.68	1.71
лято/пролет	699	0.07	6.77	0.90	0.64	0.74	1.91
есен/зима	699	0.11	56.80	1.47	3.11	1.13	1.75

Средната стойност на отношението на стойностите на обемната активност на радон през пролет към стойностите през есен е 0.80. Отношението на обемната активност на радон през лятото към обемната активност през пролетта е със средна стойност от 0.90 т.е стойностите са приблизително близки, докато средната стойност за отношението есен/зима е 1.47. Съответните стойности за отношенията по области са представени в **Таблица 1 от Приложение № 4**. Отношението на стойностите на CRn през есен / зима е по-голямо, което показва че стойностите през зимата са по-ниски за някои измервания. Това може да се обясни, че в някои обследвани жилища детекторите не са поставени през последната фаза на проучването. Следователно продългосрочни проучвания с продължителна смяна на детектори могат да допринесат до повишаване на загубите на резултат.

За определяне на сезонните корекционни фактори за по-големи райони за страната, резултатите са групирани по климатични зони (Фигура 2), по тектонски единици, по области и по характеристика на сграда: наличие на мазе и вид вентилационна система. За да се оцени разликата между групите и влиянието на отношенията на стойността на обемната активност на радон през различните сезони е приложен статистически тест ANOVA (на ln трансформирани резултати). Единственият фактор, който значително влияе на оценяваните сезонни отношения е групирани резултати по области (ANOVA, $p < 0.05$). За това сезонните корекционни фактори са определени за всяка област (**Таблица 2 от Приложение № 4**). За целите на това проучване страната беше разделена на 4 района, но тези райони бяха групирани на база административните граници на областите, които в повечето случаи обхващат две климатични зони. Това обуславя и слабото статистически значимо влияние на определените райони върху изследваните сезонни отношения. Територията на България е разнообразна от гледна точка на географски и климатични характеристики, за това групирането в по-големи райони за прилагане на едни корекционни фактори не е удачно. Сезонните корекционни фактори са определени за всяка област (**Таблица 2 от Приложение № 4**) за оценяване на средногодишна обемна активност на радон, при измервания по-кратки от цяла година. Всяка област има код, включващ съкращение на „district“ и поредния номер на подредените по азбучен ред области. Номерата на областите, в съответствие със статистическите справочници са въведени при провеждане на Националното проучване през 2015-2016 [11] и са дадени в **Приложение № 3**. Данните за корекционните фактори са обобщени и дескриптивната статистика е представена в Таблица 8.

Таблица 8. Дескриптивна статистика на сезонните корекционни фактори

	Брой	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Годишна/Пролет	699	0.38	5.94	1.31	0.62	1.21	1.45
Годишна/Лято	699	0.44	10.78	1.95	1.36	1.65	1.73
Годишна/Есен	699	0.29	6.31	0.86	0.37	0.82	1.33
Годишна/Зима	699	0.33	19.89	1.07	1.17	0.92	1.54

На база на извършените анализи и оценки се препоръчва използването на сезонните корекционните фактори за всяка област при определяне на средногодишна обемна активност на радон при извършени измервания за по-кратък период или България е разделена на 28 района със съответни корекционни фактори.

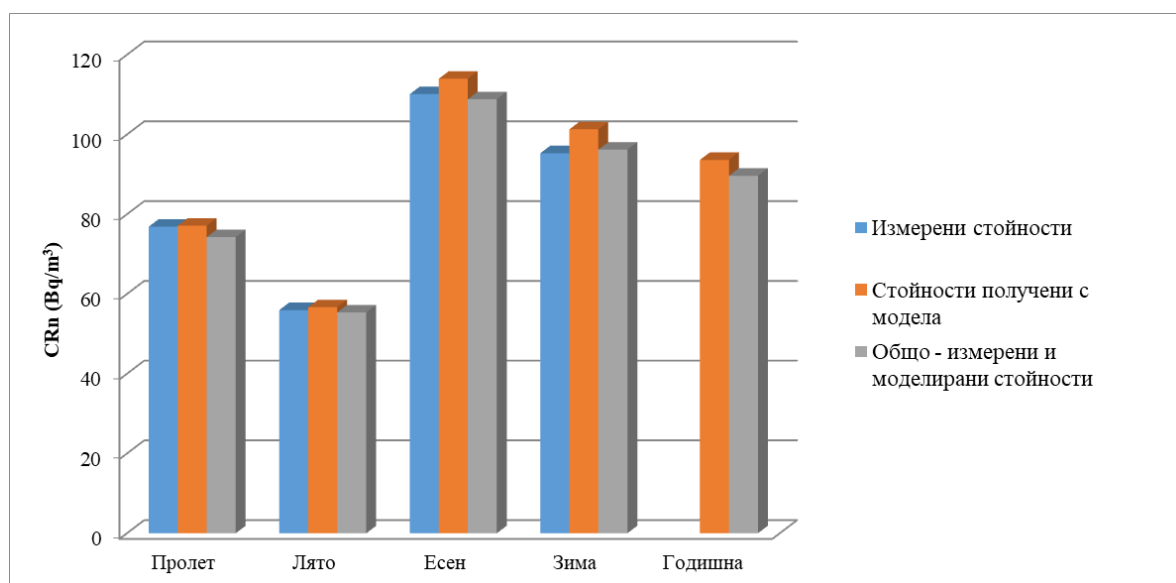
4.3. Оценка на средногодишна обемна активност на радон. Валидиране на сезонните корекционни фактори.

Средногодишната обемна активност на радон в жилищата, където има измерване през четирите сезона е оценена като средноаритметична стойност от всичките резултати. За резултатите, където няма пълен набор от измервания през сезоните са използвани сезонните корекционни фактори за съответната област и резултатите са моделирани за съответния сезон. Средногодишната обемна активност на радон за тези жилища е оценена като средноаритметична стойност от резултатите през сезоните. Резултатите от измерените и моделираните стойности са обобщени и представени в Таблица 9.

Таблица 9 Дескриптивна статистика на обемната активност на радон (измерени и моделирани стойности)

	Брой	Брой липси	Min.	Max.	AM	SD	GM	GSD
CRn ₁ пролет (Bq/m ³)	821	5	8	2267	115	147	74	2.46
CRn ₂ лято (Bq/m ³)	821	1	10	1278	77	84	55	2.14
CRn ₃ есен (Bq/m ³)	821	8	10	2471	167	208	109	2.43
CRn ₄ зима (Bq/m ³)	821	7	10	3332	160	226	96	2.63
CRn годишна (Bq/m ³)	821	0	11	2337	130	154	90	2.26

За валидиране на сезоните корекционни фактори измерените, моделираните и общите резултати са сравнени (Фигура 10).



Фигура 10. Сравнение на измерените, моделираните и обобщените стойности през сезоните и оценената средногодишна обемна активност на радон

На графиката са представени измерените, моделираните и обобщените стойности на обемната активност на радон през всичките 4 сезона и оценената средногодишна обемна активност на радон. *Разликите между представените на графиката стойности са незначителни, което означава, че моделираните резултати не се различават съществено от измерваните стойности. Следователно моделът може да бъде прилаган за оценка на средногодишните обемни активности при провеждане на проучвания с по-кратък период на измерване от една година.*

Оценената стойност на средногодишната обемната активност на радон за изследваните жилища е със средна стойност **130 Bq/m³** и средно геометрична стойност **90 Bq/m³**. Средноаритметичната стойност и средногеометричната стойност от проучването през 2017-2018 г. е с по-високи стойности от проведеното Национално проучване през 2015-2016 г. [11] (AM=111 Bq/m³, GM=82 Bq/m³). Проучването на сезонни вариации се проведе в самостоятелни къщи, докато през Националното проучване са обследвани както и жилища на първи етаж в блокове. Обикновено в къщи нивата на обемната активност са по-високи отколкото в блокове, което обяснява разликата между средните стойности през двете проучвания, която е приблизително малката, както и по-високите стойности през второто проучване.

