

ЦРНОГОРСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ
ГЛАСНИК ОДЈЕЉЕЊА ПРИРОДНИХ НАУКА, 11, 1997.

ЧЕРНОГОРСКАЈА АКАДЕМИЈА НАУК И ИСКУССТВ
ГЛАСНИК ОДДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК, 11, 1997.

THE MONTENEGRIN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
GLASNIK OF SECTION OF NATURAL SCIENCES, 11, 1997.

UDK 504.75:546.296(497.16Podgorica)

В.В. Уваров, В. М. Кулаков¹

П. Вукотић, С. Дапчевић, Н. Савелић, И. Пићурић²

М. Мирковић, М. Пајовић, Р. Свркота³

Р. Мрдак⁴

ПРВИ РЕЗУЛТАТИ МЈЕРЕЊА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА У ЗГРАДАМА У ПОДГОРИЦИ

THE FIRST RESULTS OF RADON INDOOR CONCENTRATION
MEASUREMENTS IN THE TOWN PODGORICA

Извод

У раду су приказани први резултати истраживања нивоа концентрације радона у стамбеним и пословним просторима у Подгорици. За прва мјерења коришћена је експресна метода, помоћу

-
1. Руски научни центар „Курчатовски институт“, Москва, Русија
 2. Природно-математички факултет, Универзитет Црне Горе, Подгорица, Југославија
 3. Републички завод за геолошка истраживања, Подгорица
 4. Грађевински факултет, Универзитет Црне Горе, Подгорица

RRA-01M радиометра са полупроводничким детектором. Мјерења су урађена у 16 зграда на градском подручју, у неким у више просторија, а у неким просторијама и у више наврата. Иако резултати експресне методе сами по себи нијесу довољно репрезентативни, ипак указују на чињеницу да у неким стамбеним просторима, посебно у зимском периоду када је њихово провјетравање слабо, концентрације радона могу знатно превазилазити нивое дозвољене свјетским стандардима.

Abstract

In this paper the first results of radon indoor concentration measurements in Podgorica are presented. Express method of measurement was realised by use of the Russian RRA-01M radiometer with semiconductor detector. Measurements were done in 16 buildings within the town area. In some of these buildings measurements in several rooms were performed, and for some rooms they were repeated.

Although the results obtained by express method in general are not representative enough, in this case they direct attention to the fact that there is rather high radon concentration in some rooms, especially during the winter time when the room ventilation is poor, and can exceed tolerable standard levels accepted in the world.

УВОД

Радон је инертан радиоактивни гас. Од његових изотопа у природи само два су значајна: Rn-222 из уран-радијумског и Rn-220 из торијумског низа распада и оба су емитери. Удисање краткоживећих продуката распада гаса радона има допринос од око 50% у ефективној еквивалентној дози коју човјек прима од природних извора радијације (UNSCEAR, 1988). Оно доводи до озрачавања органа за дисање и може узроковати појаву рака плућа, нарочито код пушача. У том погледу су посебно критични краткоживећи продукти распада Rn-222, који,

будући да су метали, везују се за аеросоле, таложе у плућима и емисијом честица разарају ћелије ткива (ICRP, 1987). Посљедњих 10 година посвећује се стога посебна пажња испитивању концентрације радона и продуката његовог распада у ваздуху стамбених и радних простора, гдје човјек у просјеку проводи 80% свога времена.

