

Проучване на обемна активност на радон в училища от област Смолян

Отчет по дейност 3.3.2 от Национален план за действие за
намаляване на риска от облъчване от радон



2021 г.

Национален център по радиобиология и радиационна защита

Лаборатория „Съществуващо облъчване и радиационни експертизи“

СЪДЪРЖАНИЕ

РЕЗЮМЕ	2
ВЪВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДОЛОГИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО	5
1.1. <i>Обект на проучването</i>	5
1.2. <i>Географска характеристика на района</i>	5
1.3. <i>Административно устройство</i>	6
1.4. <i>Проект на проучването</i>	7
2. МЕТОДИ НА ИЗМЕРВАНЕ И ОБРАБОТКА	12
2.1. <i>Осигуряване на качеството и анализ на резултатите</i>	12
3. РЕЗУЛТАТИ	15
3.1. <i>Обобщени резултати</i>	15
3.2. <i>Обобщение на резултатите по общини</i>	17
3.3. <i>Влияние на вида на сграда върху нивата на радон</i>	19
3.3. <i>Обобщение на данните по видове помещения, според начина на използване</i>	20
3.4. <i>Обобщение на данните по етажи</i>	22
3.5. <i>Оценка на влиянието на характеристики на сградите върху ОАР</i>	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
СЪКРАЩЕНИЯ	27
ЛИТЕРАТУРА	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – Резултати за обемната активност на радон по помещения в училищата	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР по училища	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Резултати за обемната активност на радон по помещения в детска градина в с. Елховец	47

РЕЗЮМЕ

Отчетът представя резултатите от проучване на обемната активност на радон (ОАР) в училищни сгради разположени в област Смолян. Проучването е проведено в изпълнение на дейност 3.3.2 от Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон от Районна здравна инспекция (РЗИ) – Смолян, съвместно с Национален център по радиобиология и радиационна защита (НЦРРЗ). Целта е оценка на обемна активност на радон в обществени сгради – училища в област Смолян. През периода ноември/декември 2019 до април/май 2020 г. са обследвани училища на територията на областта. Обследването е проведено, съгласно Процедура за измерване на обемната активност на радон в работни места и Процедура за измерване на обемната активност на радон в обществени сгради. Обемната активност на радон във всички помещения на сградите е измерена с помощта на пасивни детектори, които са обработени и анализирани с RADOSYS система. От предоставените 356 броя основни детектори, 11 броя дублиращи и един нулев, общо 367, в НЦРРЗ са върнати 354 броя. В настоящият отчет са разгледани 343 резултата на ОАР, като три от тях са поставени в една детска градина в с. Елховец, а останалите 340 са за учебни помещения. Общият процент на загуба на резултати е 4 %, който е най-ниският процент на загуби на резултати при провеждане на систематични измервания на нивата на радон в обществени сгради. В училищните сгради са измерени различни видове помещения, както следва: класни стаи - 121 броя, учебни кабинети - 77 броя, физкултурни салони и столови - 90 броя и офиси - 52 броя.

Средната стойност на ОАР в помещенията на изследваните училища на територията на област Смолян е $AM=231 \text{ Bq/m}^3$, а средногеометричната стойност е $GM=169.5 \text{ Bq/m}^3$. Броят на помещенията, които надвишава националното референтно ниво на средногодишната обемна активност на радон във въздуха на обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита (ДВ, бр. 16 от 2018 г.) от 300 Bq/m^3 са 69, разположени в 20 училища (приблизително 58% от училищата), а помещенията с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3 са 60 броя.

Определено е разпределението на обемната активност на радон по общини. Най-високата стойност $AM=412 \text{ Bq/m}^3$ е установена в община Доспат, а най-ниската в община Златоград $AM=114 \text{ Bq/m}^3$. Установена е статистическа значима разлика между резултатите по общини.

Разгледано е влиянието на вида на сградата върху нива на радон, като за целта стойностите за училищата са сравнени с обемната активност на радон в детски градини, измерена през 2015 г. в областта. Установено е статистическо различие между изследваните групи сгради ($p<0.0001$), което потвърждава извода, че влияние върху нивата на радон оказват характеристиките на сградата

В училищните сгради с високи стойности на обемната активност на радон следва да бъдат извършени коригиращи мерки за намаляване на нивата му.

ВЪВЕДЕНИЕ

В днешни дни многобройни изследвания са насочени към идентифициране на замърсителите на жизнената среда. Широката общественост все повече се интересува от влиянието на околната среда върху начин на живот и най – вече върху здравето. По отношение на природните замърсители специално внимание се отделя на естествената радиоактивност. В последните години, естественият радиоактивен газ радон е един от изследваните замърсители в помещения. Причината е, че облъчването от радон и неговите продукти на разпад допринася за половината от годишната доза, получена от населението от всички естествени радиоактивни източници (UNSCEAR, 2009). Нивата на радон в сградите се влияят от геоложките и почвените слоеве под нея, характеристиките на сградата и пропускливостта на строителните бариери, от нивото на вентилация (естествени или механична), както и от навигите на обитателите на обследваните помещения (Ivanova et al., 2017; Yarmoshenko et al., 2016; Damla et al. 2014). Радонът е признат за канцероген от Световната здравна организация и е втората водеща причина за рак на белия дроб след тютюневия дим (WHO, 2009). СЗО определя този стохастичен ефект като значим здравен проблем и препоръчва на страните да изготвят и изпълняват Планове за действие за намаляване на облъчването от радон. Европейската комисия в Директива 2013/59/ЕВРАТОМ на ЕС (European Commission, 2013) задължава държавите членки да установят национално референтно ниво и да въведат в действие Национални планове. Националният план за действие за намаляване на облъчването от радон се изпълнява в България от 2018 г. Една от задачите на Национален план е провеждане на измервания на ОАР в училища и детски градини. Тези образователни институции представляват особен тип сгради с обществен достъп, които са и работни места. Същевременно те са с критична вътрешна среда, където пребиват деца и това прави още по-важно изследването на нивата на радон. Обикновено тези институции са разположени в големи сгради, понякога на повече от един етаж, които са специално построени или реконструирани за целите на образованието (Снимка 1). В тези сгради има много стаи, които се използват с различна продължителност в зависимост от тяхното предназначение (Снимка 2). Някои училища и особено детските градини, често са разположени в сгради без сутерени. В изпълнение на дейности по Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон са осъществени проучвания на територията на области: Пловдив (НЦРРЗ, 2019) през 2018 г., Перник (НЦРРЗ, 2021a) и Кърджали (НЦРРЗ, 2021б) през 2019 - 2020 г. Средната стойност на ОАР в помещенията на изследваните учебни институции от пилотното проучване в област Пловдив е $AM=160 \text{ Bq/m}^3$, а средногеометричната стойност е $GM = 108 \text{ Bq/m}^3$. От тях 36 помещения са с нива на радон надвишаващи националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на жилищни, обществени сгради и работни места (НЦРРЗ, 2019). През 2020 г. приключиха проучвания в училища на територията на области Перник и Кърджали. Установената средна стойност на ОАР в учебните помещения в област Перник е $AM=170 \text{ Bq/m}^3$, а средногеометричната стойност е $GM=126 \text{ Bq/m}^3$. От тях 53 помещения са с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3 , а 55 са с обемна

активност на радон, която надвишава националното референтно ниво от 300 Bq/m^3 . В измерените помещения в област Кърджали стойностите на ОАР са $AM=140 \text{ Bq/m}^3$ и $GM=117 \text{ Bq/m}^3$. В 51 помещения, обемната активност на радон е по-голяма от 200 Bq/m^3 , а в 28 помещения, намиращи се в 17 училищни сгради, надвишава националното референтно ниво от 300 Bq/m^3 (или 30% от обследваните сгради).



Снимка 1 ПГПИ Професионална гимназия за приложни изкуства в Смолян



Снимка 2. Класна стая в училище в област Смолян

Планирането на проучването на ОАР на територията на област Смолян, както и подготовката на детекторите и необходимите материали е проведена от специалисти на Лаборатория „Съществуващо облъчване и радиационни експертизи“ на НЦРРЗ. Служителите на РЗИ – Смолян предварително събраха информация от директорите за броя и вида на помещенията на всяка училищна сграда. Изготвен е списък с броя помещения на подземен, приземен и първи етажи за всяка сграда. Детекторите са поставени от служители на РЗИ – Смолян в периода от 29.11 до 18.12.2020 г., без прекъсване на учебния процес. За целта е изготвен график за поставяне на детекторите за измерване на ОАР по дни и маршрути за обследване (Снимки 3 и 4).



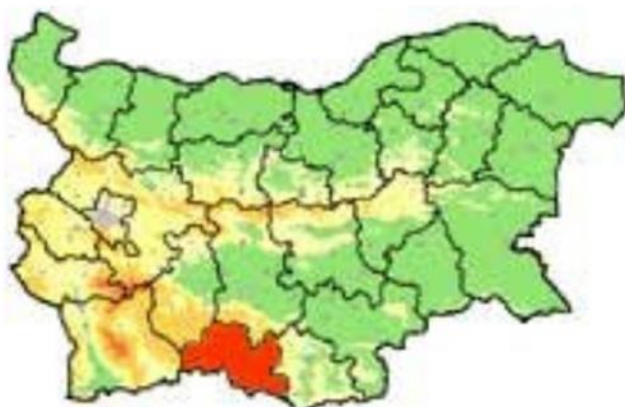
Снимки №3 и №4 Поставяне на детектори за измерване на ОАР от представители на РЗИ - Смолян в учебни помещения на територията на областта

Поставени са 356 детектори в 46 училищни сгради на 35 училища и в една детска градина. За осигуряване на качеството на измерванията са разпространени 11 броя дублиращи детектори и един нулев детектор.

1. МЕТОДОЛОГИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО

1.1. Обект на проучването

В изпълнение на дейности по Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване с радон през ноември 2019 г. е стартирано измерване на нивата на радон в 46 сгради на 34 училища и една детска градина на територията на област Смолян. Смолянска област е с най-голям брой защитени училища в страната – 27, същевременно е с малък и непрекъснато намаляващ брой ученици. Затова е прието, от служителите на РЗИ, детектори да бъдат поставени в училищата с над 50 ученика. Проучването е проведено от РЗИ Смолян, съвместно с НЦРРЗ, както и със съдействието на училищните ръководства. Целта на проучването е да се оцени обемната активност на радон в училища на територията на областта.



Фигура 1. Местоположение на област Смолян в република България

1.2. Географска характеристика на района

Област Смолян се намира в Южна България и е разположена в централната част на Родопите на територия от 3 192.9 кв. км или 2,9 % от територията на страната (Фигура 1). Релефът е планински, но в отделните общини той е с различни проявления. Средната надморска височина на областта е в границите от 600 до 2191 м. Върху голяма част от територията се простират гори 2093 х.дка (66%), а земеделските земи заемат 851х.дка (27%). Горската растителност е представена от широколистни (в ниските части) и иглолистни (във високите части) гори. Почвеното разнообразие не е голямо – най-характерни са кафявите горски почви. По-големи реки в областта са Арда, Въча и Чепеларска.

По-голяма част от област Смолян попада в преходноконтиненталната климатична област, а по-малка част в континентално - средиземноморската климатична област, като разнообразието на климатичните условия се определя и от влиянието на релефа. С

увеличаване на надморската височина климатът става ясно изразен планински, с подчертано средиземноморско влияние. (Иванов, 2016).

1.3. Административно устройство

Област Смолян е административно разделена на десет общини - Баните, Борино, Девин, Доспат, Златоград, Мадан, Неделино, Рудозем, Смолян и Чепеларе (Фигура 2). В областта са разположени 243 населени места, от които 8 са градове и 235 села. Към 31.12.2020 г. населението на област Смолян е 101887 души (НСИ, 2021).