Обобщените резултати (измерени и моделирани) за четирите сезона по области са представени в Таблици 3 (първа фаза - пролет); Таблица 4 (втора фаза – лято), Таблица 5 (трета фаза – есен) и Таблица 6 (четвърта фаза – зима) в **Приложение № 4**. Оценените средногодишни обемни активности на радон по области са дадени в **Таблица 6 от Приложение № 4**. Средногодишната обемна активност на радон в обследваните жилища варира от 11 до 2337 Bq/m³, като най-високата стойност е измерена през зима 3332 Bq/m³ в жилище в област Кюстендил. Най-висока средна стойност 262 Bq/m³ и средногеометрична стойност 182 Bq/m³ на средногодишната обемна активност на радон в настоящото проучване е установена в област Смолян, а най-ниската AM=69 Bq/m³ и GM=58 Bq/m³ в област Монтана. Обемната активност на радон варира в широки граници по области, като влияние върху нивата оказват освен климатичните условия, но и геологията на района, характеристиките на сградата и навигите на обитателите. Вариациите на обемната активност на радон имат пространствен характер, за това определянето на нивата в сградата следва да се извършва на база на измерванията в нея, а обобщване за райони на база на повече измерени сгради. Данните от настоящото проучване ще бъдат добавени в базата данни, а определените корекционни фактори биха могли да се прилагат при провеждане на детайлни проучвания на нивата на радон.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Националното проучване на нивата на средногодишната концентрация на радон в жилища по територията на Република България за определяне на сезонните корекционни фактори е проведено при изпълнение на Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на българското население. Проучването е реализирано за период от една година, като детекторите са подменяни всеки сезон (пролет, лято, есен, зима) и позволява оценката на средногодишната концентрация радон в жилищата, както и сезонните корекционни фактори. Разпределянето на детекторите е извършено на стратифициран подход въз основа на климатичните зони и административните области и е реализирано от Регионалните здравни инспекции в произволно избрани жилища в градовете и селата.

Стойностите на измерените обемни активности на радон през сезоните – пролет, лято, есен, зима и оценената средногодишна обемна активност следват лог-нормално разпределение. Оценена е разликата в стойностите на обемната активност на радон в измерваните жилища по различните фази/сезони (пролет, лято, есен, зима) Установената статистически значима разлика между измерванията през четирите сезона обосновава определянето на сезонните корекционни фактори за оценяването на средногодишната обемна активност при по-краткосрочни измервания.

За определянето на сезонните корекционни фактори за оценка на средногодишните стойности на обемната активност на радон, са използвани резултатите в жилища, където измерванията са завършени през всичките 4 сезона или на база на измервания в общо 699 броя. Изследвани са корелационните зависимости между обемната активност на радон през сезоните и оценената средногодишната активност. Средногодишната обемна активност на радон е силно зависима от измерванията през есента, пролетта и зимата. Следователно при измервания на обемната активност на радон само през лятото, без да бъдат прилагани корекционни фактори, има вероятност стойността да е значително по-ниска от реалната стойност на обемната активност на радон в помещенията. За да се определят сезонните корекционни фактори са изчислени съотношенията на резултатите с най-силна корелация между измерените стойности, както следва: пролет/есен, лятото/пролет, есен/зима, Установено е че, само групирането на резултатите по области значително влияе на оценяваните сезонни отношения, за това сезонните корекционни фактори са определени за всяка област. Използването на сезонните корекционните фактори при определяне на средногодишна обемна активност на радон при извършени измервания за по-малко от цяла година би следвало да се извършва за всяка конкретна област.

Корекционните фактори са валидирани чрез сравняване на измерените стойности обемната активност на радон и моделираните стойности и разликите между стойностите са незначителни, което означава, че моделираните резултати не

се различават съществено от измерваните стойности. Следователно моделът може да бъде прилаган за оценка на среногодишните обемни активности при провеждане на проучвания с по-кратък период на измерване от една година.

Измерванията на обемната активност на радон е извършено общо в 821 жилища в цялата страна през четирите сезона на годината (пролет, лято, есен, зима) общо използвани за проучването са 3218 броя детектора. Проучването е осъществено в самостоятелни къщи на първия обитаван етаж над земната повърхност. Оценената стойност на средногодишната обемната активност на радон за изследваните жилища получена чрез измерване и моделиране на обемната активност на радон, където не е проведено измерване през фазите е със средна стойност **130 Bq/m³** и средно геометрична стойност **90 Bq/m³**. За проверка на качеството на провежданите измервания са проведени дублиращи измервания и проследяване на проблеми при транспортирането с нулеви детектори. Общо обработени детектори в лаборатория „РЕМР“ на НЦРРЗ са **3355 броя** за проучването, включващи детекторите от обследвани жилища и детектори за проверка на качеството. Данните от настоящото проучване ще бъдат добавени в базата данни, а определените корекционни фактори биха могли да се прилагат при провеждане на детайлни проучвания на нивата на радон.

Провеждането на проучване на обемната активност на радон в жилища е един основен елемент при разработването на дългосрочна Национална стратегия за въвеждане и прилагане на мерки за редуциране на нивата на радон и за гарантиране правилното управление на ситуациите на облъчване съразмерно на рисковете и ефективността на защитните мерки. Резултатите от него потвърждават необходимостта от продължаване на съвместните усилия на националните институции за намаляване на общия риск за населението, както и индивидуалния риск за всеки индивид.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Neznal M, Matolin M, Just G, Turek K (2004). Short-term temporal variations of soil gas radon concentration and comparison of measurement techniques. *Radiat. Prot. Dosim.* 108:55-63.
2. UNSCEAR (2000), Sources and Effects of Ionising Radiation. Volume 1: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Annex B. Exposures from natural radiation sources UNSCEAR 2000 Report (New York: United Nations)
3. BEIR VI, (1999): Committee on Health Risks of Exposure to Radon, Health Effects of Exposure to Radon, National Academic Press, Washington DC, ISBN 0-309-05645-4.
4. Gunby J A, Darby S C, Miles J C H, Green B M R, Cox D R., (1993) Factors affecting indoor radon concentrations in the United Kingdom. *Health Physics*; 64(1): 2–12.
5. Eaton, R.S., Scott, A.G., (1984) Understanding radon transport into houses. *Rad. Prot. Dosim.* 7, 251-253.
6. Pinel, J., Fearn, T., Darby, S.C., Miles, J.C.H., (1995) Seasonal correction factors for indoor radon measurements in the United Kingdom. *Radiat. Prot. Dosim.*, 58 (2), 127–132.
7. Burke, O., Long, S., Murphy, P., Organo, C., Fenton, D., Colgan, P., (2010) Anthony. Estimation of seasonal correction factors through Fourier decomposition analysis-a new model for indoor radon levels in Irish homes. *J Rad. Prot.*, 30(3):433-43.
8. Baysson, H., Billon, S., Laurier, D., Rogel, A., and Tirmarche, M., (2003) Seasonal correction factors for estimating radon exposures in dwellings in France, *Radiat. Prot. Dosim.*, 104, 245–252.
9. Stojanovska, Z., Januseski, J., Bossew, P., Zunic, Z., Tollefsen, T., Ristova, M., (2011) Seasonal indoor radon concentration in FYR of Macedonia. *Radiat. Meas* 46 (6-7), 602-610.
10. Denman, A.R., Crockett, R.G.M., Groves-Kirkby, C.J., Phillips, P.S., Gillmore, G.K., Woolridge, A.C., (2006) Are Seasonal Correction Factors Useful in Assessing the Health Risk from Domestic Radon. Second European IRPA Congress on Radiation Protection, May 2006, Paris, France
11. Отчет за Национално проучване на концентрацията на радон в жилищни сгради 2015-2016, НЦРРЗ, Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на българското население, (2017), София
12. Процедура за Национално проучване на обемна активност на радон в жилищни сгради (допълнение), (2016), НЦРРЗ, Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на българското население, София
13. Министерски Съвет, (2018). Наредба за радиационна защита, приета с ПМС № 20 от 2018 г., Обн. ДВ. бр. 16 от 14.02.2018 г.
14. Астрономически календар за 2016 година LXII от Институт по астрономия с национална астрономическа обсерватория към Българската академия на науките, София, 2015, Парадигма. Достъпен на:
http://nao-rozhen.org/astrocalendar/2016/Astronomical_calendar_2016.pdf
15. Национален статистически институт. Статистически данни за 2015 г. Достъпни на:
www.nsi.bg
16. Walpole R., Myers R., Myers S., (2012) Probability & Statistics for Engineers & Scientists. Ninth Edition, Pearson Education
17. Daraktchieva Z, Miles J C H, McColl N 2014 Radon, the lognormal distribution and deviation from it. *J Radiol Prot.* 34 183–190