Основни извори радона у ваздуху у зградама су тло испод зграде и грађевински материјал од којег је зграда направљена. Уколико је садржај урана и торијума у њима већи, очекује се и већа концентрација радона у ваздуху, а пукотине у стијенама подлоге и порозност земљишта омогућавају радону да и са већих дубина и у већим количинама прелази у ваздух. Концентрација радона у вишеспратним зградама са смањује са висином. Највећа је промјена градијента концентрације радона између подрума, приземља и првог спрата. Слабо провјетравање стамбених и радних простора, због енергетских и других разлога, чини да се у ваздуху у њима накупљају радон и његови продукти распада, тако да им је концентрација многоструко већа него у атмосферском ваздуху, гдје је према важећој процјени средњи годишњи просјек у свијету 5 Bq/m^3 (UNSCEAR, 1988). Новија истраживања у земљама Европе показала су да се просјечна концентрација радона у затвореним просторијама креће од $20\text{-}50 \text{ Bq/m}^3$, да често достиже ниво од неколико стотина Bq/m^3 , а у рјеђим случајевима ниво од неколико хиљада Bq/m^3 .

Многе развијене земље су већ урадиле регионална мјерења концентрација радона и начиниле карте његове дистрибуције, ради лоцирања зона у којима је становништво изложено повећаној радијацији од продуката распада Rn-222 и предузимања одговарајућих мјера заштите. У СР Југославији таква систематска мјерења нијесу урађена. У Србији се посљедњих неколико година мјестимично мјери радон (Чукнић и др., 1993; Крстић и др., 1995), а у Црној Гори, колико нам је познато, мјерења радона у затвореним просторима никада нијесу рађена.

Међународни научни центар за екологију и здравље човјека „МЕНЕКО“, из Подгорице, започео је крајем 1994. године опсежан пројекат истраживања радона у зградама у Црној Гори, посебно у Подгорици. Пројекат се, кроз интердисциплинаран приступ остварује сарадњом руских и црногорских истраживача, а финансирају га „МЕНЕКО“ и Општина Подгорица. Ради првог увида у постојеће нивое концентрација радона и њихове дневне варијације у ваздуху стамбених

и радних просторија у Подгорици, коришћена је експресна метода одређивања концентрације радона полупроводничким детектором. Ти први резултати мјерења приказани су у овом раду.

ГЕОЛОШКЕ И ТЕКТОНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА ПОДГОРИЦЕ И ТИПОВИ ЗГРАДА У КОЈИМА СУ ВРШЕНА МЈЕРЕЊА

Подручје Подгорице у основи је изграђено од карбонатних седимената - слојевитих и банковитих кречњака са рјеђим прослојцима доломитисаних кречњака горње креде. На површини су откривени на брду Љубовић, западним падинама Какаричке горе, брду Горица, јужним падинама Малог и Вељег брда и код дворца Крушевац.

Преко седимената горње креде леже глациофлувијални - терасни седименти. То су шљункови и слабије везани конгломерати са тањим прослојцима и сочивима пјескова. Изграђени су највећим дијелом од зрна и валутака кречњака и доломита, а мањим од вулканита, пјешчара и рожнаца. Дебљина им износи до 30 m. Највећи дио насеља Подгорице лежи на овим седиментима.

Слојеви и банци седимената горње креде испресијецани су попречним расједима са малим скоковима и честим пукотинама.

На подручју Подгорице укрштају се два дубинска разлома: зетско-скадарска и зетско-никшићка дислокација. У пресеку ових дислокација формирана је подгоричка епицентрална зона.

За изградњу објеката у Подгорици карактеристична су два периода: први, до 1950. год., када су грађени мањи приземни и једносратни објекти од локалних природних материјала, са зидовима од камена и таваницама од дрвета и други, новији период, када су масовно грађени вишесратни објекти са великим бројем станова и индивидуални стамбени објекти, од армираног бетона са шљунком из локалних налазишта и опеке која је углавном добављана са стране (претежно из Војводине). Ријетко су употребљавани производи од згуре и од сипорекса.

Зграде у којима су вршена експресна мјерења концентрације радона разврстане су у три карактеристична типа, према материјалу од којег су урађени носећи и преградни зидови и таванице и према величини објеката:

Тип 1. Вишеспратни објекти: зид и таваница од армираног бетона,

Тип 2. Индивидуални стамбени објекти (реновирана стара градња): зид од камена, таваница од армираног бетона,

Тип 3. Индивидуални стамбени објекти (нова градња): зид од опеке или бетонских блокова, таваница од бетона или комбинације шупљих блокова и плоче.