Фигура 2. Административно делене на област Смолян

На териториите на смолянските общини през учебната 2019/2020 г. функционират 61 училища, от които 52 броя общообразователни, три спортни училища и по изкуствата, шест професионални гимназии и два филиала на висше учебно заведение (НСИ, 2021). В Таблица 1 са представени видовете и броя училища в Област Смолян заедно с броят учаци се и преподаватели.

Вид училище	Брой училища	Брой ученици	Брой преподаватели
Общообразователни	52	8111	4010
Спортни и по изкуствата	3	131	136
Професионални гимназии	6	1268	439
Общо	61	9510	4585

В област Смолян за учебната 2019/2020 години са се обучавали 9510 броя ученици, а общият брой на учителите е 4585 броя.

1.4. Проект на проучването

Проучването на нивата на радон е проведено от служители на РЗИ – Смолян, съгласно Процедура за измерване на обемната активност на радон в работни места (НКС, 2018а) и Процедура за измерване на обемната активност на радон в обществени сгради (НКС, 2018б). Според признати международни практики за идентификация на места, където има вероятност за повишени нива на радон, в сградите с обществен достъп измервания се извършват за период минимум от три месеца, като един от тях е през зимния период. Въз основа на опита на експерти от НЦРРЗ, най-подходящ период за провеждане на проучвания на нивата на радон е от октомври до април. Престоят на детекторите за вземане на извадка в помещенията на обследваните училищни сгради на територията на област Смолян е от ноември/декември 2019 г. до април/май 2020 г. Детекторите са поставени от представители на РЗИ Смолян със съдействие на училищните власти, което допринесе за по-лесното и по-експедитивното им позициониране в помещенията. Препоръчано бе събирането на детекторите да започне по време на срочната ваканция – през месец април. Поради наложените извънредни мерки свързани с пандемията от Covid – 19, детекторите са събрани през месец април/май 2020 г. През месеци март и април училищата бяха затворени (от 6.03. до 20.04.2020 г) и детекторите са престояли повече от препоръчания срок. Учебните помещения, в които е извършено обследване по общини на територията на област Смолян са както следва: в Баните (11 броя), Борино (6 броя), Девин (28 броя), Доспат (31 броя), Златоград (35 броя), Мадан (28 броя), Неделино (11 броя), Рудозем (37 броя), Смолян (134 броя) и Чепеларе (19 броя).

Въз основа на изводите от предишните проучвания в училища е прието при провеждането на обследването на училищата да бъдат измерени помещенията на приземия, първия етаж и сутерена, ако той се използва. Предварително е събрана информация от представителите на РЗИ Смолян за броя и вида на помещенията във всяка учебна сграда. С цел оптимално разпределение на ресурси е обърнато специално внимание на планирането за провеждане на проучването. Подготовката, която е една от най-важните дейности за коректно изпълнение на задачата, е извършена от НЦРРЗ. Подготвителните дейности за провеждане на обследването на ОАР са:

- Изготвен е списък с броя помещения на подземен, приземен и първи етажи за всяка сграда, с цел планиране и подготовка на необходимия брой детектори за всяко училище. Тази дейност е осъществена с помощта на ръководствата на училищата и РЗИ.
- За всяко училище е изготвен пакет, който съдържа определения брой детектори, анкетна карта, инструкции за поставяне на устройствата за пробовземане и информационни брошури.
- Разпространението на детекторите е осъществено лично от представители на РЗИ Смолян, като те са поставили детекторите във всяко едно учебно помещения.

В Таблица 2 са представени кодовете на училищата и сградите, предоставеният брой детектори, загубите на детектори и е изчислен процента им. Кодът на сградата е определен на база на брой сгради за всяко училище. С предоставените пасивни детектори са

анализирани общо 340 резултата от измерени помещения в училищата, като в две стаи на СУ "Св. Княз Борис I", с. Старцево са поставени детектори от партида RSFV_3 (партидата е закупена през 2017 г. и е калибрирана през 2018 г.) от представителите на РЗИ. Изследвана е една детска градина в с. Елховец с 3 броя детектори.

Таблица 2. Брой на предоставените детектори и загуби по училища

<i>Код на училището</i>	<i>Училище и местоположение</i>	<i>Код на сграда</i>	<i>Брой детектори</i>	<i>Брой изгубени детектори</i>	<i>% на загубите</i>
1	1-во СУ"Св.Св. Кирил и Методий", старо крило, гр. Смолян	11	9	0	0
	1-во СУ"Св.Св. Кирил и Методий", ново крило, гр. Смолян	12	15	2	13
2	2- ро ОУ "Проф. д-р Асен Златаров" - стара сграда, гр. Смолян	21	8	0	0
	2- ро ОУ "Проф. д-р Асен Златаров" - нова сграда, гр. Смолян	22	6	0	0
3	4 ОУ"Стою Шишков", нова част, гр. Смолян	31	4	0	0
	4 ОУ"Стою Шишков", стара сграда, гр. Смолян	32	2	0	0
4	5-то ОУ"Юрий Гагарин", нова сграда, гр. Смолян	41	6	0	0
	5-то ОУ"Юрий Гагарин" стара сграда, гр. Смолян	42	5	0	0
5	6 ОУ "Иван Вазов", гр. Смолян	51	15	2	13
6	7-мо СУ " Отец Паисий", гр. Смолян	61	12	0	0
7	ОУ "Стою Шишков", с.Търън	71	8	0	0

<i>Код на училището</i>	<i>Училище и местоположение</i>	<i>Код на сграда</i>	<i>Брой детектори</i>	<i>Брой изгубени детектори</i>	<i>% на загубите</i>
8	ПГИ "Карл Маркс", гр. Смолян	81	15	0	0
9	ПГТТ "Христо Ботев", гр. Смолян	91	8	0	0
	ПГТТ "Христо Ботев", физ.салон, гр. Смолян	92	1	0	0
10	ППМГ "Васил Левски"стара част, гр. Смолян	101	11	0	0
	ППМГ "Васил Левски", нова част, гр. Смолян	102	5	0	0
11	СУ "Христо Ботев", с.Баните	111	11	0	0
12	СУ "Никола Й. Вапцаров", с. Борино	121	6	0	0
13	СУ "Христо Ботев", гр. Девин	131	17	3	18
14	ПГЕ "А.С. Попов", гр. Девин	141	4	0	0
15	ОУ "Пейо Кр.Яворов", с.Гьоврен	151	4	0	0
16	ОУ"Гео Милев", с. Грохотно	161	6	0	0
17	СУ"Димитър Благоев", гр. Доспат	171	9	0	0
18	ОУ "Христо Ботев", с. Касак	181	2	0	0
	ОУ "Христо Ботев", западно ново, с. Касак	182	2	1	50
19	ОУ"Н. Вапцаров", с. Црънча	191	4	0	0
20	ОУ " Васил Левски ", с. Змейца	201	5	0	0

<i>Код на училището</i>	<i>Училище и местоположение</i>	<i>Код на сграда</i>	<i>Брой детектори</i>	<i>Брой изгубени детектори</i>	<i>% на загубите</i>
21	ОУ "Яне Сандански", с. Бръщен	211	4	0	0
22	СУ "Антим I", гр. Златоград	221	10	0	0
23	ОУ "В. Левски", гр. Златоград	231	20	0	0
24	СУ "Отец Паисий", основна сграда, гр. Мадан	241	8	1	13
	СУ "Отец Паисий", кабинетна сграда, гр. Мадан	242	4	2	50
	СУ "Отец Паисий", сграда пансион, гр. Мадан	243	6	0	0
25	СУ "Св.св.Кирил и Методий", с.Върбина	251	7	0	0
26	ОУ "П.Р.Славейков", с.Средногорци	261	6	0	0
27	СУ "Св. Св. Кирил и Методий", гр.Неделино	271	11	0	0
28	СУ "Св. Св. Кирил и Методий", основна сграда, гр. Рудозем	281	12	0	0
	СУ "Св. Св. Кирил и Методий", Малко училище - зелена сграда, гр. Рудозем	282	5	0	0
29	СУ " Христо Ботев", ново крило, с.Чепинци	291	4	0	0
	СУ " Христо Ботев", старо крило.Чепинци	292	6	0	0
30	ОУ " Христо Ботев", с. Елховец	301	10	0	0

<i>Код на училището</i>	<i>Училище и местоположение</i>	<i>Код на сграда</i>	<i>Брой детектори</i>	<i>Брой изгубени детектори</i>	<i>% на загубите</i>
31	СУ "Васил Дечев", основно училище, гр. Чепеларе	311	8	0	0
	СУ "Васил Дечев", гимназия, гр. Чепеларе	312	13	2	15
32	СУ "Св. Княз Борис I", с. Старцево	321	5	0	0
33	ОУ "Никола Й. Вапцаров"с. Барутин	331	6	0	0
34	НУФИ - Широка лъка, с. Широка лъка	341	8	0	0
	Детска градина "Дъга", с. Елховец		3	0	0
	Общо		356	13	4
	Дублиращи детектори		11	-	
	Нулеви детектори		1	-	
	Общо		368	13	4

Общият брой предоставени детектори са 368 броя (два от тези детектори са от партида RSFV_3), в това число 11 дублиращи и един нулев. В лабораторията са анализирани общо 355 резултата от измерената ОАР, като три от тях са за детската градина в с. Елховец. Изгубени са 12 броя детектори от основни измервания. Няма резултати под минимално определяемата обемна активност на радон, което показва, че детекторите са поставени коректно. Резултатът от един детектор е компрометиран в лабораторията. За анализ на причините довели до тази загуба са изготвени фиш за анализ на коренните причини на несъответствието (№003/19.06.2020 г.) и фиш за коригиращи/превантивни действия (№003/22.06.2020 г.). Предприети са мерки за допълнителна проверка на вана за ецване след приключване на процеса. Процентът на загубите е 4 %, който е най-ниският до сега от изпълнените систематични проучвания. Ниският процент на загуби вероятно се дължи на факта, че колегите от РЗИ Смолян са избрали правилно място за позициониране на детекторите в помещенията (провесени от тавана на въже/конец), поставили са ги и са ги

събрали лично от учебните заведения. Представителите на РЗИ са провели разговори с училищните ръководства за правилното съхранение на детекторите.

2. МЕТОДИ НА ИЗМЕРВАНЕ И ОБРАБОТКА

Пробовземането, обработката и изчислението на резултатите се извършва в съответствие с ISO 11665-4:2012 „Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon-222 - Part 4. Методологията за измерване на ОАР в закрити помещения се базира на международно признати стандарти за пасивни измервания, както и на международни практики в областта на изследване на ОАР в помещения на училищни сгради. За провеждане на проучването в област Смолян са използвани пасивни детектори тип RSKS, с престой в измерваното помещение от 3 до 6 месеца. Детекторите се състоят от CR-39 чип, поставен в цилиндрична дифузионна камера, представляваща филтър за прах и дъщерните продукти на радон. 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.



Снимка 5 Микроскоп за четене на трекове на RADOSYS система



Снимка 6. Детектори тип RSKS – затворени и разглобени

За обработката на детекторите и оценяването на ОАР в лаборатория „СОРЕ“ се използва RADOSYS система, която се състои от: баня за ецване, микроскоп за четене на трековете (Снимка 5) и софтуер за обработка на данните. При приемане в лабораторията, детекторите се разглобяват ръчно (Снимка 6), с помощта на клещи и се поставят на слайдове за последваща обработка. Средствата за измерване се подготвят за работа съгласно вътрешните инструкции за измерване в лабораторията на НЦРРЗ.