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение № 1

ФК 5-16

Анкетна карта за измерване на концентрацията
на радон в жилищни сгради
№/.....

I. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ <i>(Попълват се данни за местоположението на жилището и обитателите му, информация за връзка. В т.8., допълнителна информация“ се попълва информация за собственика на жилището, когато той не живее в него или друга информация, необходима за връзка с него. Във т. 9 „вид на земния материал“ се отбелязва преобладаващия материал (камъни, пясък, глина или друго) около жилището или в населеното място).</i>	1. ОБЛАСТ	.....
	2. ОБЩИНА	.....
	3. НАСЕЛЕНО МЯСТО	.....
	4. АДРЕС	.....
	5. GPS координати	N ____ ° ____ ‘ ____ ‘ E ____ ° ____ ‘ ____ ‘
	6. ИМЕ на обитателите	..........
	7. Телефон за връзка	.....
	8. Допълнителна информация	..........
	9. Вид на земния материал	<input type="checkbox"/> каменист <input type="checkbox"/> пясък <input type="checkbox"/> глина <input type="checkbox"/> друго

II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЖИЛИЩЕТО <i>(В т.1 се отбелязва тип на сградата – къща, блок или друг тип сграда. В т. 2 се попълват общия брой етажи на сградата, а в т. 3 приблизителната година на строителство на сградата. В т.4 и 5 се отбелязва наличието на основа на сградата и вида на материала на основата. В т. 6 се отбелязва наличието на мазе, като в т.7 се уточнява дали се обитава мазето за живеене и ако да, се попълва броя на обитаваните стаи. В т. 8 и 9 се отбелязва наличието на асансьор и подземен гараж. В т.10 се попълва информация за извършен ремонт на сградата/жилището</i>	1. Тип на сградата	<input type="checkbox"/> къща <input type="checkbox"/> апартамент в блок <input type="checkbox"/> друг
	2. Колко етажа е сградата	..........
	3. Година на строителство	..........
	4. Има ли основа сградата?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	5. Какъв е материала на основата?	<input type="checkbox"/> бетон <input type="checkbox"/> камък <input type="checkbox"/> гредоред <input type="checkbox"/> друго
	6. Има ли мазе/сутерен?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	7. Използва ли се мазето за постоянно обитаване?	<input type="checkbox"/> да (брой стаи, които се обитават.....) <input type="checkbox"/> не
	8. Има ли сградата асансьор?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	9. Има ли сградата подземен гараж?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	10. Извършен ремонт за енергийна ефективност?	<input type="checkbox"/> да, година <input type="checkbox"/> не

III. ХАРАКТЕРИСТИКА НА СТРОИТЕЛНИЯ МАТЕРИАЛ	1. Вид на строителния материал	<input type="checkbox"/> камък <input type="checkbox"/> тухли <input type="checkbox"/> стомано-бетон <input type="checkbox"/> панел <input type="checkbox"/> дърво <input type="checkbox"/> друго
--	--------------------------------	--

<p>(В т.1 се отбелязва вида на строителния материал, който е използван за строителството на сградата. Отбелязва се основният материал, който доминира в сградата. В т.2 се записва вида на покритието на пода. В т.3 се отбелязва покритието на стените и тавана).</p>	2. Материал на пода	<input type="checkbox"/> паркет <input type="checkbox"/> плочки <input type="checkbox"/> балатум <input type="checkbox"/> без покритие <input type="checkbox"/> друго
	3. Материал на стените и тавана	<input type="checkbox"/> латекс <input type="checkbox"/> тапети <input type="checkbox"/> мазилка <input type="checkbox"/> без мазилка <input type="checkbox"/> друго

<p>IV. ВЕНТИЛАЦИЯ И КАНАЛИЗАЦИЯ (В т.1 се попълват дали има вентилационната система в сградата. В т.2 се уточнява вида на вентилационната система – естествена или механична. В т.3 се отбелязва вида на дограмата на прозорците. В т.4 се попълва вида на използваното отопление в жилището. В т.5 се отбелязва вида на канализационната система. В т. 6 се описва водопроводната система, която се ползва в сградата – централна за населеното място, местна за района на селото или собствена само за сградата или друг вид например минерална вода).</p>	1. Има ли вентилационна система?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	2. Вид на вентилационната система.	<input type="checkbox"/> естествена (пасивна) <input type="checkbox"/> механична (активна)
	3. Вид на дограмата на прозорците.	<input type="checkbox"/> дървена (стар вид) <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> дървена (нов вид) <input type="checkbox"/> друг
	4. Вид на отоплителната система	<input type="checkbox"/> централно парно <input type="checkbox"/> електричество <input type="checkbox"/> дърва <input type="checkbox"/> въглища <input type="checkbox"/> комбинирано <input type="checkbox"/> друго
	5. Канализационна система	<input type="checkbox"/> централна <input type="checkbox"/> септична яма
	6. Водопроводна система	<input type="checkbox"/> централен <input type="checkbox"/> местен <input type="checkbox"/> собствен <input type="checkbox"/> друг

<p>V. ИНФОРМАЦИЯ ЗА ОБИТАТЕЛИТЕ НА ЖИЛИЩЕТО (Тази информация е необходима за оценката на облъчването на обитателите. В т.1 се попълват от коя година обитателите живеят в сградата. В т.2 се уточнява броя на обитателите в жилището и броя на обитателите до 18 и над 18 години. В т.3 се уточнява времето на престой в жилището. В т.4 се отбелязва да ли се пуши в жилището, а в т. 5 навиците на пушене на обитателя).</p>	1. От коя година живеете в сградата?	..... .....
	2. Колко човека живеят в жилището?	<input type="checkbox"/> един <input type="checkbox"/> двама <input type="checkbox"/> трима <input type="checkbox"/> четирима <input type="checkbox"/> повече (от тях до 18 г. ; над 18 г.)
	3. Колко време се престоява в жилището?	<input type="checkbox"/> до 12 часа <input type="checkbox"/> повече
	4. Пушили се в жилището?	<input type="checkbox"/> да <input type="checkbox"/> не
	5. Пушите ли?	<input type="checkbox"/> > 20 цигари <input type="checkbox"/> < 20 цигари <input type="checkbox"/> пушили сте преди <input type="checkbox"/> никога не сте пушили

VI. ПРОБОВЗЕМАНЕ (В колона 1 се попълват номера на детектора, който е изписан на него и на металния плик. В к. 2 се отбелязва етажа на измерваното жилище. В к. 3 се отбелязва къде е поставен детектора в жилището. В к. 4 се записва датата, когато е разпечатан металния плик и детектора/ите е/са поставен/и в жилището, а в к. 5 - датата на събиране на детектора/ите).