ЕКСПРЕСНА МЕТОДА МЈЕРЕЊА РАДОНА

За експресна мјерења запреминске активности Rn-222 коришћен је преносни радиометар RRA-01M руске производње, специјално намијењен мјерењу радона у ваздуху стамбених и радних простора. Радиометар се састоји од цилиндричне коморе запремине 1.5 литара, полупроводничког силицијумског детектора са површинском баријером (SSB), електронике, филтера и пумпе за ваздух. Пумпа убацује ваздух из околине у комору кроз аеросолни филтер, који треба да очисти ваздух од честица и продуката распада радона у њему. Радон из ваздуха у комори и продукти његовог распада емитују α -честице које стижу до SSB детектора и производе електричне импулсе. Селекцијом импулса по амплитуди, региструју се само α -честице са енергијом 5.998 MeV, тј. броје се само α -распади Po-218, који је директни α -продукт Rn-222.

Уобичајени начин извођења експресног мјерења запреминске активности Rn-222 у ваздуху је слиједећи: секвенца узорковања свјежег ваздуха (упумпавања у комору) у трајању од 3 min и секвенца мјерења у трајању од 10 до 60 min. Дужина мјерења зависи од нивоа концентрације радона у ваздуху. За концентрације 100 - 20000 Bq/m³ потребно је мјерење дуже од 10 min, а за концентрације 20 - 100 Bq/m³ мјерење дуже од 40 min. Ми смо свако мјерење радили у трајању од 60 min. Грешка мјерења концентрације радона мање од 100 Bq/m³ помоћу овог радиометра није већа од 30% а за концентрације 100 - 20000 Bq/m³ она није већа од 20%.

РЕЗУЛТАТИ МЈЕРЕЊА

Табела 1. Измјерене концентрације радона

Mjerno mjesto	Tip zgrade	Sprat	Koncentracija Rn-222 (Bq/m ³)	Datum i vrijeme mjerenja		Trajanje i stepen hermetizacije prostorije	
1	1	prizemlje	50	15.11.'94	19h	12h	dobar
2	1	prizemlje	70	16.11.'94	10h	12h	dobar
			285	22.11.'94	12h	12h	dobar
3	3	prizemlje	10 - 1000	13.11. - 5.12.'94		vidjeti Tabelu 2.	
4a	3	podrum	44	16.11.'94	17h	4h	dobar
4b		prvi sprat	66	16.11.'94	18h	4h	slabiji
5	2	prizemlje	187	16.11.'94	20h	11h	dobar
6	3	prizemlje	79	17.11.'94	17h	8h	dobar
7	3	prizemlje	46	17.11.'94	19h	0	vrlo slab
8	3	prizemlje	90	18.11.'94	9h	10h	dobar
9	3	prizemlje	260	18.11.'94	10h	4h	dobar
10	3	suteren	360	18.11.'94	18h	10h	dobar
11a	3	prizemlje1	526	18.11.'94	12h	12h	dobar
			416	18.11.'94	17h	još 4h	slab
			87	19.11.'94	15h	0	vrlo slab
11b	3	prizemlje2	327	22.11.'94	16h	4h	dobar
11c		prvi sprat	74	18.11.'94	15h	0	vrlo slab
12	1	prizemlje	66	18.11.'94	14h	4h	dobar
13	3	prizemlje	59	18.11.'94	16h	4h	slab
14	3	prizemlje	183	18.11.'94	20h	5 mjeseci	dobar
15a	3	prizemlje	370	18.11.'94	22h	6h	dobar
			352	21.11.'94	17h	4h	dobar
15b	3	prvi sprat	190	21.11.'94	20	0	vrlo slab
16a	1	prizemlje1	25	14.11.'94	13h	5h	dobar
16b		prizemlje2	51	23.11.'94	12h	20h	dobar
16c		prizemlje3	136	28.11.'94	11h	48h	dobar