2.1. Осигуряване на качеството и анализ на резултатите

Лаборатория „СОРЕ“ осигурява проследимост на измерваната величина до първичен еталон, чрез калибриране. Проследимостта на резултатите за ОАР във въздух, измерени с

RADOSYS система до референтна атмосфера се извършва за всяка закупена партида детектори, което е основен елемент за качество на изпитванията. Облъчването на детекторите в референтна атмосфера, проследима до национален или международен еталон, се извършва от външна акредитирана лаборатория. За партидата детектори, използвани в проучването, лаборатория „COPE“ изпрати детектори за облъчване до акредитирана лаборатория в Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) – Германия и е издаден сертификат за калибриране № 1240 D-K-15063-01-00/27.06.2019 г. Служителите от лабораторията са подготвили сертификат за вътрешно калибриране СК № 10/18.07.2019 г., сертификатите за калибриране се съхраняват в досието на измерващата система RADOSYS.

За осигуряване на качеството се използва софтуер Radosys Watchdog 1.2 QA като чрез него се осигурява ежедневна проверка на микроскопската система Radosys Rado Meter. Новозакупеният пакет Watchdog 1.2 QA включва референтни слайдове с помощта, на които се осъществява контрол на микроскопа.

В проучването са използвани дублиращи и нулеви детектори, които служат за оценка на прецизността и точността на измерванията. Дублиращите детектори се поставят на същото място на вземане на извадка и за същия период като основните. За настоящото проучване са предоставени 11 броя дублиращи детектори. Анализът на резултатите от дублиращите детектори е следният: 10 броя са с приемлив резултат, а един брой с неприемлив, което е 5 % от общия брой дублиращи, т. е. 95 % от дублиращите резултати са приемливи (Таблица 3).

Процентът на неприемливите резултати е под критерия от 20 %, което е доказателство за качеството на проведеното проучване. Оценената разлика при неприемливия резултат е голяма, което предполага, грешка при вземането на извадката. Грешките при вземане на извадката се очакват да бъдат повече, тъй като помещенията се обитават от повече хора и деца, което предполага, че те могат да бъдат разместени по време на престоя в помещенията.

Оценка на точността и стареенето на материала на чиповете се извършва с нулеви детектори. Нулевите детектори не се разопаковат или отварят и се използват за оценка на влиянието на транспортирането от лабораторията до измерваното помещение и обратно. Поради по-дългия период на престой в помещенията за вземане на извадките, въз основа на анализа на резултатите от нулевите детектори е извършена корекция на фона при оценката на данните.

За извършването на статистическия анализ на резултатите е използван пакета IBM SPSS statistics. Статистическият анализ на резултатите от проучването позволява данните да бъдат обобщени и описани ефективно, а също така дава възможност да бъдат направени изводи от тях. При анализа на резултатите е изследвана разликата между две и повече групи резултати, групирани по отговорите в анкетните карти на сградите. Големината и посоката на тази разлика обикновено се използват като критерий за обосноваване на съответни изводи.

Таблица 3. Резултати от оценка на дублиращите детектори от проучването

№ анкетна карта	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		
21-09-S007	4R1501	213.93	7	3U2914	230.90	7	1.7	приемлив
21-05-S031	4R1497	234.36	8	3U3313	261.66	13	1.8	приемлив
21-09-S016	4R1482	396.54	12	3U6082	419.23	12	1.3	приемлив
21-05-S044	4R1644	83.27	3	3U3267	90.24	4	1.5	приемлив
21-04-S024	4R1478	272.15	9	3V0140	298.03	10	1.9	приемлив
21-06-S032	4R1444	77.04	2	3V0166	83.09	4	1.4	приемлив
21-09-S010	4R1449	74.06	3	3U6091	79.83	4	1.3	приемлив
21-03-S020	4R1475	214.59	7	3U5469	269.16	8	4.9	неприемлив
21-10-S042	4R1487	126.28	4	3U3239	135.60	5	1.4	приемлив
21-08-S038	4R1381	88.56	3	3U3052	81.93	4	1.4	приемлив
21-08-K032	3V0193	395.69	12	3U3015	374.92	11	1.2	приемлив

Въпреки, че детекторите са разпространени от представители на РЗИ, много от въпросите от анкетните карти не са попълнени. Една от обследваните сграда няма попълнена анкетна карта, за това тази сграда е изключена при анализа на резултатите. Попълването на анкетната карта за сградата е важен процес от пробовземането, защото информацията събрана в нея дава възможност за оценка на влиянието на различни фактори върху нивата ОАР. Анализът би спомогнал за правилното планиране не само на бъдещи проучвания, а за предприемането на превантивни мерки при ново строителство в района на изследване.

3. РЕЗУЛТАТИ

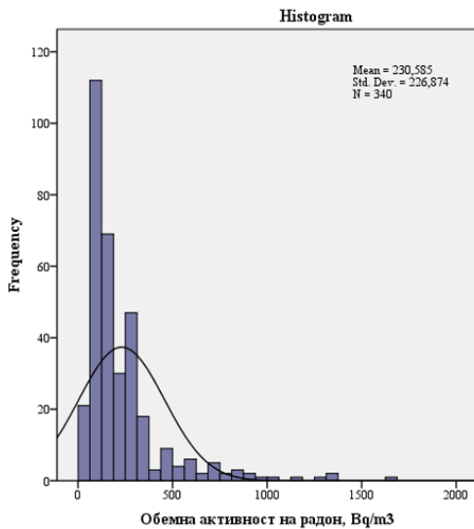
3.1. Обобщени резултати

Резултатите от проведените измервания на обемната активност на радон в училищни сгради на територията на област Смолян по помещения и етажи са представени в **Приложение № 1** към настоящия отчет. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР в обследваните учебните помещения са представени в Таблица 4.

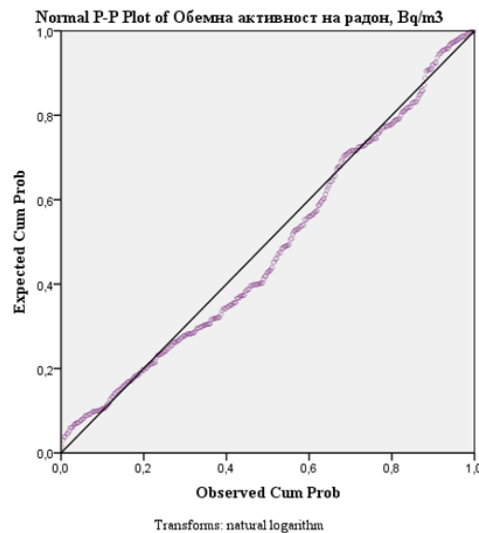
Таблица 4. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР

Брой на измерваните помещения	340
Средна аритметична стойност (AM), Bq/m ³	231
Стандартно отклонение	227
Медиана, Bq/m ³	148
Минимална стойност, Bq/m ³	33
Максимална стойност, Bq/m ³	1676
CV, %	98
Средно геометрична стойност (GM), Bq/m ³	169.5
Стандартно геометрично отклонение	2.09

Средно аритметична стойност на ОАР в обследваните сгради е 231 Bq/m³, а средно геометрична стойност е 169.5 Bq/m³. Средно аритметична стойност на ОАР на обследваните училищни сгради в област Смолян е по-висока от средно аритметичната стойност за училищни сгради в област Перник AM = 170 Bq/m³ (НЦРРЗ, 2021а) и в област Кърджали AM = 140 Bq/m³ (НЦРРЗ, 2021б). Максималната стойност на ОАР в учебно помещение (1676 Bq/m³) в област Смолян е по-висока от максималните стойности в Перник (1287 Bq/m³) (НЦРРЗ, 2021а) и в Кърджали (868 Bq/m³) (НЦРРЗ, 2021б). Оцененият коефициент на вариация от 98% е сравним с този от пилотното проучване в Пловдив (CV = 109 %) и това в област Перник (CV = 100 %). Високият процент на коефициентът на вариациите показва, че стандартното отклонение на стойностите е голямо, т.е. има по-големи вариации около средната стойност. Изследвана е формата на разпределение на резултатите от проучването (Фигура 3а хистограма и фигура 3б – Q-Q графика на логаритмично разпределените данни за ОАР в помещенията на обследваните училищни сгради). Приложен е параметричен тест на Колмогоров – Смирнов за проверка на хипотезата за нормално разпределение. Установено е, че теста е статистически значим ($p < 0.05$), което показва че разпределението на стойностите на ОАР не е нормално. За да се избегнат екстремните стойности се разглеждат лог - нормализираните стойности при статистическите тестове. Броят на измерванията е достатъчно голям за да се приеме, че стойностите следват лог-нормално разпределение и приложат параметрични тестове за анализ.



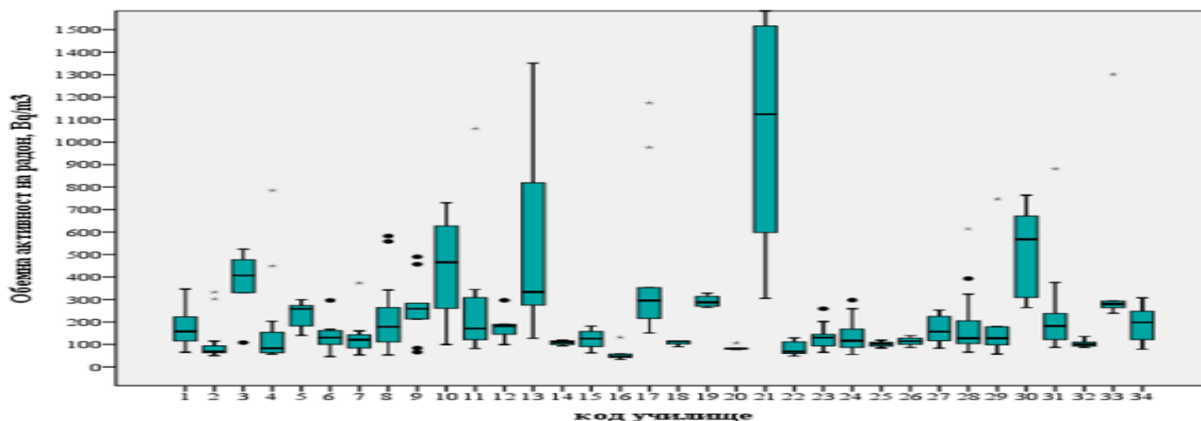
Фигура 3а. Хистограма на резултатите на ОАР



Фигура 3б. Q-Q графика на логаритмично разпределените данни

Дескриптивната статистика на резултатите на ОАР по училищни сгради с техните кодове е представена в **Приложение № 2** от настоящия отчет. В 60 помещения обемна активност на радон е по-висока от 200 Вq/m³. Установено е, че в 69 помещения, които са разположени в 20 училища нивата на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Вq/m³, определено в Наредба за радиационна защита (ДВ, бр. 16 от 2018 г.). В пет училища ОАР е над 1000 Вq/m³. Необходимо е предприемане на спешни мерки за редуциране на ОАР в тези училища, с цел намаляване на облъчването на децата и персонала.

На фигура 4 е представено разпределението на обемната активност на радон по училища с техните кодове. Приложен е непараметричен тест на Крускал – Уолис, за да се оцени различието между резултатите на ОАР, обединени по училища, като някои от училищата се състоят от повече от една сграда. Установена е статистически значима разлика ($KW, p < 0.0001$).