Номер на детектора	Местоположение			Период на пробовземане		
	Място в сградата	Място в жилището			Начална дата	Крайна дата
1	2	3			4	5
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна	<input type="checkbox"/> спалня	<input type="checkbox"/> детска		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна	<input type="checkbox"/> спалня	<input type="checkbox"/> детска		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна	<input type="checkbox"/> спалня	<input type="checkbox"/> детска		
	Етаж	<input type="checkbox"/> дневна	<input type="checkbox"/> спалня	<input type="checkbox"/> детска		

VII. ДОПЪЛНИТЕЛНА ИНФОРМАЦИЯ Попълва се ако е необходимо.	1. Забележка (при поставяне на дублиращ детектор се записва номера му)
---	---	-------------------------

VII. ПОПЪЛНИЛ АНКЕТАТА	1.	ПОДПИС
-------------------------------	---------	--------------

ПРОТОКОЛ
ЗА ДУБЛИРАЩИ ИЗМЕРВАНИЯ
№ РЕМР-02/18.06.2018 г

1. Изпитван обект: Жилищни сгради от 28 области на Р. България
2. Номер на първичен протокол: по Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване за нивата на радон в сгради
Период и условия на извършване на измерването: дългосрочно измерване
3. Метод за контрол: дублиращи измервания - система RADOSYS V8
4. Детектори: Детектори тип RSKS – партида 7
5. Сертификат от калибриране: (СК № 07/02.06.2017 г.)
6. Описание на проверката: проверка на точността и прецизността на метода
7. Процедури за изпитване:

ПИ 5-6 „Определяне на концентрацията на радон във въздух с RADOSYS система”

8. Метод за оценка на резултатите:

Резултатите от дублиращите измервания се оценяват по формулата:

$$Z = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{u_{C1}^2 + u_{C2}^2}}$$

Където C_1 и C_2 е концентрацията на радон на основния и дублиращия детектор, а u_{C1} и u_{C2} са съответните комбинирани неопределености.

Приемливите граници на резултатите са както следва: предупредителната граница на оценката е $Z \leq 2$, контролната е $Z \leq 3$.

Всяка двойка резултати се оценяват за приемливост или не. При оценка на 10 % от общите двойки за „неприемливи” се провежда обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия от лабораторията за цялата извадка от измерени сгради.

9. Резултати от контрола:

Сравнени са средногодишните обемни активности на радон, получени от измерванията през четирите сезона на годината.

Общия брой жилища с дублиращи детектори са 18 бр.

Анализа на сравнението на двойката резултати за всички измервания е **приемлив**.


Резултатите са представени в таблицата:

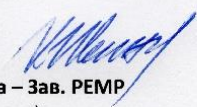
№ анкетна карта	Име	дублиращи детектори		Основни детектори		Оценка на резултатите	Анализ на сравнението
		средногодишна обемна активност на радон, Вq/m ³	неопределеност	средногодишна обемна активност на радон, Вq/m ³	неопределеност		
01-03-103	Надежда Вълкова	85	9	83	8	0,2	приемлив
02.07-136	Минка Николова Лазарова	51	11	48	6	0,3	приемлив
03.05-116	Пламена Димитрова Димитрова	227	9	227	21	0,0	приемлив
04-08-107	Йордан Сотиров	215	20	220	20	0,2	приемлив
05.04-115	Ниша Иванова Николова	50	8	48	5	0,2	приемлив
06.03-113	Георги Зафиров	75	7	72	7	0,3	приемлив
08.04.108	Дарин Стойчев	33	4	32	4	0,1	приемлив
10-05-116	Ленка Божилова	45	5	54	6	1,1	приемлив
11-03-100	Росица Чапарова	34	4	34	5	0,1	приемлив
12-09-121	Галя Димитрова	106	10	101	10	0,4	приемлив
13.06-134	Зоя Спасова Куртакова	41	7	33	5	0,8	приемлив
14-04-113	Юлия Методиева	486	42	481	42	0,1	приемлив
16.09.103	Марин Иванов Маринов	45	6	47	7	0,2	приемлив
20.03-125	Койка Джендова Александрова	408	37	418	48	0,2	приемлив
22-01-131	Светла Петкова	62	6	55	6	0,8	приемлив
23-19-125	Силвия Теофилова	48	6	54	6	0,7	приемлив
24.01-107	Калчо Генов	67	56	69	7	0,0	приемлив
25.05-106	Живка Йорданова	161	15	161	20	0,0	приемлив

10.Мнения и интерпретации

(Мненията и интерпретациите не са оценка на съответствието и сертификация по ISO 17020)

Оценката на резултатите на всички двойки детектори са под предупредителната граница. В съответствие с оценката на резултатите няма загуба на контрол и не се налага обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия.

Извършили измерването: 
Десислава Джунакова -специалист по качеството
 (име, фамилия, длъжност)

Извършил оценката: 
доц.Кремена Иванова – Зав. РЕМР
 (име, фамилия, длъжност)

ПРОТОКОЛ
ЗА ДУБЛИРАЩИ ИЗМЕРВАНИЯ
 № РЕМР-03/18.06.2018 г

1. **Изпитван обект:** Жилищни сгради от 28 области на Р. България
2. **Номер на първичен протокол:** по Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване за нивата на радон в сгради
Период и условия на извършване на измерването: дългосрочно измерване
3. **Метод за контрол:** дублиращи измервания - система RADOSYS V8
4. **Детектори:** Детектори тип RSKS – партида 7
5. **Сертификат от калибриране:** (СК № 07/02.06.2017 г.)
6. **Описание на проверката:** проверка на точността и прецизността на метода
7. **Процедури за изпитване:**

ПИ 5-6 „Определяне на концентрацията на радон във въздух с RADOSYS система“

8. **Метод за оценка на резултатите:**

Резултатите от дублиращите измервания се оценяват по формулата:

$$Z = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{u_{C1}^2 + u_{C2}^2}}$$

Където C_1 и C_2 е концентрацията на радон на основния и дублиращия детектор, а u_{C1} и u_{C2} са съответните комбинирани неопределености.

Приемливите граници на резултатите са както следва: предупредителната граница на оценката е $Z \leq 2$, контролната е $Z \leq 3$.

Всяка двойка резултати се оценяват за приемливост или не. При оценка на 10 % от общите двойки за „неприемливи“ се провежда обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия от лабораторията за цялата извадка от измерени сгради.

9. **Резултати от контрола:**

Оценката за приемливост на резултата, е направена за 35 броя от двойките детектори.

Общ брой дублиращи измервания – 35 броя, от които:

31 броя дублиращи детектори с приемлив резултат от анализ на сравнението.

3 броя дублиращи детектори или 9% от общата бройка са с неприемлив резултат от анализа на сравнението.