Експресна мјерења концентрације радона, заправо запреминске активности Rn-222, урађена су у 16 стамбених и пословних објеката на подручју Подгорице, означених на карти (Сл. 1). У неким зградама су мјерења урађена у више просторија, а у неким просторијама више пута, у различито вријеме. Мјерења су рађена само на најнижим спратовима, јер, као што је већ речено, на вишим спратовима концентрација радона нагло опада. Добијени резултати, заједно са карактеристикама мјерних мјеста и условима мјерења, приказани су у Табели 1.

Табела 2. Варијације концентрације радона у зависности од степена провјетравања просторије и времена мјерења (мјерно мјесто 3, тип зграде 3, приземље)

Datum i vrijeme mjerjenja	Koncentracija Rn-222 (Bq/m ³)	Hermetizacija prostorije
13.11.'94 23h	35	Prozor bio otvoren čitavog dana prije mjerjenja
14.11.'94 6h	70	Prozor bio otvoren preko noći
15.11.'94 8h	27	Prozor bio otvoren preko noći
20.11.'94 14h	10	Prozor bio otvoren
19h	55	Prozor bio otvoren
21.11.'94 8h	280	Prozor bio zatvoren preko noći
22.11.'94 9h	1000	... i tokom prethodnog dana i noći
19h	17	Prozor otvoren u podne
23.11.'94 6h	92	Prozor bio otvoren preko noći
24.11.'94 3h	385	Prozor bio zatvoren preko noći
20h	48	Prozor otvoren u podne
25.11.'94 6h	410	Prozor bio zatvoren preko noći
21h	545	... i tokom dana
26.11.'94 5h	559	Prozor bio zatvoren preko noći
23h	80	Prozor otvoren u podne
27.11.'94 7h	327	Prozor bio zatvoren preko noći
22h	500	... i tokom dana
28.11.'94 7h	450	Prozor bio zatvoren preko noći
21h	43	Prozor otvoren u podne
29.11.'94 10h	620	Prozor bio zatvoren preko noći
1.12.'94 23h	62	Prozor bio otvoren preko dana
2.12.'94 8h	179	Prozor bio zatvoren preko noći
3.12.'94 11h	506	Prozor bio zatvoren preko noći
21h	578	... i tokom dana
4.12.'94 9h	759	... ostao zatvoren i tokom noći
5.12.'94 6h	1000	... i tokom prethodnog dana i noći



Сл.1 Карта Подгорице са означеним мјерним мјестима

Из Табеле 1 уочава се да концентрација радона у истој просторији веома зависи не само од њеног провјетравања, већ и од дана када се врши мјерење, тачније од метеоролошких услова (на примјер мјерно мјесто 2). Да би се то боље сагледало, на мјерном мјесту број 3, у индивидуалној стамбеној згради чији су зидови изграђени од опеке а таваница од бетона (тип 3), у соби у приземљу, у распону од 24 дана, урађено је 26 мјерења концентрације радона под различитим условима провјетравања собе и у различито вријеме. Ти резултати, заједно са временом и условима мјерења, дати су у Табели 2.

Табела 2 је врло индикативна и из ње је могуће извести више закључака.

Она јасно показује да експресна мјерења радона у затвореним просторијама, због дејства више фактора који брзо и значајно мијењају ниво његове концентрације у ваздуху, нијесу поуздана и репрезентативна. Репрезентативна могу бити једино интегрална мјерења пасивним детектором, која дају усредњену вриједност концентрације радона током периода од 1 до 3 мјесеца.

Експресно мјерење ипак даје корисне прве информације о нивоу концентрације радона у просторији. Истраживања казују да је, у случају већег броја мјерних мјеста, резултат експресног мјерења најчешће око 2 пута мањи од резултата интегралне методе (Johnson, 1994).