Фигура 4. Разпределение на нивата на радон в обследваните училища на област Смолян

3.2. Обобщение на резултатите по общини

Анализирани са данните на ОАР от обследваните сгради по общини, както следва: Баните (11 броя помещения в една сграда), Борино (6 броя помещения в една сграда), Девин (28 броя помещения в 5 сгради), Доспат (31 броя помещения в 6 сгради), Златоград (35 броя помещения в 3 сгради), Мадан (28 броя помещения в 5 сгради), Неделино (11 броя помещения в една сграда), Рудозем (37 броя помещения в 5 сгради), Смолян (134 броя помещения в 17 сгради) и Чепеларе (19 броя помещения в две сгради). Извършен е анализ на данните и дескриптивната статистика е представена в Таблицы 5 и 6. Най-малък брой обследвани училищни стаи има в община Борино (6 броя), а най-големият брой е в община Смолян (134 броя). Най-висока средно аритметичната стойност на ОАР е отчетена в училищните помещения в община Доспат $AM = 412 \text{ Bq/m}^3$. Средноаритметичната стойност за община Доспат е по-висока от националното референтно ниво, което е явен показател за определяне на общината, като радоно-приоритизиран район. Най-вероятната причина за това е, че на територията на тази община съществуват бивши обекти за добив на уранова суровина. Обемната активност на радон зависи от концентрацията на уран, съответно на радий, в скалния субстрат от геохимична гледна точка, следователно генезисът на скалите има важно въздействие върху вариацията на ОАР. Най-ниската средноаритметична стойност на обемната активност на радон е установена в община Златоград ($AM = 114 \text{ Bq/m}^3$).

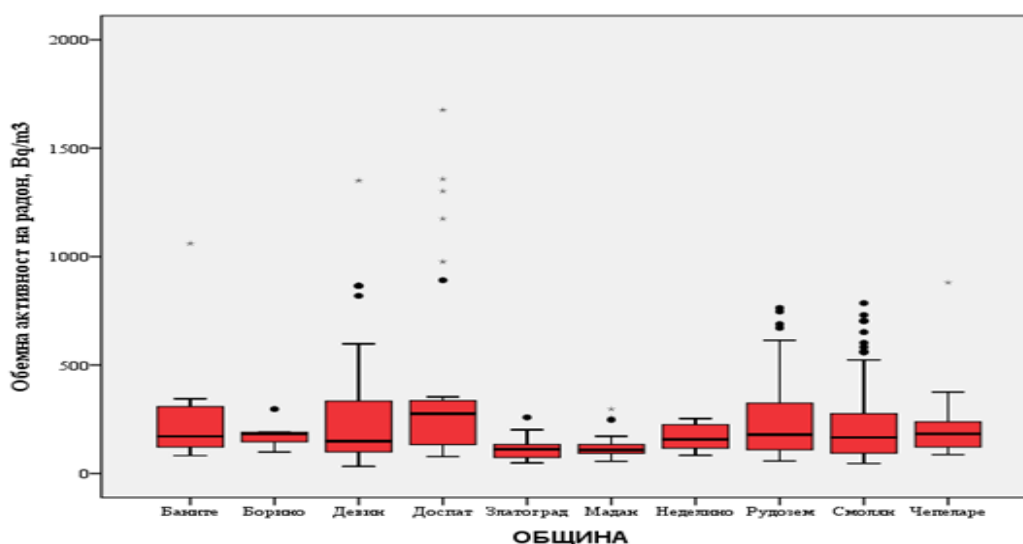
Таблица 5. Дескриптивна статистика на резултатите за общини Баните, Борино Девин, Доспат и Златоград за ОАР

	Баните	Борино	Девин	Доспат	Златоград
Брой на измерваните помещения	11	6	28	31	35
AM, Bq/m^3	274	183	295	412	114
Стандартно отклонение	278	66	321	432	46
Минимална стойност, Bq/m^3	82	99	33	78	48
Максимална стойност, Bq/m^3	1061	297	1351	1676	259
CV, %	102	36	109	105	40
Проверка на лог-нормалното разпределение чрез Shapiro-Wilk	$p < 0.0001$	$p = 0.493$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p = 0.160$

Таблица 6. Дескриптивна статистика на резултатите за общини Мадан, Неделино, Рудозем, Смолян и Чепеларе за ОАР

	Мадан	Неделино	Рудозем	Смолян	Чепеларе
Брой на измерваните помещения	28	11	37	134	19
АМ, Вq/m ³	124	171	272	221	221
Стандартно отклонение	57	63	221	166	178
Минимална стойност, Вq/m ³	56	84	58	46	87
Максимална стойност, Вq/m ³	298	253	763	786	881
CV, %	46	37	81	75	80
Проверка на лог-нормалното разпределение чрез Shapiro-Wilk	$p < 0.0001$	$p = 0.235$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$

Приложен е параметричен тест на Шапиров – Уйлк за проверка на хипотезата за нормално разпределение на резултатите по общини. Потвърдено е нормалното разпределение на стойностите на ОАР в общини Борино, Златоград и Неделино.



Фигура 5. Разпределение на нивата на радон в училищните помещения по общини в област Смолян

На Фигура 6 е представено разпределението на нивата на радон в училищните помещения по общини на област Смолян. Приложен е непараметричен тест на Крускал - Уолис ($KW, p < 0.0001$) за сравнение на данните по обособените групи. Установена е статистически значима разлика между изследваните групи по общини, което показва, че най-вероятно причината за различията между групите е географското местоположение на сградите и евентуалното влияние на геоложкия и почвен състав върху който сградите са построени.

Установеното различие в стойностите по общини показва, че управлението на данните за обемната активност на радон в сгради и оценките биха могли да се разглеждат по общини. Оценяването на радоно приоритизирани райони може да бъде извършено по общини също, което ще позволи мерките за намаляване на облъчването да бъдат степенувани и оптимизирани в рамките на областта.

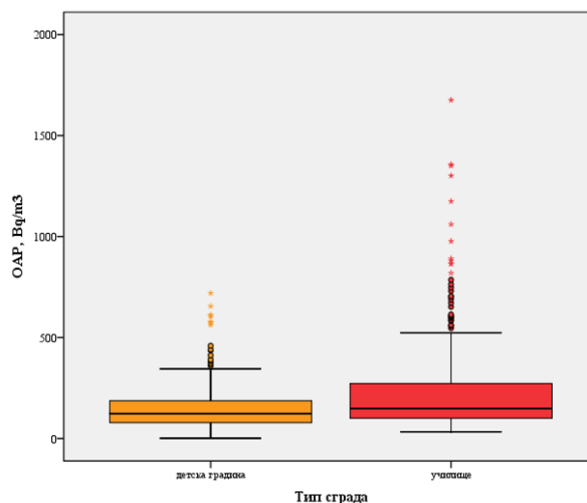
3.3. Влияние на вида на сграда върху нивата на радон

Разгледано е влиянието на вида сгради върху нивата на радон в нея. За този анализ резултатите на ОАР за училища в област Смолян, са сравнени с резултатите за детски градини. През зимният период на 2015 г. е извършено пручване на нивата на радон в детски градини в областта. Обследвани са 68 детски заведения с 220 помещения, чрез използване на пасивни детектори. През 2019 - 2020 г., заедно с проведеното проучване на училищата са обследвани и три помещения в една детска градина в с. Елховец, община Рудозем. Резултатите за детската градина са представени в *Приложение № 3* и са включени в анализа. Резултатите са разделени на две групи според вида сгради: „училища“ (340 броя измервания) и „детски градини“ (223 броя измервания). Хипотезата, която е разгледана е, че средно-аритметичните стойности на двете групи са равни. Целта на анализа е, да се оцени дали има влияние на вида сграда върху вариациите на ОАР. Дескриптивната статистика на стойностите на ОАР, според вида сгради е представена в Таблица 9. Средно аритметичната стойност на ОАР за детските градини е по-ниска ($AM= 157 \text{ Bq/m}^3$) в сравнение с тази за училищата ($AM= 231 \text{ Bq/m}^3$) в област Смолян. Коефициентът на вариации също е по-нисък, за детските градини (77%), отколкото в училищата - 98%.

Таблица 7. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР по вид сгради

	Детски градини	Училища
Брой на измерваните помещения	223	340
Средна аритметична стойност (AM), Bq/m^3	157	231
Стандартно отклонение	121	227
Минимална стойност, Bq/m^3	35	33
Максимална стойност, Bq/m^3	720	1676
CV, %	77	98

На фигура 9 е представено разпределението на нивата на радон на разглежданите две групи, според вида сгради. За проверка на статистически значимо различие в средноаритметичните стойности на разглежданите групи е приложен еднофакторен дисперсионен анализ (ANOVA). Извършена е проверка на хомогенността на резултатите в двете групи, като е приложен тест за проверка на равенство на дисперсиите (Levene Statistic). Тестът е статистически значим, което показва, че няма равенство в дисперсиите на ОАР в групите и е нарушена втората предпоставка за дисперсионния анализ, за това са проведени тестове за устойчивост на равенство на средноаритметичните стойности (Robust Tests of Equality of Means). Тестовите са статистически значими ($p < 0.0001$), което позволява да бъде разгледан теста ANOVA.



Фигура 6. Разпределение на резултатите на ОАР за училища и детски градини в област Смолян

Установено е статистическо различие между изследваните групи ($p < 0.0001$) с по-малка от типичната стойност големина на ефекта $\eta = 0.18 < 0.24$, което потвърждава твърдението, че влияние върху нивата на радон оказват характеристиките на сградата. За по-детайлна оценка, е необходимо да се разгледат по-конкретните различия в сградите. Малката стойност в големината на ефекта от своя страна показва, че върху нивата на радон в помещенията оказват влияние и други фактори.

3.4. Обобщение на данните по видове помещения, според начина на използване

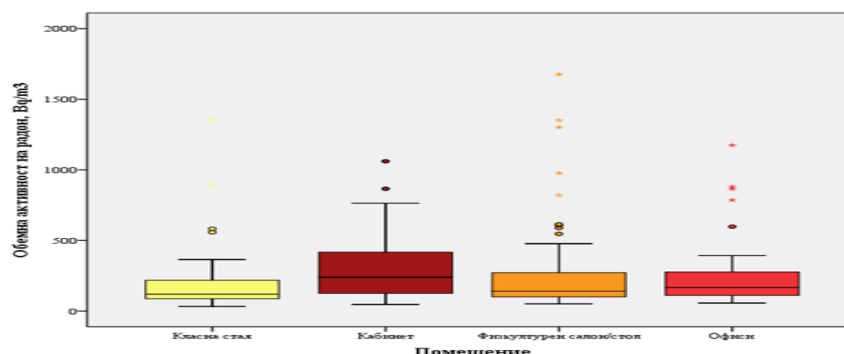
Измерванията на обемната активност на радон са извършени във всички видове обитавани помещения на училищните сгради за да се оцени по-детайлно облъчването на учениците и учителите. Помещенията са разделени на четири групи в зависимост от начина на употреба: класни стаи (големи помещения за учебни занимания, които се използват от ученици и учители), кабинети (по-малки помещения използвани от учители и ученици), физкултурни салони и столове за хранене (помещения използвани от учители и ученици) и офиси (помещения използвани само от учители и административния персонал).

Дескриптивната статистика на анализираниите резултати за ОАР по видове помещения е представена в Таблица 7.

Таблица 8. Дескриптивна статистика, резултатите за ОАР по видове помещения

	Класни стаи	Кабинети	Физ.салони/ столове	Офиси
Брой на измерваните помещения	121	77	90	52
Средна аритметична стойност (АМ), Bq/m^3	173	300	242	242
Стандартно отклонение	161	226	280	230
Минимална стойност, Bq/m^3	33	46	51	56
Максимална стойност, Bq/m^3	1357	1061	1676	1175
CV, %	93	75	116	95

Най-голям брой изследвани помещения са класните стаи 121 броя, а най-малкият брой са офисите, които се използват само от административния и учителски персонал (52 броя). Най-висока стойност на ОАР е установена в кабинетите $\text{AM} = 300 \text{ Bq/m}^3$, което може да бъде обяснено с по-малките им размери и не толкова честото им използване. Същевременно, коефициентът на вариация за този вид помещения е най-нисък $\text{CV} = 75\%$, което показва, че има по-малко разпръснати данни от средната стойност, т.е. в повечето кабинети се наблюдават високи стойности на ОАР. Подобен е случаят и в проучването на училища на територията на област Перник, където най-висока средно-аритметична стойност имат кабинетите $\text{AM} = 202 \text{ Bq/m}^3$ (НЦРРЗ, 2021 а). Най-голямо облъчване с радон би следвало да е в кабинетите, но облъчването зависи правопрпорционално от времето на експозиция. При допускане, че кабинетите в училищните сгради се използват за специализирано обучение (по физика, химия, музика и други) по 1-2 часа седмично, съответно облъчването не е толкова значимо. Въпреки това, следва да бъдат приложени мерки за намаляване на ОАР, където стойностите са над референтните нива. На Фигура 7 е представено разпределението на ОАР по видовете учебни помещения.