Резултатите са представени в таблицата:

№ анкетна карта	Име	Дата на поставяне	Дата на събиране	дублиращи детектори			основни детектори			Оценка на резултатите	Анализ на сравнението
				№ на детектора	Обемна активност на радон, Вq/m ³	неопределеност	№ на детектора	Обемна активност на радон, Вq/m ³	неопределеност		
07.01-113	Радина Стоева-Габрово	20.3.2017	20.6.2017	792166	12	2	792106	17	2	1,9	приемлив
07.04-112	Десислава Койчсва-Травна	20.6.2017	19.9.2017	791971	359	15	792098	355	15	0,2	приемлив
07.03-108	Милка Семерджиева-Селиево	20.9.2017	18.12.2017	792170	57	3	792088	59	5	0,3	приемлив
07.02-122	Лена Луканова-Дряново	20.12.2017	20.3.2018	792049	143	6	794399	151	7	0,9	приемлив
15-03-115	Аида Алипова-Иванова	20.6.2017	28.9.2017	795054	55	3	794965	53	7	0,2	приемлив
15-03-115	Аида Алипова-Иванова	28.9.2017	20.12.2017	795222	186	9	794984	178	8	0,6	приемлив
15-09-127	Оливера Крилатска	20.6.2017	26.9.2017	795356	186	9	795028	180	7	0,5	приемлив
15-09-127	Оливера Крилатска	27.9.2017	19.12.2017	795287	594	29	795220	570	23	0,7	приемлив
17.05-132	Данаида Стоянова-Савова	2017-03-20	2017-06-20	793280	30	2	793002	32	4	0,3	приемлив
17.04-120	Милена Стефанова-Колсва	20.6.2017	20.9.2017	793017	46	3	792766	40	2	1,5	приемлив
17.05-129	Анета Декова	20.9.2017	20.12.2017	793285	110	5	793026	102	5	1,1	приемлив
17.03-119	сем Йотови, Кубрат	20.12.2017	20.3.2018	793266	233	10	792834	225	9	0,6	приемлив
18.06 -110	Левен Северинов	17.3.2017	19.6.2017	793519	61	3	793517	70	3	1,8	приемлив
18.02 -112	Стоянка Златева	27.6.2017	28.9.2017	794354	129	6	793515	140	7	1,2	приемлив
18.06-107	Ралица Неделчева	30.9.2017	27.12.2017	794078	234	10	794254	212	9	1,6	приемлив
18.06-115	Пенчо Калчев	3.1.2018	3.4.2018	794382	71	18	794045	62	4	0,5	приемлив
19.06-115	Петранка Върбанова	2017-03-20	2017-06-20	793435	359	15	793412	341	14	0,9	приемлив
19.06-115	Петранка Върбанова	2017-06-20	2017-09-25	793022	101	4	793035	126	6	3,5	неприемлив
19.06-115	Петранка Върбанова	20.12.2017	23.3.2018	793572	711	29	793194	721	30	0,2	приемлив
19.05-102	Боряна Кочева	2017-09-25	20.12.2017	793050	354	15	793173	351	14	0,1	приемлив
21-09-127	Марияна Дамянова	30.3.2017	4.7.2017	793602	357	17	787628	343	17	0,6	приемлив
21-09-125	Красимир Кисьов	3.7.2017	20.10.2017	792845	114	5	788453	101	4	2,0	приемлив
21-05-109	Юлиана Тансва	27.9.2017	22.12.2017	792212	623	26	787194	634	26	0,3	приемлив
21-09-125	Красимир Кисьов	28.12.2017	28.3.2018	793434	128	8	792303	117	5	1,1	приемлив
27.04-114	Гюрчан Емин	20.3.2017	20.6.2017	795584	101	5	792856	99	6	0,3	приемлив
27.10-130	Димитър Димитров	21.6.2017	25.9.2017	794138	37	2	795563	34	2	1,0	приемлив
27.01-104	Вичко Вичев	20.9.2017	15.12.2017	794383	269	11	794778	339	14	4,0	неприемлив
27.06-120	Петър Димитров	16.12.2017	22.3.2018	794873	32	2	795527	28	2	1,2	приемлив
28.03-111	Стоян Стефанов-Георгиев	20.03.2017	21.6.2017	792961	252	10	789228	297	12	2,9	неприемлив
28.02-106	Петя Христова-Бакърджиева	21.06.2017	19.9.2017	794277	76	4	794240	79	5	0,5	приемлив
28.05-119	Радка Иванова-Данкинова	20.09.2017	20.12.2017	794266	555	23	794210	543	22	0,4	приемлив

10. Мнения и интерпретации

(Мненията и интерпретациите не са оценка на съответствието и сертификация по ISO 17020)

Оценката на резултатите на всички двойки детектори са под предупредителната граница. В съответствие с оценката на резултатите няма загуба на контрол и не се налага обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия.

Извършили измерването:

Десислава Джунакова - специалист по качеството
(име, фамилия, длъжност)



Извършил оценката:

доц. Кремена Иванова – Зав. РЕМР
(име, фамилия, длъжност)



Приложение № 3

Код на административните области в България

<i>ОБЛАСТ</i>	<i>КОД</i>
Благоевград	D1
Бургас	D2
Варна	D3
Велико Търново	D4
Видин	D5
Враца	D6
Габрово	D7
Добрич	D8
Кърджали	D9
Кюстендил	D10
Ловеч	D11
Монтана	D12
Пазарджик	D13
Перник	D14
Плевен	D15
Пловдив	D16
Разград	D17
Русе	D18
Силистра	D19
Сливен	D20
Смолян	D21
София – град	D22
София – област	D23
Стара Загора	D24
Търговище	D25
Хасково	D26
Шумен	D27
Ямбол	D28

Приложение № 4 – Таблицы с резултати от проучването

Таблица 1. Дескриптивна статистика на отношенията на измерените стойности по области