Из Табеле 2 врло је уочљив и ефекат повећања концентрације радона у просторији при њеној дужој херметизацији. У овом случају је концентрација расла толико високо, да је у два наврата досегла вриједност од 1000 Bq/m^3 . Овдје ваља рећи да у СР Југославији не постоје норме о нивоима концентрације радона у затвореним просторијама. Међутим, препорука ICRP је да концентрација радона у равнотежи са потомцима у ваздуху не би смјела да прелази 400 Bq/m^3 у већ постојећим зградама и 200 Bq/m^3 у новоградњи. Прописи већине развијених земаља у том погледу су још строжи (Санитарне правила, 1993). У свијетлу тих препорука и прописа треба посматрати и резултате у Табели 1.

Из Табеле 2 такође очигледно слиједи и да је повремено провјетравање просторије једноставан и врло ефикасан начин заштите од излагања високим концентрацијама радона.

ЗАКЉУЧАК

Презентирани резултати експресне методе мјерења концентрације радона у стамбеним и радним просторијама у Подгорици, иако малобројни и због већ наведених, методи инхерентних чинилаца недовољно поуздани и репрезентативни, очигледно упућују на нужност детаљнијег испитивања радона у зградама у Подгорици поузданом интегралном методом. Наши резултати мјерења радона интегралном методом у око 100 зграда у Подгорици током зиме 1994-95. године биће објављени у сљедећем броју Гласника.

ЛИТЕРАТУРА

UNSCEAR (1988): Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, (prevod na ruski) str. 129 i 133.

ICRP (1987): Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters. - International Commission on Radiological Protection, Publication 50, New York, (превод на руски), стр. 6-9.

Чукнић О., Ђуров С., Никезић Д., Марковић П. (1993): Мјерење концентрације радона у затвореним просторијама Пожаревца и Св. Влајнца. - Зборник радова XVII Југословенског симпозијума за заштиту од зрачења, Београд-Винча, стр. 99-102.

Крстић Г., Јакупи Б., Адровић Ф., Тонић М. (1995): Мјерење концентрације радона у ваздуху затвореног простора помоћу чврстих детектора трагова. - Зборник радова 9-ог Конгреса физичара Југославије, Петровац, стр. 693-696.

Jonsson G. (1994): Radon gas-where and if?. - Report at The 17th Int. Conf. on Nuclear Tracks in Solids, Dubna, Russia, p. 1-11.

Санитарне правила (1993): Санитарне правила по ограничењу облученија населенија града Москви од природних изворних јонизирајућих излученија у грађевинским материјалима. - Московски градски центар државног санитарно-епидемиолошког надзора, с. 10.

V. V. Uvarov, V. M. Kulakov, P. Vukotić, S. Dapčević, N. Saveqić, I. Pićurić, M. Mirković, M. Pajović, R. Svrkota, R. Mrdak

THE FIRST RESULTS OF RADON INDOOR CONCENTRATION MEASUREMENTS IN THE TOWN PODGORICA

Summary

Radon indor concentration in the town Podgorica was measured, for the first time at all, during November and December 1994, by an express method, using Russian radiometer RRA-01M with silicon surface barrier detector.

Measurements were performed in the 26 rooms of 16 houses, mainly on the ground floor. In the 40% of them, radon concentration level higher than 200 Bq/m³ was found, what strongly recommends a larger and more detailed investigation by an integral method with passive radon detectors, in order to obtain more reliable and representative results.

One measurement place was chosen casually to study the impact of room ventilation and meteorological conditions on the indor radon concentration. In the 26 measurements, made over a period of 24 days, radon indoor concentration in the range of 10-1000 Bq/m³ was observed, with clearly seen a build-up effect due to prolonged poor room ventilation.

Short survey of geological and tectonic characteristics of the Podgorica region is also given in the article, as well as the categorisation of the houses on the base of their building material.