Фигура 7. Разпределение на ОАР в четирите групи училищните помещения

За проверка на хипотезата за различие между видовете помещения в училищата е приложен непараметричен тест на Крускал – Уолис. Установена е статистически значима разлика между анализираниите групи за област Смолян ($KW, p < 0.0001$), което означава че нивата на радон в разгледаните помещения зависят от начина им на използване. Приложен е непараметричен тест на Ман – Уитни, за да се установи между кои помещения е различието. Установена е статистически значима разлика на стойностите на групата „класни стаи“ с останалите групи помещения ($MW, p < 0.0001$). Разлика в стойностите на ОАР не се наблюдава между останалите видове помещения. Резултатите дават основание да се твърди, че класните стаи, където децата прекарват повече от времето в училището се проветряват по-често, доказано с оценена най-ниската средно-аритметична стойност.

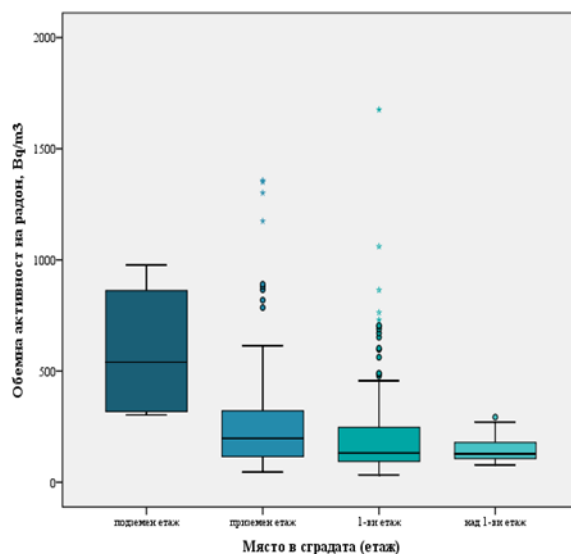
3.5. Обобщение на данните по етажи

Проучването е извършено, като са предоставени детектори за всички обитавани помещения, които са разположени най-близо до земната повърхност. На етажи над първия са поставени малък брой детектори с цел контрол на разпределението на ОАР по етажи. Резултатите на ОАР са групирани по етажи в четири групи, помещения намиращи се на: подземен (4 броя), приземен (118 броя), първи (197 броя) и над първи етаж (21 броя). Deskриптивната статистика на резултатите за нивата на ОАР в зависимост от разположение по етажи е представена в Таблица 9.

Таблица 9. Deskриптивна статистика на резултатите за ОАР по етажи

	Подземен етаж	Приземен етаж	Първи етаж	Над първи етаж
Брой на измерваните помещения	4	118	197	21
Средна аритметична стойност (AM), Bq/m ³	590	281	202	152
Стандартно отклонение	328	264	199	68
Минимална стойност, Bq/m ³	303	46	33	78
Максимална стойност, Bq/m ³	976	1357	1676	293
CV, %	56	94	99	45

Най-високи нива на радон са измерени в помещения, намиращи се в подземния етаж (AM = 590 Bq/m³), като тези стойности на ОАР са над националното референтно ниво. В тези помещения е установен нисък коефициент на вариация от 56%. Най-ниски нива на средноаритметичните стойности (AM= 152 Bq/m³) са установени в помещенията намиращи се над първи етаж, което потвърждава изводите от проведените проучвания в училища в области Пловдив, Перник и Кърджали (НЦРРЗ, 2019; 2021a; 2021б), че нивата на радон намаляват с увеличаване на етаж или разстоянието от източника на радон – скалата/почвата под сградата. В помещенията намиращи се над първия етаж, е оценена и най-ниска стойност на CV = 45%. На Фигура 8 е показано разпределението на ОАР по етажи за изследваните помещения.



Фигура 8. Разпределение на резултатите на ОАР по етажи.

Приложен е непараметричен тест на Крускал – Уолис и е установена статистически значима разлика при разглежданите групи, разпределени по етажи ($KW, p < 0.0001$). Стойностите на ОАР намаляват с увеличаване на етажите на измерваната сграда, за това при провеждането на пасивните проучвания е достатъчно да бъдат измерени помещенията на приземния (първия) етаж и сутерена, ако той се използва.

3.6. Оценка на влиянието на отоплителната система върху ОАР

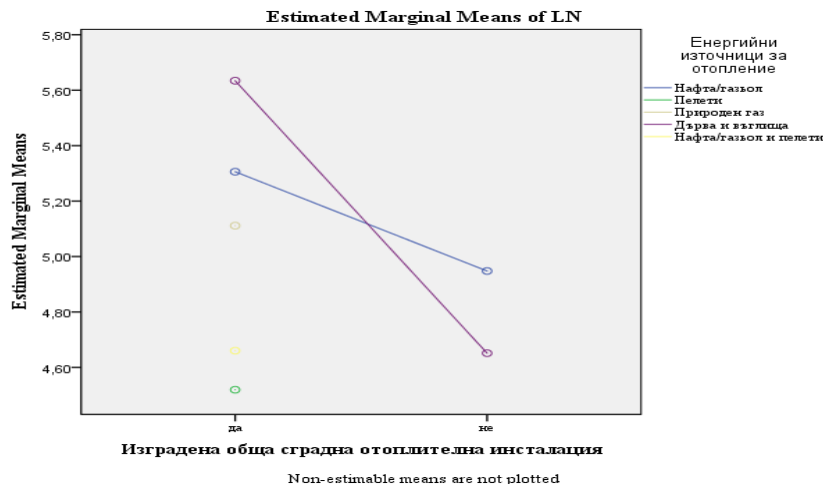
В настоящият отчет е направен анализ на влиянието на наличието на обща сградна отоплителна инсталация и енергийните източници за използвани за отопление върху вариациите на ОАР в сградата. Изследвано е влиянието на ефекта на взаимодействие на тези два фактора върху стойностите обемната активност на радон, чрез прилагане на двуфакторен дисперсионен анализ. За тази цел, резултатите са систематизирани в групи по факторите, които се изследват. По фактора „наличие на обща отоплителна инсталация“ в две групи, а по фактора „енергийни източници за използвани за отопление“ в пет групи. Обобщените резултати за двата фактора по групи са представени в Таблица 10. Целта на анализа е да се проследи, дали изградената обща отоплителна система в сграда и използвания енергиен източник оказва влияние на нивата на радон в сградата. Хипотезата, която се разглежда е, че изградената обща отоплителна система и вида използван източник на енергия, оказват влияние върху ОАР и има ефект на взаимодействие между двата фактора. Двата фактора оказват влияние върху вариациите на ОАР, съгласно статистически значимото различие в резултатите по групи ($p < 0.0001$). Дисперсията на ОАР в сгради се прогнозира 6.3% от наличието на отоплителна система и 14% от вида на използвания енергиен източник на отопление. Наличието на отоплителна система в сграда увеличава нивата на радон в нея, което може да се обясни с факта че тръбите свързващи отоплителните тела са проводник на газа в сградата или изградените връзки не са добре запечатани, което позволява по-лесното му проникване в нея.

Установен е статистически значим ефект на взаимодействие на двата разглеждани фактора ($p=0.014<0.05$), което означава, че “ефектът” на източника на енергия върху ОАР зависи от наличието на отоплителна система, т. е. зависи дали има изградена система в сградата. Големината на този ефект е по-малка от типичната, в съответствие с определения коефициент на Коен ($\eta=0.12<0.20$).

Таблица 10. Обобщени резултати за ОАР разпределени по групи за наличие на изградена обща сградна отоплителна инсталация и за енергийни източници за отопление

Изградена обща сградна отоплителна инсталация	Енергийни източници за отопление	AM, Bq/m ³	SDV	Брой измервания
Да	Нафта/газъл	266,63	225,65	187
	Пелети	105,56	73,66	21
	Природен газ	194,31	140,51	36
	Дърва и въглища	450,80	482,55	20
	Нафта/газъл и пелети	115,09	48,84	30
	Общо	243,33	238,77	294
Не	Нафта/газъл	155,27	74,15	13
	Дърва и въглища	133,96	101,15	23
	Общо	141,65	91,78	36
Общо	Нафта/газъл	259,39	220,64	200
	Пелети	105,56	73,66	21
	Природен газ	194,31	140,51	36
	Дърва и въглища	281,33	369,14	43
	Нафта/газъл и пелети	115,09	48,84	30
	Общо	232,24	229,55	330

За да се разгледа по-подробно зависимостта на ефекта на взаимодействие, се анализира графиката на Фигура 9, където е представен „профила на графите“. От фигура 9 се вижда, че има ефект на взаимодействие за двата разглеждани фактора при използване на енергийни източници за отопление – нафта/газъл и дърва и въглища, тъй като графиките на средно-аритметичните стойности не са паралелни, т.е. те се пресичат. Повечето училищни сгради имат изградена обща отоплителна система, но при тези които нямат се използват нафта/газъл и дърва и въглища като източник на отопление, за това при анализа останалите източници са изключени. Използването на нафта/газъл и дърва и въглища като източник на отопление, при изградена обща отоплителна система, увеличава обемната активност на радон в помещенията. Определеният процент на дисперсия чрез който се прогнозира ОАР от двата фактора – наличие на обща изградена отоплителна система и вида на използваните енергийни източници и от тяхното взаимодействие е $R=17\%$.



Фигура 9. Профил на графиките (Profile Plots) за наличие на изградена обща сградна отоплителна инсталация и за енергийни източници за отопление визуализиране на ефекта им на взаимодействие

От направения анализ се вижда, че в област Смолян при данни за наличие на обща отоплителна система в големи сгради, като училищата и използване на нафта/газ/или дърва и въглища, 17% има вероятност да бъдат измерени високи стойности на обемната активност на радон в помещенията.

Нивата на обемната активност на радон в сградите зависи от множество фактори, като наличие на радон в почвата/скалите под сградата, пропускливостта на повърхностните почвени слоеве, характеристики на сградата, както и навиците на обитателите. Зависимостта на определените фактори е специфична за дадена област и съответно следва да бъде разгледана, за това при провеждане на измерванията е необходимо информацията за сградите да бъде адекватно събрана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С цел оценка на нивата на радон в училищни сгради в област Смолян е проведено проучване в 46 сгради на 34 училища в област Смолян. Проучването е извършено от РЗИ – Смолян и ЛСОРЕ към НЦРРЗ съгласно изготвените „Процедура за проучване на радон на работни места“ и „Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон в сгради с обществен достъп“. Детекторите, които са предоставени за измерване на ОАР във всички помещения на обследваните сгради са 368 броя, а анализираните резултати са 340. Отделно са обработени и анализирани резултатите от 11 дублиращи и един нулев детектор. Загубите по време на проучването са само 4 %. Средната стойност на обемната активност (AM) на радон на измерените помещения е 231 Bq/m^3 със стандартно отклонение 227, а средногеометричната стойност (GM) 169.5 Bq/m^3 с GSD 2.09.