	Min	Max	AM	SD	GM	GSD	Min	Max	AM	SD	GM	GSD	Min	Max	AM	SD	GM	GSD
	Пролет/Есен						Лято/Пролет						Есен/Зима					
D1	0.46	2.93	0.88	0.54	0.79	1.55	0.22	1.96	0.77	0.38	0.69	1.66	0.65	2.30	1.31	0.44	1.23	1.42
D2	0.22	1.55	0.72	0.31	0.65	1.60	0.31	2.97	1.02	0.66	0.85	1.83	0.30	2.24	0.93	0.42	0.86	1.50
D3	0.12	1.56	0.74	0.31	0.67	1.64	0.15	3.35	0.81	0.62	0.66	1.92	0.53	8.05	1.28	1.44	1.05	1.66
D4	0.43	4.08	1.11	0.81	0.95	1.68	0.11	1.76	0.62	0.39	0.50	1.98	0.66	3.13	1.22	0.50	1.14	1.44
D5	0.20	1.25	0.59	0.31	0.52	1.70	0.22	2.26	1.01	0.54	0.87	1.80	0.59	1.79	1.06	0.29	1.03	1.31
D6	0.24	1.12	0.59	0.19	0.56	1.38	0.18	2.42	0.90	0.50	0.77	1.83	0.67	2.04	1.16	0.39	1.10	1.38
D7	0.33	2.05	0.80	0.39	0.73	1.55	0.22	2.13	0.79	0.41	0.69	1.68	0.32	2.22	1.11	0.47	1.01	1.57
D8	0.16	4.10	1.05	0.72	0.89	1.81	0.24	6.77	1.23	1.24	0.95	1.94	0.61	2.16	1.17	0.39	1.11	1.39
D9	0.16	5.69	0.98	1.30	0.63	2.39	0.27	2.40	1.11	0.56	0.96	1.79	0.39	13.87	2.82	3.99	1.52	2.81
D10	0.27	2.58	0.83	0.51	0.72	1.68	0.39	2.88	1.16	0.55	1.05	1.59	0.26	2.75	1.22	0.51	1.11	1.59
D11	0.16	1.88	0.67	0.38	0.57	1.78	0.29	1.73	0.91	0.40	0.82	1.60	0.35	3.80	1.40	0.73	1.25	1.64
D12	0.36	2.68	0.80	0.58	0.68	1.68	0.20	1.99	0.81	0.51	0.67	1.89	0.51	4.38	1.46	0.85	1.30	1.60
D13	0.32	1.36	0.64	0.20	0.61	1.33	0.40	1.71	0.86	0.29	0.81	1.41	0.15	5.25	1.19	0.97	0.97	1.88
D14	0.32	1.05	0.67	0.21	0.64	1.41	0.31	2.57	1.07	0.57	0.93	1.72	0.51	2.12	1.41	0.44	1.33	1.47
D15	0.34	7.17	0.96	1.36	0.73	1.74	0.17	2.04	0.82	0.49	0.70	1.83	0.16	9.81	1.41	1.89	1.01	2.05
D16	0.24	3.68	0.81	0.65	0.67	1.75	0.18	2.23	1.02	0.55	0.87	1.86	0.52	1.91	1.00	0.32	0.95	1.36
D17	0.23	5.44	0.84	0.99	0.64	1.93	0.13	3.35	0.80	0.74	0.56	2.33	0.16	1.73	0.88	0.31	0.82	1.54
D18	0.06	8.92	1.01	1.80	0.59	2.63	0.16	2.55	0.62	0.51	0.50	1.91	0.11	56.80	6.65	15.85	1.43	4.31
D19	0.28	1.47	0.71	0.28	0.66	1.48	0.11	1.99	0.61	0.39	0.51	1.86	0.36	1.66	0.92	0.29	0.88	1.38
D20	0.27	1.14	0.62	0.24	0.57	1.47	0.07	1.12	0.50	0.23	0.44	1.84	0.65	5.23	1.58	1.03	1.36	1.69
D21	0.27	1.68	0.91	0.36	0.84	1.54	0.21	1.70	0.81	0.35	0.73	1.63	0.46	3.70	1.41	0.66	1.29	1.52
D22	0.08	1.05	0.63	0.25	0.55	1.78	0.43	2.68	1.28	0.60	1.14	1.66	0.73	4.48	1.54	0.77	1.41	1.51
D23	0.18	3.28	0.86	0.66	0.71	1.84	0.07	1.86	0.76	0.38	0.66	1.86	0.19	10.62	1.79	2.45	1.11	2.51
D24	0.28	2.16	0.89	0.43	0.79	1.66	0.09	3.52	1.00	0.85	0.74	2.22	0.69	5.13	1.68	1.07	1.47	1.63
D25	0.16	1.18	0.66	0.22	0.61	1.53	0.26	3.76	1.19	0.87	0.96	1.92	0.38	2.49	1.18	0.43	1.11	1.46
D26	0.14	1.40	0.81	0.50	0.64	2.35	0.29	5.43	1.46	1.97	0.85	2.84	0.92	5.83	1.74	2.00	1.25	2.12
D27	0.24	1.92	0.74	0.37	0.67	1.59	0.17	3.84	0.71	0.77	0.53	2.00	0.54	2.92	1.41	0.55	1.31	1.48
D28	0.33	1.67	0.88	0.34	0.82	1.48	0.23	3.87	0.90	0.68	0.76	1.75	0.92	0.92	0.92	0.00	0.92	1.00

Таблица 2. Дескриптивна статистика на сезонните корекционни фактори по области

Код*	Min	Max	AM	SD	GM	GSD	Min	Max	AM	SD	GM	GSD	Min	Max	AM	SD	GM	GSD	Min	Max	AM	SD	GM	GSD
	Средногодишна/Пролет.						Средногодишна/Лято.						Средногодишна/Есен.						Средногодишна/Зима					
D1	0.46	1.71	1.07	0.28	1.03	1.34	0.87	3.38	1.60	0.65	1.50	1.44	0.61	1.35	0.83	0.17	0.82	1.21	0.59	1.65	1.05	0.30	1.01	1.34
D2	0.74	2.74	1.44	0.51	1.36	1.40	0.74	5.17	1.87	1.17	1.61	1.71	0.61	1.34	0.91	0.21	0.88	1.25	0.40	1.41	0.79	0.24	0.76	1.33
D3	0.63	4.65	1.32	0.76	1.20	1.47	0.90	5.72	2.04	1.19	1.81	1.59	0.45	1.14	0.82	0.15	0.81	1.22	0.54	3.60	0.93	0.59	0.85	1.46
D4	0.38	1.62	0.97	0.30	0.93	1.41	0.68	4.90	2.06	1.00	1.84	1.63	0.64	1.54	0.90	0.21	0.88	1.24	0.61	2.32	1.08	0.49	1.00	1.47
D5	0.73	3.06	1.61	0.70	1.48	1.52	0.80	6.10	1.93	1.18	1.70	1.62	0.54	1.07	0.78	0.15	0.77	1.20	0.49	1.14	0.81	0.18	0.79	1.26
D6	0.77	2.96	1.41	0.43	1.35	1.31	0.73	7.81	2.23	1.86	1.77	1.90	0.57	1.10	0.77	0.12	0.76	1.17	0.47	1.49	0.87	0.25	0.84	1.34
D7	0.73	2.40	1.22	0.41	1.17	1.36	0.71	4.95	1.87	0.96	1.68	1.60	0.58	1.50	0.88	0.25	0.85	1.29	0.46	1.41	0.89	0.26	0.86	1.36
D8	0.41	3.60	1.22	0.67	1.10	1.53	0.44	3.11	1.31	0.66	1.16	1.65	0.57	1.78	1.02	0.31	0.98	1.33	0.64	2.66	1.19	0.56	1.09	1.52
D9	0.44	3.53	1.51	0.84	1.32	1.72	0.73	5.11	1.59	1.08	1.38	1.65	0.36	2.74	0.94	0.54	0.84	1.60	0.43	13.01	2.01	2.93	1.27	2.32
D10	0.67	2.64	1.28	0.40	1.23	1.34	0.64	2.92	1.26	0.54	1.17	1.48	0.56	2.12	0.93	0.35	0.88	1.35	0.54	2.24	1.03	0.35	0.99	1.36
D11	0.60	2.92	1.39	0.55	1.30	1.46	0.99	3.08	1.67	0.62	1.58	1.39	0.45	1.35	0.77	0.21	0.75	1.30	0.47	1.71	0.97	0.30	0.93	1.36
D12	0.63	1.77	1.18	0.35	1.13	1.36	0.82	4.21	1.98	1.17	1.69	1.78	0.54	1.69	0.81	0.30	0.77	1.35	0.60	3.02	1.08	0.52	1.00	1.43
D13	0.81	3.76	1.44	0.57	1.36	1.37	0.74	4.10	1.84	0.88	1.67	1.56	0.54	2.23	0.87	0.31	0.84	1.29	0.33	2.81	0.91	0.53	0.81	1.58
D14	0.71	2.08	1.25	0.31	1.21	1.28	0.65	2.94	1.42	0.62	1.30	1.51	0.57	1.35	0.79	0.18	0.77	1.23	0.57	1.59	1.06	0.26	1.03	1.30
D15	0.64	2.93	1.24	0.45	1.18	1.36	0.73	4.32	1.90	0.91	1.70	1.63	0.46	4.61	0.98	0.80	0.87	1.50	0.44	4.52	1.02	0.82	0.88	1.60
D16	0.56	2.88	1.38	0.46	1.31	1.39	0.62	8.91	1.93	1.88	1.50	1.90	0.59	2.07	0.92	0.32	0.88	1.34	0.57	1.70	0.88	0.28	0.84	1.35
D17	0.65	3.24	1.46	0.66	1.34	1.53	0.95	8.84	2.92	2.12	2.37	1.88	0.57	3.54	0.92	0.55	0.85	1.39	0.50	1.29	0.72	0.18	0.70	1.26
D18	0.71	5.18	1.55	1.18	1.30	1.72	1.04	9.95	3.06	2.04	2.60	1.76	0.29	6.31	0.98	1.21	0.76	1.80	0.54	19.89	2.61	5.26	1.09	2.83
D19	0.64	2.49	1.29	0.40	1.24	1.34	1.05	9.51	2.79	1.75	2.40	1.72	0.58	1.32	0.83	0.17	0.81	1.21	0.47	1.06	0.73	0.18	0.72	1.26
D20	0.53	2.13	1.21	0.34	1.17	1.32	1.27	10.78	3.08	2.07	2.67	1.66	0.45	0.97	0.68	0.15	0.67	1.23	0.56	3.14	0.99	0.53	0.91	1.47
D21	0.69	2.41	1.05	0.36	1.01	1.32	0.63	4.29	1.55	0.85	1.39	1.57	0.58	1.21	0.86	0.18	0.84	1.22	0.55	3.30	1.17	0.54	1.09	1.46
D22	0.80	5.94	1.52	0.96	1.38	1.47	0.52	2.60	1.34	0.61	1.21	1.57	0.40	1.17	0.79	0.20	0.77	1.30	0.64	2.46	1.14	0.42	1.08	1.39
D23	0.59	5.93	1.42	1.04	1.22	1.66	0.68	9.31	2.25	1.80	1.86	1.77	0.44	2.09	0.93	0.42	0.87	1.47	0.37	5.04	1.23	1.12	0.96	1.94
D24	0.55	2.32	1.11	0.44	1.04	1.44	0.63	7.62	1.72	1.47	1.39	1.82	0.49	1.19	0.84	0.19	0.82	1.26	0.62	2.96	1.30	0.59	1.20	1.48
D25	0.66	3.66	1.43	0.62	1.34	1.43	0.50	3.01	1.56	0.74	1.39	1.65	0.58	1.17	0.83	0.15	0.82	1.20	0.45	1.68	0.96	0.35	0.91	1.41
D26	0.53	5.34	1.76	1.79	1.29	2.22	0.98	2.03	1.57	0.44	1.52	1.36	0.74	0.99	0.83	0.11	0.82	1.14	0.69	4.32	1.37	1.45	1.03	2.04
D27	0.55	2.91	1.16	0.48	1.09	1.41	0.76	5.47	2.34	1.24	2.06	1.69	0.44	1.15	0.75	0.17	0.73	1.25	0.62	1.61	1.00	0.29	0.96	1.33
D28	0.73	2.81	1.16	0.39	1.12	1.30	0.62	5.51	1.72	1.17	1.47	1.70	0.66	1.51	0.93	0.19	0.91	1.21	0.61	1.39	0.86	0.17	0.84	1.21

* Код на областта, включващ съкращение на „district“ и поредния номер на подредените по азбучен ред области (Приложение № 3)

Таблица 3. Обобщени данни за обемната активност на радон –измерени и моделирани по области през първа фаза (пролет)

	Брой	липсващи	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Общо (Bq/m ³)	821	5	8	2267	115	146.8	74	2.46
D1 (Bq/m ³)	31	0	18	546	106	108.7	76	2.20
D2 (Bq/m ³)	30	0	15	366	85	83.3	61	2.24
D3 (Bq/m ³)	31	1	8	232	81	68.7	55	2.60
D4 (Bq/m ³)	30	0	34	685	202	152.5	153	2.18
D5 (Bq/m ³)	30	0	13	131	55	36.4	44	2.07
D6 (Bq/m ³)	30	0	16	546	103	110.1	68	2.53
D7 (Bq/m ³)	30	0	16	413	85	97.4	57	2.36
D8 (Bq/m ³)	30	0	24	294	117	84.2	89	2.17
D9 (Bq/m ³)	30	0	15	353	70	80.0	47	2.30
D10 (Bq/m ³)	30	1	15	2267	174	413.2	77	2.91
D11 (Bq/m ³)	30	0	16	222	68	54.8	52	2.06
D12 (Bq/m ³)	30	2	18	249	68	54.8	52	2.07
D13 (Bq/m ³)	30	0	20	413	99	103.6	66	2.38
D14 (Bq/m ³)	30	0	15	418	97	91.4	69	2.30
D15 (Bq/m ³)	30	1	17	381	101	102.0	66	2.48
D16 (Bq/m ³)	31	0	15	491	97	106.8	65	2.38
D17 (Bq/m ³)	30	0	20	599	142	134.0	96	2.47
D18 (Bq/m ³)	27	0	17	785	121	157.3	76	2.49
D19 (Bq/m ³)	30	0	10	341	159	101.0	124	2.24
D20 (Bq/m ³)	31	0	17	1046	174	226.6	101	2.71
D21 (Bq/m ³)	30	0	32	1360	276	308.7	184	2.41
D22 (Bq/m ³)	30	0	19	351	89	76.1	67	2.11
D23 (Bq/m ³)	30	0	23	460	109	107.5	77	2.25
D24 (Bq/m ³)	30	0	14	310	112	79.4	82	2.41
D25 (Bq/m ³)	30	0	12	371	67	72.8	47	2.31
D26 (Bq/m ³)	10	0	25	521	160	152.5	105	2.76
D27 (Bq/m ³)	30	0	11	315	103	84.0	73	2.43
D28 (Bq/m ³)	30	0	40	311	120	72.8	104	1.71

Таблица 4. Обобщени данни за обемната активност на радон –измерени и моделирани по области през втора фаза (лято)

	Брой	липсващи	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Общо (Bq/m ³)	821	1	10	1278	77	84.5	55	2.14
D1 (Bq/m ³)	31	0	13	220	60	37.7	51	1.76
D2 (Bq/m ³)	30	0	27	380	66	68.8	53	1.77
D3 (Bq/m ³)	31	1	15	166	50	35.4	41	1.84
D4 (Bq/m ³)	30	0	21	661	106	124.2	74	2.17
D5 (Bq/m ³)	30	0	19	133	45	26.0	39	1.70
D6 (Bq/m ³)	30	0	18	343	69	64.6	54	1.93
D7 (Bq/m ³)	30	0	14	355	55	66.4	39	2.05
D8 (Bq/m ³)	30	0	36	295	98	60.5	85	1.65
D9 (Bq/m ³)	30	0	12	404	65	79.6	45	2.25
D10 (Bq/m ³)	30	0	31	1278	126	228.3	76	2.27
D11 (Bq/m ³)	30	0	18	142	49	34.7	41	1.75
D12 (Bq/m ³)	30	0	15	111	42	24.0	37	1.67
D13 (Bq/m ³)	30	0	18	297	79	78.5	55	2.25
D14 (Bq/m ³)	30	0	19	258	89	73.8	64	2.27
D15 (Bq/m ³)	30	0	20	317	68	67.2	49	2.17
D16 (Bq/m ³)	31	0	14	266	66	53.9	51	2.01
D17 (Bq/m ³)	30	0	14	509	76	91.0	54	2.14
D18 (Bq/m ³)	27	0	15	251	63	62.1	44	2.21
D19 (Bq/m ³)	30	0	22	312	85	62.7	69	1.93
D20 (Bq/m ³)	31	0	10	413	78	104.1	45	2.72
D21 (Bq/m ³)	30	0	26	422	164	106.4	133	2.00
D22 (Bq/m ³)	30	0	41	158	83	32.7	77	1.46
D23 (Bq/m ³)	30	0	18	272	67	55.4	52	2.04
D24 (Bq/m ³)	30	0	13	396	91	100.0	58	2.54
D25 (Bq/m ³)	30	0	14	161	60	41.7	47	2.06
D26 (Bq/m ³)	10	0	23	208	100	55.4	85	1.91
D27 (Bq/m ³)	30	0	13	433	65	84.8	42	2.29
D28 (Bq/m ³)	30	0	14	332	103	72.2	83	1.94