Нивата на обемната активност на радон в сградите зависят от множество фактори, като наличие на радон в почвата/скалите под сградата, пропускливостта на почвата, характеристики на сградата и навиците на обитателите. За това информация в анкетните карти е необходимо да се събира и попълва с необходимото внимание и точност. Информацията следва да бъде отразявана в базата данни на сградите с обществен достъп и работните места, за да може да бъде използвана за съответните анализи. Въз основа на събраната информация в настоящия отчет е проведен анализ само на някои фактори, които биха повлияли ОАР в сградите. Разгледано е комбинираното влияние на наличието на отоплителна инсталация и вида на използвания енергиен източник, върху стойностите на ОАР, като е потвърден ефекта на взаимодействие на двата фактора.

Разгледано е различието в стойностите по общини и е установена статистически значима разлика. Разликата се основава на различието в геологията и географията на общините, които могат да се разглеждат като единици при оценката радоновия риск. Оценяването на радоно приоритизирани райони извършено по общини, би могло да позволи мерките за намаляване на облъчването да бъдат степенувани и оптимизирани в рамките на областта.

В 60 помещения е установена обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m³, а в 69 помещения, които се намират в 20 училища са с обемна активност на радон, надвишаваща националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m³, или приблизително 58 % от сградите се нуждаят от коригиращи мерки за намаляване на нивата на ОАР. В тези сгради, преди да се приложат мерки за редуциране на нивата на радон, следва да се проведат допълнителни директни измервания за определяне на подходящите коригиращи дейности, както и за анализ на вариациите на ОАР по време на работните часове, с цел оценка на облъчването на персонала и децата.

СЪКРАЩЕНИЯ

ЛСОРЕ	Лаборатория съществуващо облъчване и радиационни експертизи
МЗ	Министерство на здравеопазването
МС	Министерски съвет
НКС	Национален координационен съвет
НРЗ	Наредба за радиационна защита
НСИ	Национален статистически институт
НУФИ	Национално училище за фолклорни изкуства
НЦРРЗ	Национален център по радиобиология и радиационна защита
ОАР	Обемна активност на радон
ОУ	Основно училище
ПГЕ	Професионална гимназия по електротехника
ПГИ	Професионална гимназия по икономика
ПГТТ	Професионална гимназия по техника и технологии
ППМГ	Профилирана природо-математическа гимназия
РЗИ	Регионална здравна инспекция
СЗО	Световна здравна организация
СУ	Среднообразователно училище
ЦСОП	Център за специална образователна подкрепа
^{222}Rn	Радон 222
AM	Средно аритметична стойност
GM	Средно геометрична стойност
GDS	Геометрично стандартно отклонение
CV	Коефициент на вариации
SDV	Стандартно отклонение
WHO	World Health Organization

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов А., Природна география на България, издателство Славина, София, 2016.
- МС, Министерски съвет, Наредба за радиационна защита, приета с ПМС № 20 от 14.02.2018 г., обн., ДВ, бр. 16 от 20.02.2018 г., в сила от 20.02.2018 г.
- НКС, Национален координационен съвет. Процедура за проучване на радон на работни места, версия 1, Национален план за действие за намаляване на облъчването от радон (2018а), (достъпно на www.radon.bg)
- НКС, Национален координационен съвет. Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон в сгради с обществен достъп, версия 1, Национален план за действие за намаляване на облъчването от радон (2018б), (достъпно на www.radon.bg)
- НСИ, Национален статистически институт. Регионална статистика. Област Смолян, 2021 (достъпно на [www. https://www.nsi.bg/bg/content/11425](https://www.nsi.bg/bg/content/11425)).
- НЦРРЗ, Пилотно проучване на обемна активност на радон в училища от област Пловдив, Отчет по дейност 3.3.2 от Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон, 2019 (достъпно на www.radon.bg).
- НЦРРЗ, Проучване на обемна активност на радон в училища от област Перник, Отчет по дейност 3.3.2 от Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон, 2021а (достъпно на www.radon.bg).
- НЦРРЗ, Проучване на обемна активност на радон в училища от област Кърджали, Отчет по дейност 3.3.2 от Национален план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон, 2021б (достъпно на www.radon.bg).
- Damla, N. and Aldemir, K. Radon survey and soil gamma doses in primary schools of Batman, Turkey. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50(2),226–234, 2014;
- European Commission, Council Directive 2013/59/EURATOM, laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation, and repealing, OJ of EU, L 13/1, 2013;
- Ivanova, K. Stojanovska, Z. Tsenova, M. Kunovska, B. Building-specific factors affecting indoor radon concentration variations in different regions in Bulgaria *Air Qual Atmos Health*, 2017, DOI 10.1007/s11869-017-0501-0;
- 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.

UNSCEAR. Report 2006, Volume II, Annex E: Sources to effects assessment for radon in homes and workplaces. UN ed., NY, 2009 ([ww.unscear.org/unscear/en/publications.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications.html)).

WHO Handbook on Indoor Radon - A Public Health Perspective; World Health Organization Library Cataloguing - in - Publication Data; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2009.

Yarmoshenko I, Malinovsky G, Vasilyev A, Onischenko A, Seleznev A Geogenic and anthropogenic impacts on indoor radon in the Techa River region. *Sci Total Environ* 571:1298–1303, 2016.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – Резултати за обменната активност на радон по помещения в училищата

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/m³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
21-09-S001	приземен етаж	кухня	3U5726	12.12.19	04.05.20	349	10
		столова S	3U5243	12.12.19	04.05.20	310	9
		столова N	3U5560	12.12.19	04.05.20	266	11
	1 етаж	3а	3U5760	12.12.19	04.05.20	108	4
		3б	3U5629	12.12.19	04.05.20	68	4
		3в	3U5749	12.12.19	04.05.20	75	8
		игротека	3U5645	12.12.19	04.05.20	136	6
		гл. счетоводител	3U5647	12.12.19	07.05.20	164	7
		лекарски к-т	3U5160	12.12.19	07.05.20	119	7
21-09-S001A	приземен етаж	актова зала	3U5692	12.12.19	04.05.20	118	5
		к-т философия	3U5735	12.12.19	изгубен		
		к-т труд и предпр.	3U5596	12.12.19	04.05.20	202	7
		к-т англ. език	3U5632	12.12.19	04.05.20	168	6
		к-т рисуване	3U5699	12.12.19	изгубен		
		портиерна	3U5717	12.12.19	04.05.20	231	8
		тенис зала	3U5690	12.12.19	04.05.20	79	12
		физк.салон малък S	3U5704	12.12.19	04.05.20	139	6
		физк.салон малък N	3U5607	12.12.19	04.05.20	136	5
		физк.салон голям E	3U5693	12.12.19	04.05.20	192	6
		физк.салон голям W	3U5658	12.12.19	04.05.20	196	8
	1 етаж	к-т 219 интереси	3U5515	12.12.19	04.05.20	241	8
		к-т 223 интереси	3U5752	12.12.19	04.05.20	225	11

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		к-т 215 биология	3U5758	12.12.19	04.05.20	157	6
		зам. директор	3U5689	12.12.19	04.05.20	79	3
21-09-S002	сутерен	столова	3U5226	16.12.19	07.05.20	305	13
		кухня	3U5580	16.12.19	07.05.20	335	17
	1 етаж	кл. ст. 5	3U5349	16.12.19	07.05.20	66	5
		кл. ст. 4 - 6 б клас	3U5229	16.12.19	07.05.20	61	4
		кл. ст. 3	3U5578	16.12.19	07.05.20	66	3
		кл. ст. 2 - 7 б клас	3U5551	16.12.19	07.05.20	68	4
		педагог. Съветник	3U5281	16.12.19	07.05.20	92	4
		мальк физк. салон нар. танци	3U5337	16.12.19	07.05.20	68	4
21-09-S002A	приземен етаж	актова зала - вход	3U5173	16.12.19	07.05.20	118	5
		актова зала - сцена	3U5342	16.12.19	07.05.20	96	4
	1 етаж	1а	3U5543	16.12.19	07.05.20	77	4
		1б	3U5215	16.12.19	07.05.20	61	4
		3а	3U5141	16.12.19	07.05.20	72	3
		мальк физк. салон тенис	3U5259	16.12.19	07.05.20	53	4
21-09-S003	приземен етаж	ресурсен к-т Балийска	3U5178	18.12.19	07.05.20	364	11
		ресурсен к-т Шукерова	3U5521	18.12.19	07.05.20	526	16
		физк. Салон юг	3U5278	18.12.19	07.05.20	479	14
		физк. Салон север	3U5529	18.12.19	07.05.20	454	15
21-09-S004	1 етаж	комп. К-Т	3U5585	18.12.19	07.05.20	333	11

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		учителска стая	3U5264	18.12.19	07.05.20	111	4
21-09-S005	приземен етаж	лекарски к-т	3U2959	12.12.19	04.05.20	788	24
	1 етаж	ресурсен 5-7 клас	3U2754	12.12.19	04.05.20	206	7
		к-т психолог	3U2713	12.12.19	04.05.20	66	5
		ресурсен 1-4 клас	3U5261	12.12.19	04.05.20	73	3
		физк. салон Е	3U2788	12.12.19	04.05.20	107	4
		физк. салон W	3U5238	12.12.19	04.05.20	93	16
21-09-S006	1 етаж	Класна стая 1-1 клас	3U2952	12.12.19	04.05.20	86	4
		Класна стая 2-3 клас	3U2887	12.12.19	04.05.20	65	3
		Класна стая 3-4 клас	3U2943	12.12.19	04.05.20	60	5
		Класна стая С304- занималня	3U2953	12.12.19	04.05.20	63	9
		столова	3U2773	12.12.19	04.05.20	452	15
21-09-S007	приземен етаж	кл. Стая 102-1а	3U3571	16.12.19	05.05.20	221	7
		кл. Стая 103-1б	3U3558	16.12.19	05.05.20	301	12
		кл. Стая 104-1в	3U2915	16.12.19	05.05.20	273	8
		кл. Стая 105-3б	3U2914	16.12.19	05.05.20	231	7
		кл. Стая 106-3б	3U2835	16.12.19	05.05.20	267	8
		кл. Стая 107-3а	3U2798	16.12.19	05.05.20	278	9
		кл. Стая 108-2б	3U3526	16.12.19	05.05.20	278	14
		кл. Стая 109-2в	3U3567	16.12.19	05.05.20	261	8

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/т3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		каб. 212	3U3595	16.12.19	05.05.20	276	9
		каб.213	3U3528	16.12.19	изгубен		
		каб.214	3U3658	16.12.19	05.05.20	1434	5
		каб.215	3U3513	16.12.19	изгубен		
	сутерен	физк салон под големия	3U3476	16.12.19	05.05.20	143	5
	приземен етаж	физк. салон голям юг	3U5359	16.12.19	05.05.20	181	6
		физк. салон голям север	3U5454	16.12.19	05.05.20	185	6
21-09-S008	приземен етаж	5 клас занималня	3U5876	13.12.19	05.05.20	48	3
		6 клас занималня	3U5498	13.12.19	05.05.20	123	7
		Български език	3U5428	13.12.19	05.05.20	67	5
		кухня над работна маса	3U5440	13.12.19	05.05.20	123	4
	над басейн	физк. Салон север	3U5918	13.12.19	05.05.20	91	4
		физк. Салон юг	3U5885	13.12.19	05.05.20	114	4
	приземен етаж	кухня под столова над фурна	3U2737	13.12.19	05.05.20	169	6
		актова зала сцена	3U5634	13.12.19	05.05.20	158	6
		актова зала юг	3U2902	13.12.19	05.05.20	152	8
		боксова зала	3U3609	13.12.19	05.05.20	298	11
	1 етаж	столова юг	3U5950	13.12.19	05.05.20	143	6

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/m³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		столова север	3U5569	13.12.19	05.05.20	170	6
21-09-S009	приземен етаж	физк. Салон	3U5250	18.12.19	21.04.20	376	12
		столова	3U5575	18.12.19	21.04.20	56	4
		кухня	3U5583	18.12.19	21.04.20	59	3
	1 етаж	1клас	3U5220	18.12.19	21.04.20	115	5
		2клас	3U5214	18.12.19	21.04.20	163	6
		3клас	3U5244	18.12.19	21.04.20	128	10
		4клас	3U5191	18.12.19	21.04.20	119	5
		учителска стая	3U5321	18.12.19	21.04.20	129	5
21-09-S010	приземен етаж, корпус 2	кл.ст. 22, 11в клас	3U5526	13.12.19	04.05.20	560	17
		кл.ст. 23, 11г клас	3U5461	13.12.19	04.05.20	344	11
		кл.ст. 21, 10б клас	3U5577	13.12.19	04.05.20	585	18
	приземен етаж, корпус 5	Физк. Салон изток	3U6075	13.12.19	04.05.20	259	8
		Физк. Салон запад	3U6125	13.12.19	04.05.20	275	9
	1 етаж, корпус 3	каб. Биология	3U6091	13.12.19	04.05.20	80	4
		каб. Бързопис	3U5833	13.12.19	04.05.20	56	3
		каб. Моя 1 бизнес проект	3U6014	13.12.19	04.05.20	91	5
	1 етаж	Мед. Специалист	3U5639	13.12.19	04.05.20	256	8
		Счетоводство	3U5681	13.12.19	04.05.20	142	5
		Учителска стая	3U5525	13.12.19	04.05.20	226	8
	2 етаж, корпус 1	кл.ст. 17, 9б клас	3U5345	13.12.19	04.05.20	117	4
		кл.ст. 18, 12а клас	3U5532	13.12.19	04.05.20	181	11

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/т3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		кл.ст. 19, 9а клас	3U5484	13.12.19	04.05.20	146	6
		кл.ст. 20, 8а клас	3U5346	13.12.19	04.05.20	111	4
21-09-S014	1 етаж	Счетоводство	3U6047	17.12.19	08.05.20	86	4
		Ресурсен каб.№105	3U6023	17.12.19	08.05.20	216	7
		лекарски к-т	3U5686	17.12.19	08.05.20	262	8
		каб. №104 анг.език	3U5636	17.12.19	08.05.20	492	15
		каб. №103	3U6057	17.12.19	08.05.20	459	15
		каб. №102	3U6119	17.12.19	08.05.20	238	8
		каб. №101	3U6120	17.12.19	08.05.20	286	9
		каб. №107 химия и физика	3U6085	17.12.19	08.05.20	261	8
21-09-S015	1 етаж	физк.салон	3U6134	17.12.19	08.05.20	68	3
21-09-S016	1 етаж	каб. 15 музика	3U6160	17.12.19	08.05.20	704	22
		каб. 14 математика	3U6140	17.12.19	08.05.20	733	21
		каб. 13 руски	3U6016	17.12.19	08.05.20	654	20
		каб. 16 история и цивил.	3U6123	17.12.19	08.05.20	605	21
		каб. 17 англ. Език	3U5999	17.12.19	08.05.20	447	13
		каб. 18 англ. Език	3U6069	17.12.19	08.05.20	565	19
		каб. 19 англ. Език	3U5791	17.12.19	08.05.20	455	13
		каб. 20 англ. Език	3U6082	17.12.19	08.05.20	419	12
		каб. 21 англ. Език	3U6114	17.12.19	08.05.20	336	11

№ карта	Място в сградата (етаж)	Помещение	Детектор №	Начална дата	Крайна дата	Обемна активност на радон, Вq/м ³	комбинирана неопределеност (1σ)
		каб. 21 география и икономика	3U6063	17.12.19	08.05.20	707	21
		каб. 23 комп. Зала 5	3U5423	17.12.19	08.05.20	490	18
21-09-S017	1 етаж	каб. 29 комп. Зала 1	3U5410	17.12.19	08.05.20	191	6
		каб. 26 комп. Зала 4	3U5490	17.12.19	08.05.20	143	5
		каб. 27 комп. Зала 3	3U5425	17.12.19	08.05.20	480	14
		физк. Салон Изток	3U5385	17.12.19	08.05.20	140	5
		физк. Салон Запад	3U6096	17.12.19	08.05.20	102	7
21-01-S018	приземен етаж	столова	3U5473	10.12.19	29.04.20	274	9
		кухня	3U5366	10.12.19	29.04.20	347	10
		физк. Салон юг	3V0076	10.12.19	29.04.20	323	10
		физк. Салон север	3V0074	10.12.19	29.04.20	298	10
	1 етаж	занималня интереси	3U5884	10.12.19	29.04.20	1063	31
	2 етаж	каб. Химия	3U5417	10.12.19	29.04.20	127	5
		1 клас	3U5449	10.12.19	29.04.20	85	5
		2 клас	3U5869	10.12.19	29.04.20	132	5
		3 клас	3U5373	10.12.19	29.04.20	122	4
		занималня	3U5431	10.12.19	29.04.20	96	4
		каб. Физика	3U5369	10.12.19	29.04.20	174	6
21-02-S019	1 етаж	1 клас, кл. ст. 11	3U5933	02.12.19	15.04.20	180	7

№ карта	Място в сградата (етаж)	Помещение	Детектор №	Начална дата	Крайна дата	Обемна активност на радон, Вq/м ³	комбинирана неопределеност (1σ)
		2 клас, кл. ст. 12	3U5462	02.12.19	15.04.20	102	4
		3 клас, кл. ст. 13	3U5886	02.12.19	15.04.20	148	5
		4 клас, кл. ст. 14	3U5430	02.12.19	15.04.20	190	6
		физк. салон	3U5383	02.12.19	15.04.20	299	10
		уч. стая	3U5384	02.12.19	15.04.20	193	9
21-03-S020	приземен етаж	столова	3U6110	09.12.19	27.04.20	821	25
		тенис зала	3U9991	09.12.19	27.04.20	изгубен	
		голям физк. Салон	3U9958	09.12.19	27.04.20	1353	39
		малък физк.салон запад	3U5881	09.12.19	изгубен		
		малък физк.салон изток	3U5805	09.12.19	изгубен		
		Мед. Специалист	3V0000	09.12.19	27.04.20	346	101
		6 -та стая	3V0032	09.12.19	27.04.20	367	13
		к-т технологии и предпр.	3V0028	09.12.19	27.04.20	868	25
	1 етаж	3а	3U5469	09.12.19	27.04.20	269	8
		3б	3U5914	09.12.19	27.04.20	278	8
		3в	3U5474	09.12.19	27.04.20	289	9
		1а	3U5476	09.12.19	27.04.20	312	10
		1б	3U5478	09.12.19	27.04.20	326	10
		логопед, педаг. съвет.	3V0051	09.12.19	27.04.20	167	6
		кухня	3U6149	09.12.19	27.04.20	600	22
		кухня на ниво стол	3U9978	09.12.19	27.04.20	867	26
	2 етаж	уч. Стая	3U6887	09.12.19	27.04.20	130	8

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
21-03-S021	1 етаж	слаботокова работилница 1	3V0108	09.12.19	27.04.20	124	4
		слаботокова работилница 2	3V0100	09.12.19	27.04.20	109	4
		физк. салон	3V0073	09.12.19	27.04.20	116	5
		комп. зала	3V0079	09.12.19	27.04.20	96	4
21-03-S022	приземен етаж	физк. салон	3V0097	09.12.19	27.04.20	122	9
	1 етаж	3 и 4 клас	3V0092	09.12.19	27.04.20	136	5
		1 и 2 клас	3V0187	09.12.19	27.04.20	184	7
		каб. английски	3V0155	09.12.19	27.04.20	65	4
21-03-S023	приземен етаж	физк. салон	3V0087	09.12.19	27.04.20	134	5
	1 етаж	кл. ст. 1	3V0159	09.12.19	27.04.20	60	3
		кл. ст. 2	3V0171	09.12.19	27.04.20	45	3
		кл. ст. 3	3V0112	09.12.19	27.04.20	51	4
		кл. ст. 4	3V0086	09.12.19	27.04.20	36	3
		кл. ст. 5	3V0213	09.12.19	27.04.20	48	8
21-04-S024	сутерен	физк. салон, кота - 1.50	3U3327	02.12.19	15.04.20	979	29
	приземен етаж	котелно, кота 0	3U6949	02.12.19	15.04.20	1177	34
		Спортна зала - юг	3U6901	02.12.19	15.04.20	169	7
		Спортна зала - север	3U6931	02.12.19	15.04.20	154	5
	1 етаж	занимания по интереси	3V0216	02.12.19	15.04.20	295	9
		к-т физика	3V0149	02.12.19	15.04.20	219	7
		к-т 104	3V0157	02.12.19	15.04.20	346	10
		к-т 102	3V0140	02.12.19	15.04.20	298	10

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		методичен к-т 100	3V0169	02.12.19	15.04.20	356	11
21-04-S025	1 етаж	кл. ст. 202 (3 и 4 клас)	3U3277	02.12.19	15.04.20	117	9
		уч. стая	3U3346	02.12.19	15.04.20	117	4
21-04-S026	приземен етаж	кл. ст. 1	3U6914	02.12.19	изгубен		
		физк. салон	3V0212	02.12.19	15.04.20	93	4
21-04-S027	приземен етаж	3 и 4 клас	3V0125	02.12.19	15.04.20	302	9
		1 и 2 клас	3U6892	02.12.19	15.04.20	267	8
		5 и 6 клас	3U3283	02.12.19	15.04.20	278	9
		физк. салон	3U3289	02.12.19	15.04.20	331	11
21-04-S028	приземен етаж	портиерна	3U6878	02.12.19	15.04.20	84	4
	2 етаж	1 и 3 клас	3V0118	02.12.19	15.04.20	86	4
		2 и 4 клас	3U6941	02.12.19	15.04.20	109	5
		7 клас	3V0120	02.12.19	15.04.20	81	4
		уч. стая	3V0162	02.12.19	15.04.20	84	4
21-04-S029	приземен етаж	1 клас	3U3334	02.12.19	15.04.20	893	29
	1 етаж	б клас	3U6889	02.12.19	15.04.20	1360	40
		учителска стая	3U6900	02.12.19	15.04.20	308	10
		физк. салон	3U3338	02.12.19	15.04.20	1678	49
21-05-S030	1 етаж	8в	3U3333	29.11.19	13.04.20	72	4
		9а	3U6954	29.11.19	13.04.20	128	5
		9в	3U6876	29.11.19	13.04.20	57	3
		9б	3U6873	29.11.19	13.04.20	51	4
		каб. Обществени науки	3U3358	29.11.19	13.04.20	63	4
		комп. Зала 2	3U3276	29.11.19	13.04.20	68	3
		комп. Зала 1	3U3324	29.11.19	13.04.20	114	4
		лекарски к-т	3U3326	29.11.19	13.04.20	132	5
		физк. салон запад	3U3269	29.11.19	13.04.20	106	4