Таблица 5. Обобщени данни за обемната активност на радон –измерени и моделирани по области през трета фаза (есен)

	Брой	липсващи	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Общо (Bq/m ³)	821	8	10	2471	167	208.2	109	2.43
D1 (Bq/m ³)	31	1	23	765	140	146.3	103	2.09
D2 (Bq/m ³)	30	0	28	1253	158	238.4	95	2.44
D3 (Bq/m ³)	31	1	10	364	115	92.9	81	2.52
D4 (Bq/m ³)	30	0	43	748	214	180.4	161	2.12
D5 (Bq/m ³)	30	0	22	366	109	88.7	84	2.03
D6 (Bq/m ³)	30	0	23	971	188	208.8	113	2.81
D7 (Bq/m ³)	30	0	25	600	116	133.8	78	2.27
D8 (Bq/m ³)	30	0	22	684	158	147.5	105	2.59
D9 (Bq/m ³)	30	0	15	541	100	97.6	74	2.11
D10 (Bq/m ³)	30	1	23	2471	228	462.3	108	2.94
D11 (Bq/m ³)	30	0	32	272	100	61.2	84	1.79
D12 (Bq/m ³)	30	3	30	236	99	66.1	80	1.96
D13 (Bq/m ³)	30	0	27	846	157	181.3	103	2.40
D14 (Bq/m ³)	30	0	21	696	144	138.3	103	2.29
D15 (Bq/m ³)	30	1	10	570	144	151.4	90	2.69
D16 (Bq/m ³)	31	1	16	958	168	217.8	98	2.73
D17 (Bq/m ³)	30	0	18	1117	212	219.6	151	2.28
D18 (Bq/m ³)	27	0	33	1817	258	439.9	124	2.95
D19 (Bq/m ³)	30	0	52	544	237	151.5	191	2.00
D20 (Bq/m ³)	31	0	59	1607	265	322.1	178	2.24
D21 (Bq/m ³)	30	0	37	1501	315	339.4	212	2.39
D22 (Bq/m ³)	30	0	24	424	153	115.3	116	2.18
D23 (Bq/m ³)	30	0	34	611	147	127.6	109	2.16
D24 (Bq/m ³)	30	0	18	630	169	163.5	103	2.89
D25 (Bq/m ³)	30	0	14	315	99	80.3	73	2.22
D26 (Bq/m ³)	10	0	35	511	214	174.9	150	2.57
D27 (Bq/m ³)	30	0	14	469	140	120.0	98	2.44
D28 (Bq/m ³)	30	0	39	646	173	134.1	136	2.00

Таблица 6. Обобщени данни за обемната активност на радон –измерени и моделирани по области през четвърта фаза (зима)

	Брой	липсващи	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Общо (Bq/m ³)	821	7	10	3332	160	226.3	96	2.63
D1 (Bq/m ³)	31	1	18	826	126	170.3	83	2.25
D2 (Bq/m ³)	30	0	28	1131	173	217.4	110	2.44
D3 (Bq/m ³)	31	0	10	566	115	111.7	78	2.50
D4 (Bq/m ³)	30	0	25	690	199	178.9	142	2.30
D5 (Bq/m ³)	30	0	31	473	112	95.7	87	1.99
D6 (Bq/m ³)	30	0	22	805	181	204.5	104	2.93
D7 (Bq/m ³)	30	0	16	678	125	148.5	77	2.59
D8 (Bq/m ³)	30	0	14	559	158	147.7	96	2.94
D9 (Bq/m ³)	30	0	10	539	73	98.6	48	2.32
D10 (Bq/m ³)	30	1	12	3332	244	613.8	95	3.24
D11 (Bq/m ³)	30	0	20	232	85	60.4	68	1.98
D12 (Bq/m ³)	30	3	19	220	80	68.0	58	2.24
D13 (Bq/m ³)	30	0	16	1286	193	259.3	114	2.69
D14 (Bq/m ³)	30	0	16	567	113	123.3	77	2.32
D15 (Bq/m ³)	30	1	16	747	159	194.7	88	2.91
D16 (Bq/m ³)	31	1	22	1162	185	261.5	101	2.82
D17 (Bq/m ³)	30	0	40	1260	255	264.8	177	2.32
D18 (Bq/m ³)	27	0	17	556	132	130.1	87	2.53
D19 (Bq/m ³)	30	0	11	721	263	181.4	192	2.54
D20 (Bq/m ³)	31	0	22	2111	263	412.1	132	3.10
D21 (Bq/m ³)	30	0	31	1997	291	401.0	166	2.74
D22 (Bq/m ³)	30	0	19	410	120	116.4	84	2.29
D23 (Bq/m ³)	30	0	21	684	151	147.3	97	2.67
D24 (Bq/m ³)	30	0	12	478	107	103.2	74	2.46
D25 (Bq/m ³)	30	0	18	366	103	99.0	68	2.53
D26 (Bq/m ³)	10	0	38	554	183	162.7	130	2.40
D27 (Bq/m ³)	30	0	11	329	114	95.8	80	2.39
D28 (Bq/m ³)	30	0	43	700	188	146.0	148	2.00

Таблица 7. Обобщени данни за оценената средногодишна обемната активност на радон по области

Sample	Брой	липсващи	Min.	Max.	AM	SDV	GM	GSD
Общо (Bq/m ³)	821	0	11	2337	130	154.3	90	2.26
D1 (Bq/m ³)	31	0	18	589	106	110.9	79	2.04
D2 (Bq/m ³)	30	0	33	760	121	145.2	84	2.16
D3 (Bq/m ³)	31	0	11	304	90	68.9	68	2.25
D4 (Bq/m ³)	30	0	51	573	180	141.2	140	2.03
D5 (Bq/m ³)	30	0	26	244	80	54.5	67	1.82
D6 (Bq/m ³)	30	0	23	588	136	133.3	90	2.51
D7 (Bq/m ³)	30	0	22	446	95	104.4	66	2.21
D8 (Bq/m ³)	30	0	32	419	133	100.4	101	2.12
D9 (Bq/m ³)	30	0	19	392	77	74.6	59	1.96
D10 (Bq/m ³)	30	0	27	2337	188	421.8	91	2.68
D11 (Bq/m ³)	30	0	30	209	75	47.5	64	1.74
D12 (Bq/m ³)	30	0	21	157	69	44.3	58	1.86
D13 (Bq/m ³)	30	0	26	710	132	147.8	90	2.31
D14 (Bq/m ³)	30	0	19	481	111	98.7	82	2.18
D15 (Bq/m ³)	30	0	28	677	135	155.7	83	2.58
D16 (Bq/m ³)	31	0	21	676	127	149.9	84	2.36
D17 (Bq/m ³)	30	0	43	790	171	165.0	126	2.11
D18 (Bq/m ³)	27	0	31	712	144	153.8	98	2.31
D19 (Bq/m ³)	30	0	25	433	186	109.7	152	1.99
D20 (Bq/m ³)	31	0	35	1292	195	259.8	120	2.46
D21 (Bq/m ³)	30	0	32	1307	262	274.3	182	2.29
D22 (Bq/m ³)	30	0	39	315	111	76.4	92	1.82
D23 (Bq/m ³)	30	0	29	322	119	78.5	94	2.06
D24 (Bq/m ³)	30	0	19	317	120	95.7	84	2.45
D25 (Bq/m ³)	30	0	17	298	82	66.0	62	2.16
D26 (Bq/m ³)	10	0	30	382	164	115.8	127	2.24
D27 (Bq/m ³)	30	0	22	329	105	85.0	80	2.10
D28 (Bq/m ³)	30	0	39	428	146	95.1	122	1.80