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		физк. салон изток	3U3296	29.11.19	13.04.20	70	3
21-05-S031	приземен етаж	кл. стая до к-т Биология	3U3322	29.11.19	13.04.20	197	7
		к-т Биология	3U3313	29.11.19	13.04.20	262	13
		лекарски к-т	3U6922	29.11.19	13.04.20	205	7
		логопед	3U3354	29.11.19	13.04.20	70	3
		басейн изток	3V0088	29.11.19	13.04.20	81	4
		басейн запад	3V0147	29.11.19	13.04.20	119	5
		столова	3V0167	29.11.19	13.04.20	68	4
		кухня	3V0168	29.11.19	13.04.20	89	5
	1 етаж	комп. зала	3U6908	29.11.19	13.04.20	70	9
		учителска стая	3U3282	29.11.19	13.04.20	143	5
		счетоводство	3U6938	29.11.19	13.04.20	144	6
		ресурсен к-т	3U6936	29.11.19	13.04.20	128	6
		1а	3V0105	29.11.19	13.04.20	151	6
		1б	3V0114	29.11.19	13.04.20	143	5
		2а	3V0078	29.11.19	13.04.20	134	8
		2б	3V0144	29.11.19	13.04.20	129	5
		2в	3V0096	29.11.19	13.04.20	134	5
		пом. директор	3U3344	29.11.19	13.04.20	169	6
		физк. салон запад	3V0153	29.11.19	13.04.20	104	4
		физк. салон изток	3V0151	29.11.19	13.04.20	132	12
21-06-S032	приземен етаж	к-т музика	3V0178	04.12.19	21.04.20	261	8
		физк. салон	3V0190	04.12.19	21.04.20	64	3
	1 етаж	4в	3V0164	04.12.19	21.04.20	96	4

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		4а	3V0183	04.12.19	21.04.20	119	5
		2а	3V0123	04.12.19	21.04.20	109	4
		2б	3V0166	04.12.19	21.04.20	83	4
		к-т български ез. и л.	3V0137	04.12.19	21.04.20	167	7
		к-т немски	3V0083	04.12.19	изгубен		
21-06-S033	приземен етаж	физк. салон голям	3U3081	04.12.19	изгубен		
		физк. салон малък	3U2999	04.12.19	изгубен		
	1 етаж	к-т биология	3V0191	04.12.19	21.04.20	250	13
		к-т химия	3V0203	04.12.19	21.04.20	300	10
21-06-S034	приземен етаж	столова	3U3048	04.12.19	21.04.20	175	6
		кухня	3U6891	04.12.19	21.04.20	143	5
	1 етаж	4б занималня	3U6955	04.12.19	21.04.20	77	4
		2б	3U6927	04.12.19	21.04.20	122	5
		учителска стая	3U3343	04.12.19	21.04.20	59	3
		1а	3U3180	04.12.19	21.04.20	102	4
21-06-S035	приземен етаж	столова	3U6942	04.12.19	21.04.20	87	5
		кухня	3U3319	04.12.19	21.04.20	94	4
	1 етаж	кл. ст. 101	3U3265	04.12.19	21.04.20	122	5
		кл. ст. 102	3U3350	04.12.19	21.04.20	113	5
		кл. ст. 103	3U6890	04.12.19	21.04.20	105	5
		кл. ст. 104	3U6916	04.12.19	21.04.20	112	5
		физк. салон	3U6902	04.12.19	21.04.20	97	5
21-06-S036	приземен етаж	физк. салон	3U3178	04.12.19	21.04.20	125	5
		столова	3U2994	04.12.19	21.04.20	142	5
	1 етаж	4клас	3U6926	04.12.19	21.04.20	130	8
		3клас	3U3331	04.12.19	21.04.20	110	4
		1клас	3U6882	04.12.19	21.04.20	89	6
		2клас	3U6952	04.12.19	21.04.20	103	4

№ карта	Място в сградата (етаж)	Помещение	Детектор №	Начална дата	Крайна дата	Обемна активност на радон, Вq/м ³	комбинирана неопределеност (1σ)
21-07-S037	1 етаж	кухня	3U3000	29.11.19	13.04.20	248	10
		7б	3U3225	29.11.19	13.04.20	160	5
		7а	3U3134	29.11.19	13.04.20	207	7
		6б	3U3254	29.11.19	13.04.20	86	4
		6а	3U3176	29.11.19	13.04.20	202	8
		5б	3U3061	29.11.19	13.04.20	116	4
		5а	3U3116	29.11.19	13.04.20	109	5
		физк. салон запад	3U3231	29.11.19	13.04.20	122	6
		физк. салон изток	3U3171	29.11.19	13.04.20	152	6
		столова вход	3U2983	29.11.19	13.04.20	255	10
		столова изход	3U2987	29.11.19	13.04.20	254	8
21-08-S038	приземен етаж	физк. салон голям	3U3115	06.12.19	23.04.20	617	19
	1 етаж	4б	3U3107	06.12.19	23.04.20	107	5
		5а	3U3147	06.12.19	23.04.20	69	4
		4а	3U3112	06.12.19	23.04.20	112	4
		5б	3U3002	06.12.19	23.04.20	114	4
		5в	3U2969	06.12.19	23.04.20	94	5
		ресурсен к-т	3U3085	06.12.19	23.04.20	69	3
		малък физк. салон	3U2990	06.12.19	23.04.20	139	5
		к-т музика	3U3052	06.12.19	23.04.20	82	4
		8в	3U3174	06.12.19	23.04.20	113	4
		8г	3U3001	06.12.19	23.04.20	130	5
		педагог. съветник	3U3246	06.12.19	23.04.20	395	12
21-08-S038A	приземен етаж	учителска стая	3U3054	06.12.19	23.04.20	196	6
		1б	3U3122	06.12.19	23.04.20	326	11
		2б	3U3044	06.12.19	23.04.20	184	6
		2в	3U3055	06.12.19	23.04.20	261	8

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		1а	3U3148	06.12.19	23.04.20	208	8
21-08-S039	сутерен	каб. По безопасно движение	3U3045	06.12.19	23.04.20	749	24
	1 етаж	каб. №101	3U3049	06.12.19	23.04.20	150	7
		каб. №102	3U3022	06.12.19	23.04.20	182	7
		каб. №103-музика	3U3016	06.12.19	23.04.20	142	5
21-08-S040	приземен етаж	столова	3U3041	06.12.19	23.04.20	101	4
		кухня	3U3005	06.12.19	23.04.20	60	3
	1 етаж	каб. №105	3U3013	06.12.19	23.04.20	118	4
		каб. №106	3U3042	06.12.19	23.04.20	97	4
		малък физк. салон	3U3125	06.12.19	23.04.20	101	4
		голям физк. Салон	3U3019	06.12.19	23.04.20	181	6
21-08-S041	приземен етаж	физк. салон изток	3U3057	06.12.19	23.04.20	610	18
		физк. салон запад	3U3012	06.12.19	23.04.20	591	18
		столова	3U3140	06.12.19	23.04.20	549	16
	1 етаж	к-т. английски език	3U3018	06.12.19	23.04.20	673	21
		к-т история и география	3U2978	06.12.19	23.04.20	691	20
		к-т по интереси	3U3149	06.12.19	23.04.20	766	26
		1клас	3U3025	06.12.19	23.04.20	287	43
		2клас	3U2973	06.12.19	23.04.20	267	8
		3клас	3U3020	06.12.19	23.04.20	311	11
		4клас	3U3024	06.12.19	23.04.20	318	9
21-10-S042	приземен етаж	столова до входа	3U2985	10.12.19	29.04.20	113	4

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/м3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
		столова до шубера	3U3185	10.12.19	29.04.20	112	5
		физк. салон изток	3U3195	10.12.19	29.04.20	90	5
		физк. салон юг	3U2982	10.12.19	29.04.20	100	4
	1 етаж	1а	3U3233	10.12.19	29.04.20	194	8
		1б	3U3239	10.12.19	29.04.20	136	5
		2а	3U3047	10.12.19	29.04.20	185	9
		2б	3U3184	10.12.19	29.04.20	194	7
21-10-S043	приземен етаж	комп. кабинет 1	3U3102	10.12.19	29.04.20	378	15
		комп. кабинет 2	3U3068	10.12.19	29.04.20	257	8
		4а	3U3248	10.12.19	29.04.20	105	8
		физк. салон изток	3U3242	10.12.19	29.04.20	148	5
		физк. салон запад	3U3164	10.12.19	29.04.20	192	7
		счетоводство	3U3029	10.12.19	29.04.20	334	10
		к-т директор	3U3290	10.12.19	29.04.20	883	26
	1 етаж	учителска стая	3U3190	10.12.19	29.04.20	178	7
		10 клас	3U3154	10.12.19	изгубен		
		актова зала	3V0205	10.12.19	изгубен		
		к-т биология	3V0072	10.12.19	29.04.20	268	8
	м/у 1 и 2 ет.	физк. салон запад	3U3113	10.12.19	29.04.20	224	14
	м/у 1 и 2 ет.	физк. салон изток	3U3250	10.12.19	29.04.20	164	6
21-05-S044	1 етаж	кл. ст. 101	3U3315	29.11.19	13.04.20	139	5
		кл. ст. 103	3U3267	29.11.19	13.04.20	90	4
		кл. ст. 106	3U3310	29.11.19	13.04.20	95	6

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/m³</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
	приземен етаж	столова	3A8171	02.12.19	13.04.20	101	8
		физк. салон	3A8267	29.11.19	13.04.20	111	6
21-04-S045	приземен етаж	столова	3U3340	02.12.19	15.04.20	292	9
		физк. салон	3U3299	02.12.19	15.04.20	1304	39
	2 етаж	7 клас	3U6879	02.12.19	15.04.20	273	9
		4 клас	3U3301	02.12.19	15.04.20	266	10
		1 клас	3U6960	02.12.19	15.04.20	242	12
		учителска стая	3U3263	02.12.19	15.04.20	295	13
21-09-S046	приземен етаж	конц. зала до прозорец	3U3266	09.12.19	27.04.20	82	4
		конц. зала сцена	3U6930	09.12.19	27.04.20	88	4
		к-т пиано 3	3U3348	09.12.19	27.04.20	212	7
		физк. салон до врата	3V0196	09.12.19	27.04.20	160	6
	1 етаж	к-т пиано	3V0195	09.12.19	27.04.20	310	14
		секретар	3V0122	09.12.19	27.04.20	260	8
		к-т директор	3V0163	09.12.19	27.04.20	240	8
		учителска стая	3U3036	09.12.19	27.04.20	190	7

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР по училища

<i>Код на училището</i>	<i>Брой на помещения</i>	<i>AM</i>	<i>SDV</i>	<i>CV, %</i>	<i>Min. ОАР</i>	<i>Max. ОАР</i>
1	22	168	77	46	66	346
2	14	108	91	85	51	333
3	6	376	149	40	108	524
4	11	185	231	125	57	786
5	13	231	54	24	140	299
6	12	136	64	47	46	296
7	8	141	101	72	53	373
8	15	226	162	72	54	583
9	9	261	143	55	66	490
10	16	446	214	48	100	730
11	11	274	278	102	82	1061
12	6	183	66	36	99	297
13	14	497	352	71	128	1351
14	4	108	12	11	93	120
15	4	124	49	39	63	182
16	6	60	36	60	33	132
17	9	441	370	84	151	1175
18	3	106	14	13	90	114
19	4	292	28	10	265	328
20	5	86	12	14	78	107
21	4	1057	596	56	306	1676
22	10	84	31	37	48	129
23	20	131	49	37	65	259
24	15	139	75	54	56	298
25	7	102	12	12	85	119
26	6	114	19	17	87	140
27	11	171	62	37	84	253
28	17	187	144	77	66	614
29	10	186	201	108	58	747
30	10	504	191	38	264	763
31	19	221	178	80	87	881
32	5	105	19	18	88	136
33	6	443	421	95	239	1302
34	8	190	80	42	79	307
Total	340	231	227	98	33	1676

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Резултати за обемната активност на радон по помещения в детска градина в с. Елховец

<i>№ карта</i>	<i>Място в сградата (етаж)</i>	<i>Помещение</i>	<i>Детектор №</i>	<i>Начална дата</i>	<i>Крайна дата</i>	<i>Обемна активност на радон, Вq/т3</i>	<i>комбинирана неопределеност (1σ)</i>
21-08-К032	1 етаж	занималня 3 и 4 група	3U3015	06.12.19	23.04.20	375	11
		занималня 1 и 2 група	3U6959	06.12.19	23.04.20	320	13
		спалня	3V0160	06.12.19	23.04.20	298	9